

## 第2章

### パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



## 2.1 せん断終局強度評価式の再検証

### 2.1.1 研究背景と目的

既往の研究<sup>[2-1]</sup>においてパイルキャップのせん断終局強度式の提案は行われたが、軸力の効果や載荷方向による違いなどは考慮されていない。また、パイルキャップ内に配筋される鉄筋が架構に与える効果は未解明な部分が多い。そこで、ト形部分架構の静的載荷実験をさらに実施した。

また敷地条件や意匠上の都合により、敷地の端に柱が配置される場合、上部柱心と杭心がずれたパイルキャップが計画されている。既往の研究において偏心柱を有するパイルキャップの破壊に関する検討は行われているが、パイルキャップが終局状態に至る場合の検討は行われていない。

そこで本研究ではパイルキャップの合理的な配筋方法である「かご筋型」パイルキャップにおいて配筋される2種類の帯筋（パイルキャップ帯筋・柱帯筋）を実験変数としたパイルキャップの架構実験を行い、この2種類の帯筋がパイルキャップにどのような影響を及ぼすか明らかにすることを目的とした。また偏心柱を有するパイルキャップが終局状態に至る場合の破壊性状を把握する。

2.1.2 実験概要

(1) 試験体概要

試験体は実施設計を参考に鉄筋コンクリート造（RC造）8階建ての中層建築物の側柱下におけるト形部分架構を模擬して設計を行った。パイルキャップ、基礎梁、柱、杭により構成された約1/3スケールの試験体を5体作製した。表2.1.1-1に試験体諸元を示す。なおパイルキャップ内の配筋は一般的な袴筋・ベース筋から構成される標準型（図2.1.2-1）ではなく、施工性の向上を図った合理的な配筋方法である縦筋・帯筋から構成されるかご筋型（図2.1.2-2）パイルキャップの試験体を設計した。

表 2.1.2-1 試験体諸元

試験体	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
軸力(柱軸力比)	500kN(0.2)	514kN(0.2)	462kN(0.2)	467kN(0.2)	438kN(0.2)
柱	幅×せい 300mm×300mm				
	主筋 8-D13(SD785)				
	帯筋 D6(SD785)@50				
	パイルキャップ内帯筋 (帯筋量 $cP_w$ [%])				
	D6(SD295A)@100 (0.15)	D6(SD295A)@50 (0.30)	D6(SD295A)@300 (0.07)	D6(SD295A)@300 (0.07)	D6(SD295A)@300 (0.07)
基礎梁	幅×せい 200mm×600mm				
	主筋 上端下端共3-D22(PBSD930)				
	補強筋 U9.0(1275MPa)ウルボン@50				
	腹筋 2-D6(SD295A)				
杭	杭種 S45C $\phi$ 190.7 t-45mm				
	杭頭定着筋 8-D19(SD490)				
	幅×せい×高さ 500mm×500mm×770mm				
パイルキャップ	縦筋 4-D6(SD295A)				
	帯筋 4-D10(SD295A)				
	帯筋 (帯筋量 $pcP_w$ [%])				
		D6(SD295A)@50 (0.22)	D6(SD295A)@100 (0.10)	D6(SD295A)@50 (0.22)	D6(SD295A)@100 (0.10)

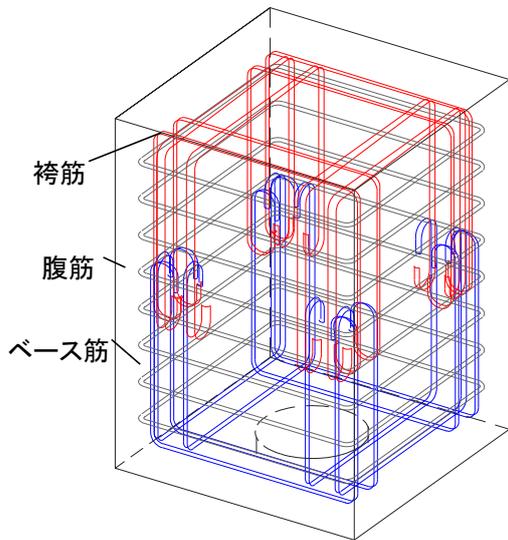


図 2.1.2-1 標準型配筋

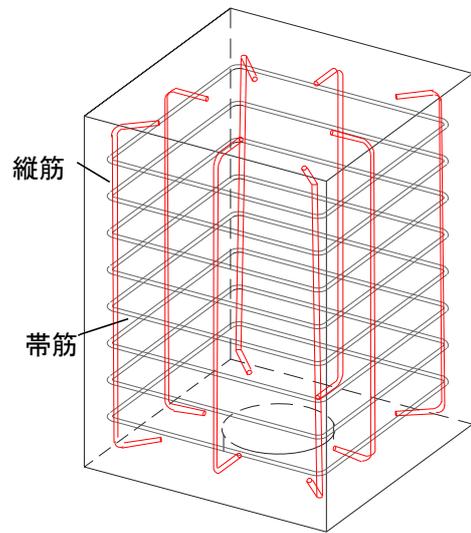


図 2.1.2-2 かご筋型配筋

1) 実験変数

(a) 上部構造の形状

→ 標準的なパイルキャップ A-7a, A-7b, A-8, A-9 (図 2.1.2-3)

偏心柱を有するパイルキャップ C-4 (図 2.1.2-4)

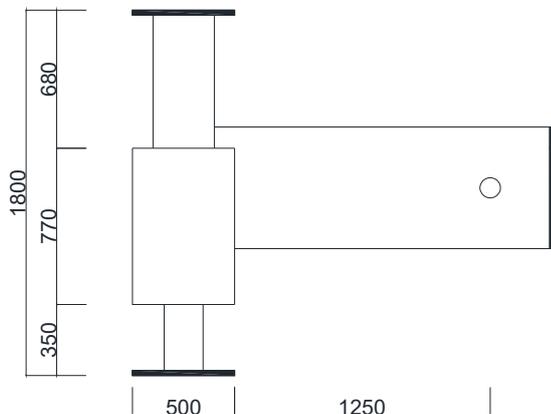


図 2.1.2-3 標準的なパイルキャップ

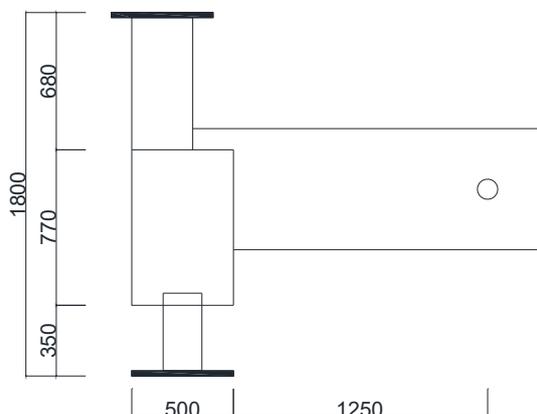


図 2.1.2-4 偏心柱を有するパイルキャップ

(b) パイルキャップ内帯筋量

→ パイルキャップ帯筋量  $pcP_w$  と柱帯筋量  $cP_w$  の比率

本研究における  $pcP_w$  と  $cP_w$  は以下の式で算出する。

$$pcP_w = pcA_w / (b \times l) \quad \text{(式 2.1.2-1)}$$

$$cP_w = cA_w / (b \times l) \quad \text{(式 2.1.2-2)}$$

$b$ : パイルキャップ幅,  $l$ : 部材長さ (基礎梁主筋の重心間距離),  $cA_w, pcA_w$ :  $b \times l$  の断面内に配筋された柱およびパイルキャップ帯筋のそれぞれの断面積の和である。

表 2.1.2-2 に実験変数を示す。実験変数は上部構造の形状 (偏心柱の有無) と, パイルキャップ内帯筋量とする。

表 2.1.2-2 実験変数

試験体	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
上部構造の形状	標準	標準	標準	標準	偏心
パイルキャップ帯筋量 $pcP_w$ [%]	0.22	0.10	0.22	0.10	0.10
柱帯筋量 $cP_w$ [%]	0.15	0.30	0.07	0.07	0.07

2) 試験体断面寸法

基礎梁，杭に関しては断面・配筋ともに全試験体で共通とし，柱は断面を全試験体共通とした。基礎梁断面は 200mm×600mm，基礎梁主筋は D22(PBSD930)を上端下端ともに3本ずつ配筋した。

杭は SC 杭を使用して S45C，杭径 190.7mm，鋼管厚 45mm とした。杭頭定着筋には D19(SD490)を8本配筋した。

柱断面は 300mm×300mm，柱主筋に関して，A シリーズ（試験体 A-7a，A-7b，A-8，A-9）は D13(SD785)を8本配筋し，試験体 C-4 は D16(SD785)を8本配筋した。

パイルキャップ内の配筋は縦筋(90度方向)に D6(SD295A)，縦筋(45度方向)に D10(SD295A)をそれぞれ4本ずつ配筋した。パイルキャップ帯筋に関しては全試験体 D6(SD295A)を試験体 A-7a と A-8 は15本，試験体 A-7b と A-9 と C-4 は6本配筋した。またパイルキャップ内の柱帯筋に関しては，全試験体 D6(SD295A)を試験体 A-7a は7本，試験体 A-7b は17本，試験体 A-8 と A-9 と C-4 は2本配筋した。

3) 各部材断面の決定

・パイルキャップ

500mm×500mm×770mm（全試験体共通）

既製杭の杭径の 2.5D(500mm)をパイルキャップ断面とし，パイルキャップの高さ 770mm は杭頭部の定着筋の定着長さにより決定した。

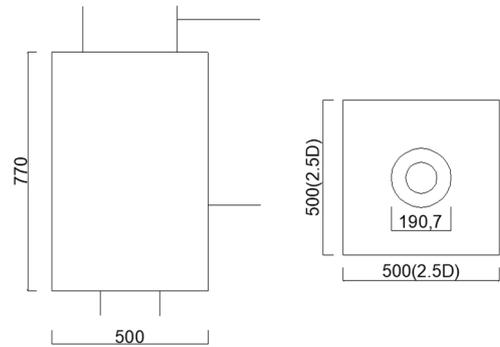


図 2.1.2-5 パイルキャップ寸法

・柱

300mm×300mm（全試験体共通）

柱断面は実施設計を参考に既存の建物の断面を縮小し決定した。

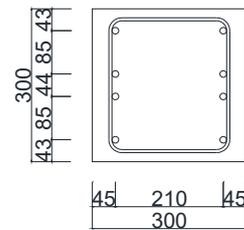


図 2.1.5-6 柱断面寸法

・基礎梁

200mm×600mm（全試験体共通）

基礎梁断面も柱断面と同様に実施設計を参考に既存の建物の断面を縮小し決定した。

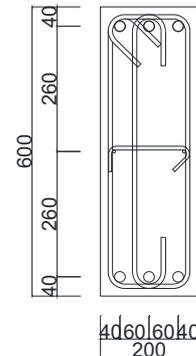


図 2.1.2-7 基礎梁断面寸法

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

各試験体の配筋図を以下に示す。パイルキャップ内の赤線はパイルキャップ帯筋，青線は柱帯筋を示している。

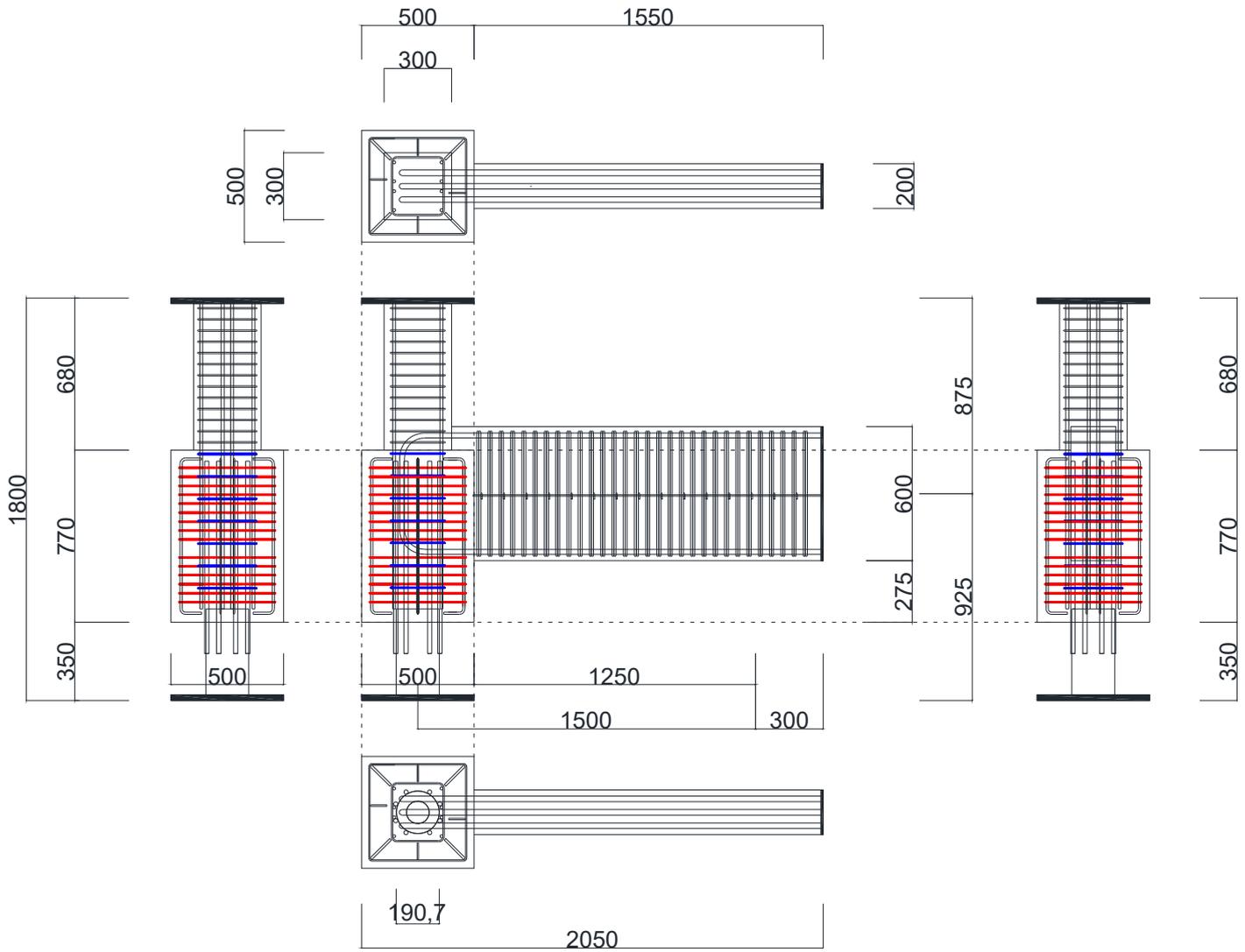


図 2. 1. 2-8 試験体 A-7a 配筋図

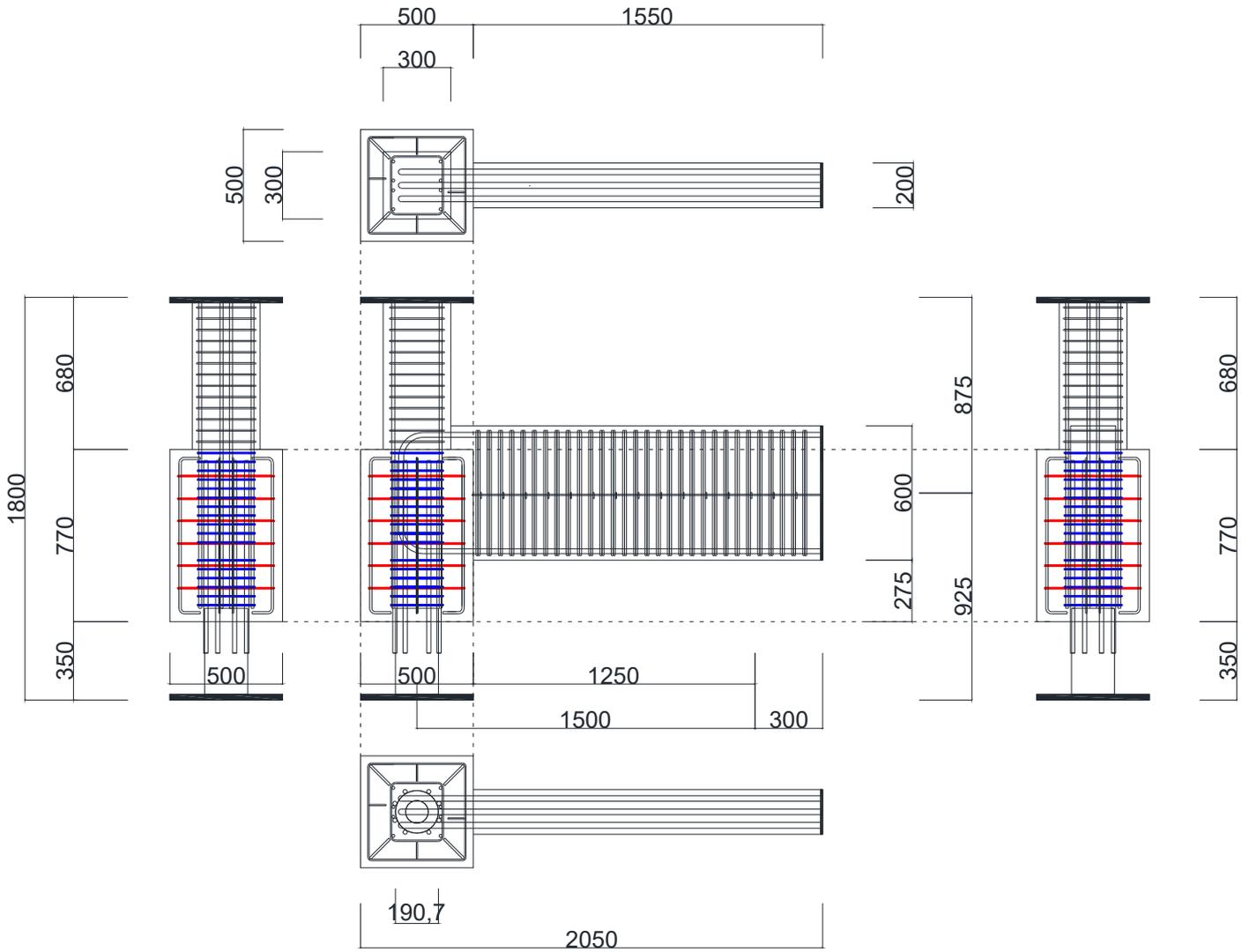


図 2.1.2-9 試験体 A-7b 配筋図

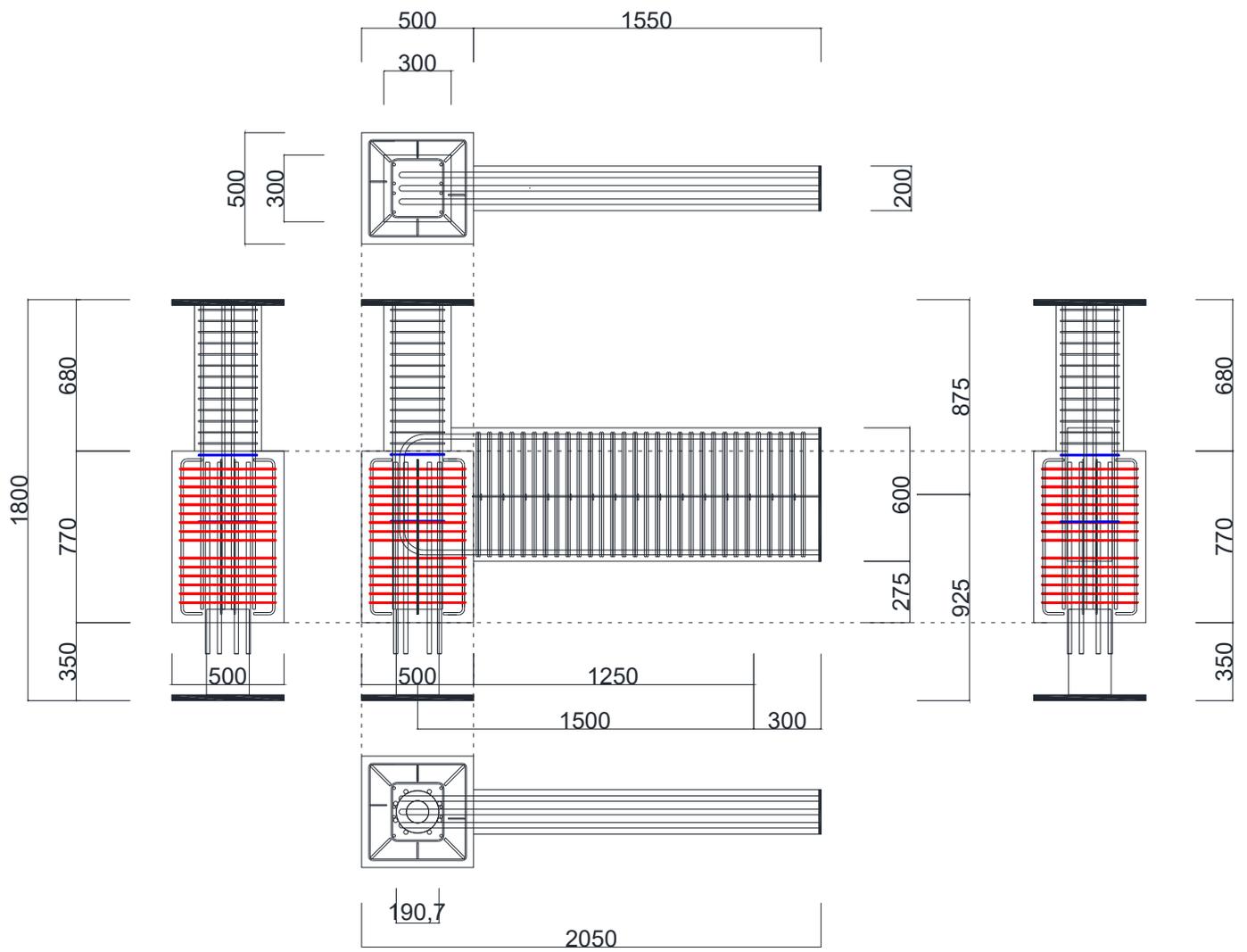


図 2.1.2-10 試験体 A-8 配筋図

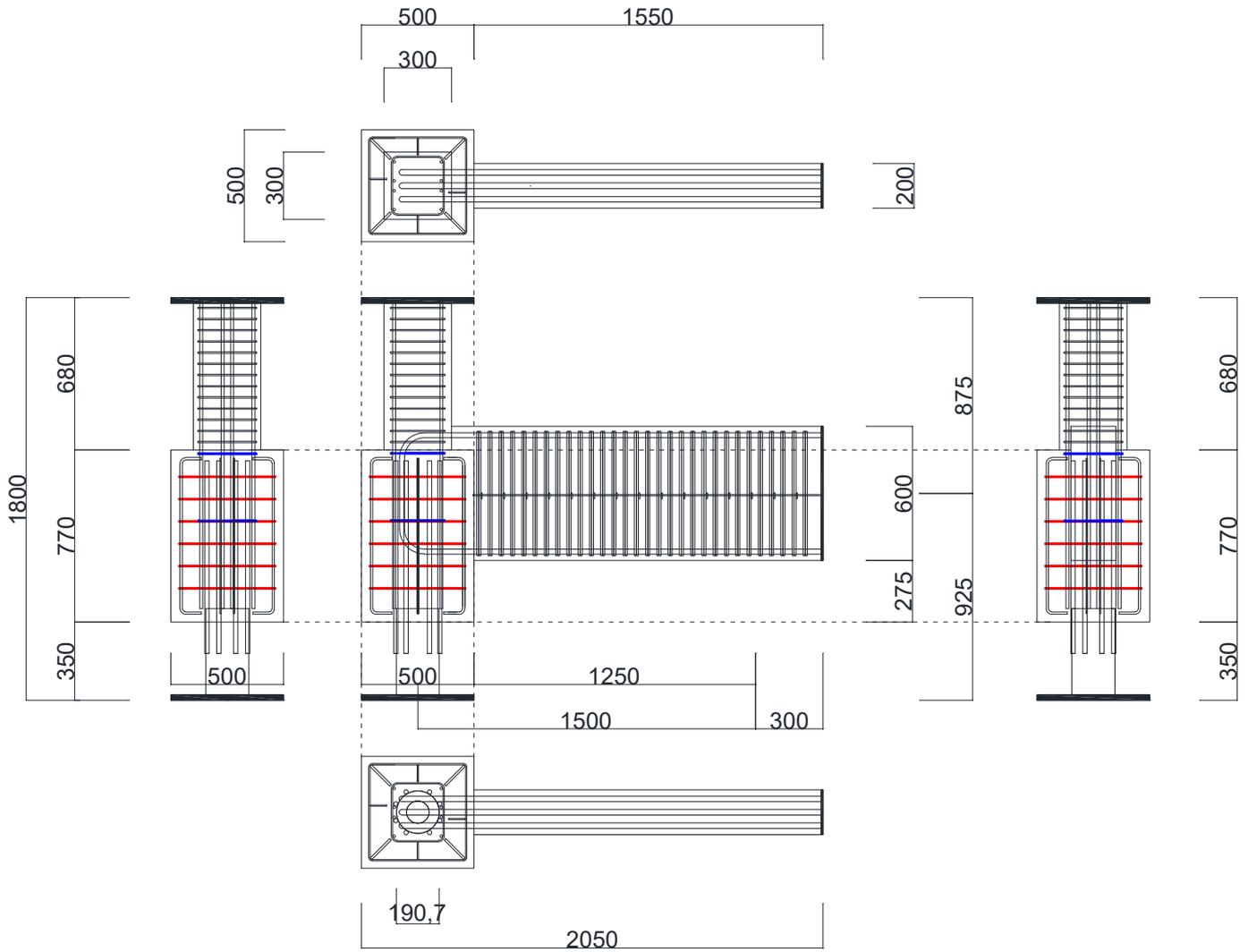


図 2.1.2-11 試験体 A-9 配筋図

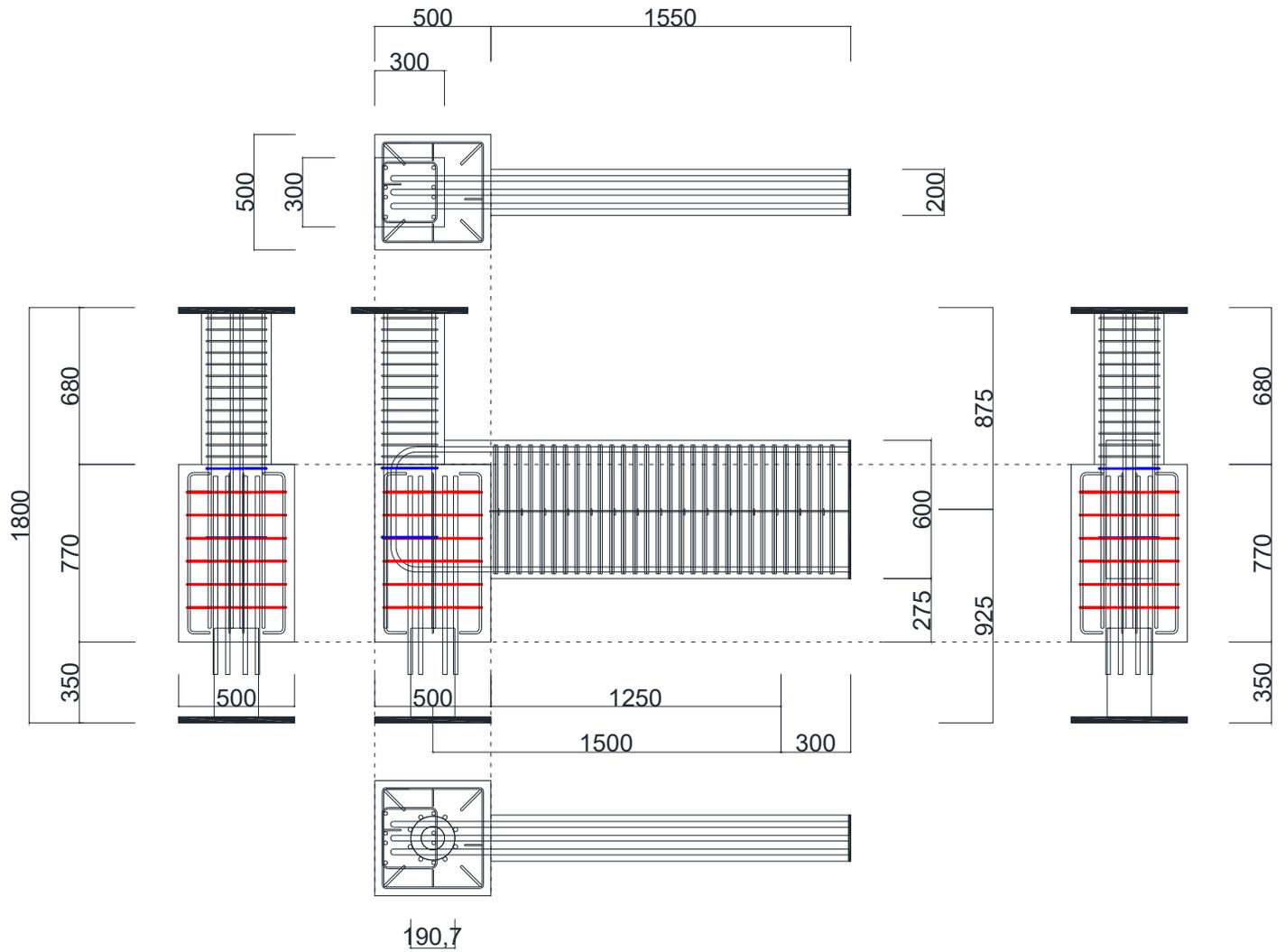


図 2.1.2-12 試験体 C-4 配筋図

(2) 材料特性

1) コンクリート

コンクリートはセメントに早強ポルトランドセメント，細骨材に砂（陸砂），粗骨材に碎石（最大径 13mm）を使用した。コンクリートの打設方法は縦打ちで柱頭部および基礎梁から行い，基礎梁上面まで打設しコンクリートを均した後，柱頭部より再び打設を行った。また試験体 A-7a, A-7b と試験体 A-8, A-9, C-4 は2回に分けて打設を行った。試験体の養生方法は気中養生，コンクリートの材料試験用テストピースは封緘養生とした。配合の設計条件を表 2.1.2-3 に，レディーミクストコンクリート配合表を表 2.1.2-4 に，フレッシュコンクリートの試験結果を表 2.1.2-5 に示す。またコンクリートの受け入れ調査記録を写真 2.1.2-1, 2 に示す。

コンクリートの圧縮試験は材齢 3 日，7 日および各試験体の実験直前の 3 回，割裂試験は実験直前に 1 回行った。材齢 3, 7 日の圧縮試験は試験体製作会社が試験を行い，圧縮強度の報告を受けて試験結果とした。各試験体におけるコンクリート圧縮強度は試験体 A-7a, A-7b に関しては材齢 43 日，51 日，57 日，63 日，67 日の試験結果の平均とし，試験体 A-8, A-9, C-4 に関しては各試験体の実験直前の試験結果を用い，それぞれ材齢 45 日，53 日，27 日の試験結果をコンクリート圧縮強度とした。

コンクリートの圧縮試験，割裂試験はアムスラー材料試験器にて行い，コンクリートのテストピースは直径  $d=100\text{mm}$ ，全長  $l=200\text{mm}$  とした。また測定はコンプレッソメータを用いて測定を行った。

JIS A 1149 「コンクリートの静弾性係数試験方法」での算出方法に倣い，図 2.1.2-13 のように行った。

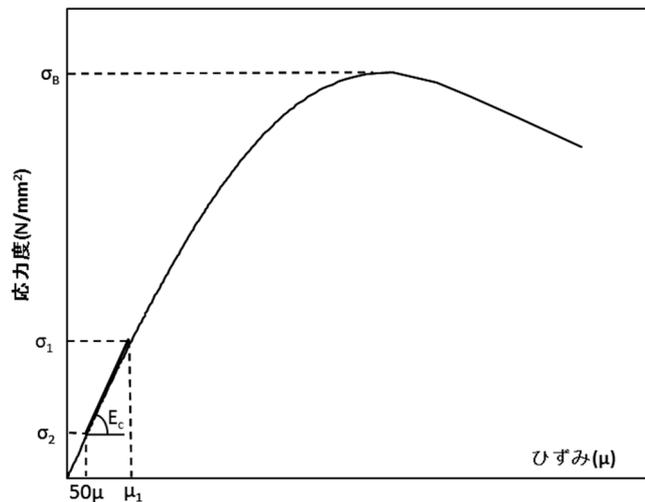


図 2.1.2-13 コンクリートの圧縮応力度－ひずみ関係

$$E_c = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\mu_1 - 50\mu}$$

- $E_c$ :コンクリートのヤング係数(N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_1$ :最大荷重の 1/3 に相当する応力(N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_2$ :50  $\mu$  時の応力(N/mm<sup>2</sup>)
- $\mu_1$ :応力 $\sigma_1$ 時のひずみ( $\mu$ )

圧縮強度については各試験日におけるコンクリート圧縮試験結果を表 2.1.2-6～表 2.1.2-13 に，コンクリート圧縮強度－ひずみ関係を図 2.1.2-14～図 2.1.2-21 に示す。またコンクリート圧縮強度と材齢の関係を表 2.1.2-14, 15 および図 2.1.2-22, 23 に示す。

引張強度については各試験日におけるコンクリート圧縮試験結果を表 2.1.2-16～表 2.1.2-20 に示す。また引張強度と材齢の関係を表 2.1.2-21, 22 および図 2.1.2-24, 25 に示す。

表 2.1.2-3 配合設計条件

	コンクリートの種類 による記号	セメントの種類に よる記号	呼び強度	スランプ	骨材最大寸法
			N/mm <sup>2</sup>	cm	mm
全試験体	普通	H	18	18	13

表 2.1.2-4 レディーミクストコンクリート配合表

水セメント比	細骨材率	水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
%	%	kg/m <sup>3</sup>				
67.9	52.1	196	289	891	845	2.89

表 2.1.2-5 フレッシュコンクリート試験結果

	スランプ	空気量	温度
	cm	%	°C
A-7a,A-7b	18.0	3.6	29.0
A-8,A-9,C-4	17.5	3.7	28.5



写真 2.1.2-1 試験体 A-7a, A-7b  
コンクリート受入れ調査記録  
(打設日 2018 年 9 月 10 日)



写真 2.1.2-2 試験体 A-8, A-9, C-4  
コンクリート受入れ調査記録  
(打設日 2019 年 9 月 27 日)

(a) 圧縮強度

・試験体 A-7a, A-7b

表 2.1.2-6 材齢 43 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

[日]	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験前(43日)	1	29.0	2510	2.12
	2	29.0	2410	2.15
	3	28.0	2748	1.97
	平均	28.7	2556	2.08

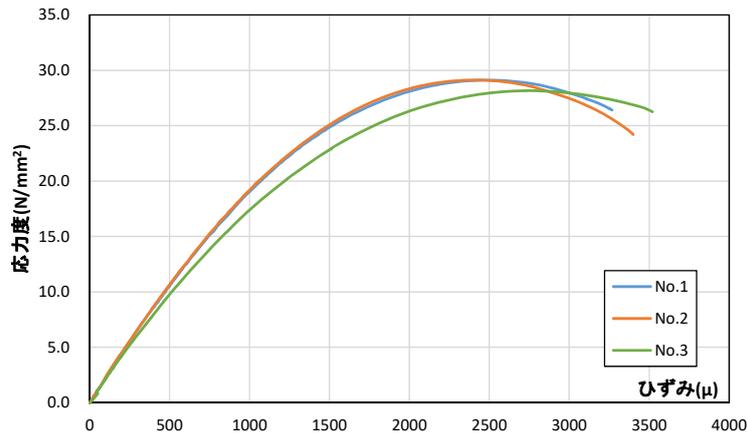


図 2.1.2-14 材齢 43 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

表 2.1.2-7 材齢 51 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

[日]	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験前(51日)	1	28.1	2570	2.13
	2	27.6	2665	2.14
	3	27.6	2710	2.15
	平均	27.8	2648	2.14

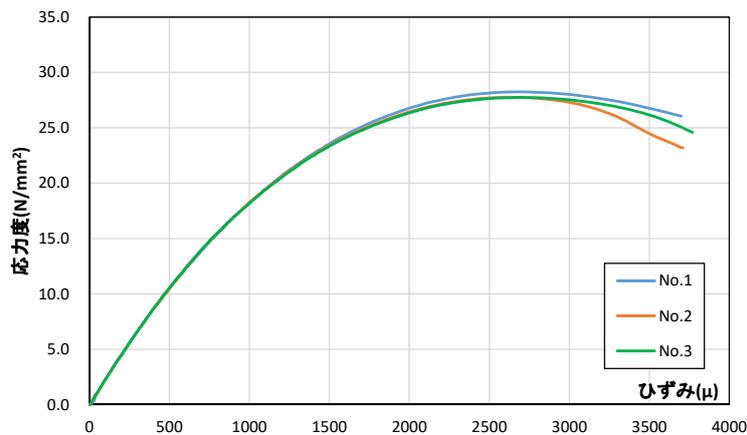


図 2.1.2-15 材齢 51 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

表 2.1.2-8 材齢 57 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

[日]	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験前(57日)	1	27.7	2570	2.06
	2	29.5	2583	2.19
	3	28.3	2740	2.00
	平均	28.5	2631	2.09

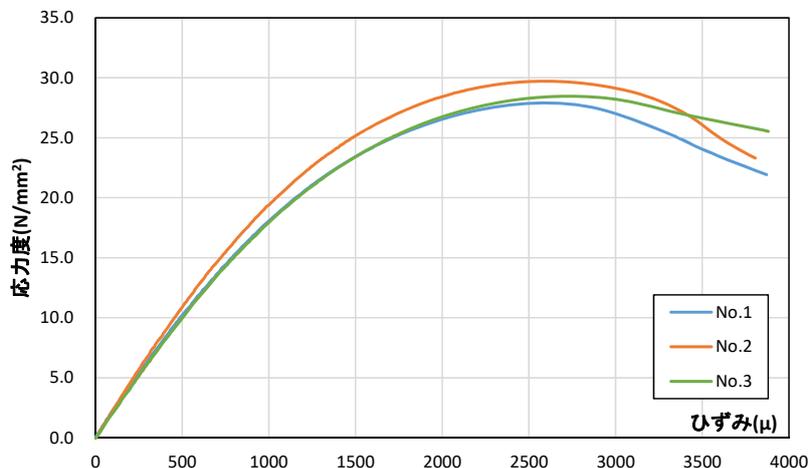


図 2.1.2-16 材齢 57 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

表 2.1.2-9 材齢 63 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

接合面基準	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
[日]		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験前(63日)	1	28.0	2608	2.10
	2	27.3	2598	2.14
	3	29.7	2560	2.27
	平均	28.9	2584	2.19

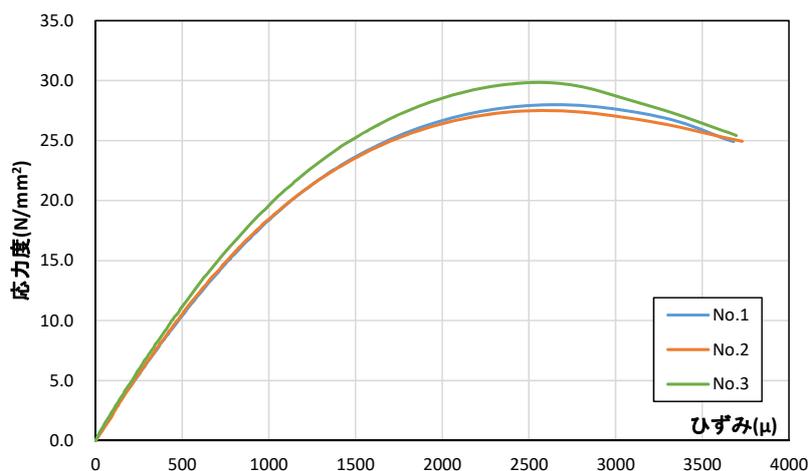


図 2.1.2-17 材齢 63 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

表 2.1.2-10 材齢 67 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

[日]	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験後(67日)	1	27.3	2833	1.72
	2	29.4	2845	2.11
	3	28.4	3620	2.06
	平均	28.4	2839	1.92

※最大強度時ひずみとヤング率は No.1 と No.2 の平均値とした

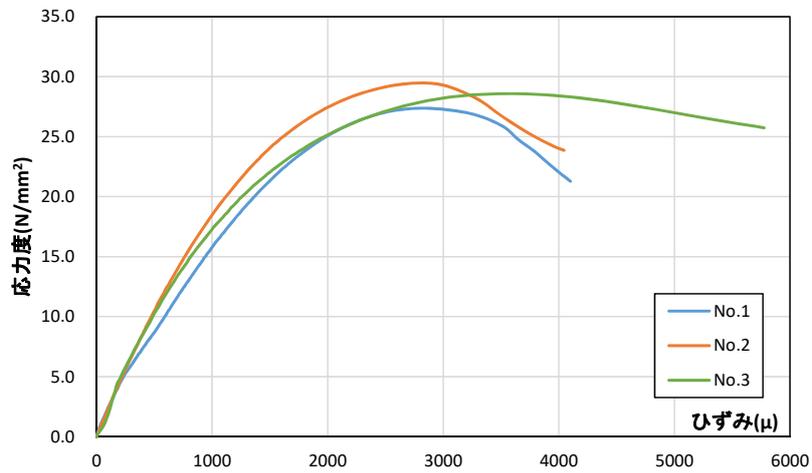


図 2.1.2-18 材齢 67 日コンクリート強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

・試験体 A-8, A-9, C-4

表 2.1.2-11 材齢 27 日コンクリート強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

C-4	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
[日]		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験前(27日)	1	24.1	2805	1.87
	2	24.4	2698	2.00
	3	24.5	2675	2.67
	平均	24.3	2726	1.93

※ヤング率は No.1 と No.2 の平均値とした

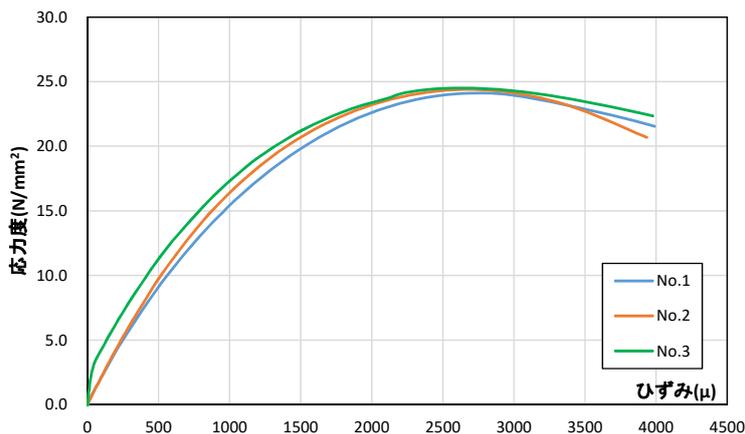


図 2.1.2-19 材齢 27 日コンクリート強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

表 2.1.2-12 材齢 45 日コンクリート強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

A-8	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
[日]		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験前(45日)	1	25.4	2730	2.06
	2	26.4	2808	2.00
	3	25.3	2763	1.96
	平均	25.7	2767	2.01

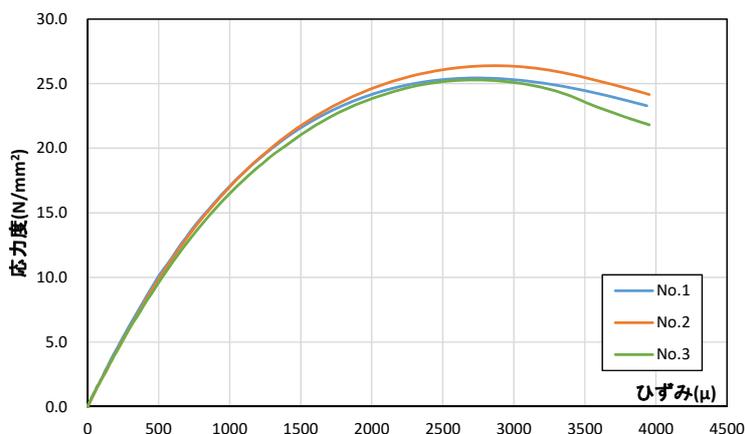


図 2.1.2-20 材齢 45 日コンクリート強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

表 2.1.2-13 材齢 53 日コンクリート強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

A-9 [日]	No.	圧縮強度	ひずみ	ヤング率
		$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\epsilon_{max}$ ( $\mu$ )	$\times 10^4$ N/mm <sup>2</sup>
実験前(53日)	1	26.0	2665	2.02
	2	25.9	2810	2.01
	3	26.0	2790	2.03
	平均	26.0	2755	2.02

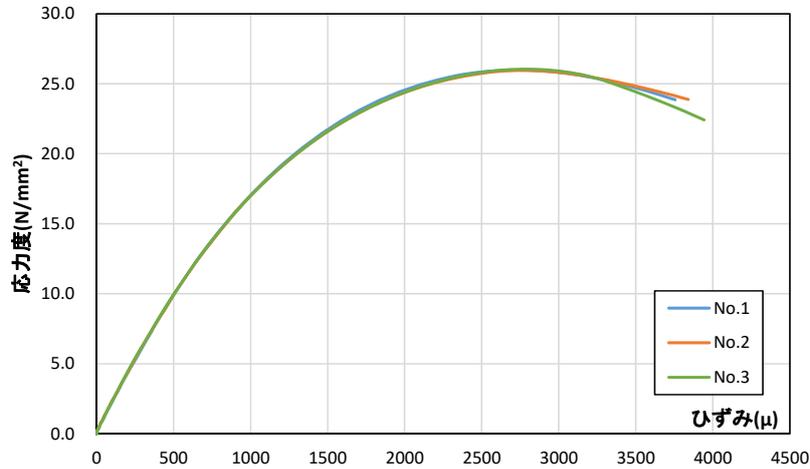


図 2.1.2-21 材齢 53 日コンクリート強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

表 2.1.2-14 試験体 A-7a, A-7b

コンクリート圧縮強度－材齢関係

試験日	材齢	圧縮強度
	(日)	(MPa)
2018/10/23	43	28.7
2018/10/31	51	27.8
2018/11/6	57	28.5
2018/11/12	63	28.9
2018/11/16	67	28.4

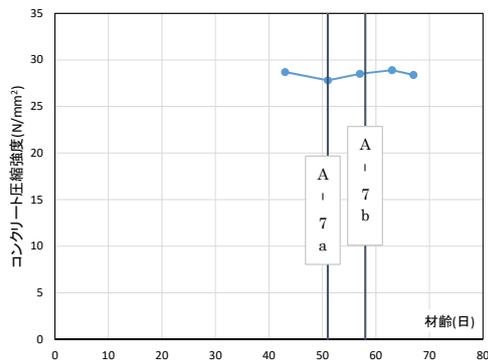


図 2.1.2-22 試験体 A-7a, A-7b

コンクリート圧縮強度－材齢関係

表 2.1.2-15 試験体 A-8, A-9, C-4

コンクリート圧縮強度－材齢関係

試験日	材齢	圧縮強度
	(日)	(MPa)
2019/10/25	28	24.3
2019/11/12	46	25.7
2019/11/19	53	26.0

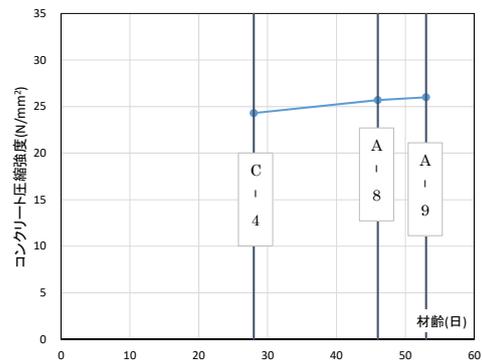


図 2.1.2-23 試験体 A-8, A-9, C-4

コンクリート圧縮強度－材齢関係

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

(b) 引張強度

表 2.1.2-16 材齢 43 日, 51 日コンクリート引張強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

[日]	No.	引張強度	平均値	[日]	No.	引張強度	平均値
		$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )				$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	
実験前(43日)	1	2.1	2.03	実験前(51日)	1	2.2	2.10
	2	2.1			2	2.1	
	3	1.9			3	2	

表 2.1.2-17 材齢 57 日, 63 日コンクリート引張強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

[日]	No.	引張強度	平均値	[日]	No.	引張強度	平均値
		$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )				$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	
実験前(57日)	1	2.2	2.20	実験前(63日)	1	2.5	2.33
	2	2.2			2	2.3	
	3	2.2			3	2.2	

表 2.1.2-18 材齢 67 日コンクリート引張強度 (打設日 2018 年 9 月 10 日)

[日]	No.	引張強度	平均値
		$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	
実験後(67日)	1	2.1	2.13
	2	2.4	
	3	1.9	

表 2.1.2-19 材齢 27 日, 45 日コンクリート引張強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

C-4	No.	引張強度	平均値	A-8	No.	引張強度	平均値
[日]		$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )		[日]		$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	
実験前(27日)	1	2.07	2.20	実験前(45日)	1	2.19	2.22
	2	2.23			2	2.13	
	3	2.29			3	2.33	

表 2.1.2-20 材齢 53 日コンクリート引張強度 (打設日 2019 年 9 月 27 日)

A-9	No.	引張強度	平均値
[日]		$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	
実験前(53日)	1	2.41	2.29
	2	2.28	
	3	2.19	

表 2.1.2-21 試験体 A-7a, A-7b

コンクリート引張強度－材齢関係

試験日	材齢	引張強度
	(日)	(MPa)
2018/10/23	43	2.03
2018/10/31	51	2.10
2018/11/6	57	2.20
2018/11/12	63	2.33
2018/11/16	67	2.13

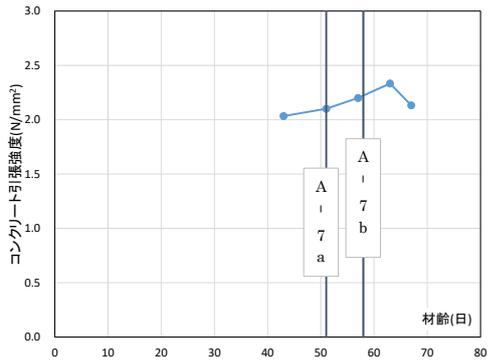


図 2.1.2-24 試験体 A-7a, A-7b

コンクリート引張強度－材齢関係

表 2.1.2-22 試験体 A-8, A-9, C-4

コンクリート引張強度－材齢関係

試験日	材齢	引張強度
	(日)	(MPa)
2019/10/25	28	2.20
2019/11/12	46	2.22
2019/11/19	53	2.29

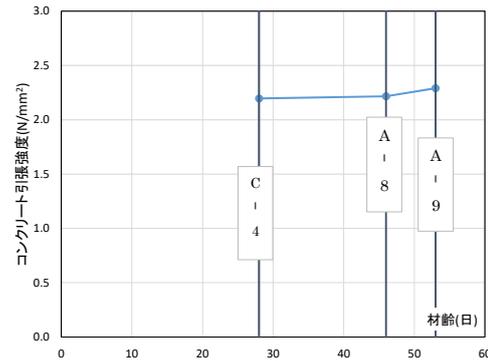


図 2.1.2-25 試験体 A-8, A-9, C-4

コンクリート引張強度－材齢関係

2) 鉄筋

使用した鉄筋について、柱主筋には試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9 は D13(SD785), 試験体 C-4 は D16(SD785), 柱補強筋には D6(SD785), パイルキャップ内柱補強筋には D6(SD295A)を使用した。基礎梁主筋には D22(PBSD980/1080), 基礎梁補強筋には U9.0(SBPD1275/1420), 基礎梁の組み立て筋として幅止め筋と腹筋に D6(SD295A)を使用した。杭頭定着筋には D19(SD490)を使用した。パイルキャップについては、縦筋に D6(SD295A), D10(SD295A), 帯筋に D6(SD295A)を使用した。

鉄筋の引張試験はアムスラー試験機を用い、試験片には計測用に2点ゲージを貼付し、鉄筋のひずみ量は2点の平均とした。鉄筋の引張試験結果を表 2.1.2-23~表 2.1.2-37 に、各鉄筋の引張強度-ひずみ関係を図 2.1.2-26~図 2.1.2-40 に示す。降伏棚の平均を鉄筋の降伏強度とし、明確な降伏棚が確認されない場合には0.2%オフセット法により降伏強度を算出した。また鉄筋のヤング率は弾性範囲内の一部区間において算出を行った。加えて各鉄筋の降伏判断は、降伏棚がある鉄筋に関しては降伏ひずみの0.9倍の値、降伏棚がない鉄筋に関しては降伏ひずみから2000 $\mu$ 減じた値を弾性限界ひずみとし、その値を0.9倍した値を用いて判断を行った。試験体 A-7a, A-7b と試験体 A-8, A-9, C-4 は作製年が異なるため、同じ規格の鉄筋も各年毎に試験を行った。

表 2.1.2-23 試験体 A-7a, A-7b D6(SD295A) 引張試験結果

D6 SD295A	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始時ひずみ( $\mu$ )
1	31.7	455.3	2278	17.7	2.04	14577
2		447.2	2144	17.8	2.13	14031
3		451.2	2317	17.7	1.97	15075
平均	31.7	451.2	2246	17.7	2.04	14561

表 2.1.2-24 試験体 A-7a, A-7b D6(SD785) 引張試験結果

D6 SD785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	31.7	891.2	6690	4690	34.2	1.90
2		900.1	6779	4779	34.3	1.88
3		909.9	6584	4584	34.8	1.99
平均	31.7	900.4	6684	4684	34.4	1.92

表 2.1.2-25 試験体 A-7a, A-7b D10(SD295A) 引張試験結果

D10 SD295A	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始時ひずみ( $\mu$ )
1	71.3	357.8	1997	35.5	1.79	26613
2		363.5	1979	35.5	1.87	26650
3		361.9	1990	35.8	1.83	25773
平均	71.3	361.0	1989	35.6	1.83	26345

表 2.1.2-26 試験体 A-7a, A-7b D13(SD785) 引張試験結果

D13 SD785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始時ひずみ( $\mu$ )
1	126.7	809.5	5114	127.1	1.80	/
2		823.3	4281	128.0	1.99	
3		822.7	5547	128.2	1.74	
平均	126.7	816.1	5331	127.7	1.77	19865

※No.1 と No.3 の平均値を材料特性とした  
(No.2 のヤング率が他の2つより大きく異なったため)

表 2.1.2-27 試験体 A-7a, A-7b D19 (SD490) 引張試験結果

D19 SD490	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始時 ひずみ( $\mu$ )
1	286.5	529.6	3055	198.6	1.87	11786
2		532.0	2962	199.3	1.91	14093
3		528.4	3064	197.3	1.91	11661
平均	286.5	530.0	3027	198.4	1.90	12513

表 2.1.2-28 試験体 A-7a, A-7b D22 (PBSD980) 引張試験結果

D22 PBSD930	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	387.1	1000.5	6852	4852	438.2	2.06
2		999.9	7000	5000	438.1	2.00
3		997.8	6945	4945	436.9	2.02
平均	387.1	999.4	6933	4933	437.7	2.03

表 2.1.2-29 試験体 A-7a, A-7b U9.0 (SBPD1275) 引張試験結果

U9.0 SBPD1275	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	64	1356.2	7052	5052	91.5	2.68
2		1301.5	8642	6642	88.9	1.96
3		1337.4	8702	6702	90.0	2.00
平均	64	1319.5	8672	6672	89.5	1.98

※No.2 と No.3 の平均値を材料特性とした  
(No.1 のヤング率が他の2つより大きく異なったため)

表 2.1.2-30 試験体 A-8, A-9, C-4 D6 (SD295A) 引張試験結果

D6 SD295A	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	31.7	376.9	4076	2076	17.1	1.82
2		388.6	4068	2068	17.4	1.88
3		370.6	4094	2094	17.0	1.77
平均	31.7	378.7	4079	2079	17.1	1.82

表 2.1.2-31 試験体 A-8, A-9, C-4 D6 (SD785) 引張試験結果

D6 SD785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	31.7	911.9	6957	4957	36.9	1.84
2		925.4	7012	5012	37.2	1.85
3		947.5	6985	4985	36.8	1.90
平均	31.7	928.3	6985	4985	37.0	1.86

表 2.1.2-32 試験体 A-8, A-9, C-4 D10 (SD295A) 引張試験結果

D10 SD295A	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始時 ひずみ( $\mu$ )
1	71.3	362.8	1885	36.8	1.91	
2		364.2	1942	37.0	1.83	18776
3		361.2	1982	37.0	1.82	
平均	71.3	362.7	1936	36.9	1.85	18776

表 2.1.2-33 試験体 A-8, A-9, C-4 D13(SD785) 引張試験結果

D13 SD785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	126.7	888.9	6736	4736	131.4	1.88
2		892.8	6807	4807	132.9	1.86
3		912.0	6734	4734	132.8	1.93
平均	126.7	890.8	6772	4772	132.2	1.87

※No.1 と No.2 の平均値を材料特性とした  
(No.3 のヤング率が他の2つより大きく異なったため)

表 2.1.2-34 試験体 A-8, A-9, C-4 D16(SD785) 引張試験結果

D16 SD785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	198.6	877.1	6769	4769	203.5	1.84
2		892.8	6514	4514	204.5	1.98
3		867.4	6866	4866	206.0	1.78
平均	198.6	872.3	6817	4817	204.8	1.81

※No.1 と No.3 の平均値を材料特性とした  
(No.2 のヤング率が他の2つより大きく異なったため)

表 2.1.2-35 試験体 A-8, A-9, C-4 D19(SD490) 引張試験結果

D19 SD490	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始時 ひずみ( $\mu$ )
1	286.5	541.8	3639	205.0	1.75	14135
2		542.6	3460	205.5	1.79	
3		546.2	3514	205.5	1.76	
平均	286.5	543.5	3538	205.3	1.77	13364

表 2.1.2-36 試験体 A-8, A-9, C-4 D22(PBSD930) 引張試験結果

D22 PBSD930	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	387.1	1002.5	7046	5046	436.0	1.99
2		994.7	6943	4943	435.0	2.01
3		1007.6	6983	4983	439.0	2.02
平均	387.1	1001.6	6990	4990	436.7	2.01

表 2.1.2-37 試験体 A-8, A-9, C-4 U9.0(SBPD1275) 引張試験結果

U9.0 SBPD1275	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	弾性限界ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )
1	64	1447.3	8630	6630	94.0	2.18
2		1451.4	8556	6556	94.1	2.21
3		1450.3	8459	6459	93.9	2.25
平均	64	1450.8	8507	6507	94.0	2.23

※No.2 と No.3 の平均値を材料特性とした  
(No.1 のヤング率が他の2つより大きく異なったため)

・試験体 A-7a, A-7b

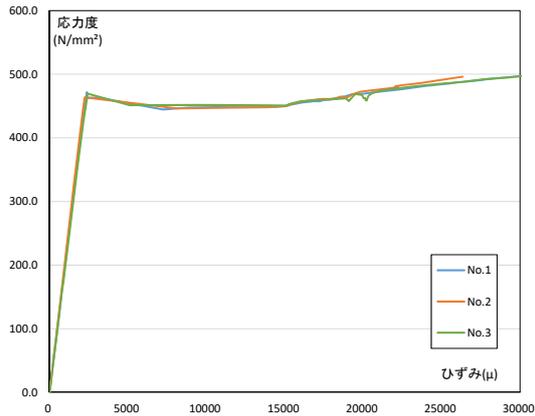


図 2.1.2-26 鉄筋 D6 (SD295A)

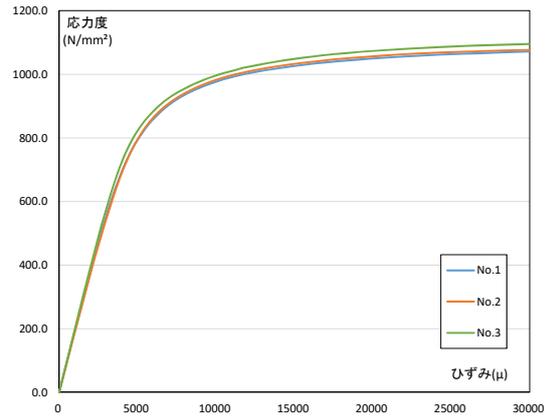


図 2.1.2-27 鉄筋 D6 (MK785)

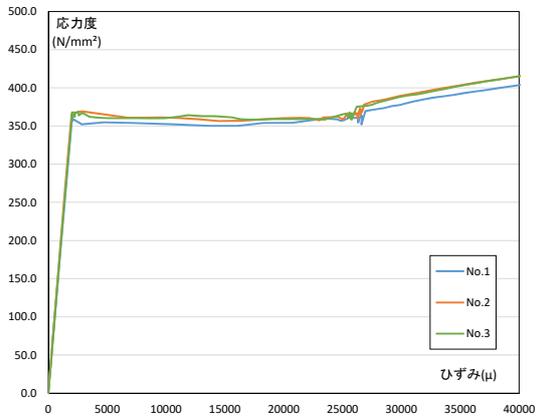


図 2.1.2-28 鉄筋 D10 (SD295A)

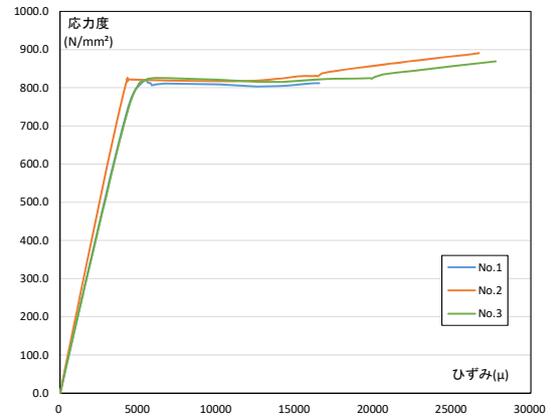


図 2.1.2-29 鉄筋 D13 (MK785)

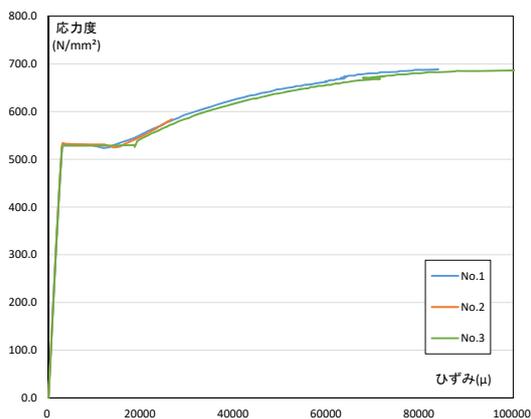


図 2.1.2-30 鉄筋 D19 (SD490)

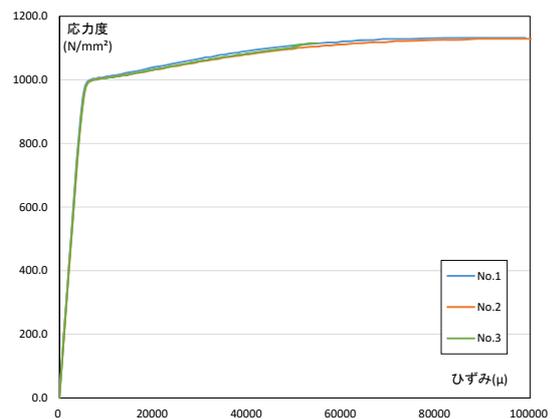


図 2.1.2-31 鉄筋 D22 (SBPD980)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

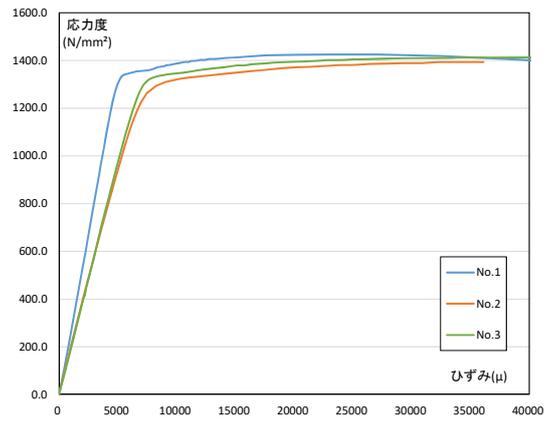


図 2.1.2-32 鉄筋 U9.0 (SBPD1275)

・試験体 A-8, A-9, C-4

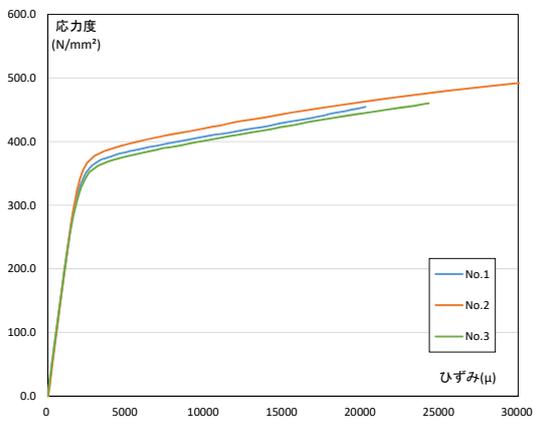


図 2.1.2-33 鉄筋 D6 (SD295A)

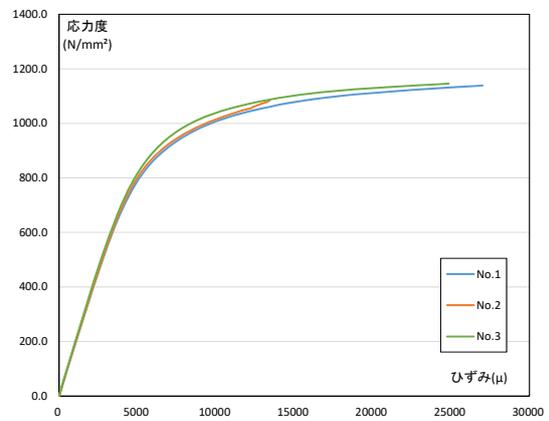


図 2.1.2-34 鉄筋 D6 (MK785)

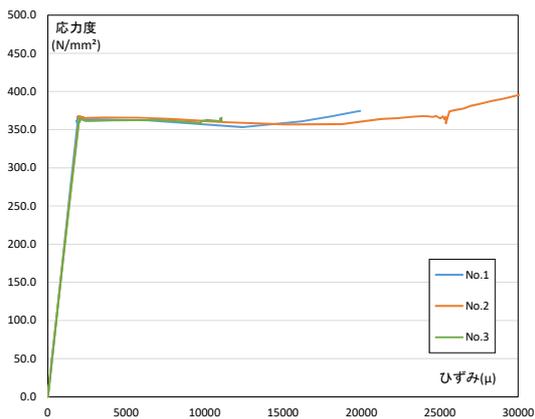


図 2.1.2-35 鉄筋 D10 (SD295A)

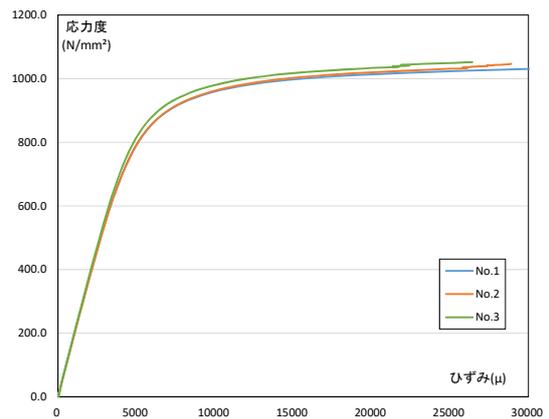


図 2.1.2-36 鉄筋 D13 (MK785)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

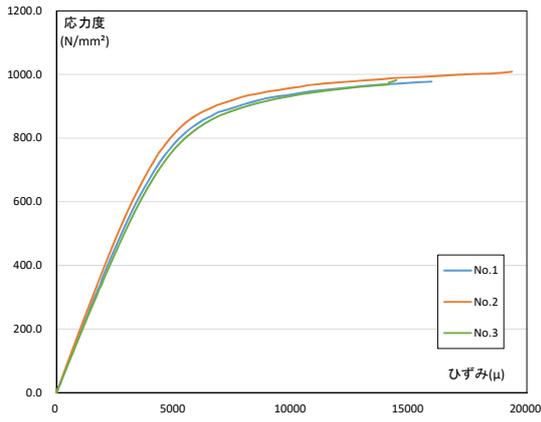


図 2. 1. 2-37 鉄筋 D16 (SD785)

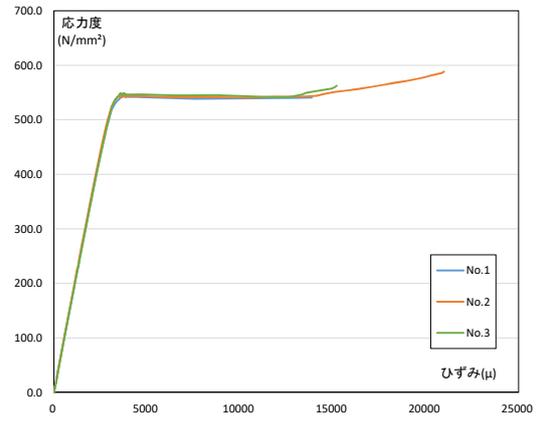


図 2. 1. 2-38 鉄筋 D19 (SD490)

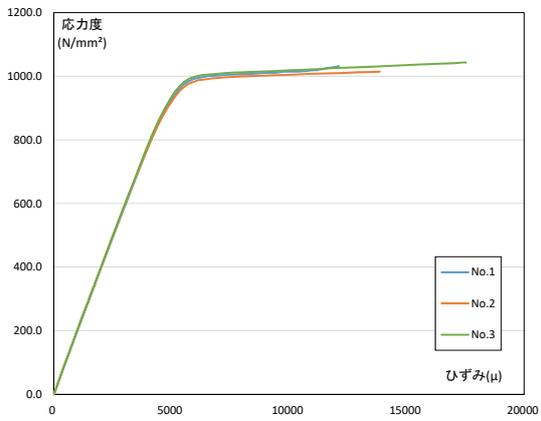


図 2. 1. 2-39 鉄筋 D22 (SBPD980)

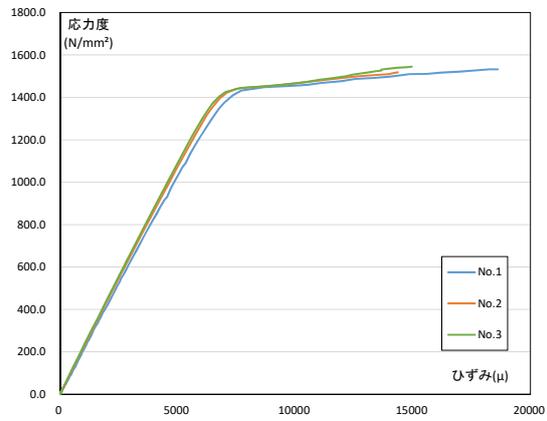


図 2. 1. 2-40 鉄筋 U9.0 (SBPD1275)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

3) 材料特性まとめ

表 2.1.2-38, 39 にコンクリートと鉄筋の材料特性を示す。

表 2.1.2-38 鉄筋材料特性

試験体	鉄筋	使用部材	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (×10 <sup>5</sup> N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ (μ)	弾性限界ひずみ (μ)
A-7a A-7b	D6(SD295A)	柱・パイルキャップ	451.2	2.04	2246	
	D6(SD785)*	柱	900.4	1.92	6684	4684
	D10(SD295A)	パイルキャップ	361.0	1.83	1989	
	D13(SD785)	柱	816.1	1.77	5331	
	D19(SD490)	杭頭定着筋	530.0	1.90	3027	
	D22(PBSD930/1080)*	基礎梁主筋	999.4	2.03	6933	4933
	U9.0(SBPD1275/1420)*	基礎梁補強筋	1319.5	1.98	8672	6672
A-8 A-9 C-4	D6(SD295A)*	柱・パイルキャップ	378.7	1.82	4079	2079
	D6(SD785)*	柱	928.3	1.86	6985	4985
	D10(SD295A)	パイルキャップ	362.7	1.85	1936	
	D13(SD785)*	柱・パイルキャップ	890.8	1.87	6772	4772
	D16(SD785)*	柱	872.3	1.81	6817	4817
	D19(SD490)	杭頭定着筋	543.5	1.77	3538	
	D22(PBSD930/1080)*	基礎梁主筋	1001.6	2.01	6990	4990
U9.0(SBPD1275/1420)*	基礎梁補強筋	1450.8	2.23	8507	6507	

\*0.2%オフセットにより降伏点を算出した。

表 2.1.2-39 コンクリート材料特性

試験体	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 (×10 <sup>4</sup> N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度時ひずみ (μ)	引張割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )
A-7a, A-7b	28.4	2.08	2652	2.16
A-8	25.7	2.01	2767	2.21
A-9	26.0	2.02	2755	2.21
C-4	24.3	1.93	2726	2.21

(3) 載荷方法

1) 載荷装置

載荷装置図を図 2.1.2-41 に、載荷装置の写真を写真 2.1.2-3 に示す。試験体の支承部について、柱・杭脚部はピン支持、基礎梁端はピンローラー支持とした。軸力は柱頭位置より軸力加圧ジャッキによって導入し、その後同加力点から水平加圧ジャッキによって水平力を導入した。軸力は柱軸力比 0.2 で一定とし、水平力は柱頭位置での層間変形角にて制御を行い、正負交番繰り返し載荷とした。なお軸力導入時に基礎梁に作用するせん断力に関しては特に制御を行わずに加力を行った。

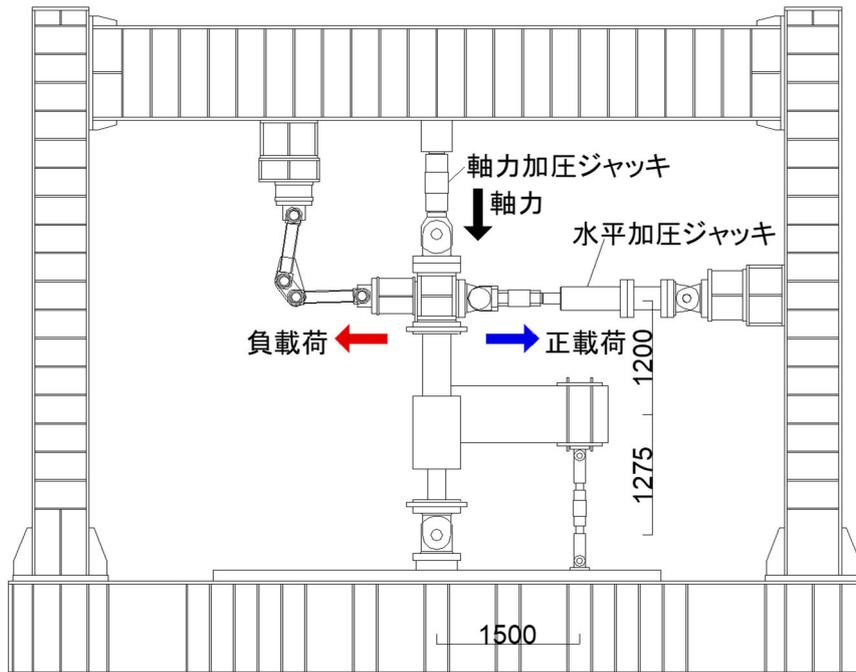


図 2.1.2-41 載荷装置図

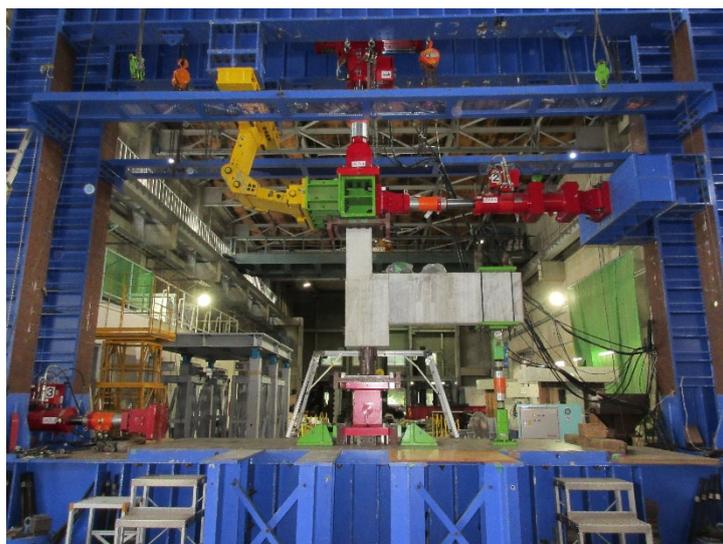


写真 2.1.2-3 載荷装置図

2) 载荷スケジュール

加力は変位制御として柱頭位置での層間変形角を計測して行った。正負交番繰り返し载荷として、層間変形角 R=0.125%, 0.25%を1回, 0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0%を2回ずつ行い, 除荷した。試験体 A-8 に関しては R=4.0%の1回目まで加力を行い, 試験体 C-4 に関しては R=3.0%の1回目まで加力を行った。図 2.1.2-42 に加力スケジュールを示す。

载荷スケジュールを以下に示す。

- |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| ○+1Cycle: 層間変形角 R = 0.125% | ○-1Cycle: 層間変形角 R = 0.125% |
| ○+2Cycle: 層間変形角 R = 0.25%  | ○-2Cycle: 層間変形角 R = 0.25%  |
| ○+3Cycle: 層間変形角 R = 0.5%   | ○-3Cycle: 層間変形角 R = 0.5%   |
| ●+4Cycle: 層間変形角 R = 0.5%   | ●-4Cycle: 層間変形角 R = 0.5%   |
| ○+5Cycle: 層間変形角 R = 1.0%   | ○-5Cycle: 層間変形角 R = 1.0%   |
| ●+6Cycle: 層間変形角 R = 1.0%   | ●-6Cycle: 層間変形角 R = 1.0%   |
| ○+7Cycle: 層間変形角 R = 2.0%   | ○-7Cycle: 層間変形角 R = 2.0%   |
| ●+8Cycle: 層間変形角 R = 2.0%   | ●-8Cycle: 層間変形角 R = 2.0%   |
| ○+9Cycle: 層間変形角 R = 3.0%   | ○-9Cycle: 層間変形角 R = 3.0%   |
| ●+10Cycle: 層間変形角 R = 3.0%  | ●-10Cycle: 層間変形角 R = 3.0%  |
| ○+11Cycle: 層間変形角 R = 4.0%  | ○-11Cycle: 層間変形角 R = 4.0%  |

○: 処女载荷 ●: 繰り返し Cycle

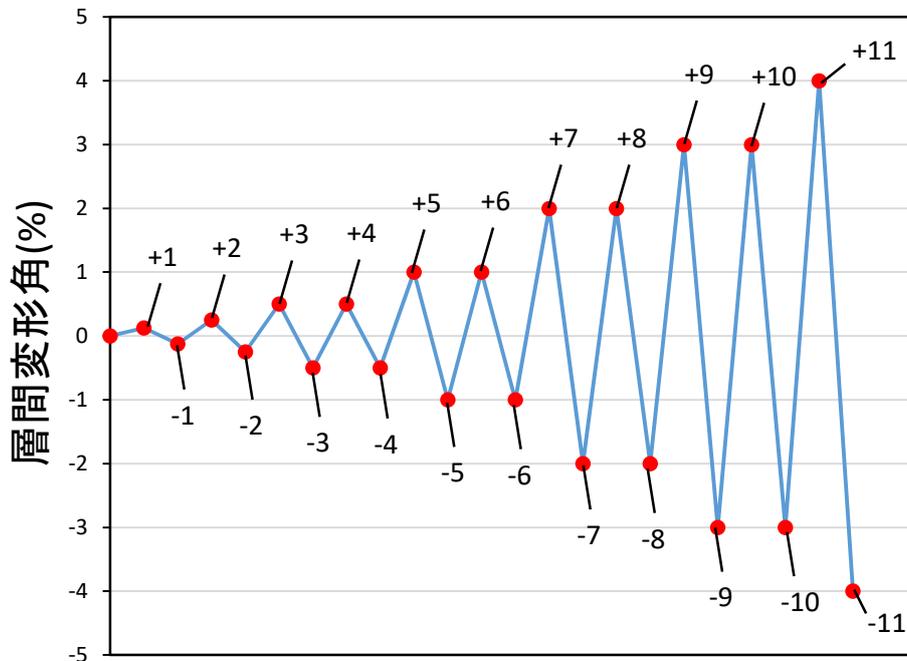


図 2.1.2-42 载荷スケジュール

(4) 測定方法

1) せん断力および軸力

軸力は軸力加圧ジャッキより測定し、層せん断力は基礎梁せん断力からモーメントの釣り合いより変換した。

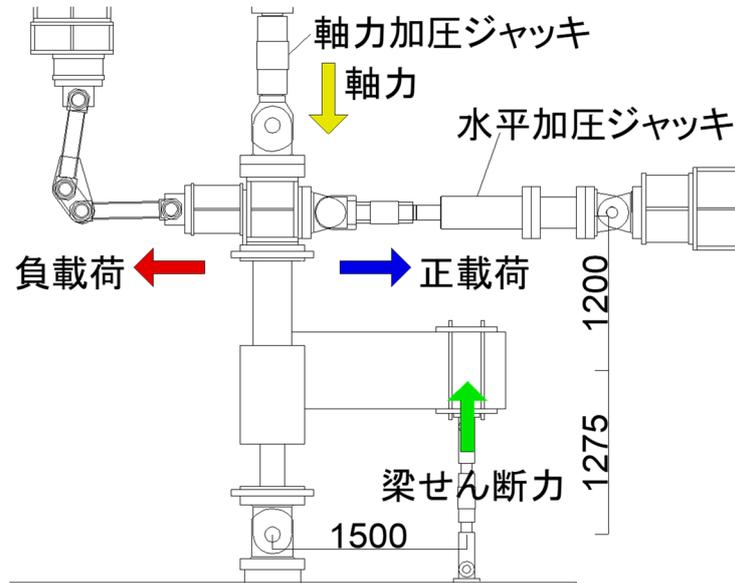


図 2.1.2-43 せん断力および軸力

2) 部材変位の測定方法

(a) 層間変形角

層間変位は柱頭加力点位置で変位計(SDP-200)によって計測した値を用いた。層間変位  $R$  は層間変位  $\delta$  を、柱頭加力点から杭脚支持点までの距離  $H$  で除したものとした。算出方法を図 2.1.2-44 に示す。

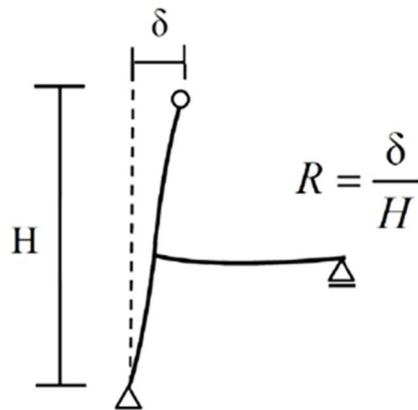


図 2.1.2-44 層間変形角  $R$  の算出方法



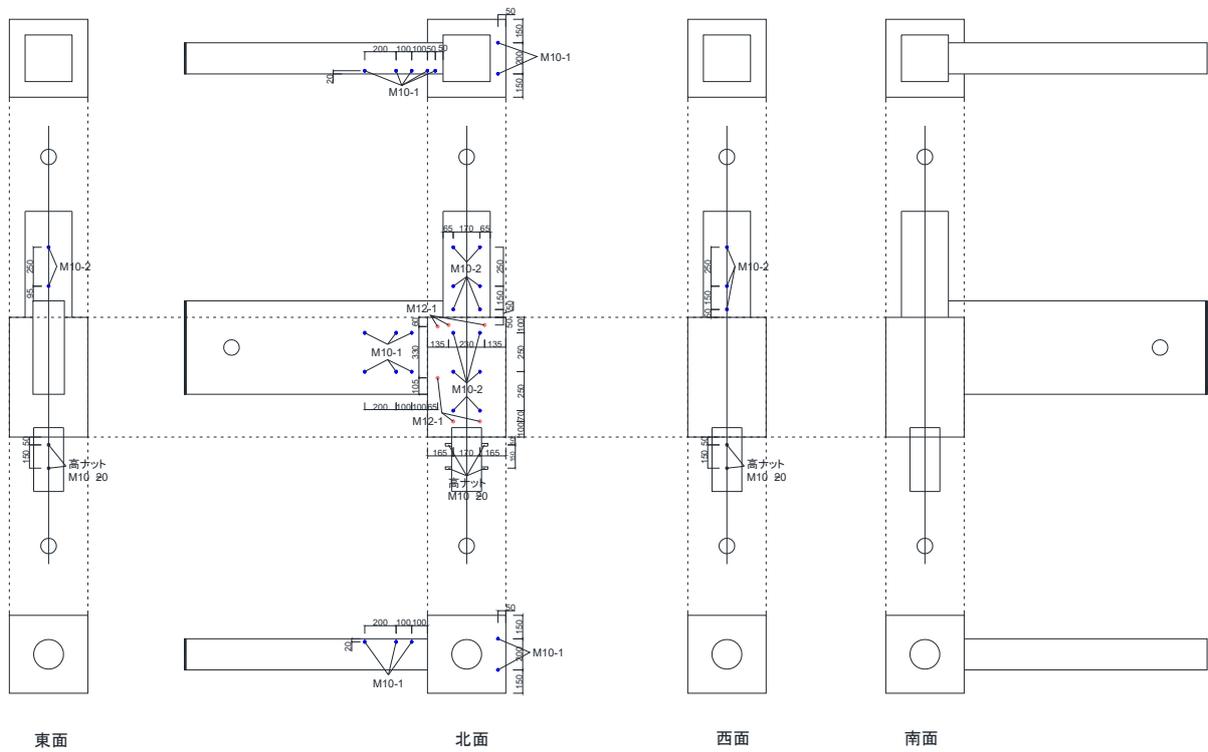


図 2.1.2-46 インサート図 (A-8, A-9)

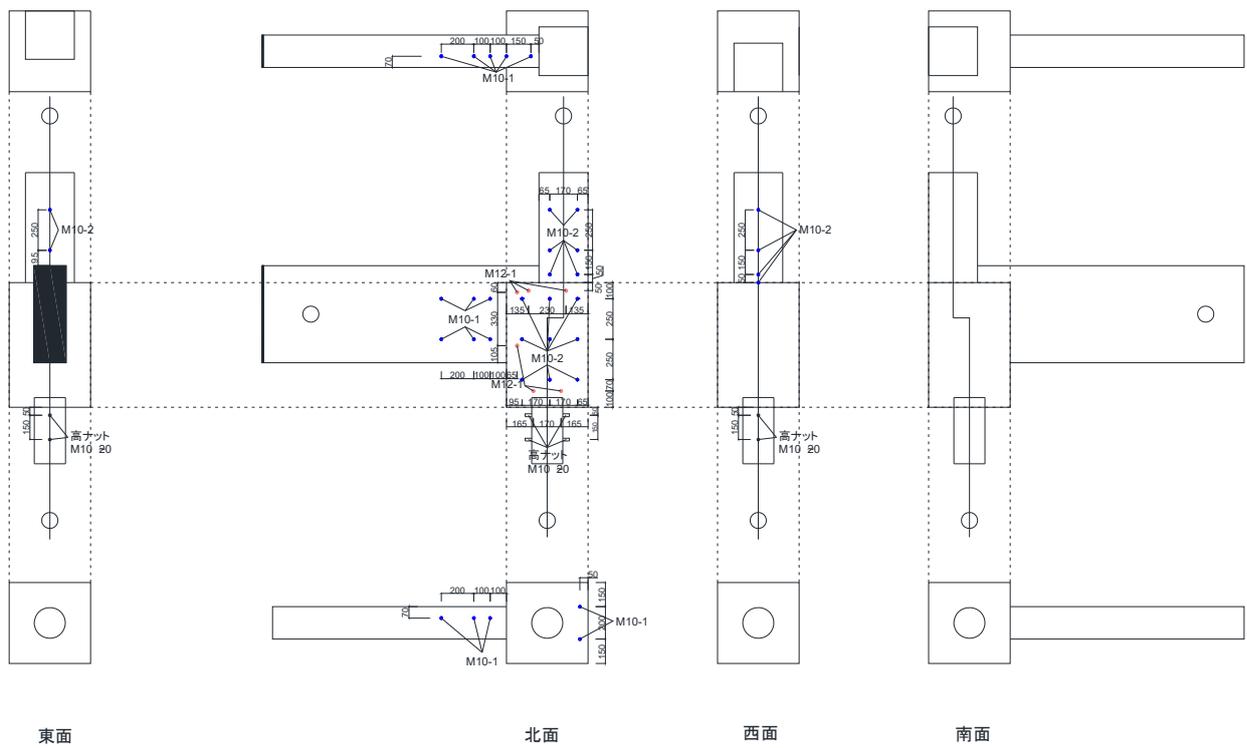


図 2.1.2-47 インサート図 (C-4)

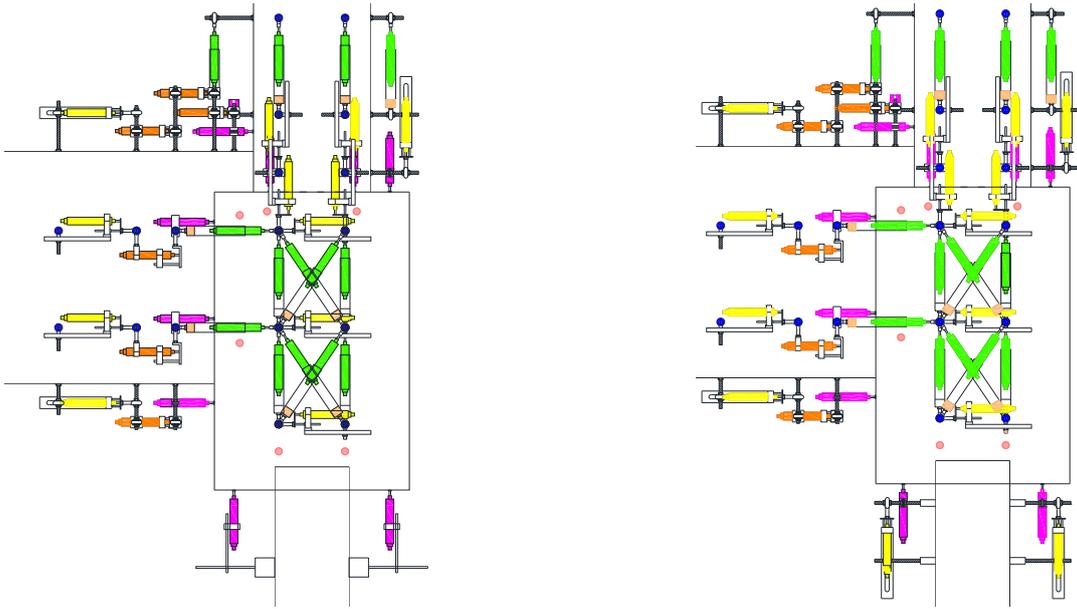


図 2. 1. 2-48 変位計取り付け図 (A-7a, A-7b) 図 2. 1. 2-49 変位計取り付け図 (A-8, A-9)

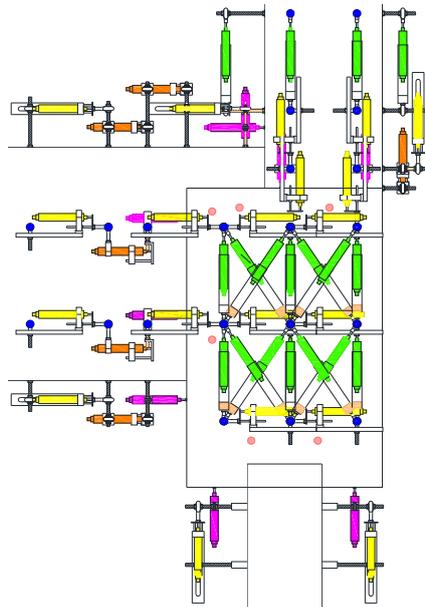


図 2. 1. 2-50 変位計取り付け図 (C-4)



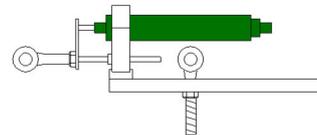
写真 2.1.2-4 アクリルパイプ

アクリルパイプ治具

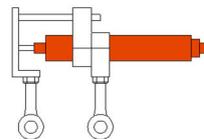


写真 2.1.2-5 短区間用治具 ver. 1

短区間用治具ver.1



短区間用治具ver.2



ホルダー



写真 2.1.2-6 短区間用治具 ver. 2

図 2.1.2-51 変位計取り付け治

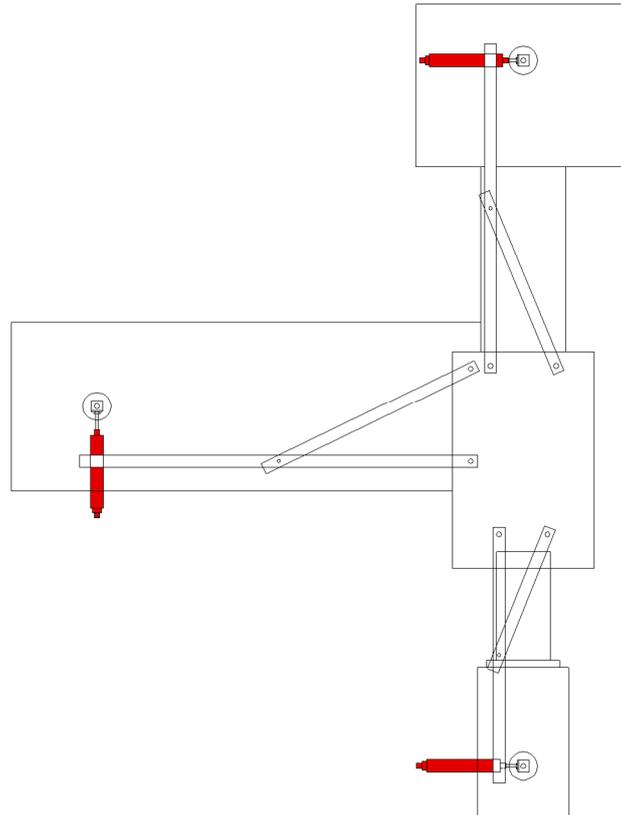


図 2.1.2-52 試験体治具図面

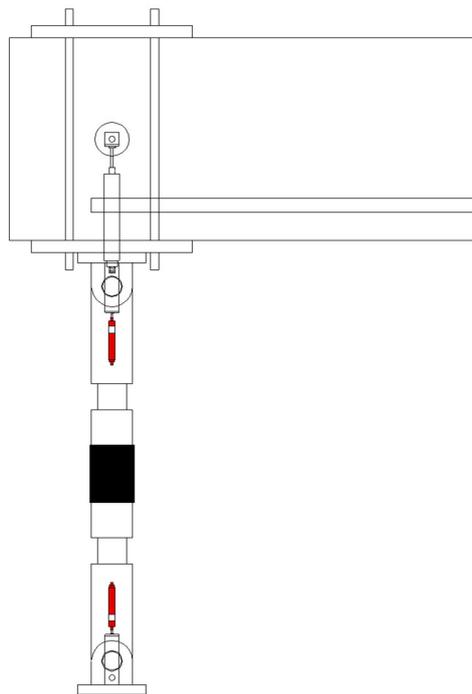


図 2.1.2-53 基礎梁端変位計治具図面

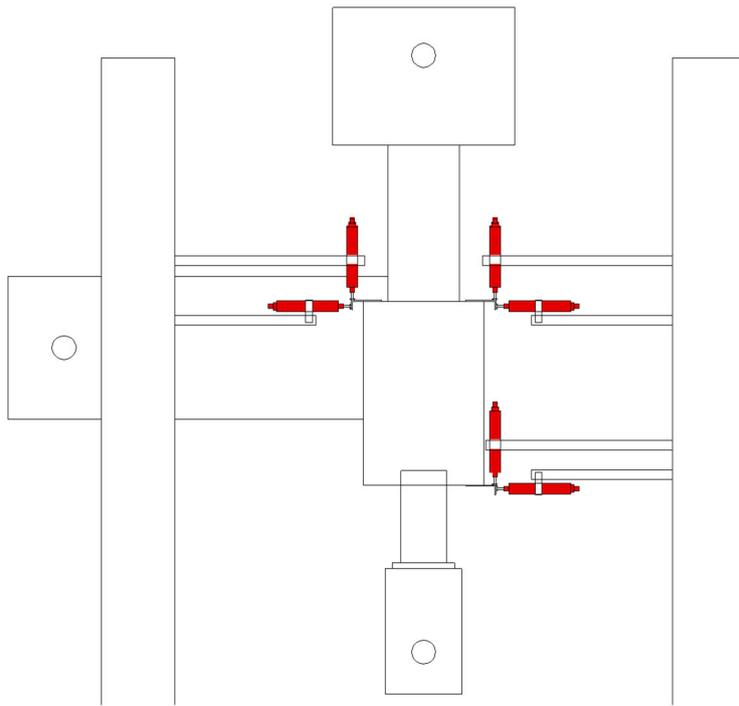


図 2.1.2-54 各部材絶対変位測定治具図面 (A シリーズ)

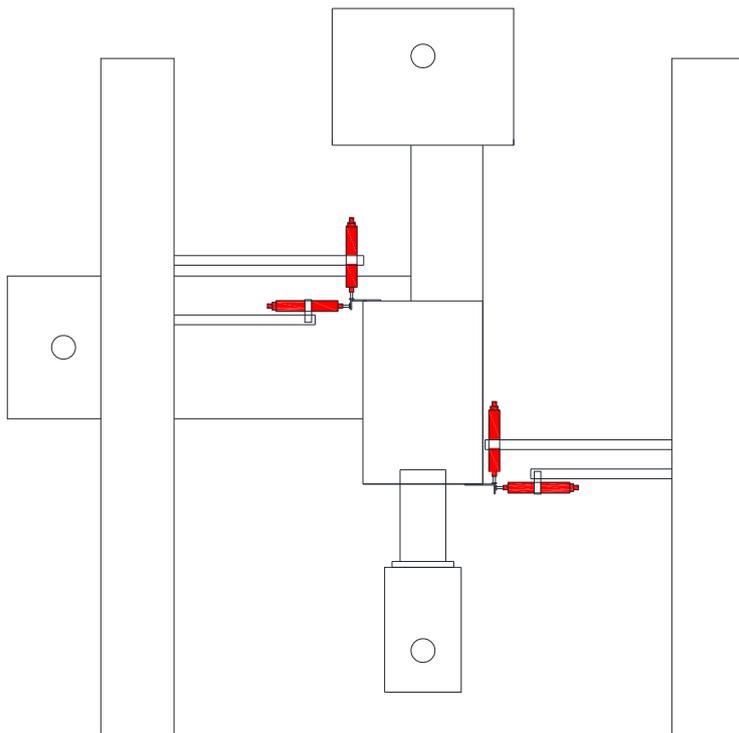


図 2.1.2-55 各部材絶対変位測定治具図面 (C-4)

3) ひずみ測定位置

各部材のひずみ測定位置を図 2.1.2-56～図 2.1.2-66 に示す。ひずみは各位置に貼付した一枚のゲージの値を用いる。

(a) 杭体ゲージ貼付位置

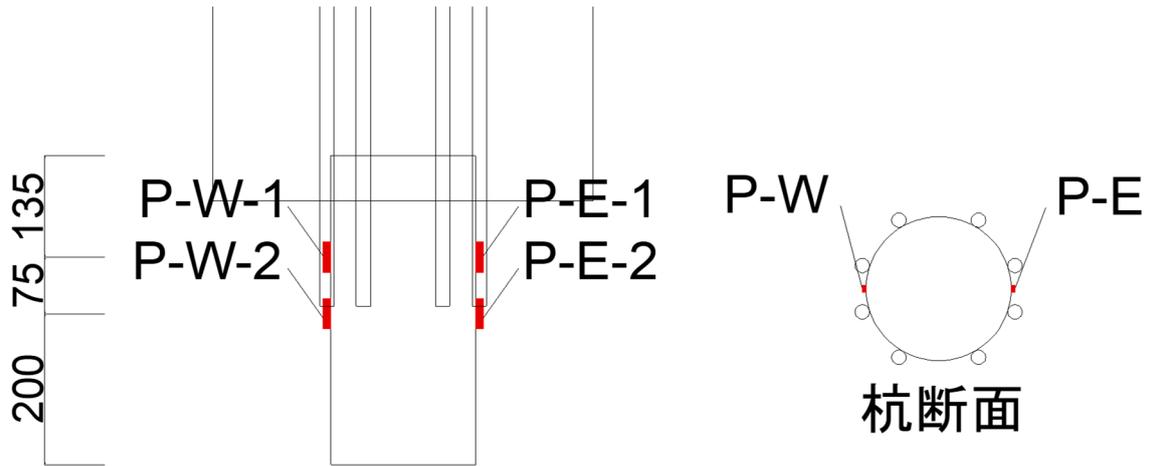


図 2.1.2-56 杭体ゲージ貼付位置 (全試験体)

(b) 杭頭定着筋ゲージ貼付位置

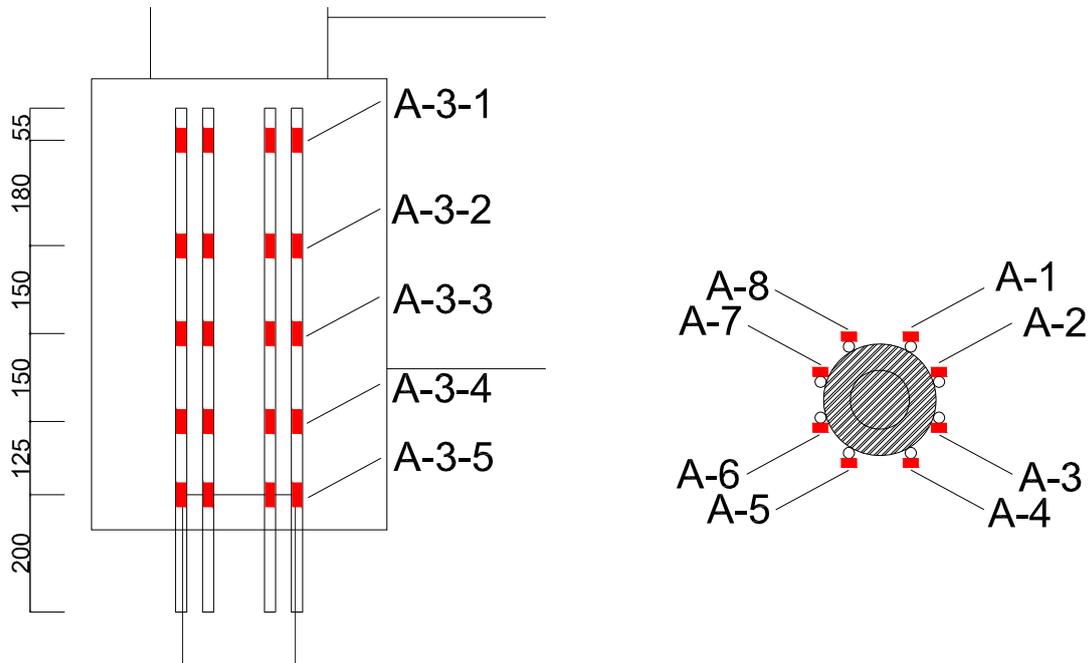


図 2.1.2-57 杭頭定着筋ゲージ貼付位置 (A-7a, A-7b)

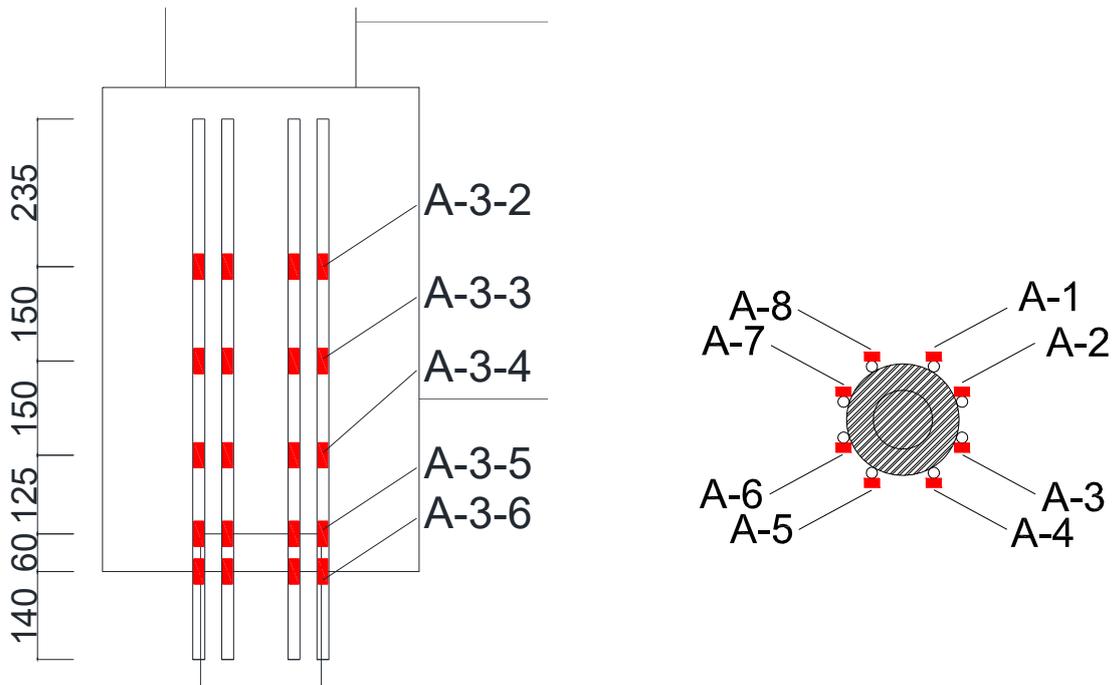


図 2.1.2-58 杭頭定着筋ゲージ貼付位置 (A-8, A-9, C-4)

(c) 柱主筋ゲージ貼付位置

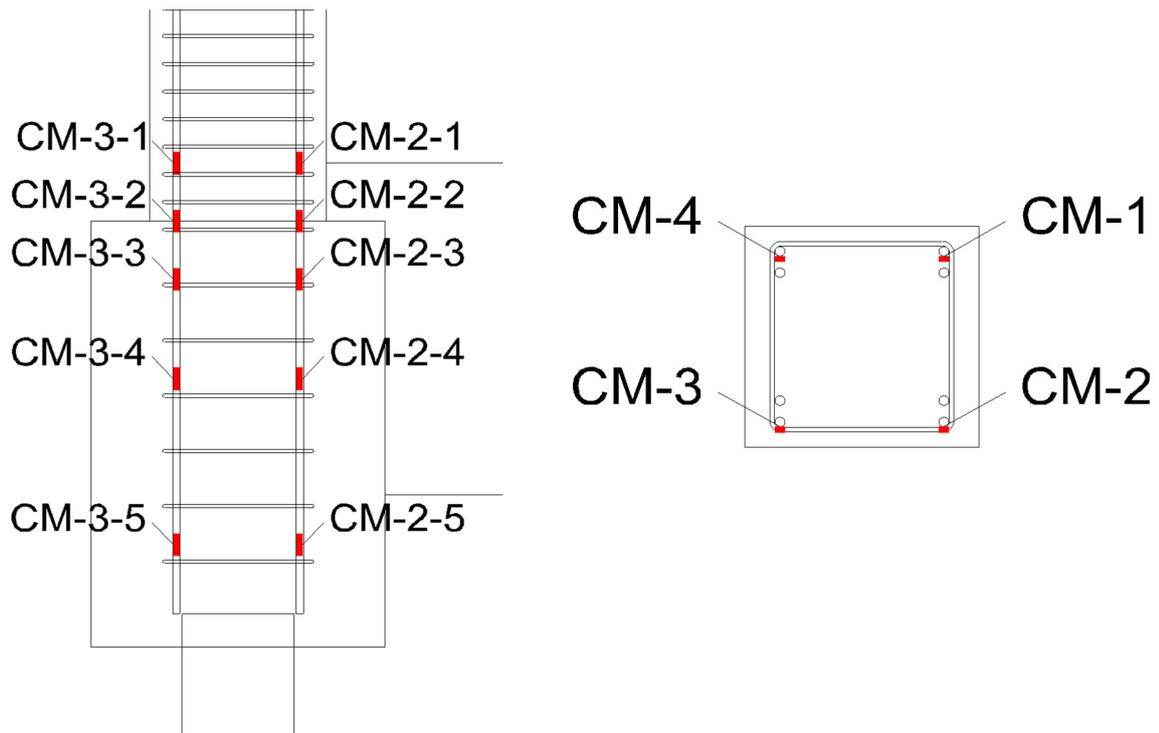


図 2.1.2-59 柱主筋ゲージ貼付位置 (全試験体)

(d) 柱補強筋ゲージ貼付位置

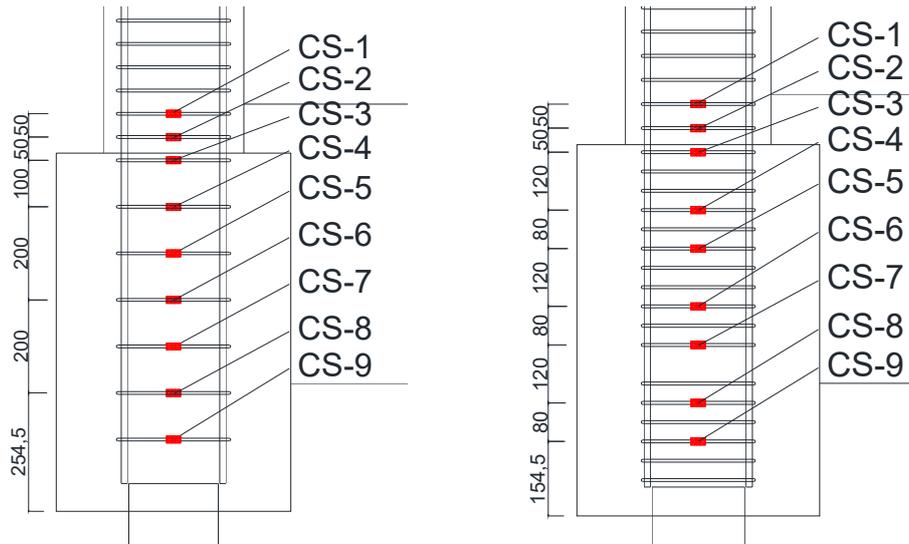


図 2.1.2-60 柱補強筋ゲージ貼付位置 (左 : A-7a, 右 : A-7b)

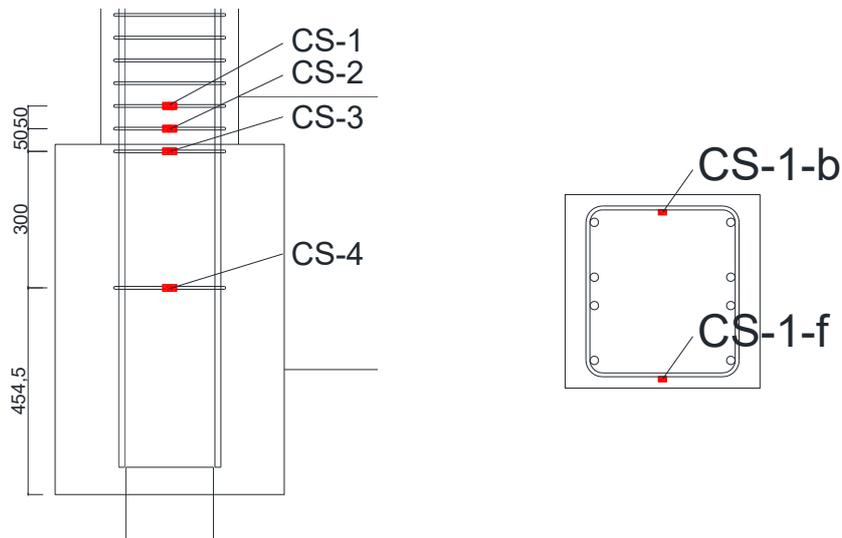


図 2.1.2-61 柱補強筋ゲージ貼付位置 (左 : A-8, A-9, C-4, 右 : 全試験体共通断面)

(e) 基礎梁主筋ゲージ貼付位置

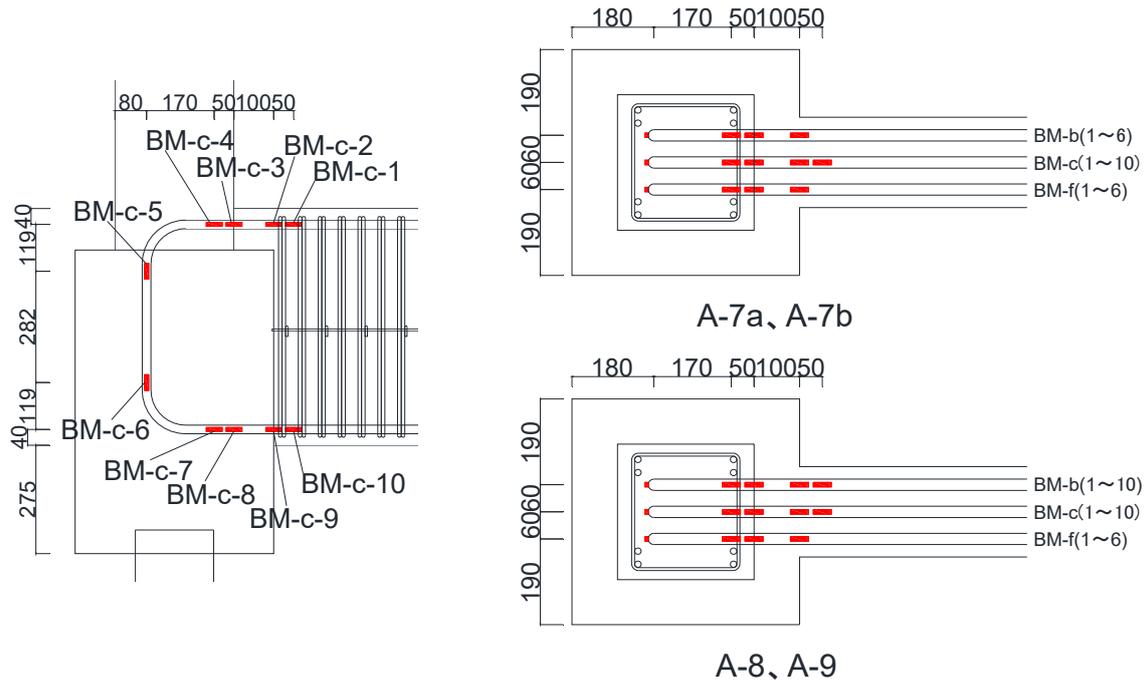


図 2.1.2-62 基礎梁主筋ゲージ貼付位置 (A シリーズ)

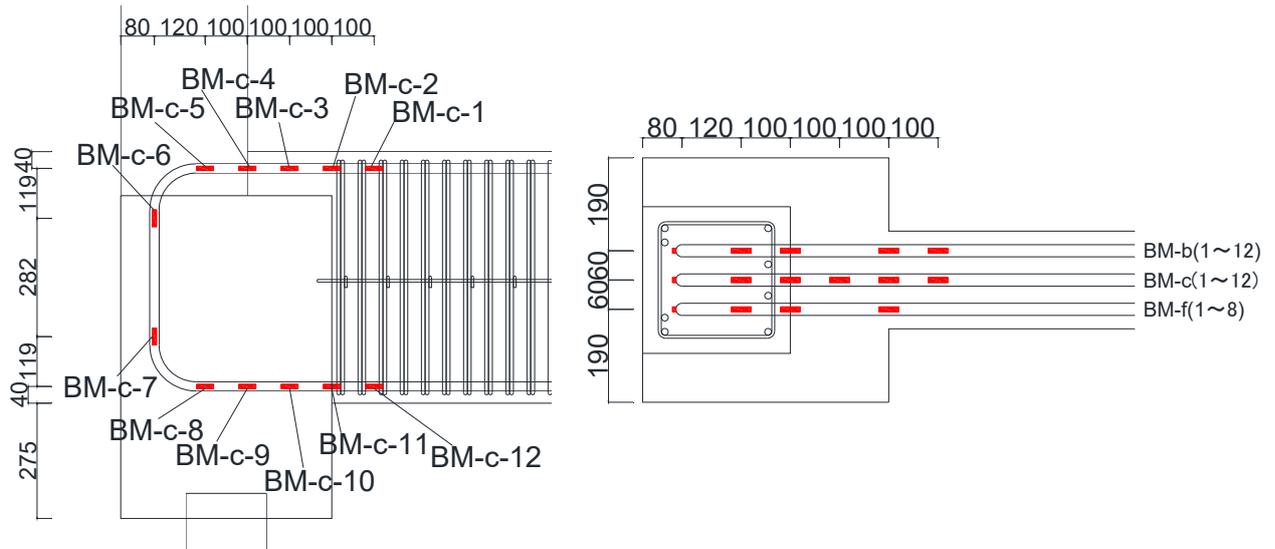


図 2.1.2-63 基礎梁主筋ゲージ貼付位置 (C-4)

(f) 基礎梁補強筋ゲージ貼付位置

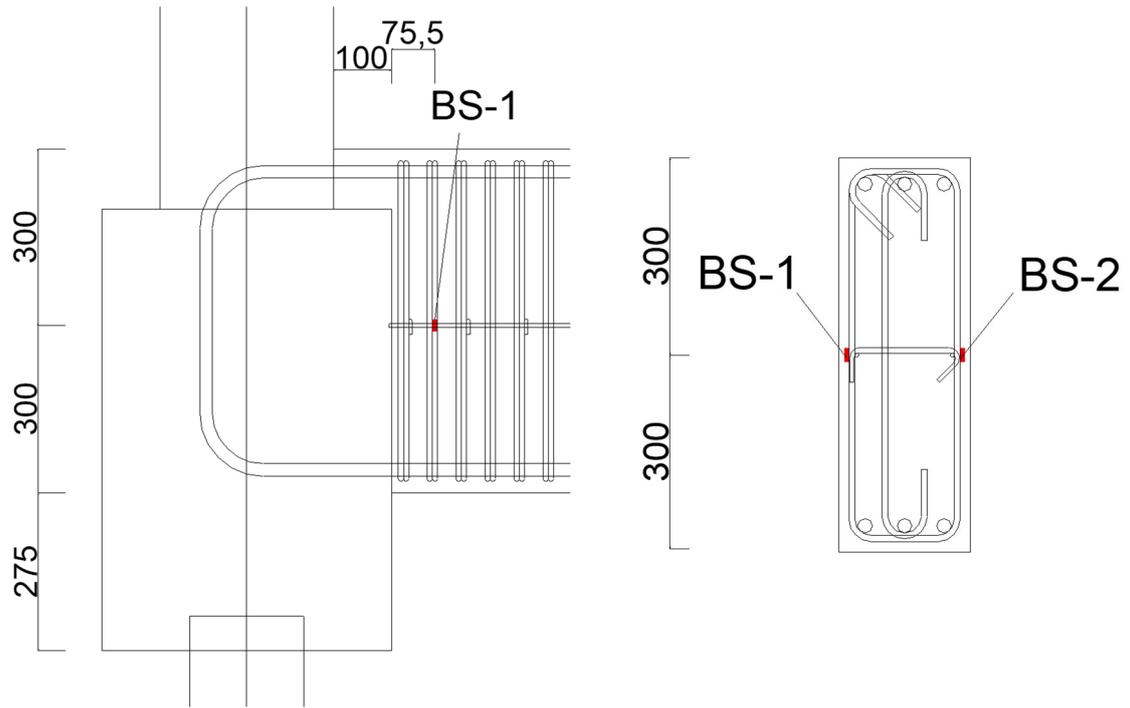


図 2.1.2-64 基礎梁補強筋ゲージ貼付位置 (A-7a, A-7b)

(g) 縦筋ゲージ貼付位置

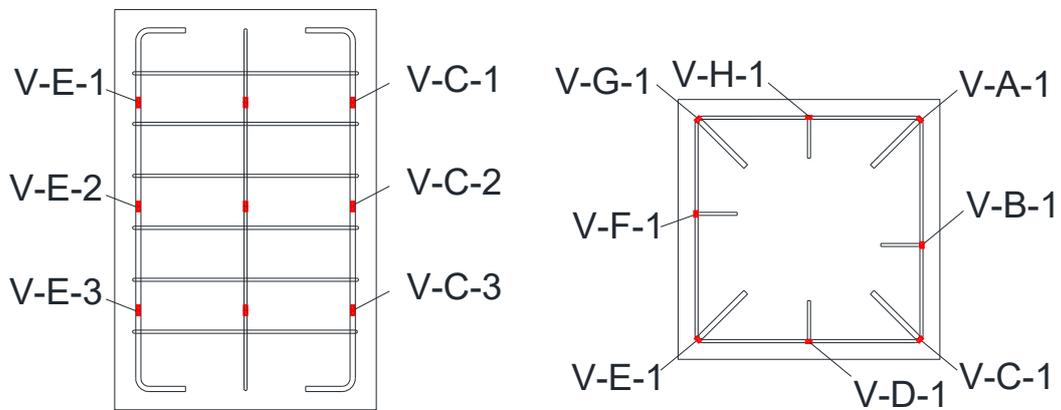


図 2.1.2-65 縦筋ゲージ貼付位置 (全試験体)

(h) パイルキャップ帯筋ゲージ貼付位置

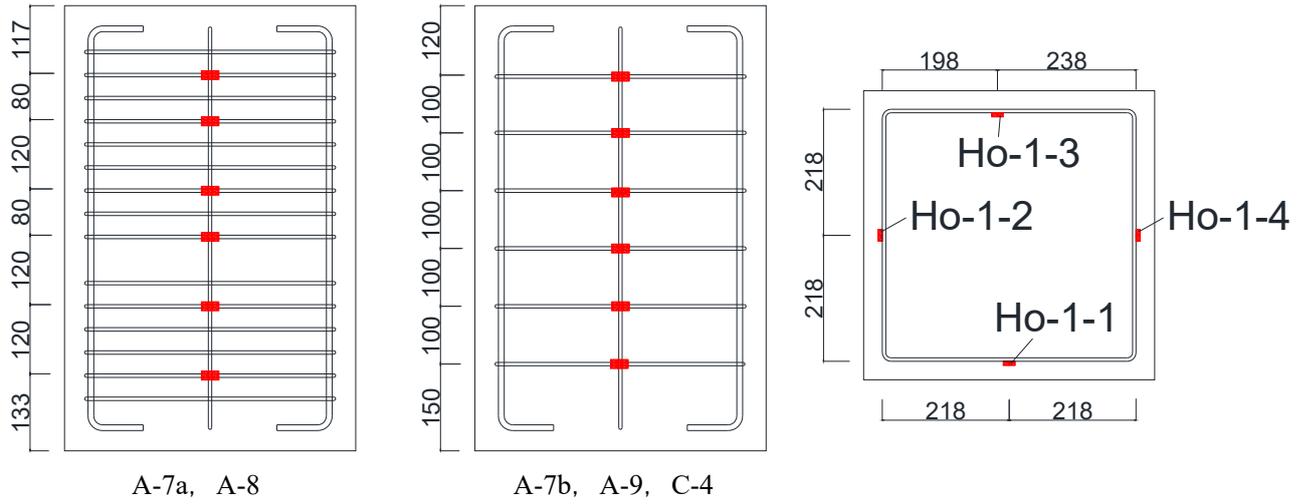


図 2.1.2-66 パイルキャップ帯筋ゲージ貼付位置 (全試験体)

(5) 部材設計

1) 柱

(a) 曲げ終局強度

柱の曲げ終局強度の計算は、2001年度改定版既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説<sup>[2-2]</sup>に記載されている柱の曲げ終局強度の算定式より算出した。算定式を以下に示す。

$0.4bDF_c \geq N \geq 0$  のとき、

$$M_u = 0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot F_c}\right)$$

ここで、

$a_t$  : 柱の引張鉄筋断面積(mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 鉄筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : 柱断面せい(mm)

$N$  : 柱軸方向力(N)

$b$  : 柱断面幅(mm)

$F_c$  : コンクリート強度(N/mm<sup>2</sup>)

偏心試験体 C-4 については、軸力導入時点で偏心による付加曲げモーメント  $M_0$  が柱脚部に発生していると考え、以下の式で算出した。

$$M'_u = M_u \pm M_0$$

付加曲げモーメントは、最大でも軸力×偏心距離のモーメントが作用すると考え、

$$M_0 = N \times e$$

$e$  : 偏心距離(mm)

とした。

各試験体の計算結果を表 2.1.2-40 に示す。

表 2.1.2-40 柱曲げ終局強度計算値

	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
柱曲げ終局強度 (kN・m)	169.8				229.4

(b) せん断終局強度

柱のせん断終局強度は、以下に示す荒川式を用いて算出した。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053p_t^{0.23}(18 + F_c)}{\frac{M}{Qd} + 0.12} + 0.85\sqrt{p_w\sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} b \cdot j$$

ここで、

$p_t$  : 引張鉄筋比(%)

$M/Qd$  : せん断スパン比。1 以下の場合は 1 とし、3 以上の場合は 3 とする。

$p_w$  : せん断補強筋比。0.012 以上の時は 0.012 とする。

$\sigma_{wy}$  : せん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_0$  : 柱の軸応力度

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

j : 応力中心間距離(mm)

各試験体の計算結果を表 2.1.2-41 に示す。

表 2.1.2-41 柱せん断終局強度計算値

	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
柱せん断終局強度 (kN)	198.5				203.9

2) 基礎梁

(a) 曲げ終局強度

基礎梁の曲げ終局強度は、以下の式を用いて計算を行った。

$$M_u = 0.9a_t\sigma_y d$$

ここで、

$a_t$  : 引張鉄筋断面積(mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 引張鉄筋の降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

d : はり有効せい(mm)

各試験体の計算結果を表 2.1.2-42 に示す。

表 2.1.2-42 基礎梁曲げ終局強度計算値

	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
基礎梁曲げ終局強度 (kN・m)	598.8				

(b) せん断終局強度

基礎梁のせん断終局強度は、以下に示す荒川式を用いて算出した。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053p_t^{0.23}(18 + F_c)}{\frac{M}{Qd} + 0.12} + 0.85\sqrt{p_w\sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} b \cdot j$$

各記号は柱のせん断終局強度と同じ。

各試験体の計算結果を表 2.1.2-43 に示す。

表 2.1.2-43 基礎梁せん断終局強度計算値

	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
基礎梁せん断終局強度 (kN)	459.8				

3) 杭頭接合面曲げ終局強度

杭頭接合面の曲げ終局強度は、図-2.5.1 に示す「支圧面抵抗力」と「埋込部抵抗力」との和として算出する。「支圧面抵抗力」は円環断面による抵抗力や杭頭定着筋による抵抗力などを考慮し、杭頭定着筋を主筋とした円形断面について、Response-2000<sup>[2-3]</sup>で曲げ解析（コンクリート：Collins モデル<sup>[2-4]</sup>，鉄筋：ひずみ硬化域を考慮した3直線でモデル化）を行い算出した。その際、既往の研究の結果を踏まえ、コンクリート支圧強度を3倍して計算した。また「埋込部抵抗力」は、鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説<sup>[2-5]</sup>に記載されている以下の式を用いて算出した。

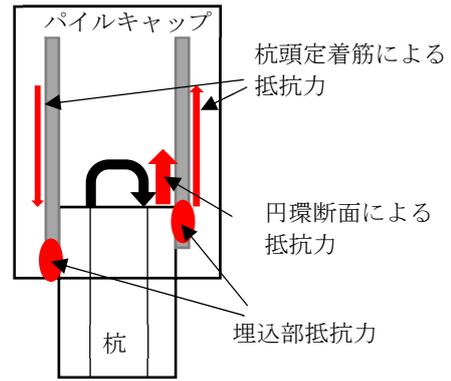


図-2.5.1 杭頭接合面に作用する力

以下の式を用いて算出した。

$${}_uM_{ph} = F_c \left( \frac{Dh^2L}{6L + 4h} \right)$$

ここで、

${}_uM_{ph}$  : パイルキャップへの杭埋め込み部前・後面のコンクリート支圧による安全限界曲げ強度(N・mm)

D : 杭外径(mm)

h : 杭のパイルキャップへの埋込長さ(mm)

L : 杭頭の曲げモーメントとせん断力の比

各試験体の計算結果を表 2.1.2-44 に示す。

表 2.1.2-44 杭頭接合面曲げ終局強度計算値

	A-7a	A-7b	A-8	A-9	C-4
杭頭接合面曲げ終局強度 (kN・m)	115.9				122.4

4) パイルキャップせん断終局強度

パイルキャップせん断終局強度は、既往の研究<sup>[2-1]</sup>、<sup>[2-6]</sup>で提案された2種類の式を用いて算出した。

(a) 実験に基づく実験式<sup>[2-1]</sup>

荒川 mean 式を参考に提案されたパイルキャップせん断終局強度式を以下に示す。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.068p_t^{0.23}(F_c + 18)}{\frac{M}{Qd} + 0.12} + 0.85 \sqrt{c p_w c \sigma_{wy} + p_c p_w p_c \sigma_{wy} + 0.1 \sigma_0} \right\} b_j$$

ここで、

$c p_w$ : 柱せん断補強筋比

$c \sigma_{wy}$ : 柱せん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$p_c p_w$ : パイルキャップせん断補強筋比

$p_c \sigma_{wy}$ : パイルキャップせん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

(b) トラス・アーチ理論に基づく理論式<sup>[2-6]</sup>

トラス・アーチ理論に基づくパイルキャップせん断強度式（以下，理論式）を示す。

パイルキャップせん断強度 $V_u$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t < 0$  のとき

$V_u$ は次のうち小さい値とする

$$V_u = \begin{cases} \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B + c p_{we} c \sigma_{we}}{3} c b_e c j_e \\ \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B}{2} c b_e c j_e \end{cases}$$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t \geq 0$  かつ  $v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t < 0$  のとき

$$cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$$

$p_c V_t$ は次のうち小さい値とする

$$p_c V_t = \begin{cases} \frac{\lambda_{pc}(v_0 \sigma_B - c\sigma_t) + p_c p_{we} p_c \sigma_{we}}{3} p_c b_e p_c j_e \\ \frac{\lambda_{pc}(v_0 \sigma_B - c\sigma_t)}{2} p_c b_e p_c j_e \end{cases}$$

$$V_u = cV_t + p_c V_t$$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t \geq 0$  のとき

$$cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$$

$$p_c V_t = 2 p_c p_{we} p_c \sigma_{wy} p_c b_e p_c j_e$$

$$V_a = (v_0 \sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t) \frac{b x_n}{2} \sin 2\theta$$

$$V_u = cV_t + p_c V_t + V_a$$

$v_0$ :コンクリート圧縮強度の有効係数  $\sigma_B$ :コンクリート圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $c p_{we}$ :柱有効補強筋比  $c \sigma_{wy}$ :柱補強筋降伏応力(N/mm<sup>2</sup>)  $c b_e$ :柱トラス有効幅(mm)  
 $c j_e$ :柱トラス有効せい(mm)  $\lambda_c$ :柱トラス有効係数  $c \sigma_t$ :柱トラス圧縮力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_c p_{we}$ :パイルキャップ有効補強筋比  $p_c \sigma_{wy}$ :パイルキャップ補強筋降伏応力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_c b_e$ :パイルキャップトラス有効幅(mm)  $p_c j_e$ :パイルキャップトラス有効せい(mm)  
 $\lambda_{pc}$ :パイルキャップトラス有効係数  $p_c \sigma_t$ :パイルキャップトラス圧縮力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $b$ :接合部有効幅(mm)  $x_n$ :アーチ中立軸位置(mm)  $\theta$ :アーチ角度

$$v_0 = 2.3\sigma_B^{-0.33}$$

$v_0$ :コンクリート圧縮強度の有効係数  $\sigma_B$ :コンクリート圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$$x_n = \frac{D}{4}(1 + 2\eta)$$

$x_n$ :アーチ機構の中立軸位置  $D$ :接合部有効せい(mm)  $\eta$ :接合部軸力比

$\tan \theta = \frac{D - x_n}{L} \quad \sin 2\theta = \frac{2 \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta}$ <p><math>\theta</math> :アーチ機構の圧縮束の角度 <math>L</math>:部材長さ</p>
$c p_{we} = \frac{c a_w}{c b_e L}$ <p><math>c p_{we}</math>:柱有効補強筋比 <math>c a_w</math>:柱有効補強筋総断面積(mm<sup>2</sup>)  <math>c b_e</math>:柱トラス有効幅(mm) <math>L</math>:部材長さ(mm)</p>
$c \sigma_t = \frac{5 c p_{we} c \sigma_{wy}}{\lambda_c}$ <p><math>c \sigma_t</math>:柱トラス圧縮応力(N/mm<sup>2</sup>)</p>
$s_c = \frac{L}{m_c}$ <p><math>s_c</math>:柱補強筋間隔 <math>m_c</math>:柱補強筋組数</p>
$\lambda_c = 1 - \frac{s_c}{2 c b_e} - \frac{c b_e}{4 c j_e}$ <p><math>\lambda_c</math>:柱トラス機構の有効係数 <math>c j_e</math>:柱トラス有効せい(mm)</p>
$p c p_{we} = \frac{p c a_w}{p c b_e L}$ <p><math>p c p_{we}</math>:パイルキャップ有効補強筋比 <math>p c a_w</math>:パイルキャップ有効補強筋総断面積(mm<sup>2</sup>)  <math>p c b_e</math>:パイルキャップトラス有効幅(mm) <math>L</math>:部材長さ(mm)</p>
$p c \sigma_t = \frac{5 p c p_{we} p c \sigma_{wy}}{\lambda_{pc}}$ <p><math>p c \sigma_t</math>:パイルキャップトラス圧縮応力(N/mm<sup>2</sup>)</p>
$s_{pc} = \frac{L}{m_{pc}}$ <p><math>s_{pc}</math>:パイルキャップ補強筋間隔 <math>m_{pc}</math>:パイルキャップ補強筋組数</p>
$\lambda_{pc} = 1 - \frac{s_{pc}}{2 p c b_e} - \frac{p c b_e}{4 p c j_e}$ <p><math>\lambda_{pc}</math>:パイルキャップトラス機構の有効係数 <math>p c j_e</math>:パイルキャップトラス有効せい(mm)</p>

各試験体の実験式および理論式の計算結果を表 2.1.2-45 に示す。

表 2.1.2-45 実験式を用いたパイルキャップせん断終局強度計算値

	A-7a		A-7b		A-8		A-9		C-4	
	正載荷	負載荷								
実験式パイルキャップせん断終局強度 (kN)	355.3	335.6	359.0	339.6	325.9	289.9	296.8	259.3	411.4	383.4
理論式パイルキャップせん断終局強度 (kN)	478.1	489.8	388.2	393.7	416.5	428	279.7	272.7	296.4	309.3

2.1.3 実験結果

(1) 実験結果一覧 Q-R 関係

表 2.1.3-1～表 2.1.3-2 に正載荷，負載荷時におけるピーク荷重および各ピーク時における層間変形角を，表 2.1.3-3～表 2.1.3-7 に諸現象が発生した際の荷重を示す。載荷は全て正載荷から行った。なお Q は層せん断力，R は層間変形角を示す。また写真・図 2.1.3-1～写真・図 2.1.3-5 に最終破壊状況写真および Q-R 関係を示す。

表 2.1.3-1 ピーク時荷重および層間変形角（正載荷時）

Cycle	A-7a		A-7b		A-8		A-9		C-4	
	Q(kN)	R(%)								
+1	35.9	0.126	38.4	0.125	32.9	0.125	33.9	0.124	44.7	0.125
+2	52.1	0.250	54.1	0.250	49.0	0.251	49.7	0.251	60.7	0.251
+3	73.5	0.502	74.8	0.501	67.3	0.503	61.8	0.501	82.5	0.501
+4	70.9	0.509	72.9	0.507	66.4	0.503	60.3	0.501	79.4	0.501
+5	95.0	1.000	95.5	1.006	91.4	0.996	84.7	1.001	97.6	1.000
+6	87.0	1.004	85.9	1.001	80.9	1.004	72.7	1.009	89.2	1.000
+7	105.3	2.010	99.1	2.004	92.3	2.000	66.8	2.000	104.7	2.002
+8	82.7	2.009	75.9	2.004	72.6	2.006	50.8	2.004	80.6	2.000
+9	89.6	3.003	77.2	3.008	74.7	3.009	51.1	3.015	73.9	3.003
+10	69.1	3.000	59.3	3.004	59.0	3.015	37.9	3.008		
+11					58.7	4.005				

表 2.1.3-2 ピーク時荷重および層間変形角（負載荷時）

Cycle	A-7a		A-7b		A-8		A-9		C-4	
	Q(kN)	R(%)								
-1	-6.8	-0.123	-10.2	-0.128	-11.8	-0.127	-7.9	-0.128	-2.3	-0.124
-2	-26.8	-0.253	-29.3	-0.252	-30.3	-0.250	-28.2	-0.252	-22.7	-0.254
-3	-56.5	-0.503	-57.8	-0.503	-56.4	-0.503	-56.1	-0.506	-50.9	-0.501
-4	-54.5	-0.503	-56.4	-0.516	-53.8	-0.503	-53.6	-0.508	-47.4	-0.499
-5	-82.4	-1.020	-80.8	-1.009	-77.8	-1.004	-74.7	-1.004	-73.1	-1.000
-6	-75.5	-1.002	-74.4	-1.019	-70.6	-1.004	-65.6	-1.004	-64.3	-1.002
-7	-89.7	-2.006	-81.4	-2.016	-77.6	-2.000	-64.4	-2.011	-65.5	-2.001
-8	-76.7	-2.010	-66.4	-2.001	-63.8	-2.007	-54.1	-2.034	-50.0	-1.971
-9	-75.3	-3.001	-62.4	-3.013	-62.6	-3.005	-55.8	-3.005	-31.9	-3.000
-10	-61.2	-3.011	-45.5	-3.003	-47.3	-3.011	-47.8	-3.005		
-11					-27.6	-4.020				

表 2.1.3-3 諸現象発生荷重 (試験体 A-7a)

A-7a	諸現象	Step	Cycle	Q(kN)	R(%)	降伏ゲージ位置	
柱	曲げひび割れ発生	35(正)	+1(+0.125%)	35.9	0.126		
		59(負)	-1(-0.125%)	-6.8	-0.123		
	曲げせん断ひび割れ発生	460(正)	+5(+1.0%)	95.0	1.000		
		560(負)	-5(-1.0%)	-82.4	-1.020		
	主筋降伏時	降伏なし					
	補強筋降伏時	降伏なし					
		936(負)	-7(-2.0%)	-90.9	-1.834		CS-2-f
	補強筋(接合部内)降伏時	440(正)	+5(+1.0%)	81.8	0.678		CS-6-b
912(負)		-7(-2.0%)	-62.6	-0.878	CS-3-f, CS-4-b		
基礎梁	曲げひび割れ発生	35(正)	+1(+0.125%)	35.9	0.126		
		59(負)	-1(-0.125%)	-6.8	-0.123		
	曲げせん断ひび割れ発生	106(正)	+2(+0.25%)	52.1	0.250		
		267(負)	-3(-0.50%)	-56.5	-0.503		
	主筋降伏時	降伏なし					
補強筋降伏時	降伏なし						
パイルキャップ	せん断ひび割れ発生	209(正)	+3(+0.50%)	73.5	0.502		
		560(負)	-5(-1.0%)	-82.4	-1.020		
	底面ひび割れ発生	209(正)	+3(+0.50%)	73.5	0.502		
		732(負)	-6(-1.0%)	-75.5	-1.002		
	上面ひび割れ発生	838(正)	+7(+2.0%)	105.3	2.010		
		267(負)	-3(-0.50%)	-56.5	-0.503		
	側面(西側)	460(正)	+5(+1.0%)	95.0	1.000		
		946(負)	-7(-2.0%)	-89.7	-2.006		
	側面(東側、基礎梁側)	209(正)	+3(+0.50%)	73.5	0.502		
		946(負)	-7(-2.0%)	-89.7	-2.006		
	縦筋(A,C,E,G)降伏時	808(正)	+7(+2.0%)	92.9	1.156		V-A-2
		516(負)	-5(-1.0%)	-9.1	-0.038		V-C-2(圧縮)
	縦筋(B,D,F,H)降伏時	1045(正)	+8(+2.0%)	64.8	1.374		V-B-3
		1382(負)	-9(-3.0%)	-66.7	-2.045		V-F-2
	帯筋降伏時	450(正)	+5(+1.0%)	90.9	0.853		Ho-5-1
913(負)		-7(-2.0%)	-65.3	-0.922	Ho-1-3		
杭頭定着筋	降伏時	降伏なし					
杭	ひび割れ発生	なし					
	圧壊発生						

表 2.1.3-4 諸現象発生荷重 (試験体 A-7b)

A-7b	諸現象	Step	Cycle	Q(kN)	R(%)	降伏ゲージ位置	
柱	曲げひび割れ発生	初期	-	-	-		
	曲げせん断ひび割れ発生	462(正)	+5(+1.0%)	95.5	1.006		
		545(負)	-5(-1.0%)	-80.8	-1.009		
	主筋降伏時	降伏なし					
	補強筋降伏時	降伏なし					
		1291(負)	-9(-3.0%)	-49.6	-1.631	CS-2-f	
補強筋(接合部内)降伏時	759(正)	+7(+2.0%)	95.0	1.238	CS-6-b		
	1296(負)	-9(-3.0%)	-56.1	-2.03	CS-3-f		
基礎梁	曲げひび割れ発生	22(正)	+1(+0.125%)	38.4	0.125		
		58(負)	-1(-0.125%)	-10.2	-0.128		
	曲げせん断ひび割れ発生	203(正)	+3(+0.50%)	74.8	0.501		
		258(負)	-3(-0.50%)	-57.8	-0.503		
	主筋降伏時	降伏なし					
補強筋降伏時	降伏なし						
パイルキャップ	せん断ひび割れ発生	203(正)	+3(+0.50%)	74.8	0.501		
		545(負)	-5(-1.0%)	-80.8	-1.009		
	底面ひび割れ発生	462(正)	+5(+1.0%)	95.5	1.006		
		258(負)	-3(-0.50%)	-57.8	-0.503		
	上面ひび割れ発生	791(正)	+7(+2.0%)	99.1	2.004		
		360(負)	-4(-0.50%)	-56.4	-0.516		
	側面(西側)	462(正)	+5(+1.0%)	95.5	1.006		
		360(負)	-4(-0.50%)	-56.4	-0.516		
	側面(東側、基礎梁側)	94(正)	+2(+0.25%)	54.1	0.250		
		139(負)	-2(-0.25%)	-29.3	-0.252		
	縦筋(A,C,E,G)降伏時	754(正)	+7(+2.0%)	84.5	1.043		V-A-3
		※正載荷時に降伏					
	縦筋(B,D,F,H)降伏時	756(正)	+7(+2.0%)	89.9	1.119		V-B-2,V-B-3
		880(負)	-7(-2.0%)	-81.4	-1.766		V-H-1
帯筋降伏時	454(正)	+5(+1.0%)	94.4	0.937	Ho-4-3		
	679(負)	-6(-1.0%)	-62.0	-0.836	Ho-1-1		
杭頭定着筋	降伏時	降伏なし					
杭	ひび割れ発生	なし					
	圧壊発生						

表 2.1.3-5 諸現象発生荷重 (試験体 A-8)

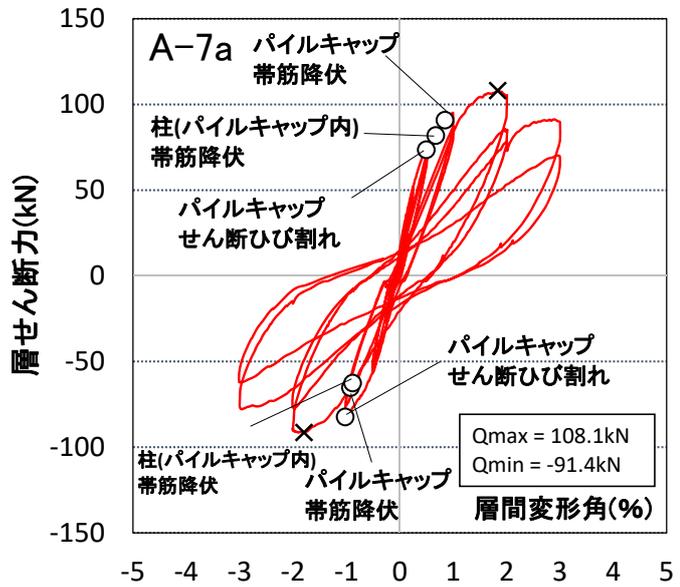
A-8	諸現象	Step	Cycle	Q(kN)	R(%)	降伏ゲージ位置	
柱	曲げひび割れ発生	129(正)	+2(+0.25%)	49.0	0.251		
		349(負)	-3(-0.50%)	-56.4	-0.503		
	曲げせん断ひび割れ発生	269(正)	+3(+0.50%)	67.3	0.503		
		488(負)	-4(-0.50%)	-53.8	-0.503		
	主筋降伏時	降伏なし					
	補強筋降伏時	降伏なし					
補強筋(接合部内)降伏時	※負荷荷時に降伏						
基礎梁	曲げひび割れ発生	972(負)	-7(-2.0%)	-57.0	-0.933	CS-3-f	
		44(正)	+1(+0.125%)	32.9	0.125		
	曲げせん断ひび割れ発生	190(負)	-2(-0.25%)	-30.3	-0.250		
		44(正)	+1(+0.125%)	32.9	0.125		
	主筋降伏時	190(負)	-2(-0.25%)	-30.3	-0.250		
		降伏なし					
パイルキャップ	せん断ひび割れ発生	269(正)	+3(+0.50%)	67.3	0.503		
		673(負)	-5(-1.0%)	-77.8	-1.004		
	底面ひび割れ発生	577(正)	+5(+1.0%)	91.4	0.996		
		673(負)	-5(-1.0%)	-77.8	-1.004		
	上面ひび割れ発生	577(正)	+5(+1.0%)	91.4	0.996		
		673(負)	-5(-1.0%)	-77.8	-1.004		
	側面(西側)	577(正)	+5(+1.0%)	91.4	0.996		
		1018(負)	-7(-2.0%)	-77.6	-2.000		
	側面(東側、基礎梁側)	269(正)	+3(+0.50%)	67.3	0.503		
		673(負)	-5(-1.0%)	-77.8	-1.004		
	縦筋(A,C,E,G)降伏時	545(正)	+5(+1.0%)	74.8	0.609		V-C-2
	※正載荷時に降伏						
	縦筋(B,D,F,H)降伏時	559(正)	+5(+1.0%)	84.8	0.788		V-B-2
		1334(負)	-9(-3.0%)	-60.9	-2.579		V-F-2
帯筋降伏時	555(正)	+5(+1.0%)	82.0	0.735	Ho-4-1		
	667(負)	-5(-1.0%)	-76.7	-0.938	Ho-1-3		
杭頭定着筋	降伏時	880(正)	+7(+2.0%)	94.2	1.616	A-3-3	
		※正載荷時に降伏					
杭	ひび割れ発生	なし					
	圧壊発生	なし					

表 2.1.3-6 諸現象発生荷重 (試験体 A-9)

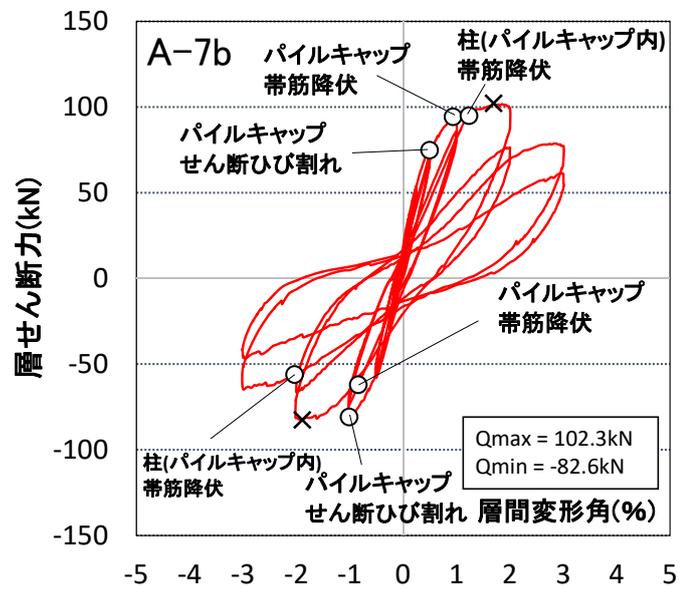
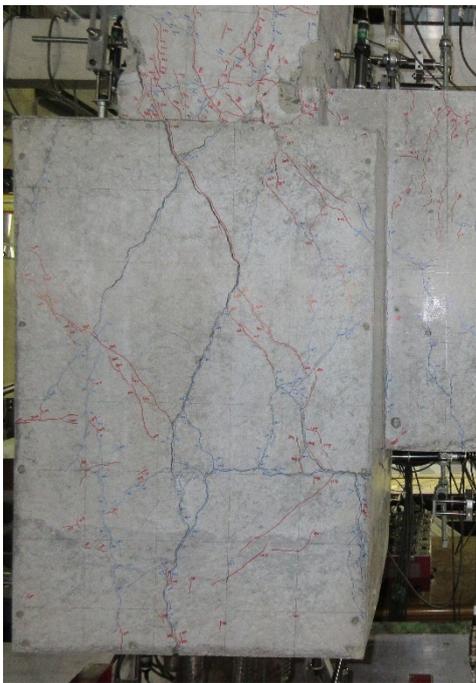
A-9	諸現象	Step	Cycle	Q(kN)	R(%)	降伏ゲージ位置	
柱	曲げひび割れ発生	124(正)	+2(+0.25%)	33.9	0.124		
		301(負)	-3(-0.50%)	-56.1	-0.506		
	曲げせん断ひび割れ発生	491(正)	+5(+1.0%)	84.7	1.001		
		301(負)	-3(-0.50%)	-56.1	-0.506		
	主筋降伏時	降伏なし					
	補強筋降伏時	降伏なし					
補強筋(接合部内)降伏時	451(正)	+5(+1.0%)	64.4	0.564	CS-4-b		
※正載荷時に降伏							
基礎梁	曲げひび割れ発生	49(正)	+1(+0.125%)	33.9	0.124		
		169(負)	-2(-0.25%)	-28.2	-0.252		
	曲げせん断ひび割れ発生	49(正)	+1(+0.125%)	33.9	0.124		
		301(負)	-3(-0.50%)	-56.1	-0.506		
主筋降伏時	降伏なし						
パイルキャップ	せん断ひび割れ発生	233(正)	+3(+0.50%)	61.8	0.501		
		567(負)	-5(-1.0%)	-74.7	-1.004		
	底面ひび割れ発生	233(正)	+3(+0.50%)	61.8	0.501		
		398(負)	-4(-1.0%)	-53.6	-0.508		
	上面ひび割れ発生	233(正)	+3(+0.50%)	61.8	0.501		
		301(負)	-3(-0.50%)	-56.1	-0.506		
	側面(西側)	755(正)	+7(+2.0%)	66.8	2.000		
		848(負)	-7(-2.0%)	-64.4	-2.011		
	側面(東側、基礎梁側)	233(正)	+3(+0.50%)	61.8	0.501		
		567(負)	-5(-1.0%)	-74.7	-1.004		
	縦筋(A,C,E,G)降伏時	454(正)	+5(+1.0%)	67.6	0.600		V-A-2
		1332(負)	-10(-3.0%)	-49.0	-2.936		V-G-1
	縦筋(B,D,F,H)降伏時	475(正)	+5(+1.0%)	79.6	0.832		V-B-2
		822(負)	-7(-2.0%)	-58.4	-1.380		V-H-1
帯筋降伏時	234(正)	+3(+0.50%)	58.4	0.503	Ho-6-1		
	566(負)	-5(-1.0%)	-74.7	-0.995	Ho-1-1		
杭頭定着筋	降伏時	738(正)	+7(+2.0%)	69.9	1.641	A-3-3	
		1143(負)	-9(-3.0%)	-49.7	-2.274	A-2-4(圧縮)	
杭	ひび割れ発生	なし					
	圧壊発生						

表 2.1.3-7 諸現象発生荷重 (試験体 C-4)

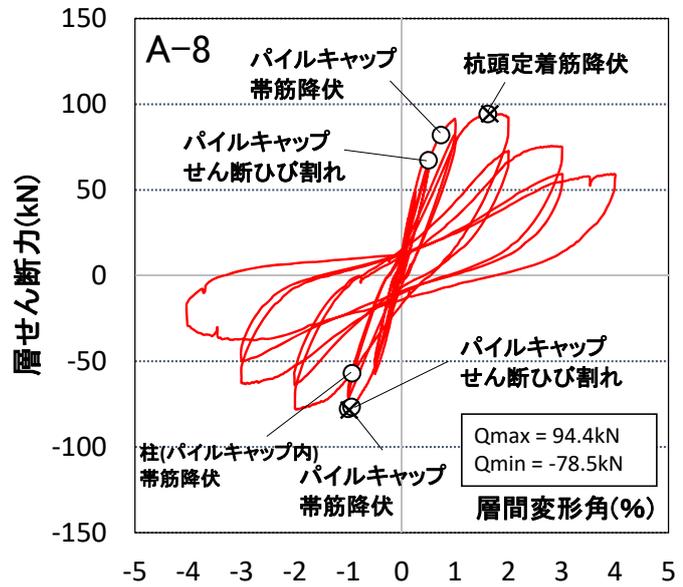
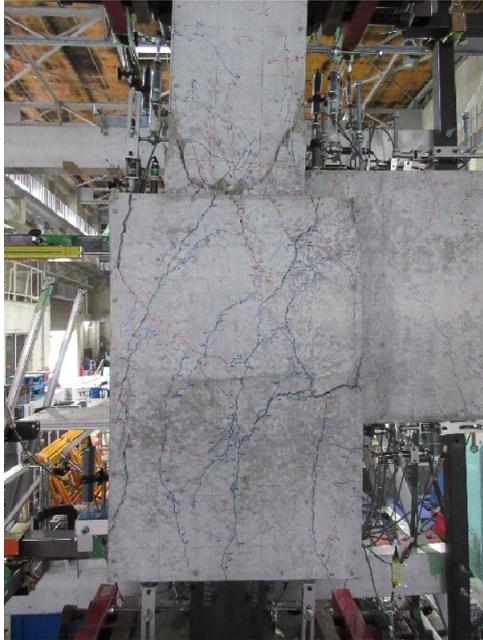
C-4	諸現象	Step	Cycle	Q(kN)	R(%)	降伏ゲージ位置	
柱	曲げひび割れ発生	124(正)	+2(+0.25%)	60.7	0.251		
		239(負)	-3(-0.5%)	-6.8	-0.501		
	曲げせん断ひび割れ発生	353(正)	+5(+1.0%)	97.6	1.000		
		313(負)	-4(-0.5%)	-47.37	-0.499		
	主筋降伏時	降伏なし					
	補強筋降伏時	降伏なし					
補強筋(接合部内)降伏時	566(正)	+7(+2.0%)	88.0	1.033	CS-4-f		
	401(負)	-5(-1.0%)	-70.6	-0.890	CS-3-f		
基礎梁	曲げひび割れ発生	591(正)	+2(+0.25%)	60.7	2.002		
		686(負)	-1(-0.125%)	-2.3	-2.001		
	曲げせん断ひび割れ発生	124(正)	+2(+0.25%)	60.7	-0.124		
		96(負)	-2(-0.25%)	-22.8	-0.254		
主筋降伏時	降伏なし						
パイルキャップ	せん断ひび割れ発生	353(正)	+5(+1.0%)	97.6	1.000		
		404(負)	-5(-1.0%)	-73.1	-1.000		
	底面ひび割れ発生	196(正)	+3(+1.0%)	82.5	0.501		
		686(負)	-7(-2.0%)	-65.5	-2.001		
	上面ひび割れ発生	591(正)	+7(+2.0%)	104.7	2.002		
		239(負)	-3(-0.5%)	-6.8	-0.501		
	側面(西側)	196(正)	+3(+1.0%)	82.5	0.501		
		501(負)	-6(-1.0%)	-64.3	-1.002		
	側面(東側、基礎梁側)	196(正)	+3(+1.0%)	82.5	0.501		
		686(負)	-7(-2.0%)	-65.5	-2.001		
	縦筋(A,C,E,G)降伏時	345(正)	+5(+1.0%)	87.9	0.714		V-A-2
		662(負)	-7(-2.0%)	-54.9	-1.051		V-G-2
	縦筋(B,D,F,H)降伏時	448(正)	+6(+1.0%)	83.8	0.888		V-B-2
		682(負)	-7(-2.0%)	-66.5	-1.854		V-H-2
帯筋降伏時	347(正)	+5(+1.0%)	91.6	0.794	Ho-6-2		
	397(負)	-5(-1.0%)	-64.2	-0.734	Ho-1-1		
杭頭定着筋	降伏時	573(正)	+7(+2.0%)	100.6	1.316	A-2-3	
		580(正)	+7(+2.0%)	105.3	1.592	A-7-3(圧縮)	
杭	ひび割れ発生	なし					
	圧壊発生	なし					



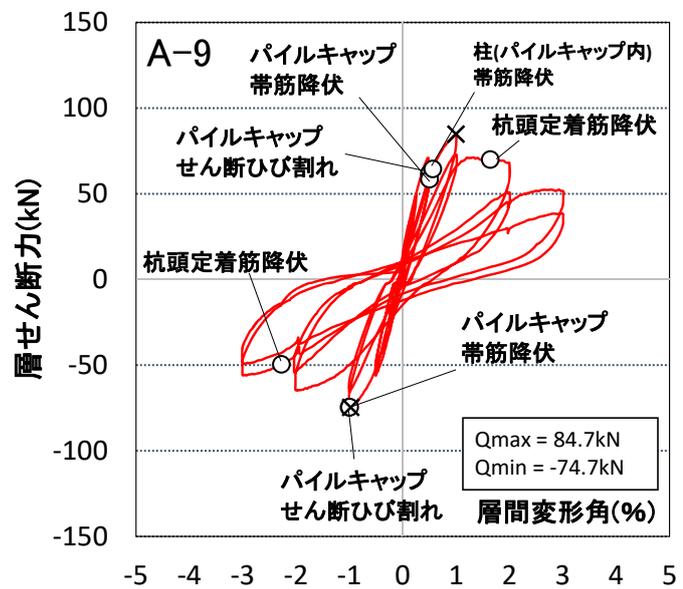
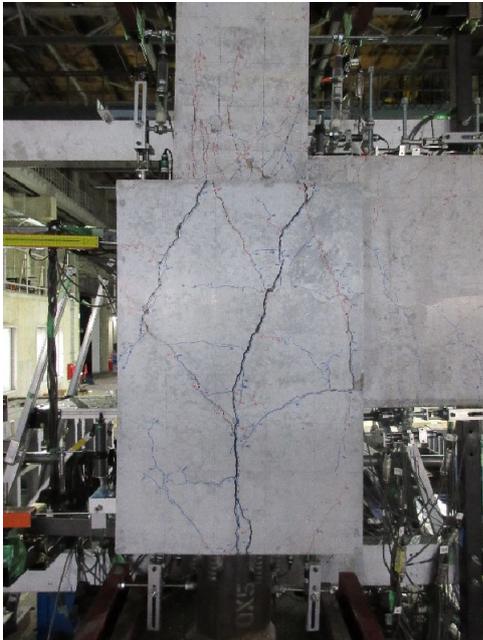
写真・図 2.1.3-1 最終破壊状況および Q-R 関係 (試験体 A-7a)



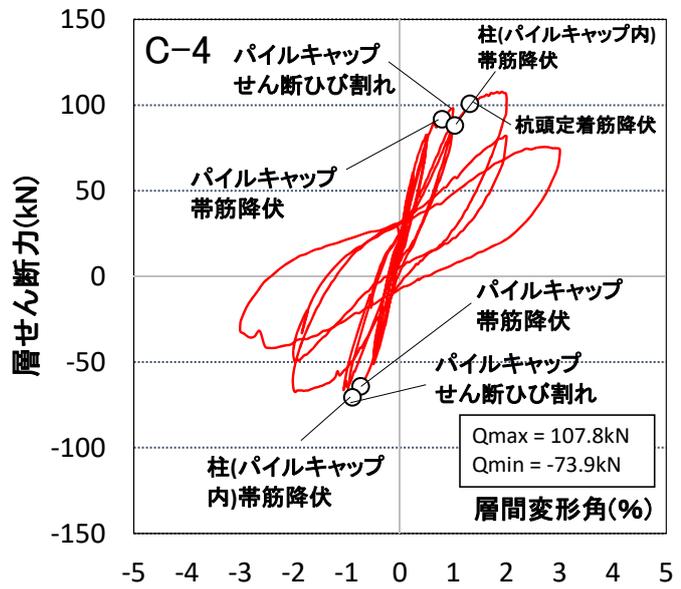
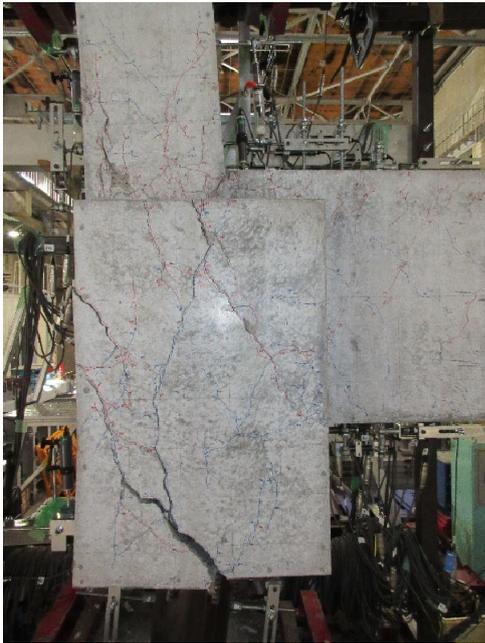
写真・図 2.1.3-2 最終破壊状況および Q-R 関係 (試験体 A-7b)



写真・図 2.1.3-3 最終破壊状況および Q-R 関係 (試験体 A-8)



写真・図 2.1.3-4 最終破壊状況および Q-R 関係 (試験体 A-9)

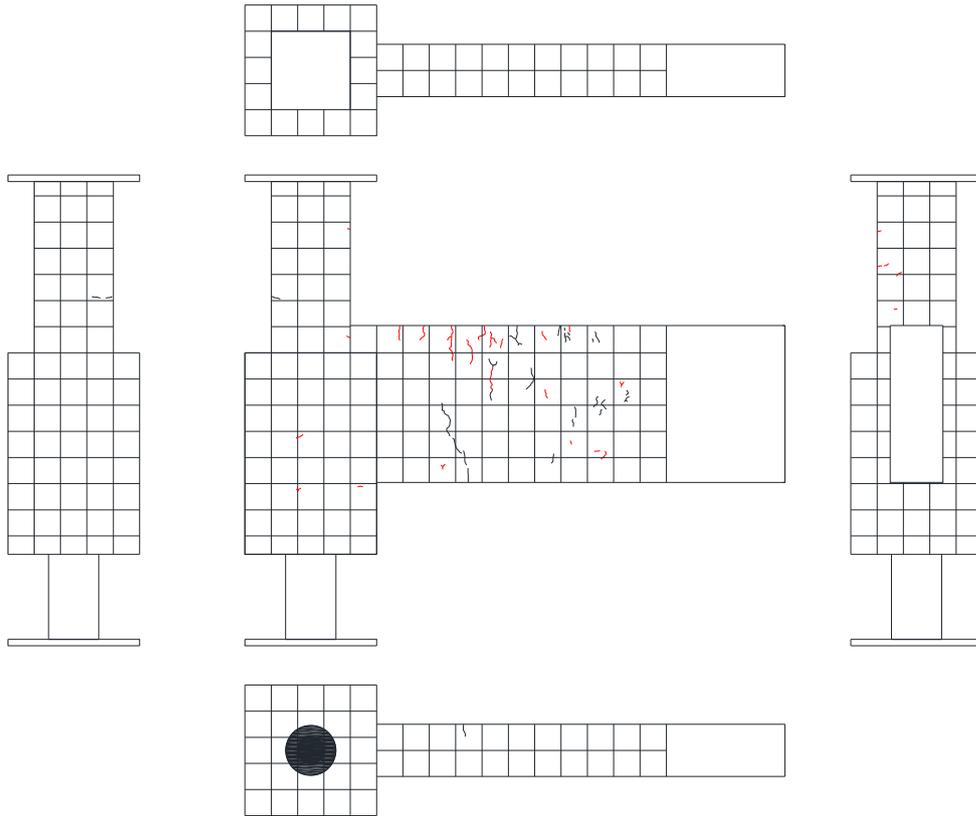


写真・図 2.1.3-5 最終破壊状況および Q-R 関係 (試験体 C-4)

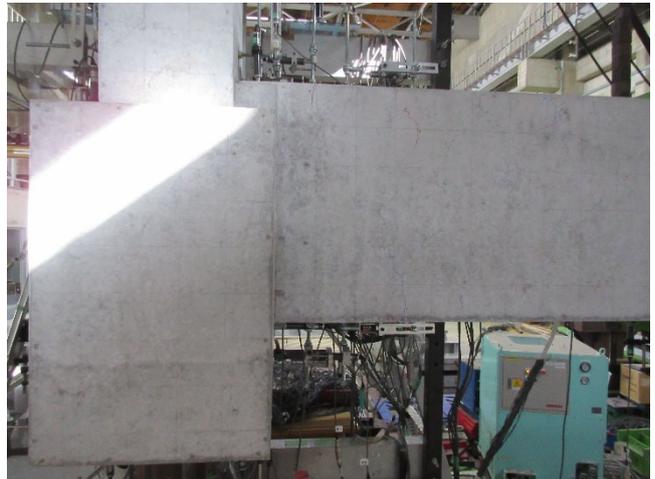
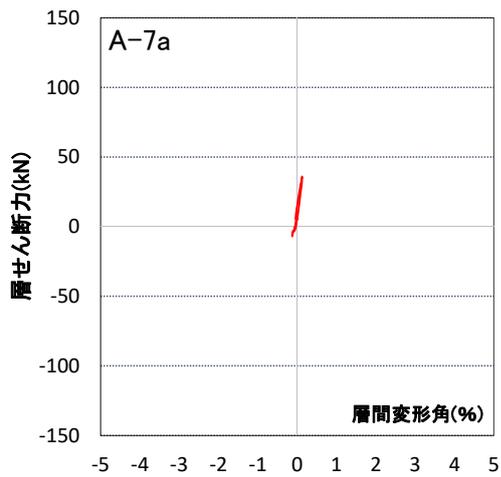
(2) ひび割れ状況

写真・図 2.1.3-6～写真・図 2.1.3-55 に各試験体における各ピーク時のひび割れ状況，荷重と層間変形角，そのサイクルの除荷までの層せん断力－層間変形角関係，部材写真を示す。正載荷時に発生および進展したひび割れを黒線，負載荷時に発生および進展したひび割れを赤線で示す。

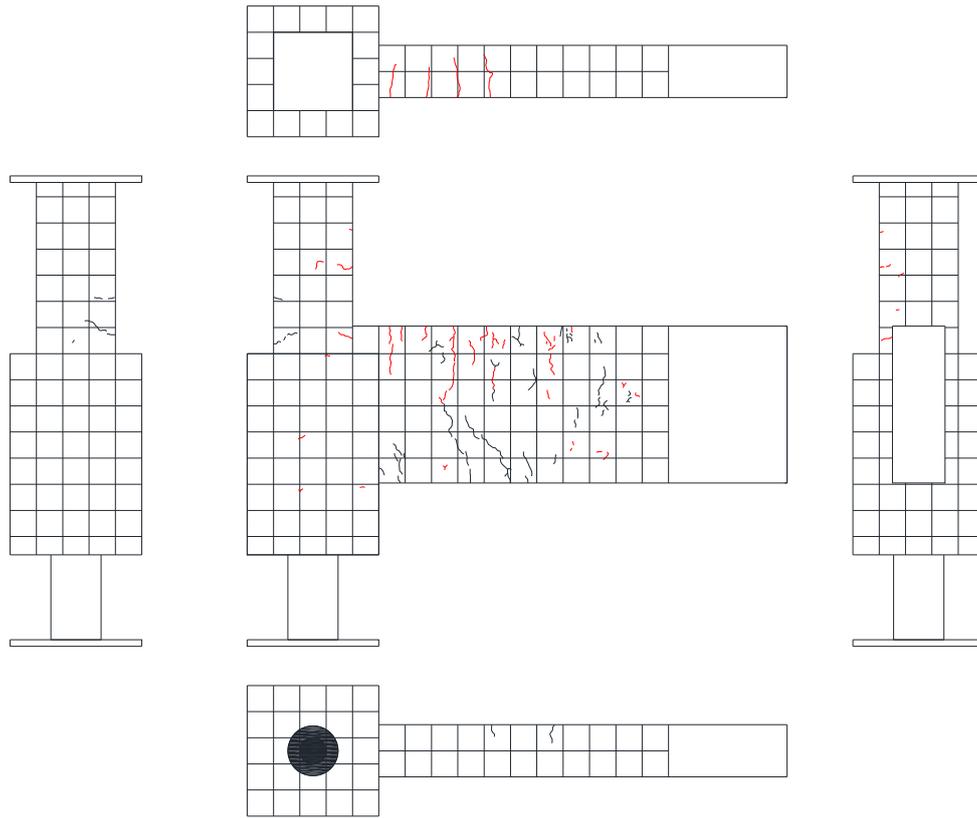
1) 試験体 A-7a



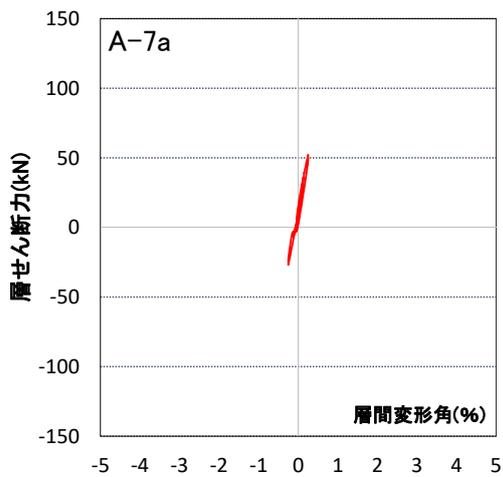
Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+1	35.9	0.126
-1	-6.8	-0.123



写真・図 2.1.3-6 試験体 A-7a ひび割れ状況 (1Cycle)

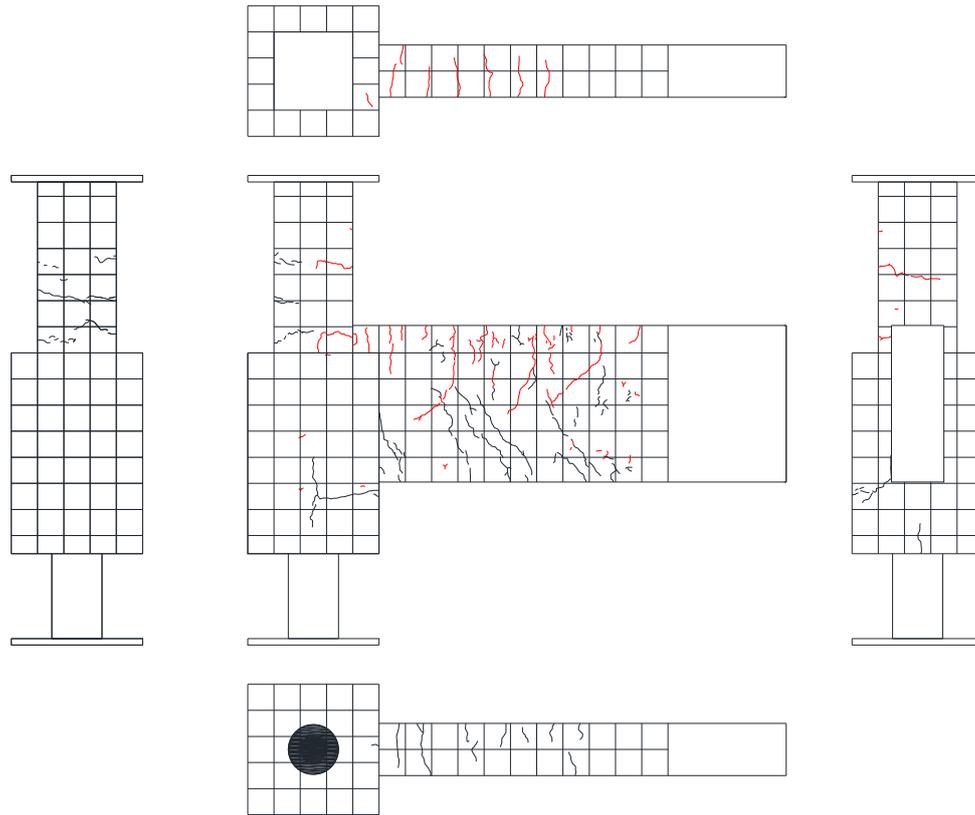


Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+2	52.1	0.250
-2	-26.8	-0.253

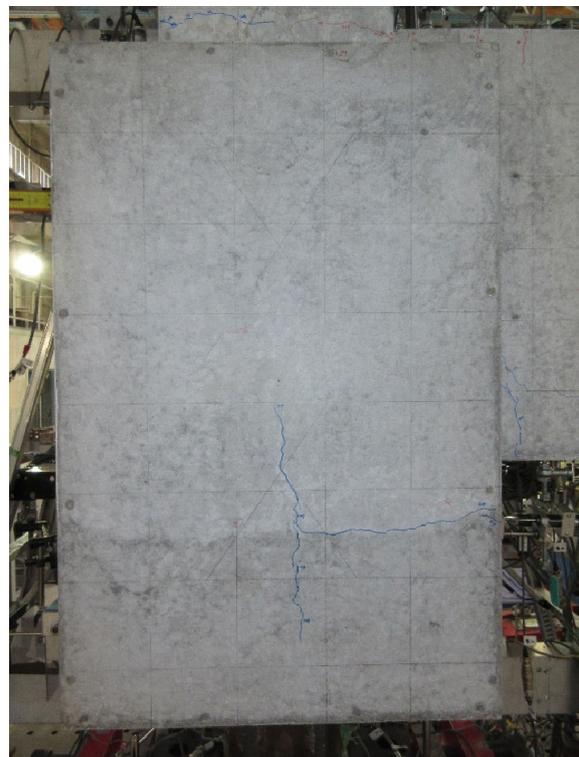
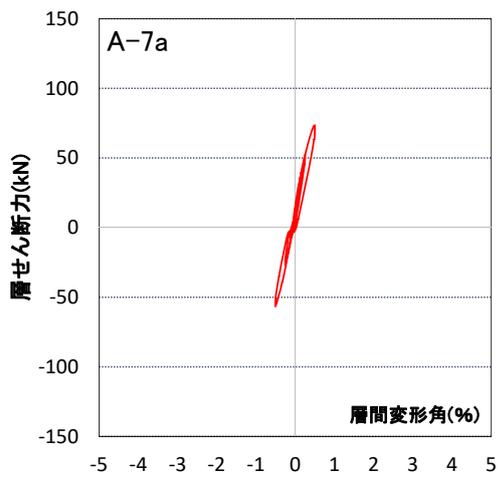


写真・図 2.1.3-7 試験体 A-7a ひび割れ状況 (2Cycle)

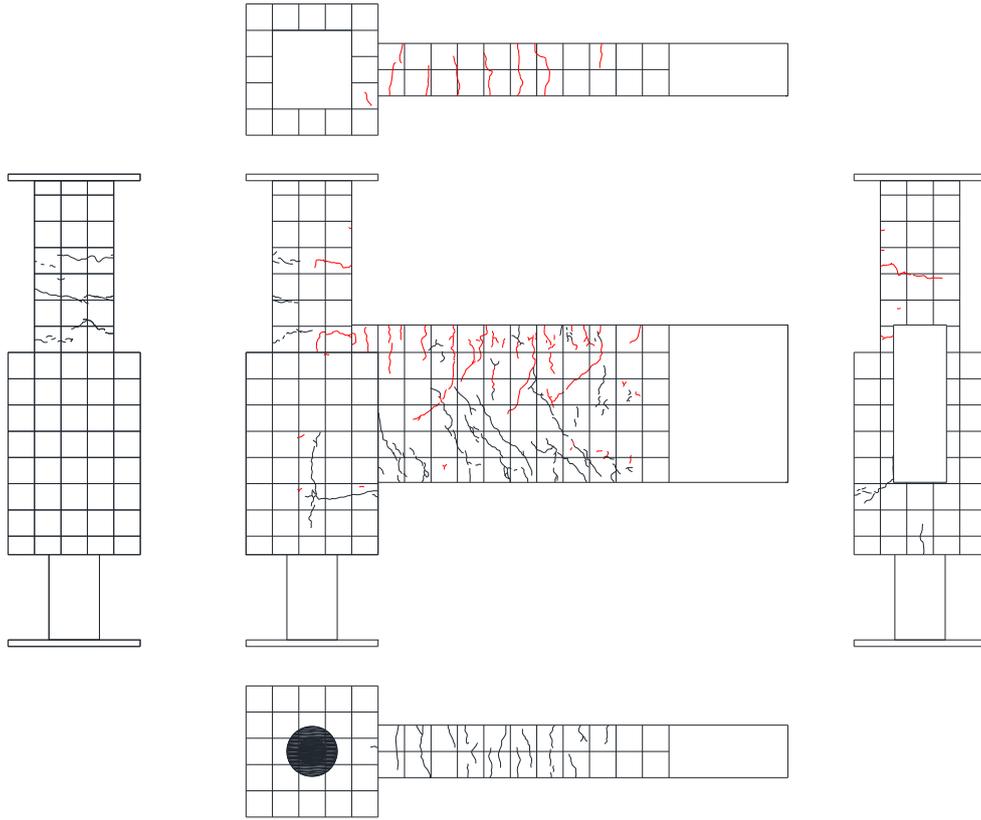
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



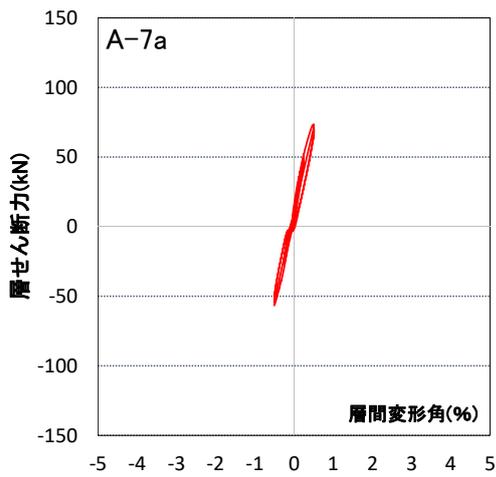
Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+3	73.5	0.502
-3	-56.5	-0.503



写真・図 2.1.3-8 試験体 A-7a ひび割れ状況 (3Cycle)

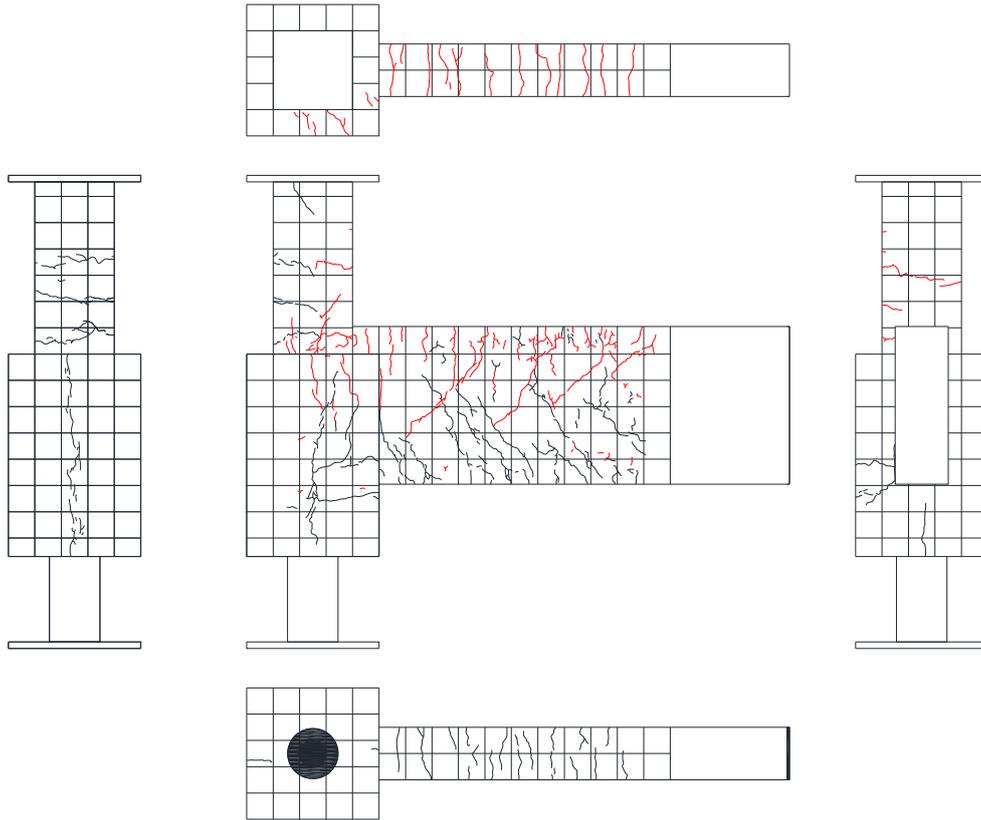


Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+4	70.9	0.509
-4	-54.5	-0.503

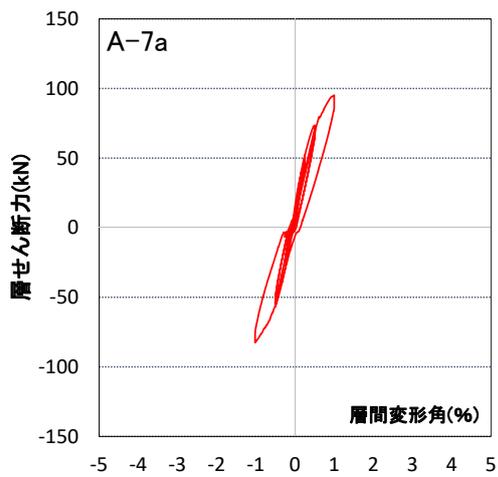


写真・図 2.1.3-9 試験体 A-7a ひび割れ状況 (4Cycle)

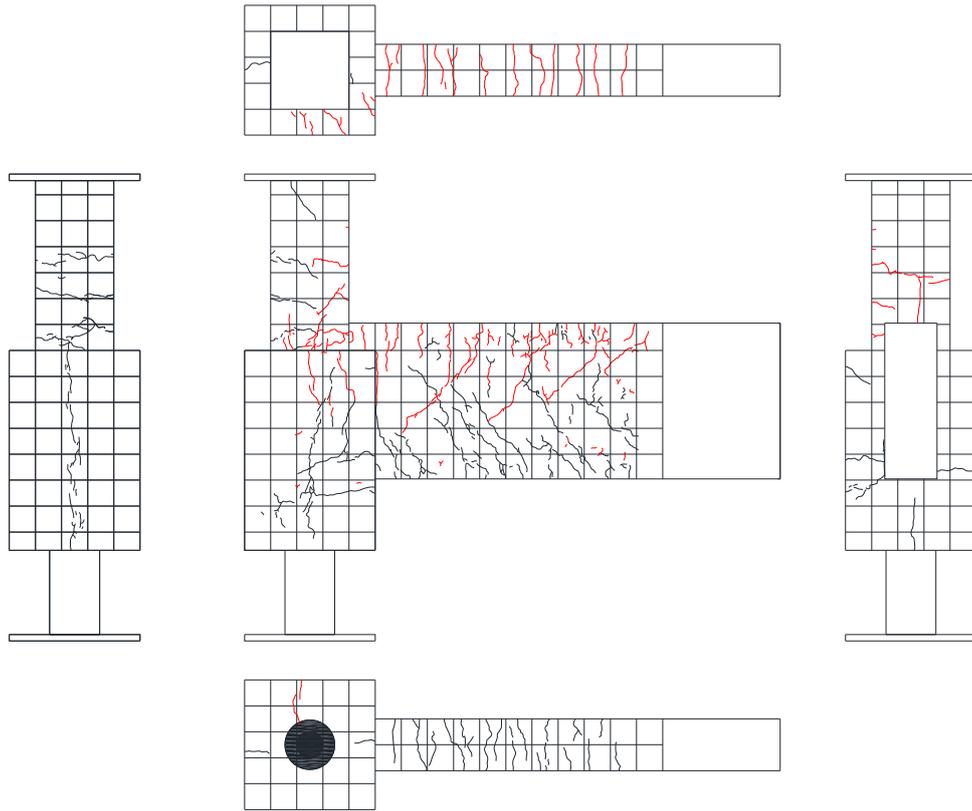
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



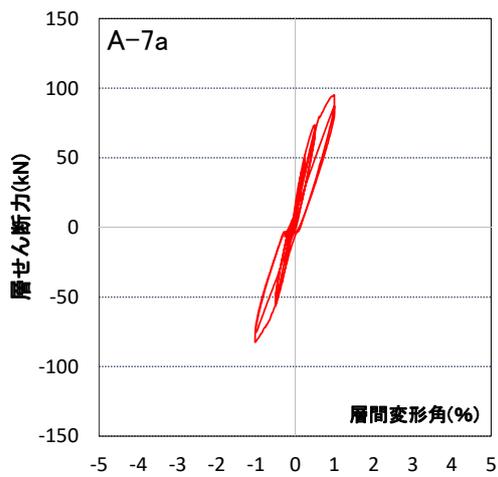
Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+5	95.0	1.000
-5	-82.4	-1.020



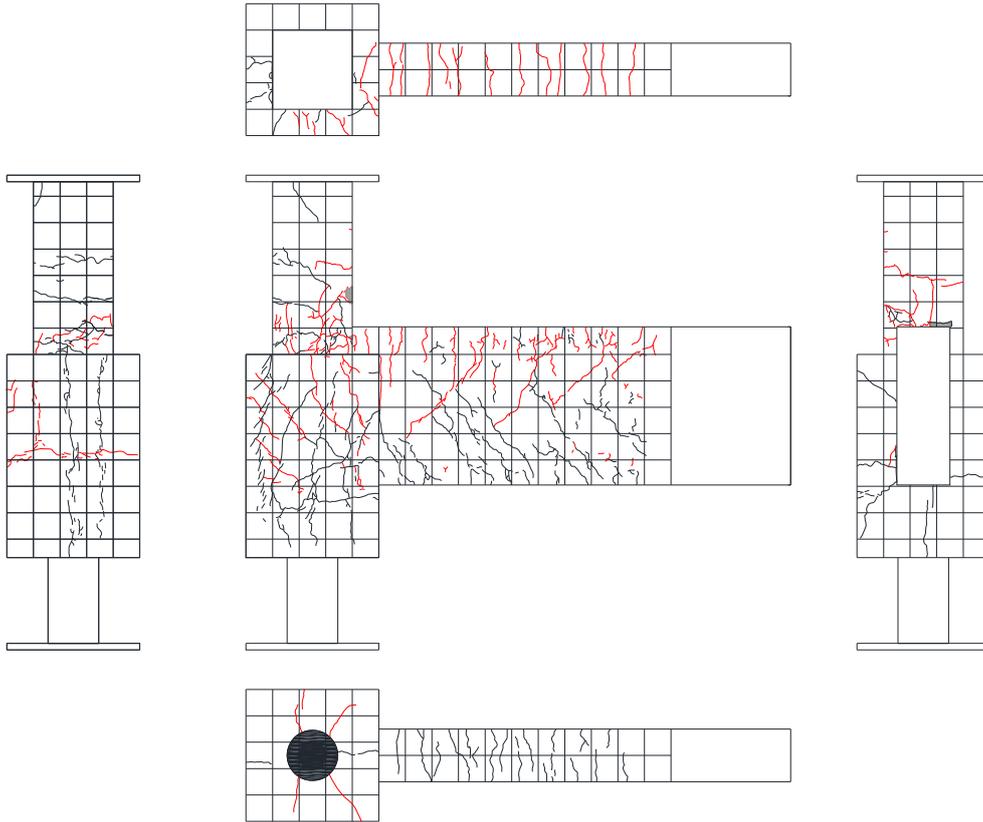
写真・図 2.1.3-10 試験体 A-7a ひび割れ状況 (5Cycle)



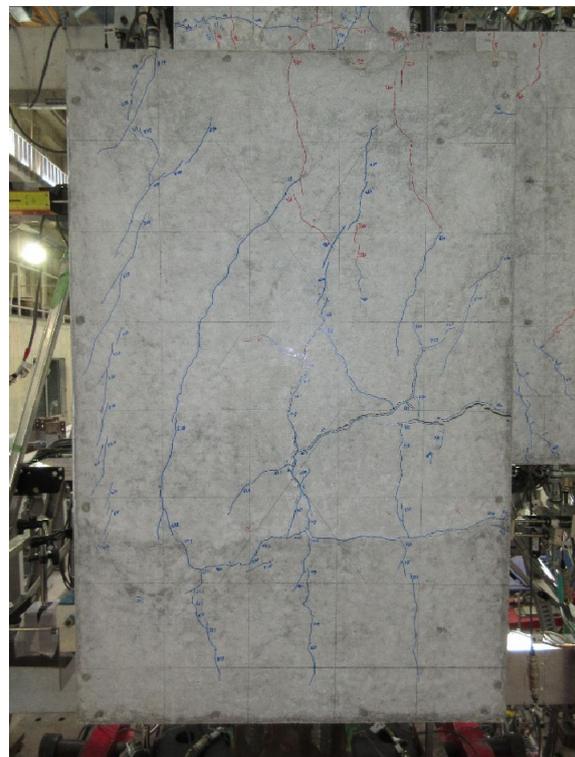
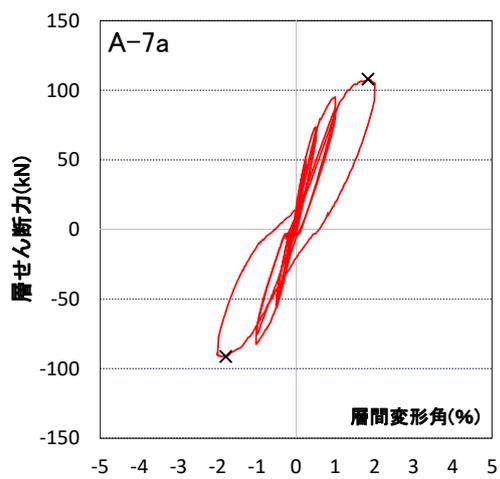
Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+6	87.0	1.004
-6	-75.5	-1.002



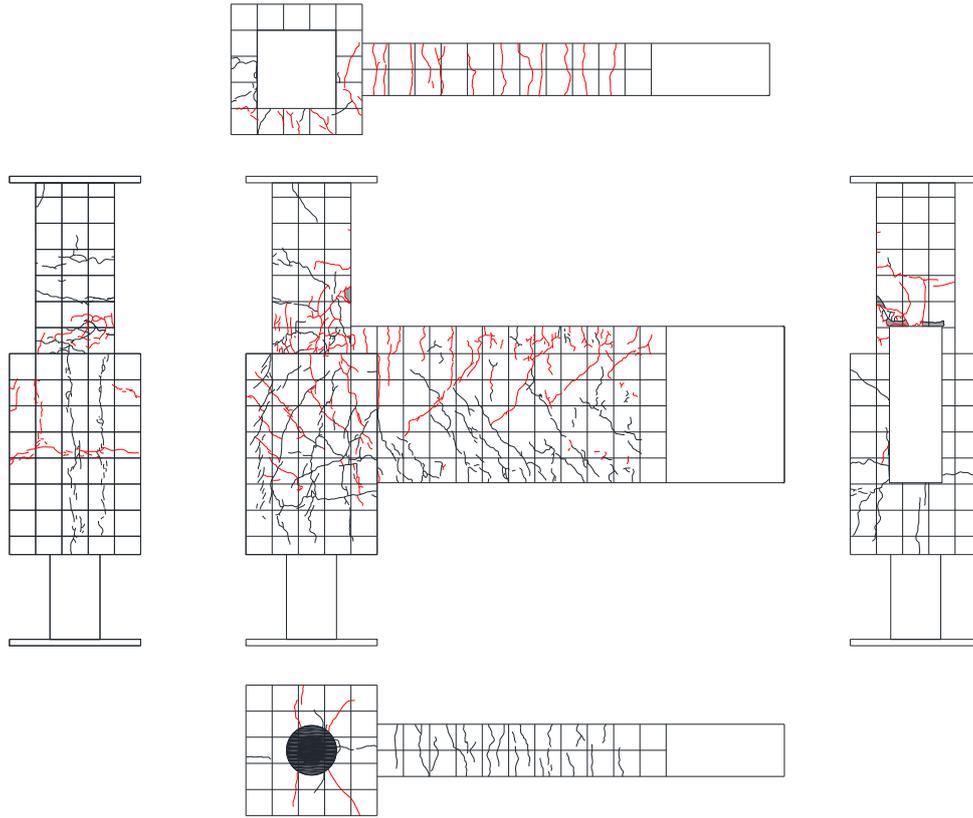
写真・図 2.1.3-11 試験体 A-7a ひび割れ状況 (6Cycle)



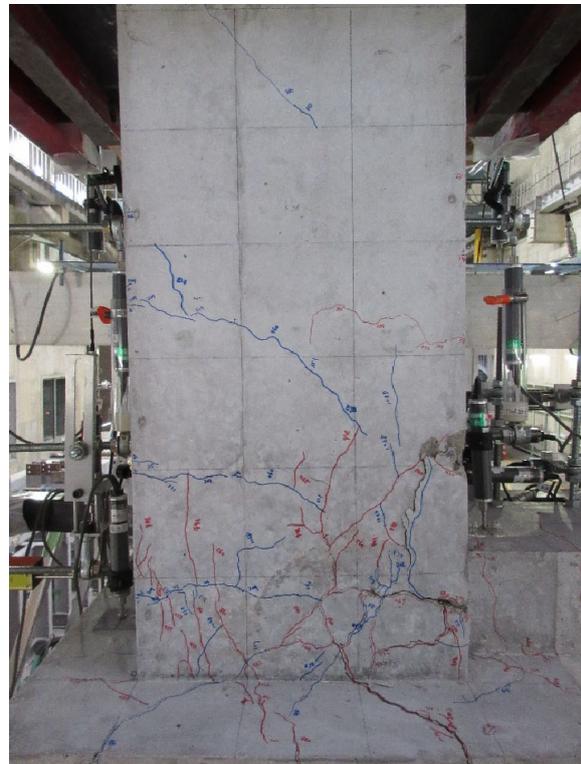
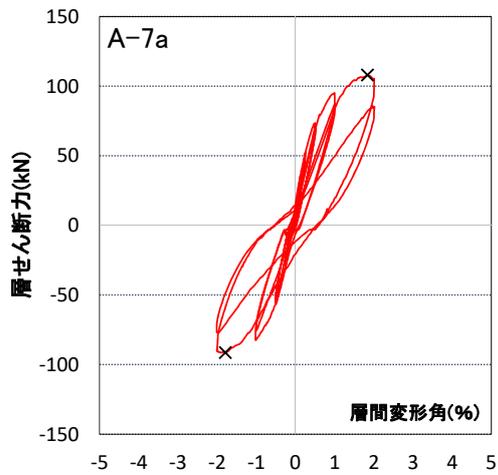
Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+7	105.3	2.01
-7	-89.7	-2.006



写真・図 2.1.3-12 試験体 A-7a ひび割れ状況 (7Cycle)

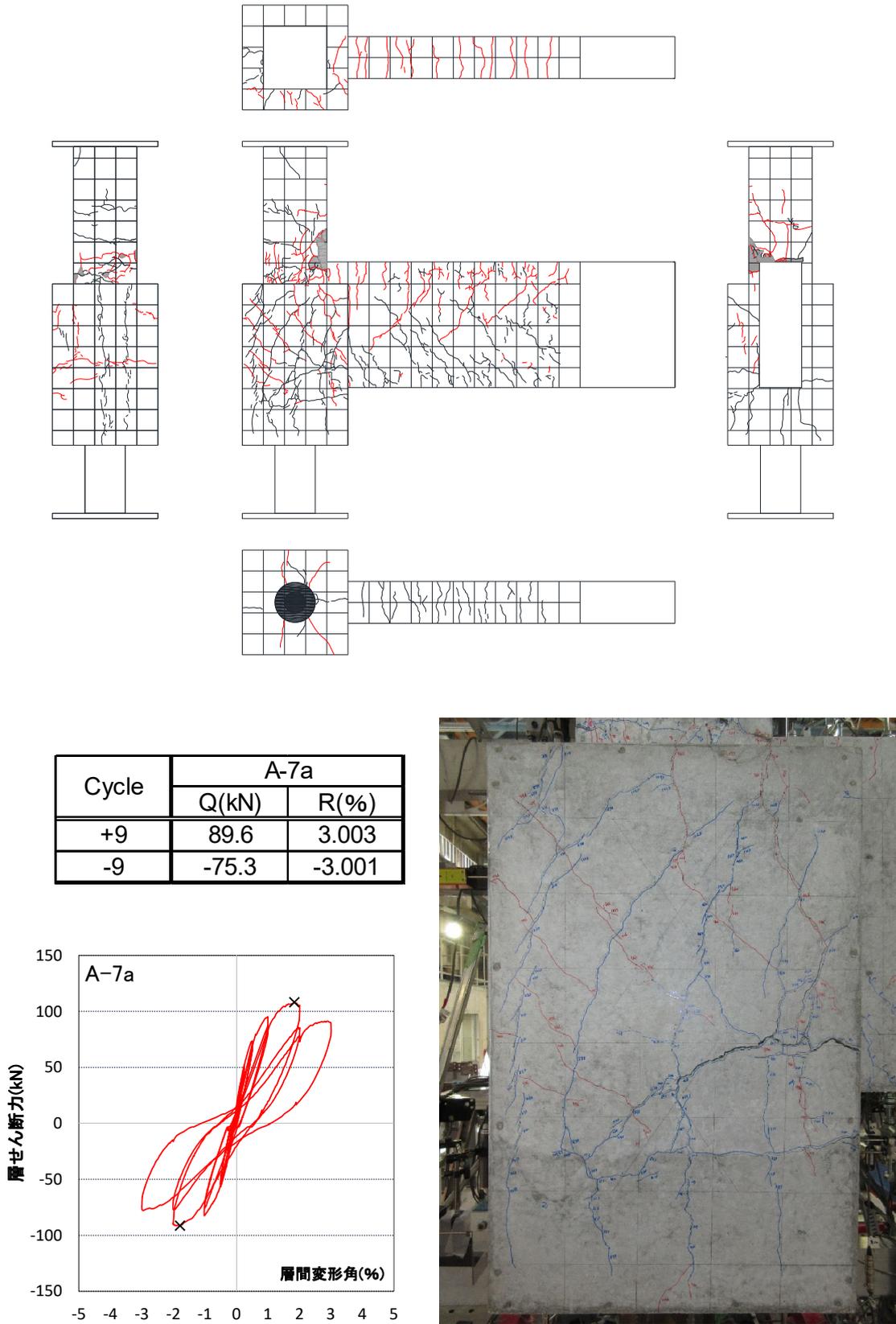


Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+8	82.7	2.009
-8	-76.7	-2.01

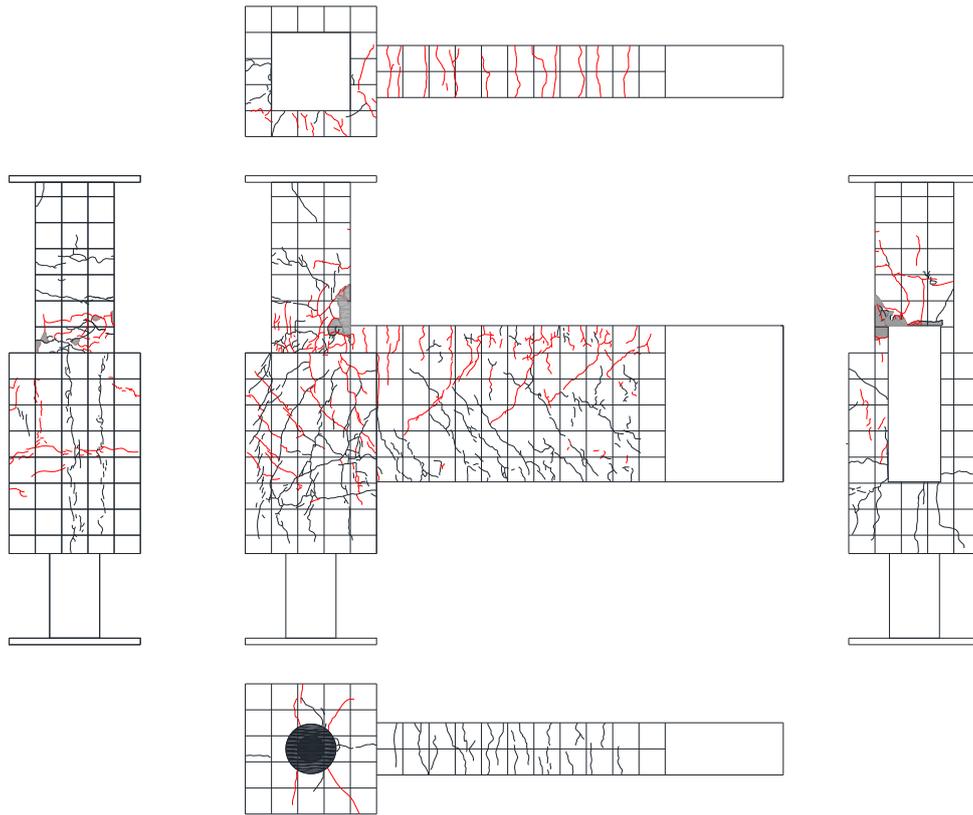


写真・図 2.1.3-13 試験体 A-7a ひび割れ状況 (8Cycle)

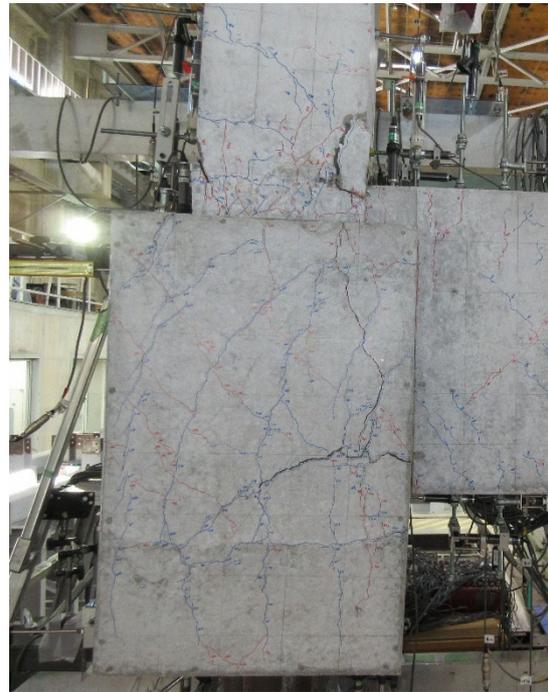
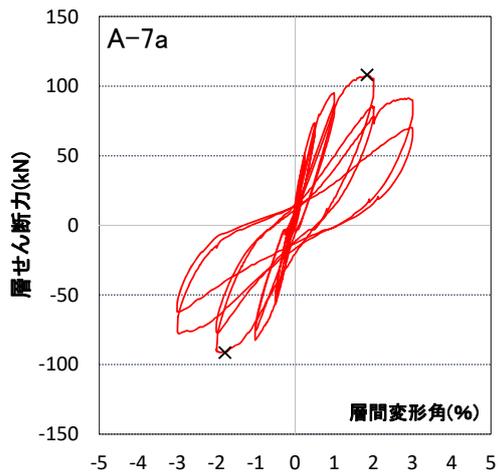
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



写真・図 2.1.3-14 試験体 A-7a ひび割れ状況 (9Cycle)

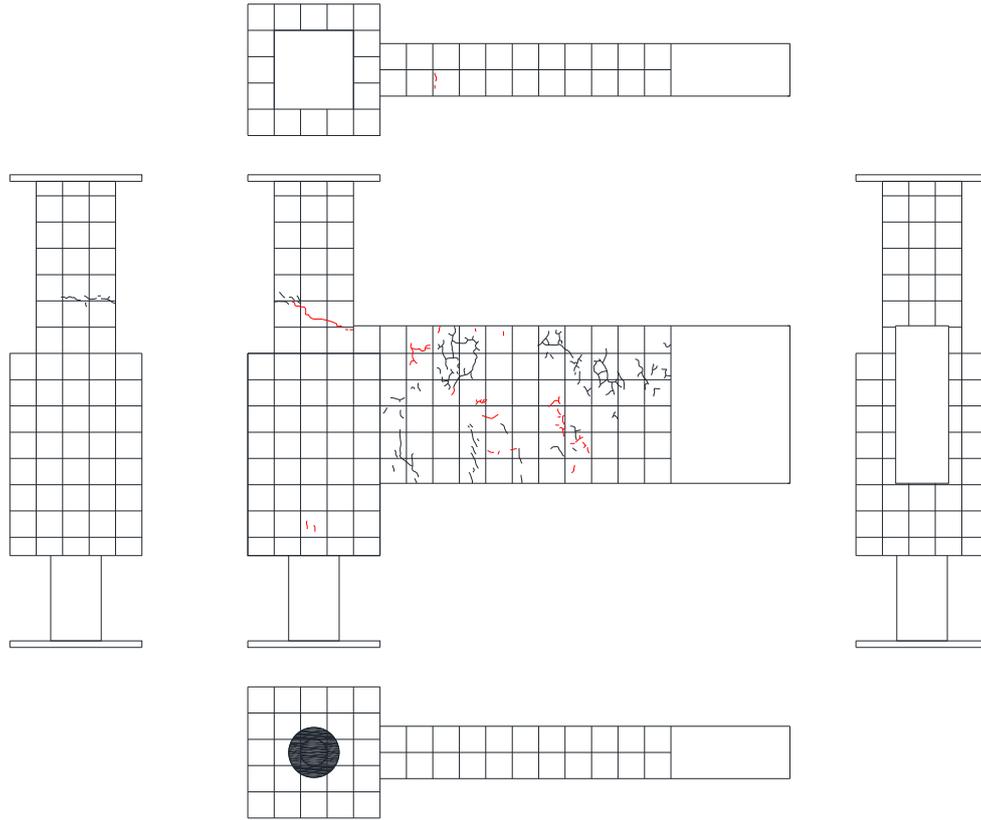


Cycle	A-7a	
	Q(kN)	R(%)
+10	69.1	3.000
-10	-61.2	-3.011

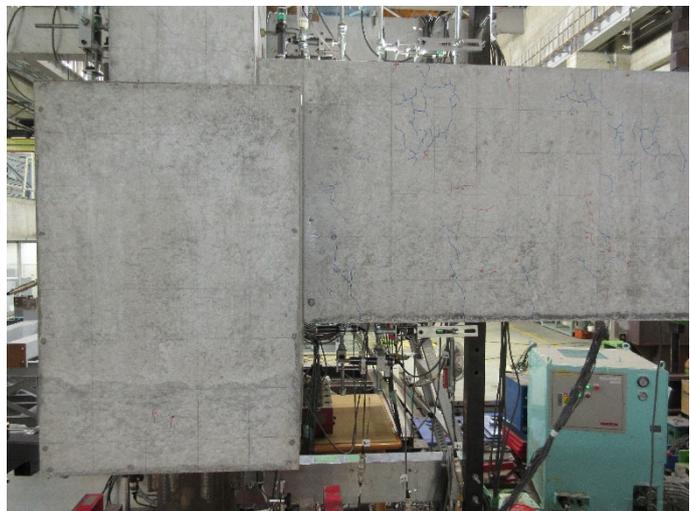
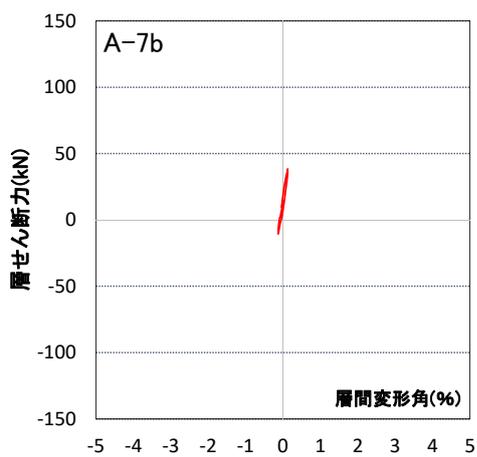


写真・図 2.1.3-15 試験体 A-7a ひび割れ状況 (10Cycle)

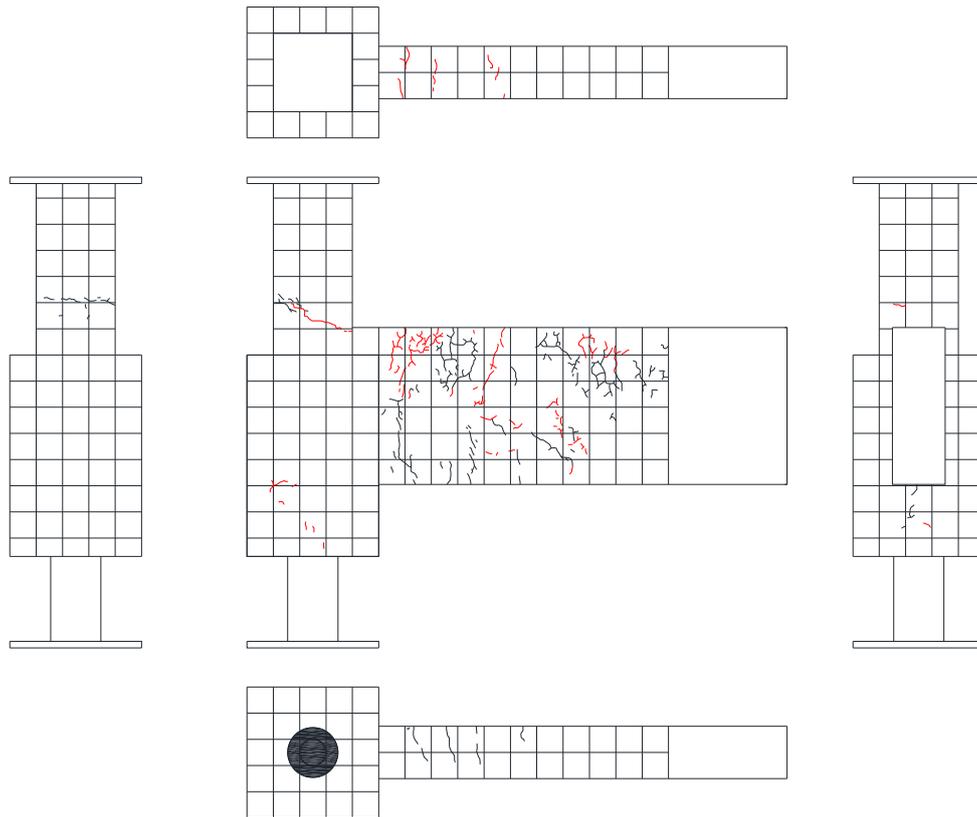
2) 試験体 A-7b



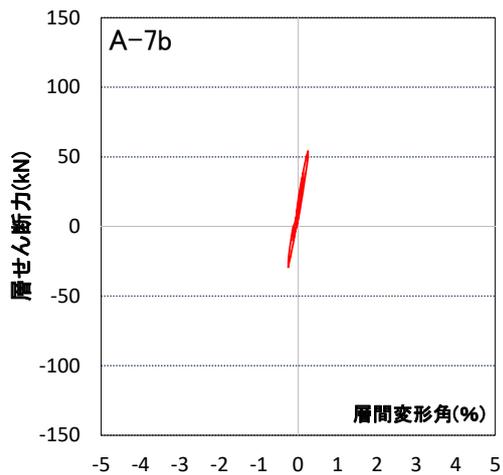
Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+1	38.4	0.125
-1	-10.2	-0.128



写真・図 2.1.3-16 試験体 A-7b ひび割れ状況 (1Cycle)

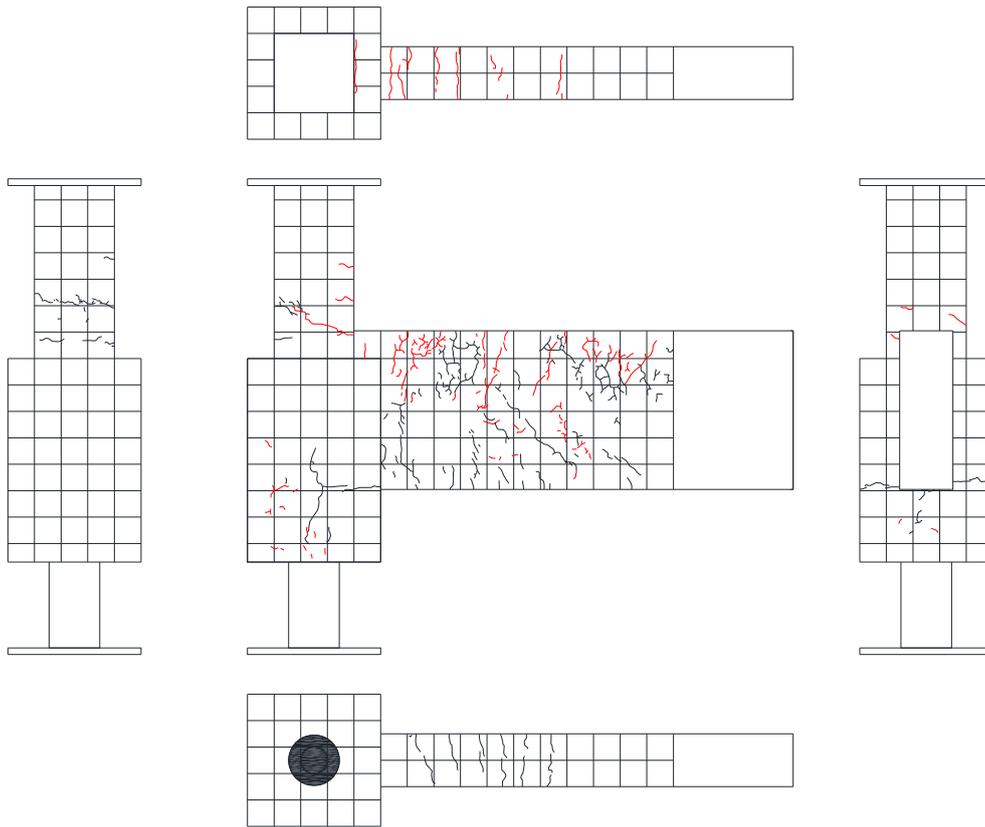


Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+2	54.1	0.250
-2	-29.3	-0.252

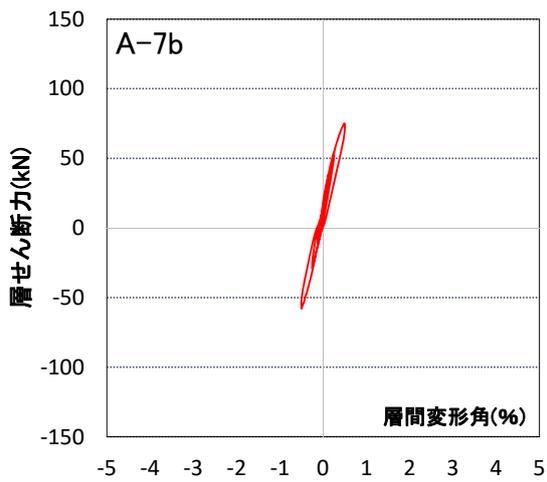


写真・図 2.1.3-17 試験体 A-7b ひび割れ状況 (2Cycle)

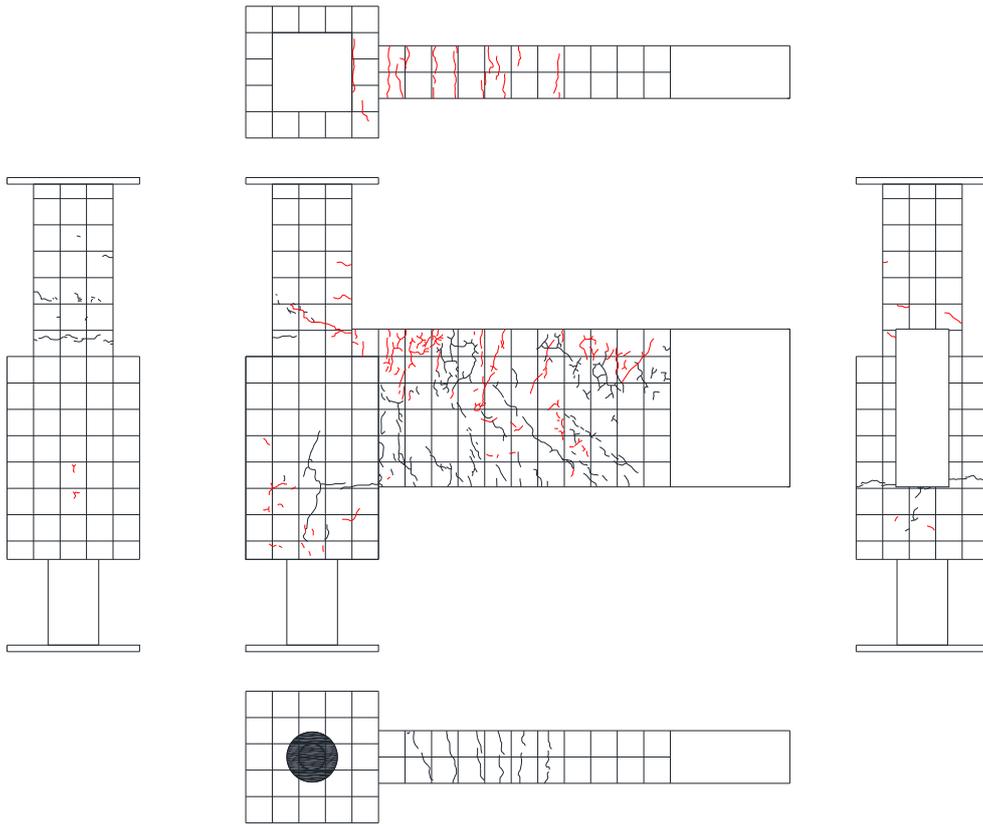
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



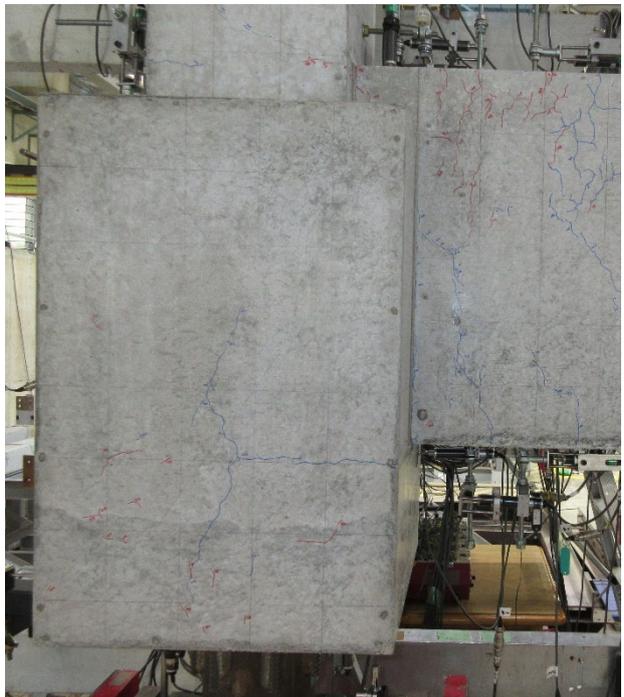
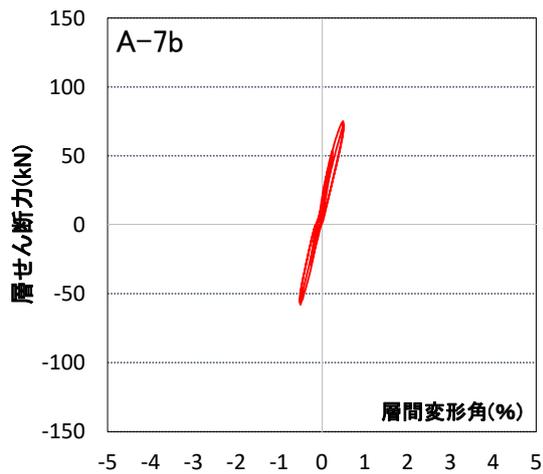
Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+3	74.8	0.501
-3	-57.8	-0.503



写真・図 2.1.3-18 試験体 A-7b ひび割れ状況 (3Cycle)

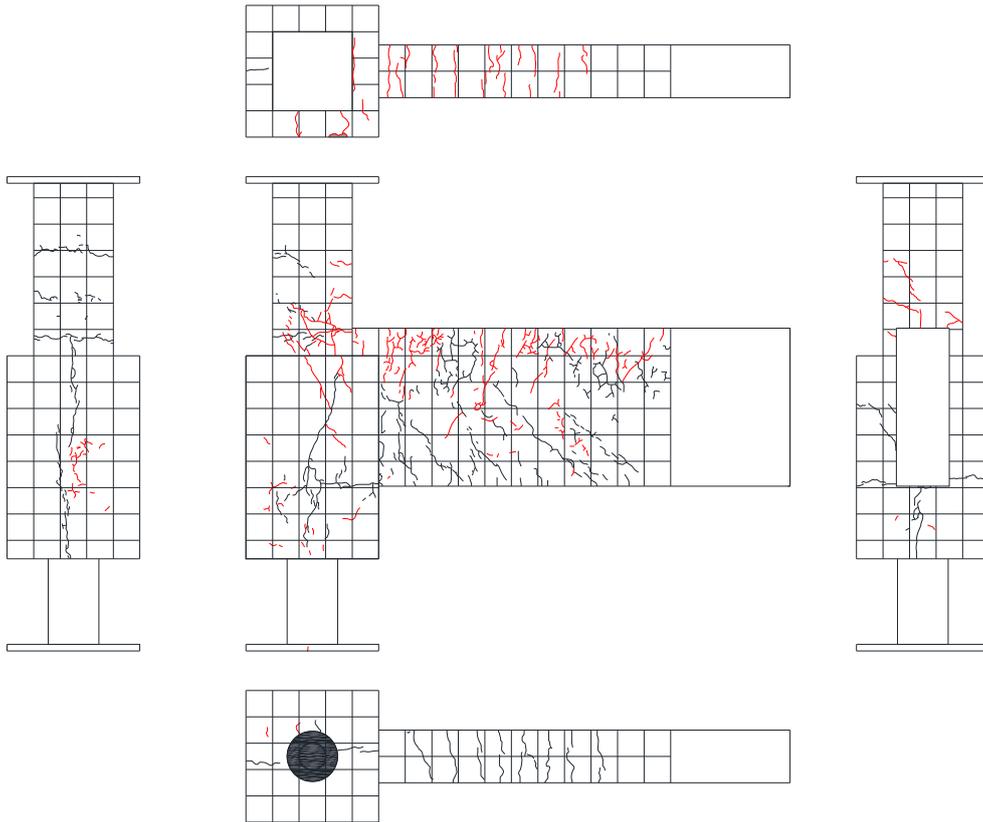


Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+4	72.9	0.507
-4	-56.4	-0.516

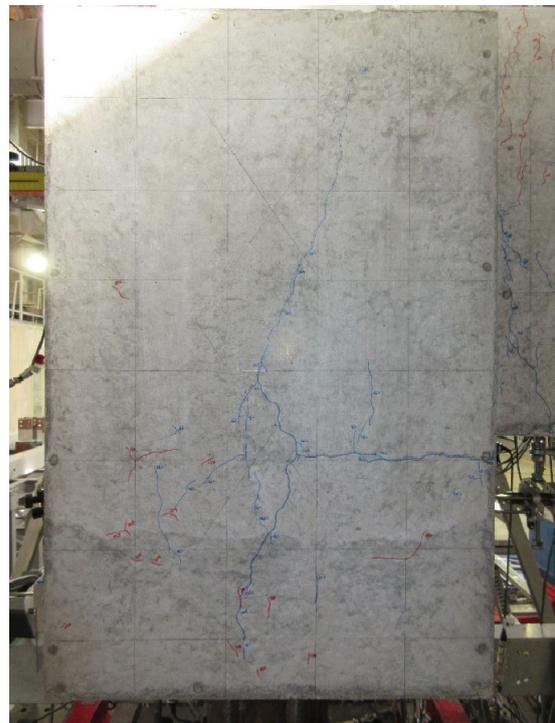
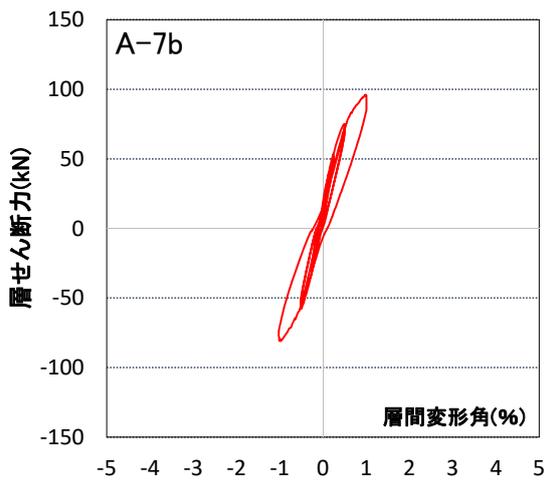


写真・図 2.1.3-19 試験体 A-7b ひび割れ状況 (4Cycle)

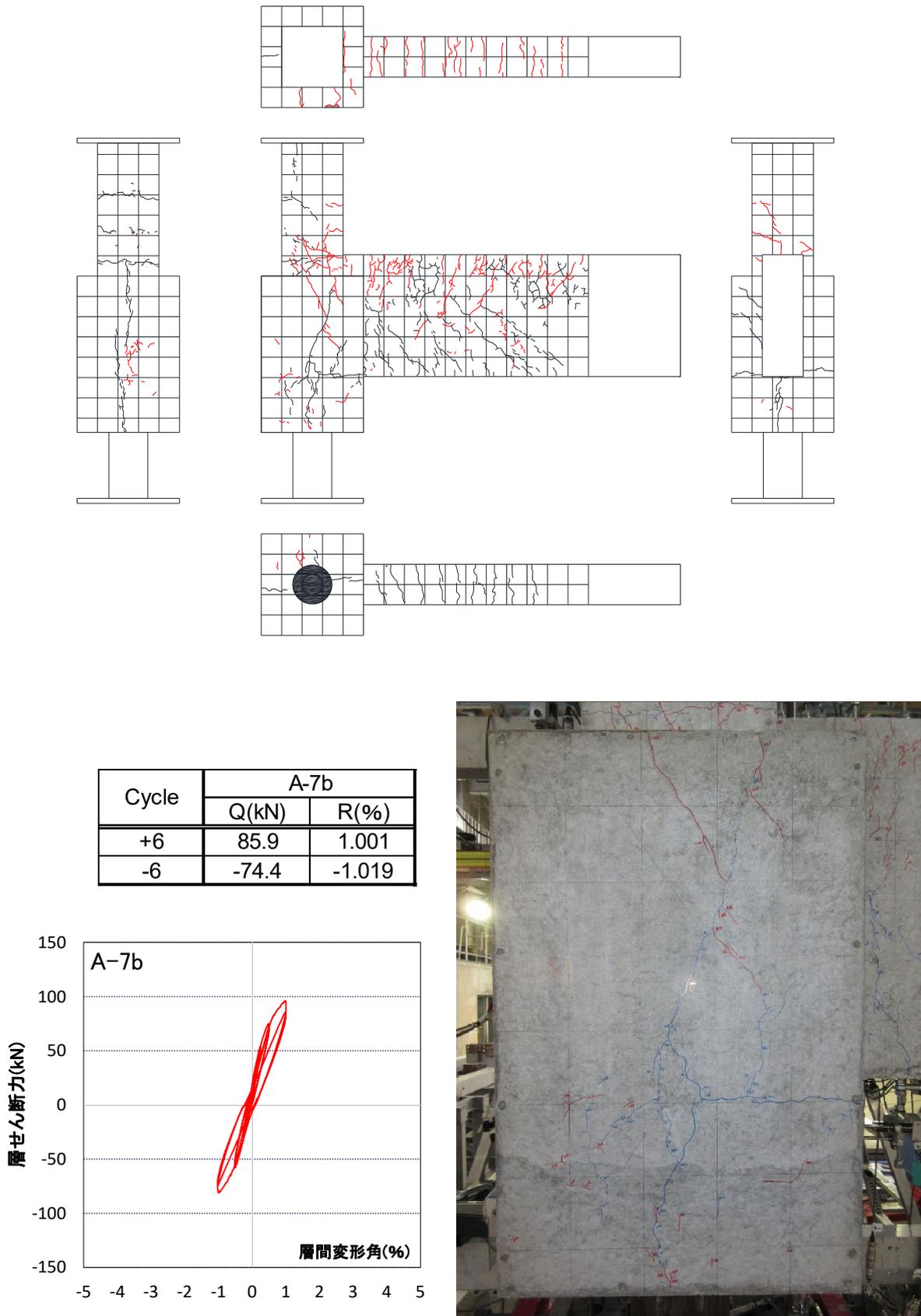
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+5	95.5	1.006
-5	-80.8	-1.009

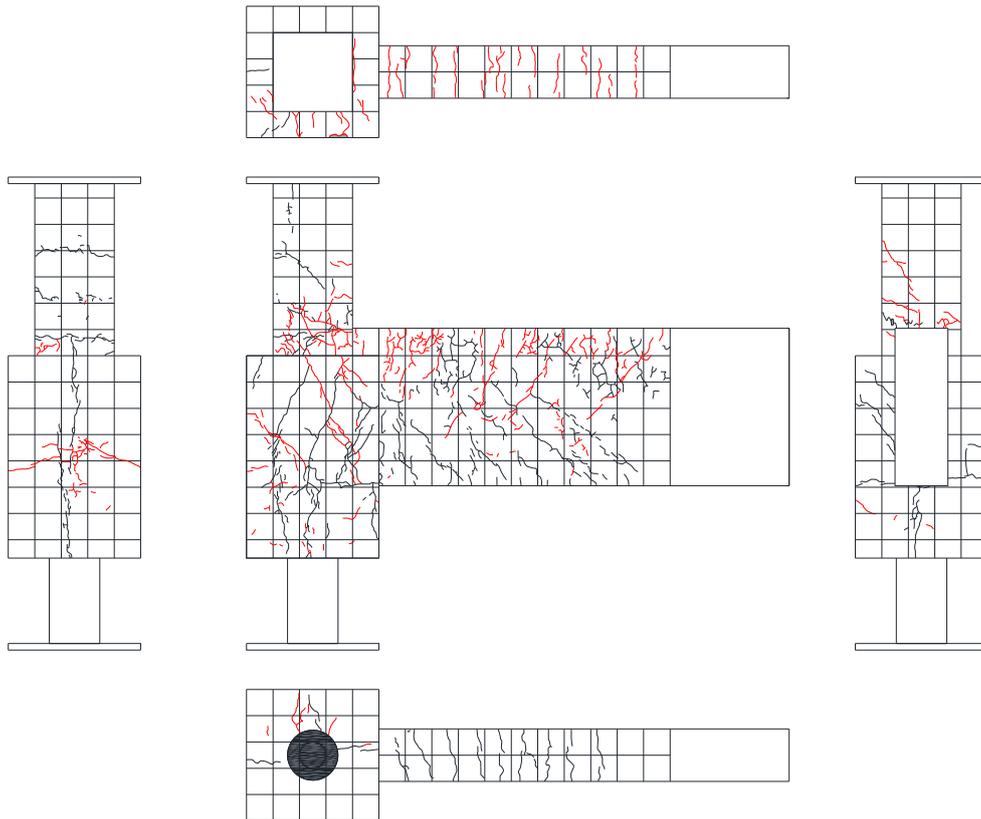


写真・図 2.1.3-20 試験体 A-7b ひび割れ状況 (5Cycle)

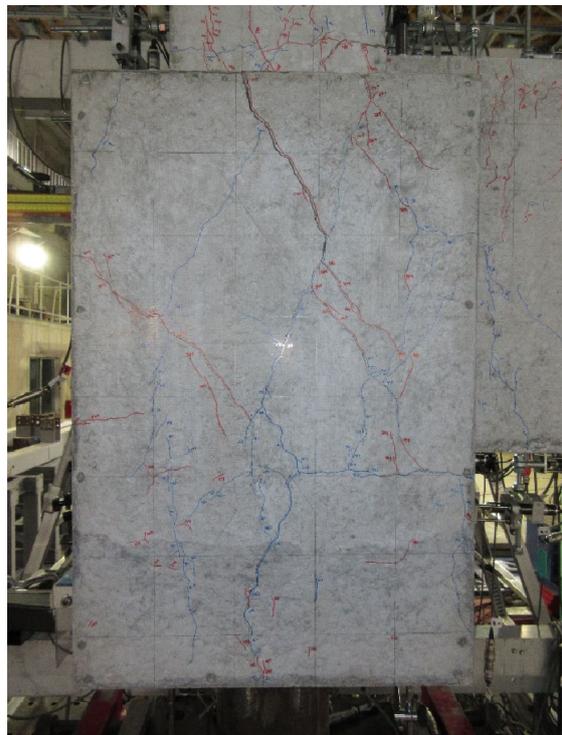
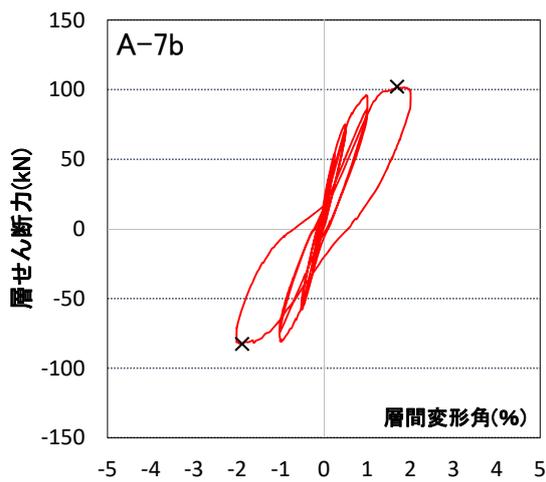


写真・図 2.1.3-21 試験体 A-7b ひび割れ状況 (6Cycle)

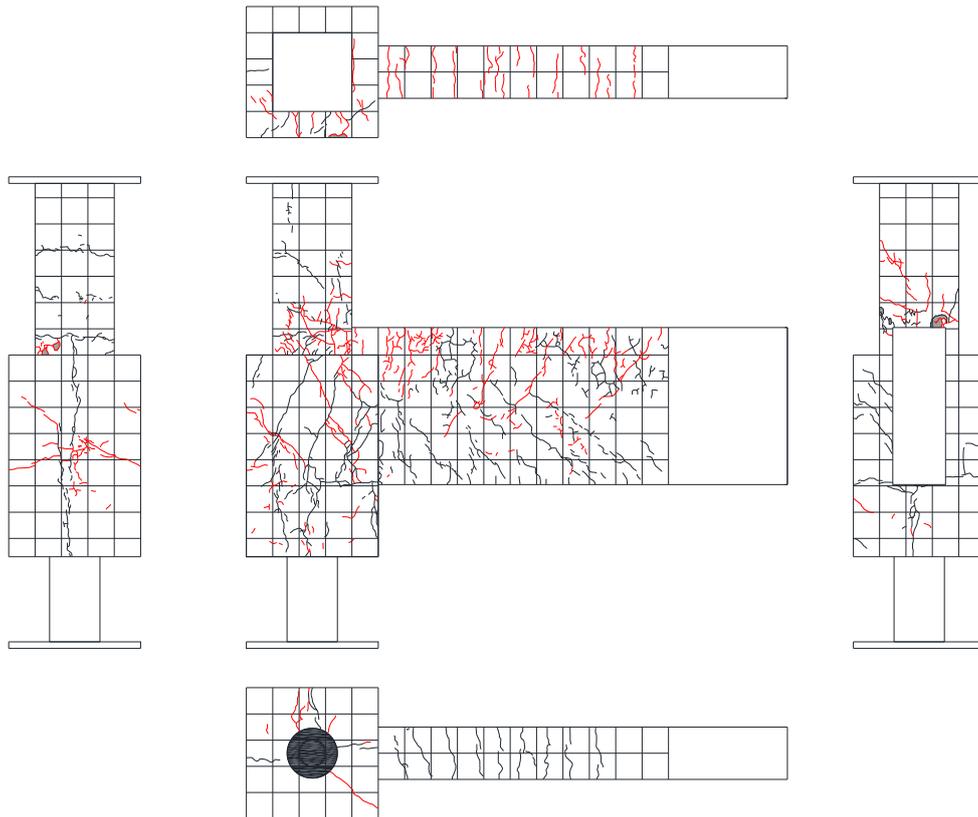
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



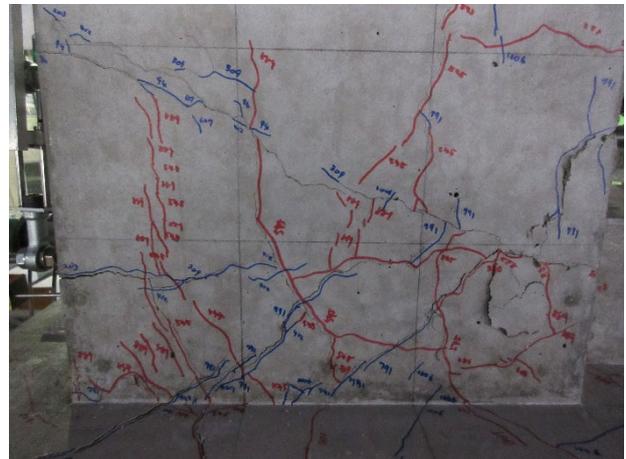
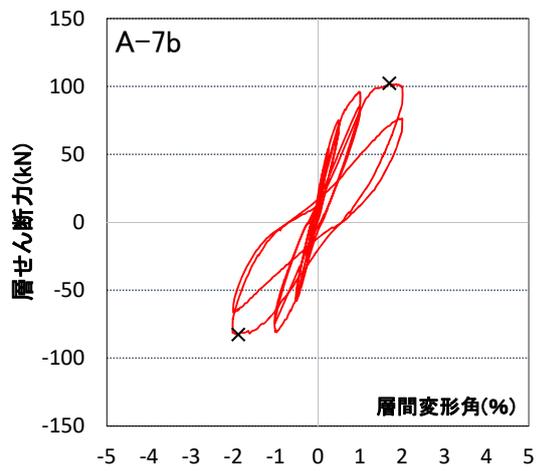
Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+7	99.1	2.004
-7	-81.4	-2.016



写真・図 2.1.3-22 試験体 A-7b ひび割れ状況 (7Cycle)

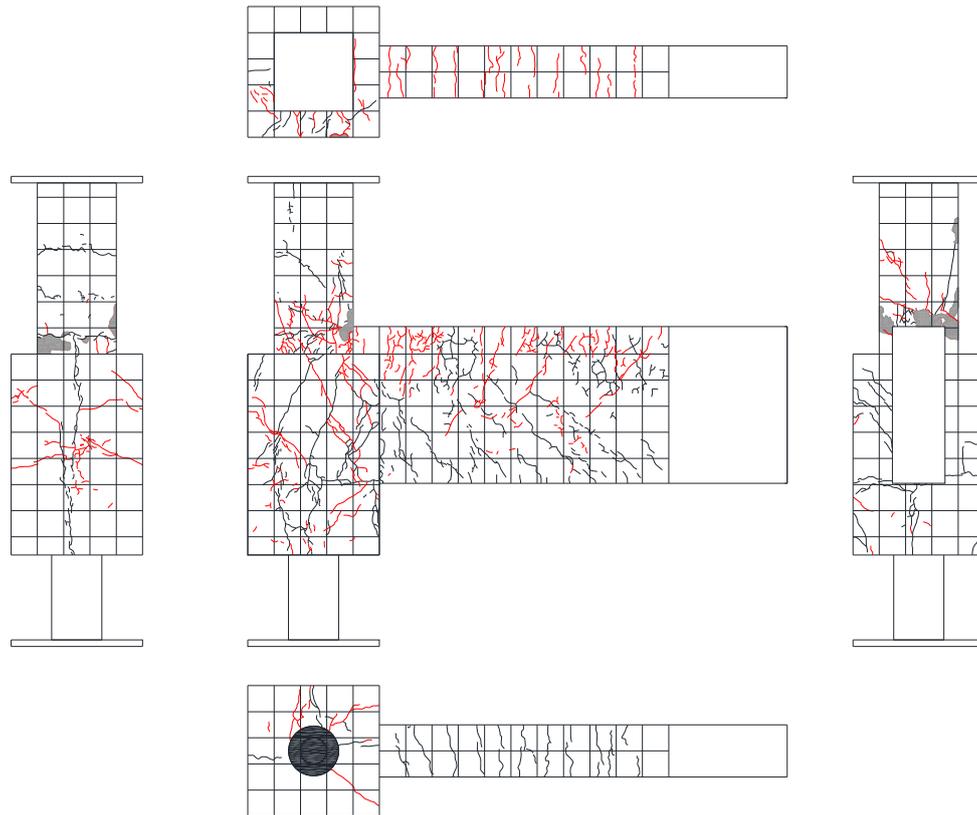


Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+8	75.9	2.004
-8	-66.4	-2.001

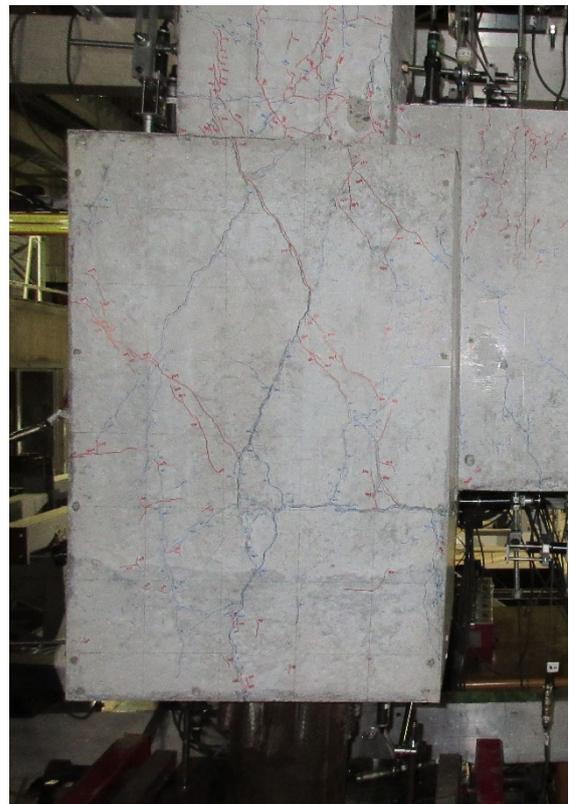
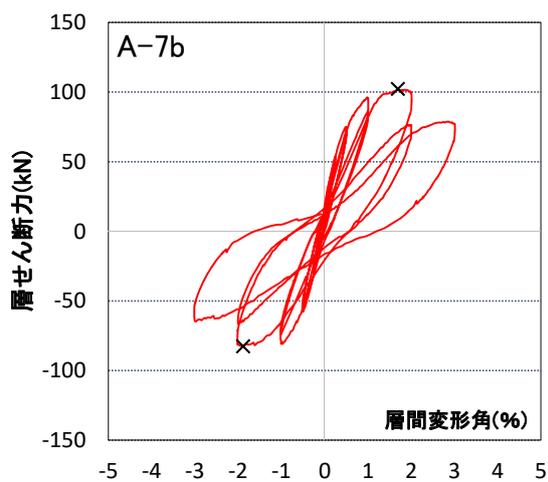


写真・図 2.1.3-23 試験体 A-7b ひび割れ状況 (8Cycle)

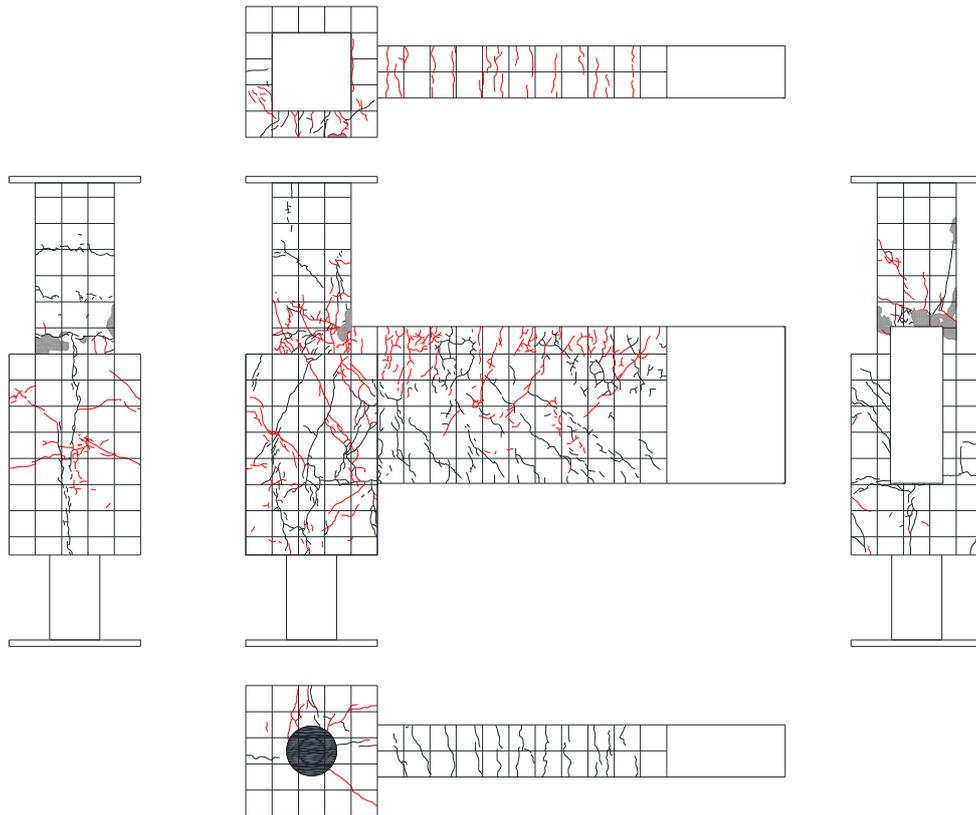
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



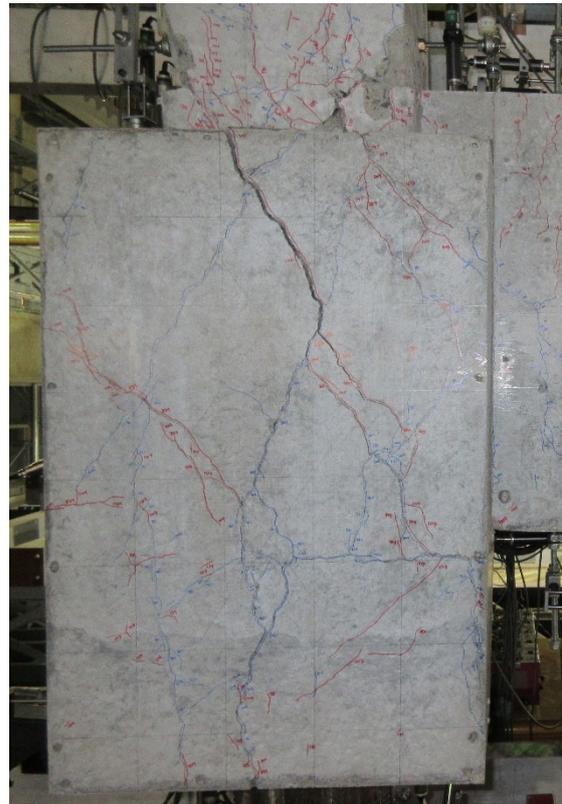
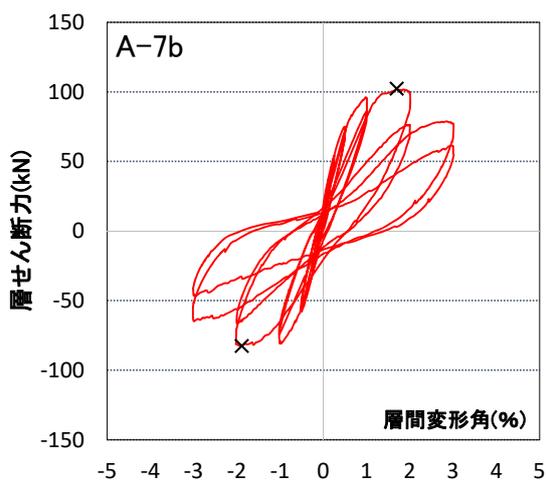
Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+9	77.2	3.008
-9	-62.4	-3.013



写真・図 2.1.3-24 試験体 A-7b ひび割れ状況 (9Cycle)

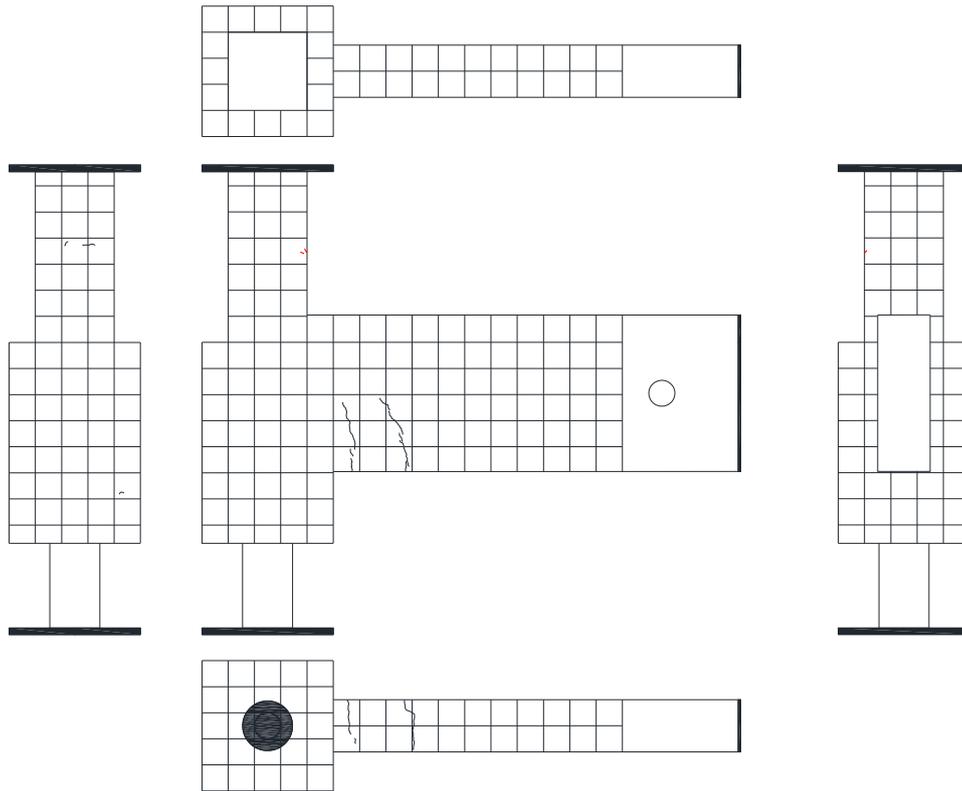


Cycle	A-7b	
	Q(kN)	R(%)
+10	59.3	3.004
-10	-45.5	-3.003

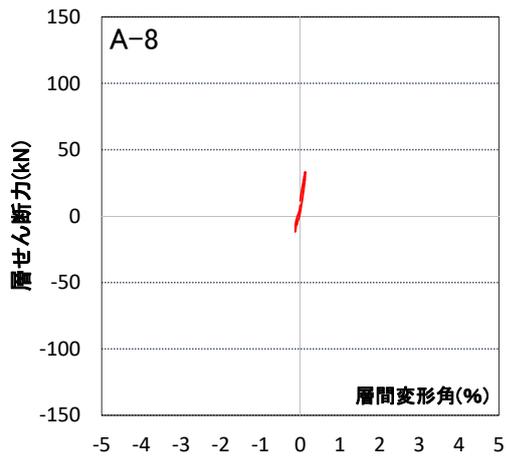


写真・図 2.1.3-25 試験体 A-7b ひび割れ状況 (10Cycle)

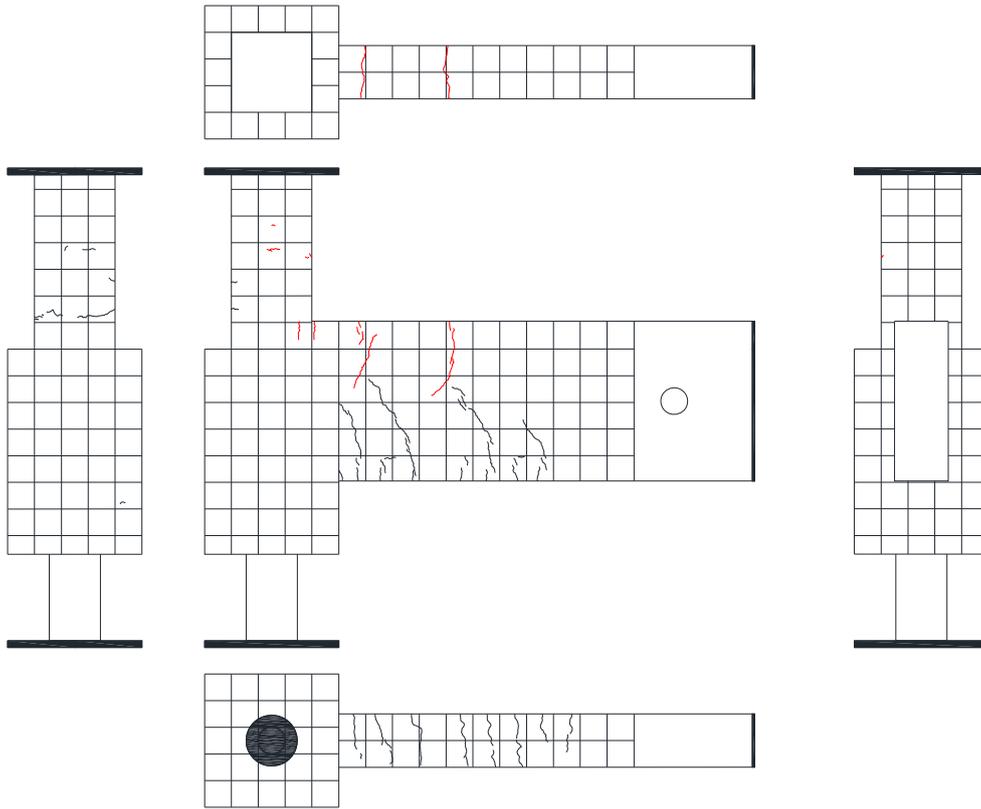
3) 試験体 A-8



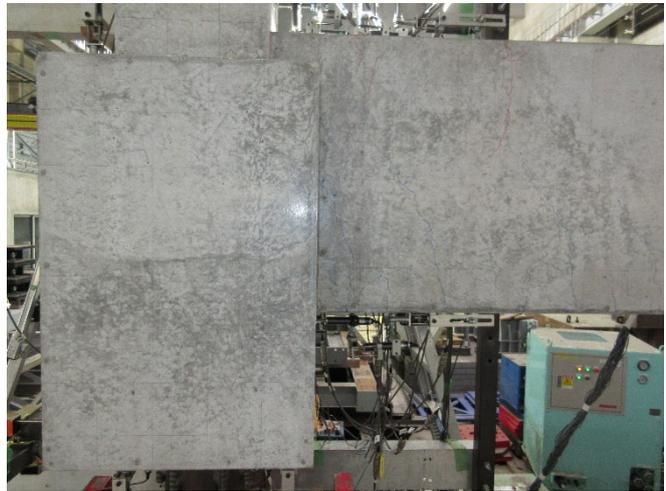
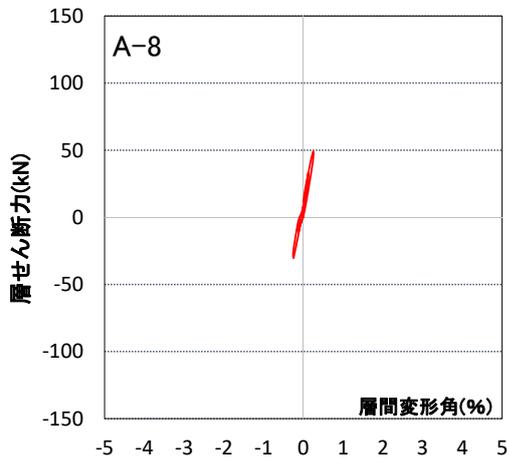
Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+1	32.9	0.125
-1	-11.8	-0.127



写真・図 2.1.3-26 試験体 A-8 ひび割れ状況 (1Cycle)

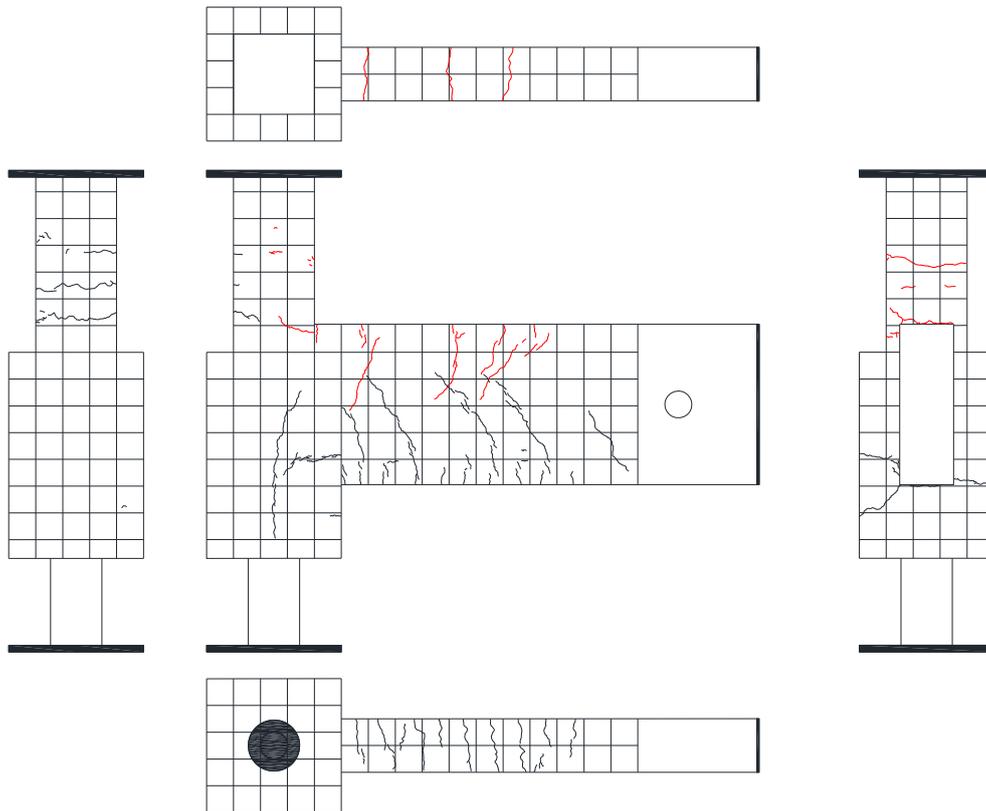


Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+2	49.0	0.251
-2	-30.3	-0.250

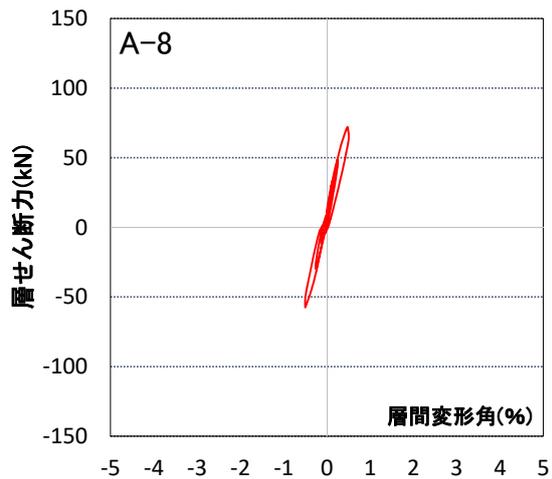


写真・図 2.1.3-27 試験体 A-8 ひび割れ状況 (2Cycle)

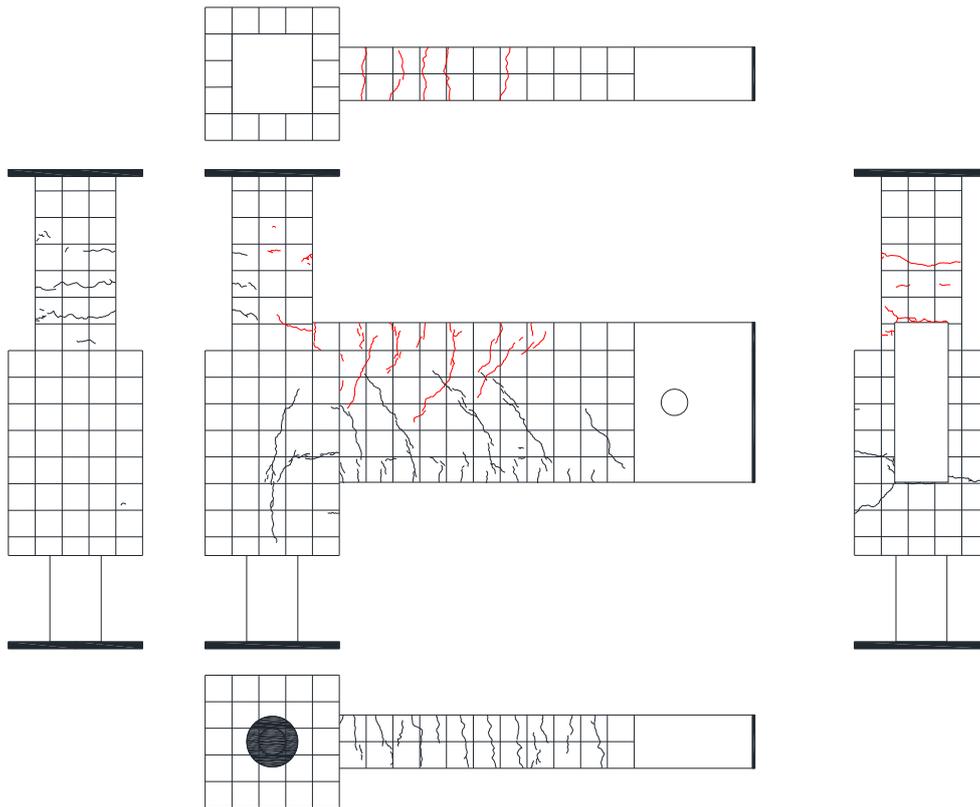
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



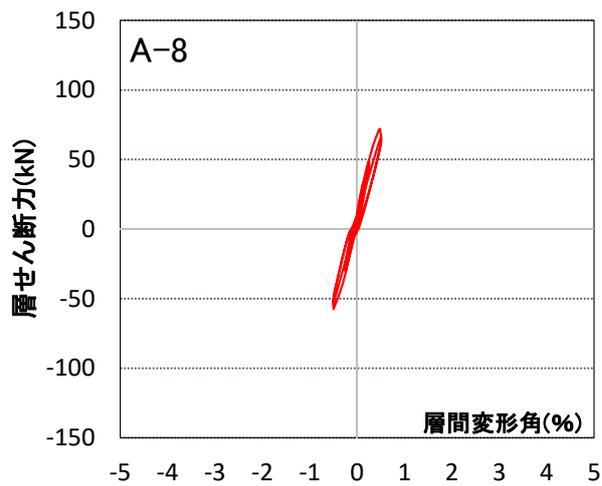
Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+3	67.3	0.503
-3	-56.4	-0.503



写真・図 2.1.3-28 試験体 A-8 ひび割れ状況 (3Cycle)

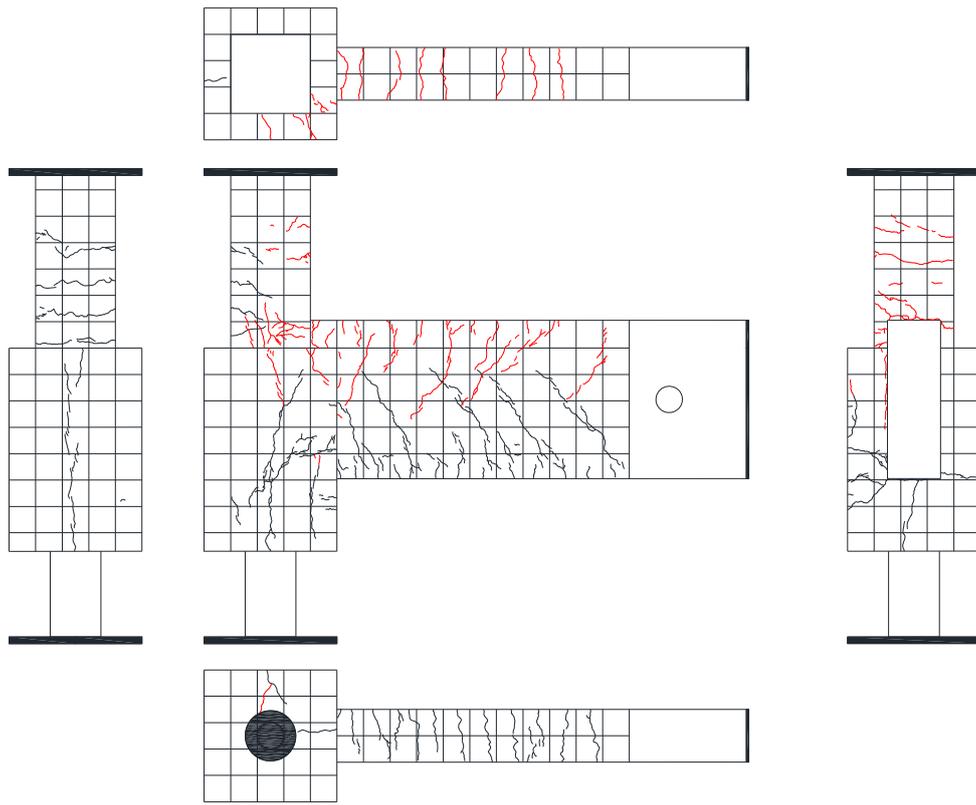


Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+4	66.4	0.503
-4	-53.8	-0.503

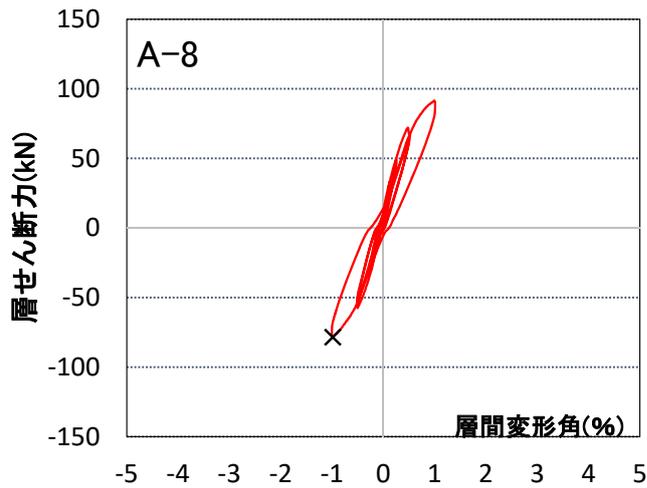


写真・図 2.1.3-29 試験体 A-8 ひび割れ状況 (4Cycle)

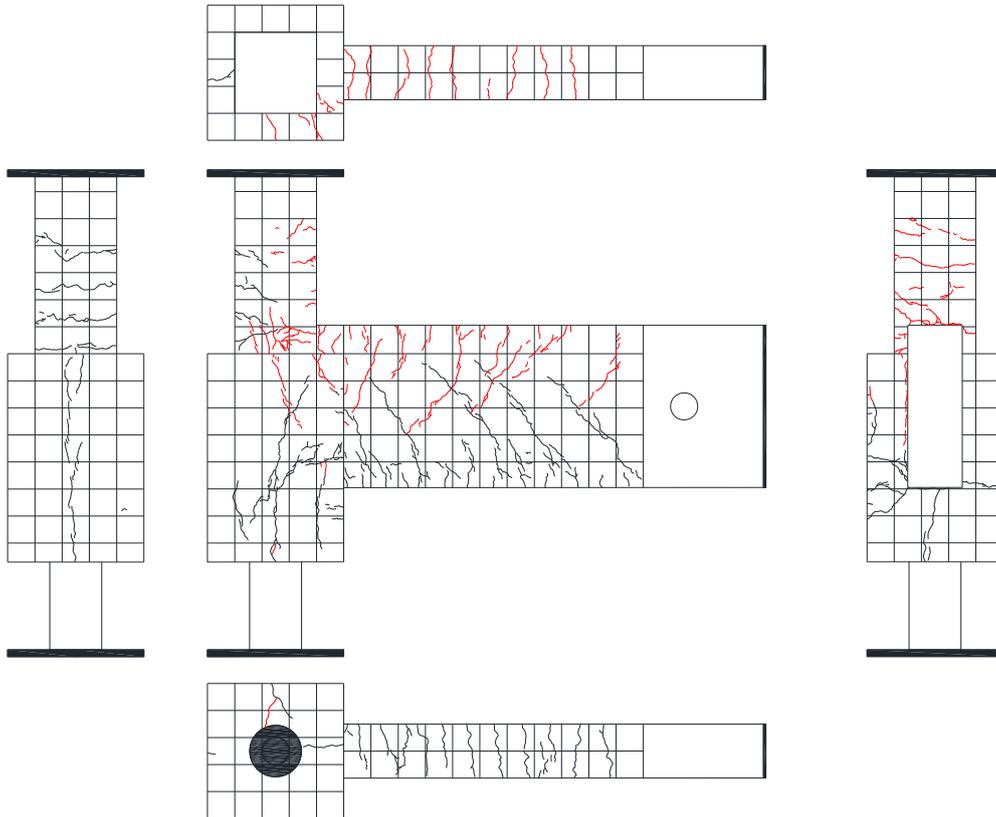
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



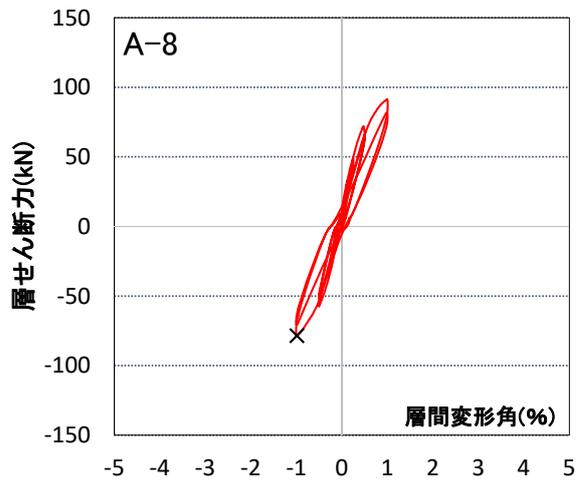
Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+5	91.4	0.996
-5	-77.8	-1.004



写真・図 2.1.3-30 試験体 A-8 ひび割れ状況 (5Cycle)

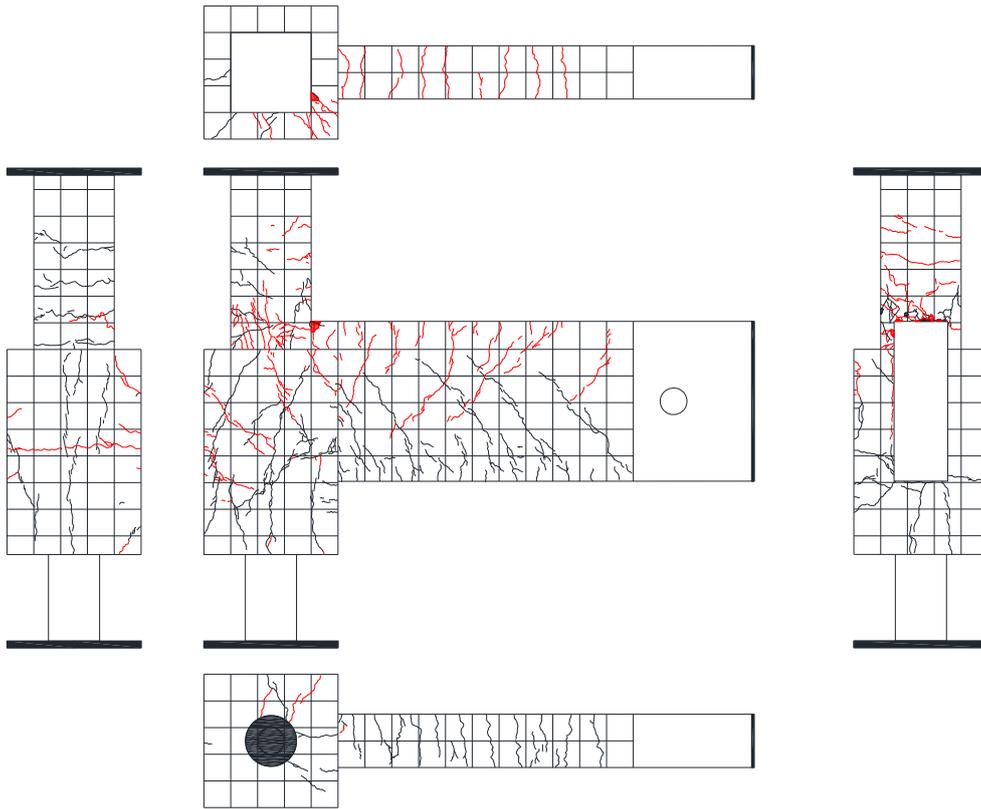


Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+6	80.9	1.004
-6	-70.6	-1.004

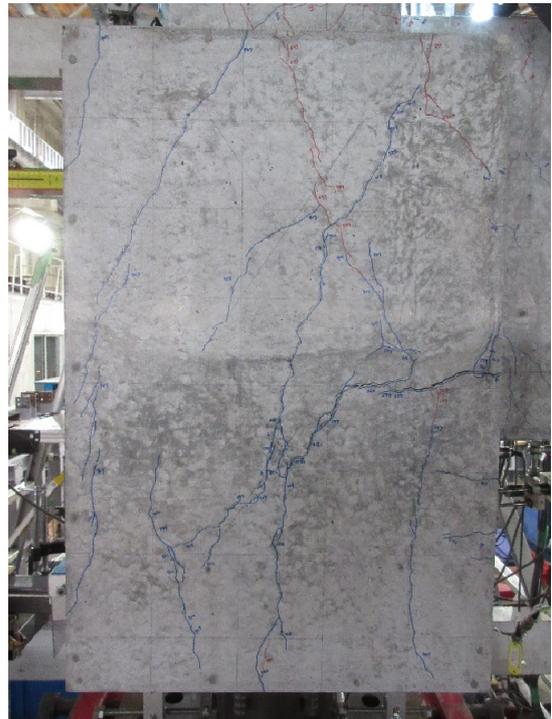
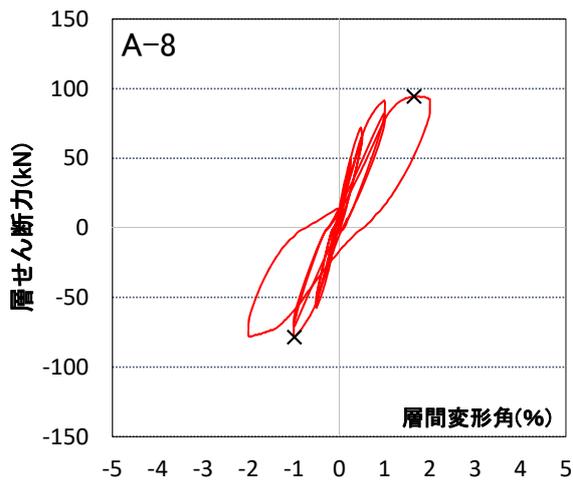


写真・図 2.1.3-31 試験体 A-8 ひび割れ状況 (6Cycle)

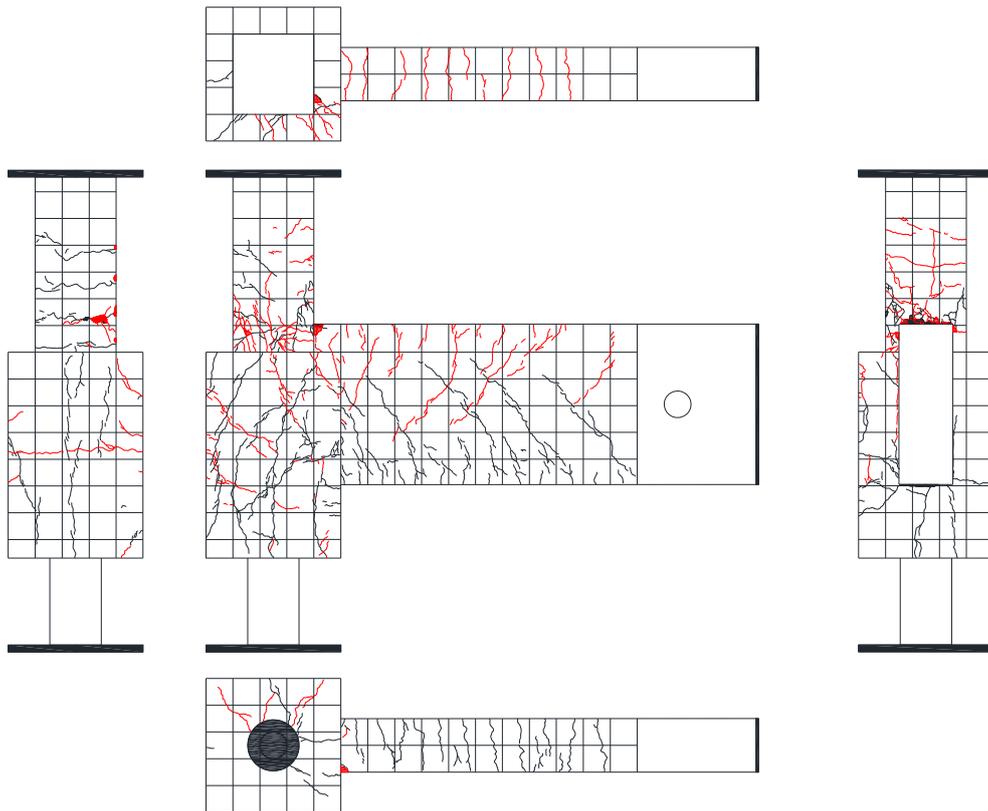
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



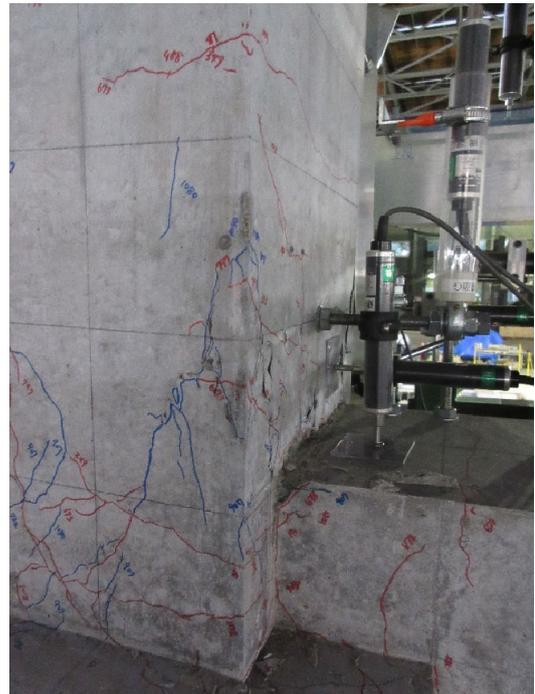
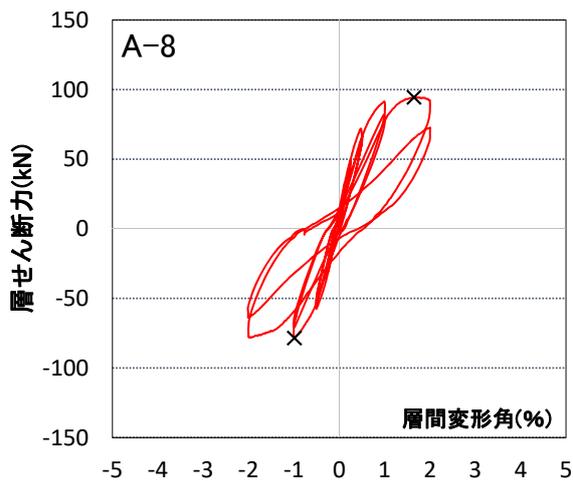
Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+7	92.3	2.000
-7	-77.6	-2.000



写真・図 2.1.3-32 試験体 A-8 ひび割れ状況 (7Cycle)

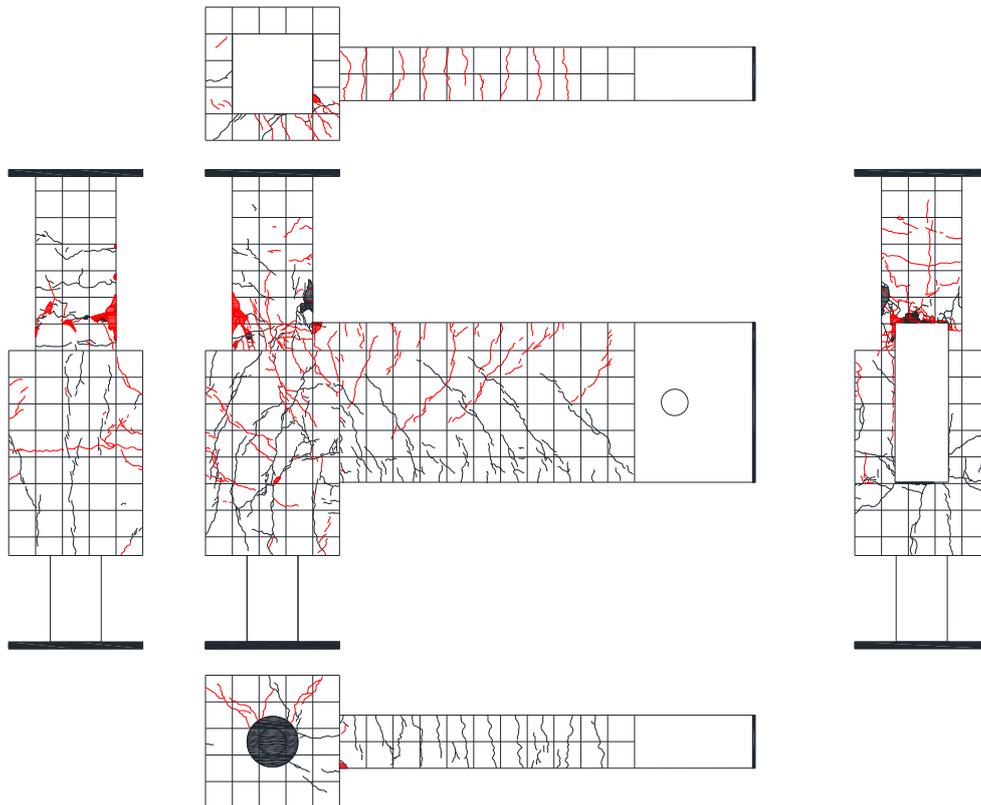


Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+8	72.6	2.006
-8	-63.8	-2.007

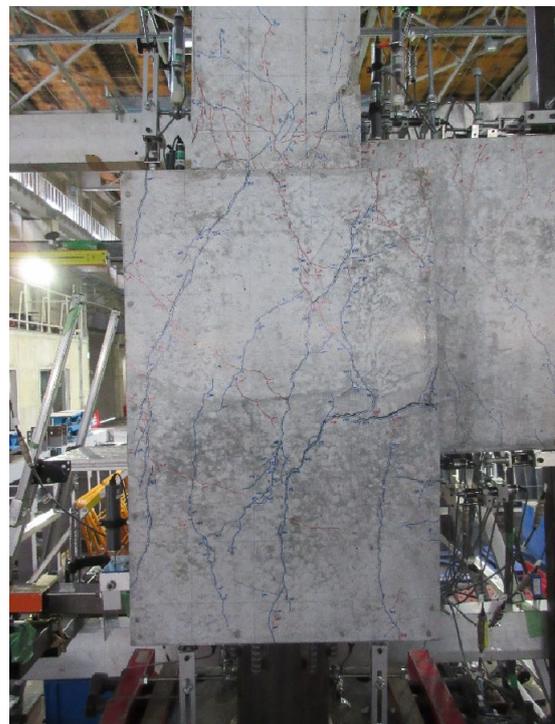
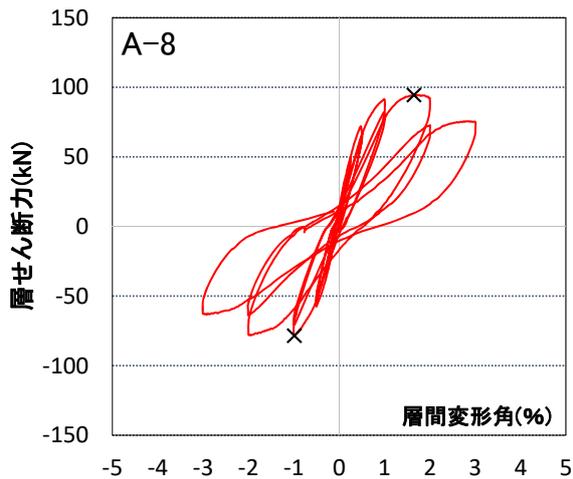


写真・図 2.1.3-33 試験体 A-8 ひび割れ状況 (8Cycle)

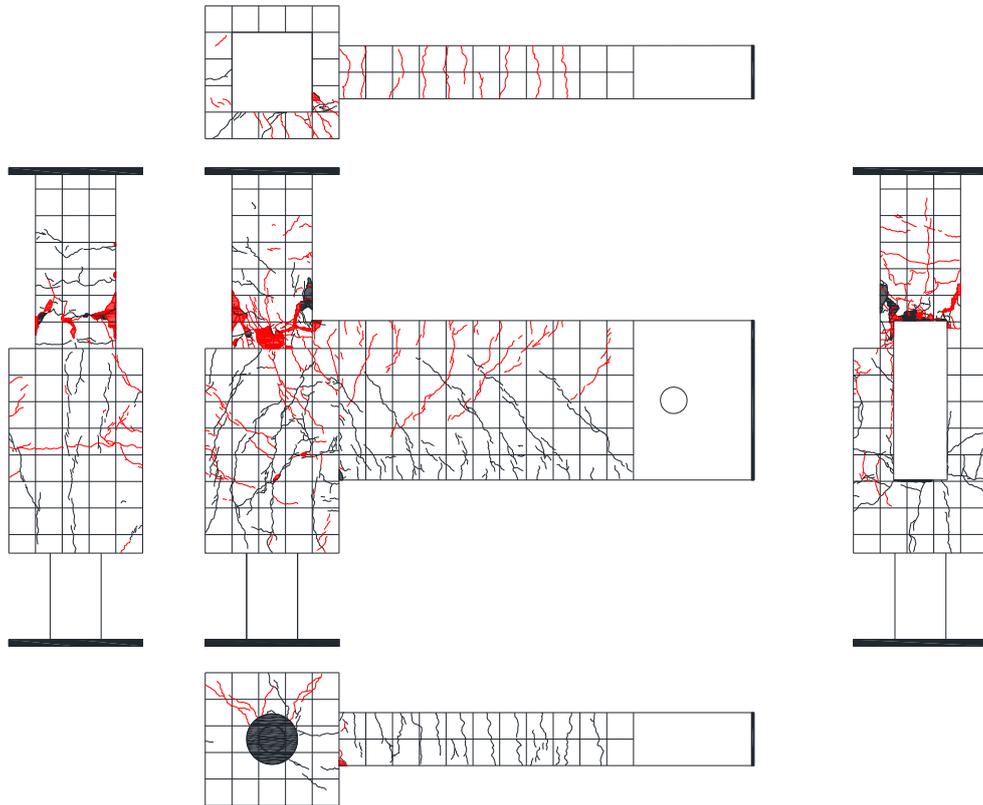
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



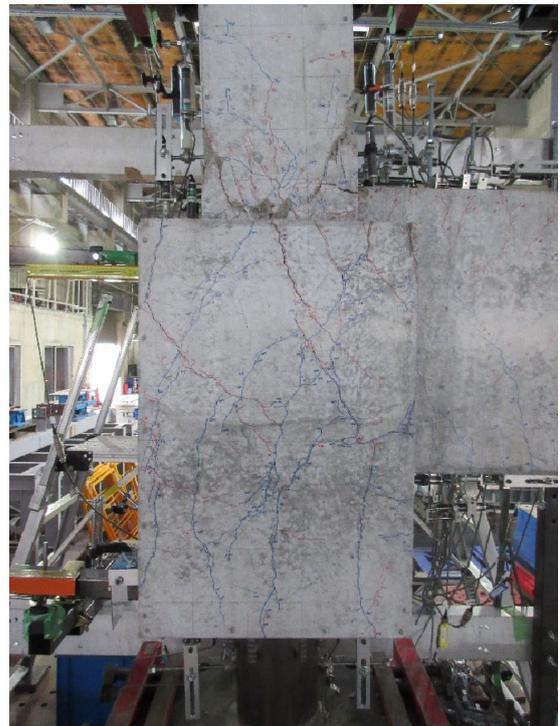
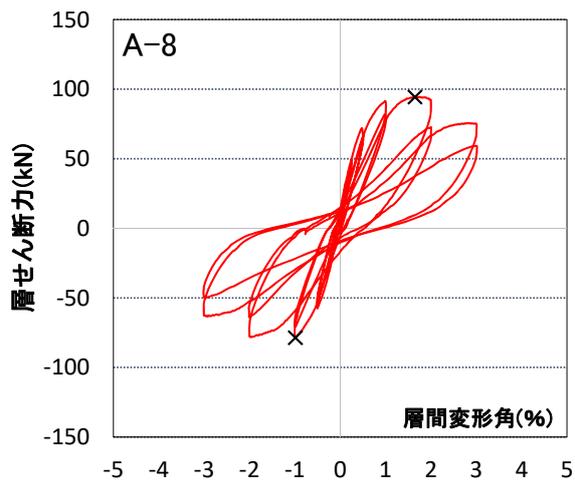
Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+9	74.7	3.009
-9	-62.6	3.005



写真・図 2.1.3-34 試験体 A-8 ひび割れ状況 (9Cycle)

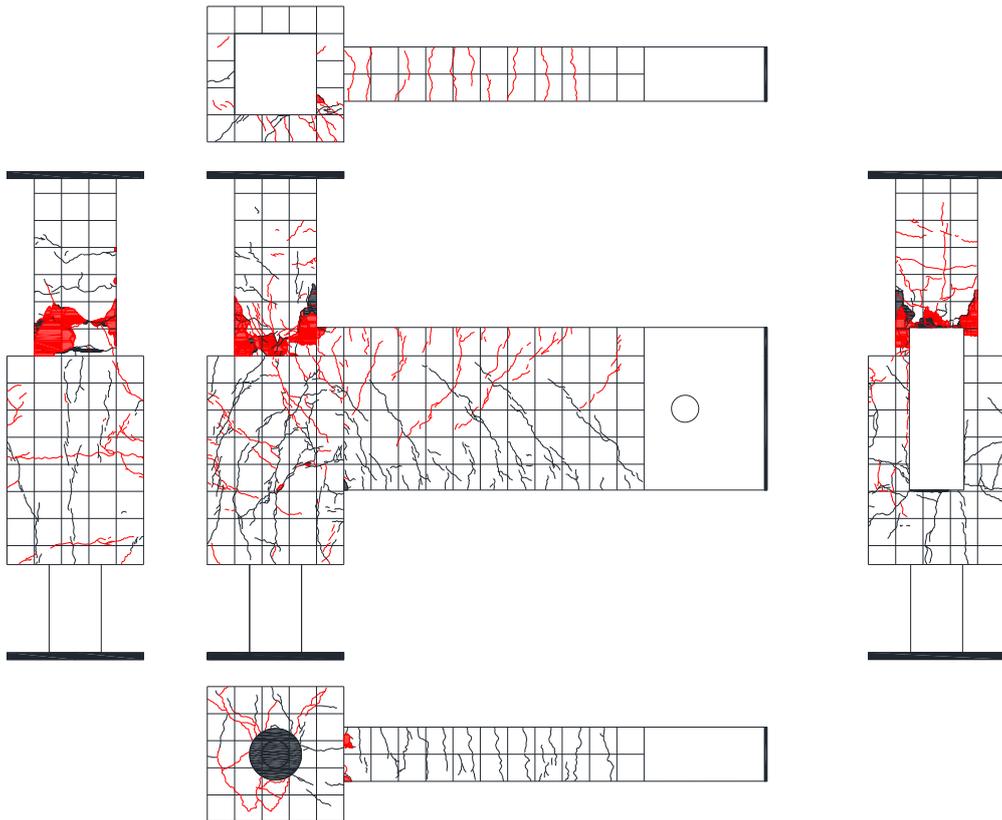


Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+10	59.0	3.015
-10	-47.3	-3.011

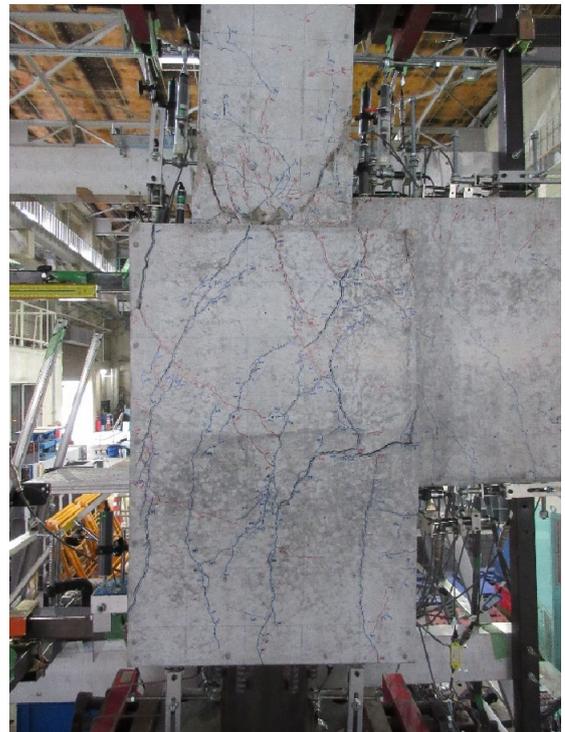
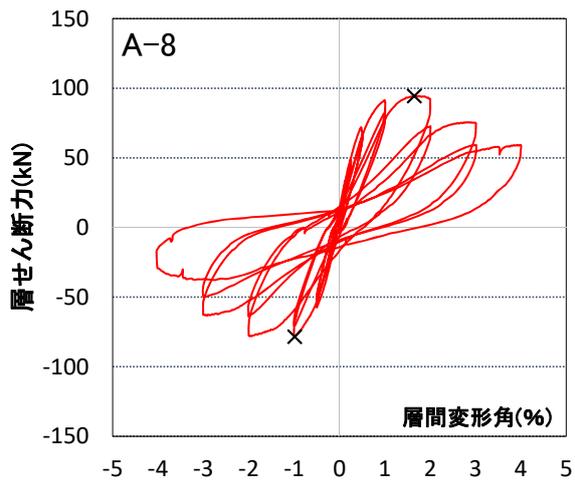


写真・図 2.1.3-35 試験体 A-8 ひび割れ状況 (10Cycle)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

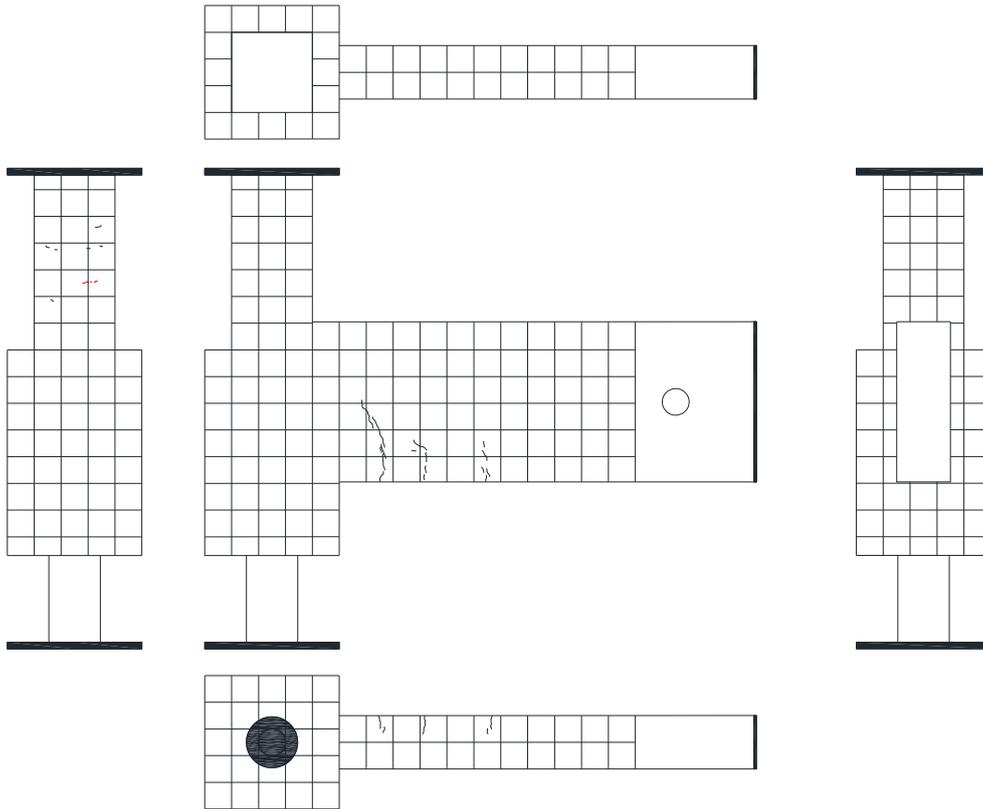


Cycle	A-8	
	Q(kN)	R(%)
+11	58.7	4.005
-11	-27.6	-4.020

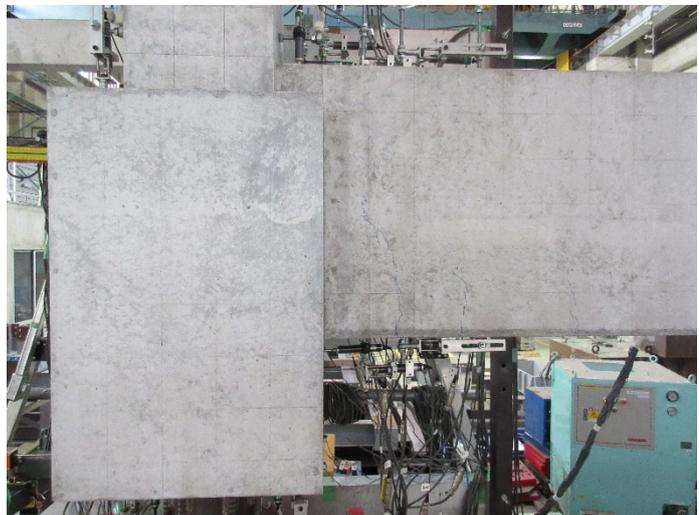
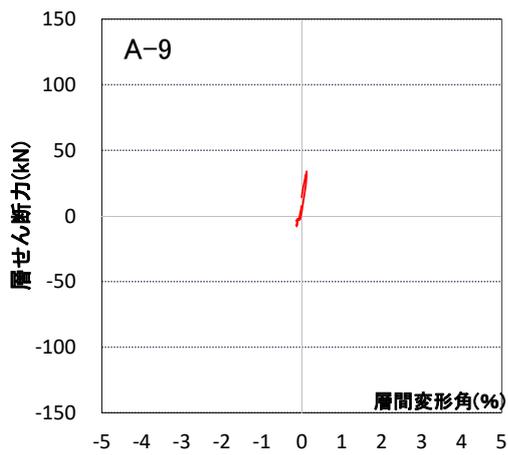


写真・図 2.1.3-36 試験体 A-8 ひび割れ状況 (11Cycle)

4) 試験体 A-9

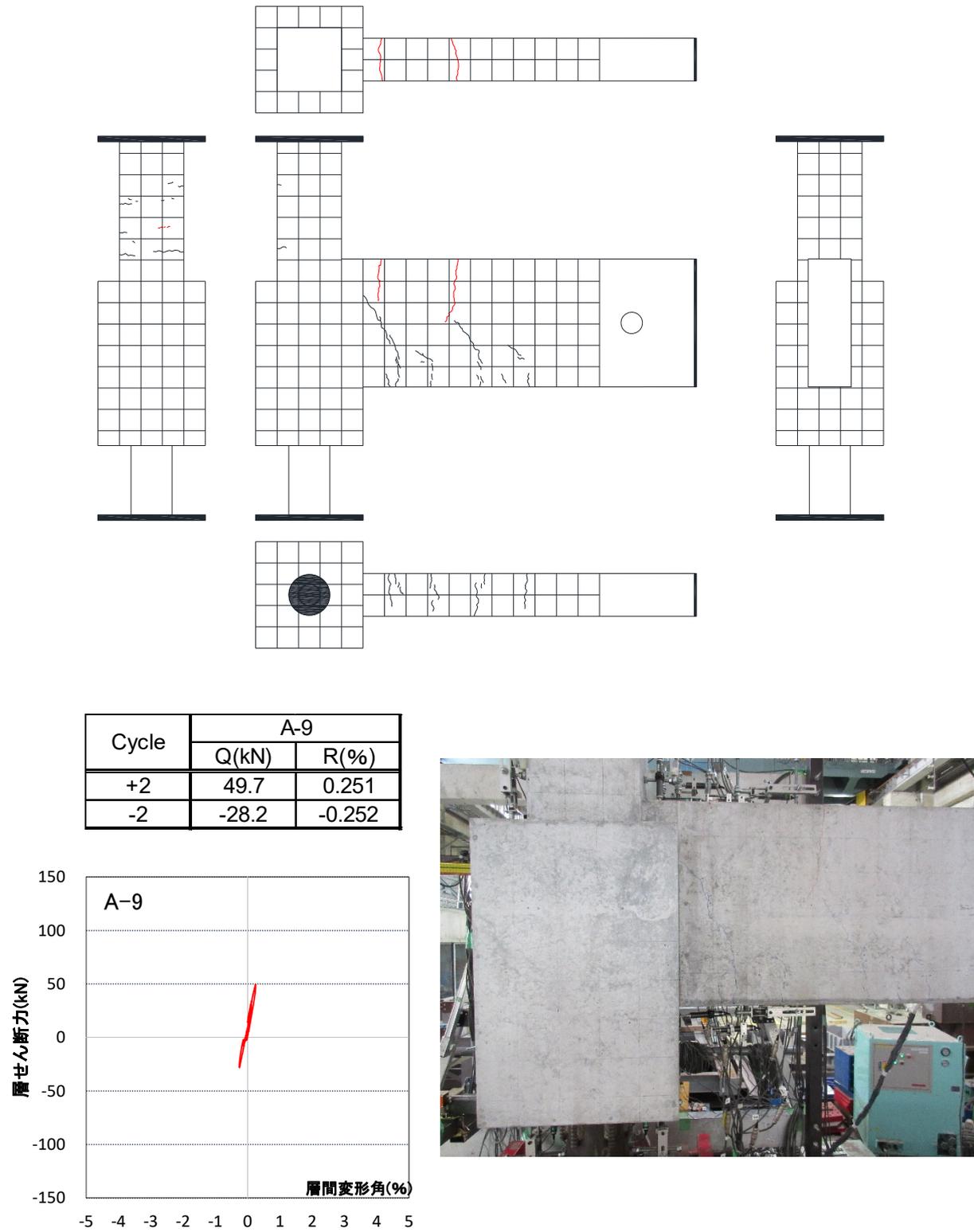


Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+1	33.9	0.124
-1	-7.9	-0.128

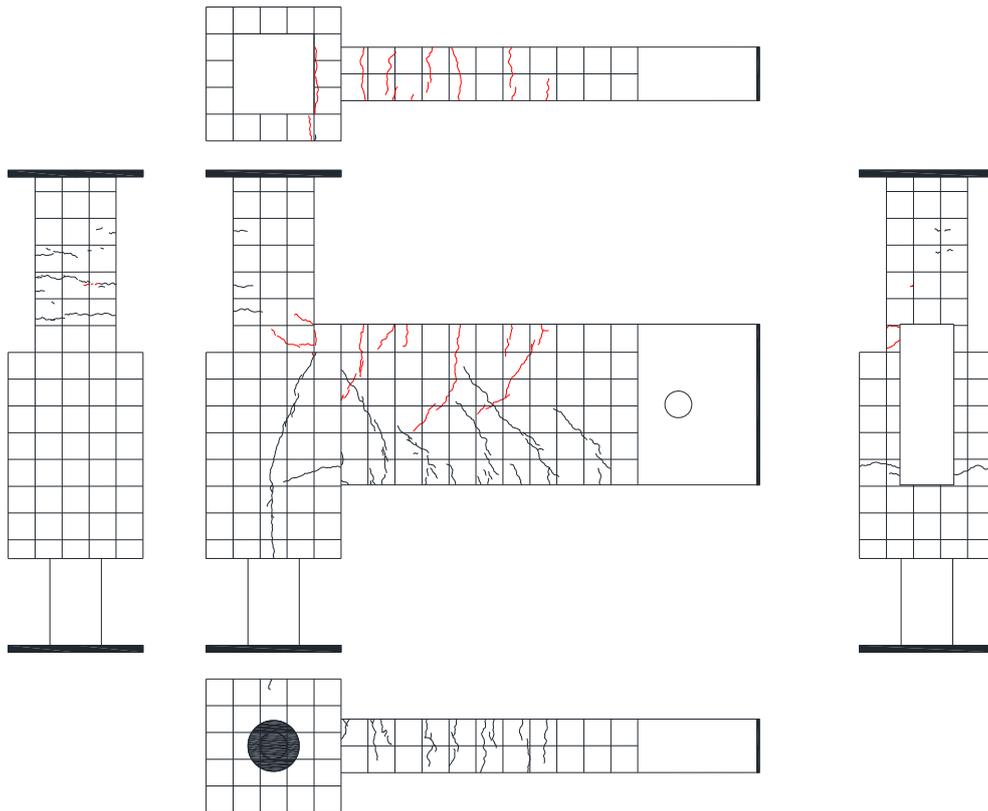


写真・図 2.1.3-37 試験体 A-9 ひび割れ状況 (1Cycle)

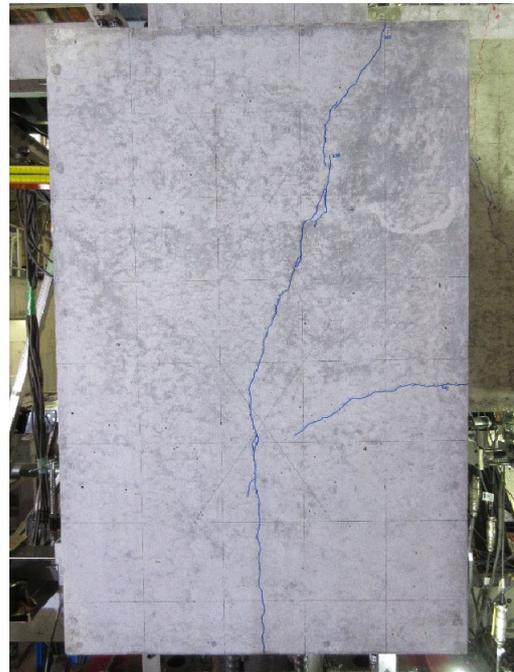
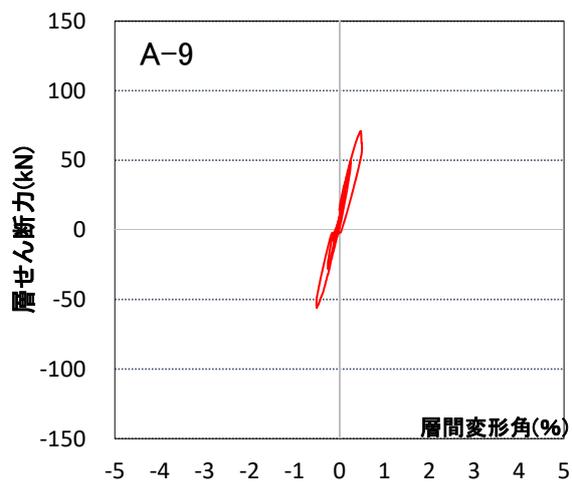
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



写真・図 2.1.3-38 試験体 A-9 ひび割れ状況 (2Cycle)

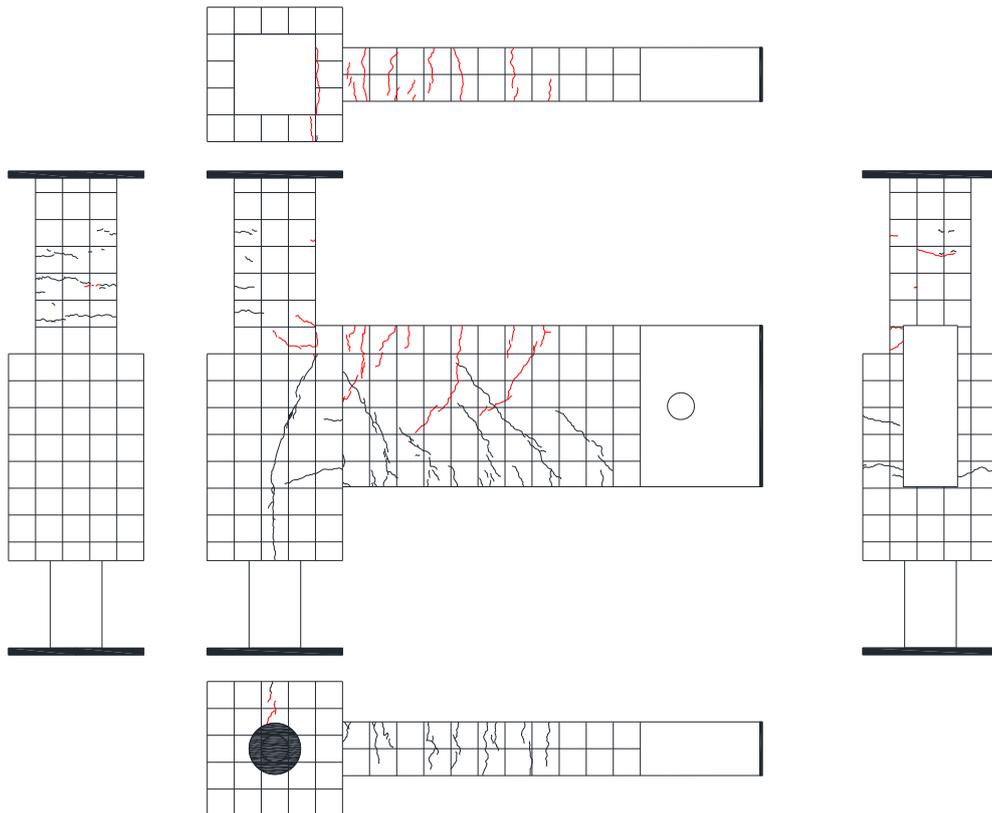


Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+3	61.8	0.501
-3	-56.1	-0.506

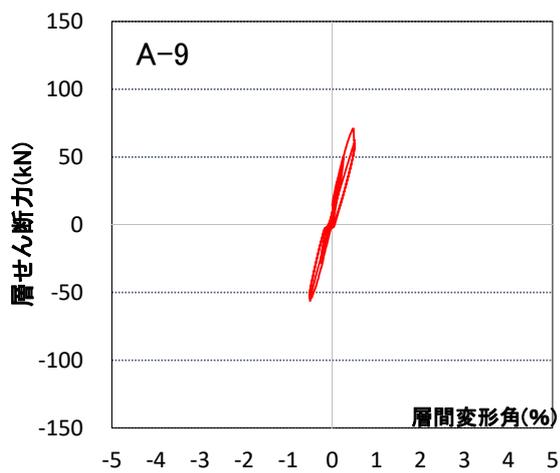


写真・図 2.1.3-39 試験体 A-9 ひび割れ状況 (30cycle)

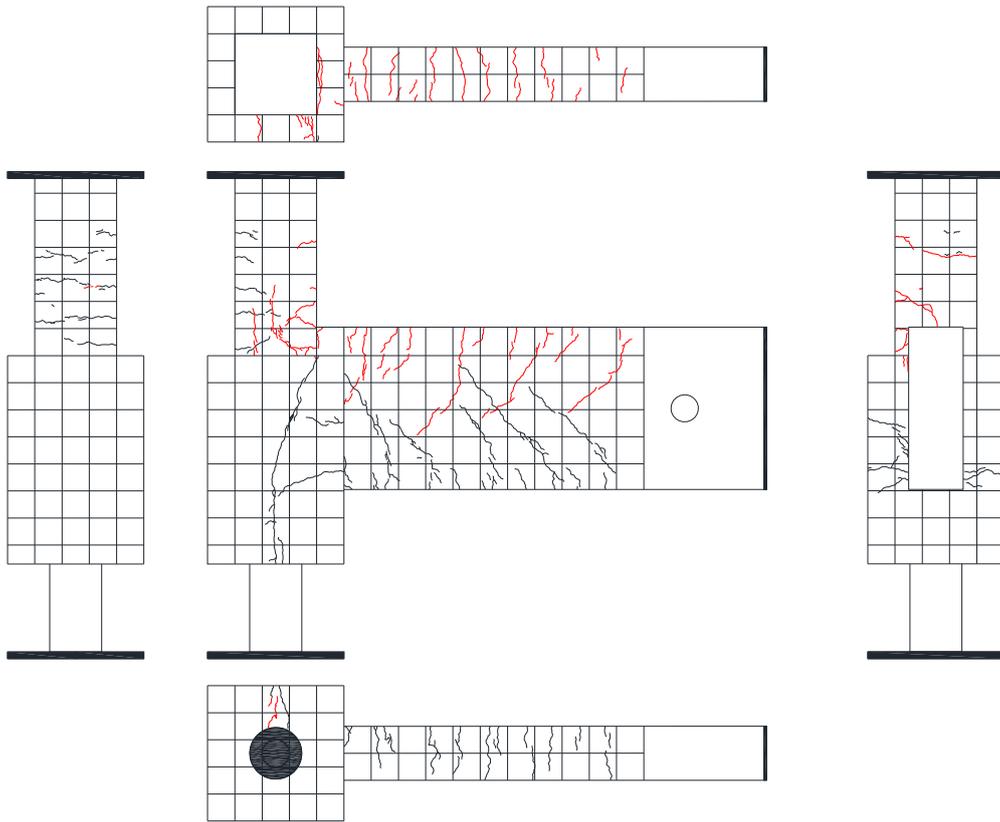
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



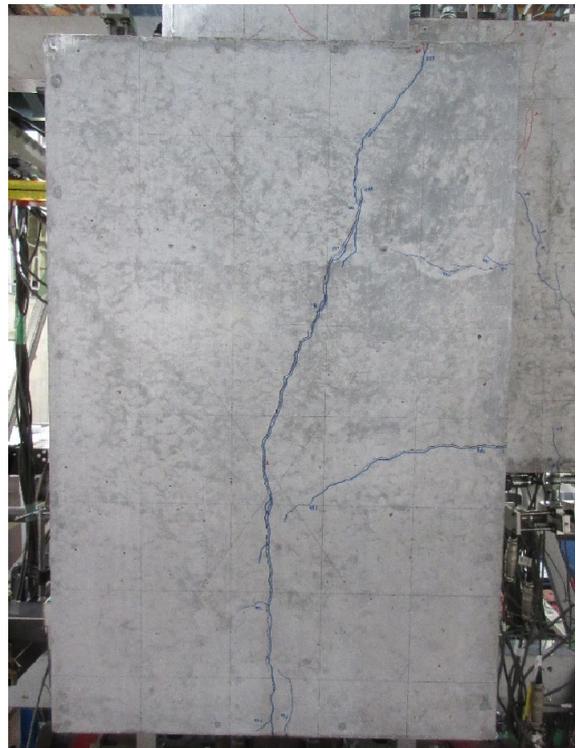
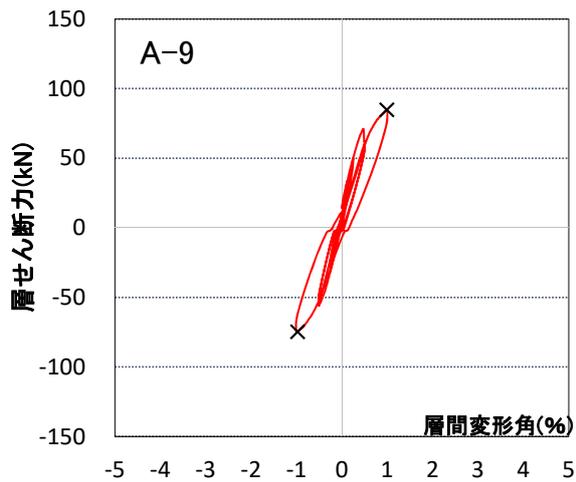
Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+4	60.3	0.501
-4	-53.6	-0.508



写真・図 2.1.3-40 試験体 A-9 ひび割れ状況 (4Cycle)

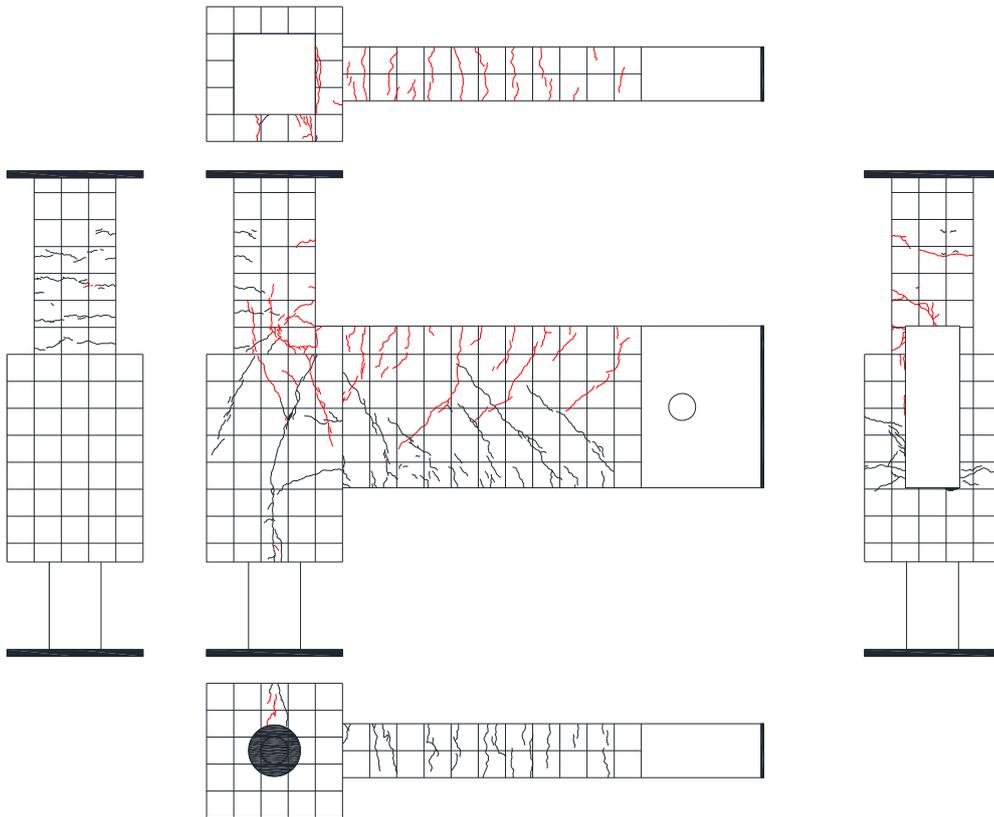


Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+5	84.7	1.001
-5	-74.7	-1.004

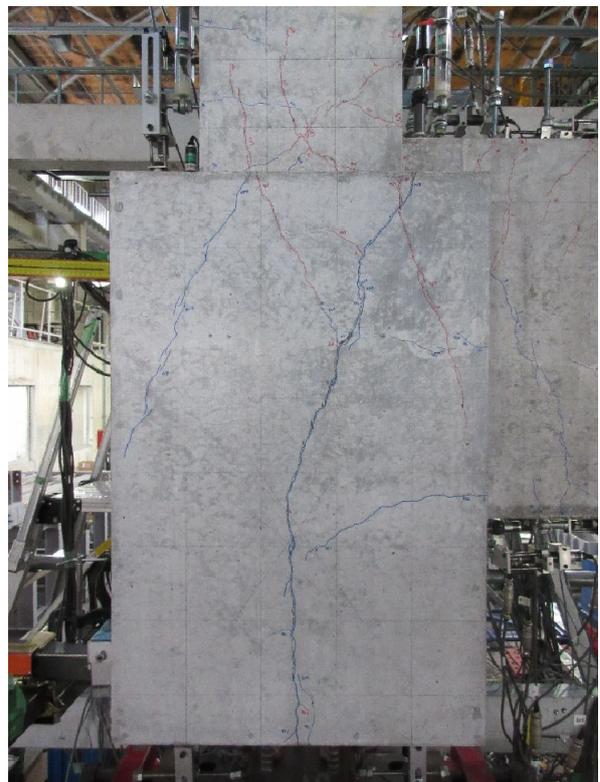
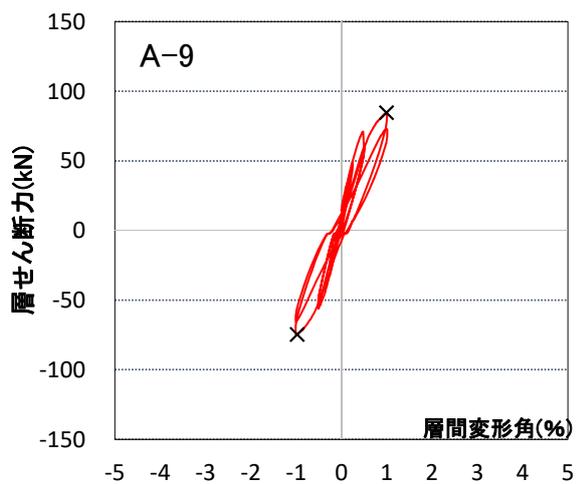


写真・図 2.1.3-41 試験体 A-9 ひび割れ状況 (5Cycle)

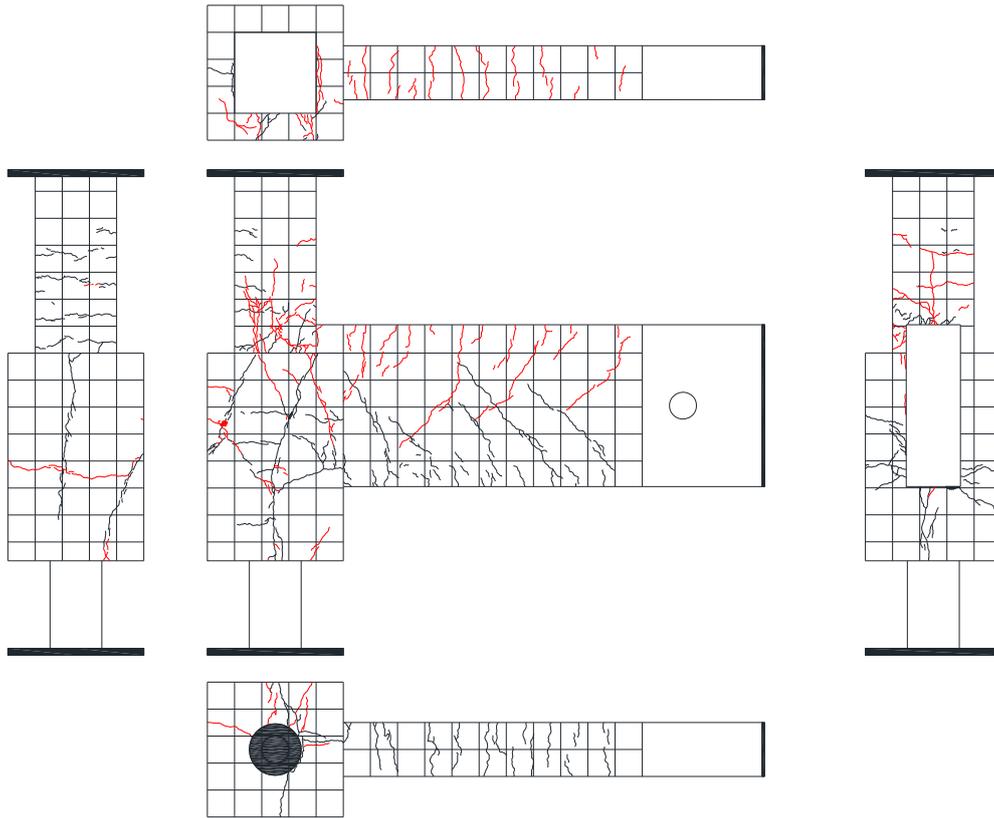
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



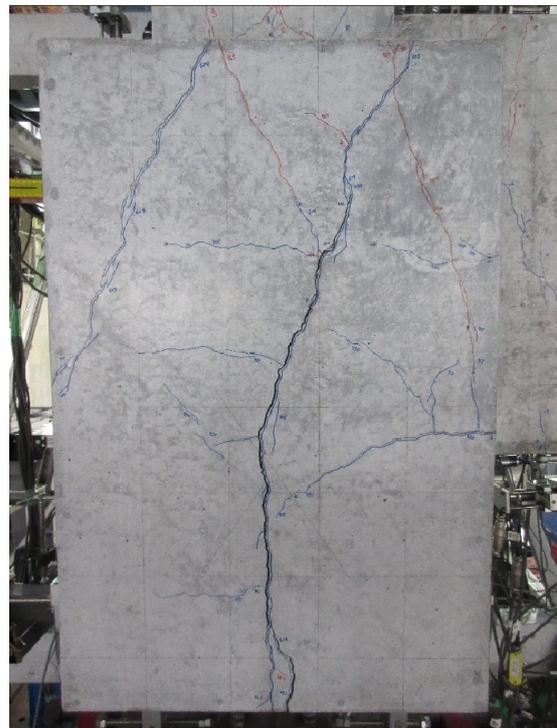
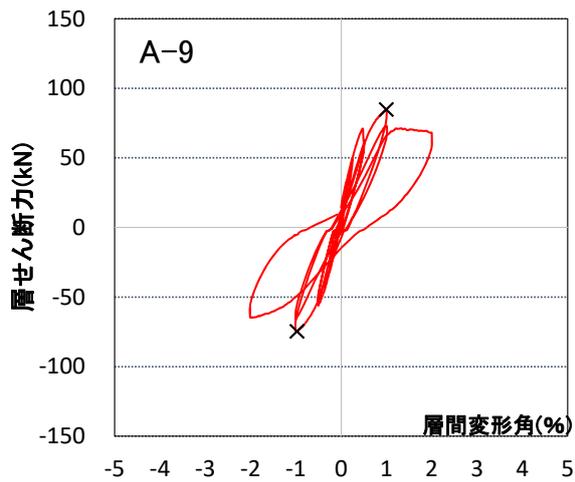
Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+6	72.7	1.009
-6	-65.6	-1.004



写真・図 2.1.3-42 試験体 A-9 ひび割れ状況 (6Cycle)

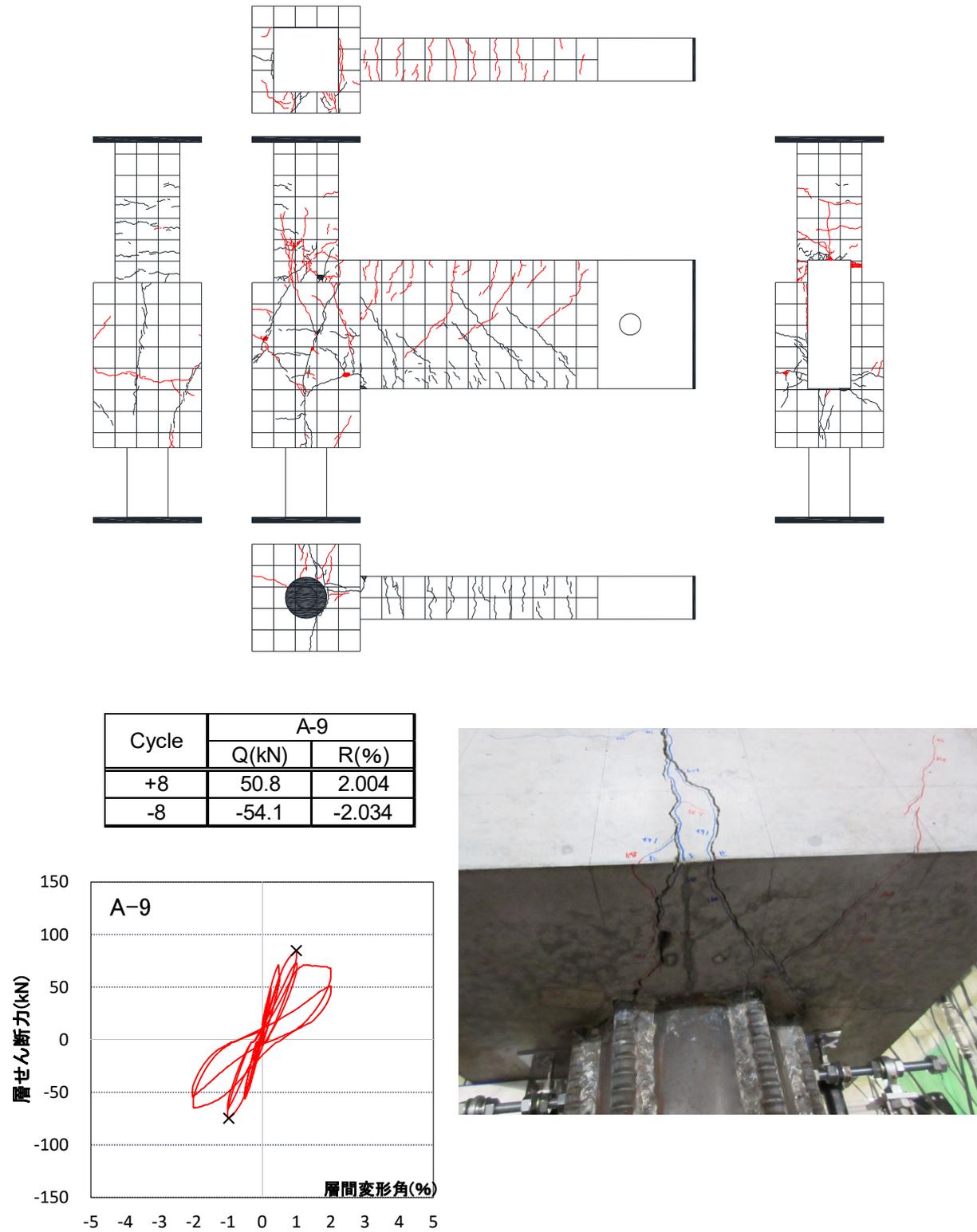


Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+7	66.8	2.000
-7	-64.4	-2.011

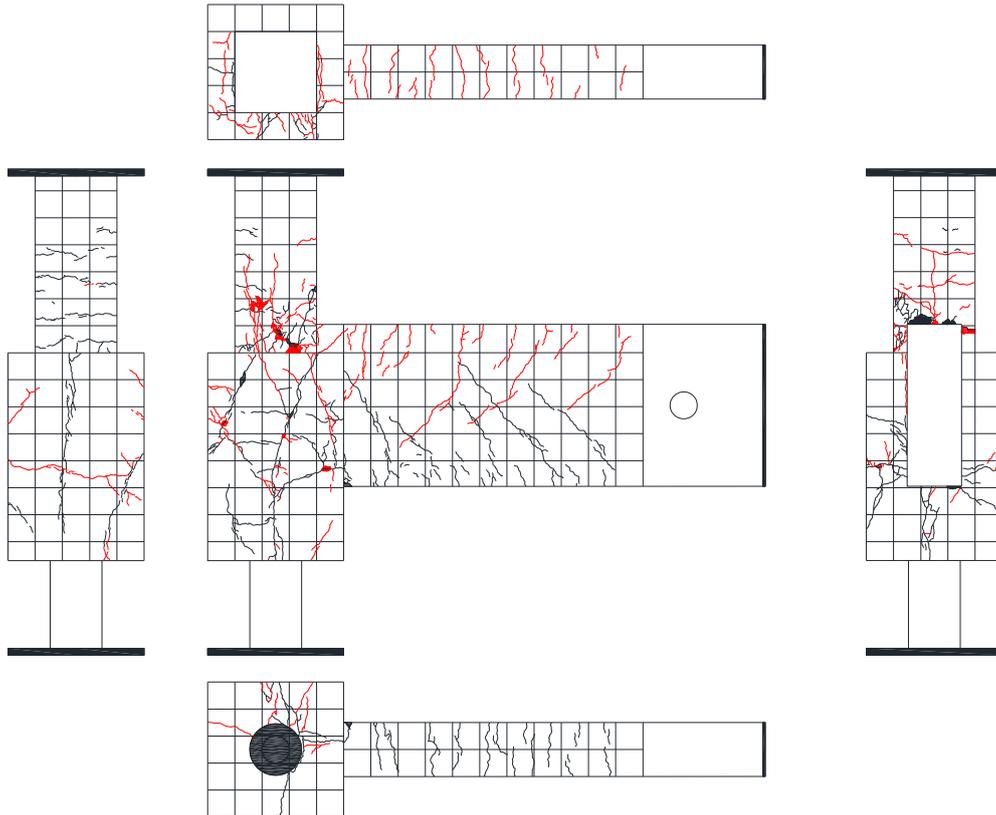


写真・図 2.1.3-43 試験体 A-9 ひび割れ状況 (70cycle)

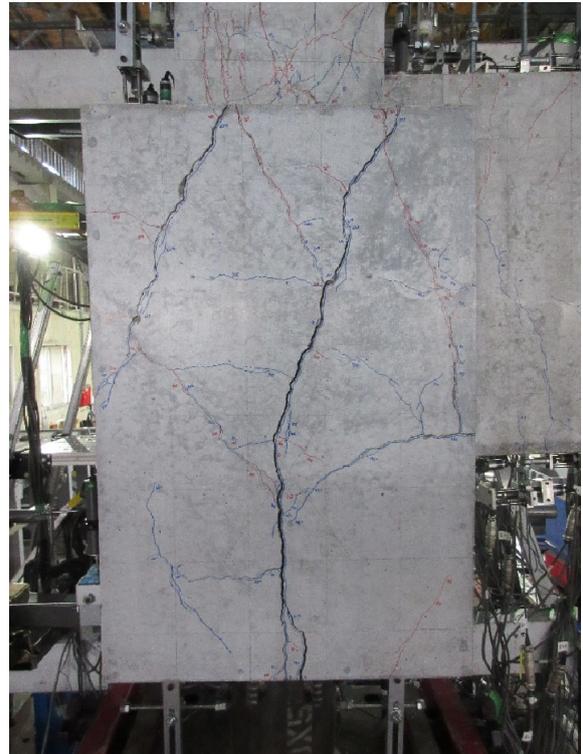
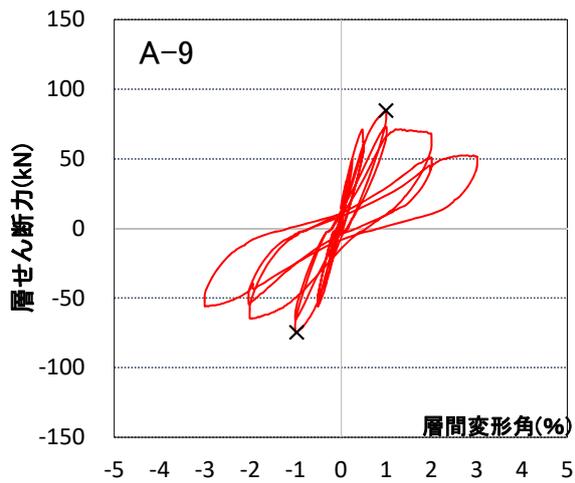
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



写真・図 2.1.3-44 試験体 A-9 ひび割れ状況 (8Cycle)

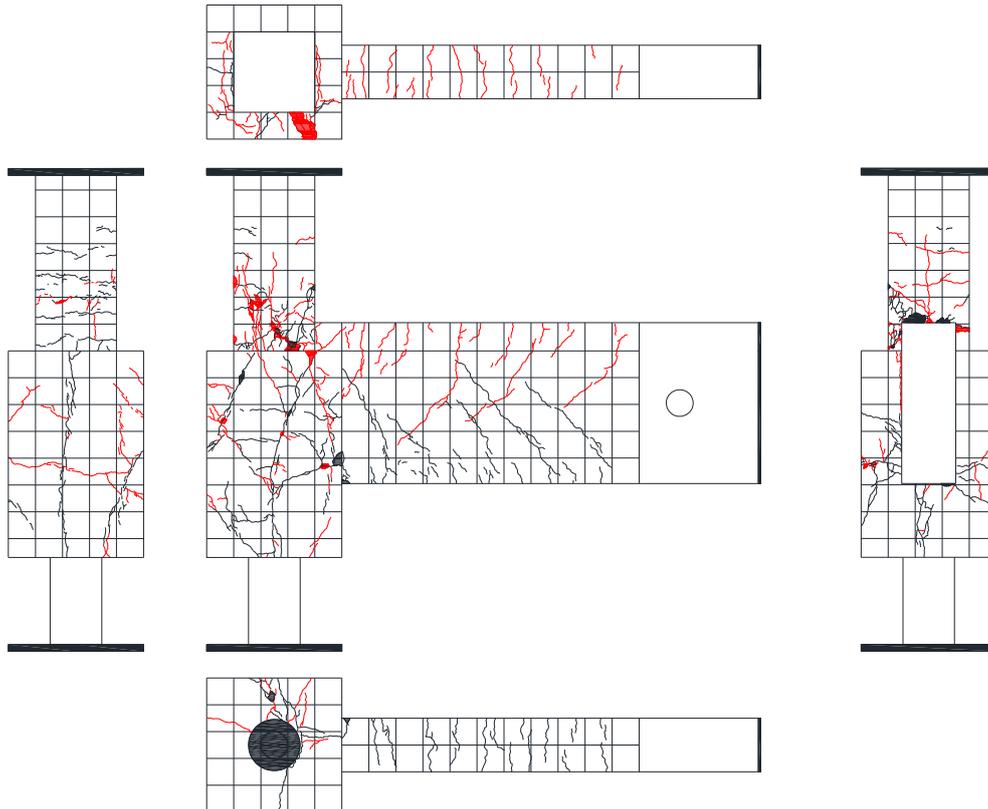


Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+9	51.1	3.015
-9	-55.8	3.005

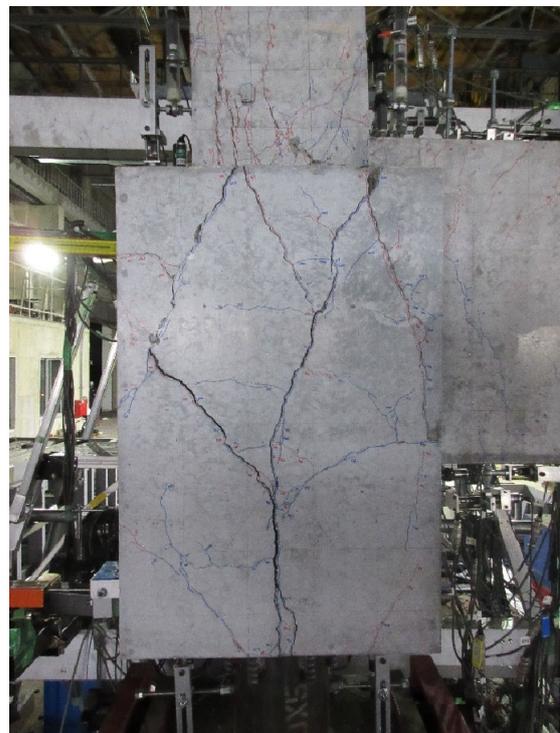
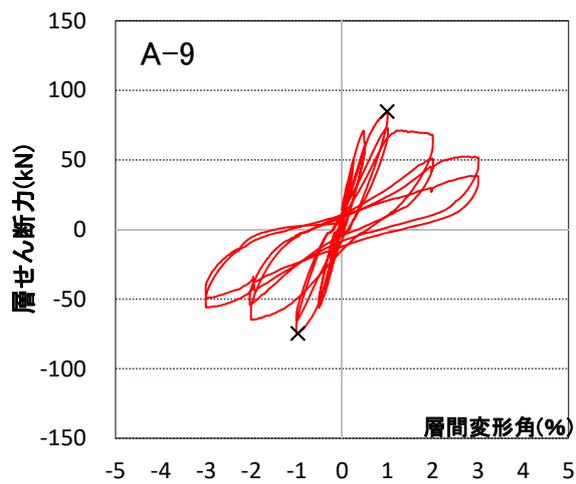


写真・図 2.1.3-45 試験体 A-9 ひび割れ状況 (9Cycle)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

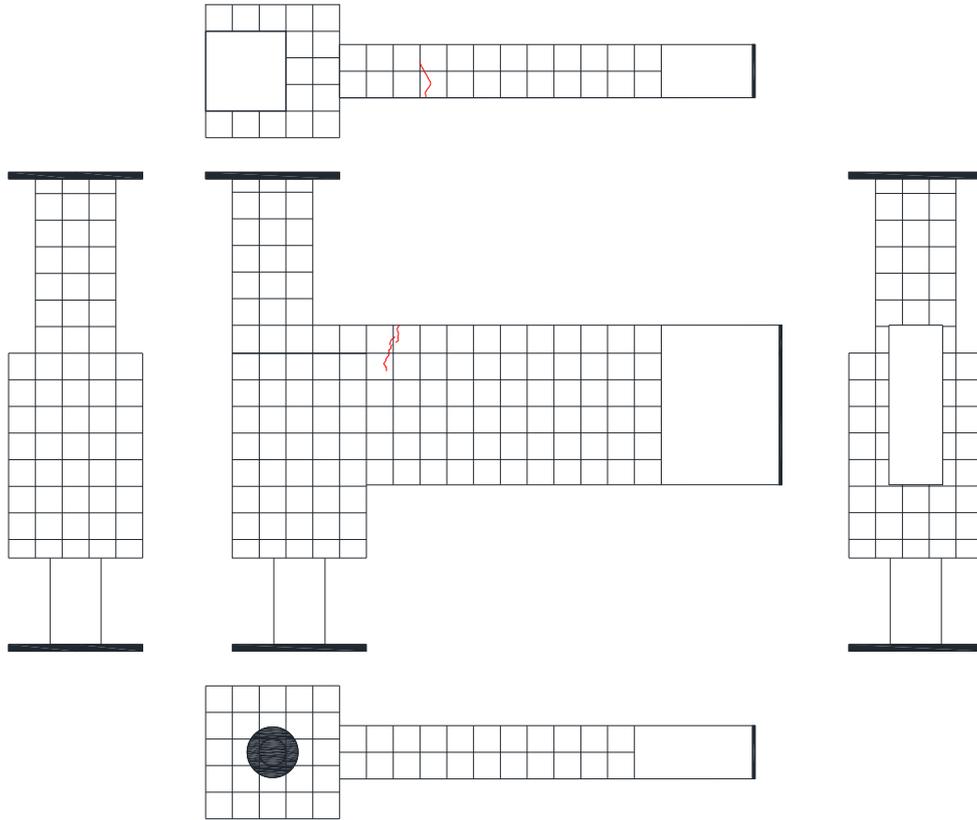


Cycle	A-9	
	Q(kN)	R(%)
+10	37.9	3.008
-10	-47.8	-3.005

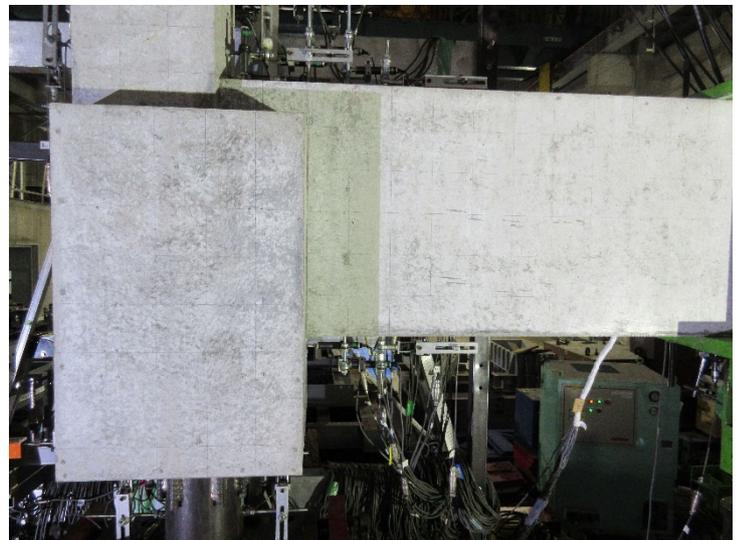
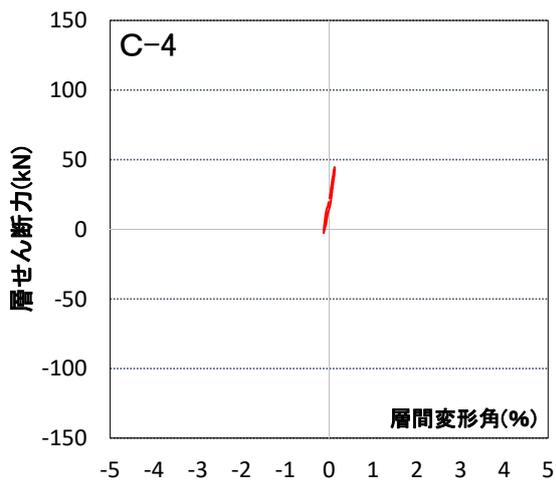


写真・図 2.1.3-46 試験体 A-9 ひび割れ状況 (10Cycle)

5) 試験体 C-4

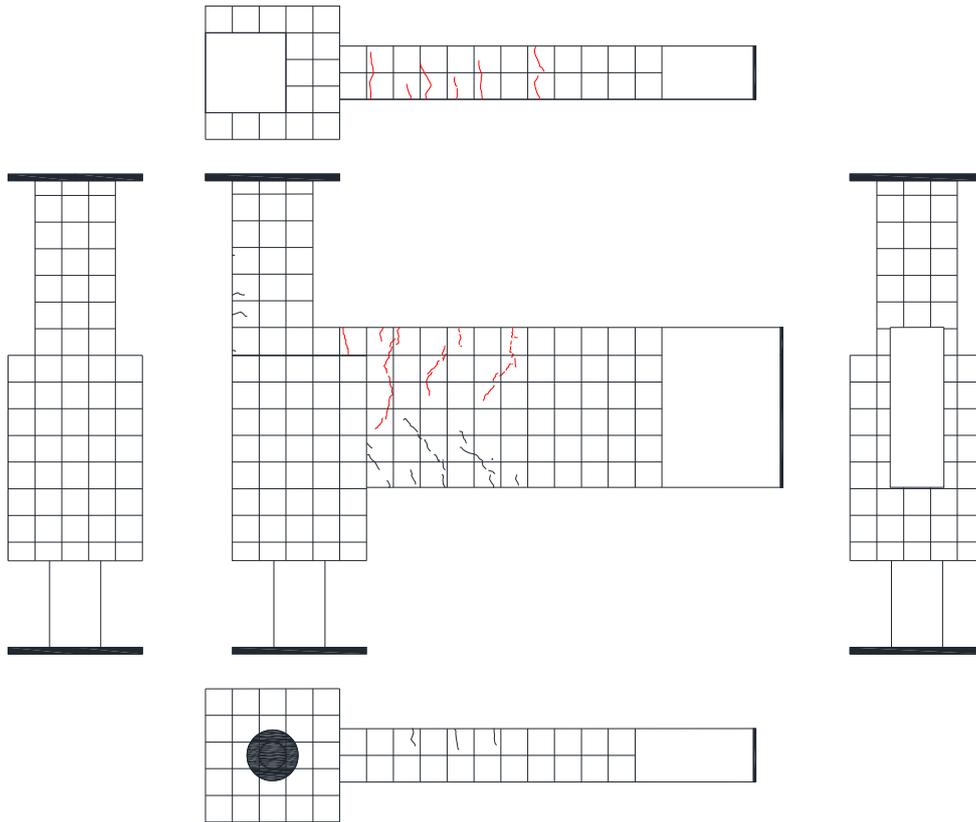


Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+1	44.7	0.125
-1	-2.3	-0.124

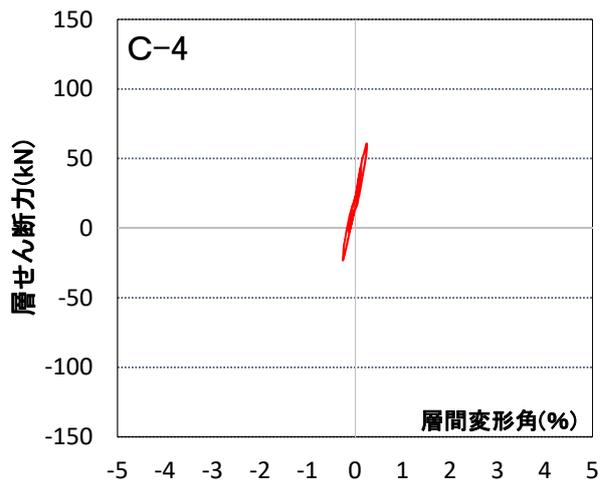


写真・図 2.1.3-47 試験体 C-4 ひび割れ状況 (1Cycle)

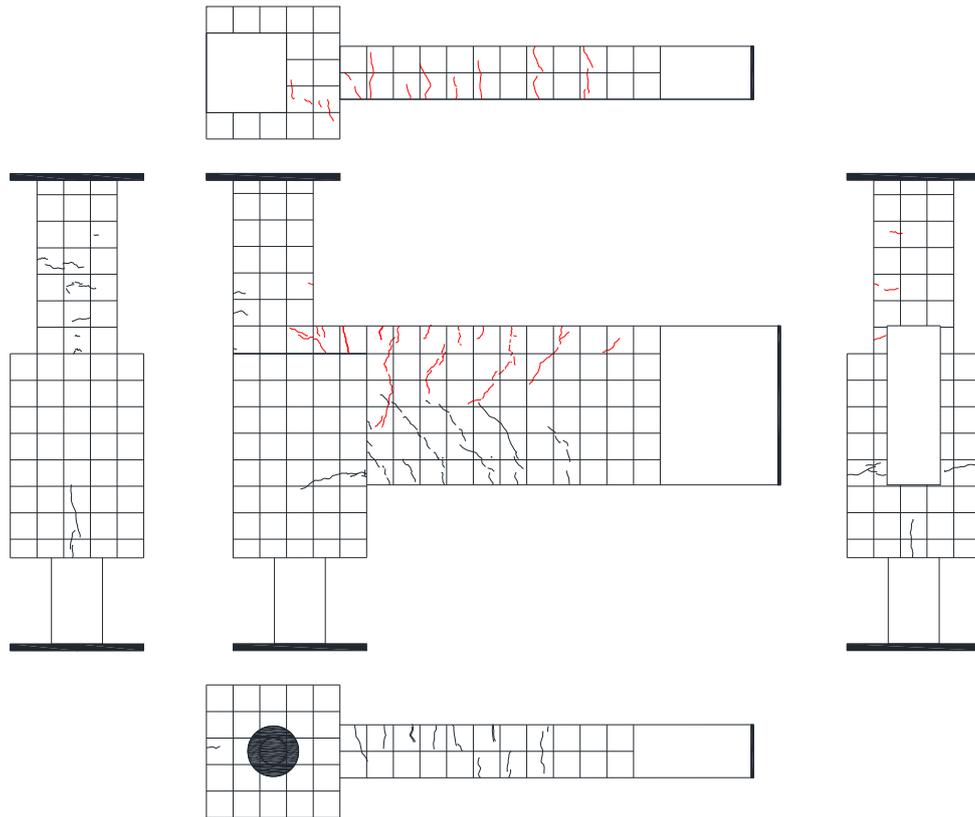
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



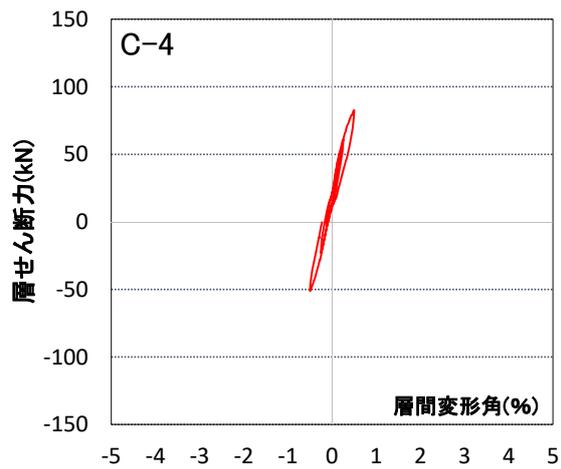
Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+2	60.7	0.251
-2	-22.8	-0.254



写真・図 2.1.3-48 試験体 C-4 ひび割れ状況 (20cycle)

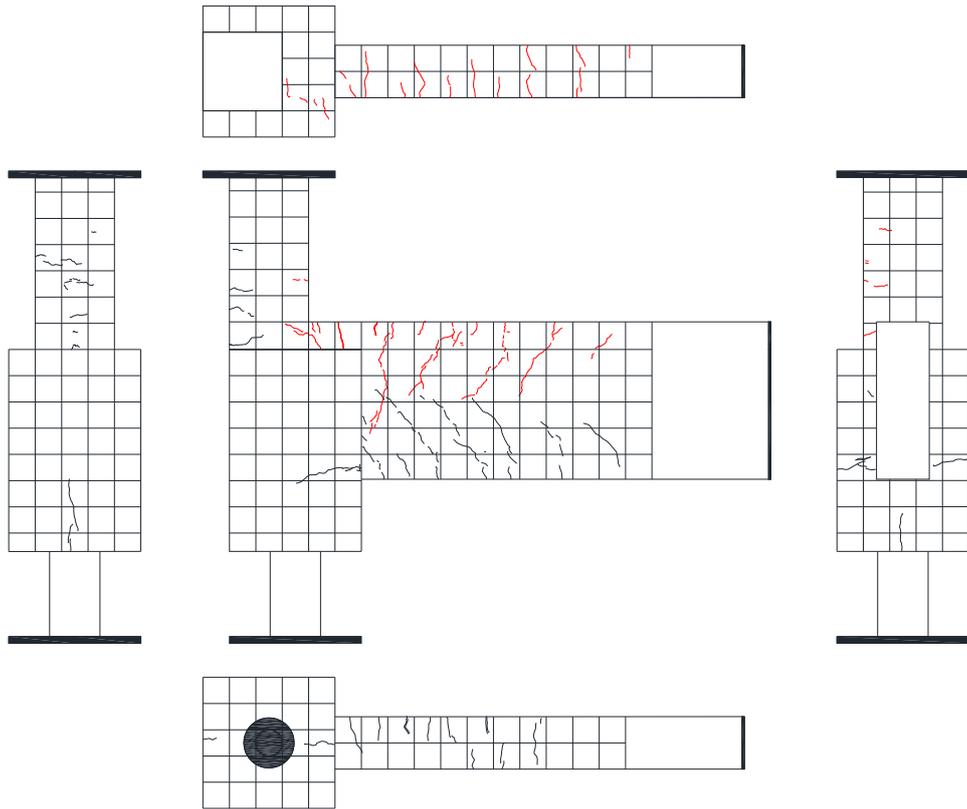


Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+3	82.5	0.501
-3	-50.9	-0.501

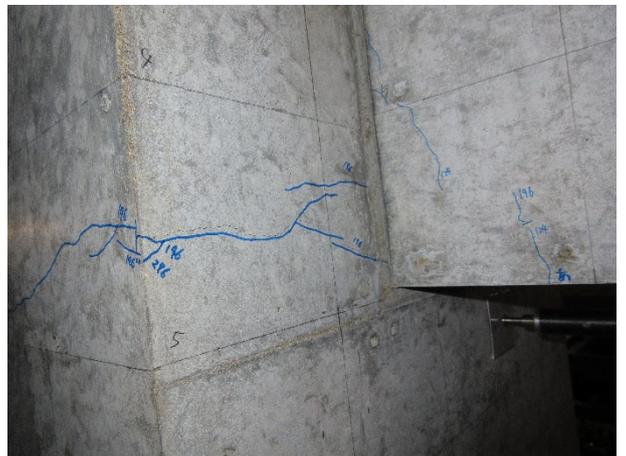
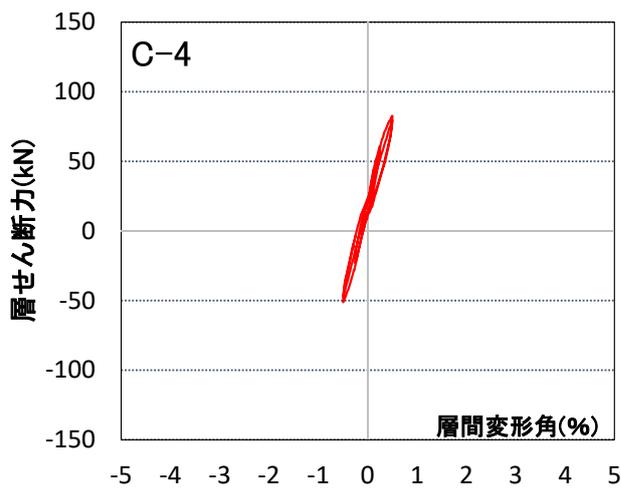


写真・図 2.1.3-49 試験体 C-4 ひび割れ状況 (30cycle)

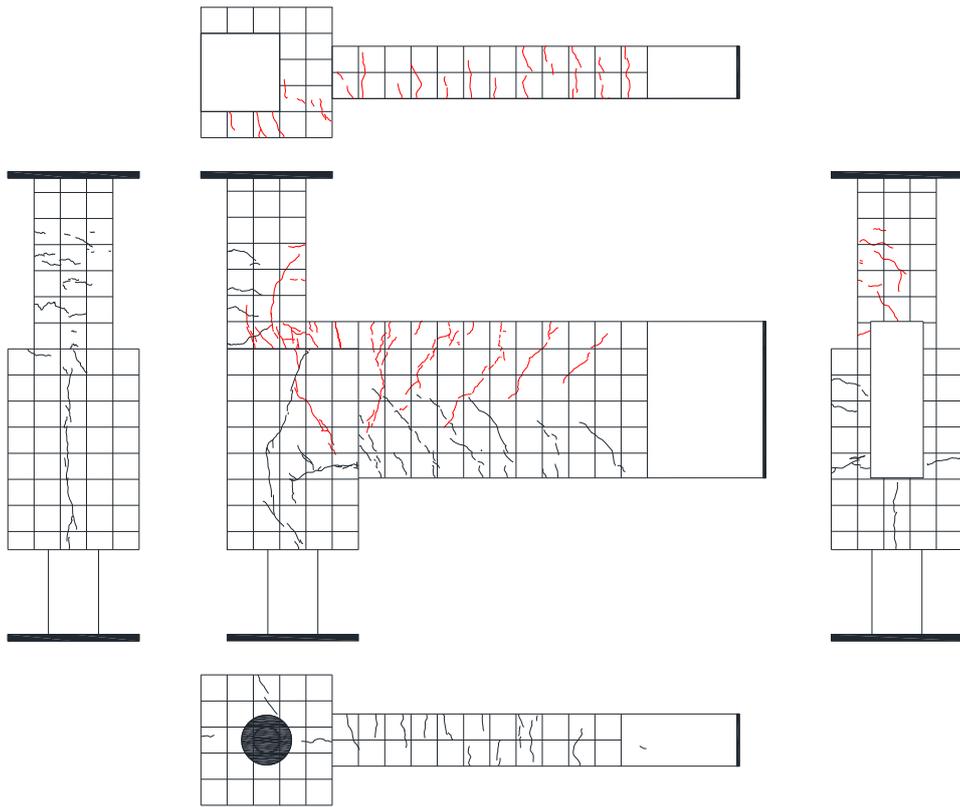
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



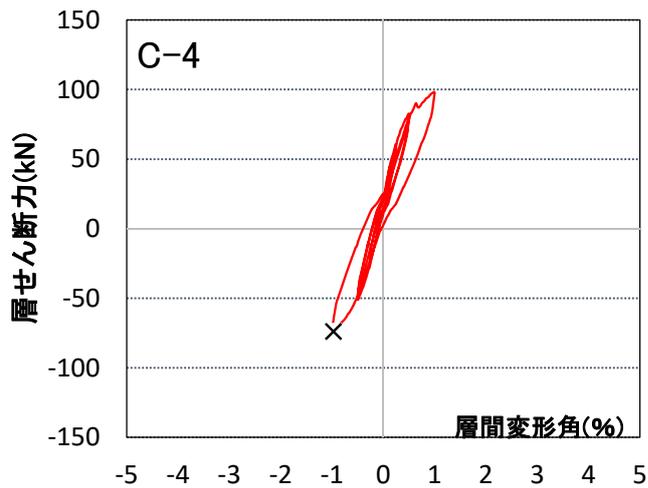
Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+4	79.4	0.501
-4	-47.4	-0.499



写真・図 2.1.3-50 試験体 C-4 ひび割れ状況 (4Cycle)

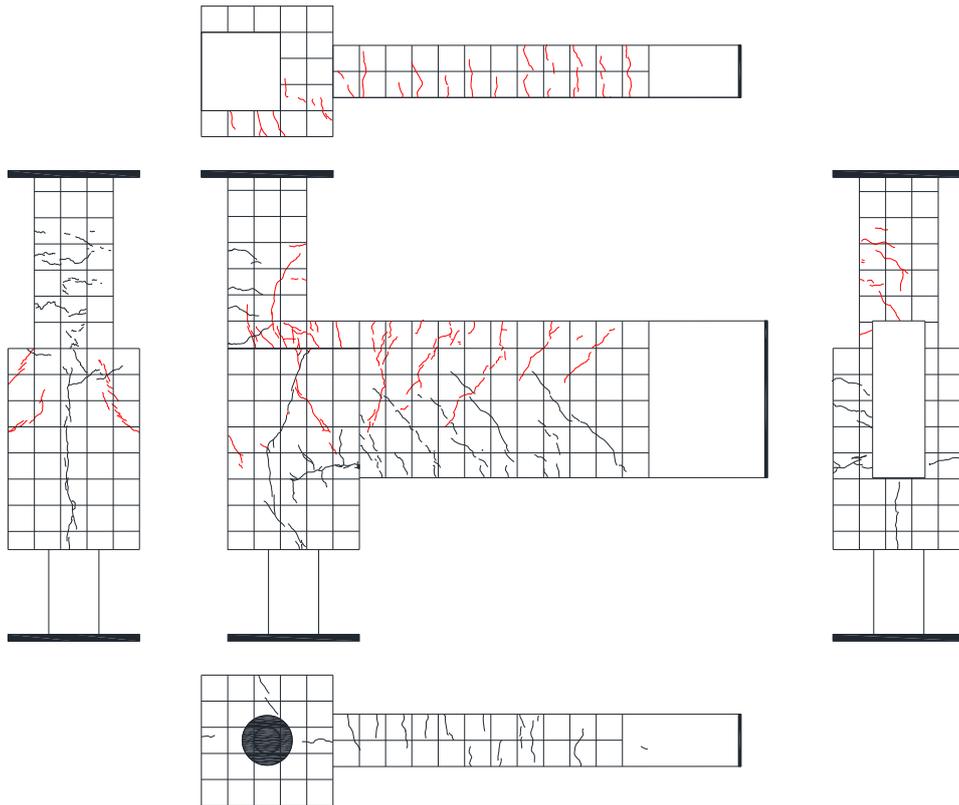


Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+5	97.6	1.000
-5	-73.1	-1.000

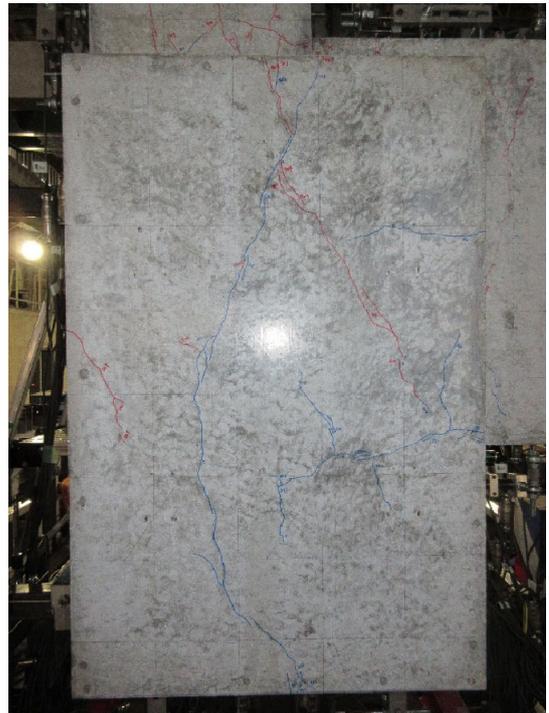
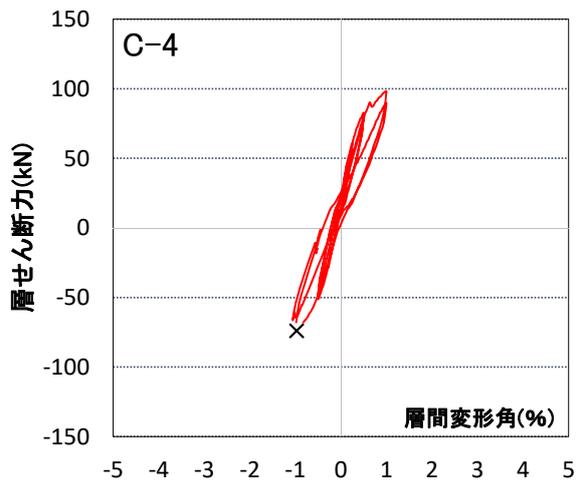


写真・図 2.1.3-51 試験体 C-4 ひび割れ状況 (5Cycle)

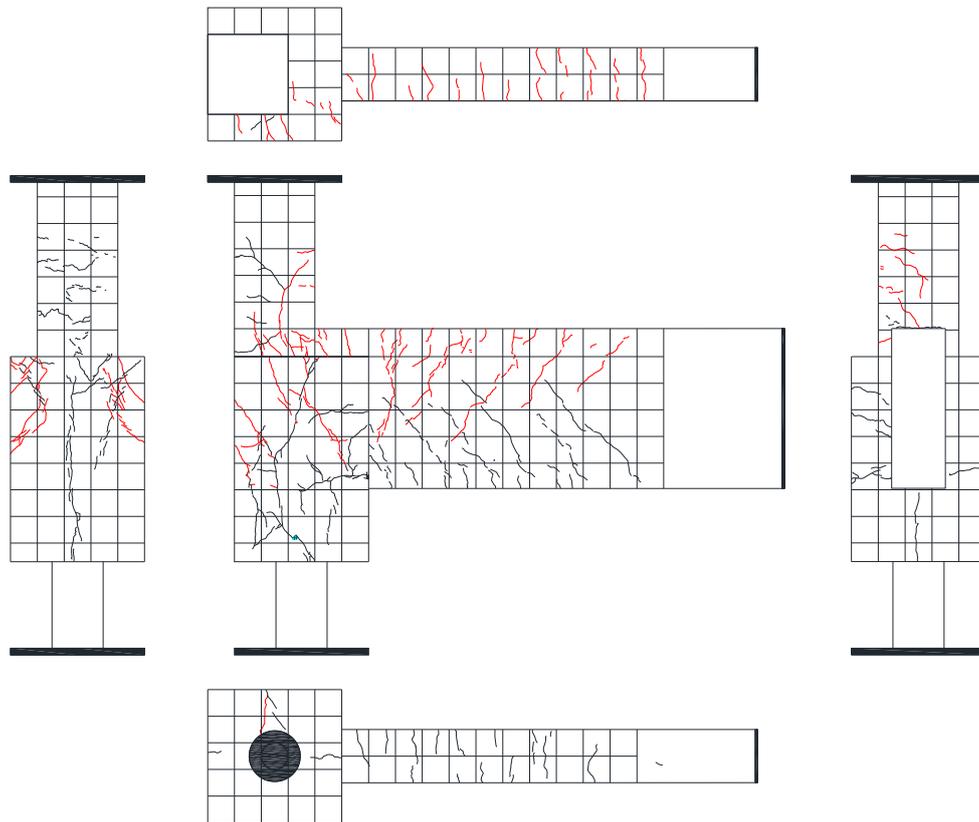
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



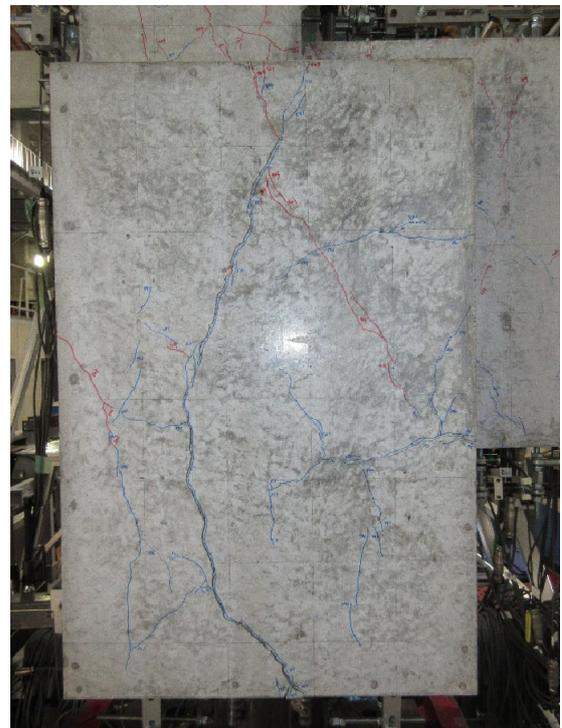
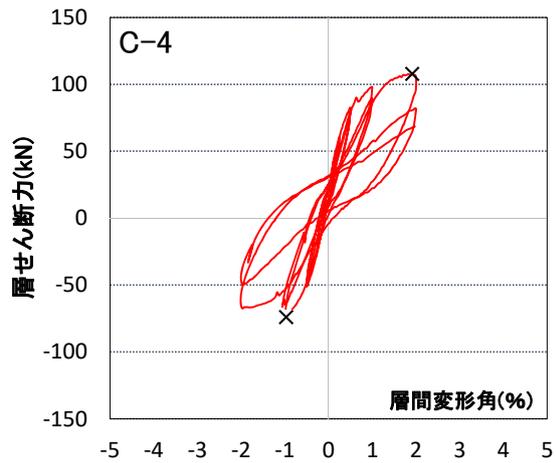
Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+6	89.2	1.000
-6	-64.3	-1.002



写真・図 2.1.3-52 試験体 C-4 ひび割れ状況 (6Cycle)

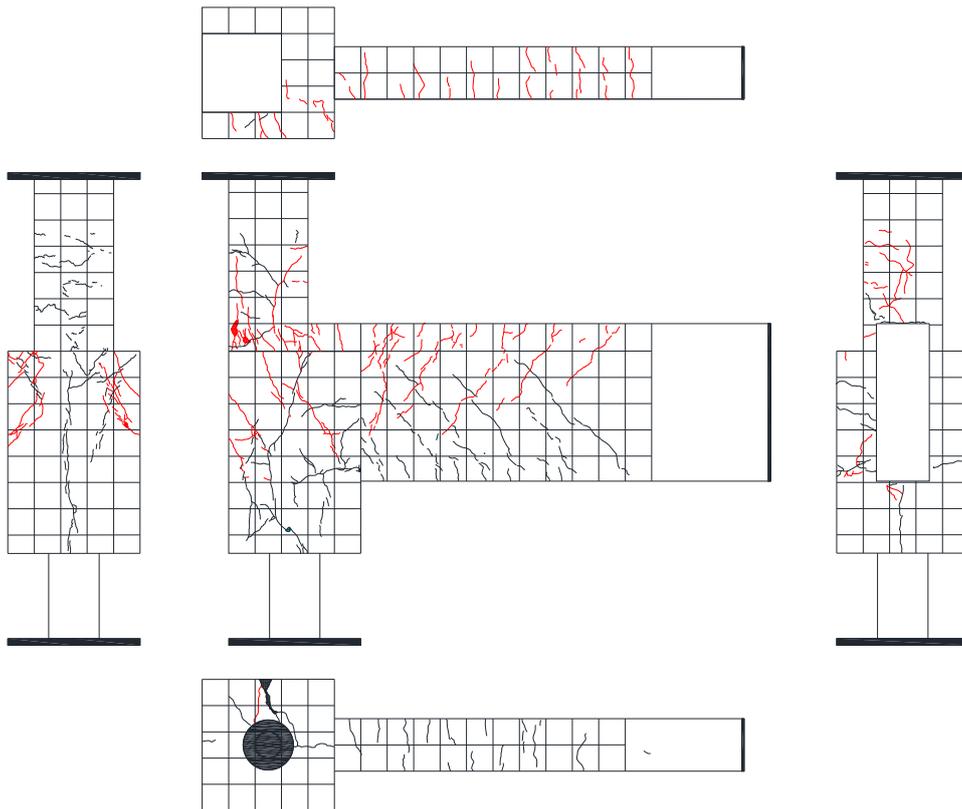


Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+7	104.7	2.002
-7	-65.5	-2.001

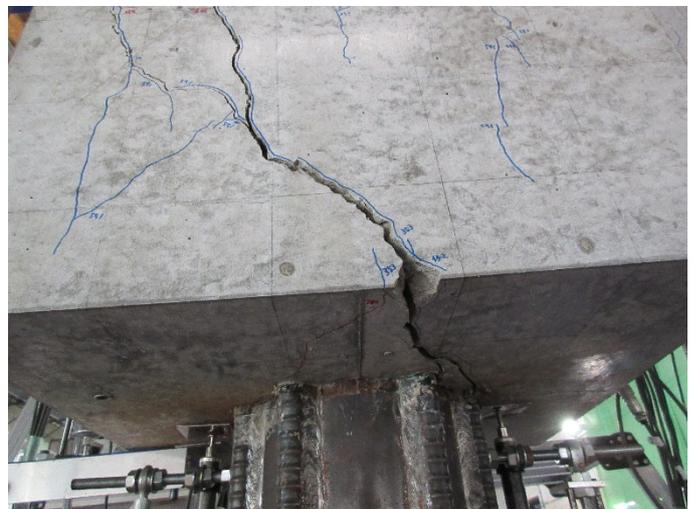
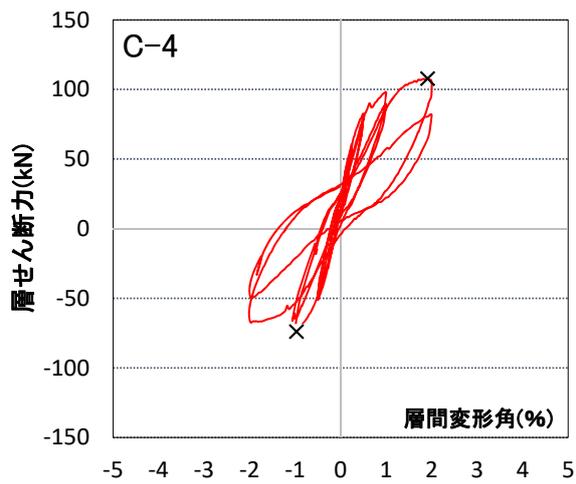


写真・図 2.1.3-53 試験体 C-4 ひび割れ状況 (7Cycle)

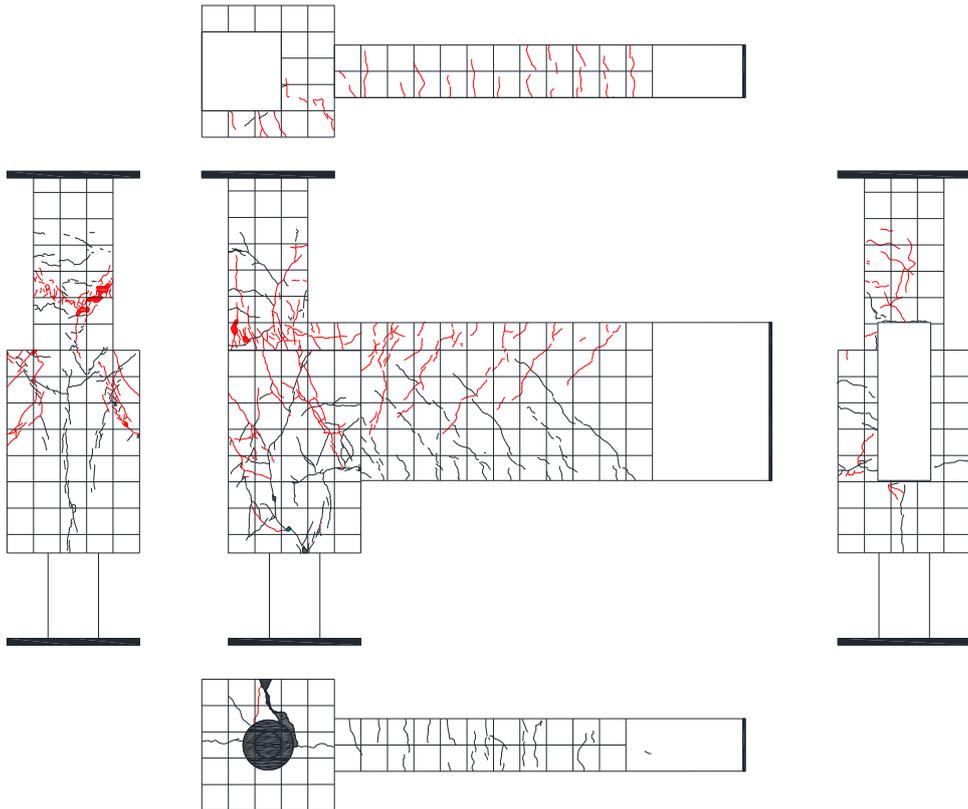
第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



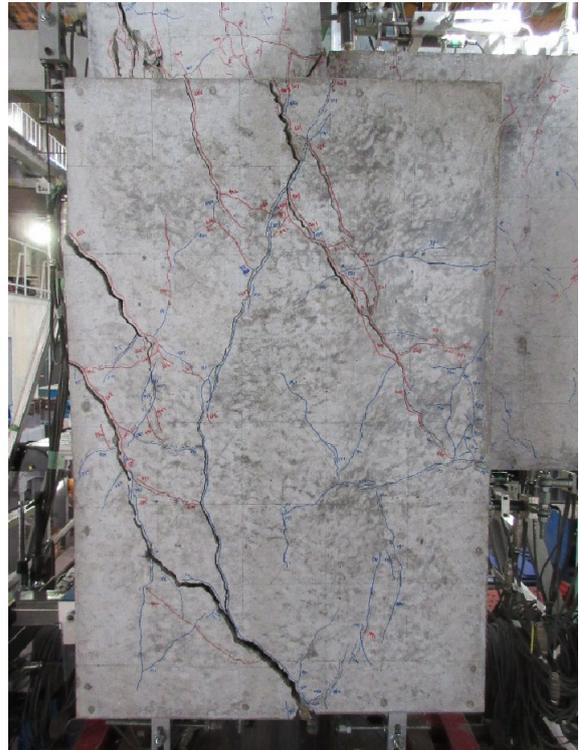
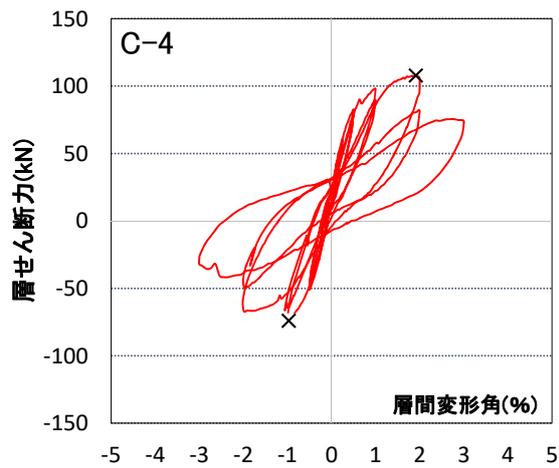
Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+8	80.6	2.000
-8	-50.0	-1.971



写真・図 2.1.3-54 試験体 C-4 ひび割れ状況 (8Cycle)



Cycle	C-4	
	Q(kN)	R(%)
+9	73.9	3.003
-9	-31.9	-3.000



写真・図 2.1.3-55 試験体 C-4 ひび割れ状況 (9Cycle)

(3) 層間変形角と計測した変形の関係

図 2.1.3-56～図 2.1.3-117 に各試験体の層間変形角と設置した変位計の変形の関係を示す。

1) 試験体 A-7a

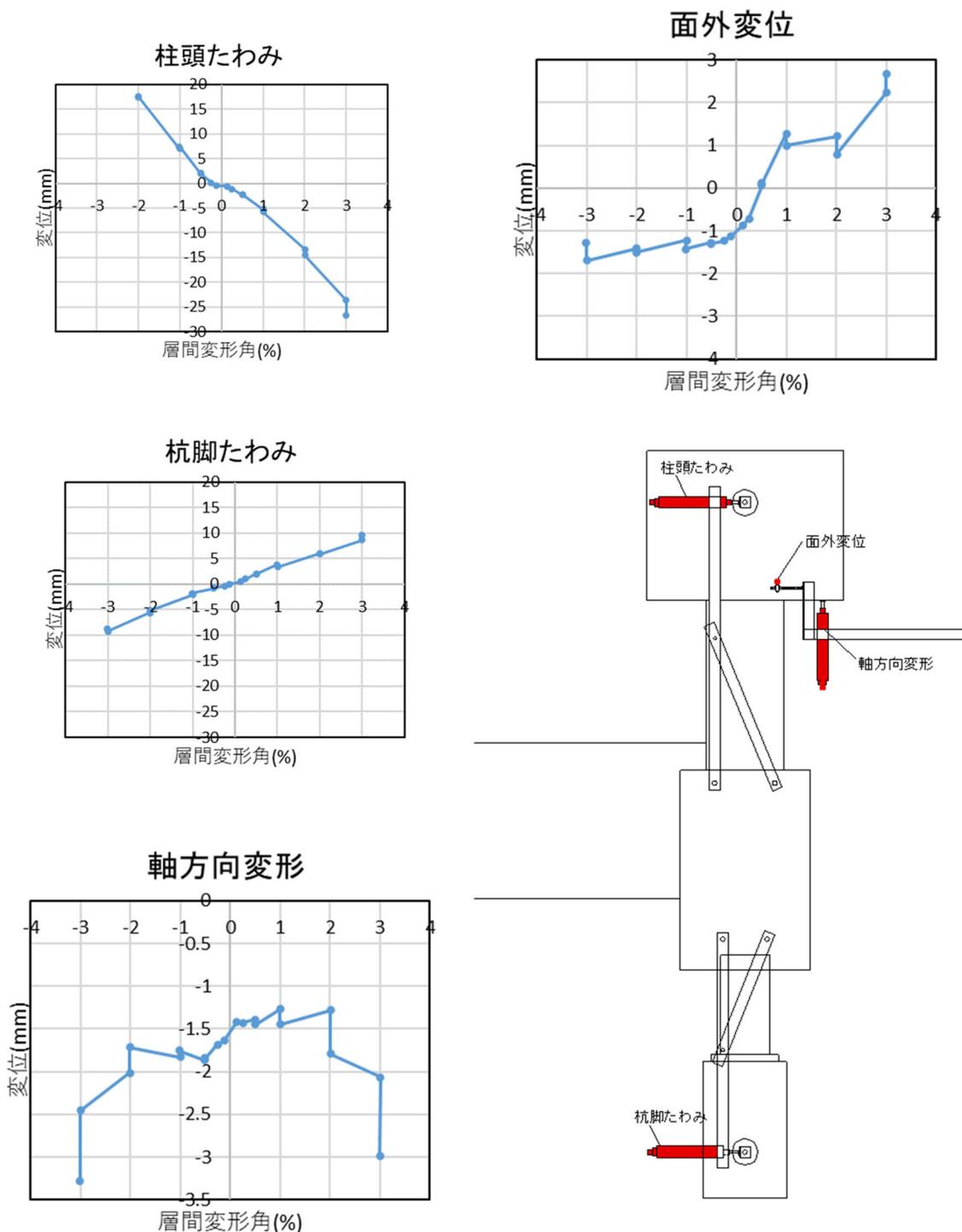


図 2.1.3-56 試験体 A-7a 部材変位 層間変形角-変形関係 1

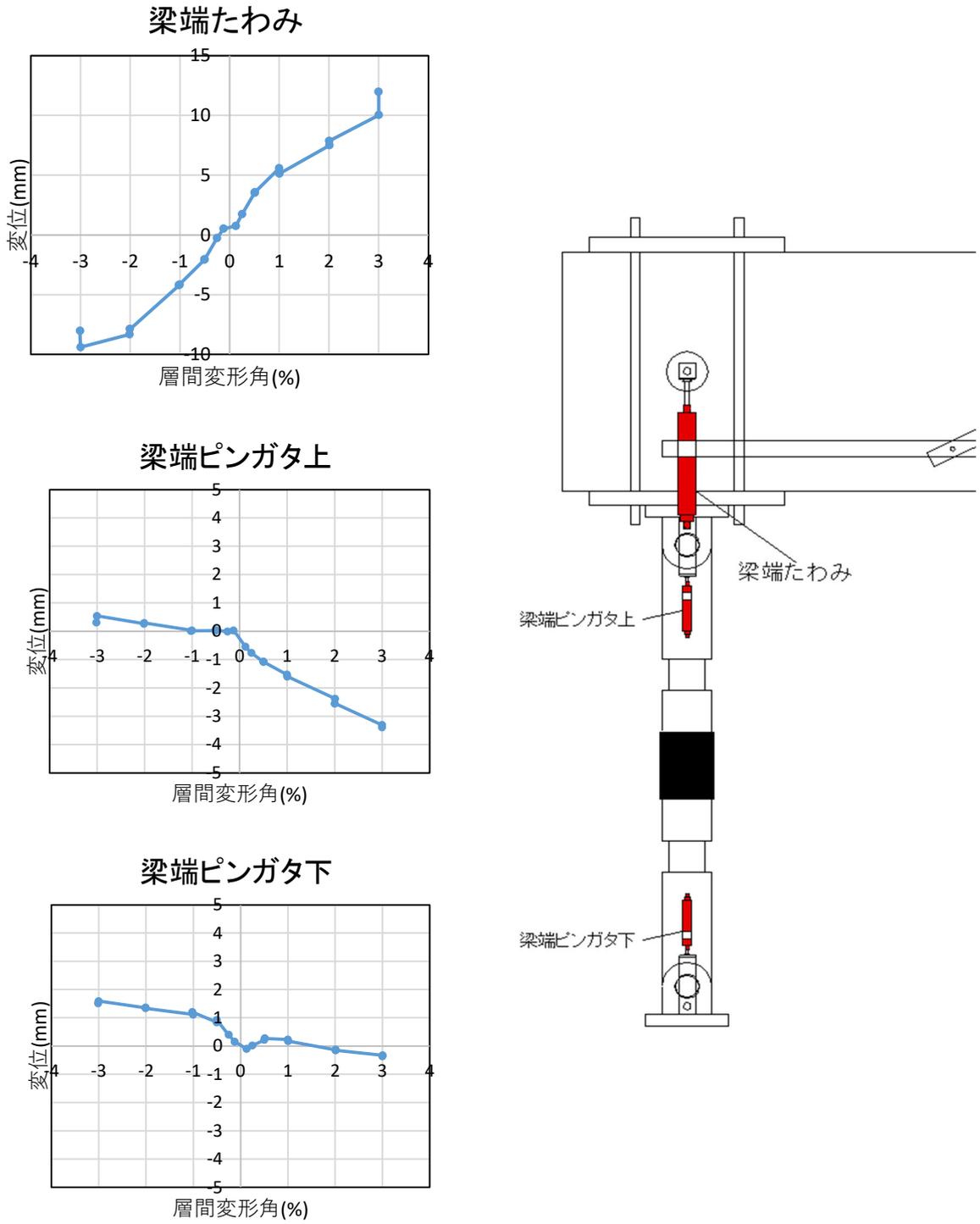


図 2. 1. 3-57 試験体 A-7a 部材変位 層間変形角-変形関係 2

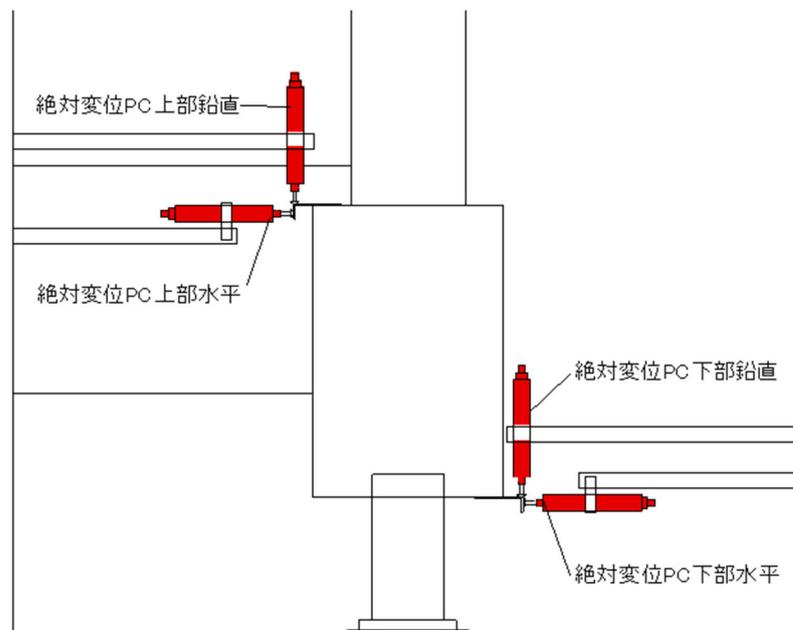
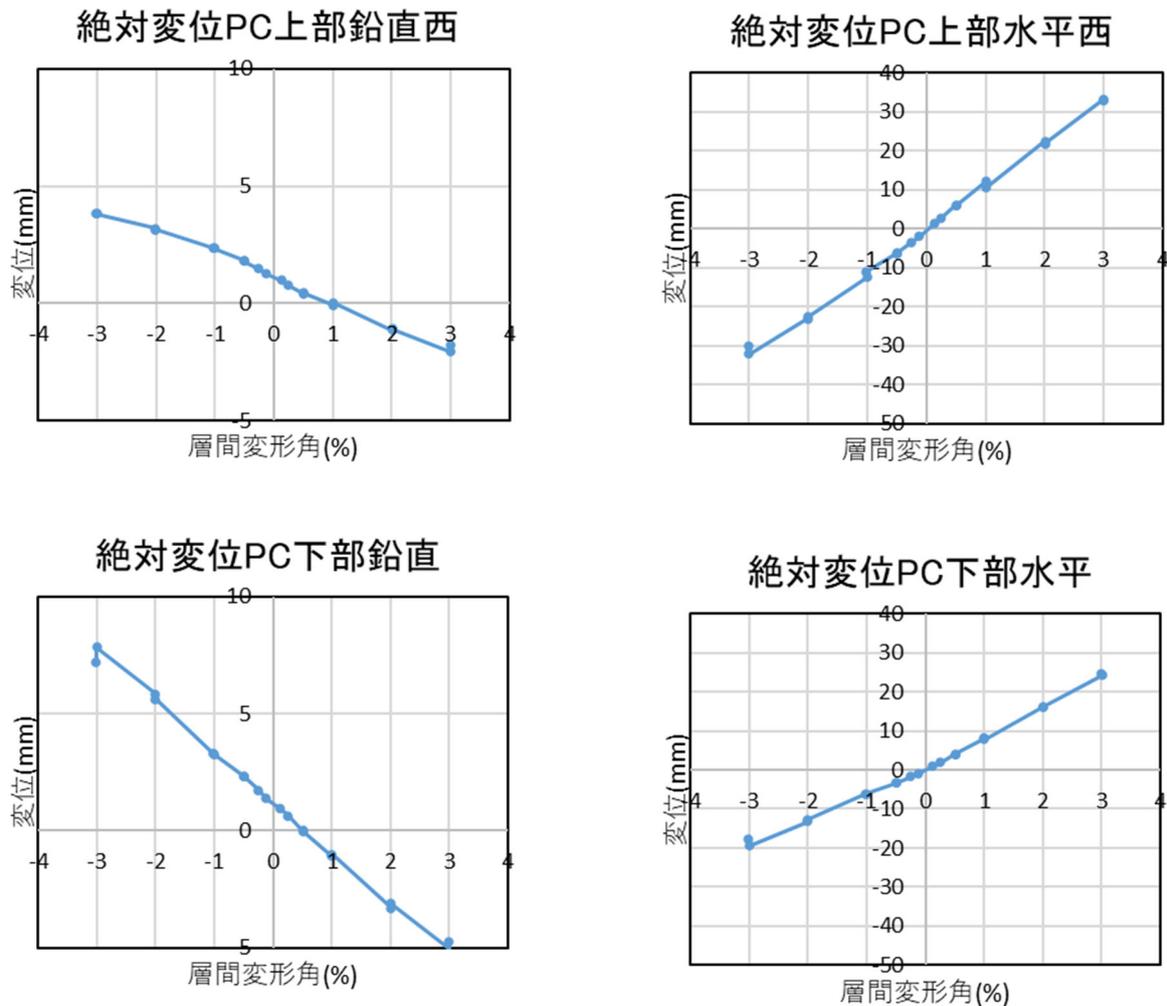


図 2.1.3-58 試験体 A-7a 部材絶対変位 層間変形角-変形関係

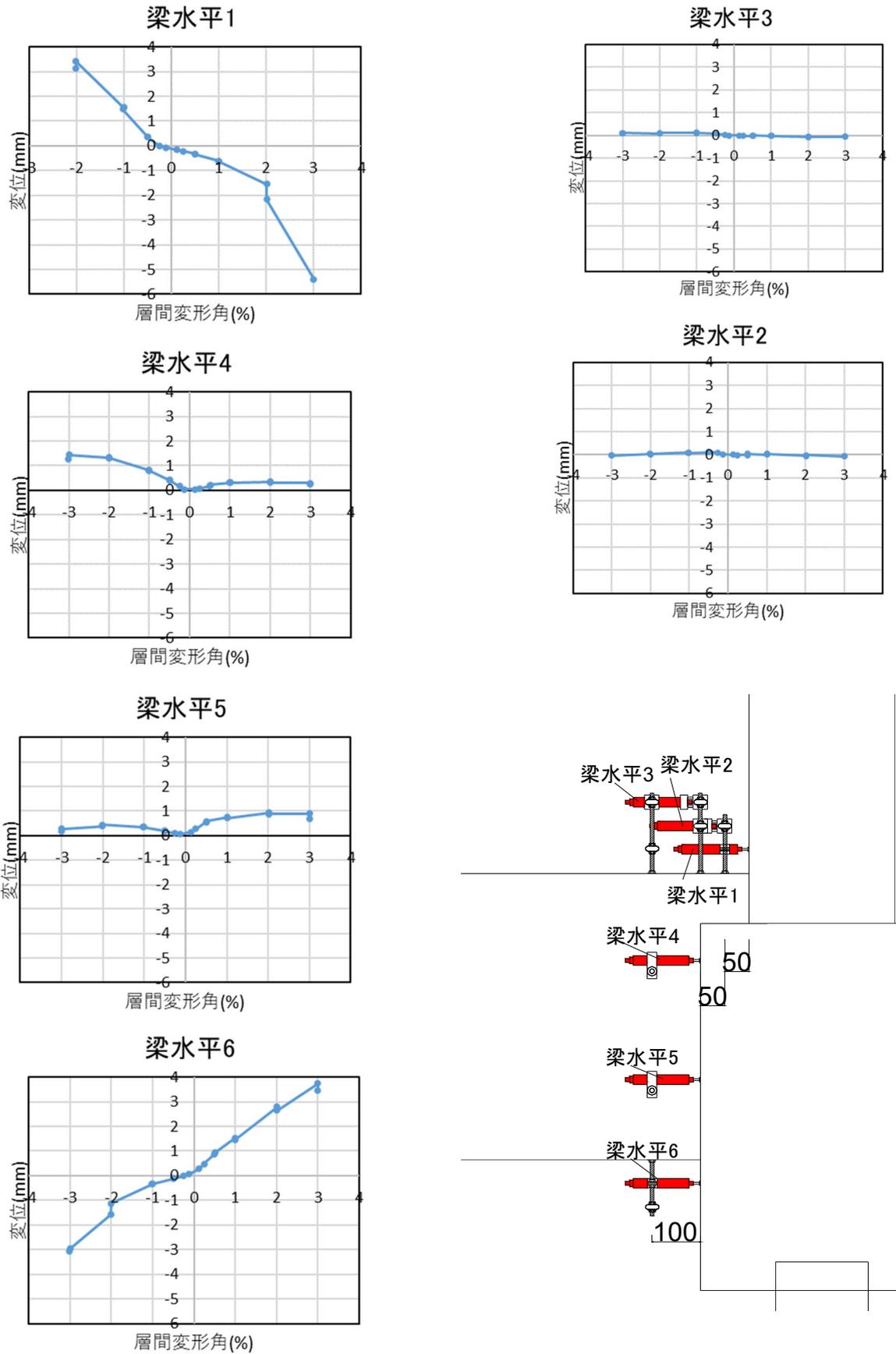


図 2.1.3-59 試験体 A-7a 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 1

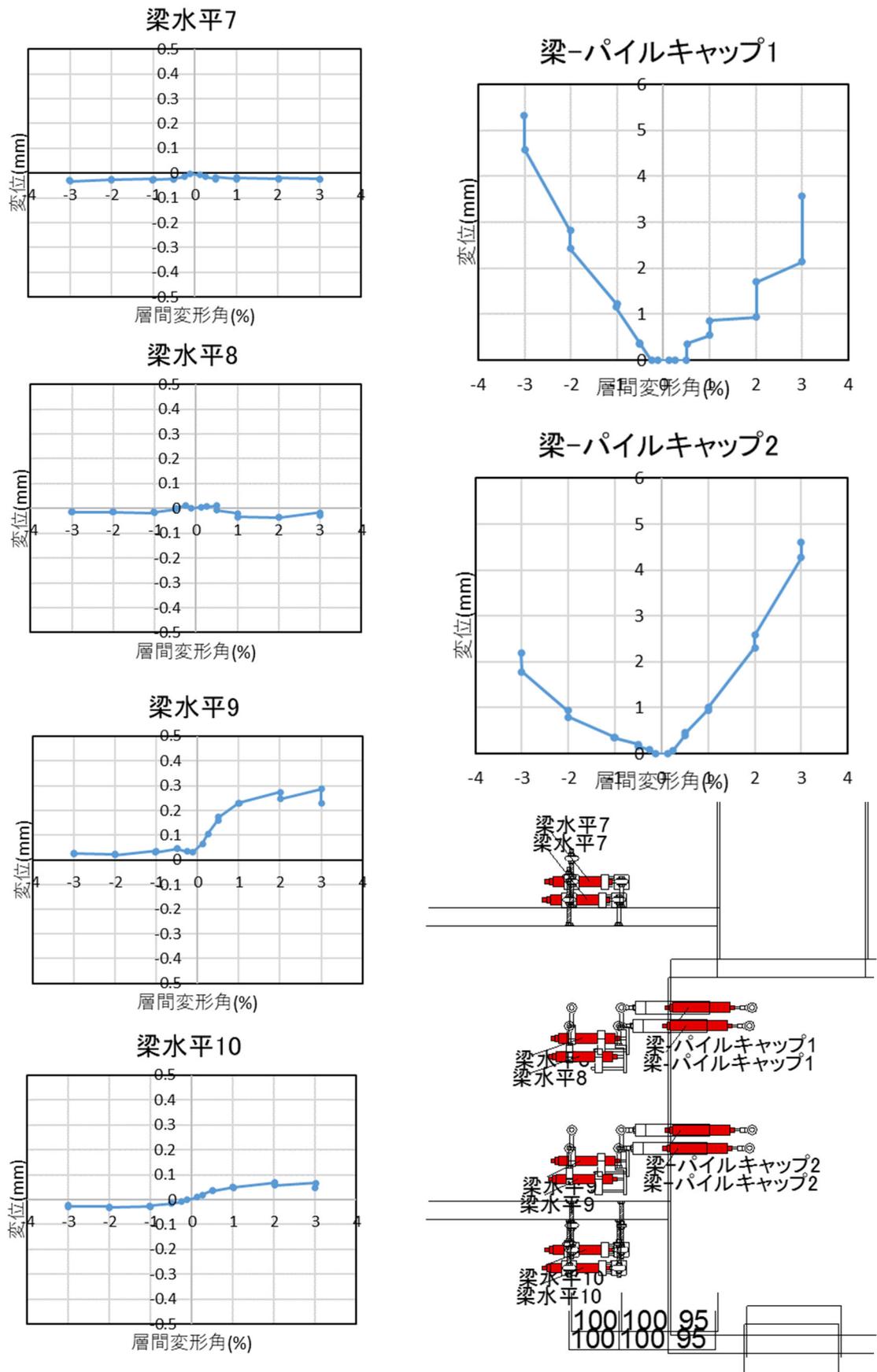


図 2.1.3-60 試験体 A-7a 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 2

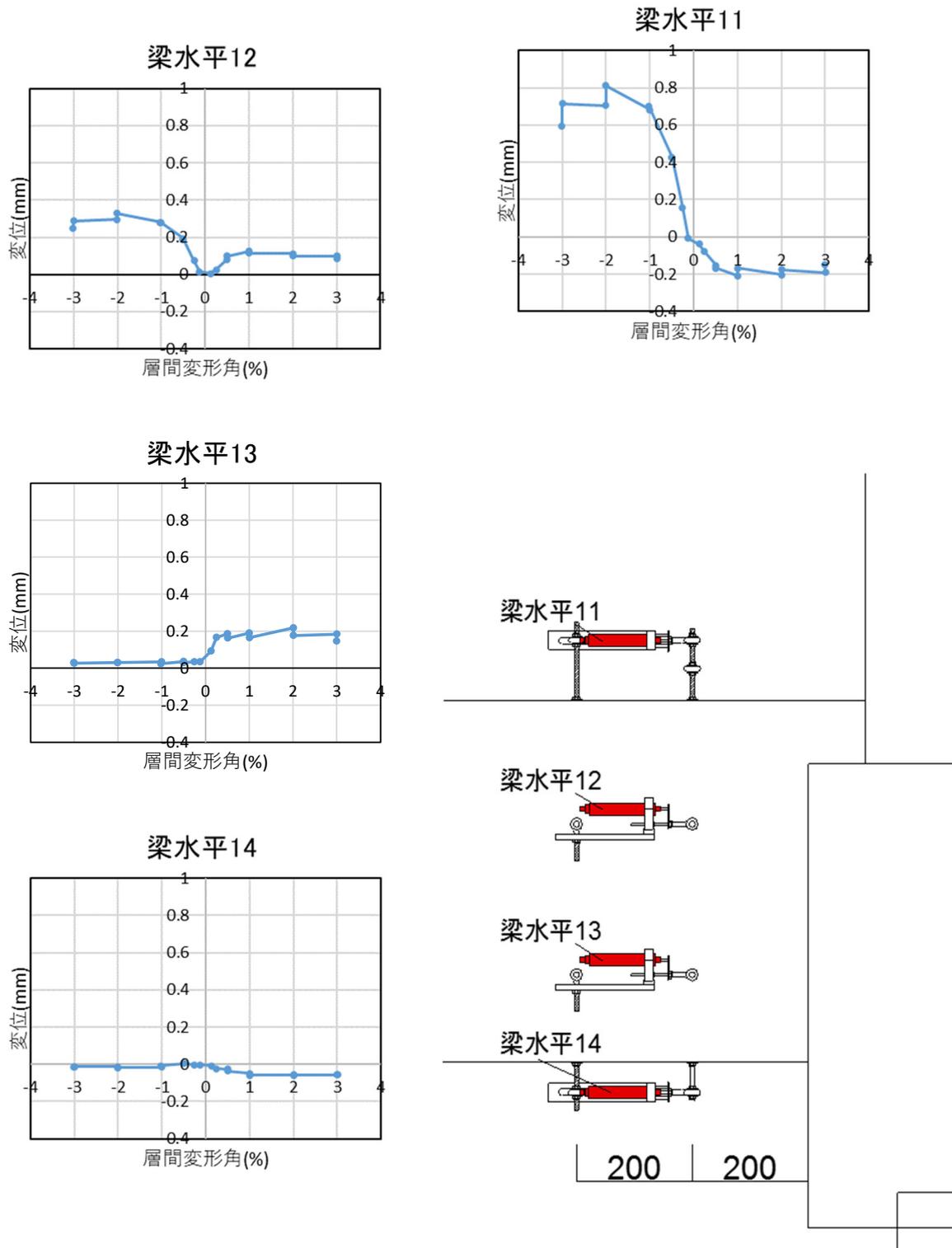


図 2.1.3-61 試験体 A-7a 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 3

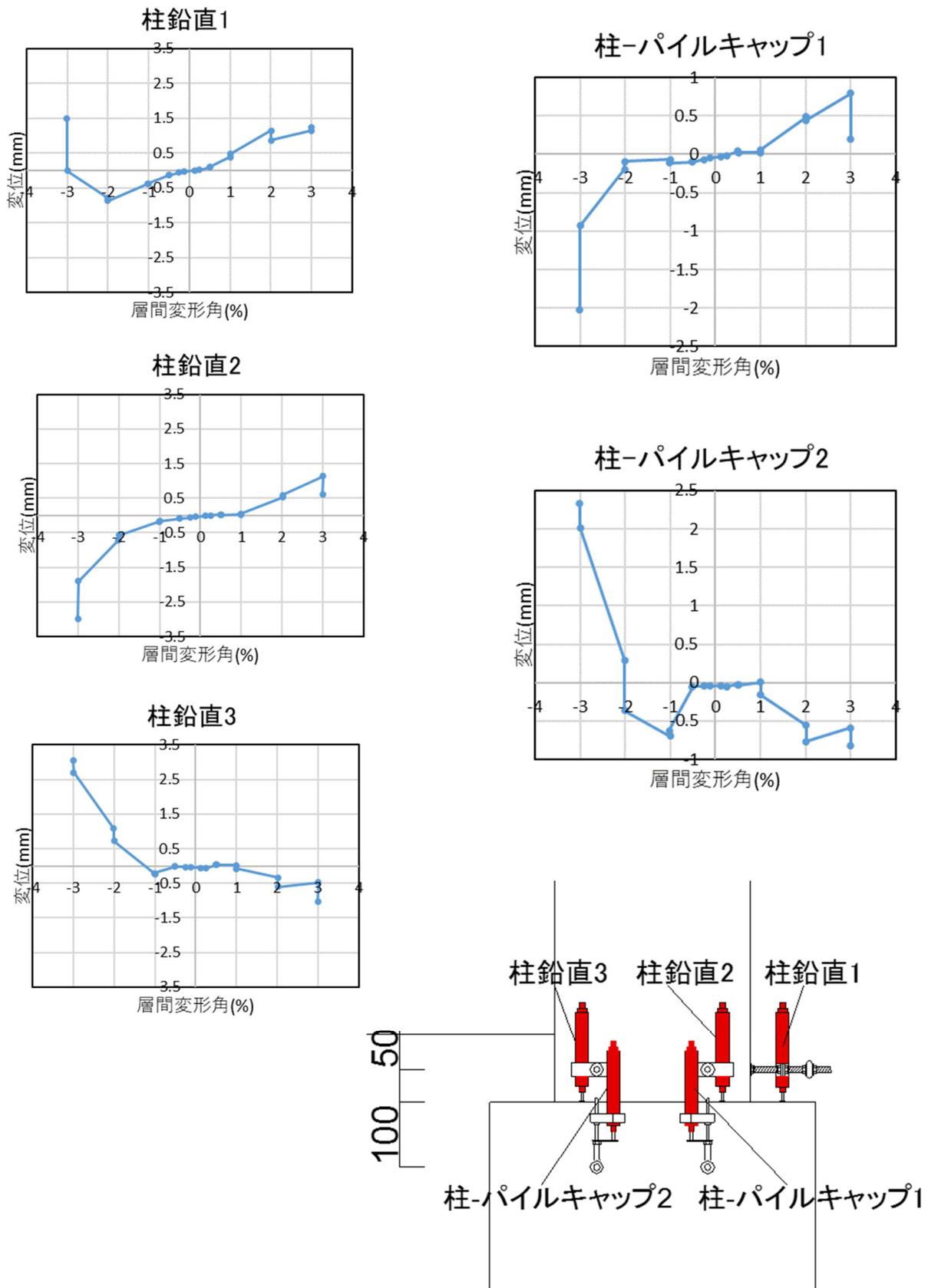
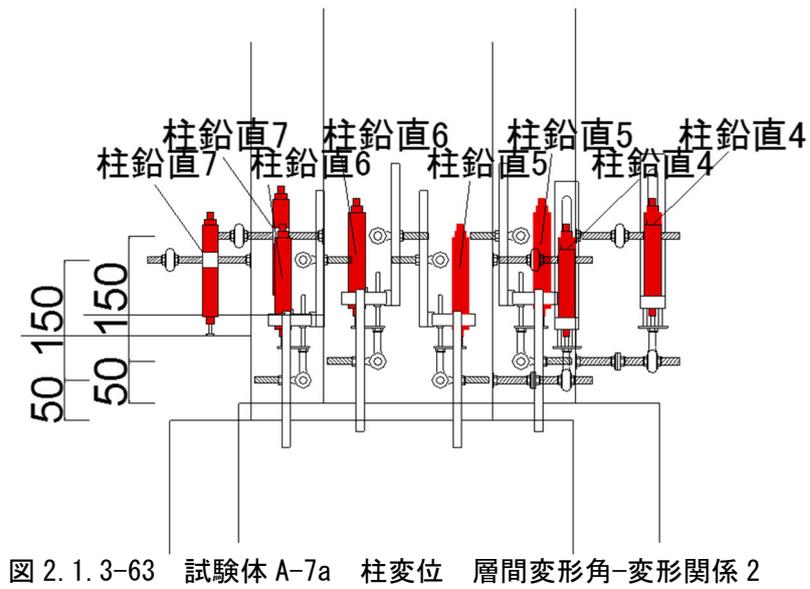
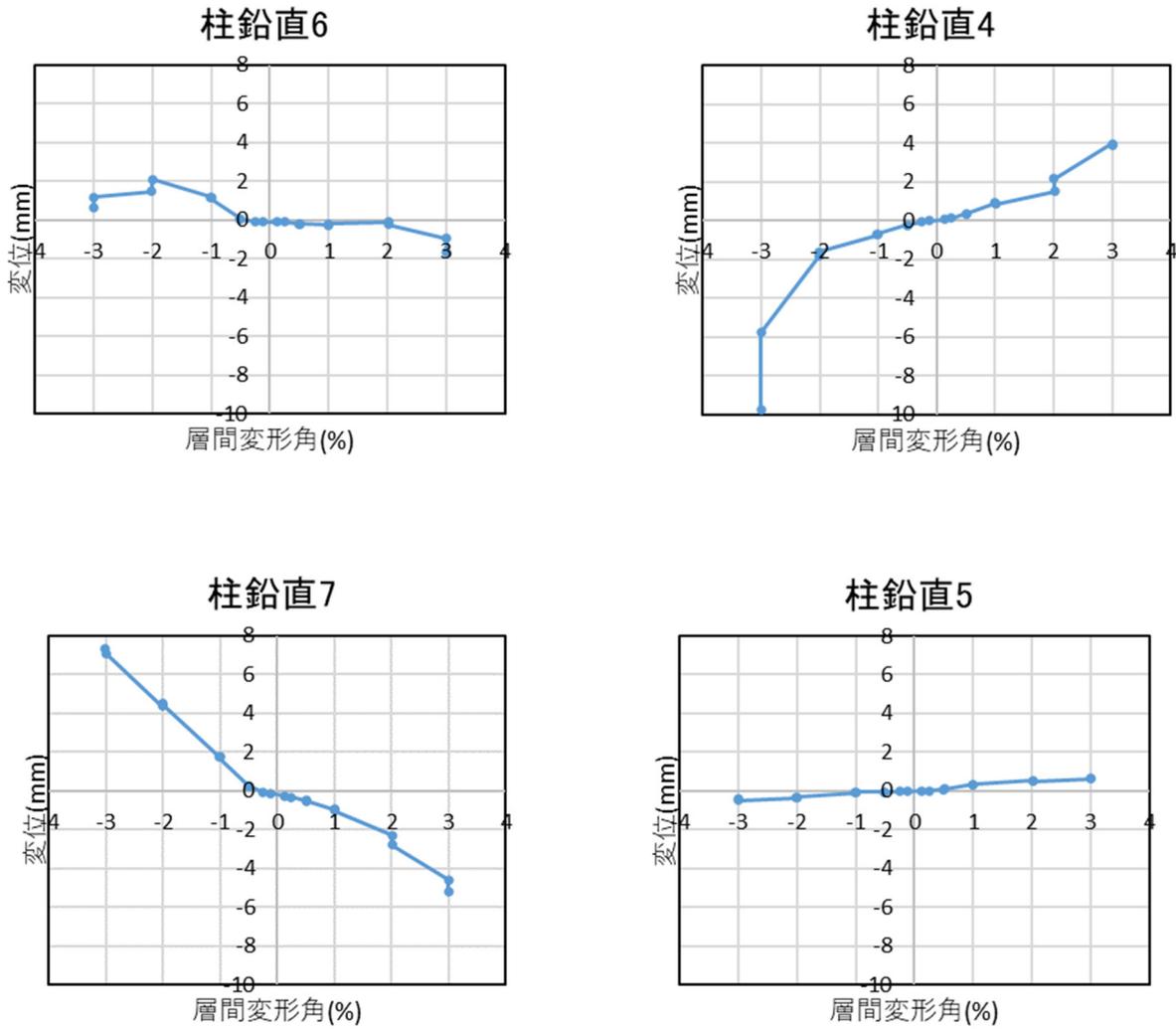


図 2.1.3-62 試験体 A-7a 柱変位 層間変形角-変形関係 1



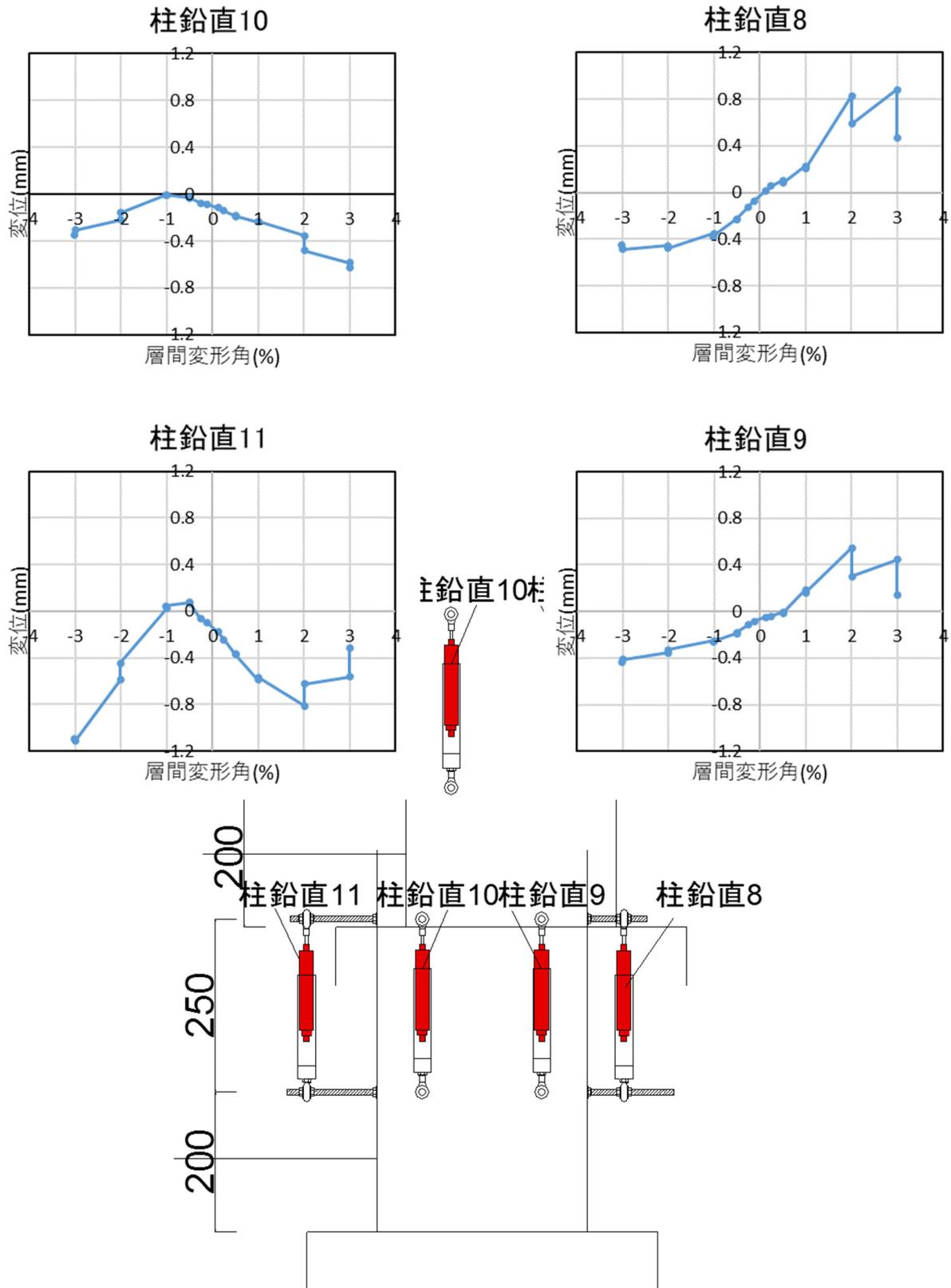


図 2.1.3-64 試験体 A-7a 柱変位 層間変形角-変形関係 3

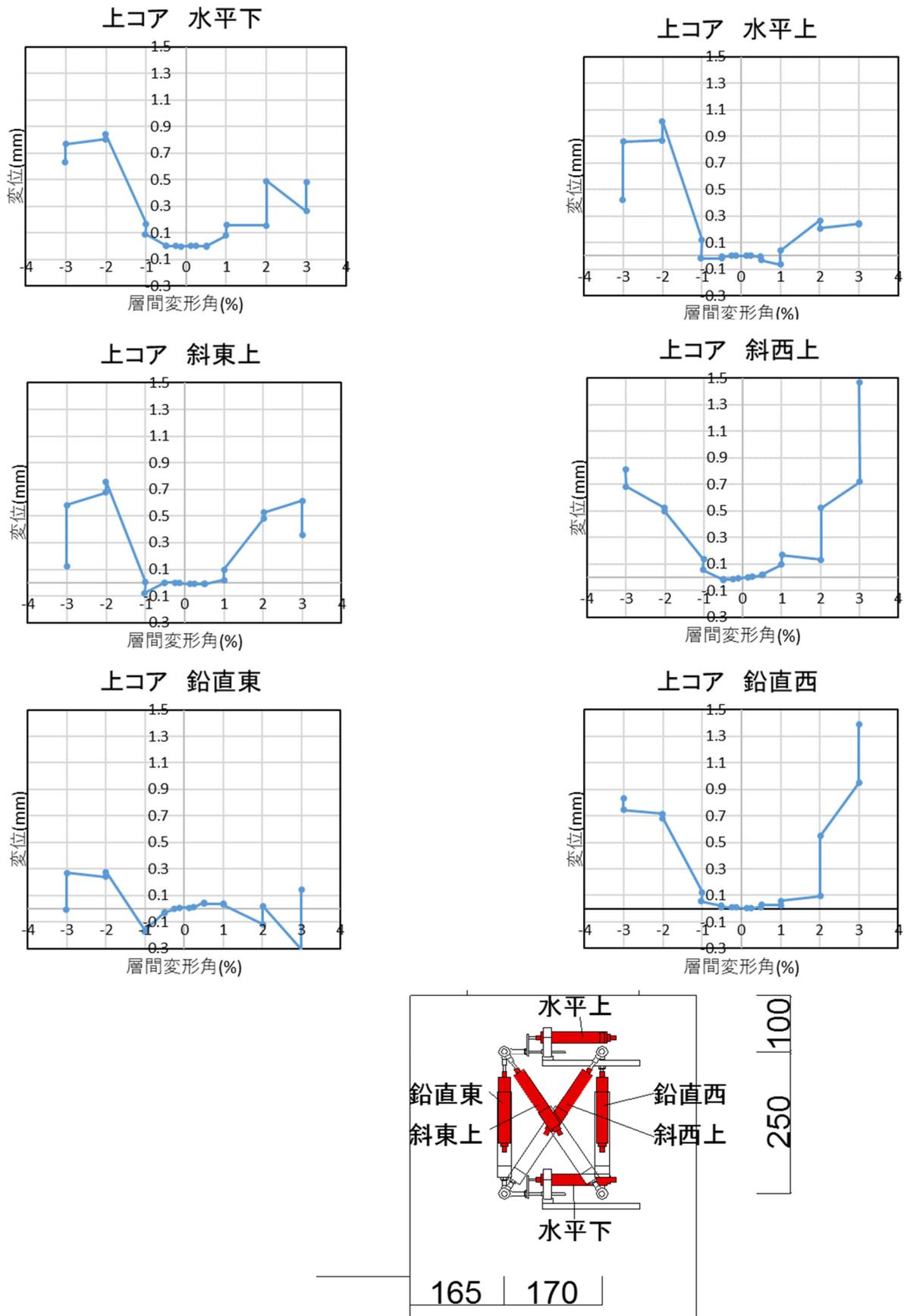


図 2.1.3-65 試験体 A-7a パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 1

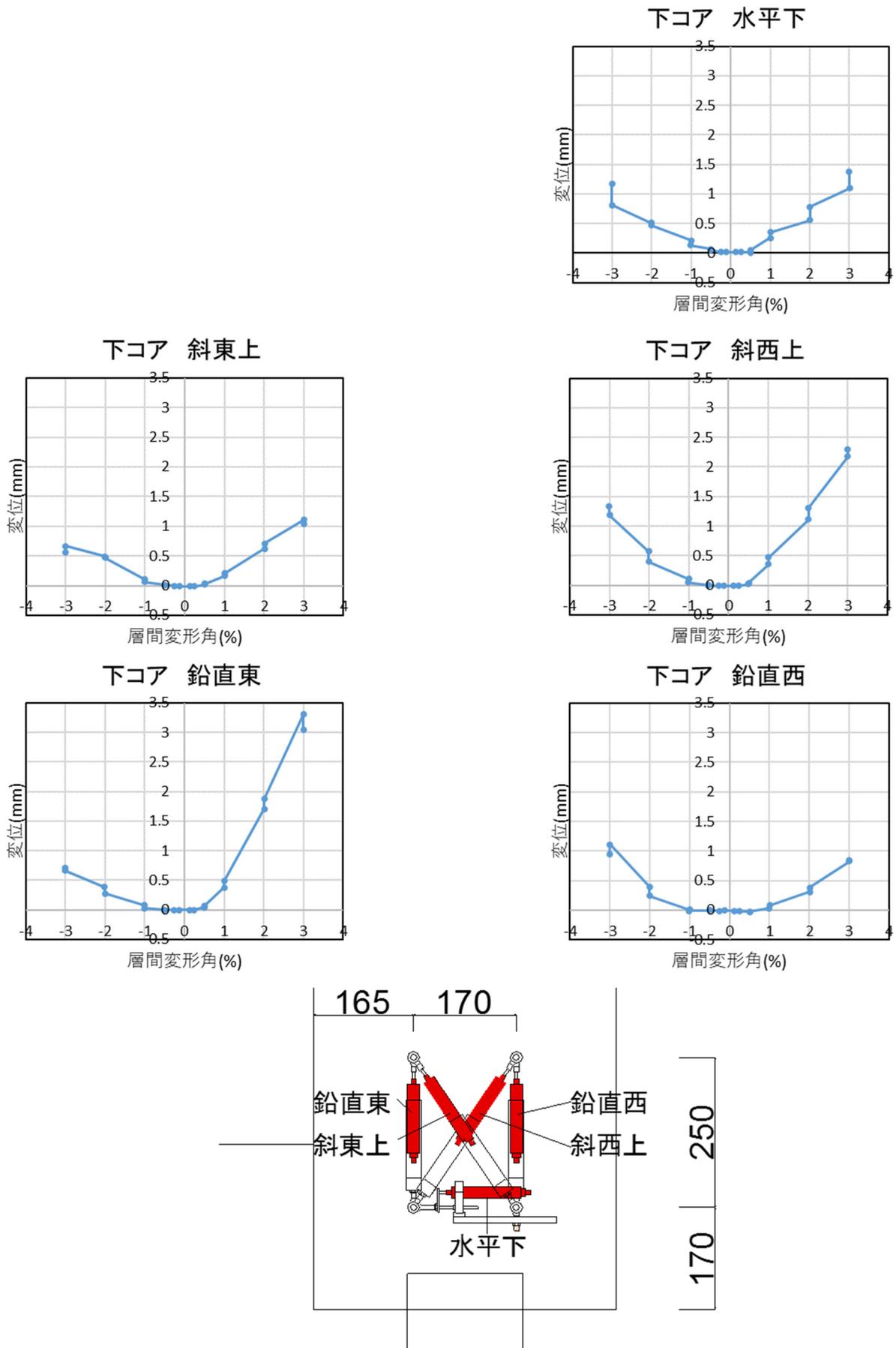


図 2.1.3-66 試験体 A-7a パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 2

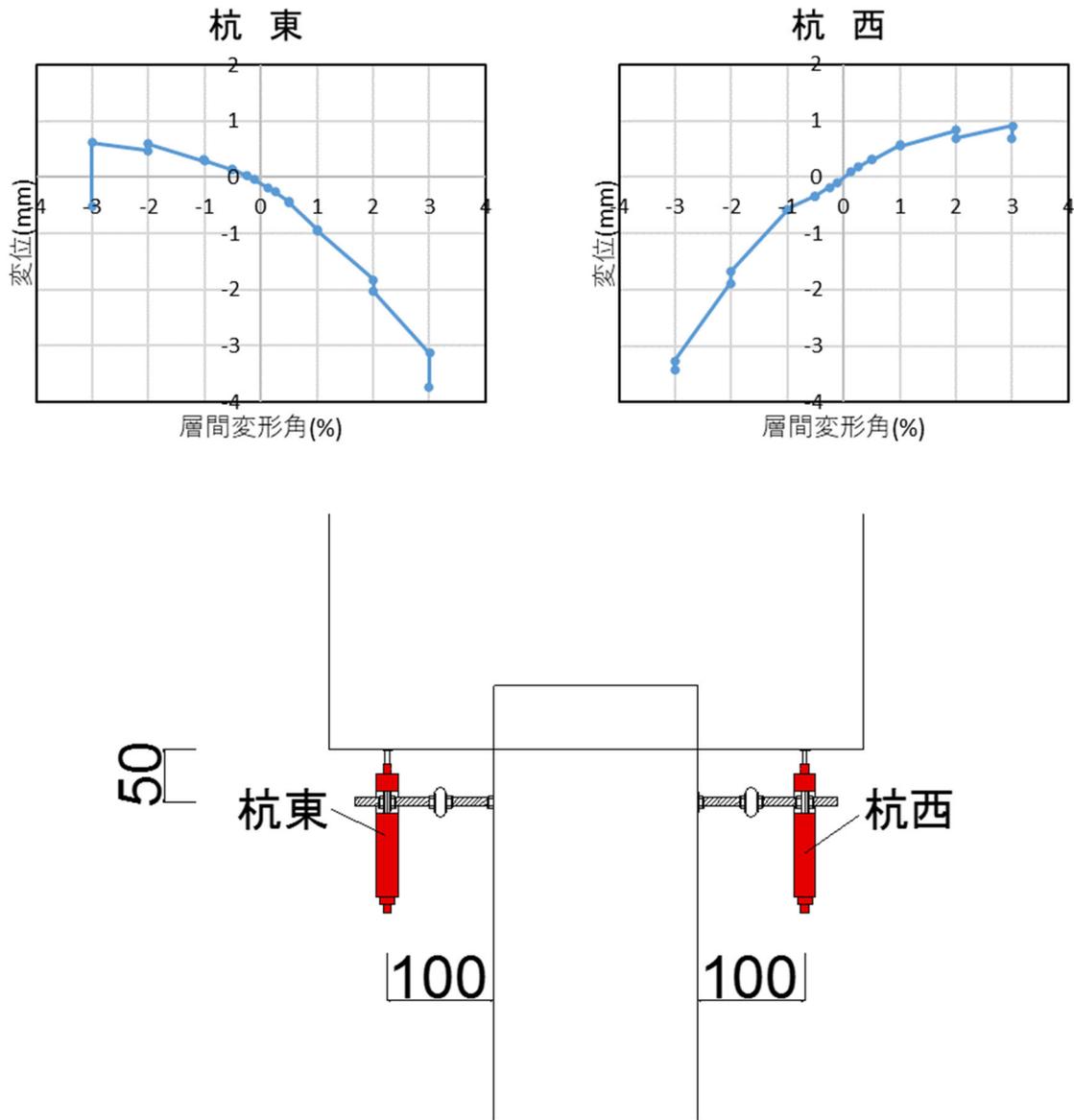


図 2.1.3-67 試験体 A-7a 杭変位 変形-層間変形角-変形関係

2) 試験体 A-7b

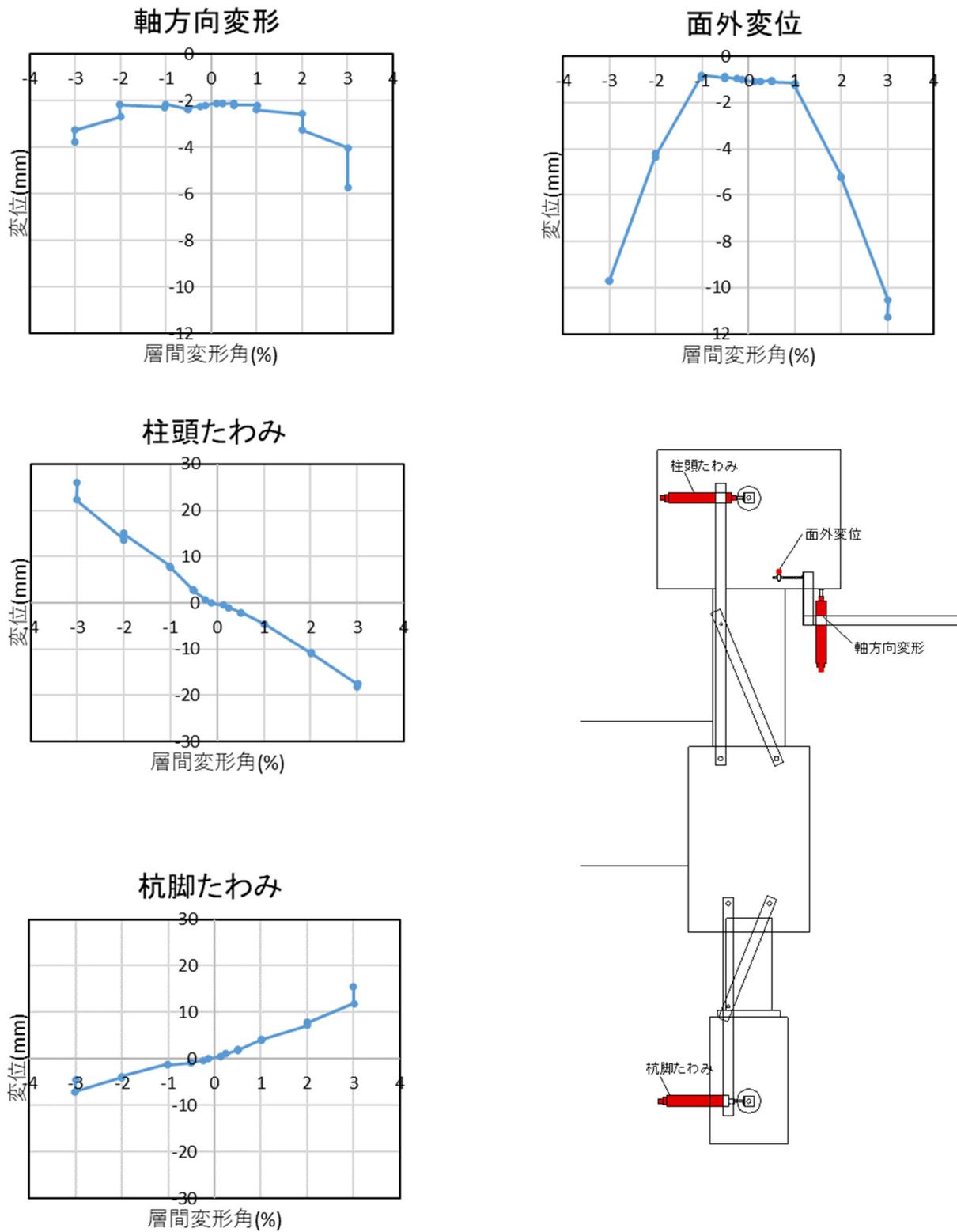


図 2. 1. 3-68 試験体 A-7b 部材変位 層間変形角-変形関係 1

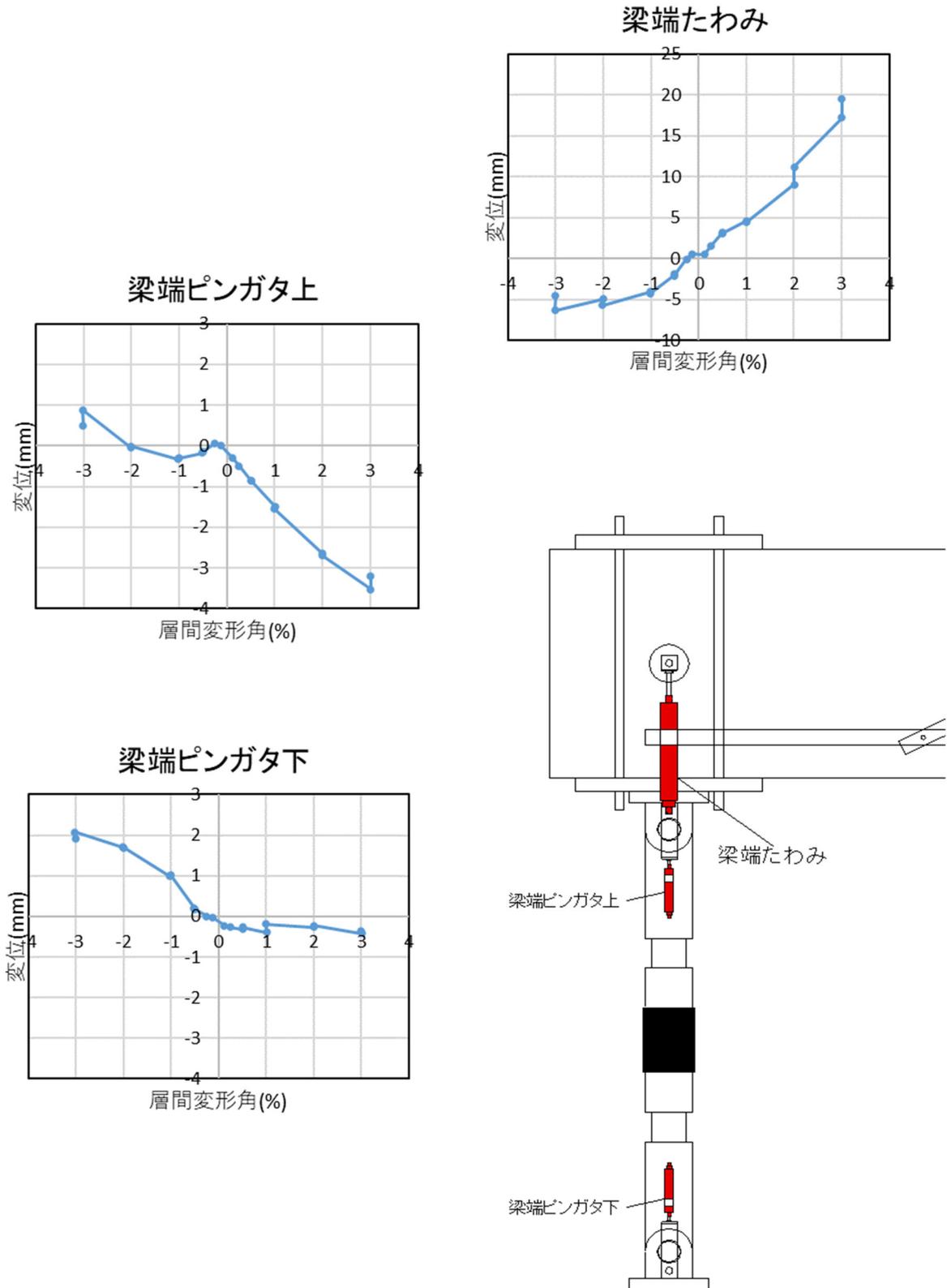


図 2.1.3-69 試験体 A-7b 部材変位 層間変形角-変形関係 2

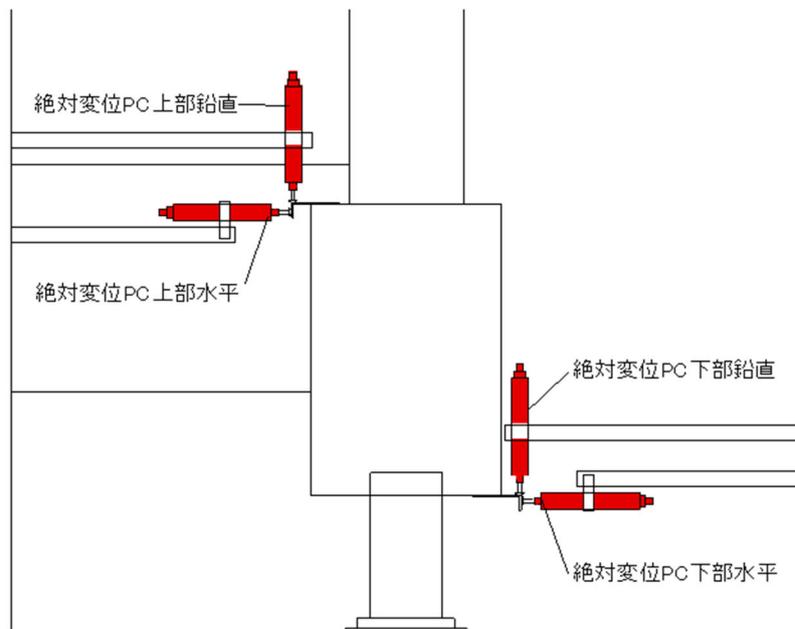
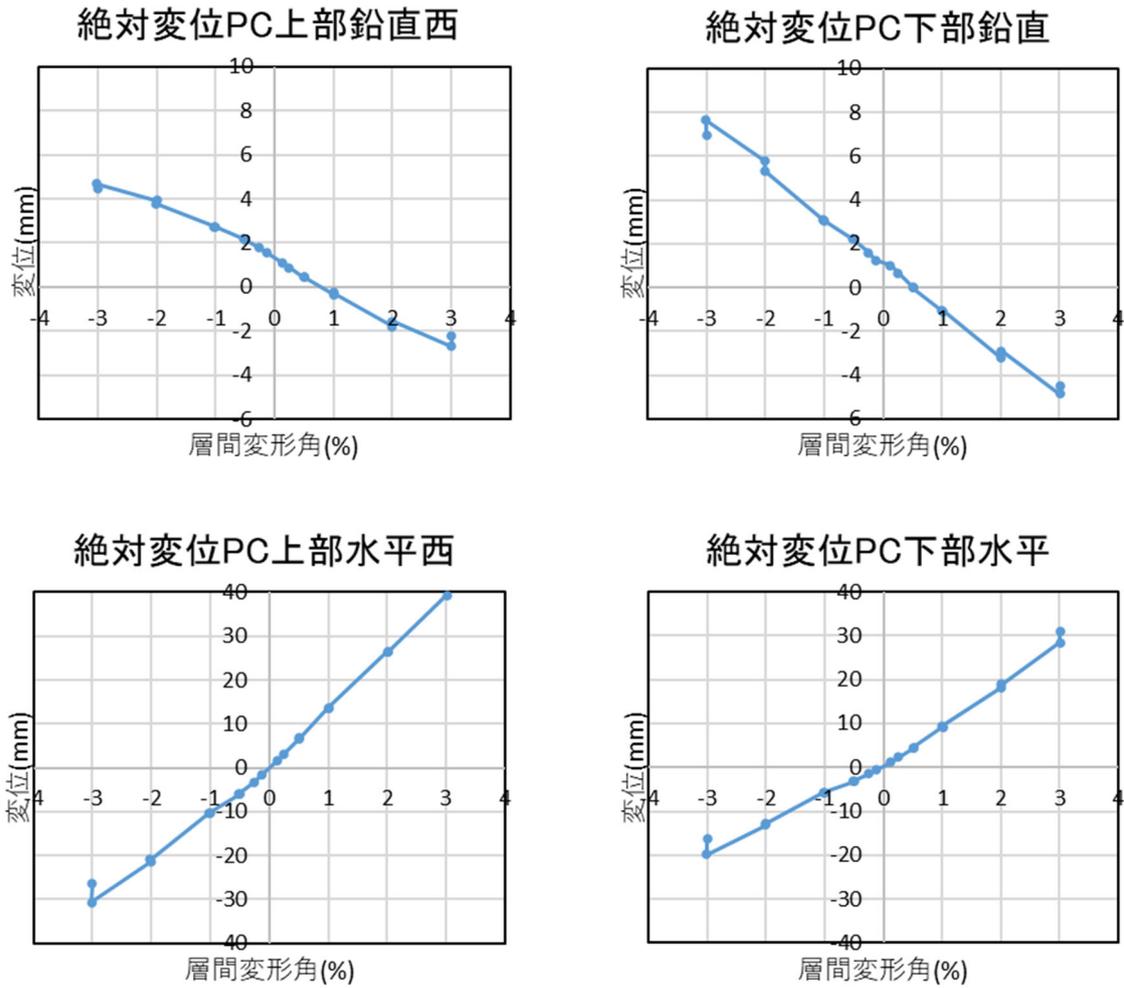


図 2.1.3-70 試験体 A-7b 部材絶対変位 層間変形角-変形関係

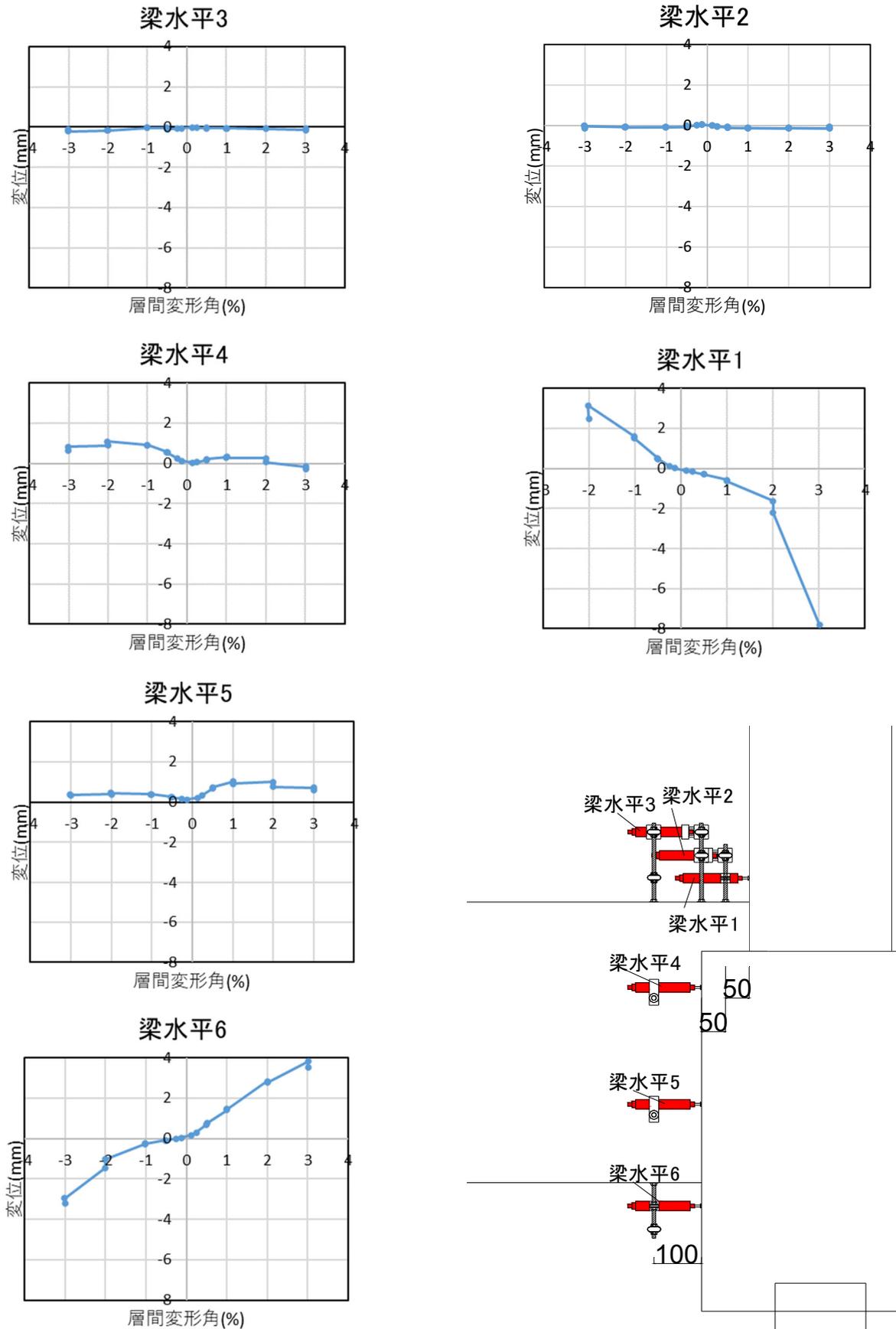


図 2.1.3-71 試験体 A-7b 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 1

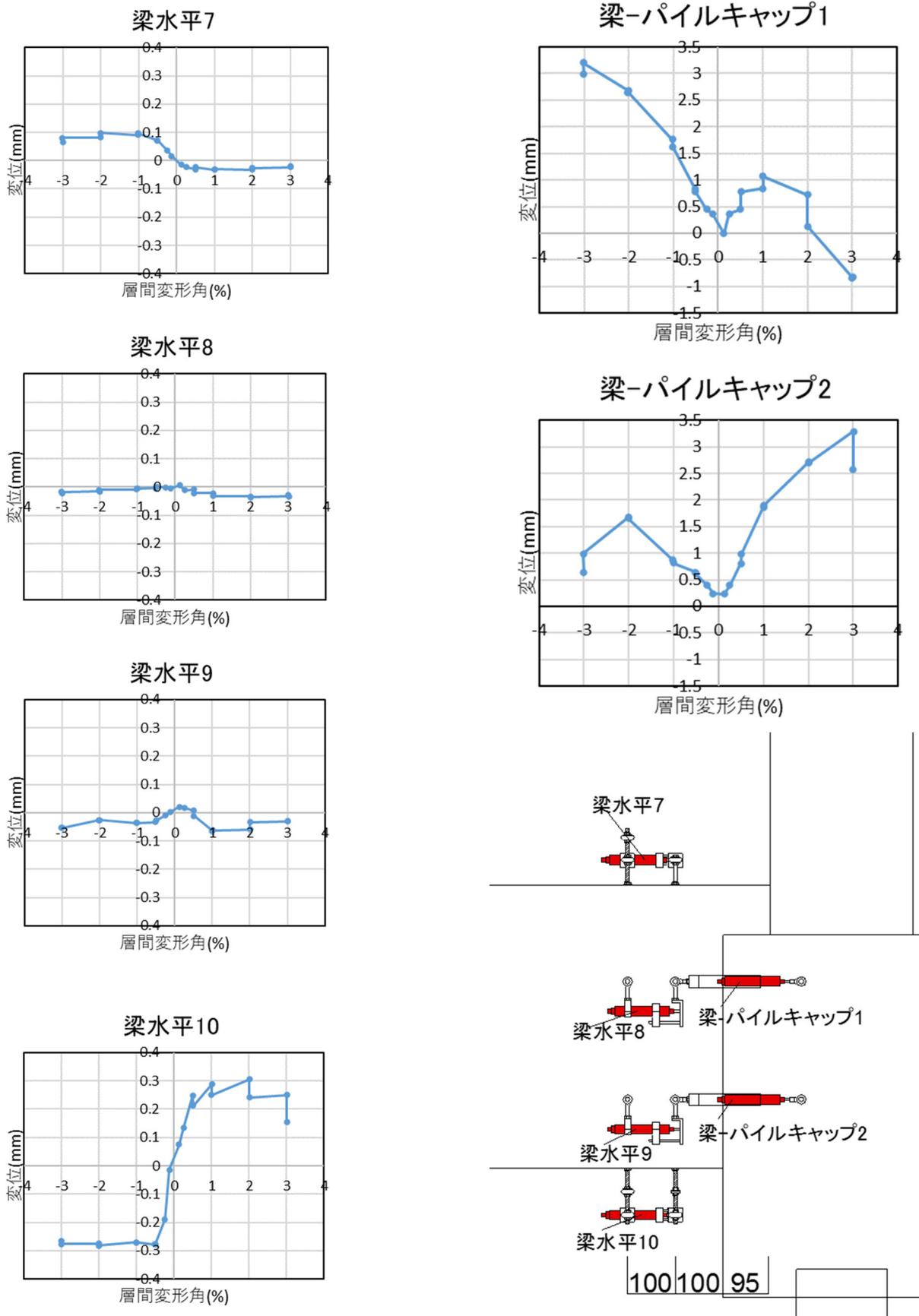


図 2.1.3-72 試験体 A-7b 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 2

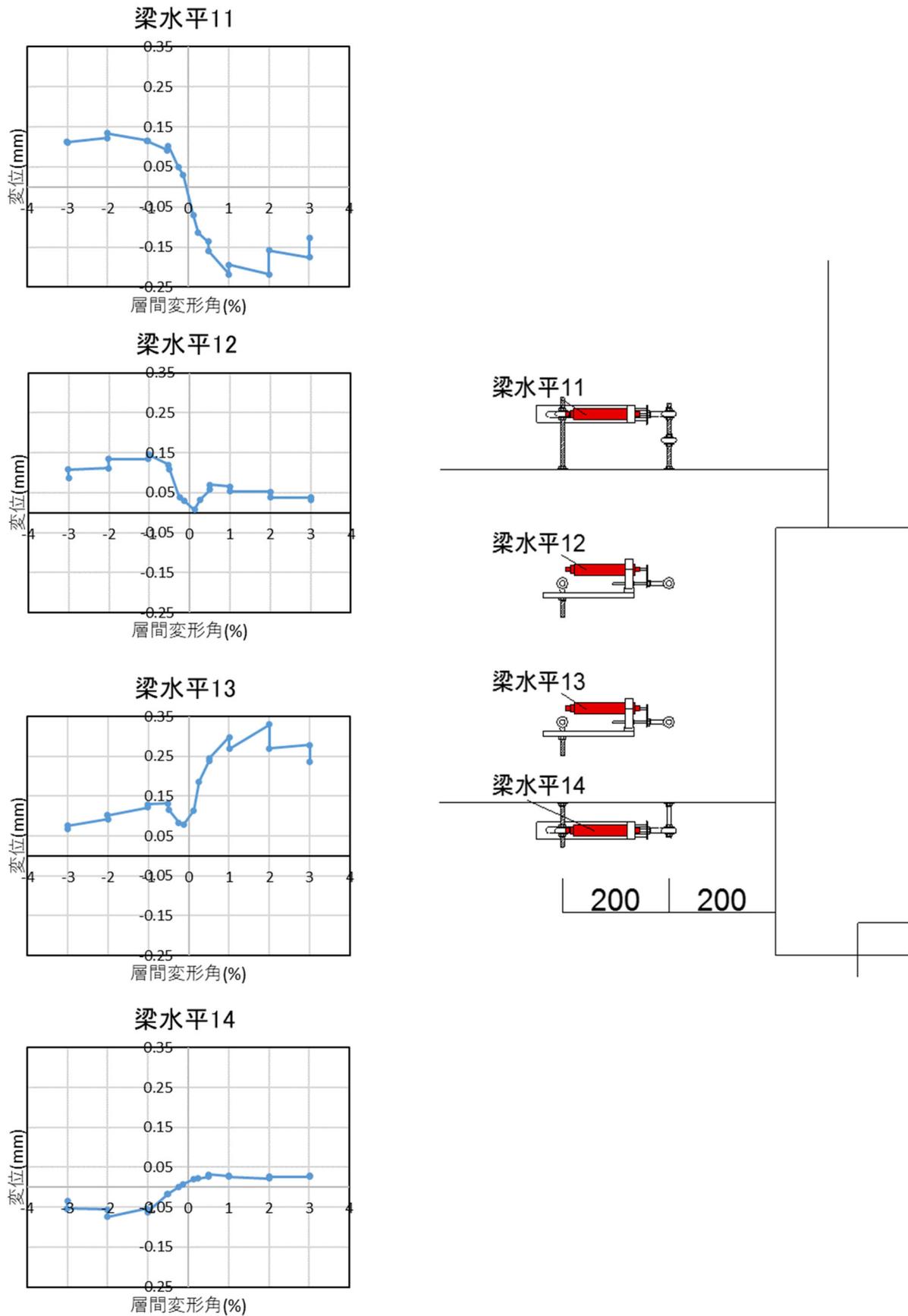


図 2.1.3-73 試験体 A-7b 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 3

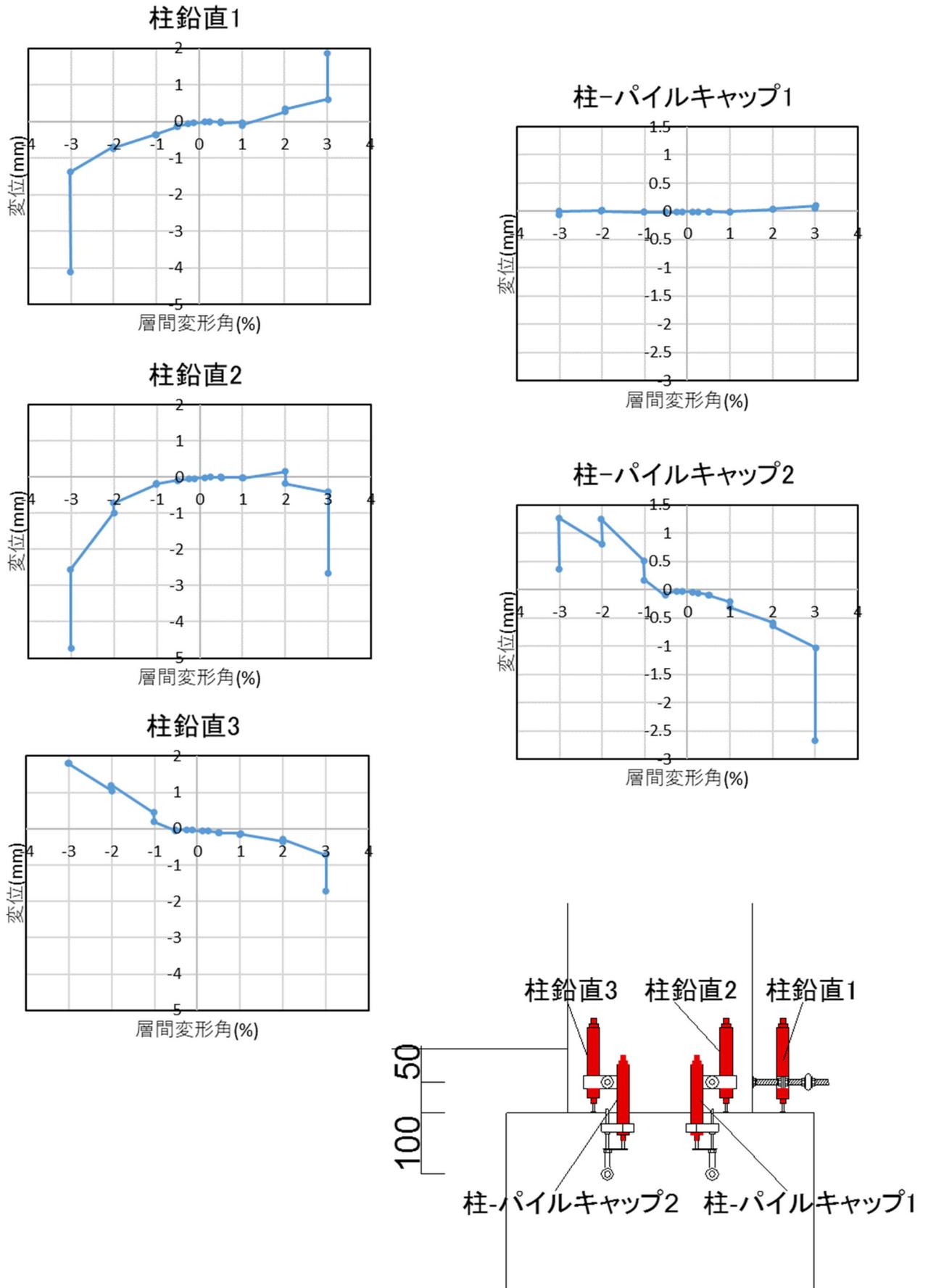


図 2.1.3-74 試験体 A-7b 柱変位 層間変形角-変形関係 1

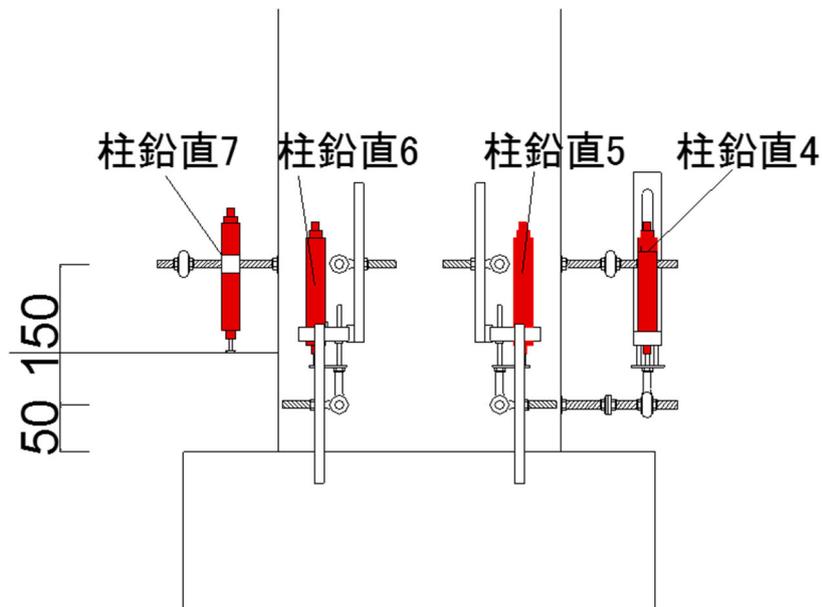
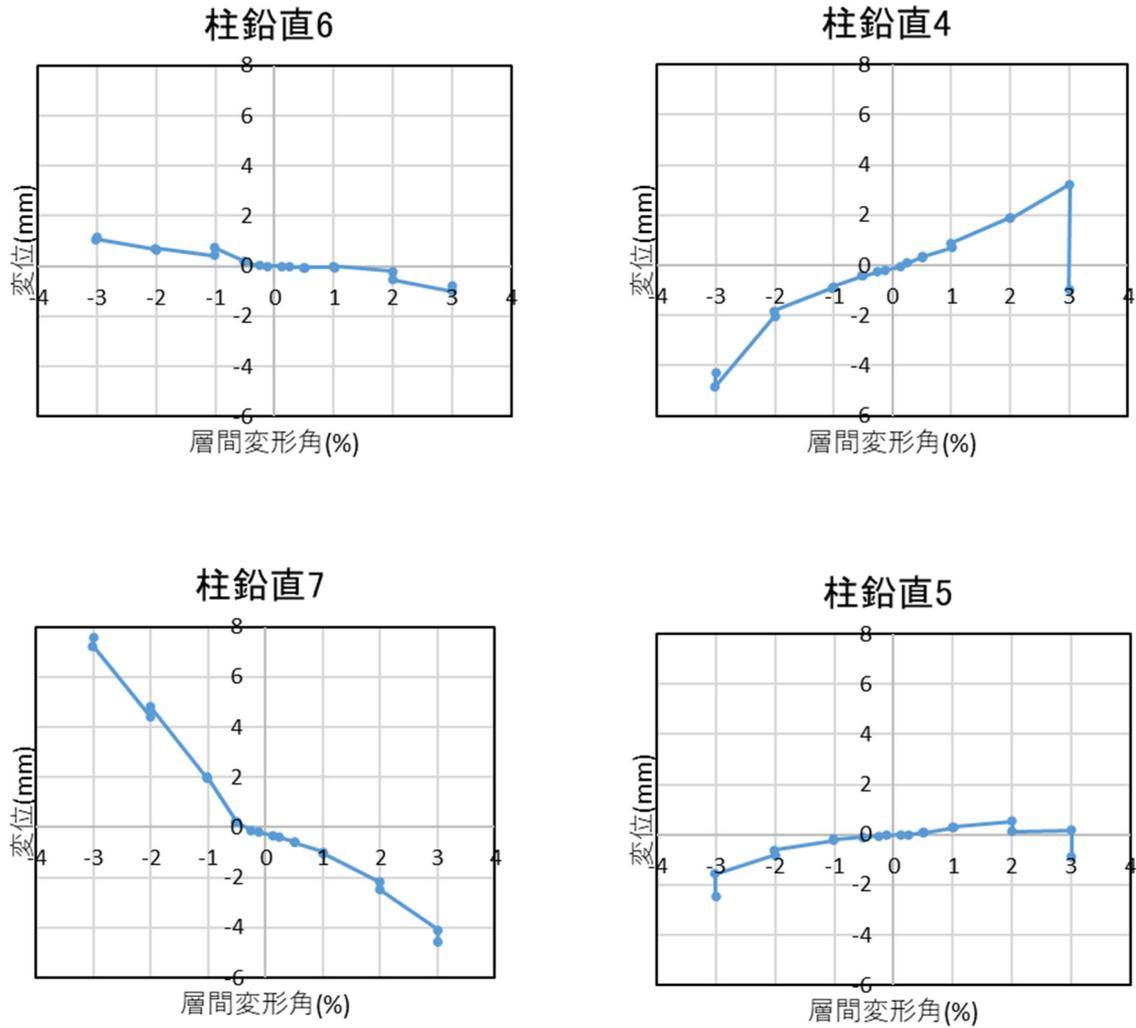


図 2. 1. 3-75 試験体 A-7b 柱変位 層間変形角-変形関係 2

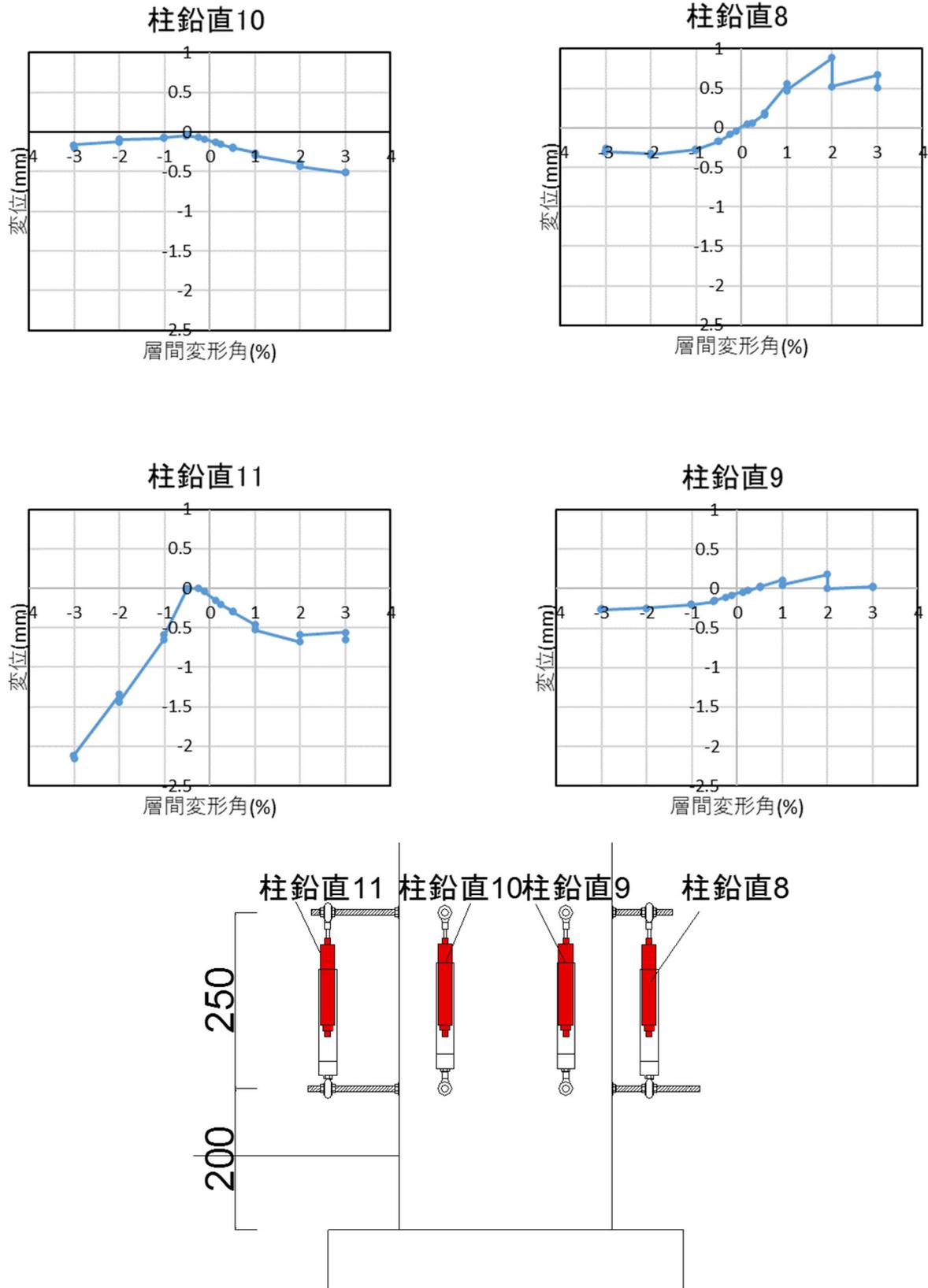


図 2.1.3-76 試験体 A-7b 柱変位 層間変形角-変形関係 3

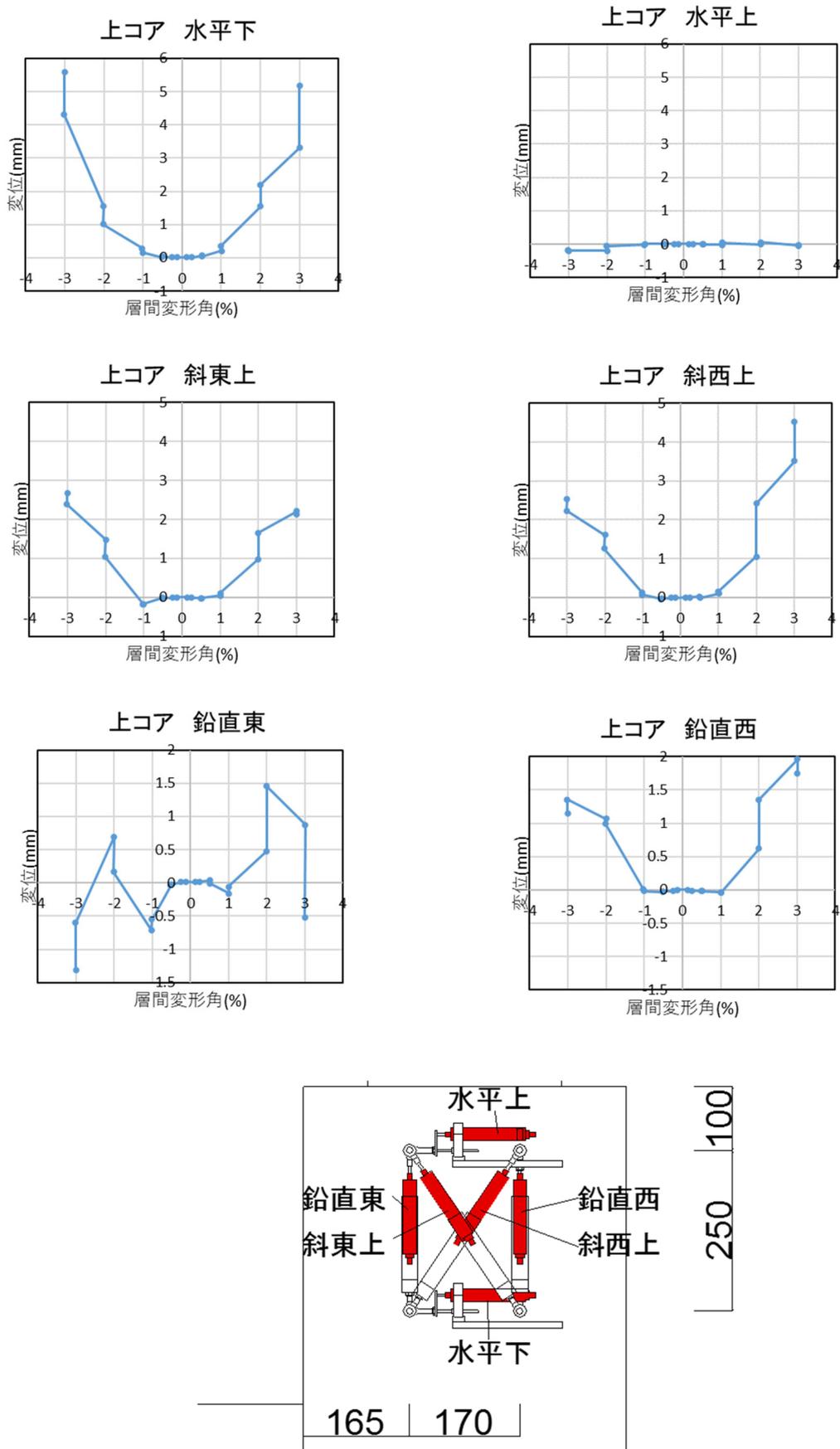


図 2.1.3-77 試験体 A-7b パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 1

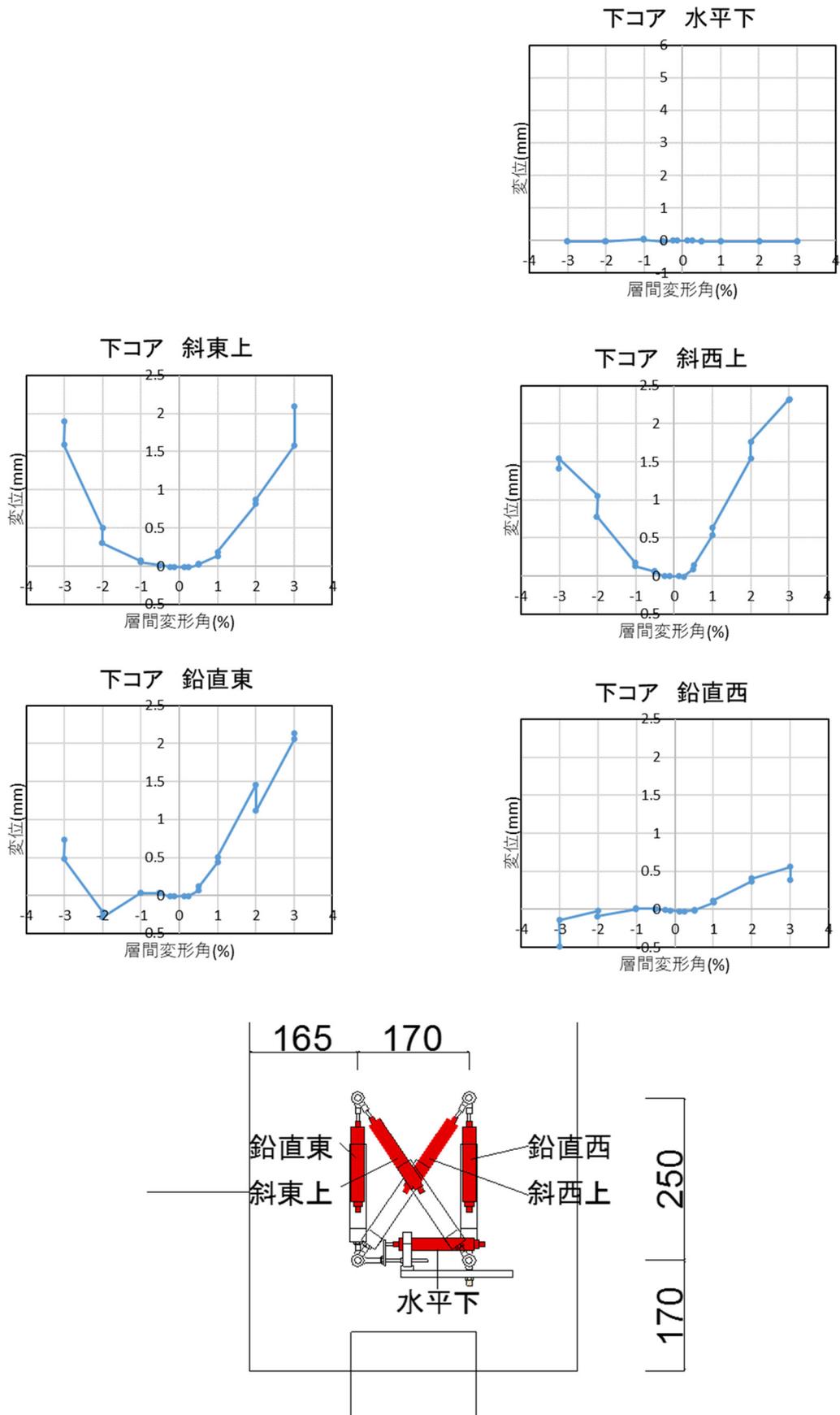


図 2.1.3-78 試験体 A-7b パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 2

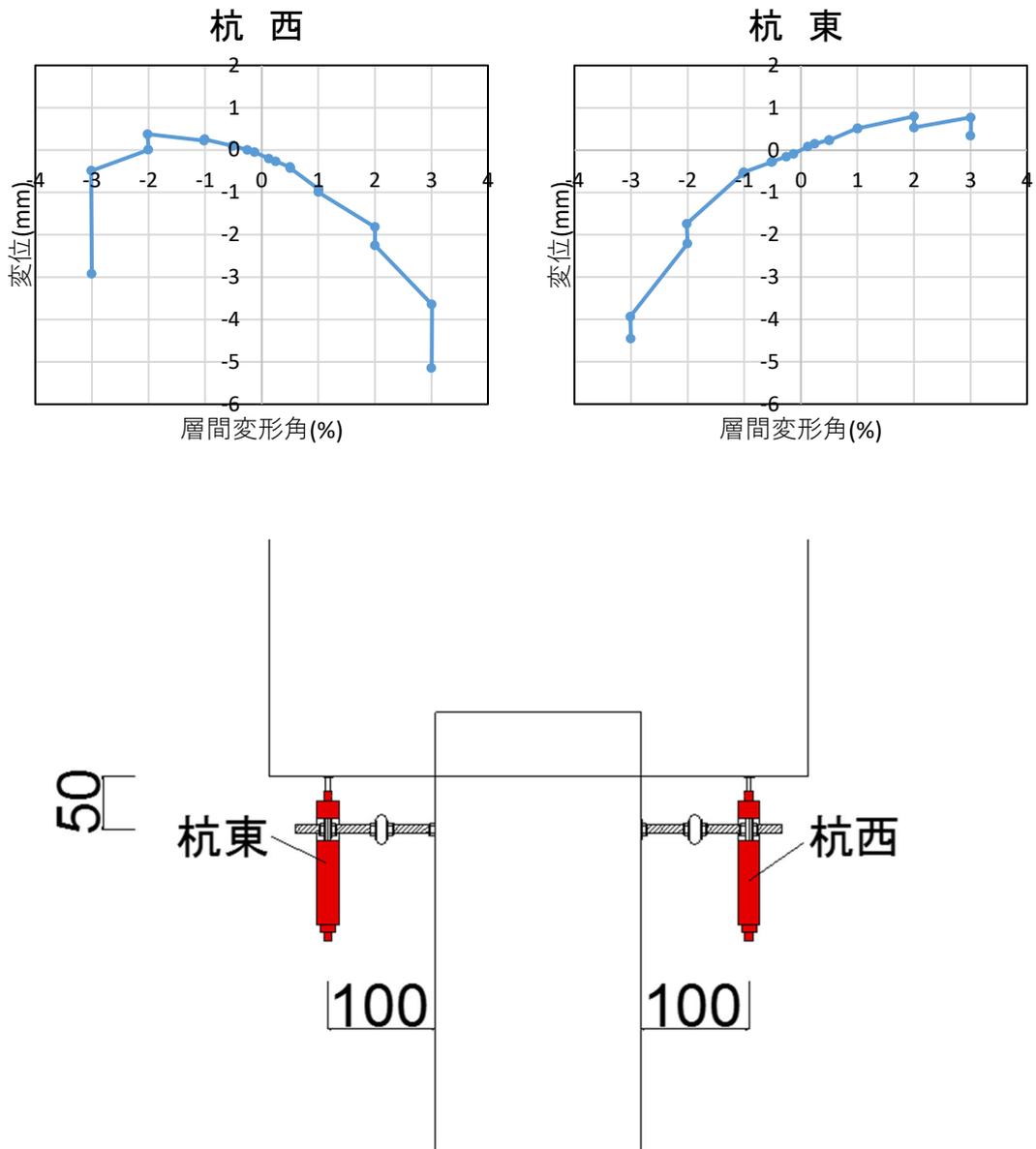


図 2. 1. 3-79 試験体 A-7b 杭変位 層間変形角-変形関係

3) 試験体 A-8

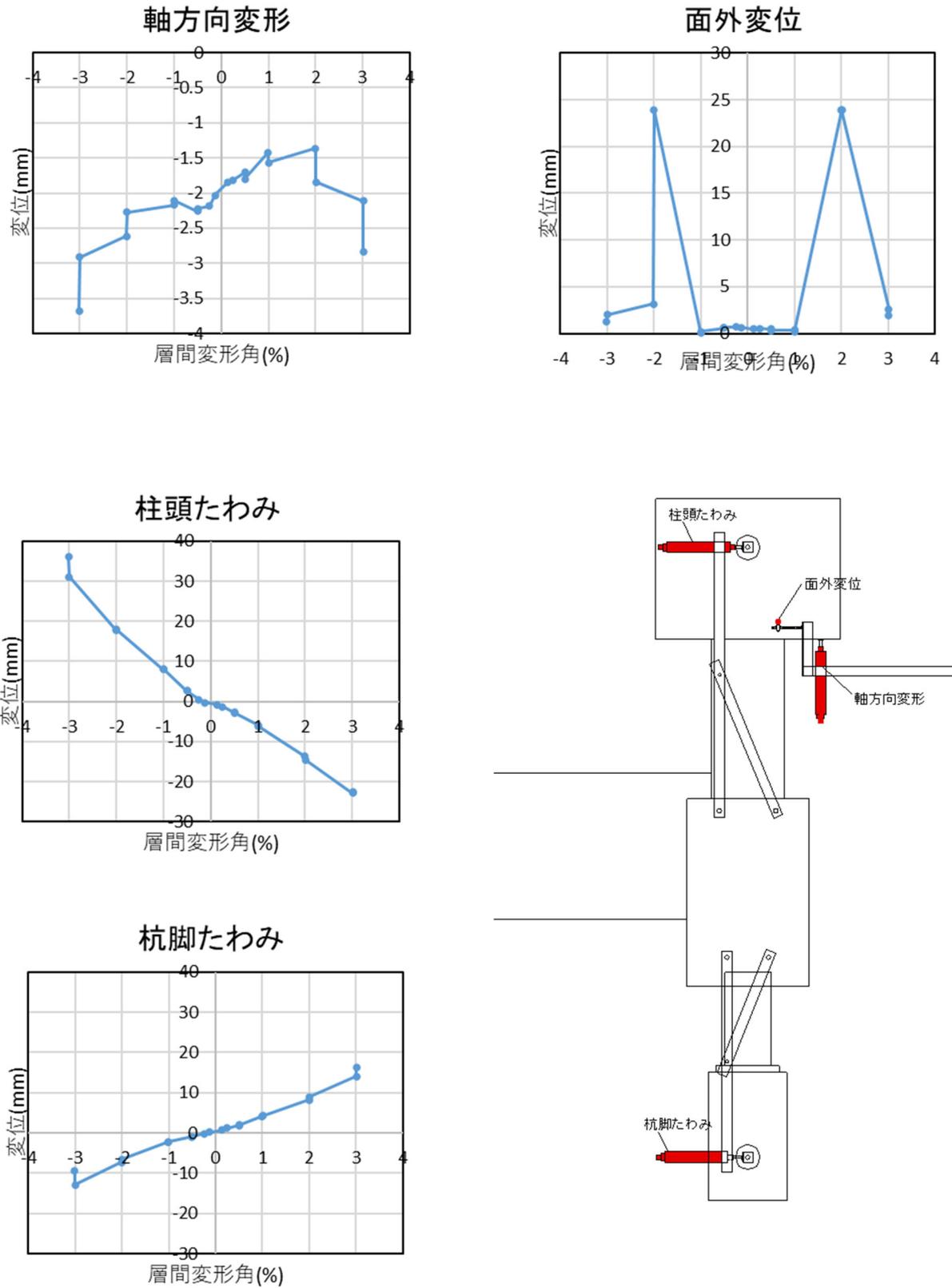


図 2.1.3-80 試験体 A-8 部材変位 層間変形角-変形関係 1

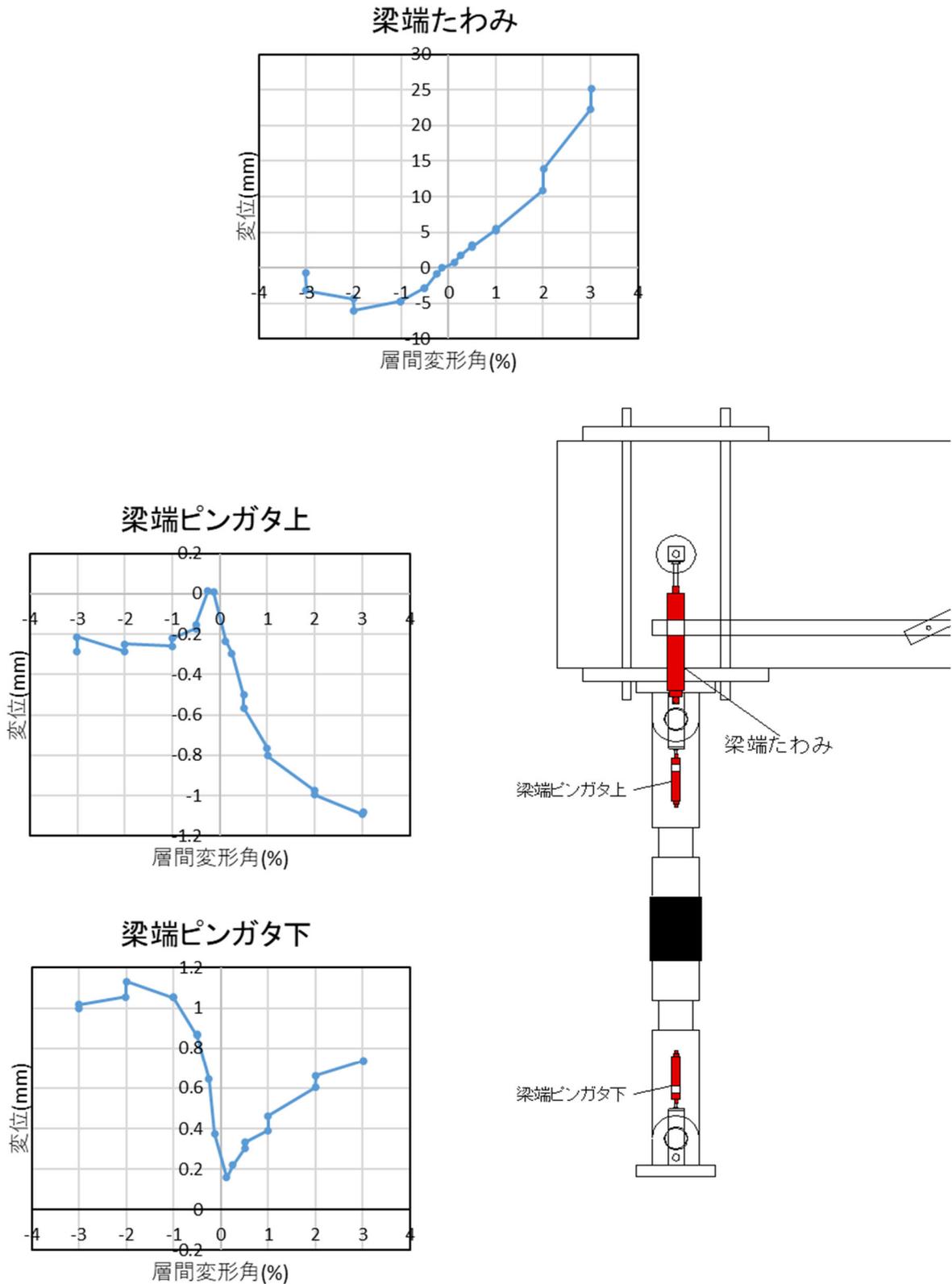


図 2.1.3-81 試験体 A-8 部材変位 層間変形角-変形関係 2

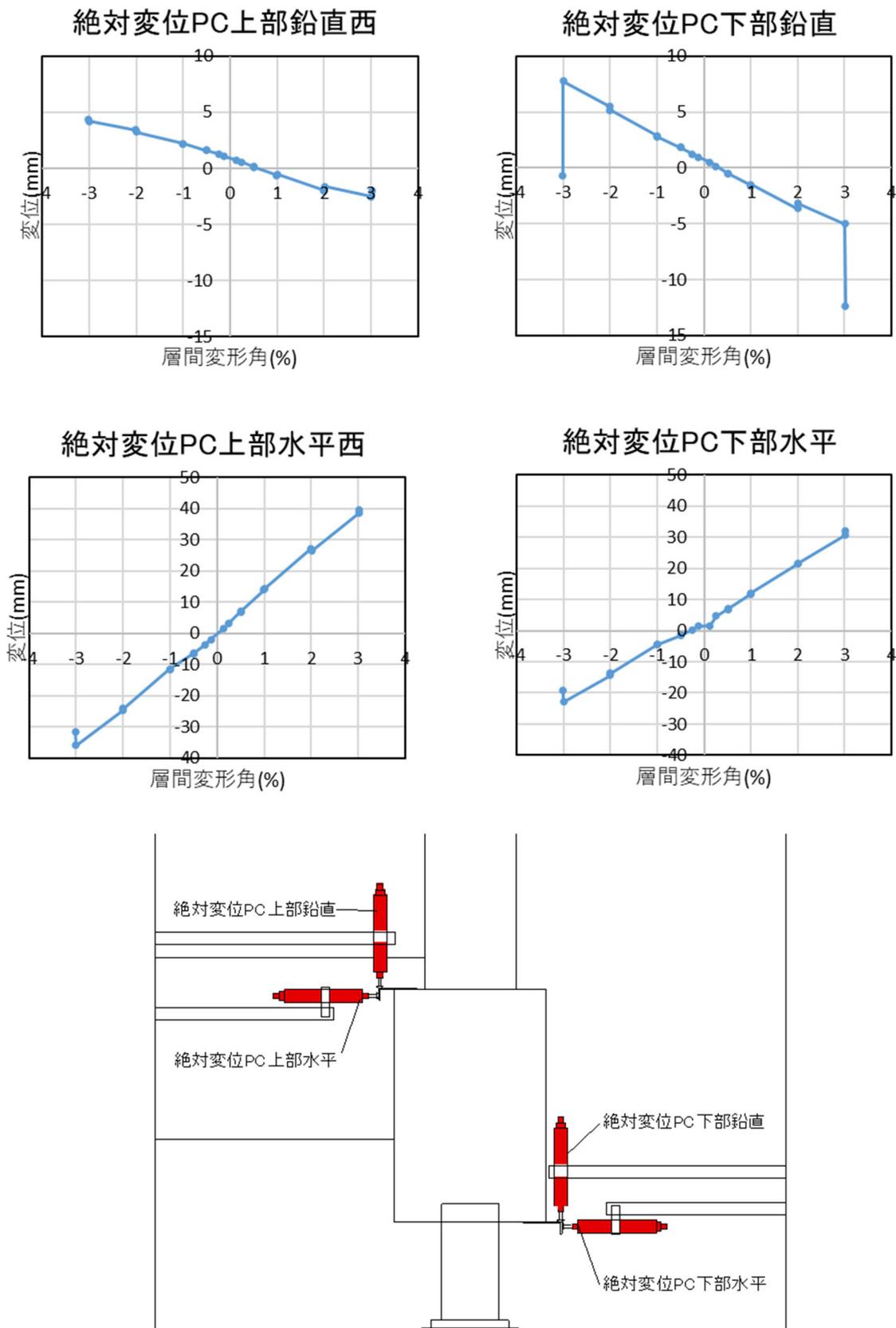


図 2.1.3-82 試験体 A-8 部材絶対変位 層間変形角-変形関係

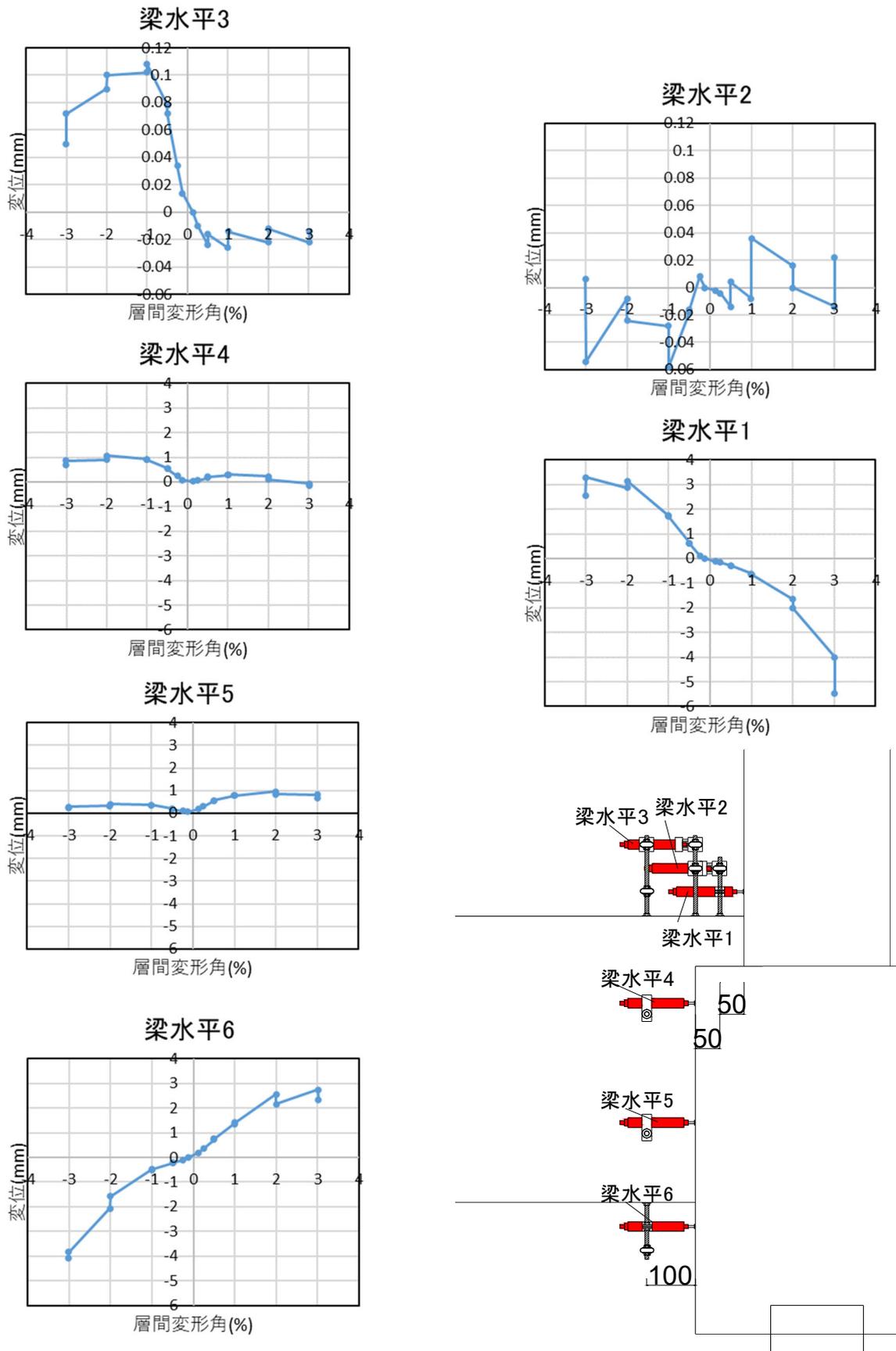


図 2.1.3-83 試験体 A-8 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 1

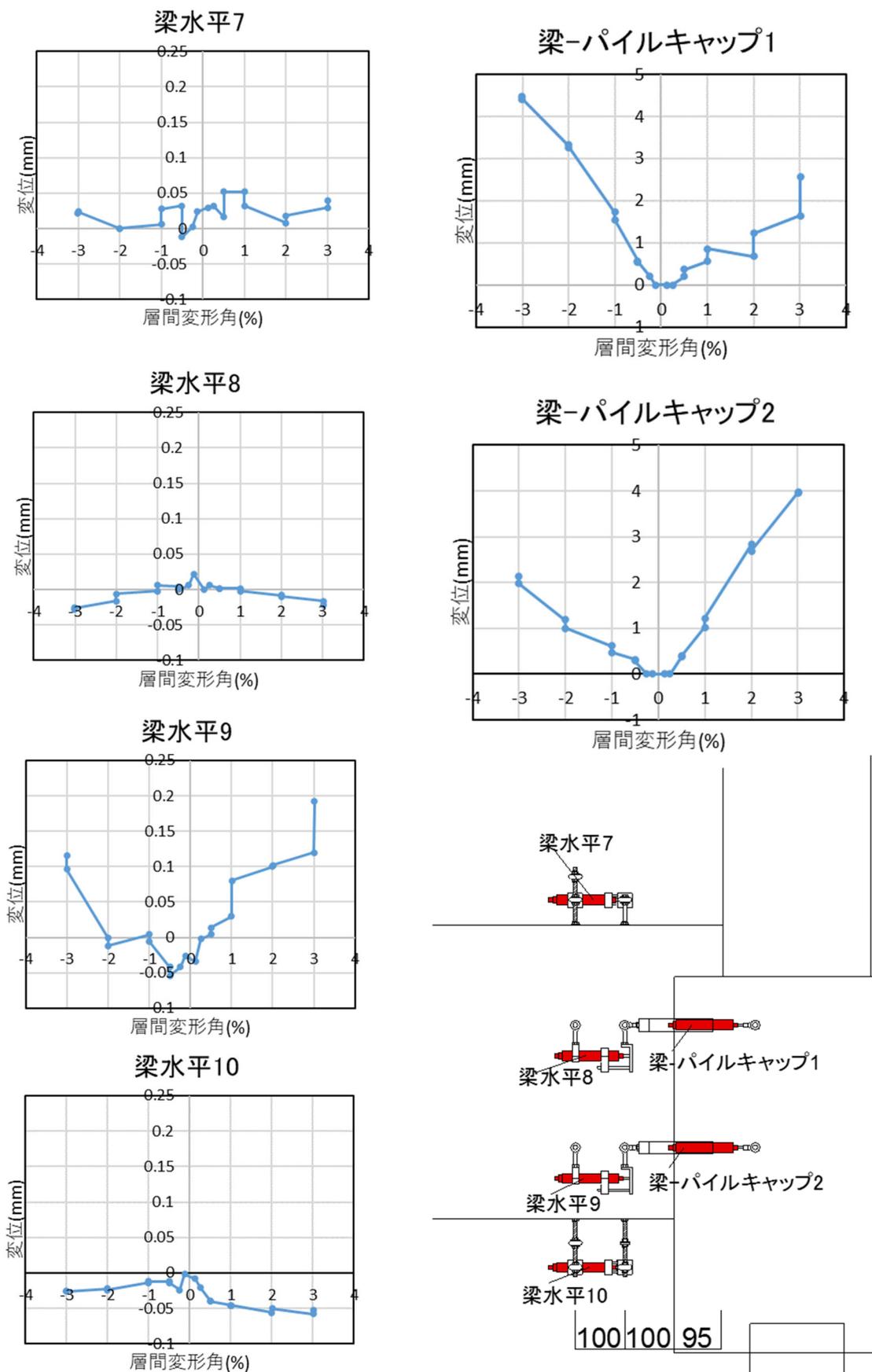


図 2.1.3-84 試験体 A-8 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 2

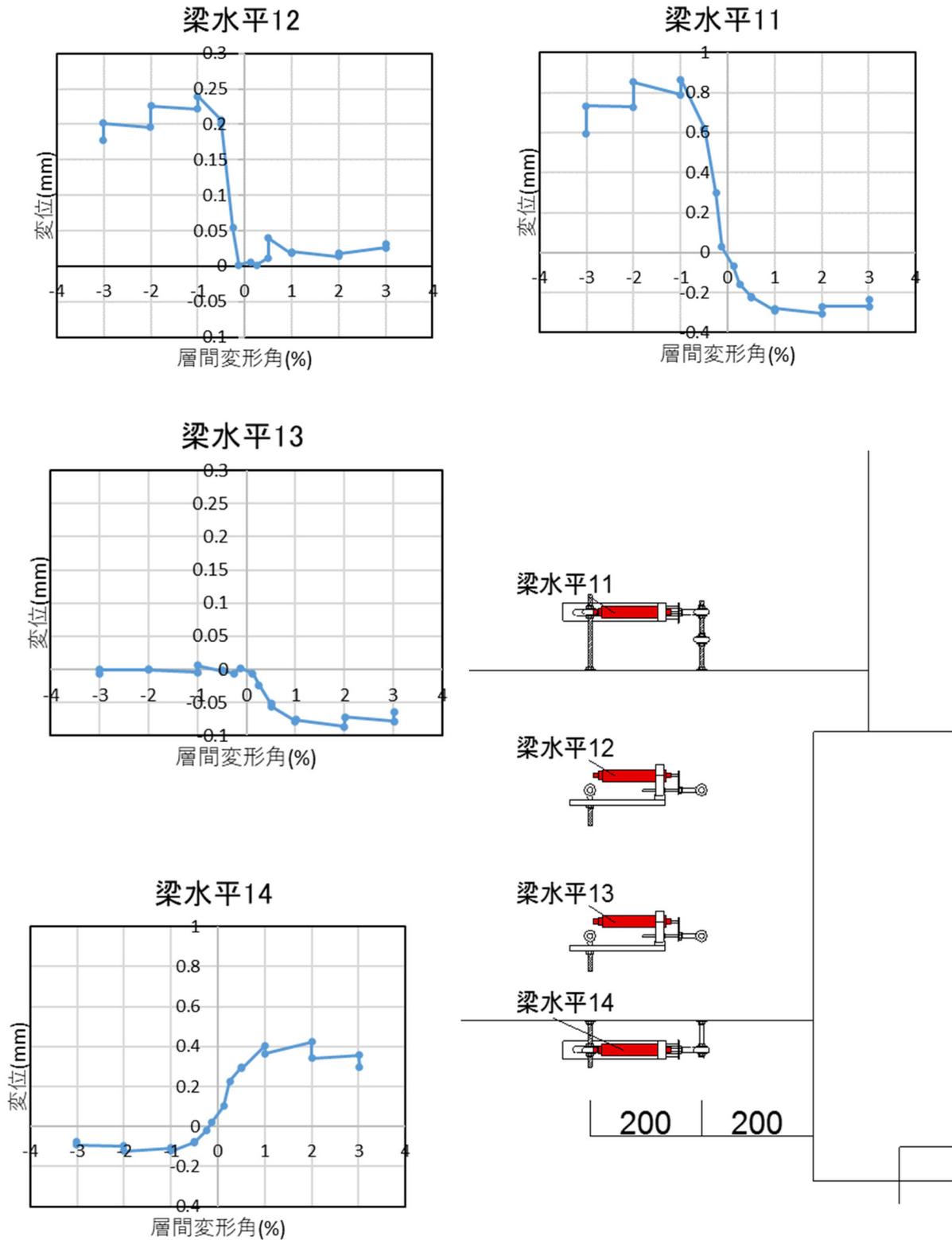


図 2.1.3-85 試験体 A-8 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 3

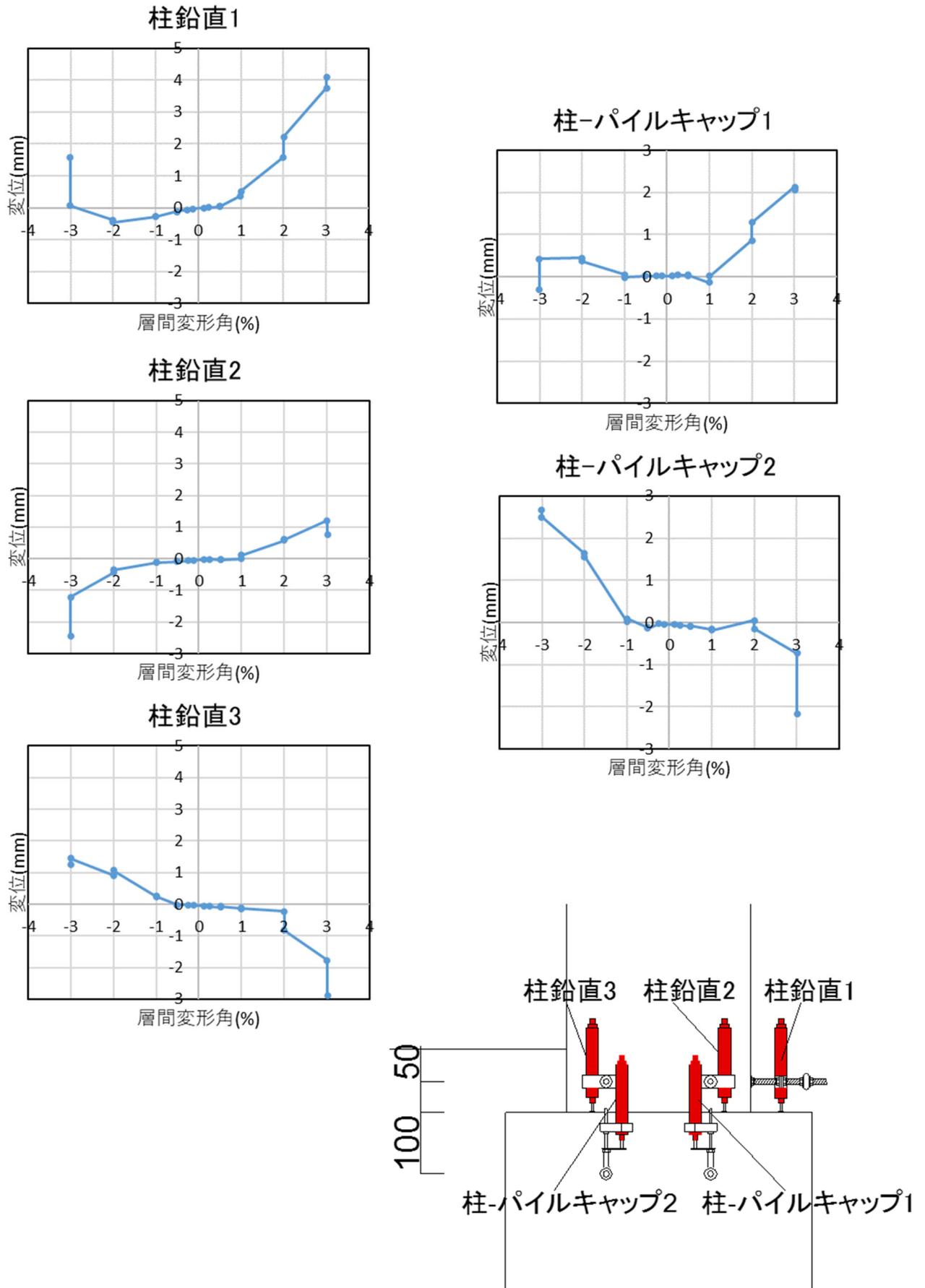


図 2.1.3-86 試験体 A-8 柱変位 層間変形角-変形関係 1

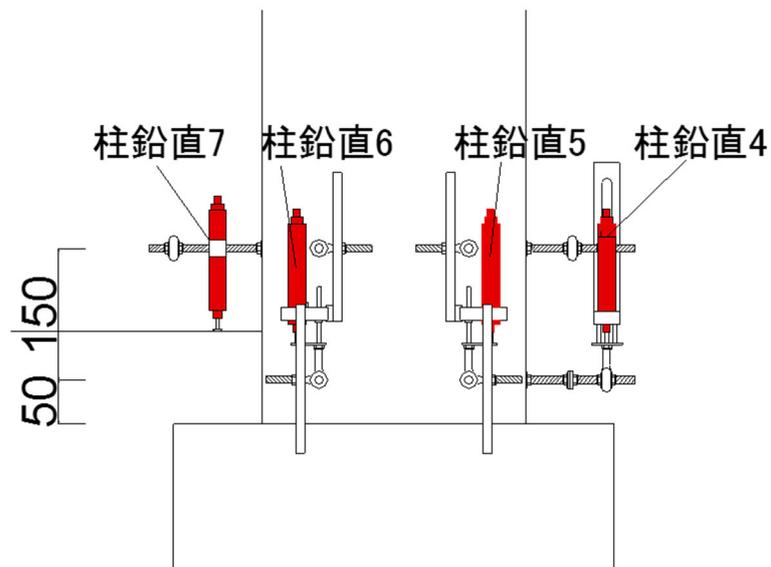
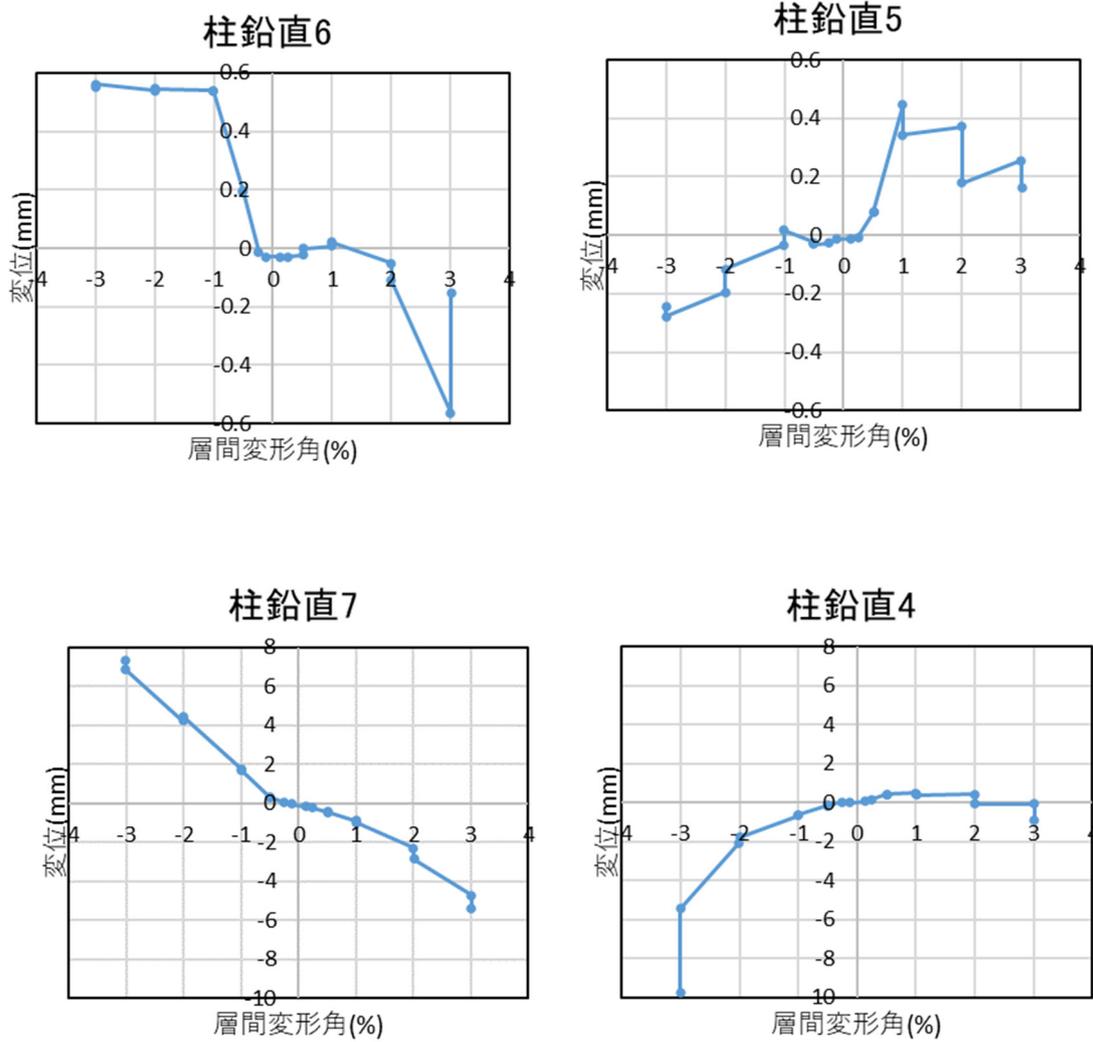


図 2.1.3-87 試験体 A-8 柱変位 層間変形角-変形関係 2

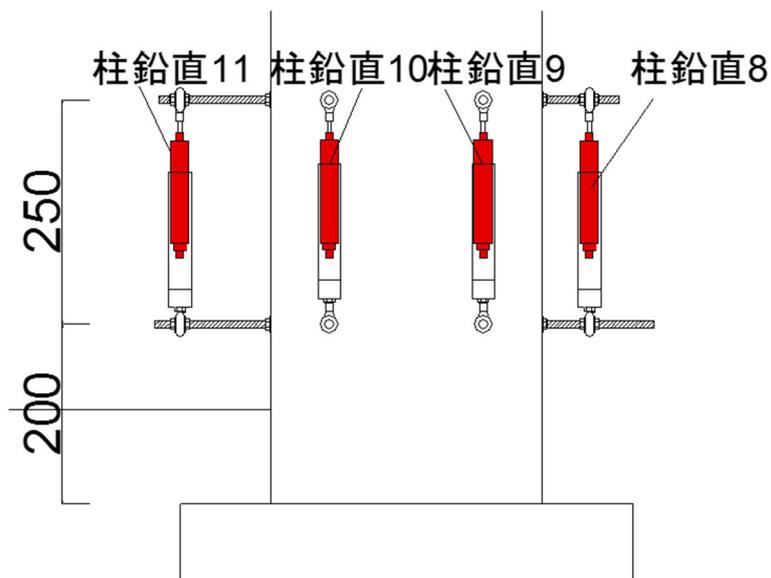
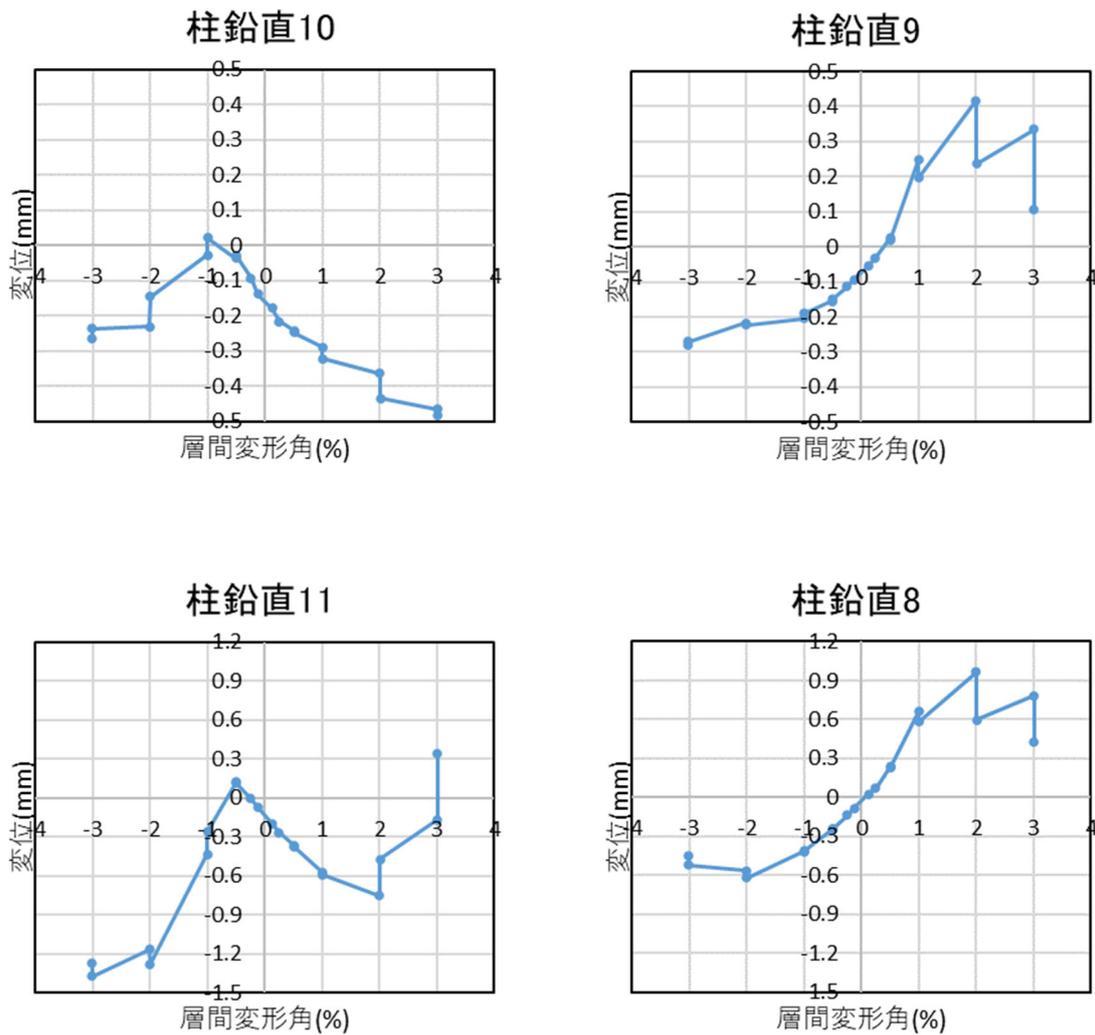
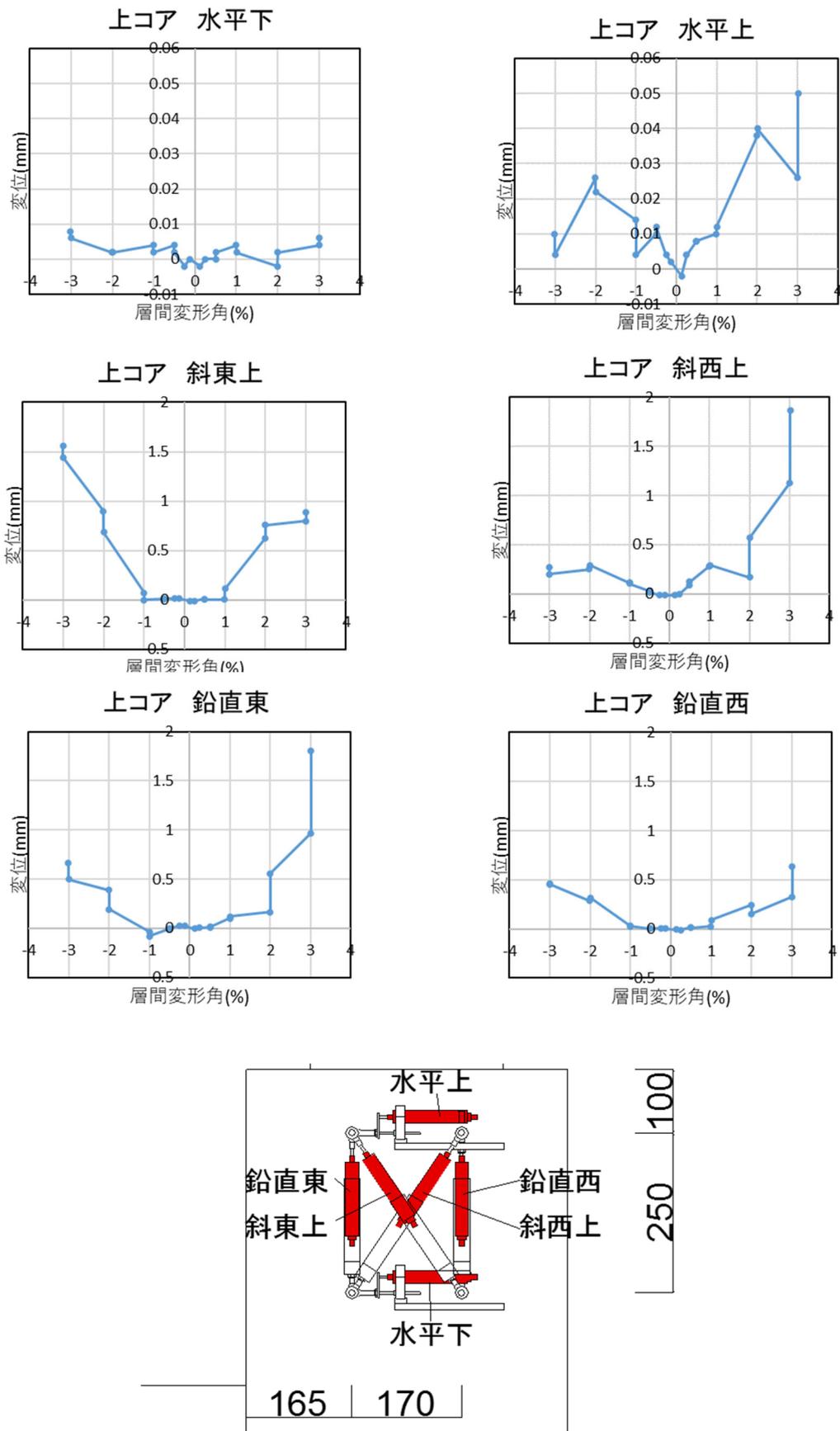


図 2.1.3-88 試験体 A-8 柱変位 層間変形角-変形関係 3



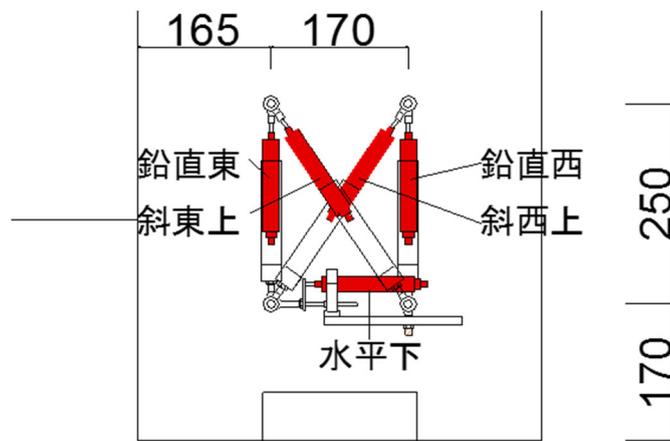
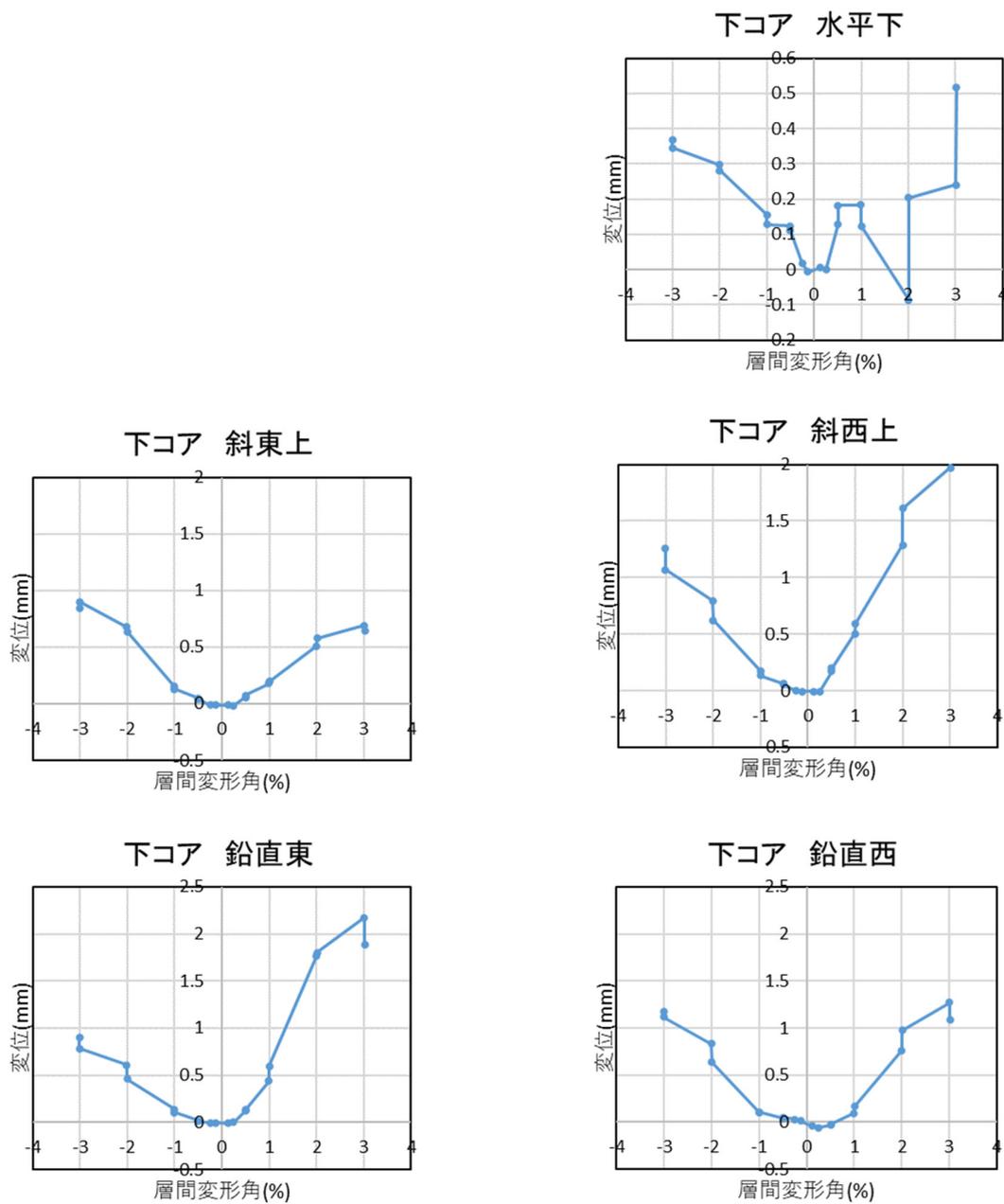


図 2.1.3-90 試験体 A-8 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 2

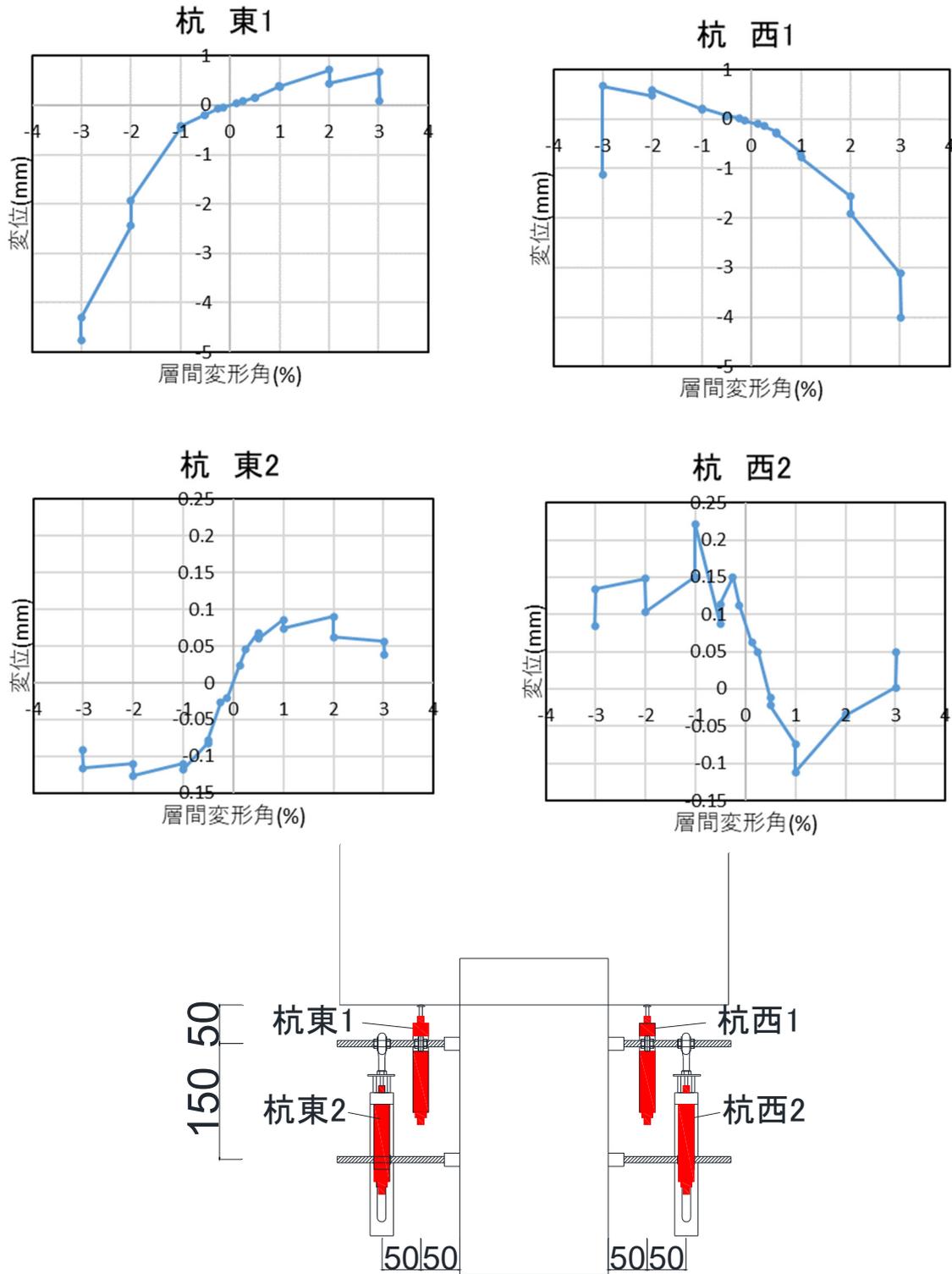
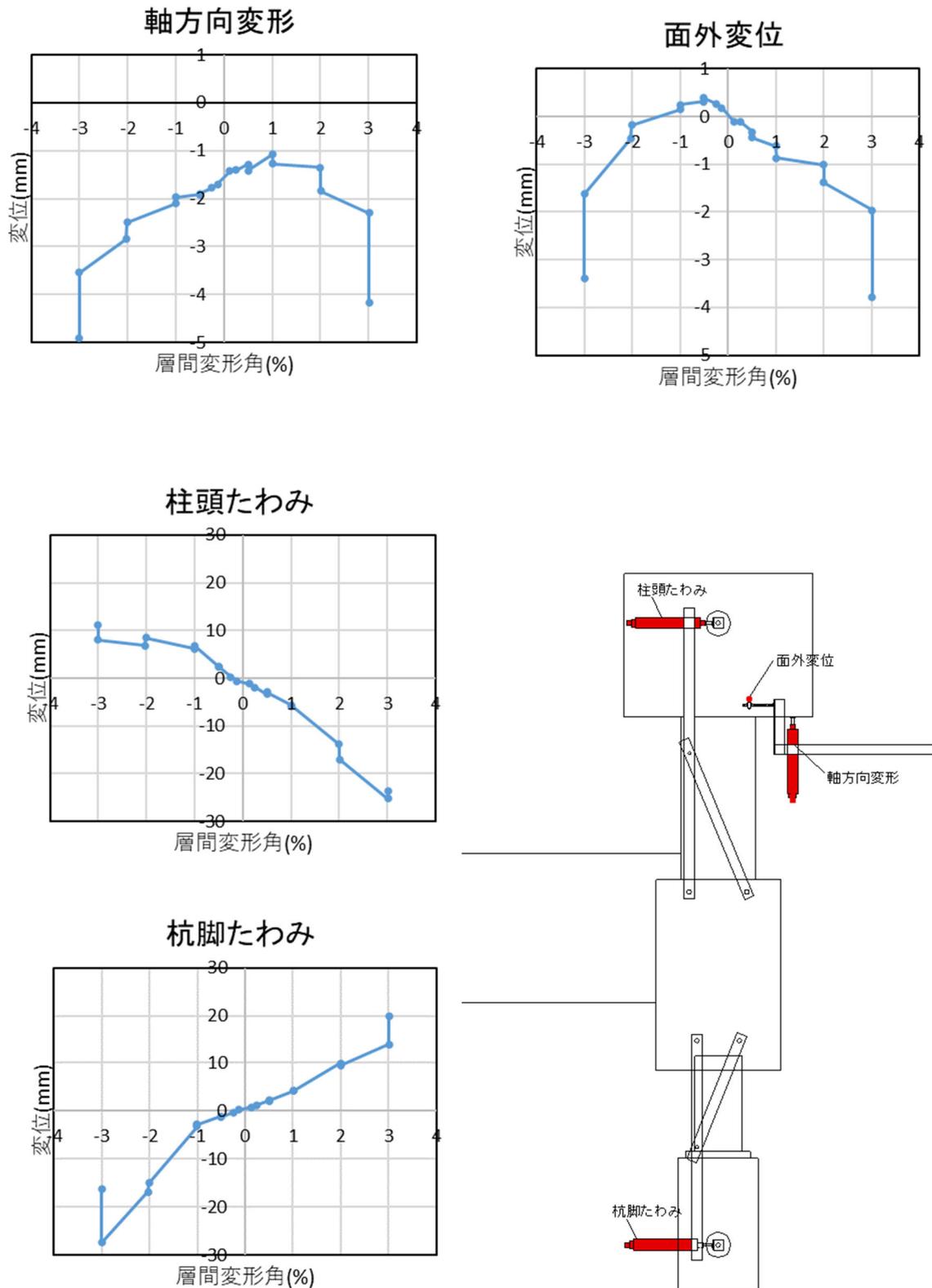


図 2.1.3-91 試験体 A-8 杭変位 層間変形角-変形関係

4) 試験体 A-9



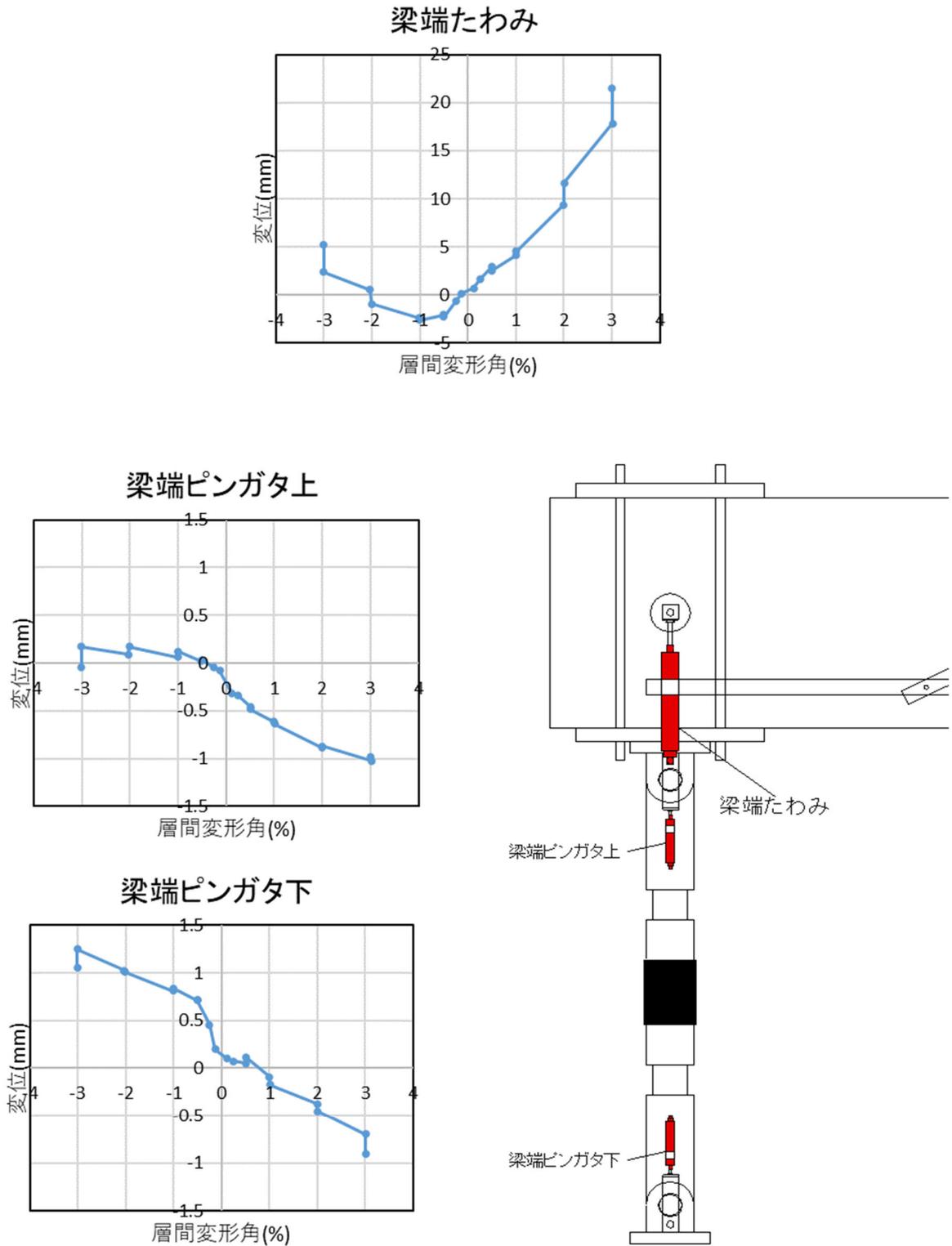


図 2.1.3-93 試験体 A-9 部材変位 層間変形角-変形関係 2

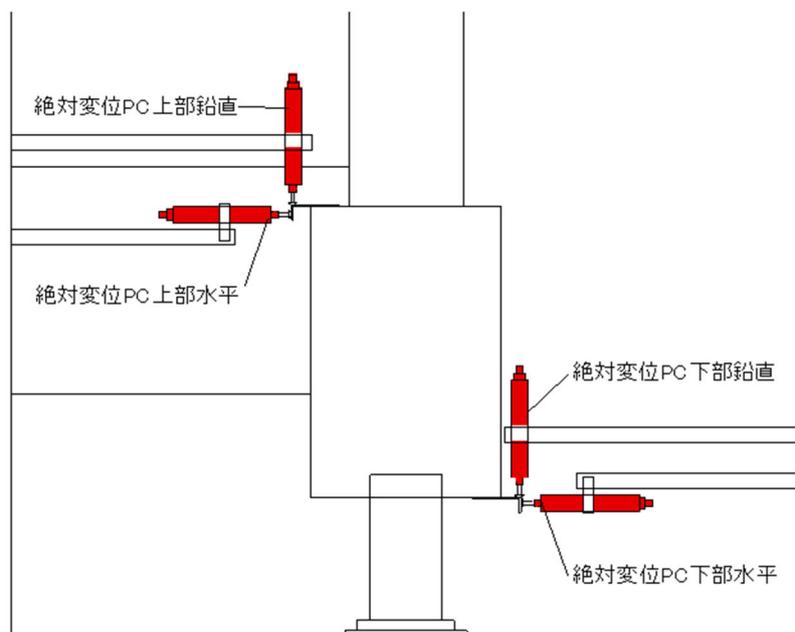
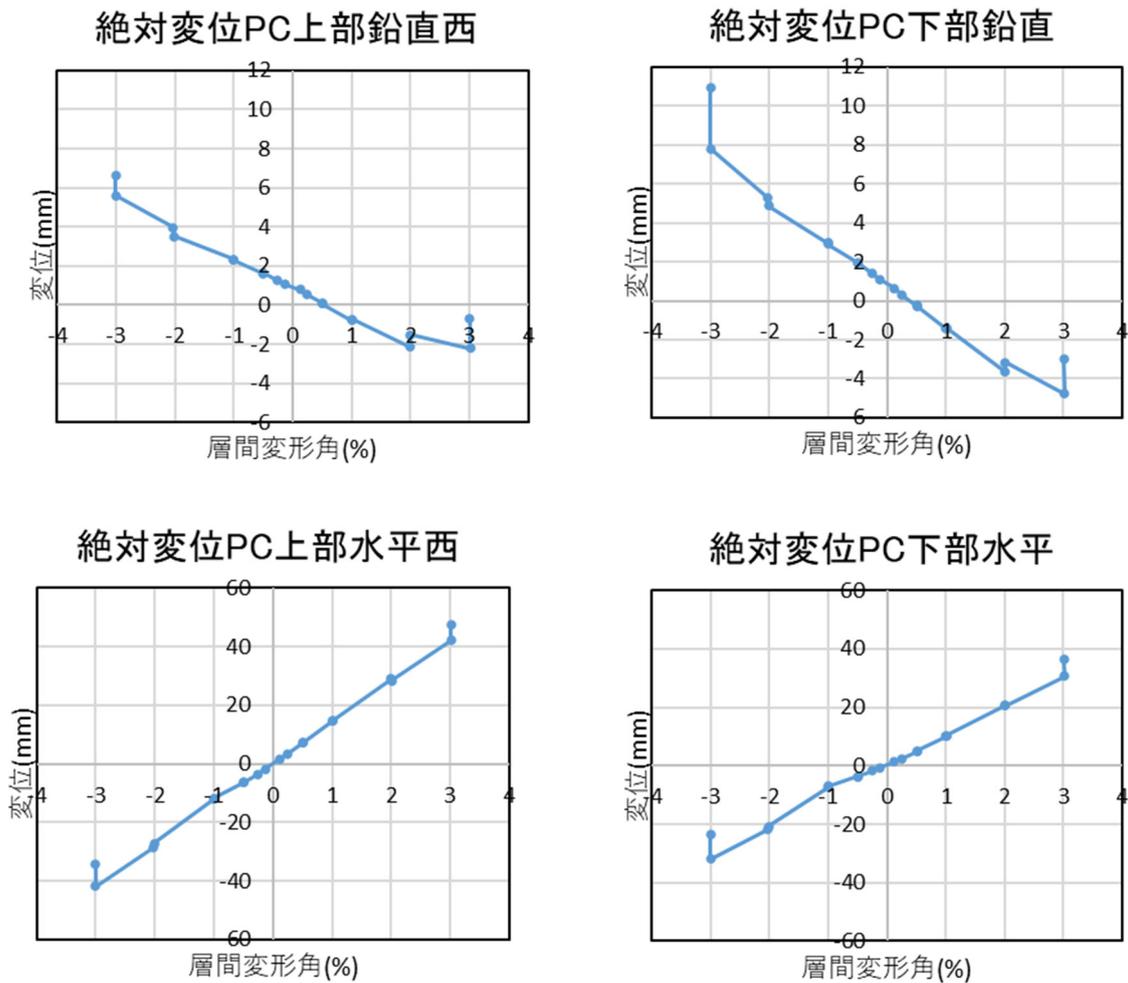


図 2.1.3-94 試験体 A-9 部材絶対変位 層間変形角-変形関係

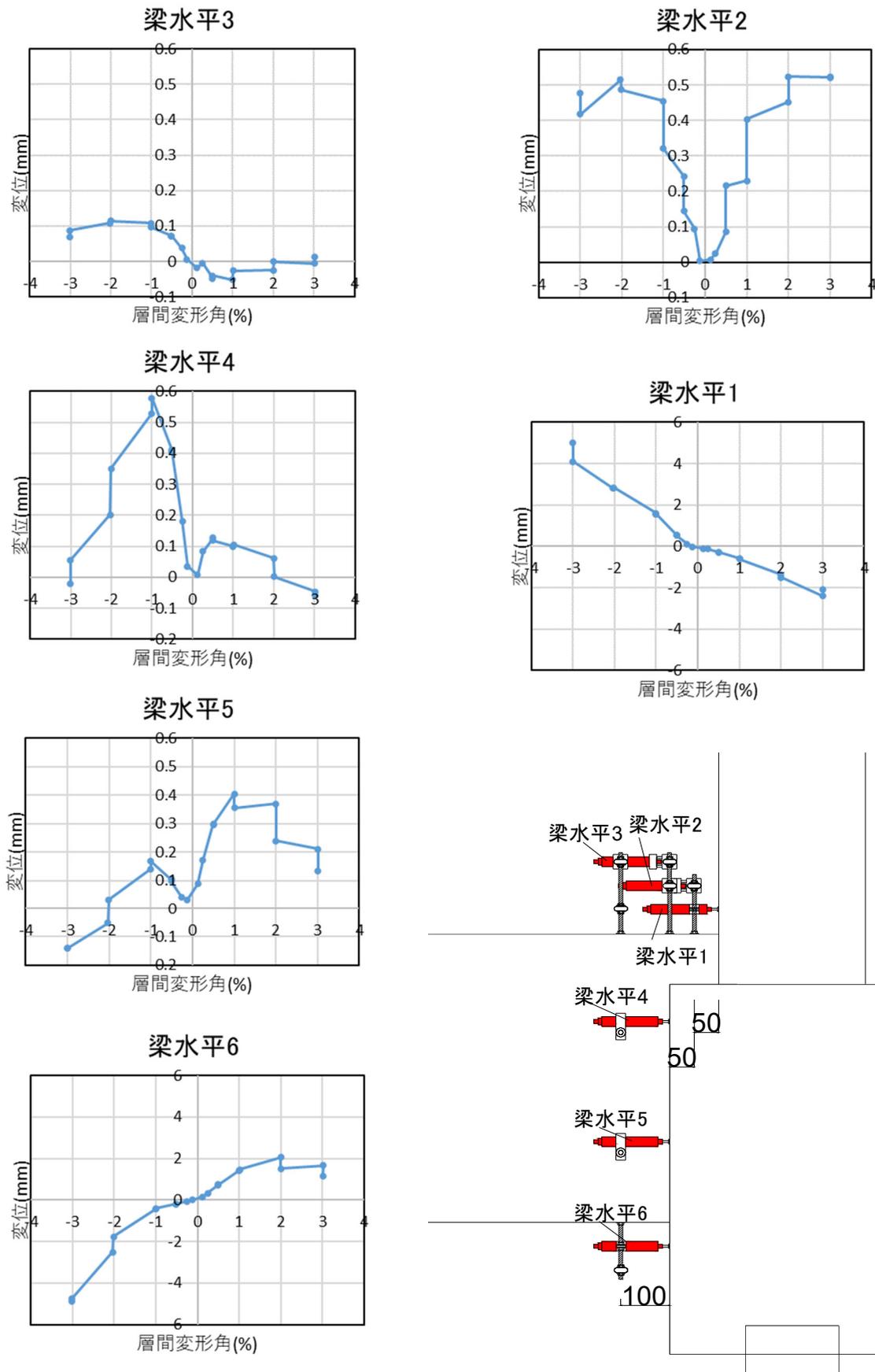


図 2.1.3-95 試験体 A-9 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 1

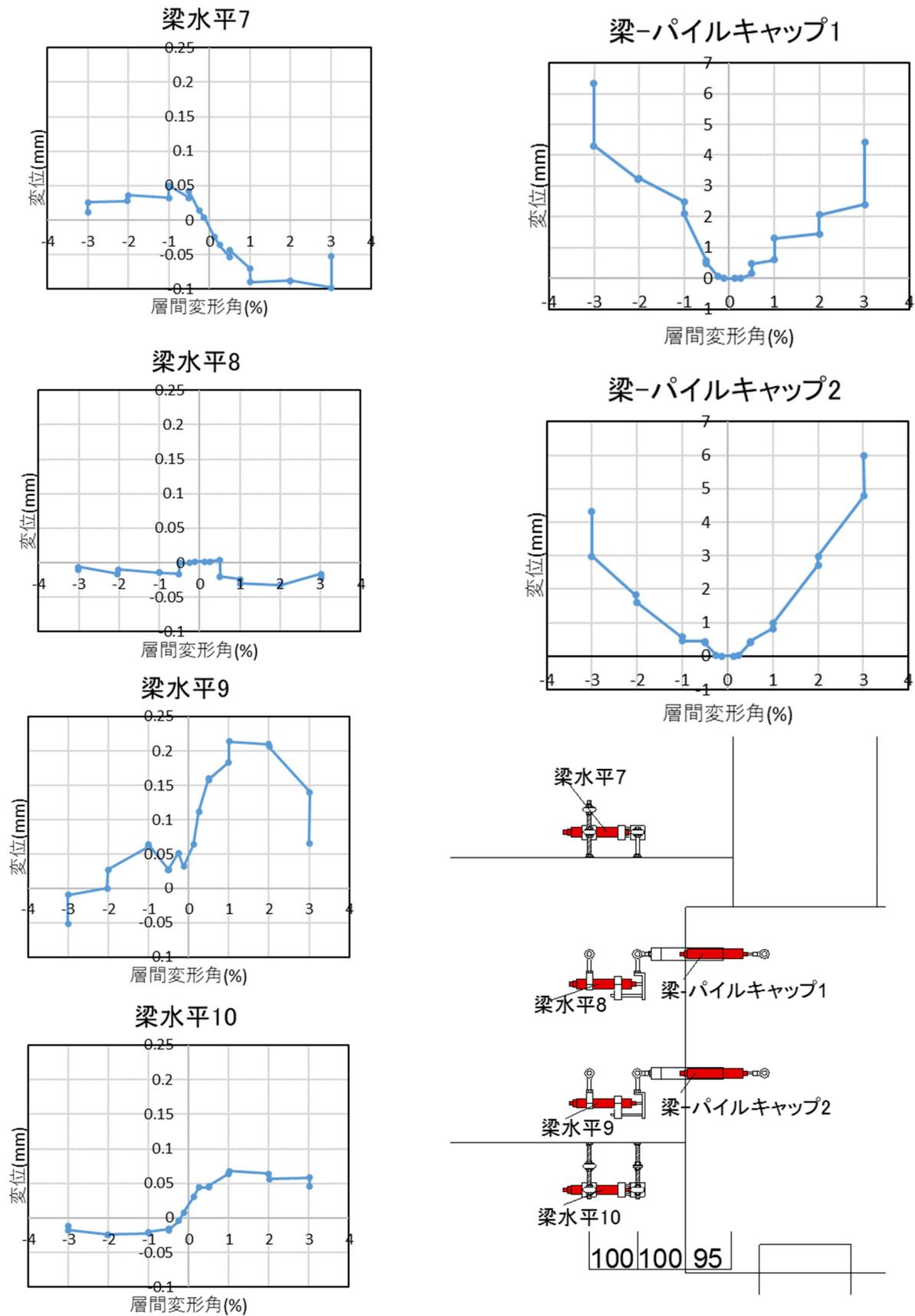


図 2.1.3-96 試験体 A-9 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 2

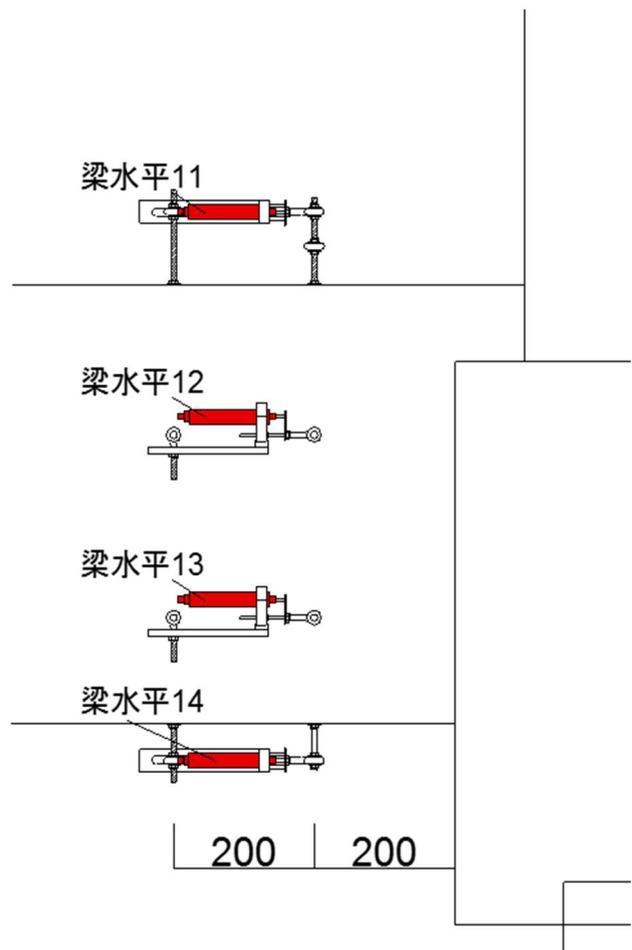
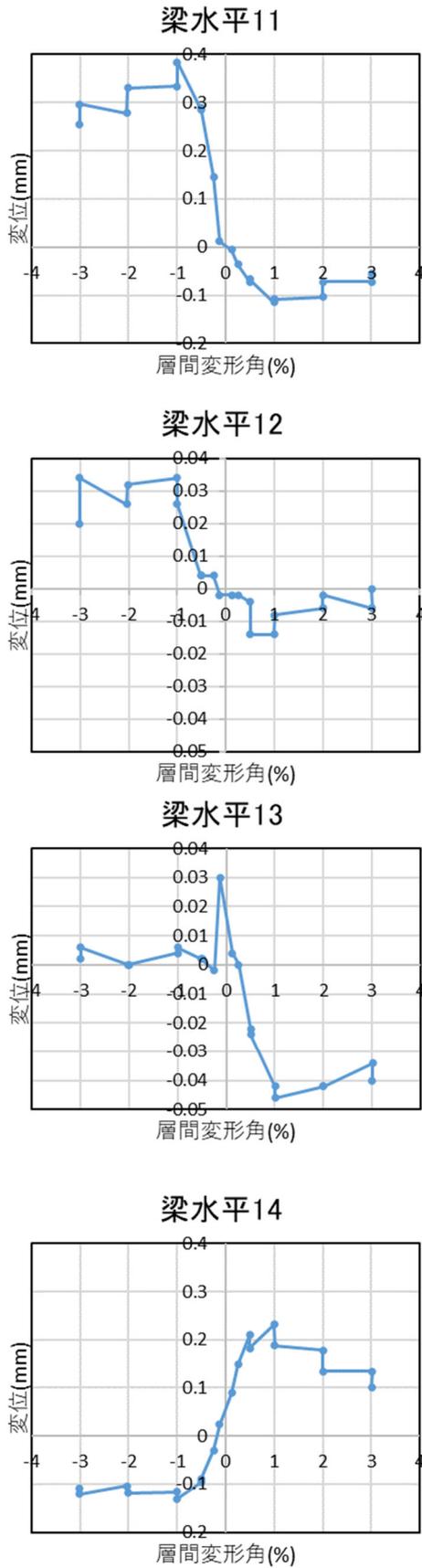


図 2.1.3-97 試験体 A-9 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 3

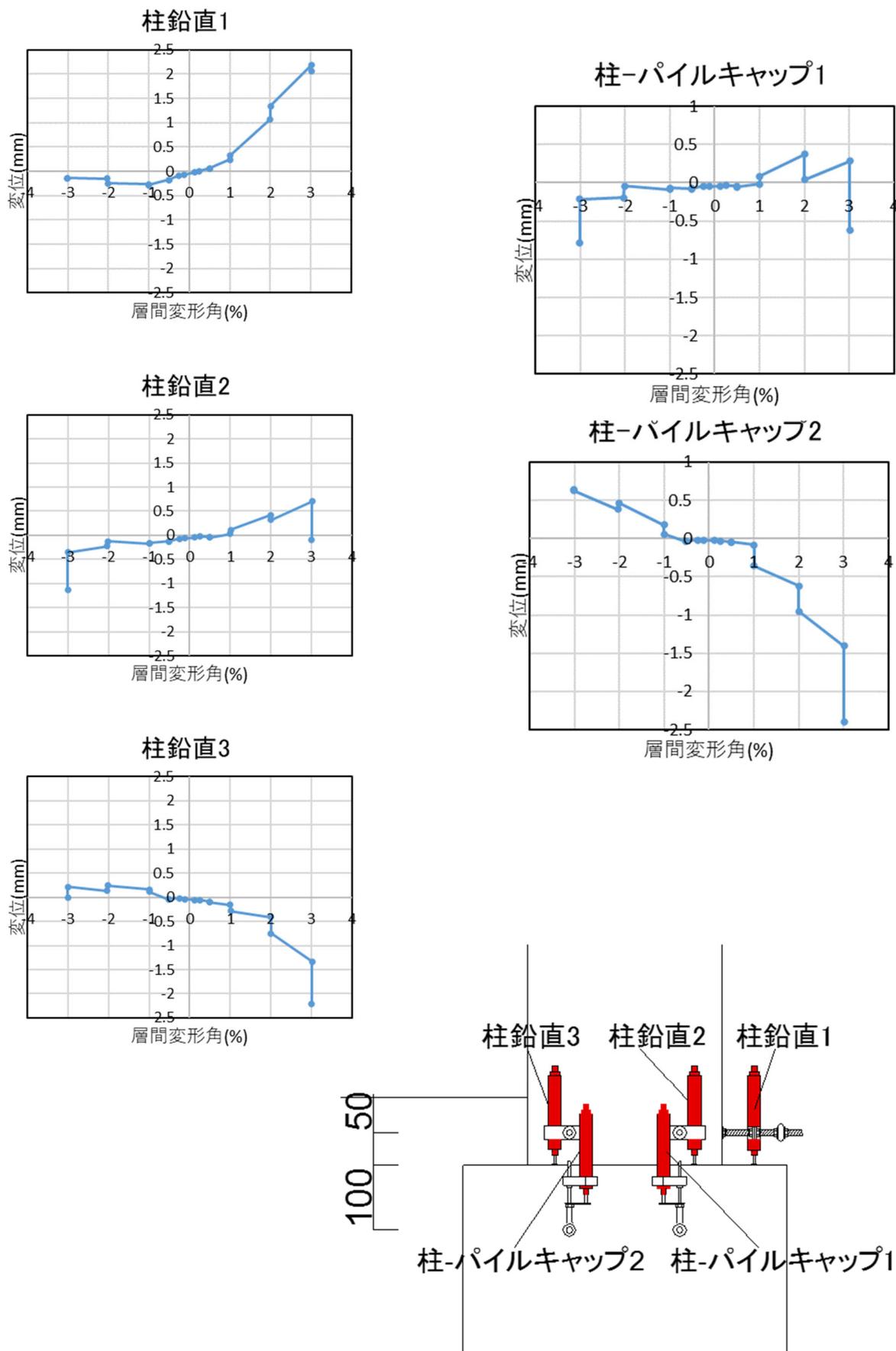


図 2.1.3-98 試験体 A-9 柱変位 層間変形角-変形関係 1

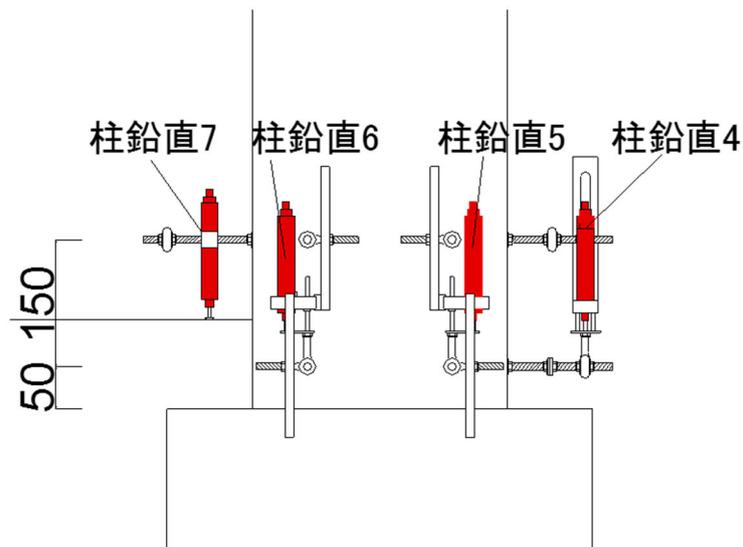
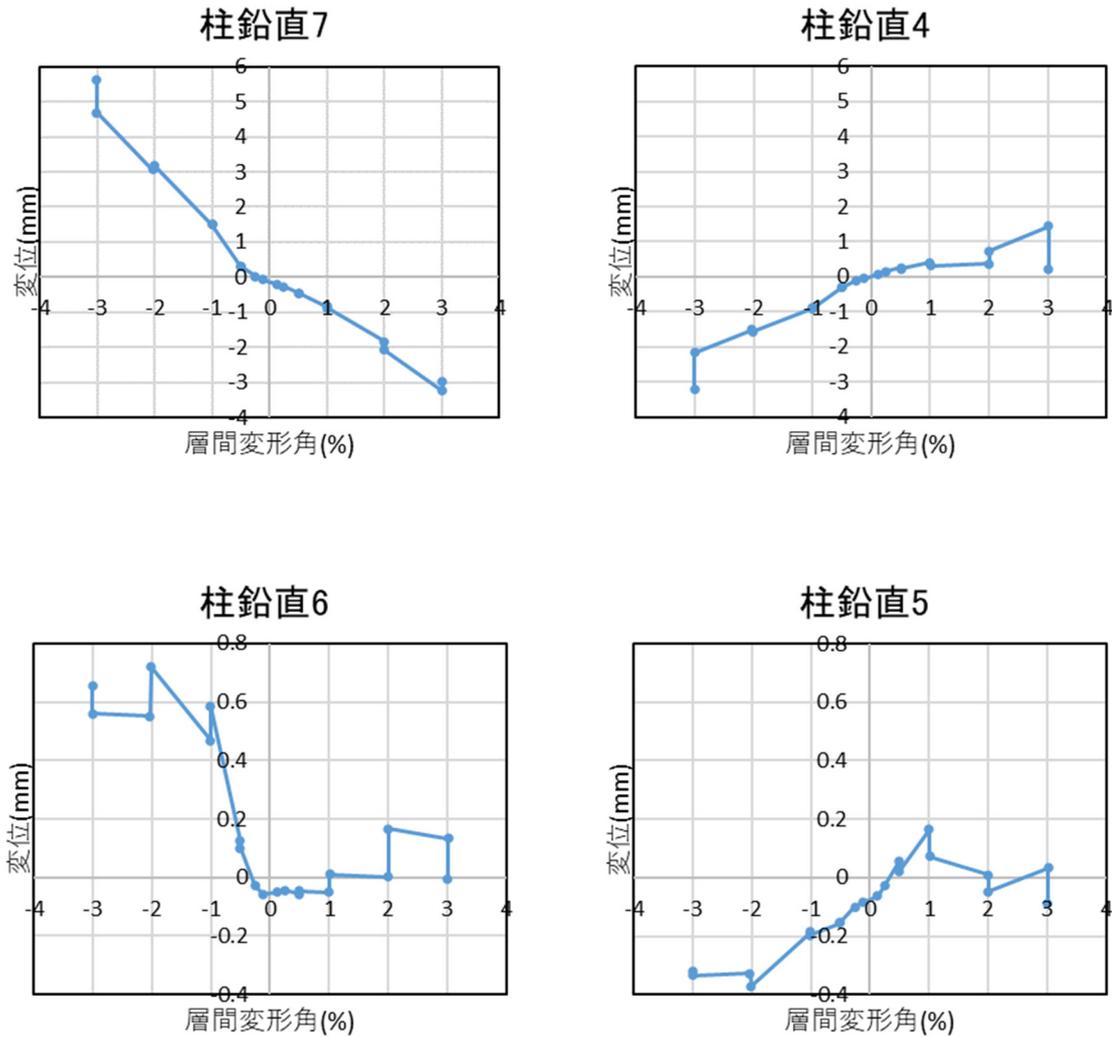


図 2.1.3-99 試験体 A-9 柱変位 層間変形角-変形関係 2

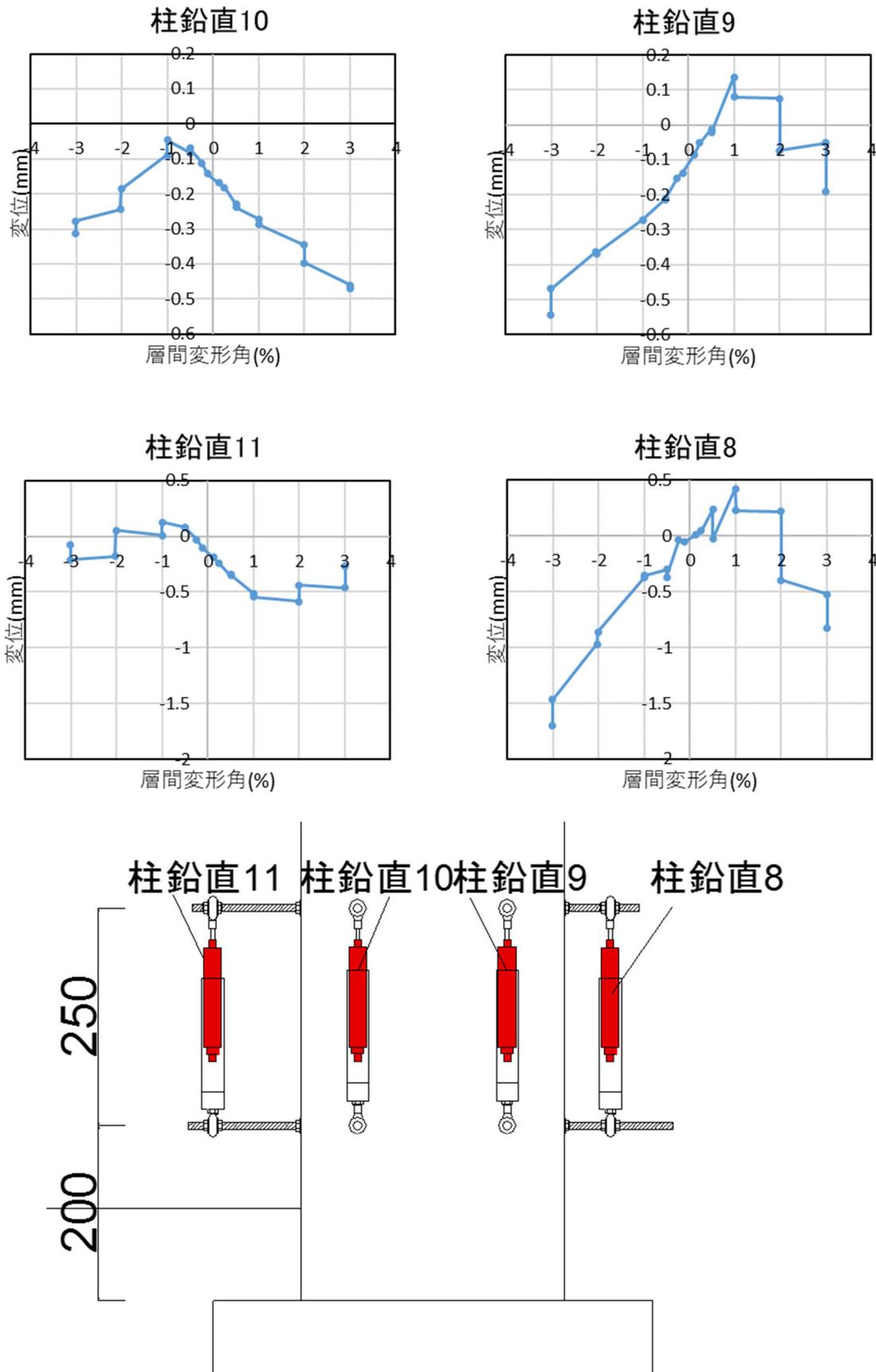


図 2.1.3-100 試験体 A-9 柱変位 層間変形角-変形関係 3

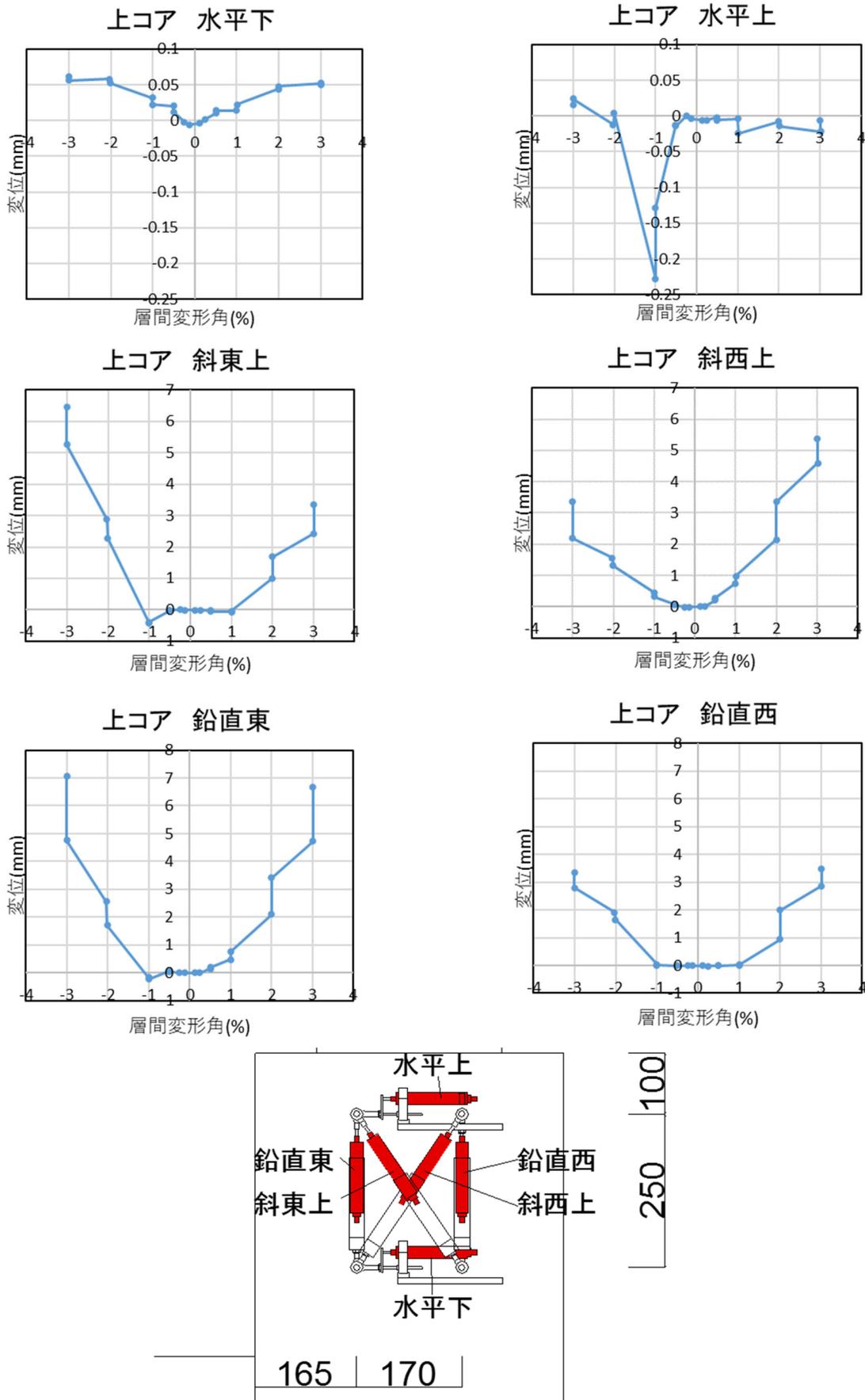


図 2.1.3-101 試験体 A-9 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 1

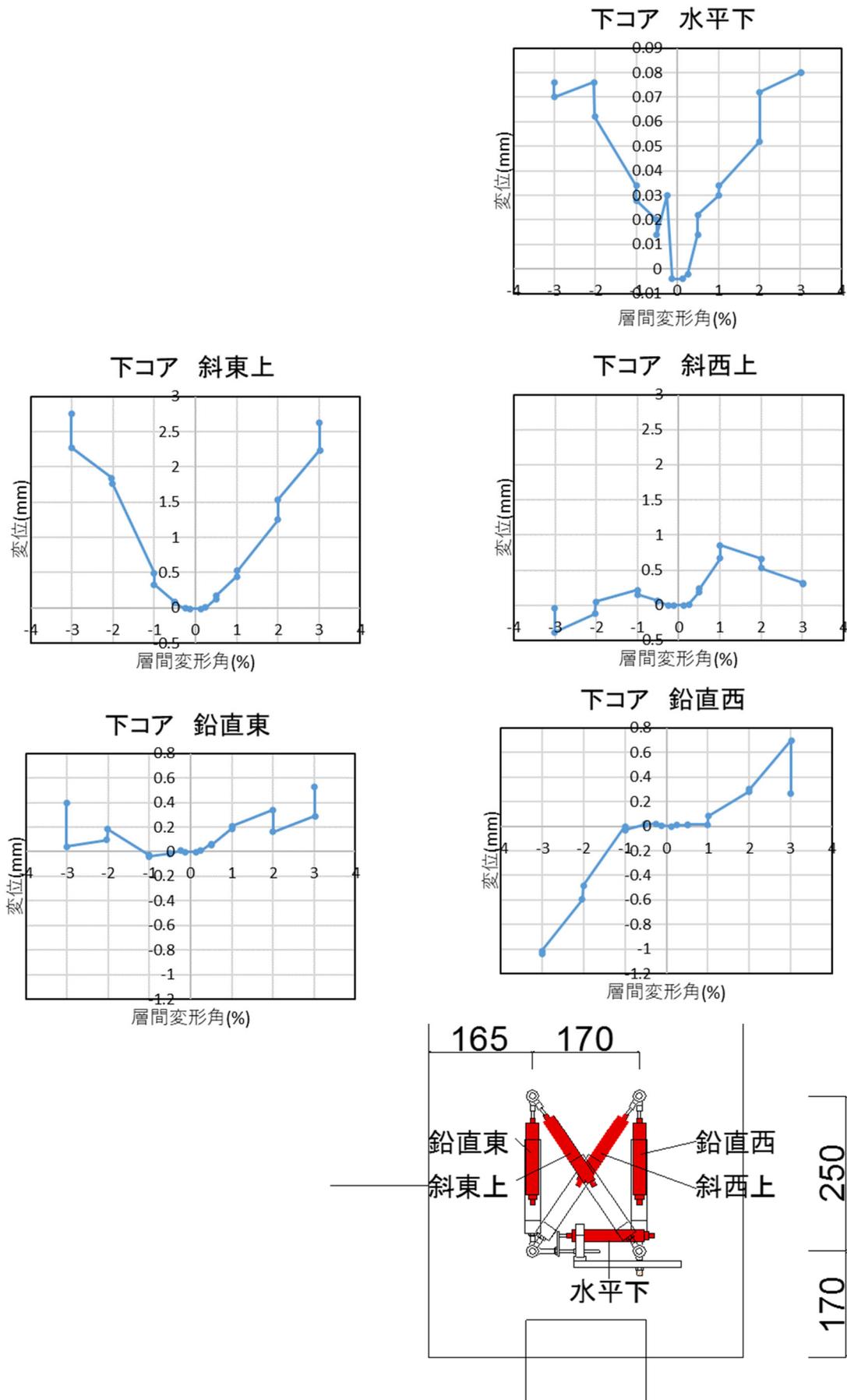


図 2.1.3-102 試験体 A-9 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 2

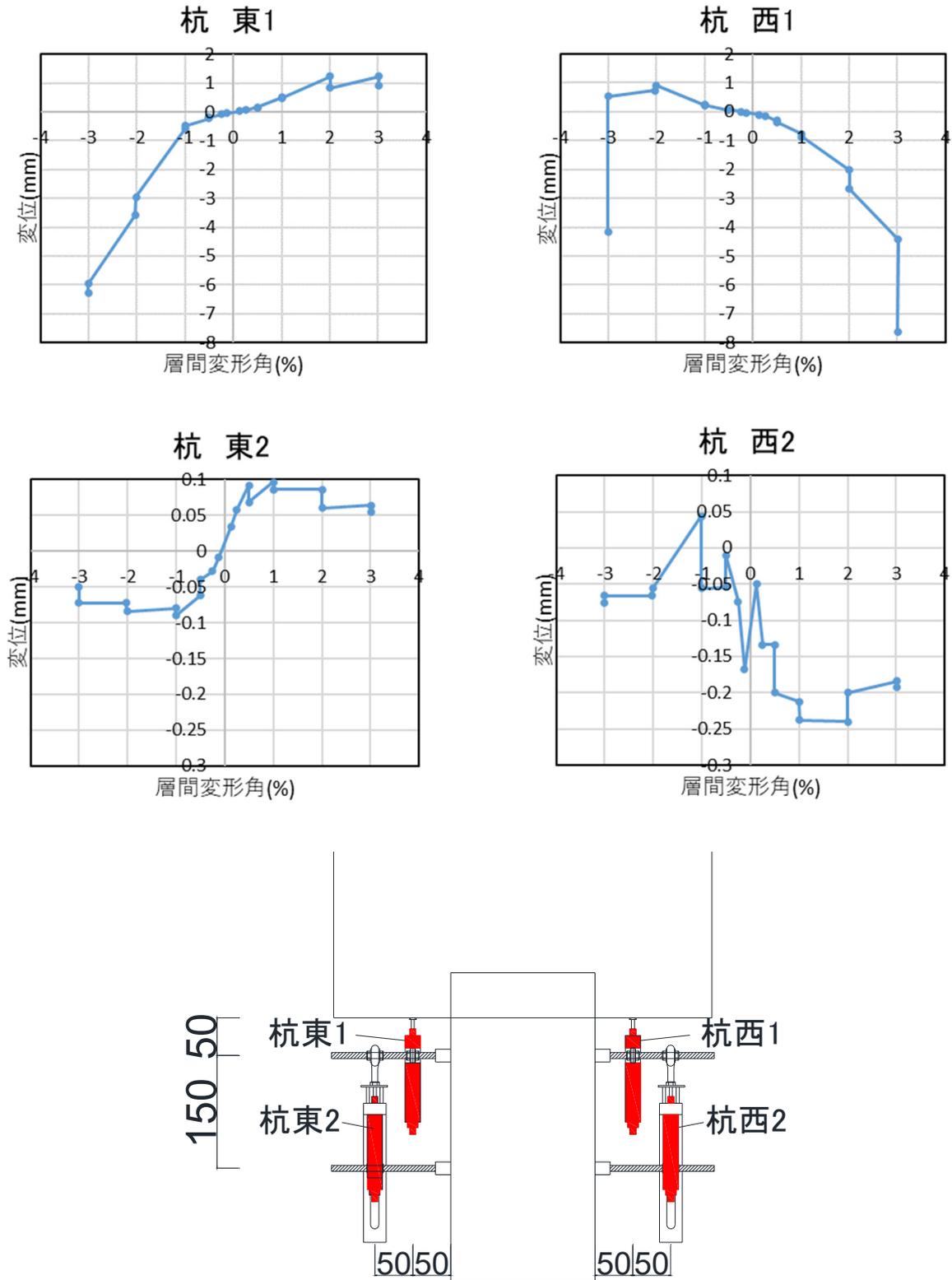
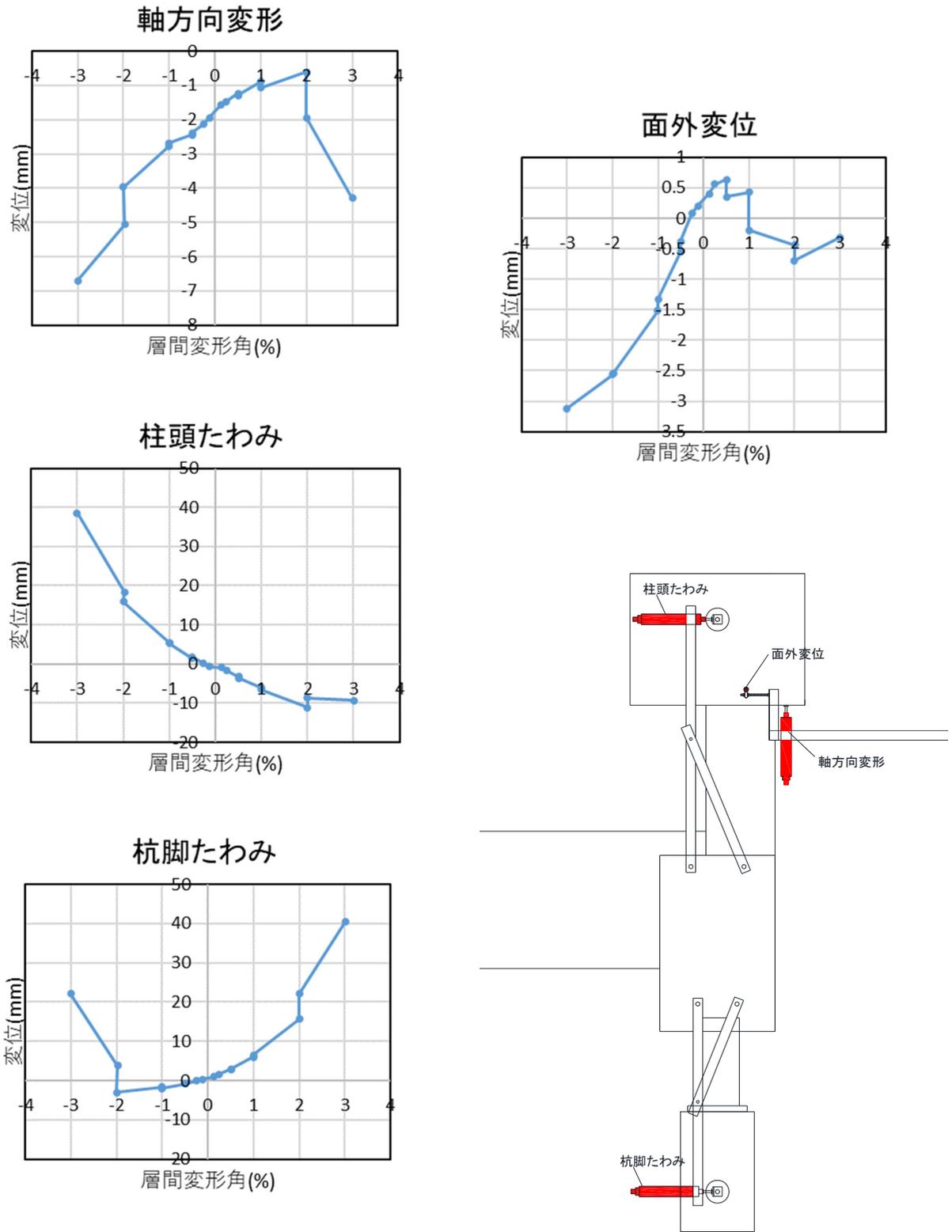


図 2.1.3-103 試験体 A-9 杭変位 層間変形角-変形関係

5) 試験体 C-4



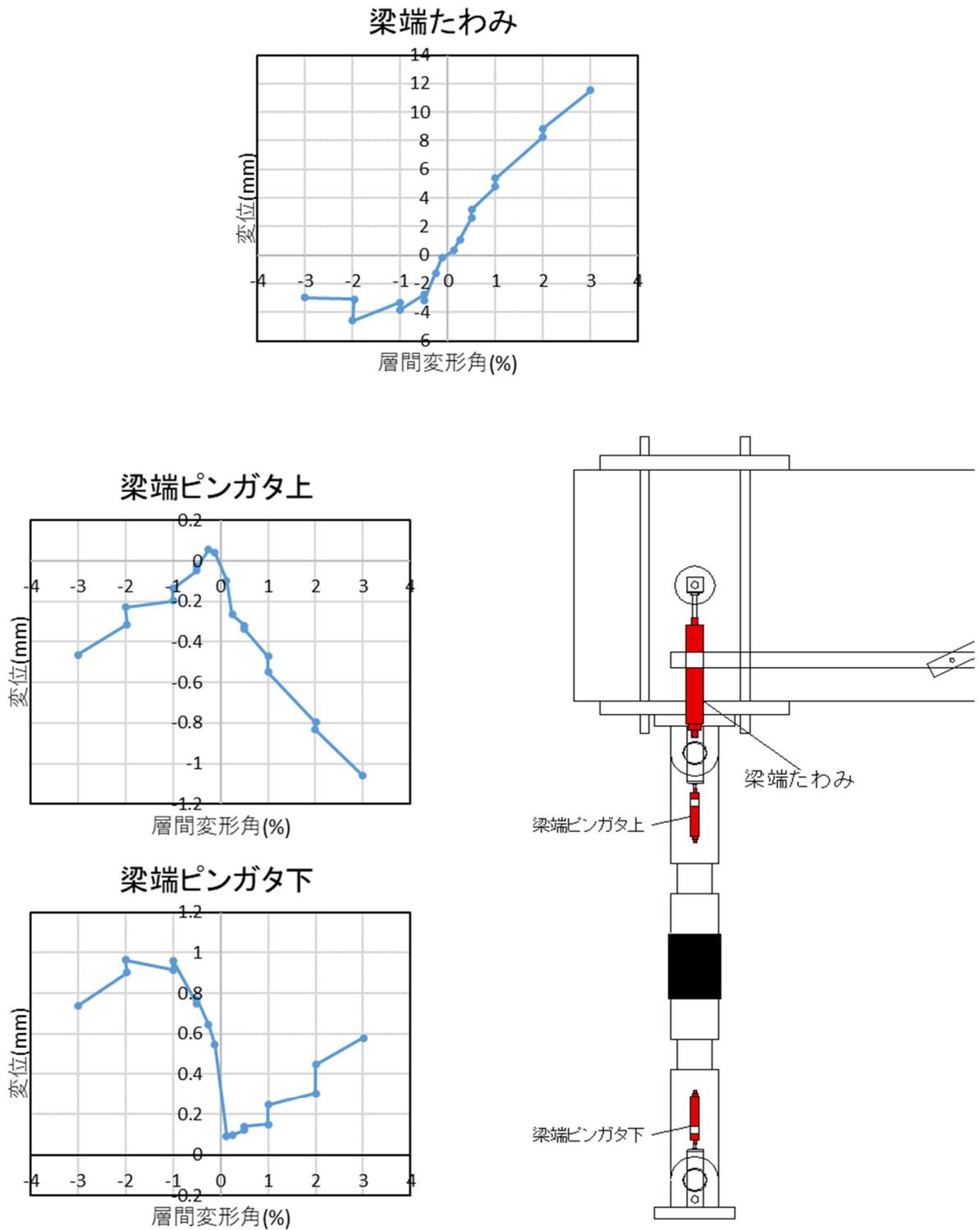


図 2. 1. 3-105 試験体 C-4 部材変位 層間変形角-変形関係 2

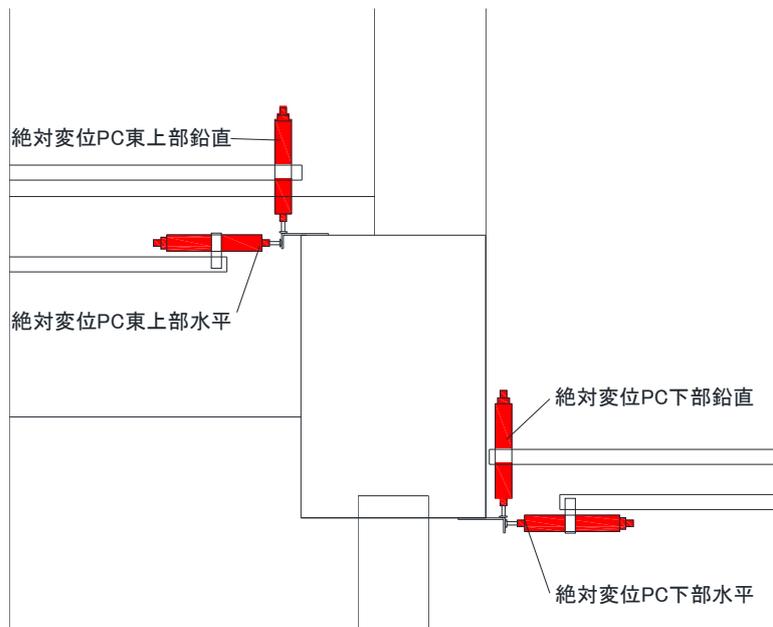
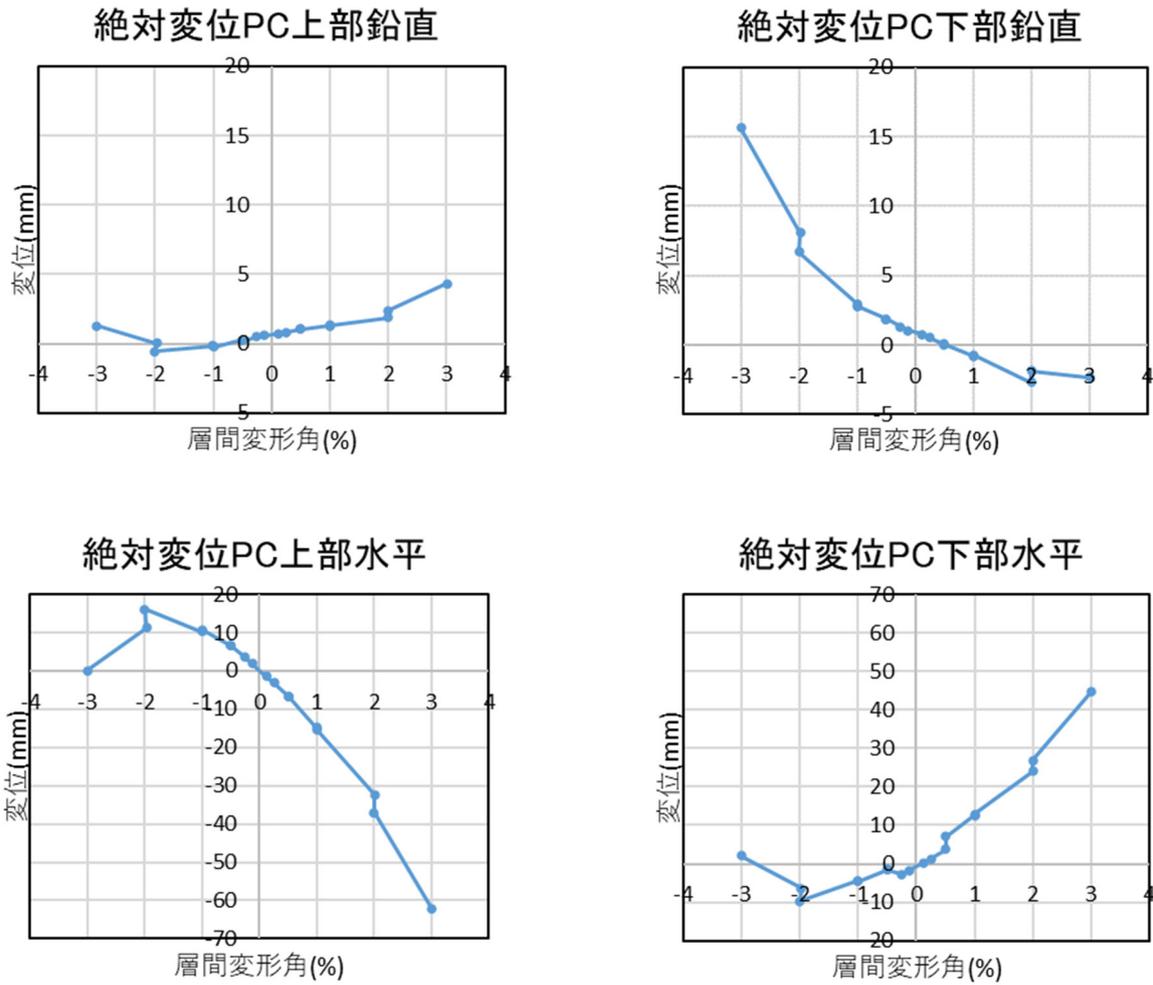


図 2.1.3-106 試験体 C-4 部材絶対変位 層間変形角-変形関係

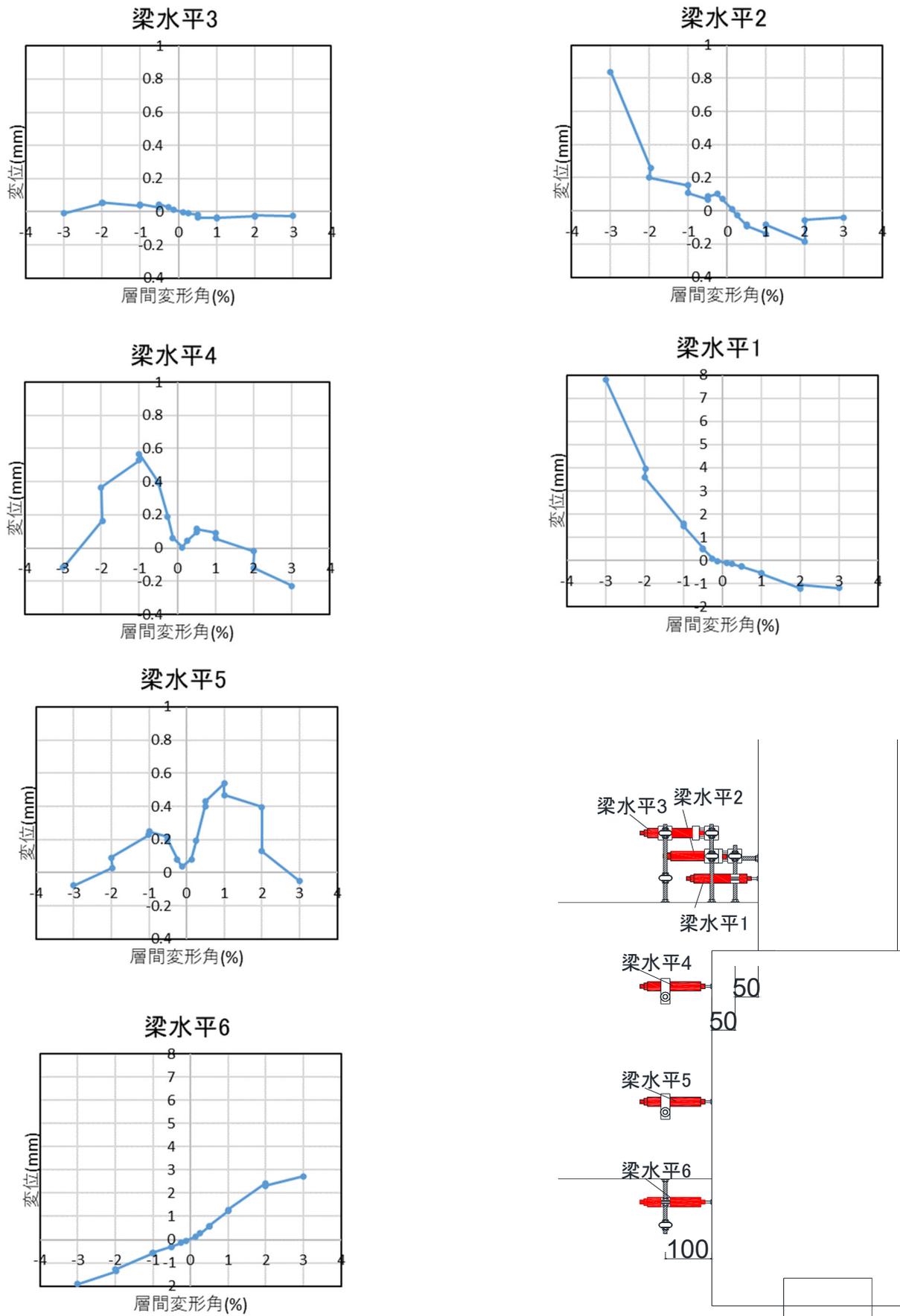
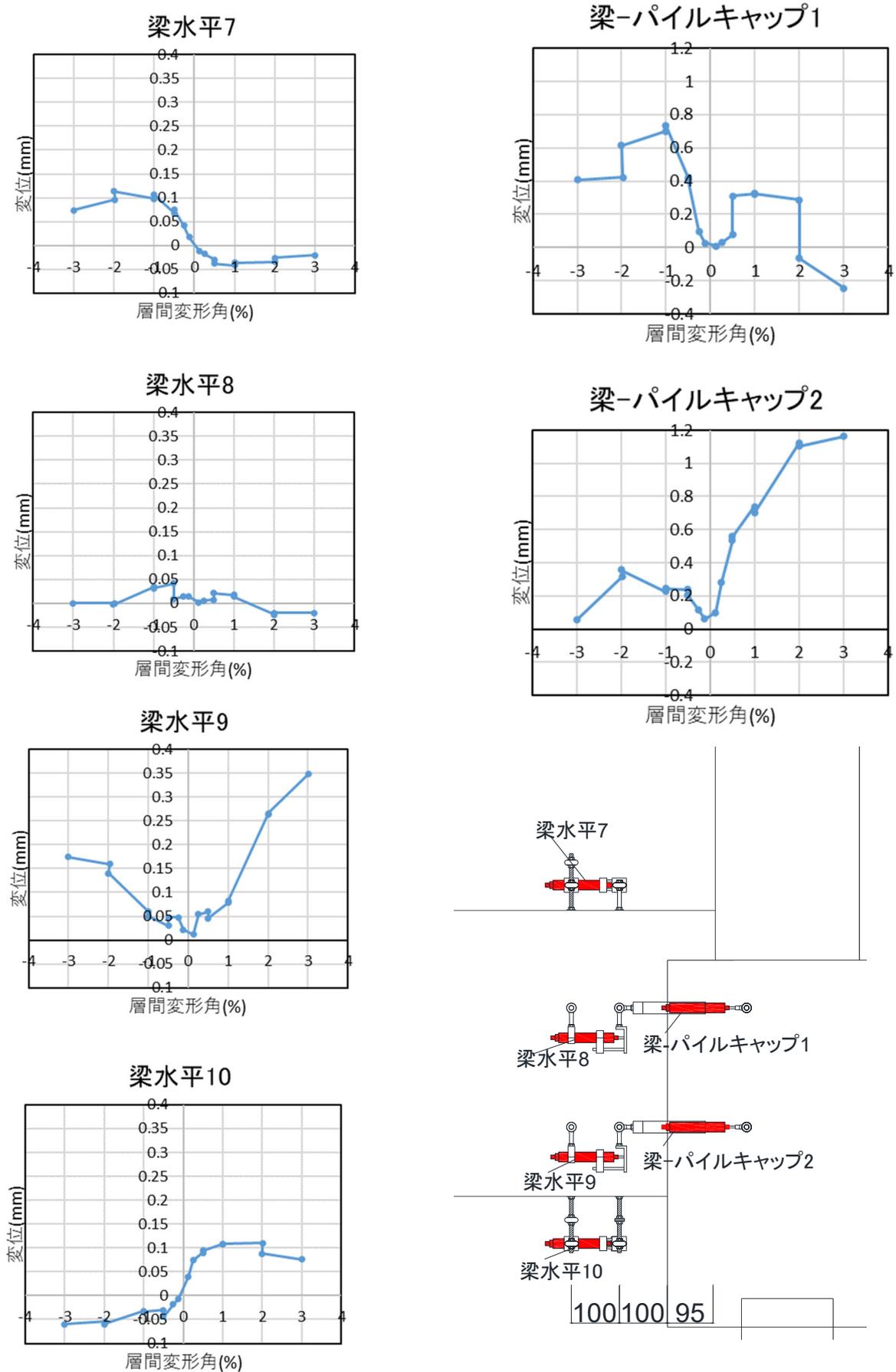


図 2.1.3-107 試験体 C-4 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 1



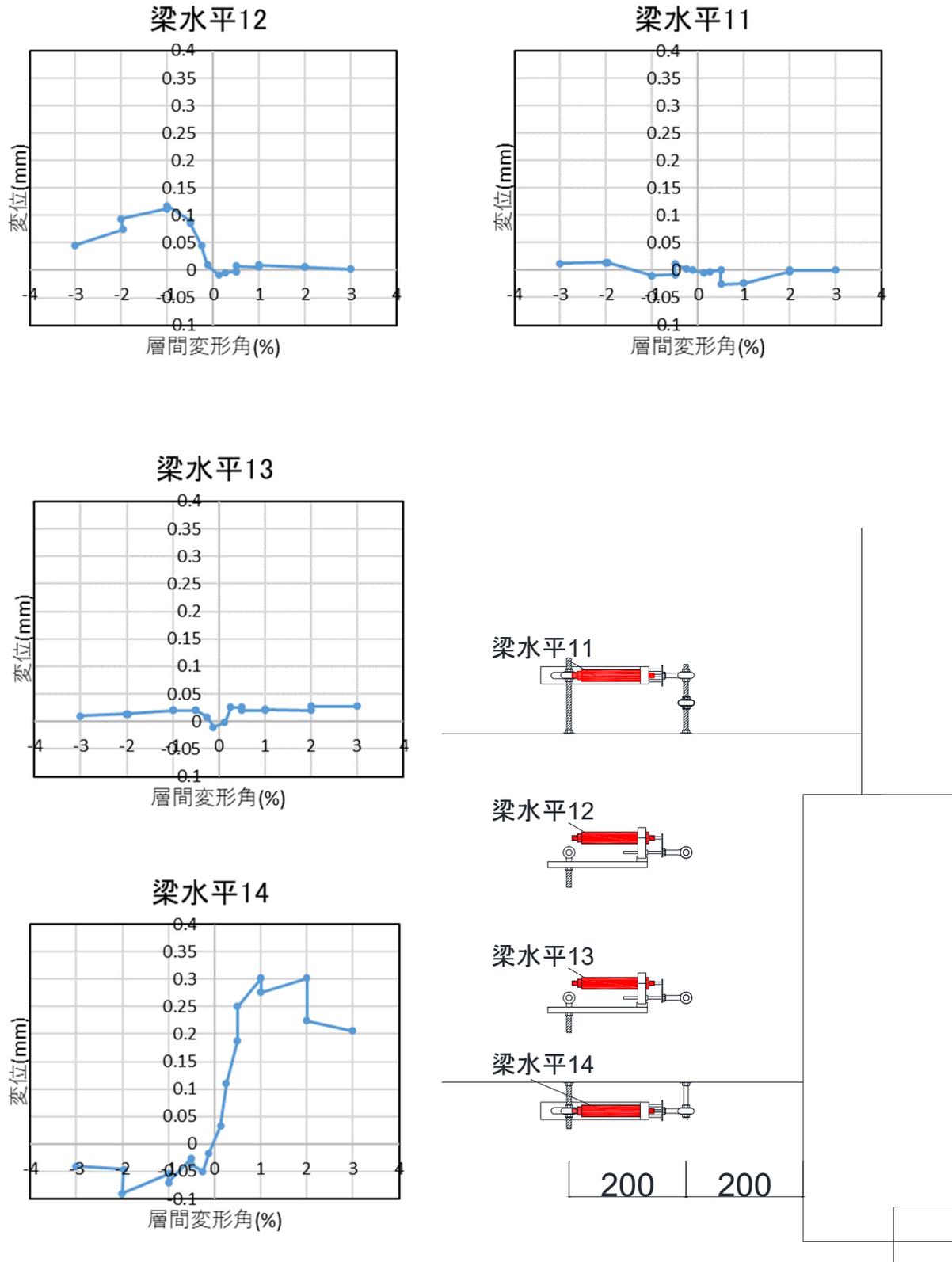


図 2.1.3-109 試験体 C-4 基礎梁変位 層間変形角-変形関係 3

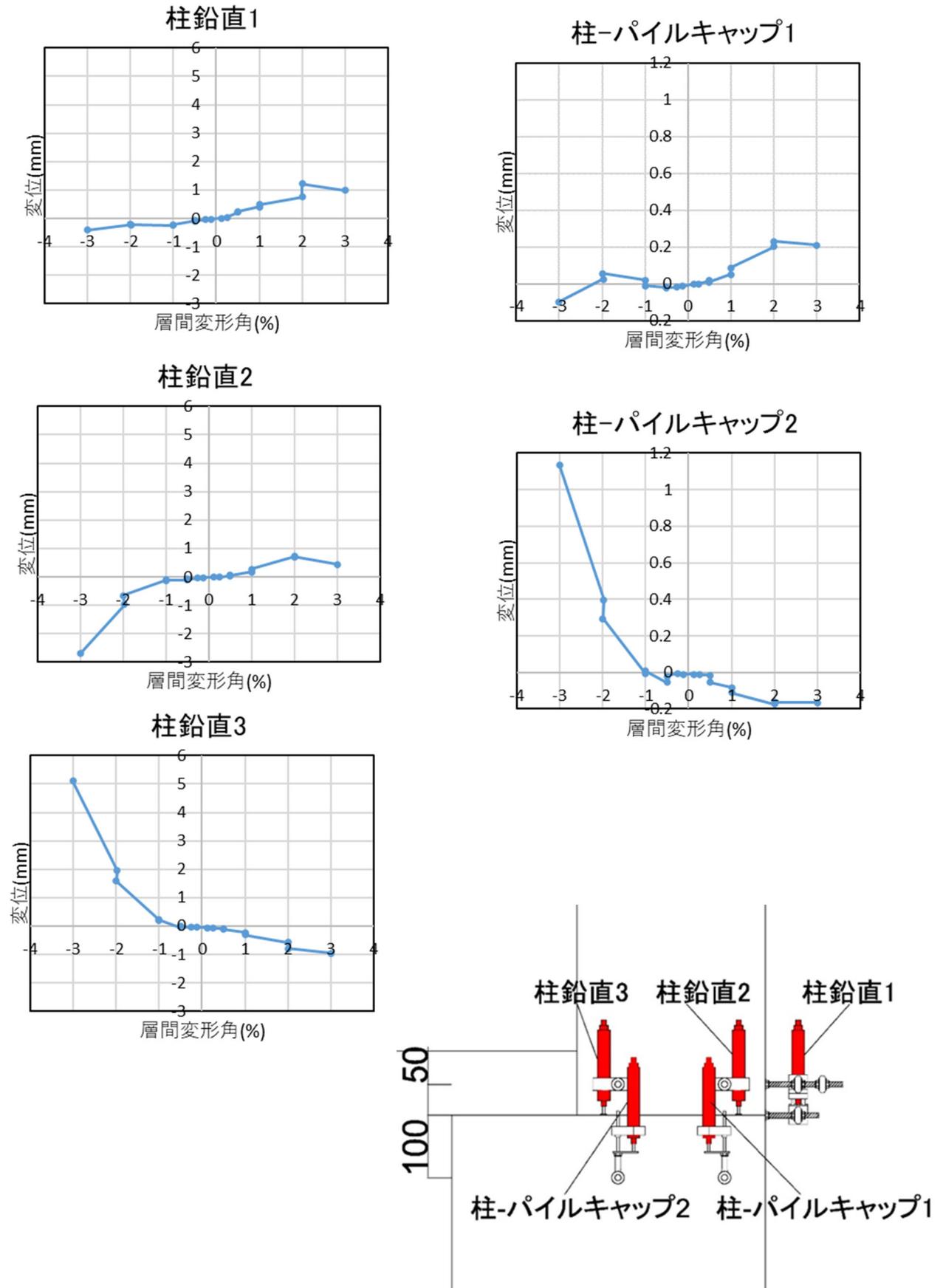


図 2.1.3-110 試験体 C-4 柱変位 層間変形角-変形関係 1

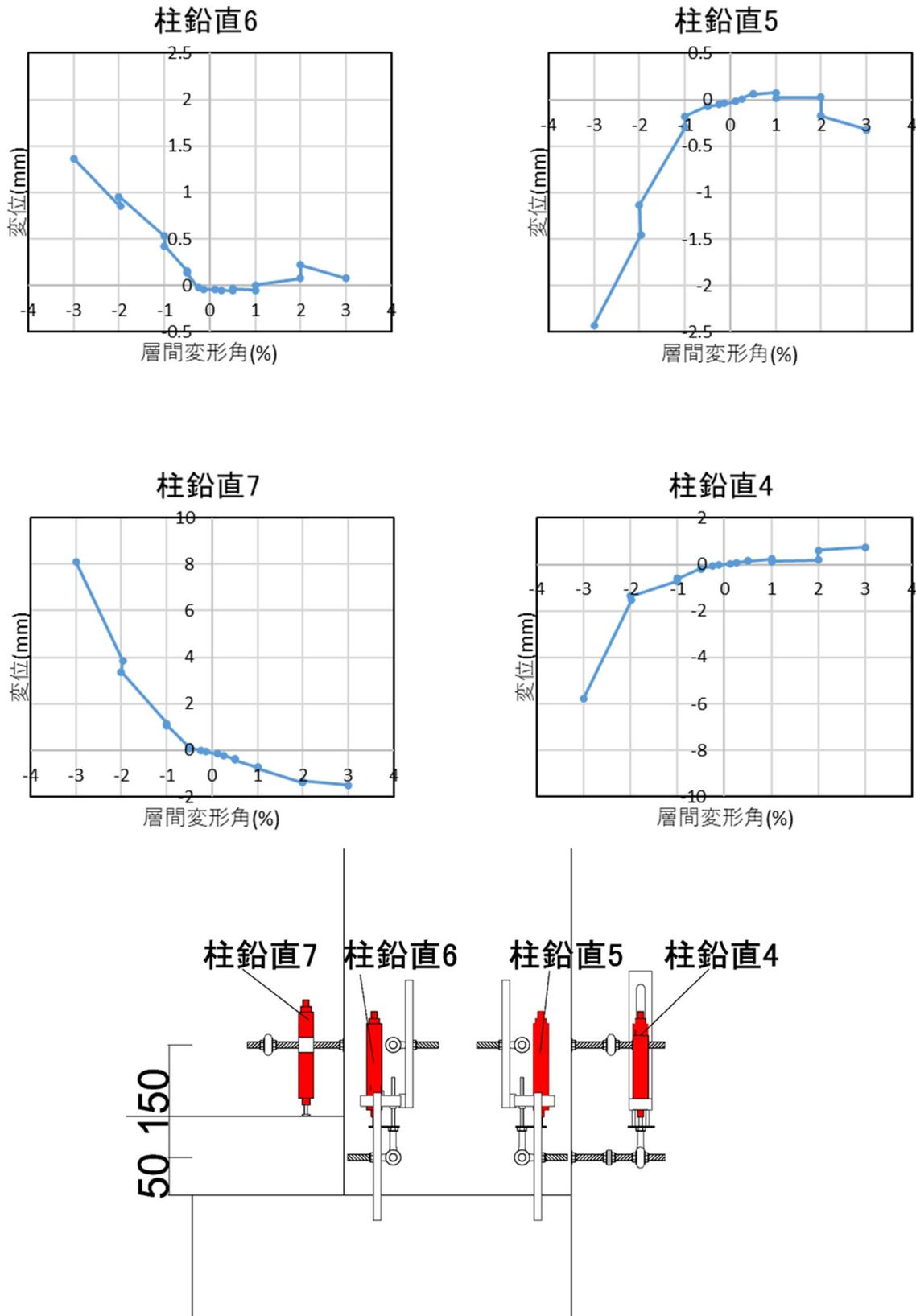


図 2.1.3-111 試験体 C-4 柱変位 層間変形角-変形関係 2

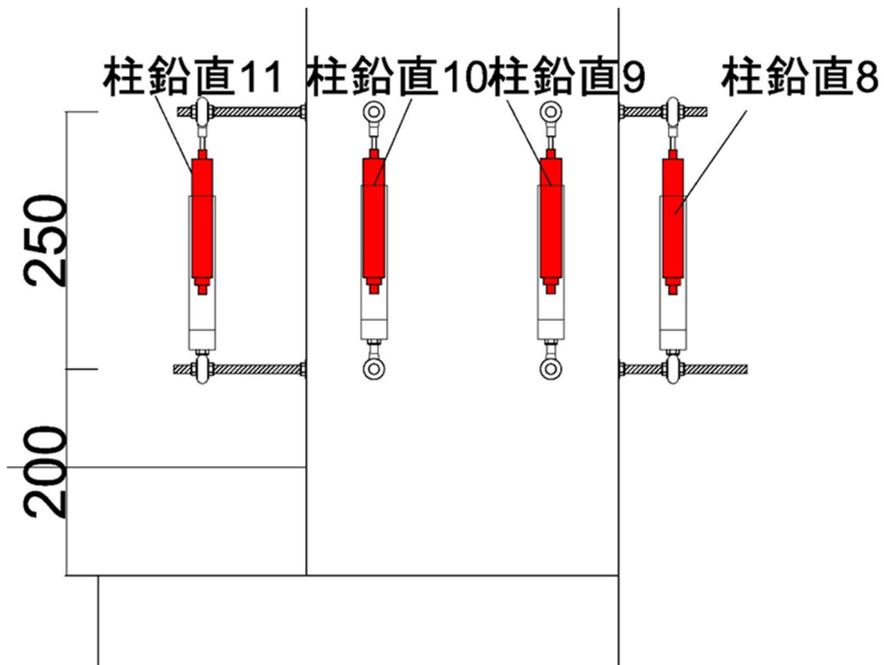
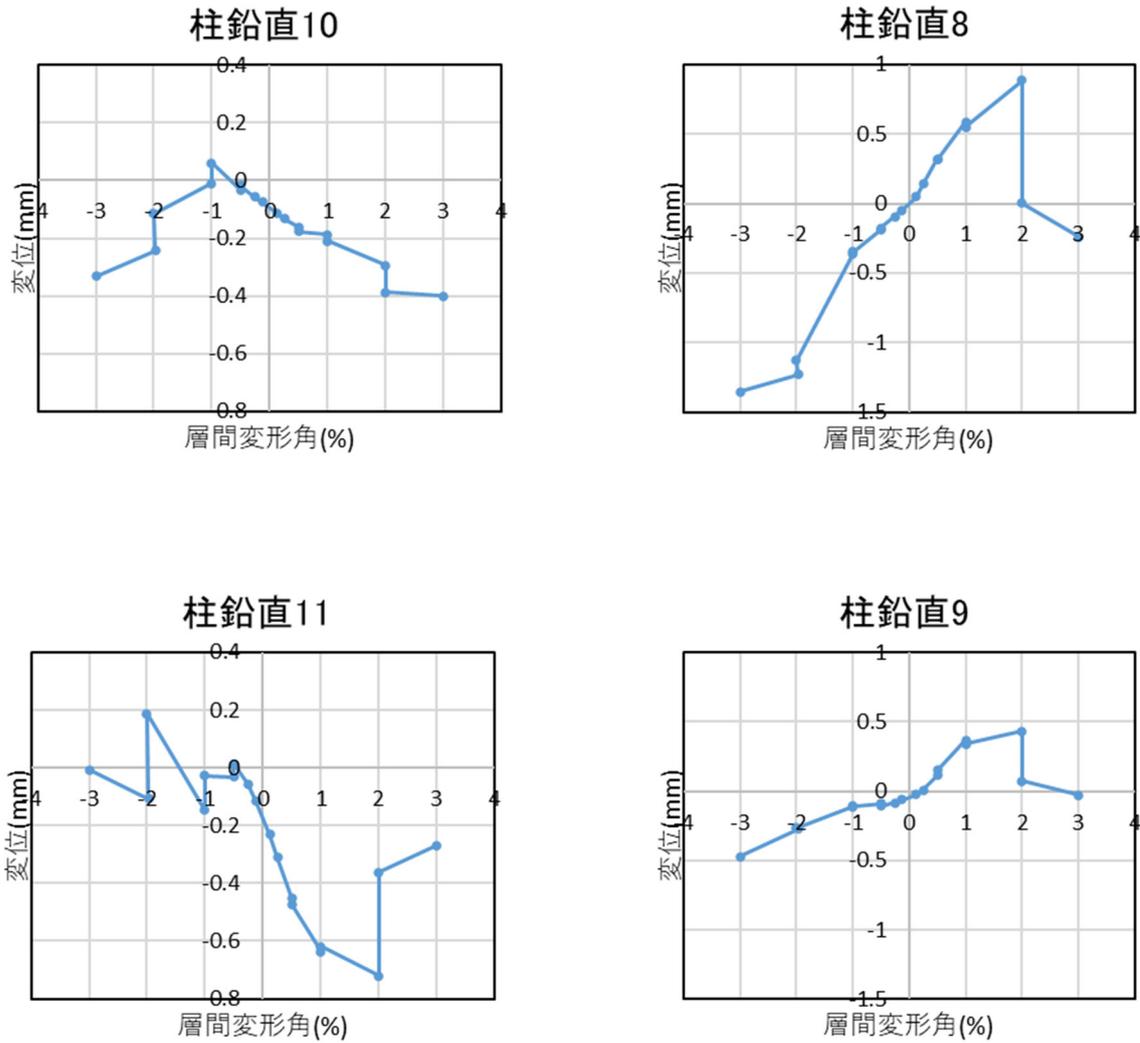


図 2.1.3-112 試験体 C-4 柱変位 層間変形角-変形関係 3

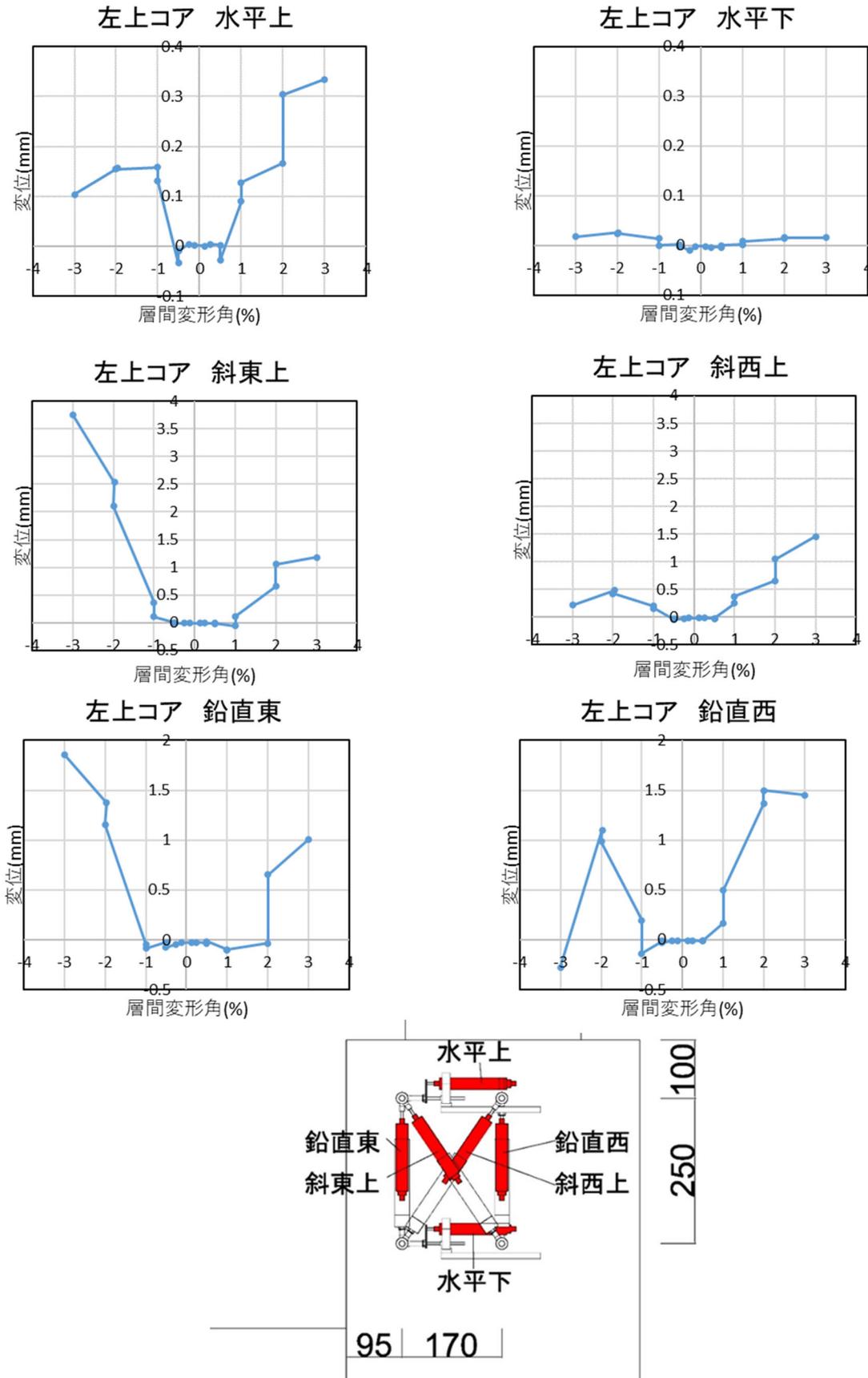


図 2.1.3-113 試験体 C-4 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 1

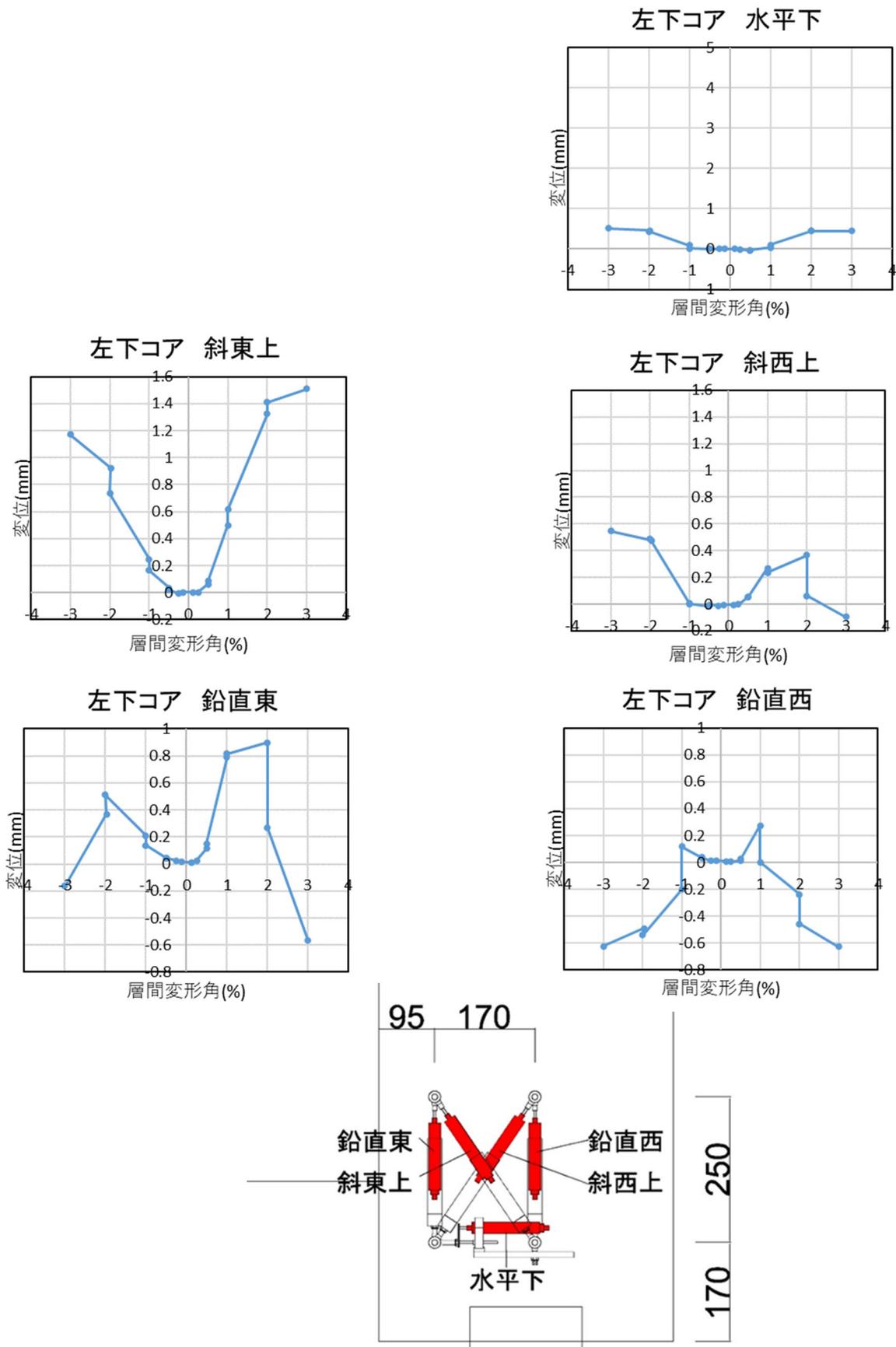


図 2.1.3-114 試験体 C-4 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 2

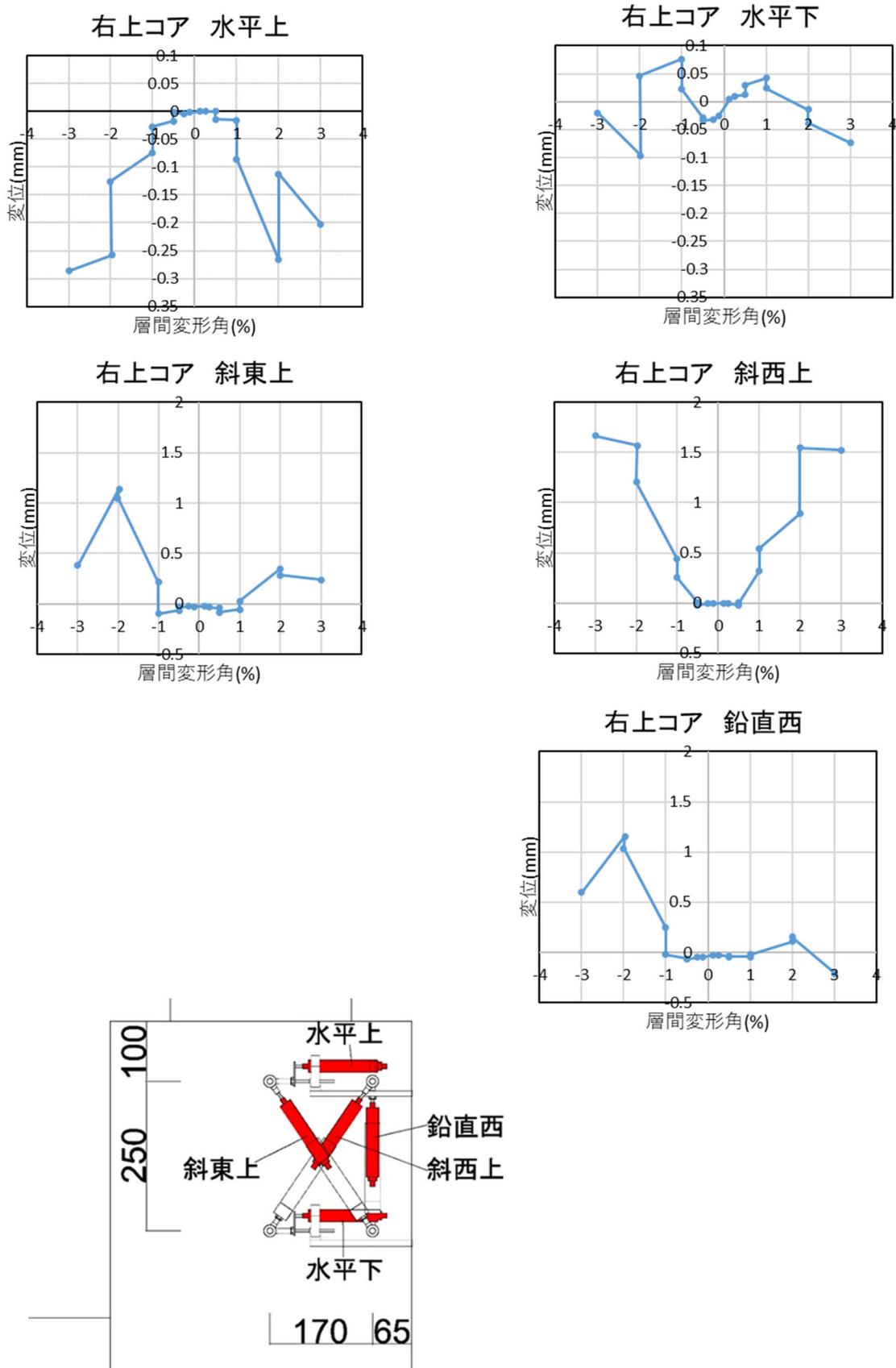


図 2.1.3-115 試験体 C-4 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 3

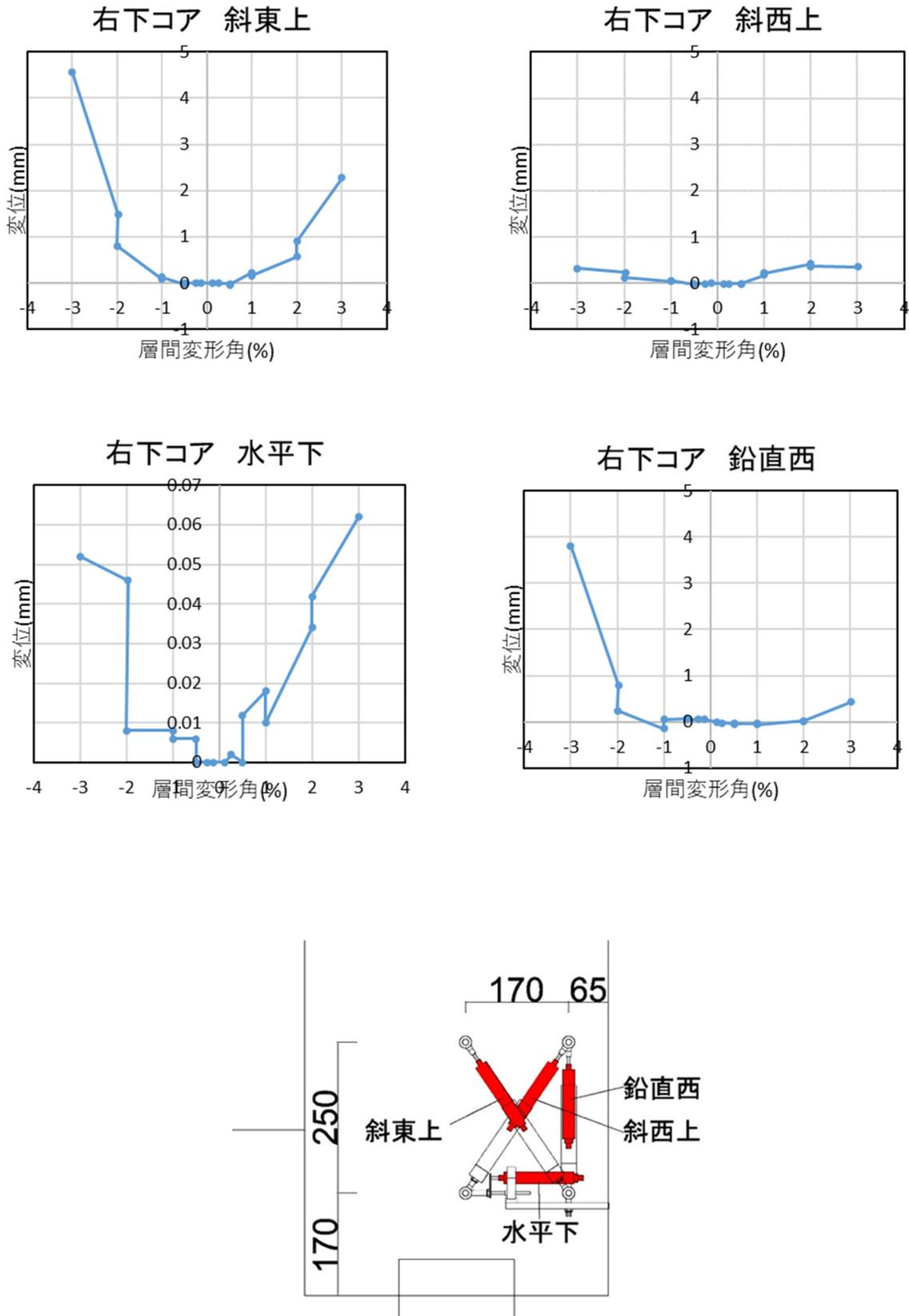


図 2.1.3-116 試験体 C-4 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 4

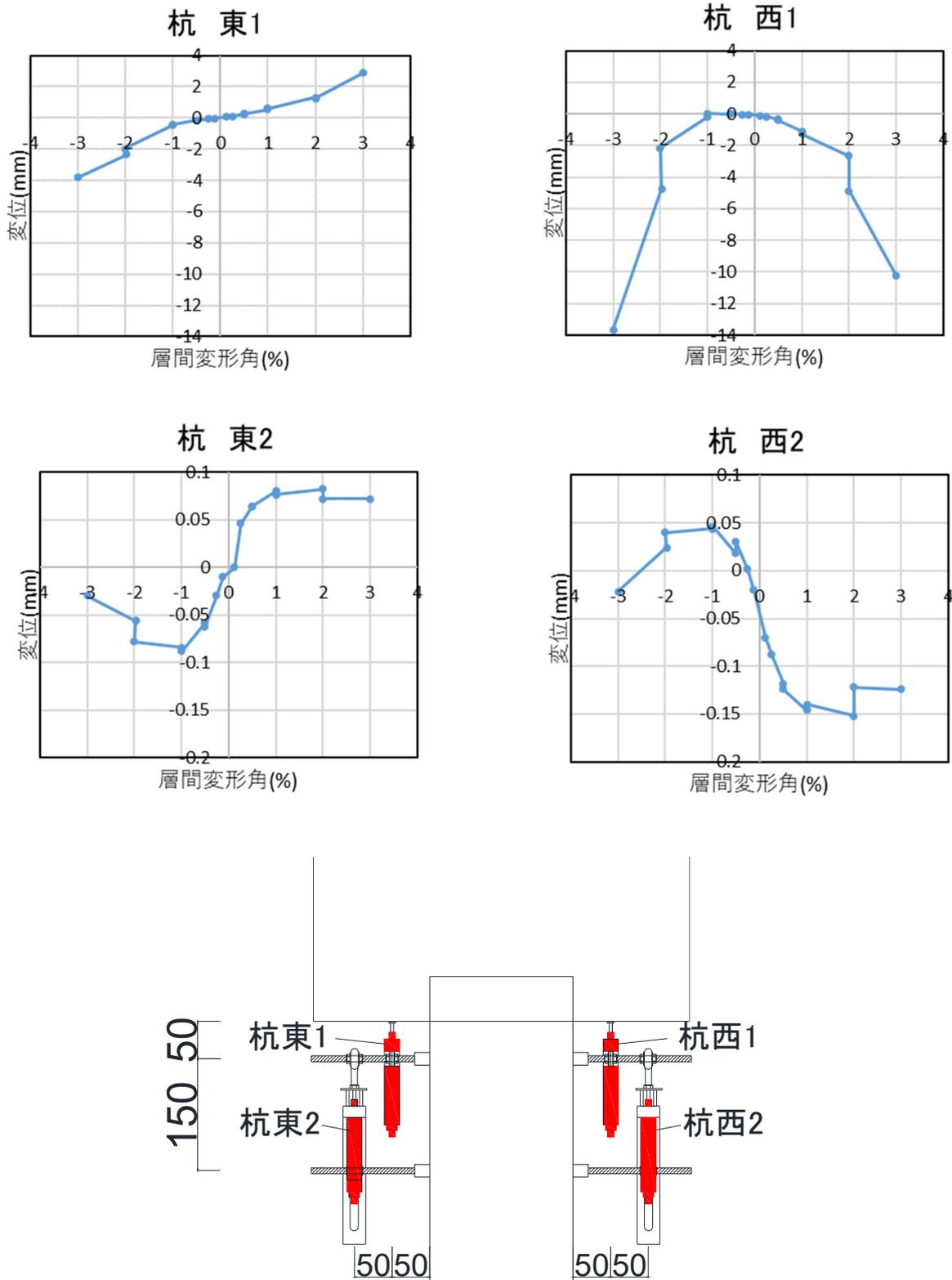


図 2.1.3-117 試験体 C-4 杭変位 層間変形角-変形関係

(4) 各鉄筋ひずみ分布

・試験体 A-7a

図 2.1.3-118～図 2.1.3-126 に基礎梁主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-127 に基礎梁補強筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-128 に柱主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-129 に柱補強筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-130 に杭各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-131～図 2.1.3-132 に杭頭定着筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-133～図 2.1.3-135 にパイルキャップ補強筋各ピーク時のひずみ分布を示す。

・試験体 A-7b

図 2.1.3-136～図 2.1.3-144 に基礎梁主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-145 に基礎梁補強筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-146 に柱主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-147 に柱補強筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-148 に杭各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-149～図 2.1.3-150 に杭頭定着筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-151～図 2.1.3-153 にパイルキャップ補強筋各ピーク時のひずみ分布を示す。

・試験体 A-8

図 2.1.3-154～図 2.1.3-162 に基礎梁主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-163 に柱主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-164 に柱補強筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-165 に杭各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-166～図 2.1.3-167 に杭頭定着筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-168～図 2.1.3-170 にパイルキャップ補強筋各ピーク時のひずみ分布を示す。

・試験体 A-9

図 2.1.3-171～図 2.1.3-179 に基礎梁主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-180 に柱主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-181 に柱補強筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-182 に杭各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-183～図 2.1.3-184 に杭頭定着筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-185～図 2.1.3-187 にパイルキャップ補強筋各ピーク時のひずみ分布を示す。

・試験体 C-4

図 2.1.3-188～図 2.1.3-196 に基礎梁主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-197 に柱主筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-198 に柱補強筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-199 に杭各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-200～図 2.1.3-201 に杭頭定着筋各ピーク時のひずみ分布を，図 2.1.3-202～図 2.1.3-204 にパイルキャップ補強筋各ピーク時のひずみ分布を示す。

1) 試験体 A-7a

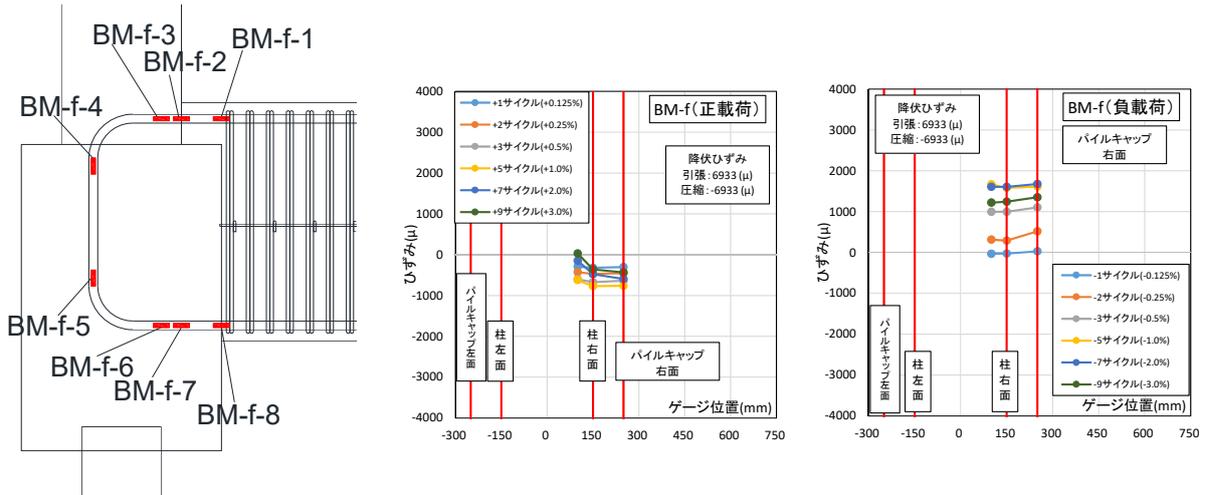


図 2.1.3-118 試験体 A-7a 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (前)

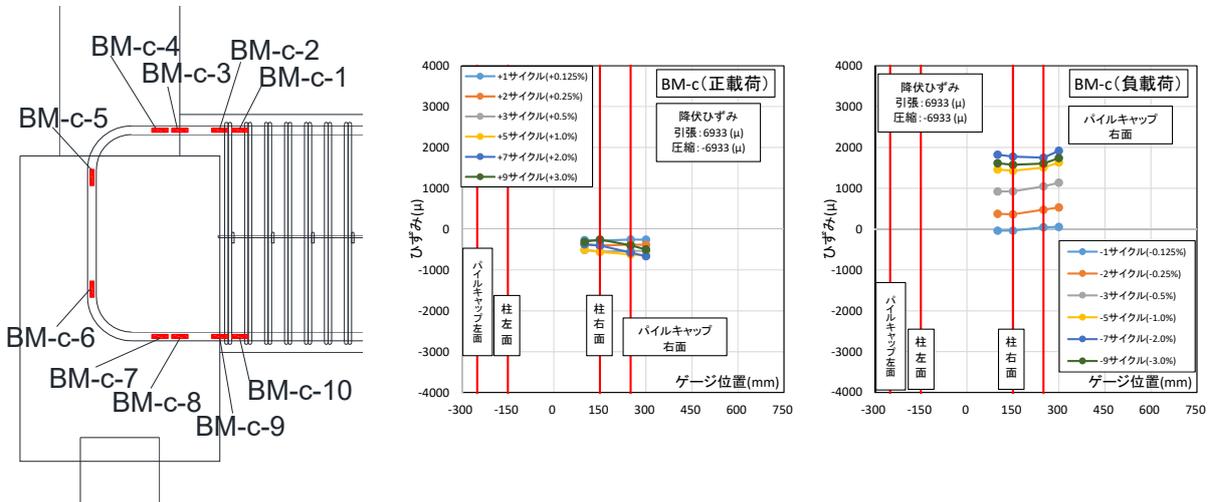


図 2.1.3-119 試験体 A-7a 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (中央)

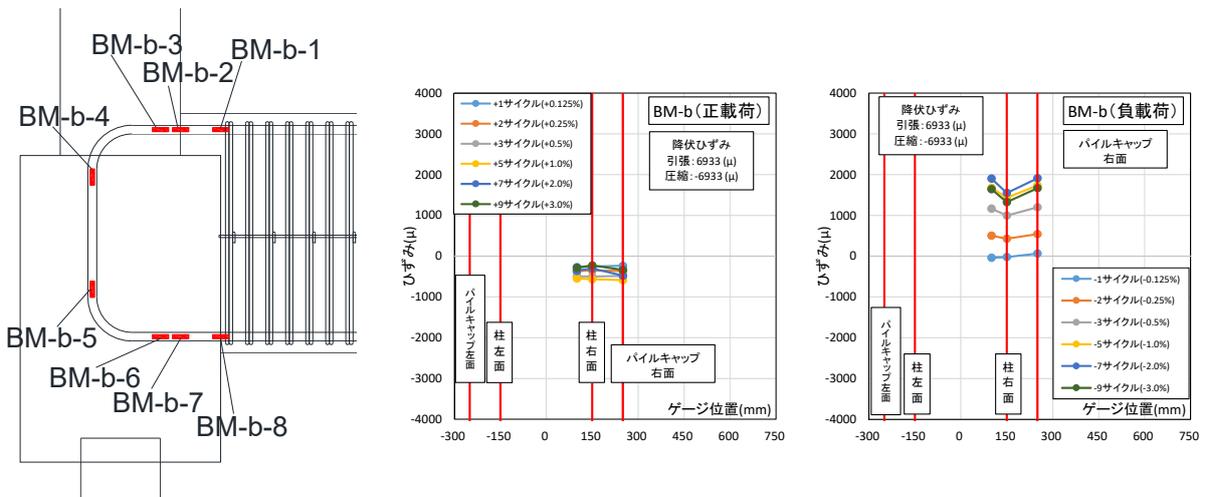


図 2.1.3-120 試験体 A-7a 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

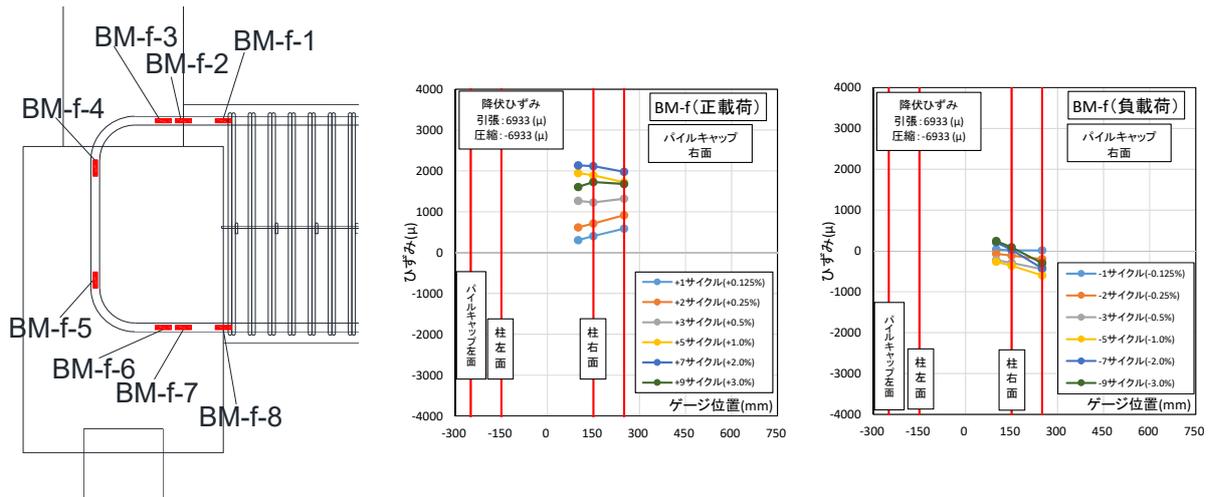


図 2.1.3-121 試験体 A-7a 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (前)

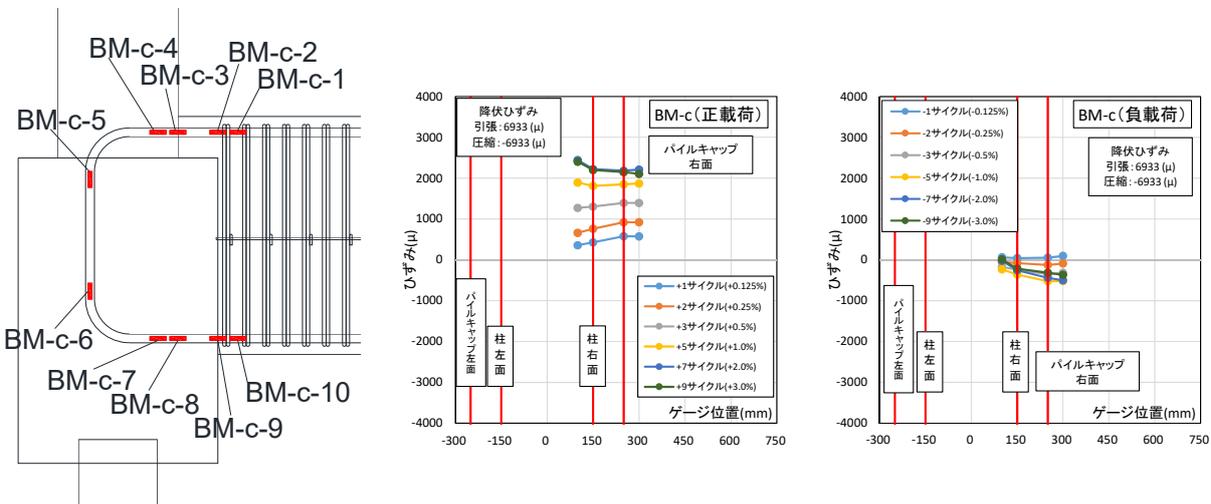


図 2.1.3-122 試験体 A-7a 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (中央)

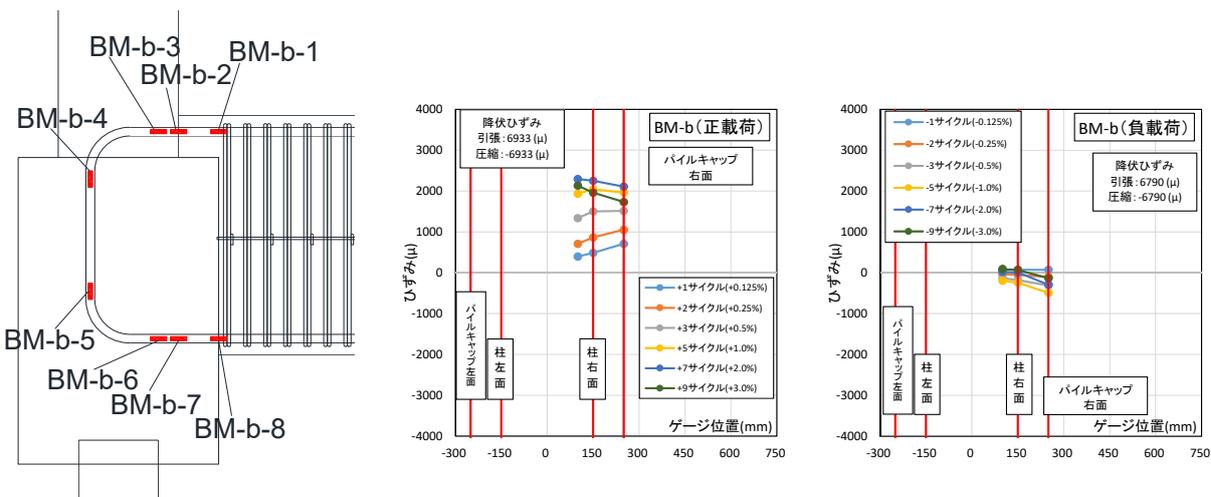


図 2.1.3-123 試験体 A-7a 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (後)

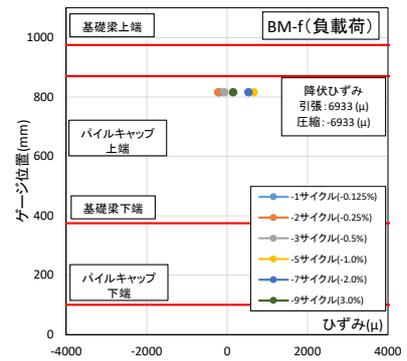
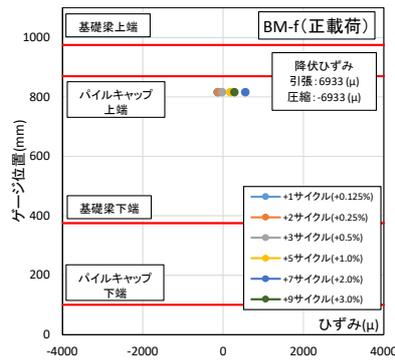
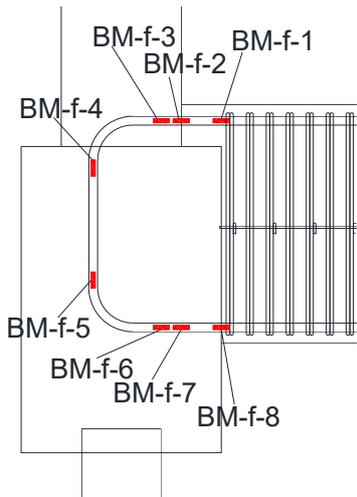


図 2.1.3-124 試験体 A-7a 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布 (前)

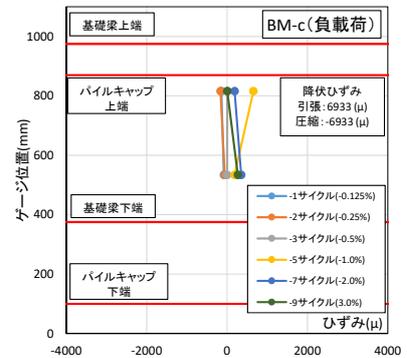
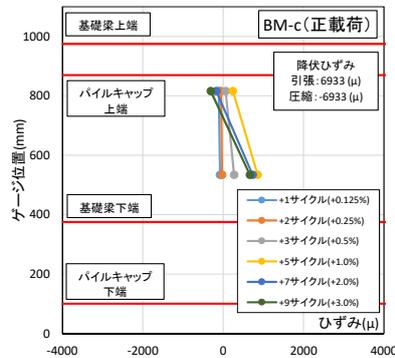
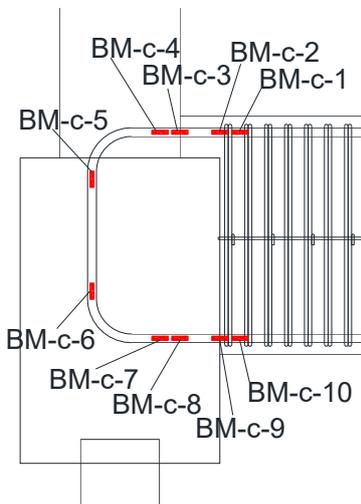


図 2.1.3-125 試験体 A-7a 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布 (中央)

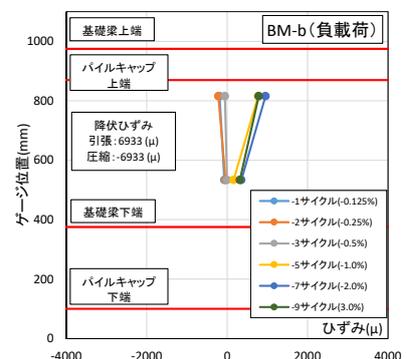
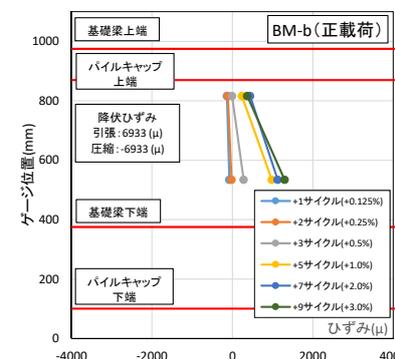
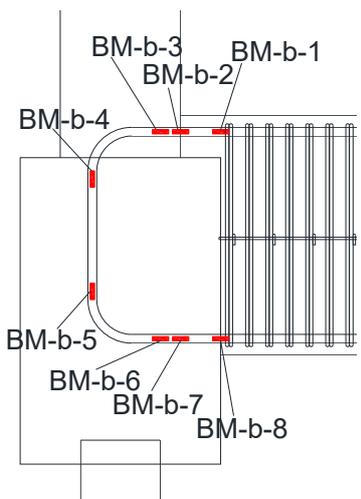


図 2.1.3-126 試験体 A-7a 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布 (後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

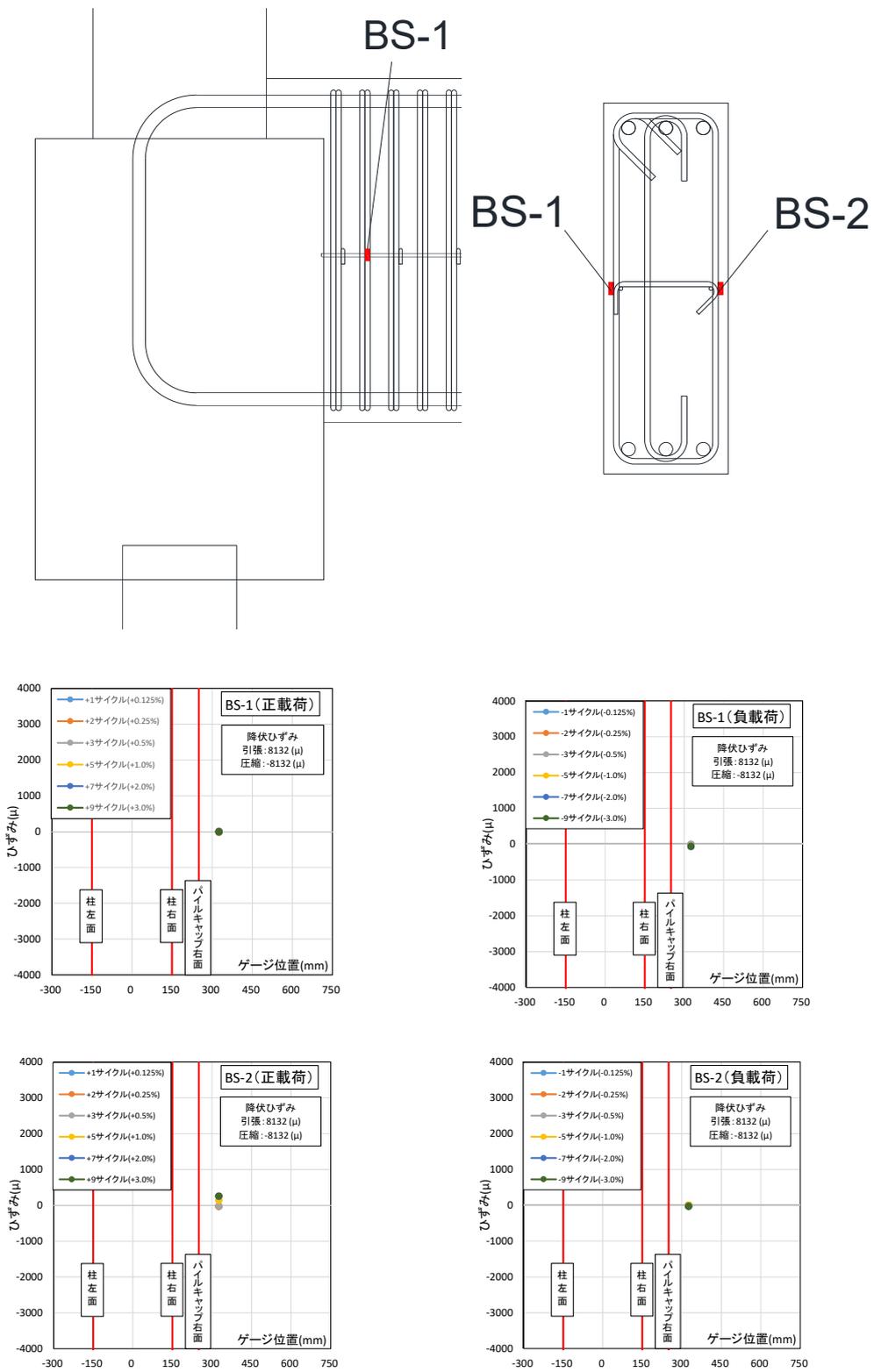


図 2.1.3-127 試験体 A-7a 基礎梁補強筋ひずみ分布

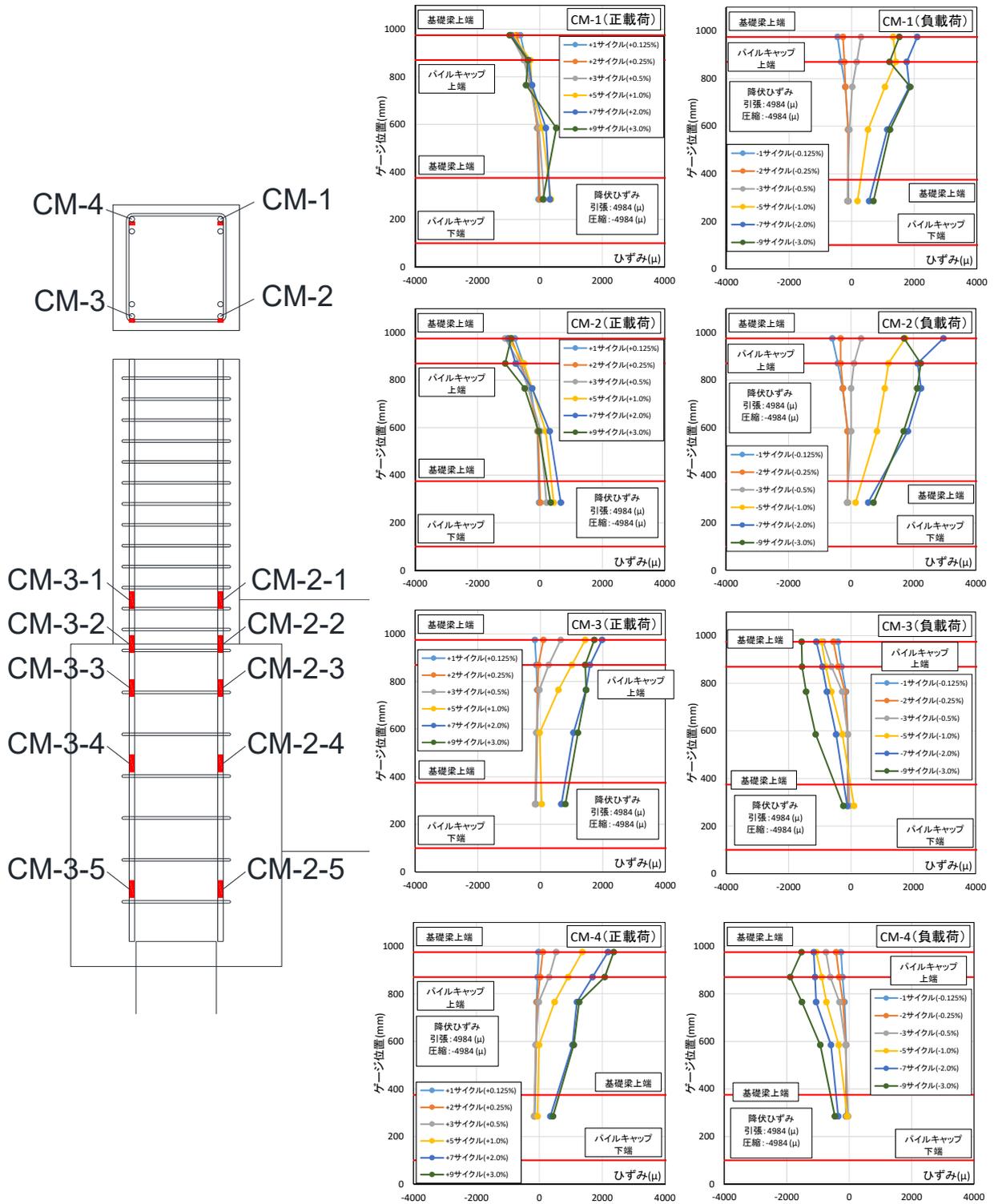


図 2.1.3-128 試験体 A-7a 柱主筋ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

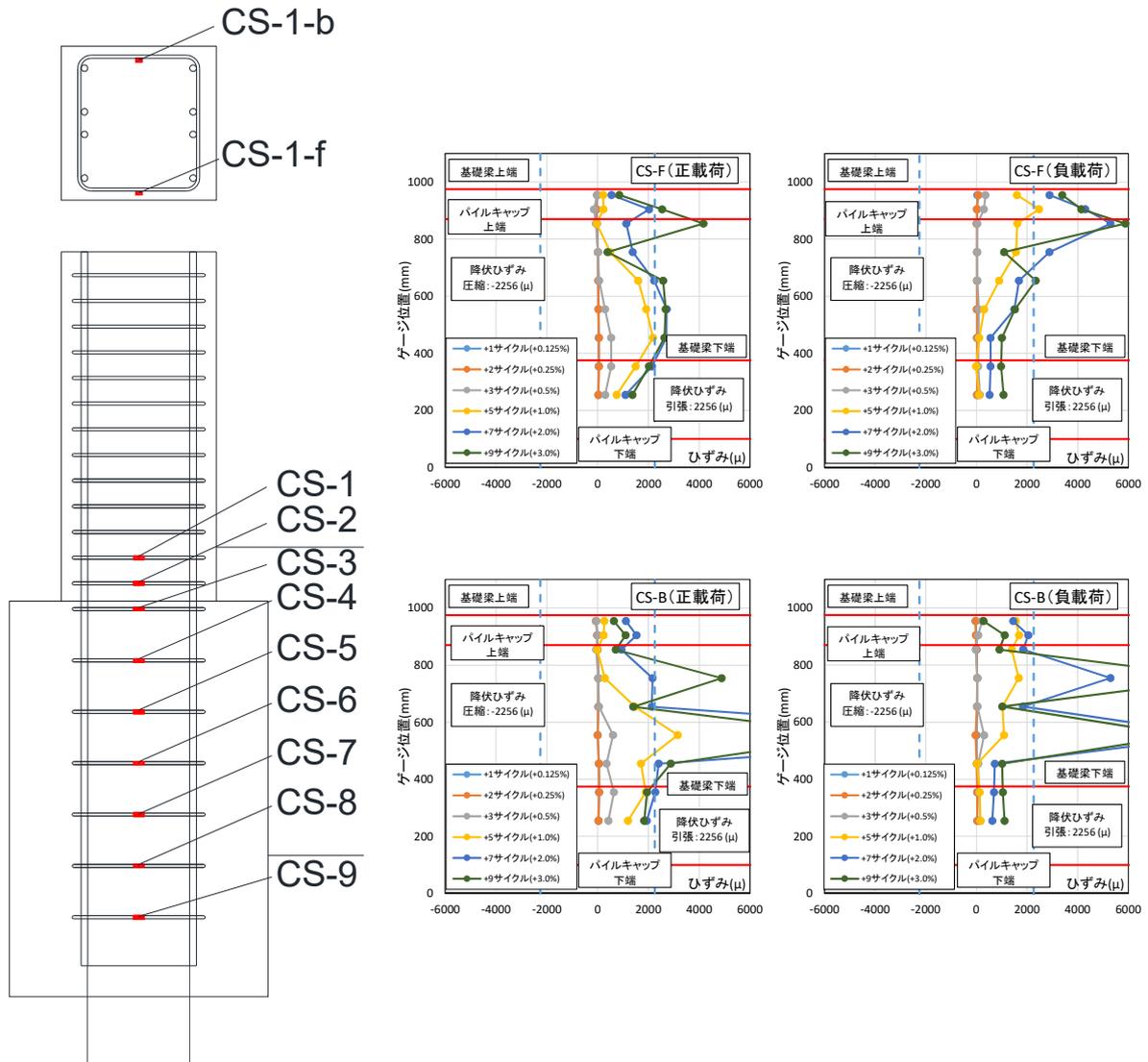


図 2.1.3-129 試験体 A-7a 柱補強筋ひずみ分布

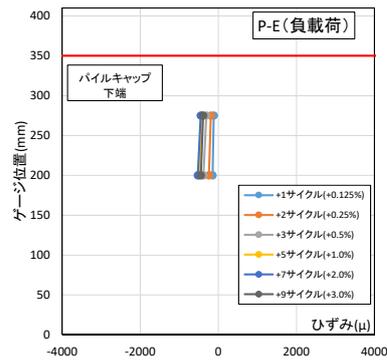
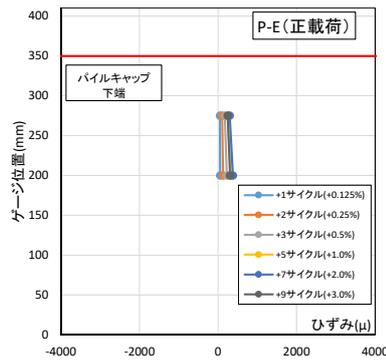
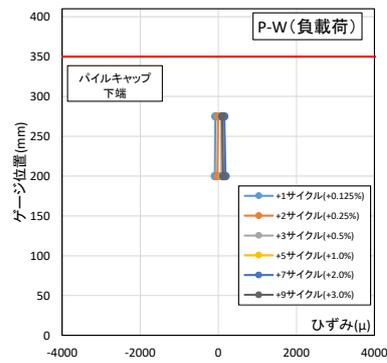
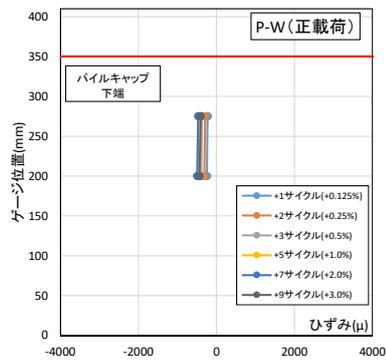
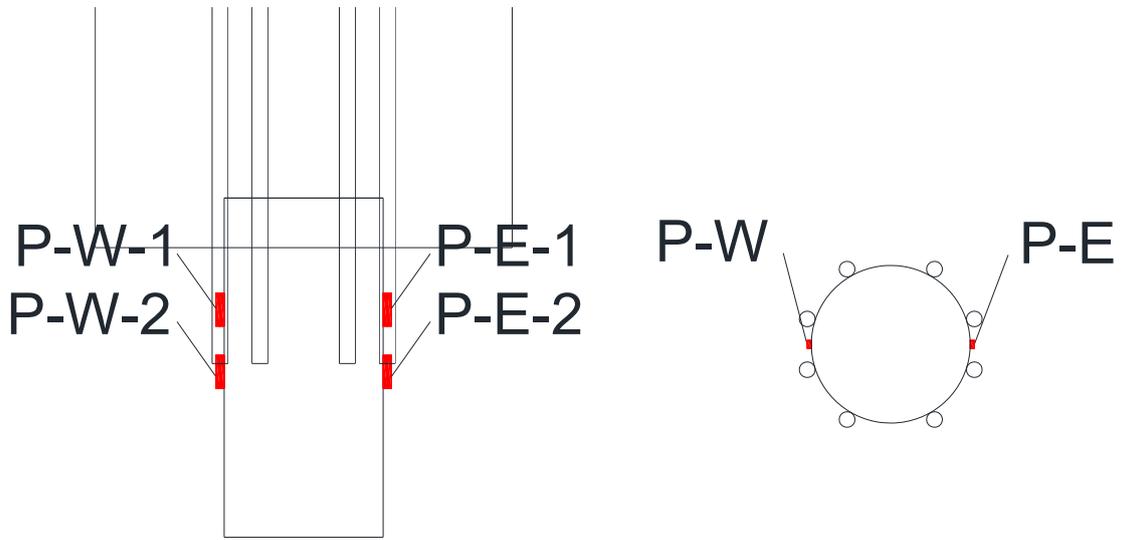


図 2.1.3-130 試験体 A-7a 杭ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

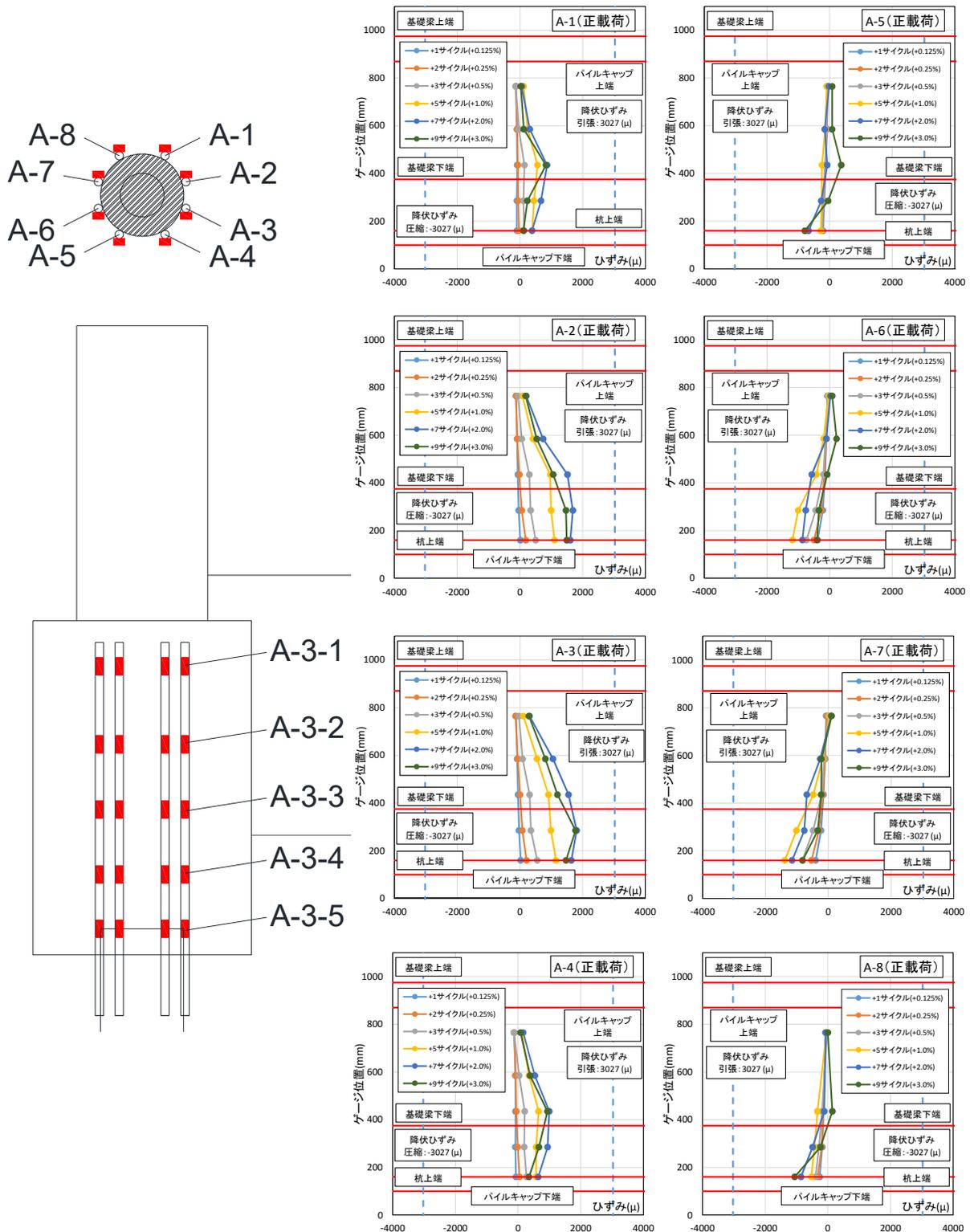


図 2.1.3-131 試験体 A-7a 杭頭定着筋ひずみ分布(正載荷)

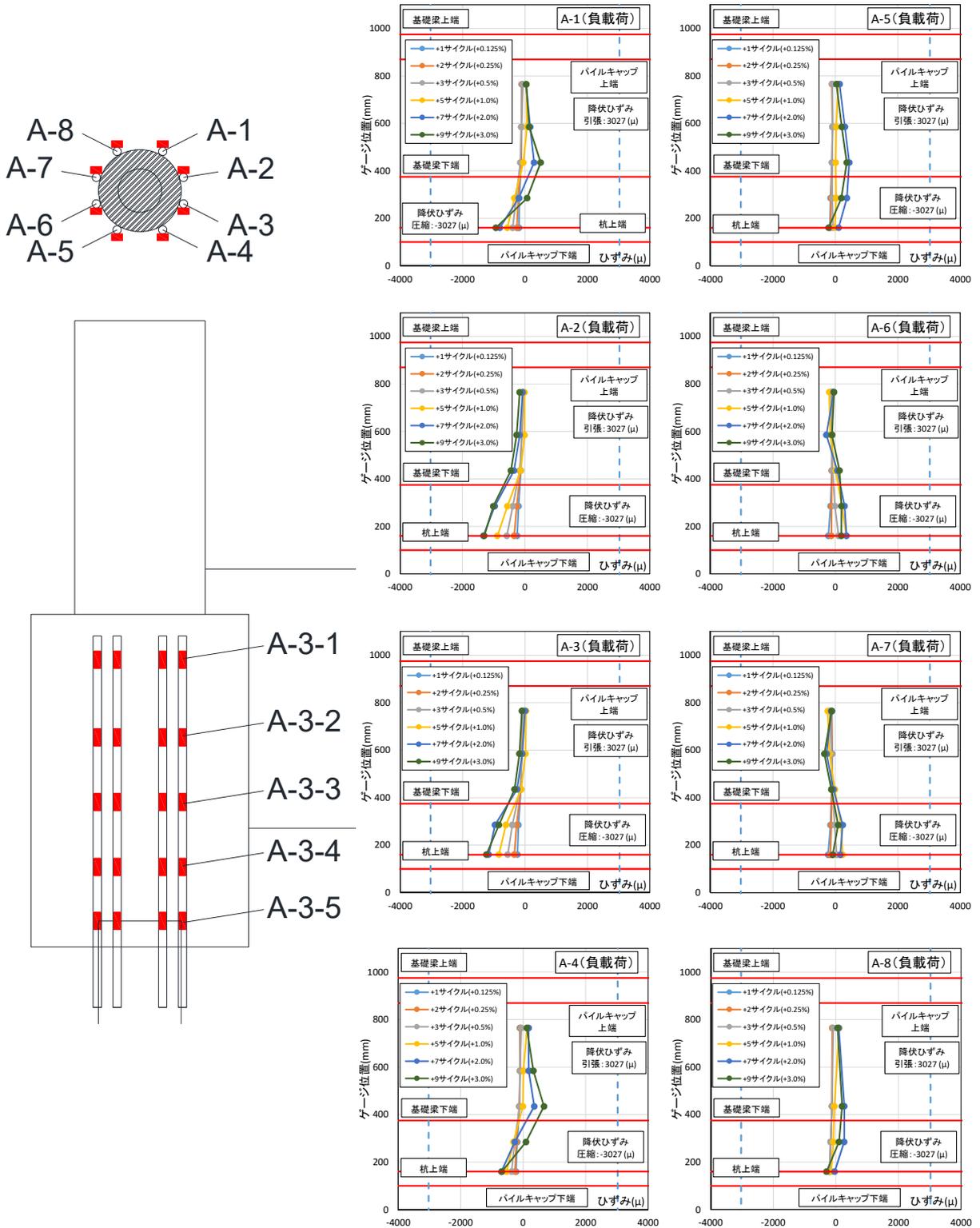


図 2.1.3-132 試験体 A-7a 杭頭定着筋ひずみ分布(負荷荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

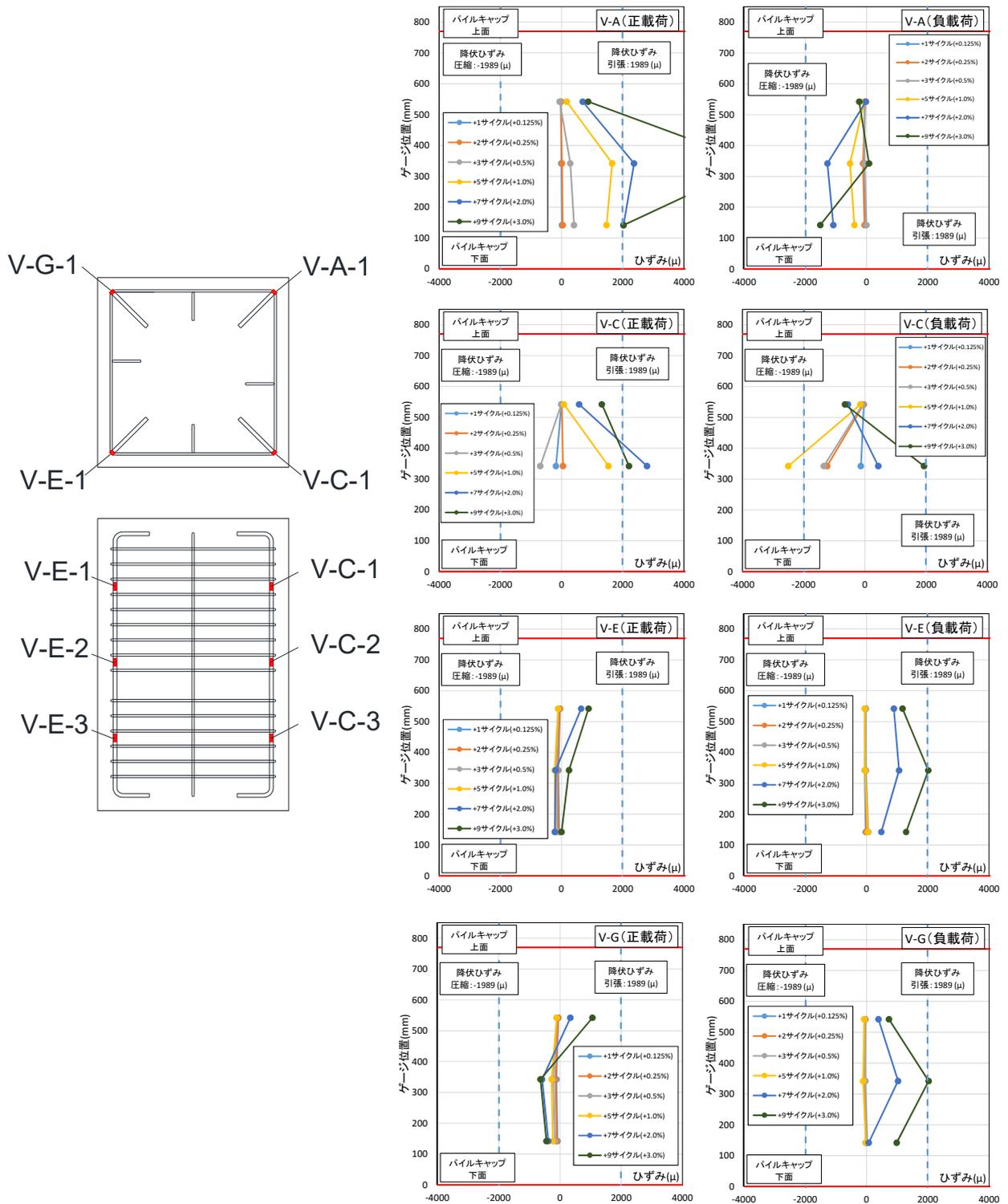


図 2.1.3-133 試験体 A-7a パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対角部)

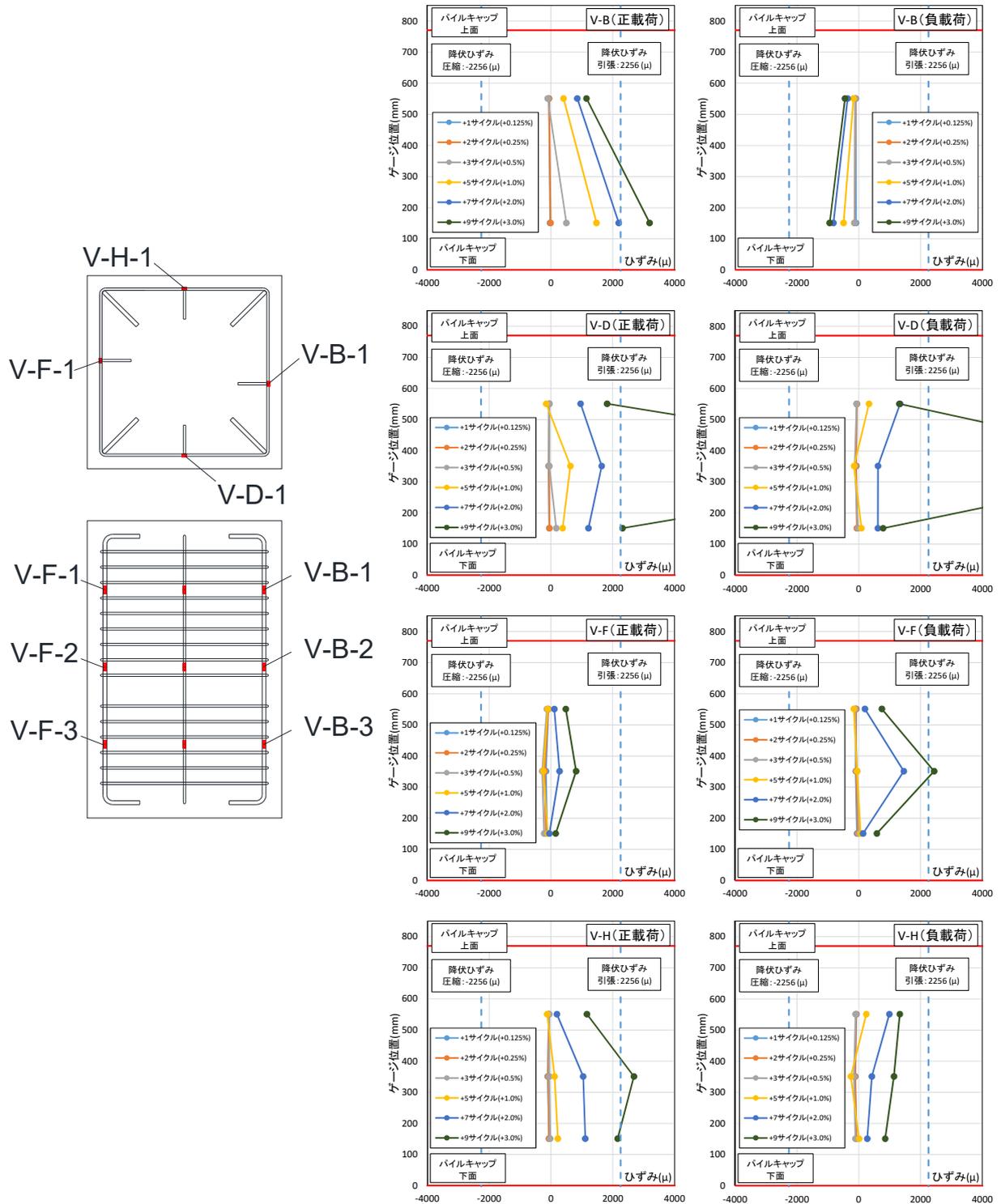


図 2.1.3-134 試験体 A-7a パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対面部)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

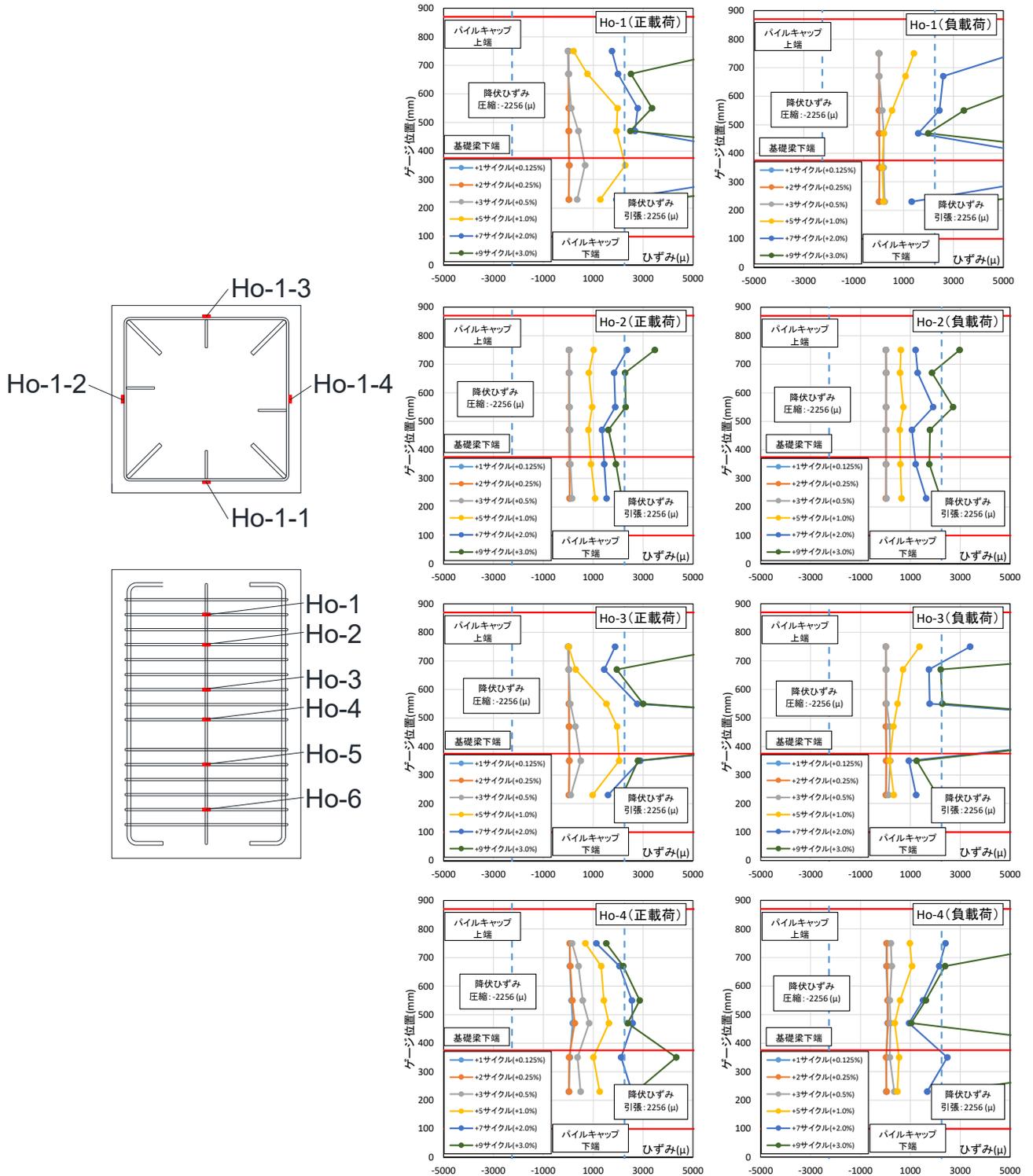


図 2.1.3-135 試験体 A-7a パイルキャップ帯筋ひずみ分布

2) 試験体 A-7b

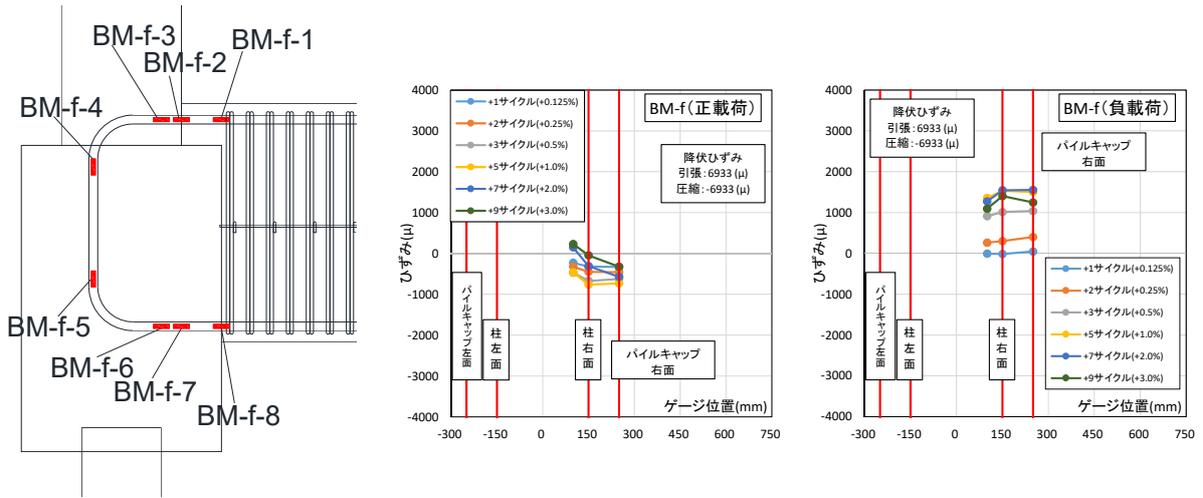


図 2.1.3-136 試験体 A-7b 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (前)

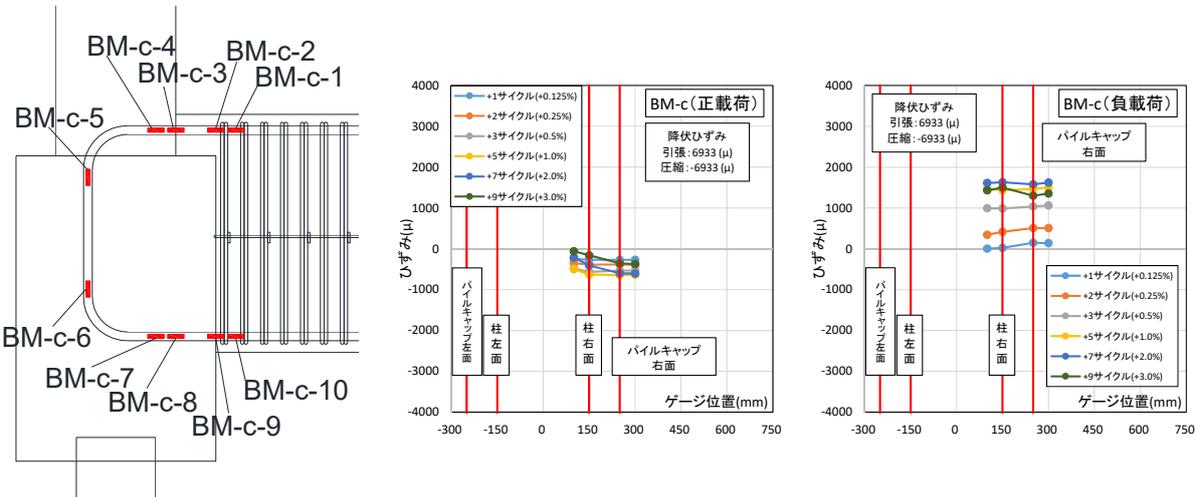


図 2.1.3-137 試験体 A-7b 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (中央)

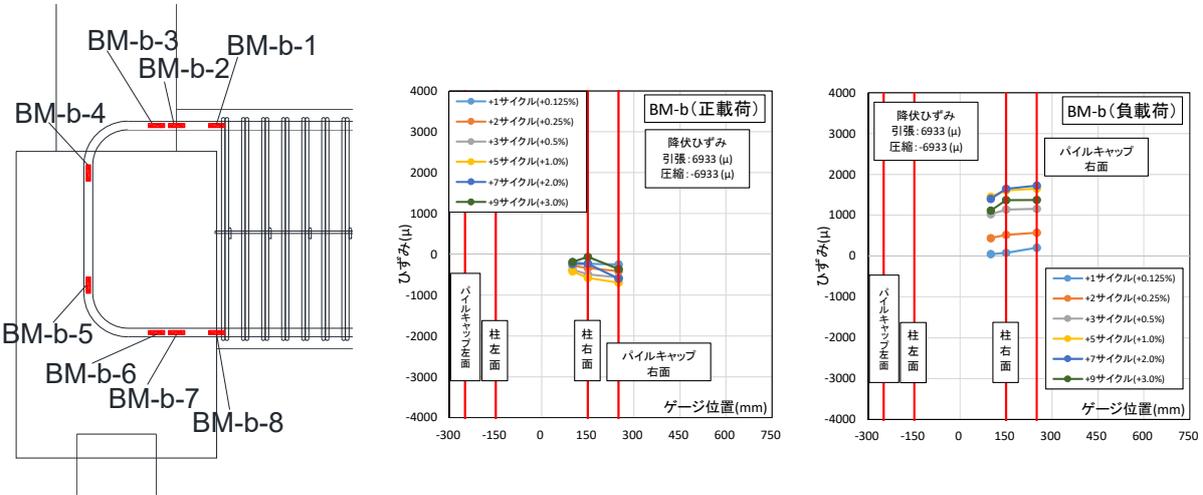


図 2.1.3-138 試験体 A-7b 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

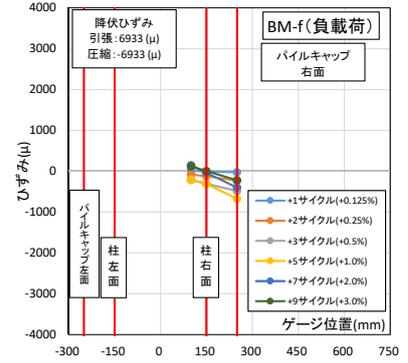
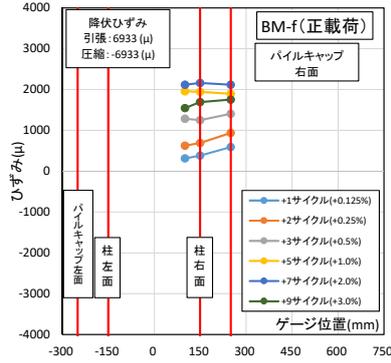
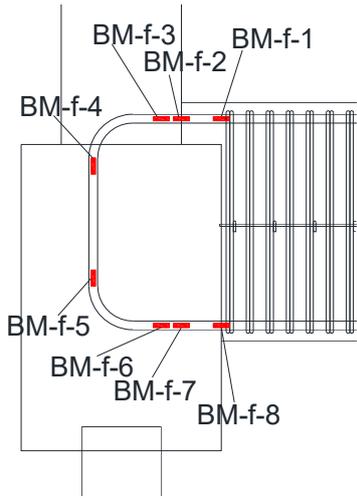


図 2.1.3-139 試験体 A-7b 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (前)

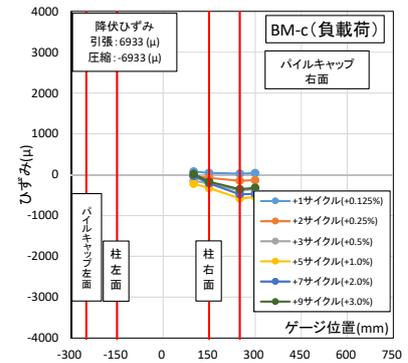
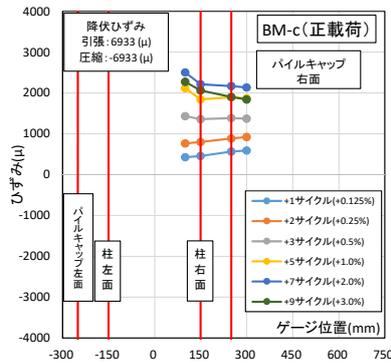
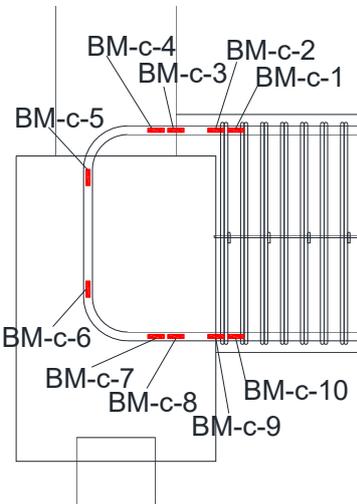


図 2.1.3-140 試験体 A-7b 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (中央)

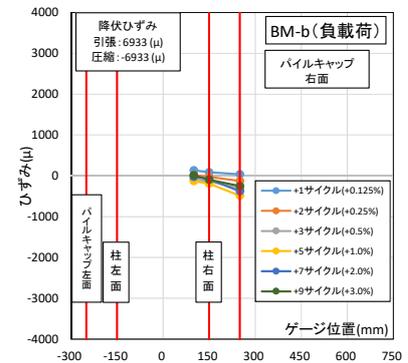
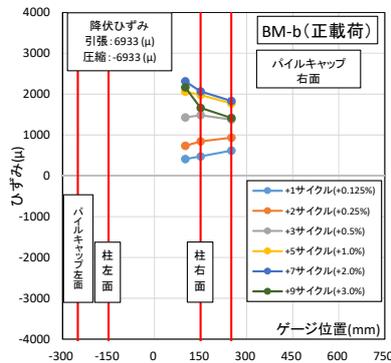
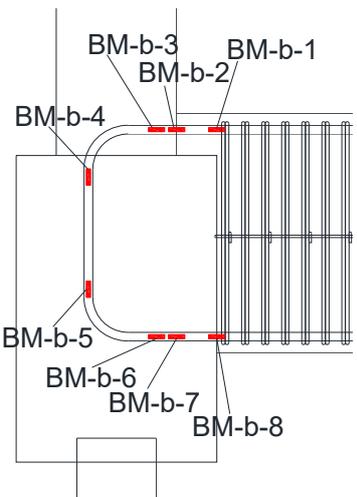


図 2.1.3-141 試験体 A-7b 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (後)

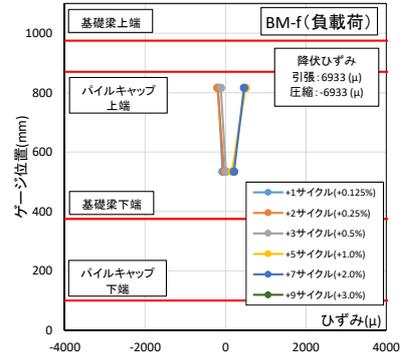
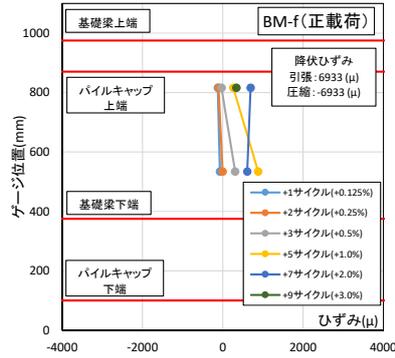
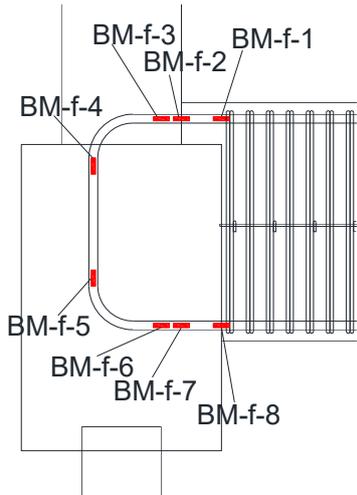


図 2.1.3-142 試験体 A-7b 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布 (前)

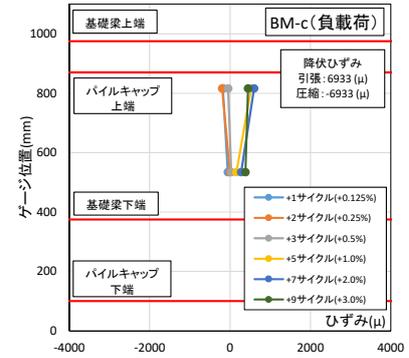
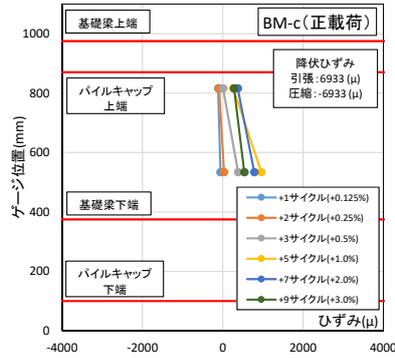
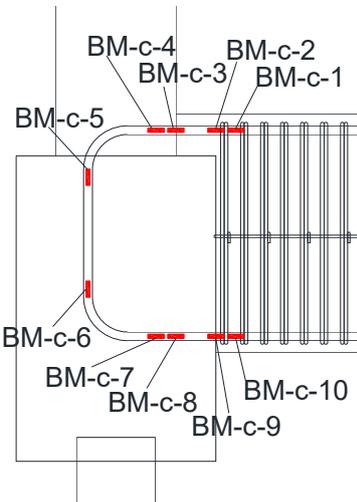


図 2.1.3-143 試験体 A-7b 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布 (中央)

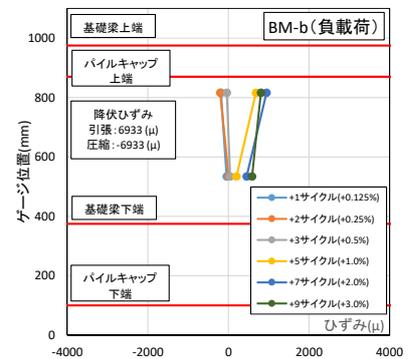
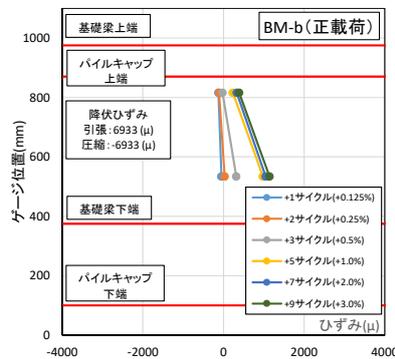
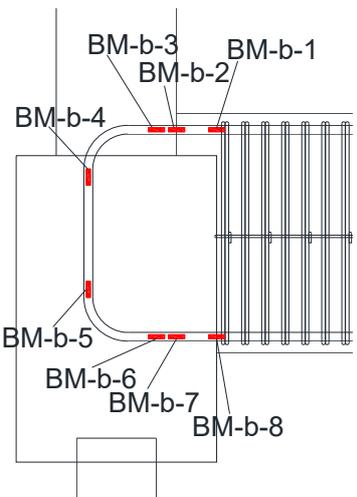


図 2.1.3-144 試験体 A-7b 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布 (後)

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

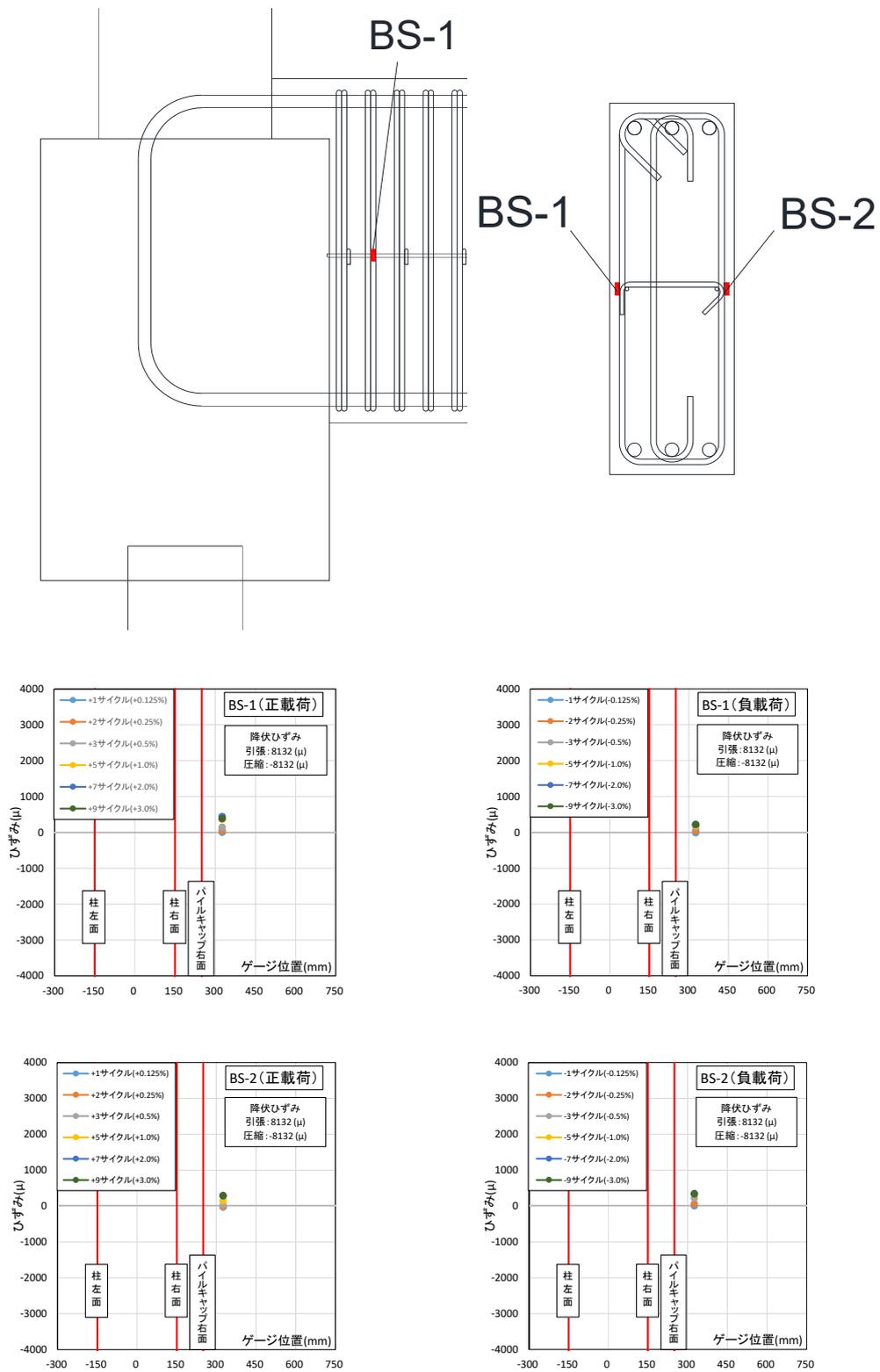


図 2.1.3-145 試験体 A-7b 基礎梁補強筋ひずみ分布

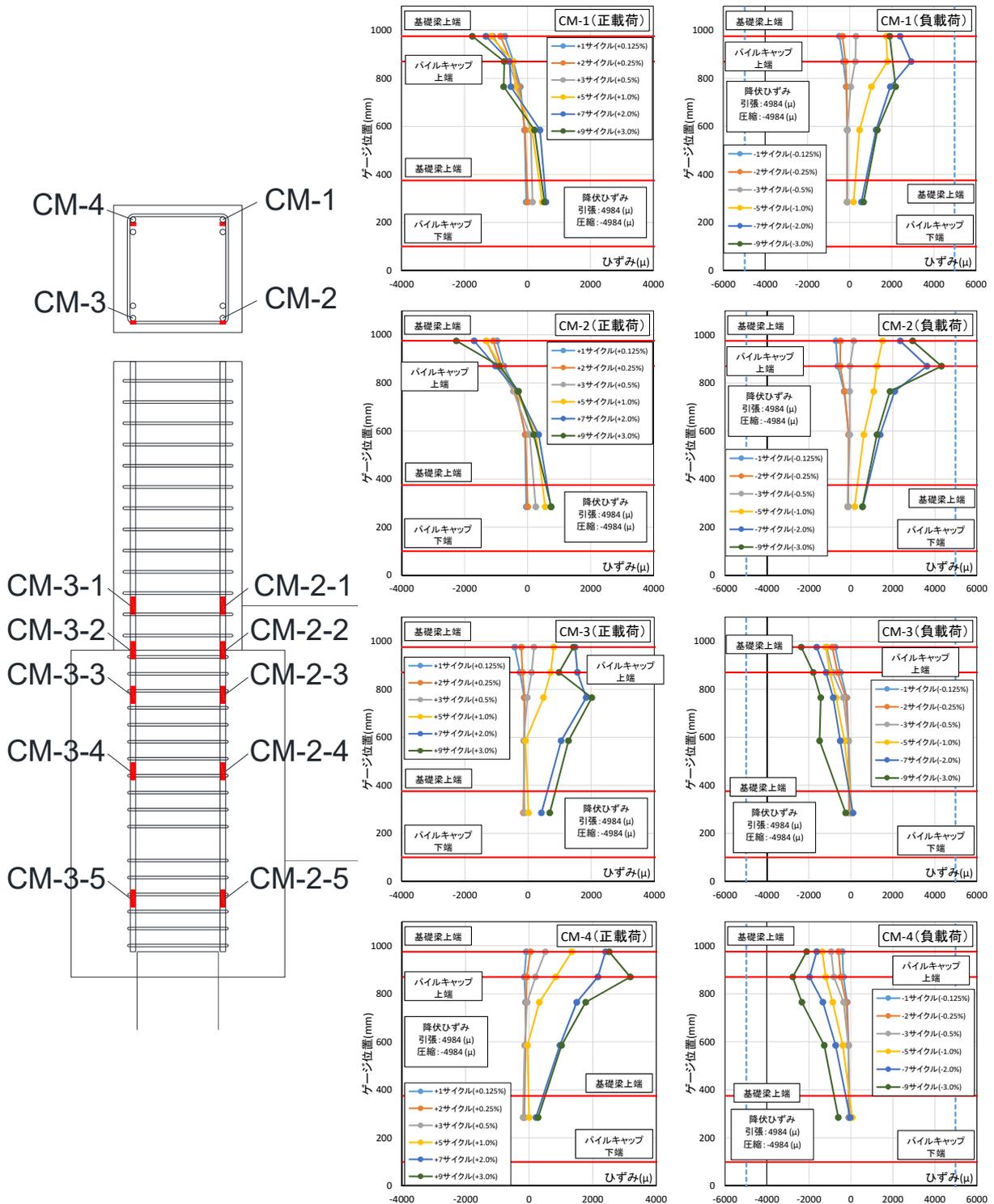


図 2.1.3-146 試験体 A-7b 柱主筋ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

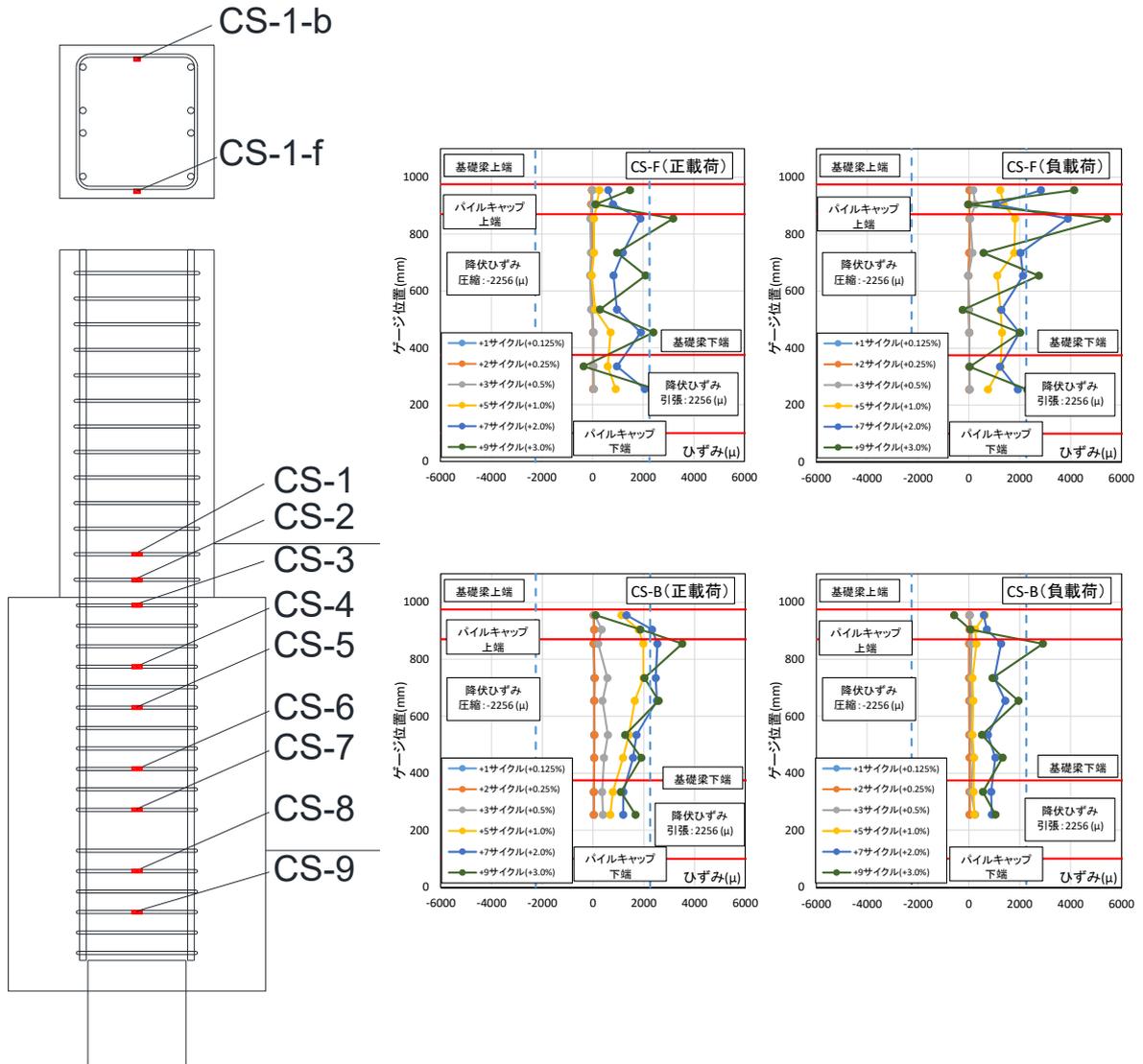


図 2.1.3-147 試験体 A-7b 柱補強筋ひずみ分布

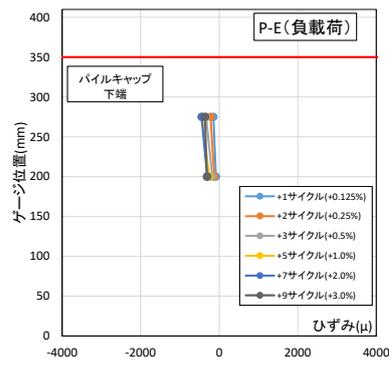
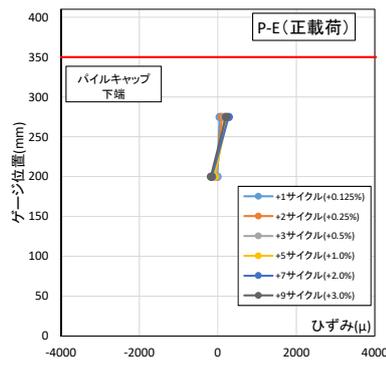
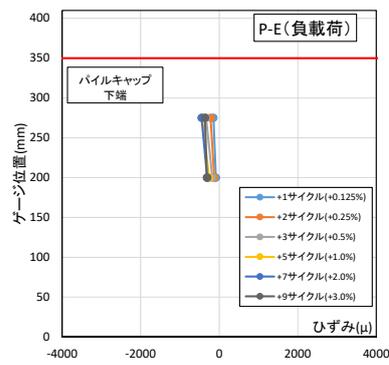
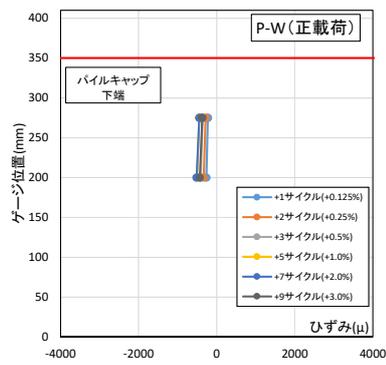
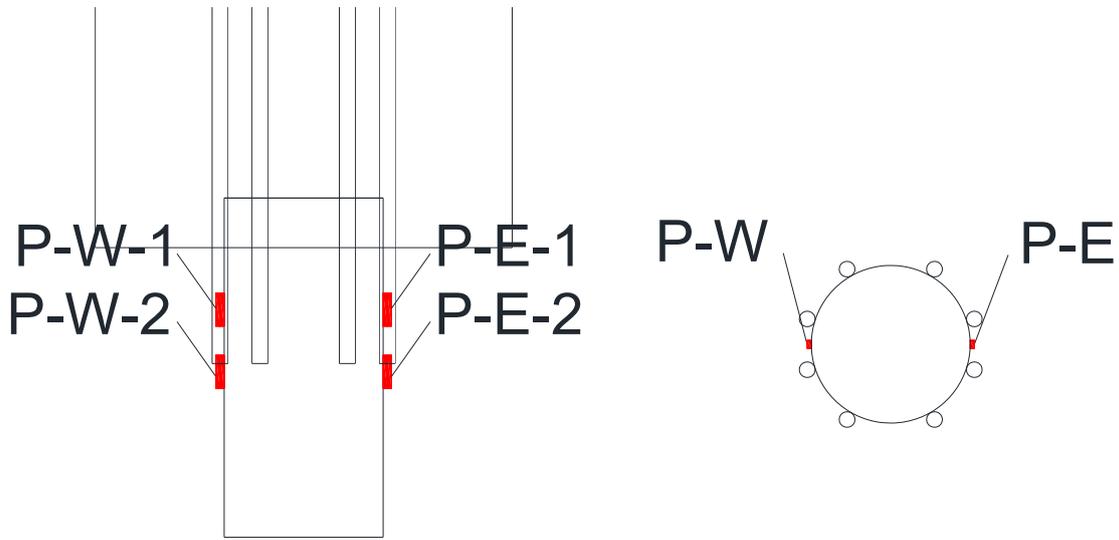


図 2.1.3-148 試験体 A-7b 杭ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

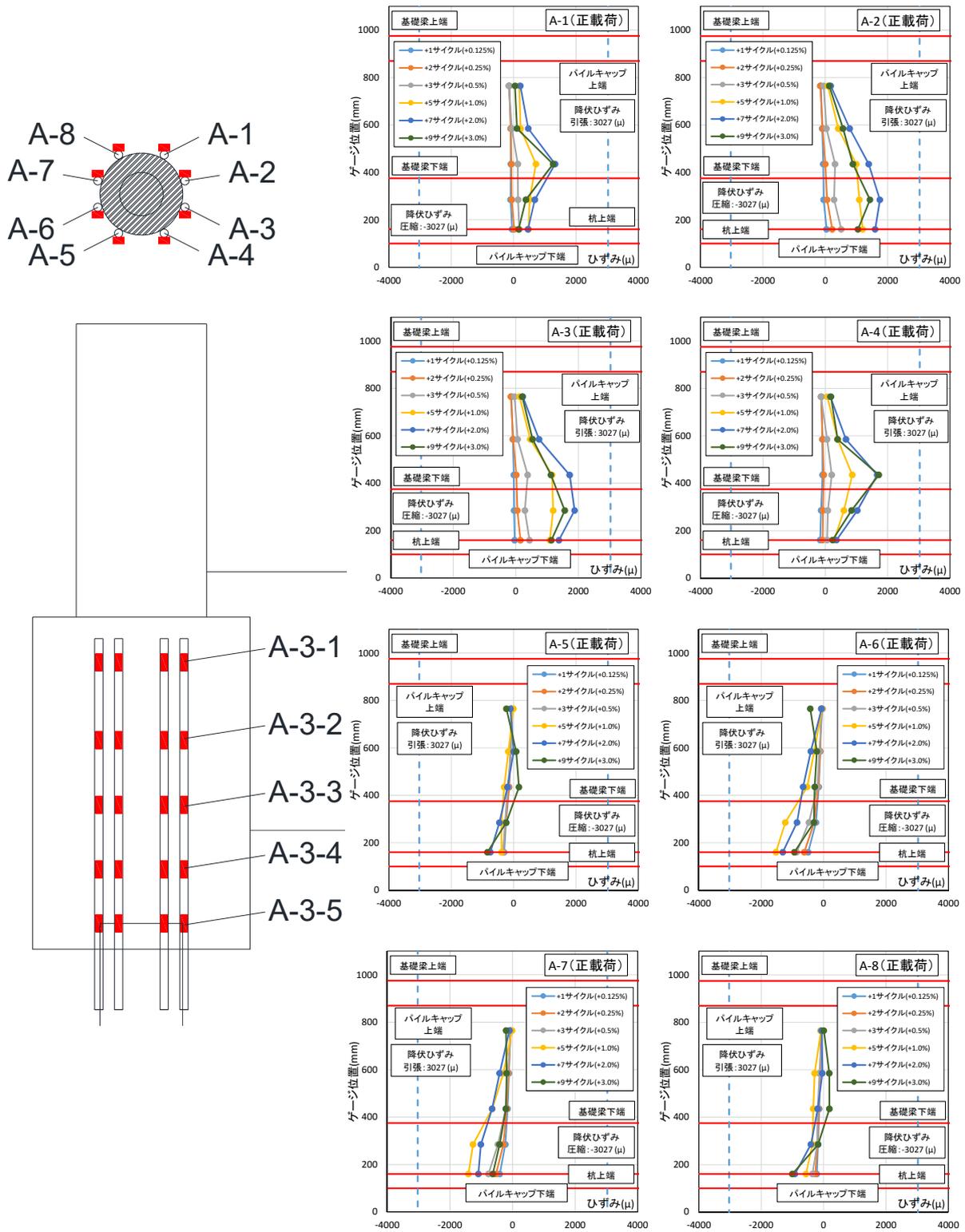


図 2.1.3-149 試験体 A-7b 杭頭定着筋ひずみ分布(正載荷)

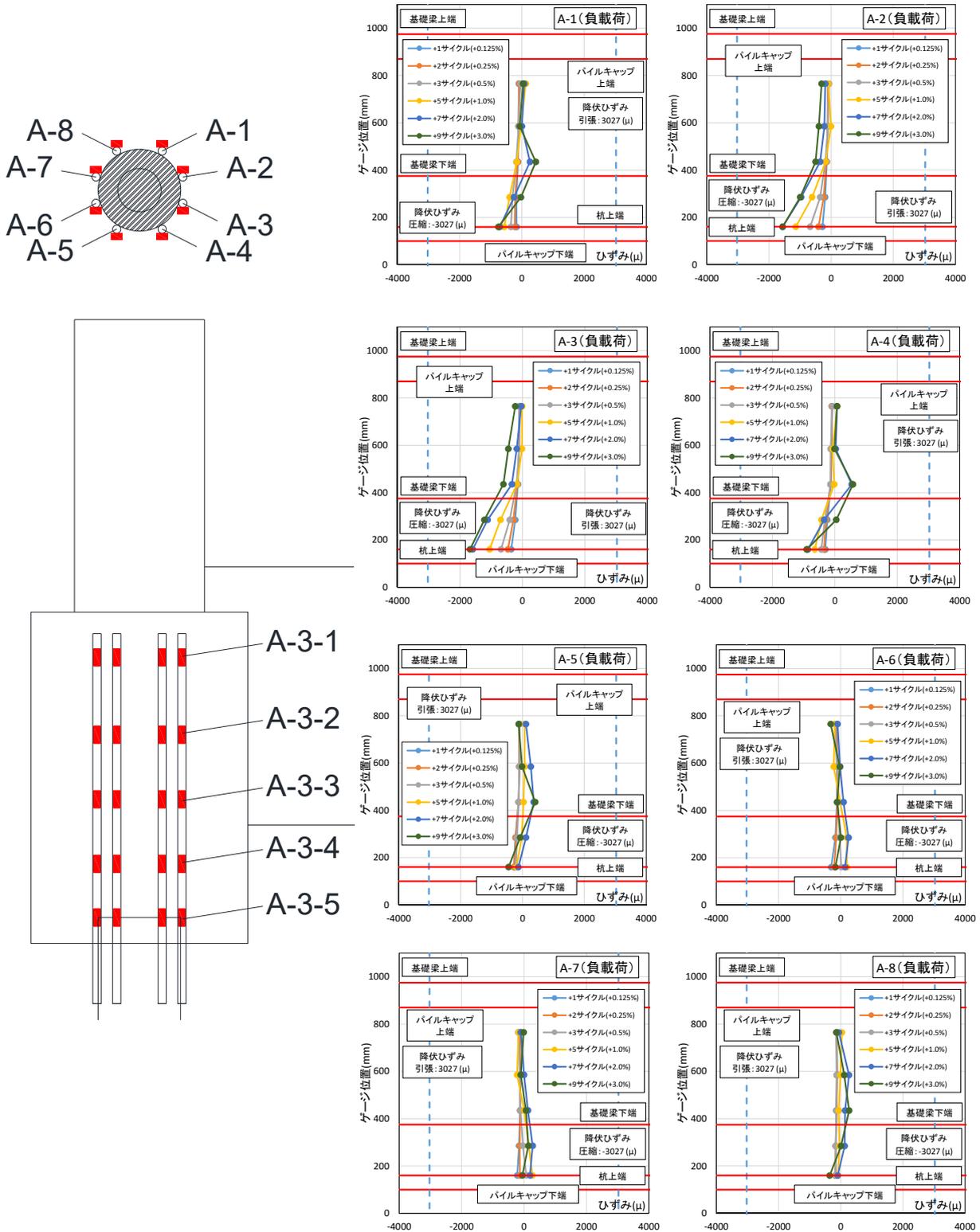


図 2. 1. 3-150 試験体 A-7b 杭頭定着筋ひずみ分布(負載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

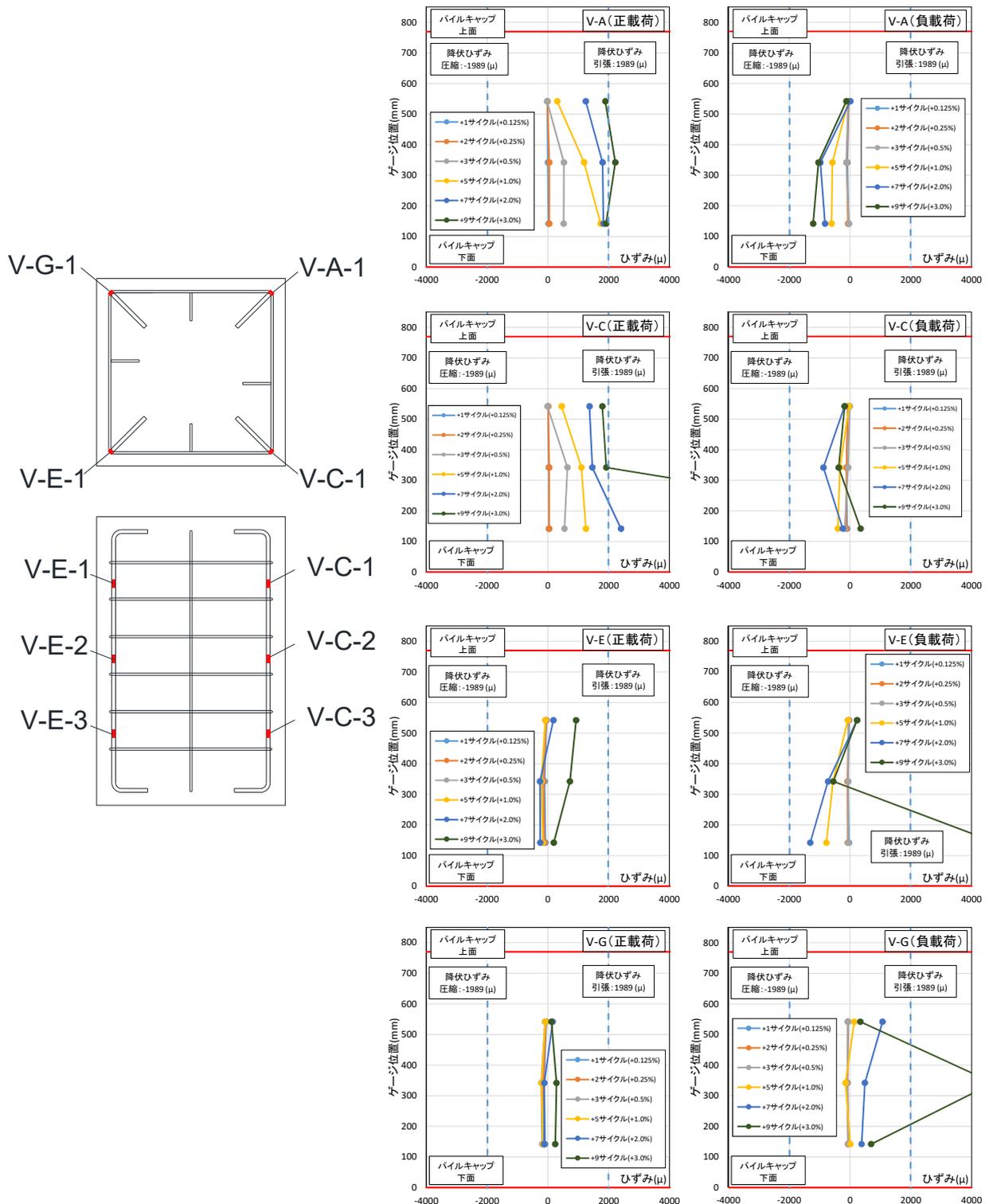


図 2.1.3-151 試験体 A-7b パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対角部)

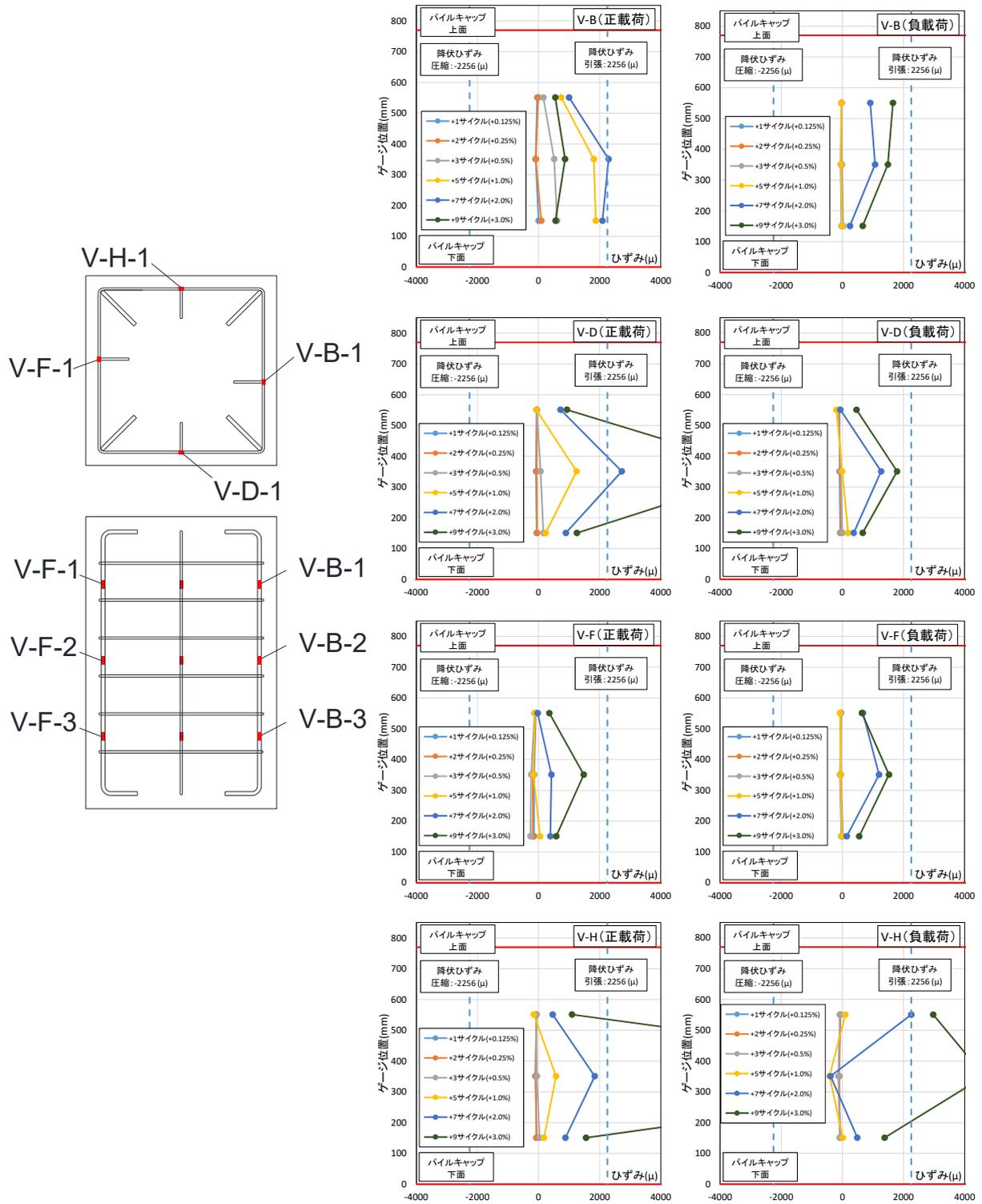


図 2.1.3-152 試験体 A-7b パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対面部)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

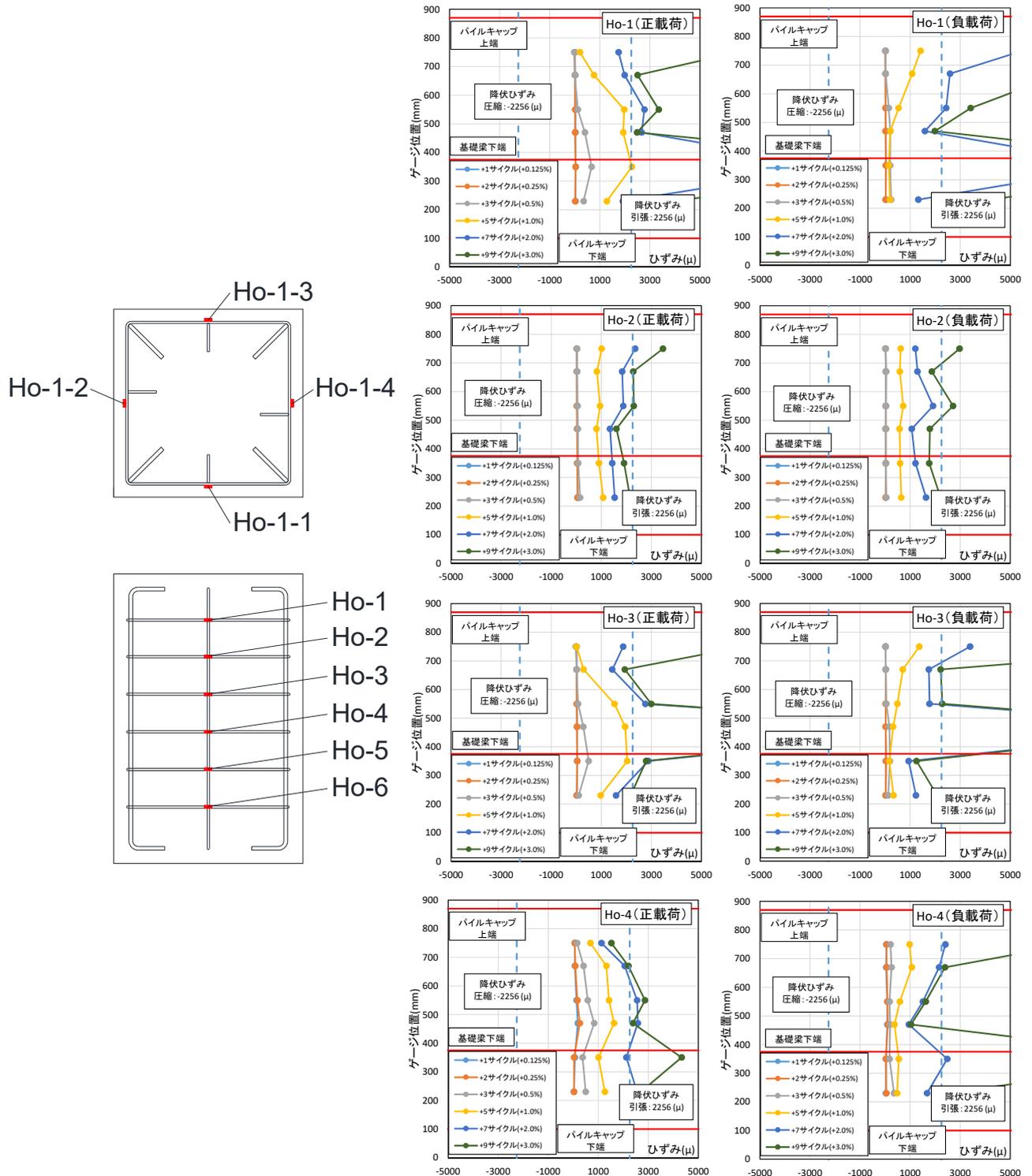


図 2.1.3-153 試験体 A-7b パイルキャップ帯筋ひずみ分布

3) 試験体 A-8

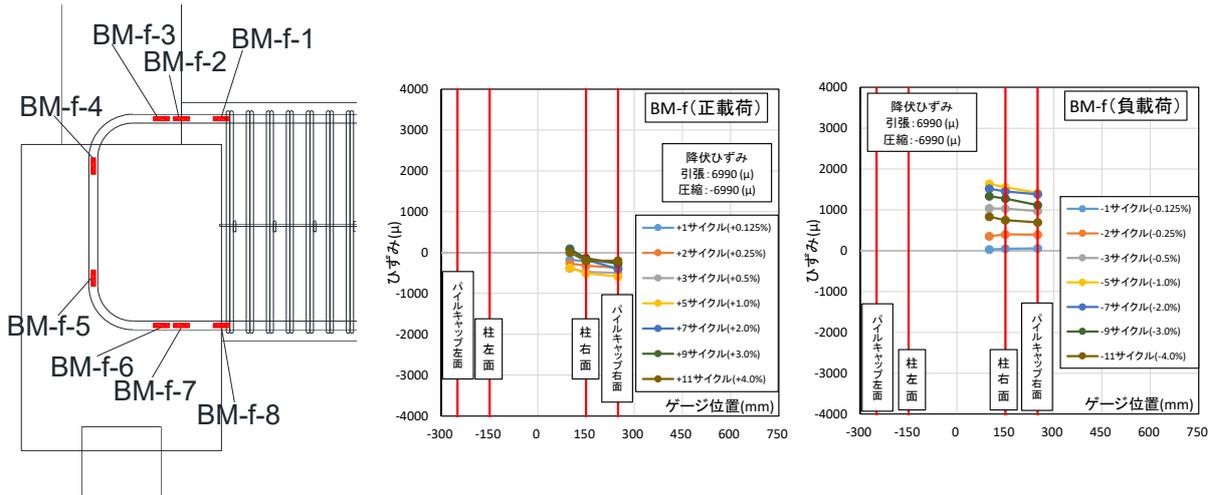


図 2.1.3-154 試験体 A-8 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (前)

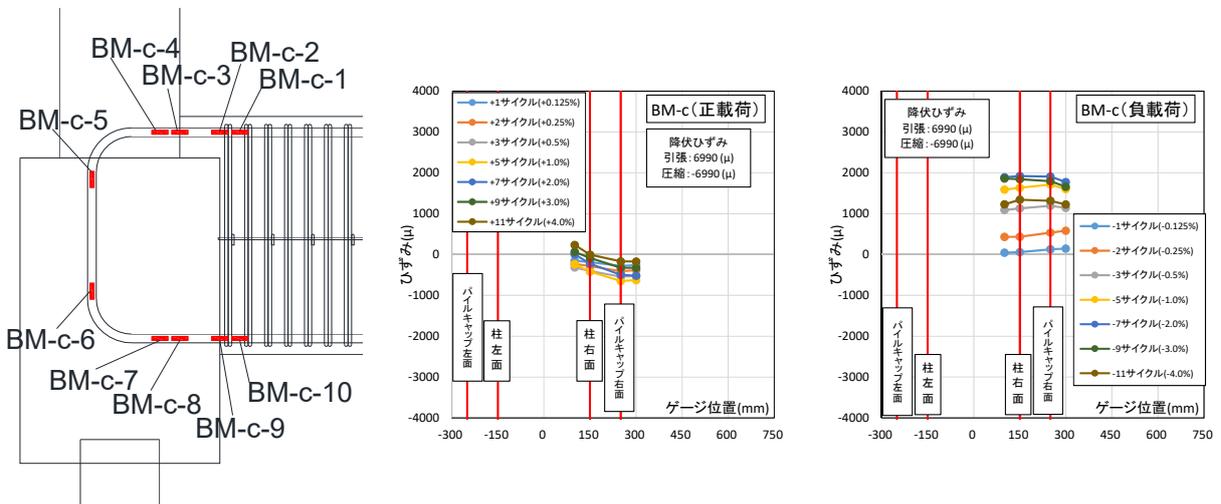


図 2.1.3-155 試験体 A-8 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (中央)

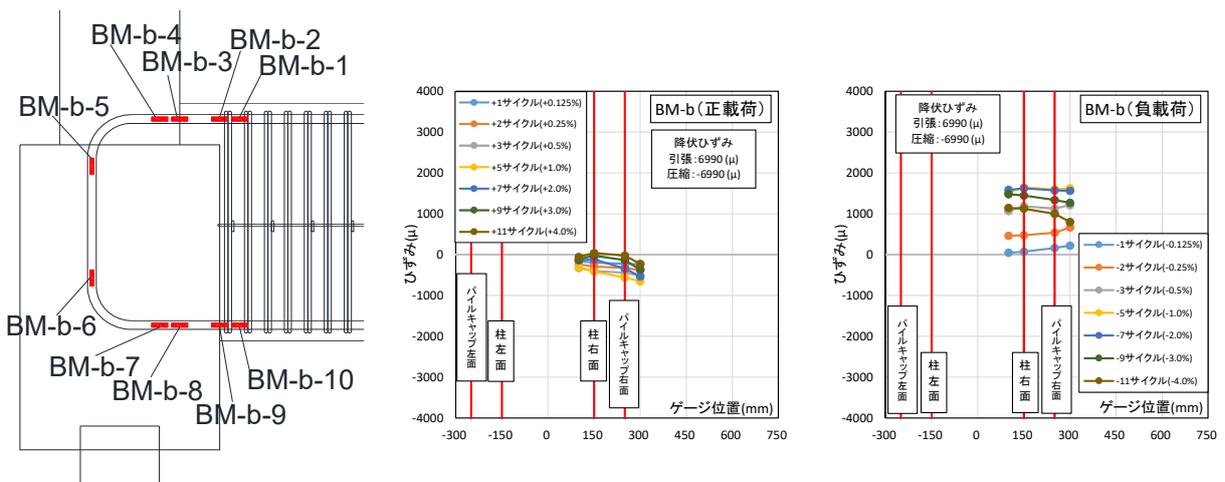


図 2.1.3-156 試験体 A-8 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

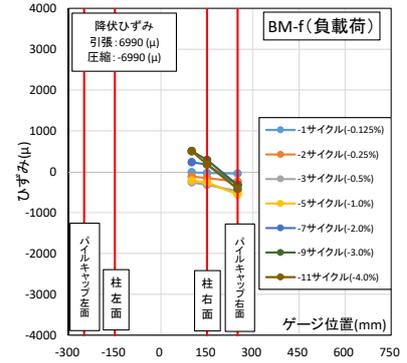
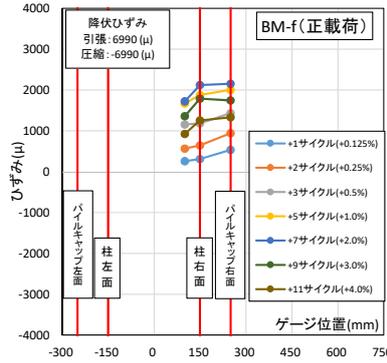
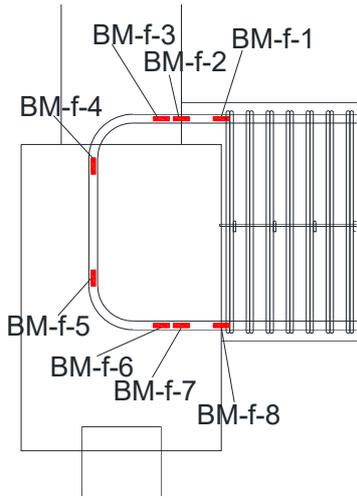


図 2.1.3-157 試験体 A-8 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (前)

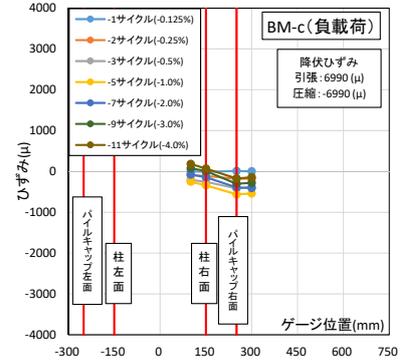
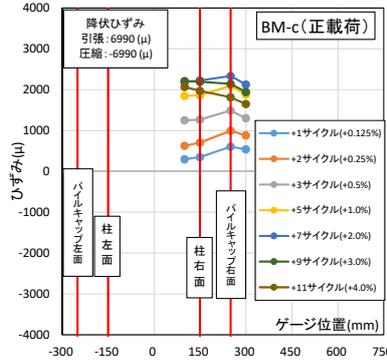
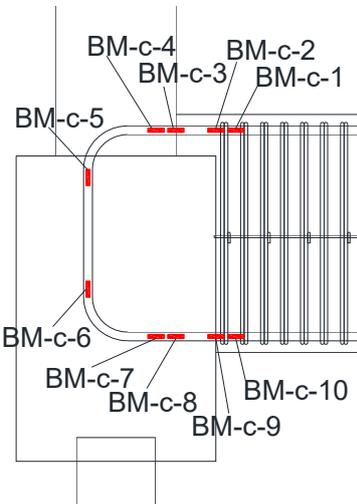


図 2.1.3-158 試験体 A-8 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (中央)

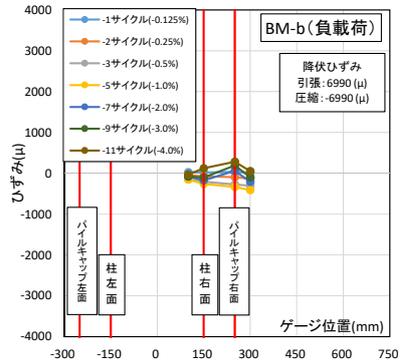
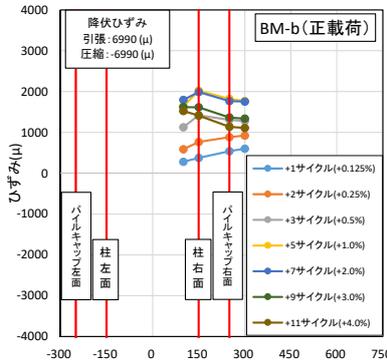
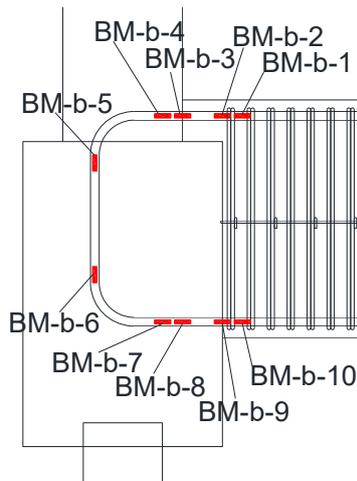


図 2.1.3-159 試験体 A-8 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (後)

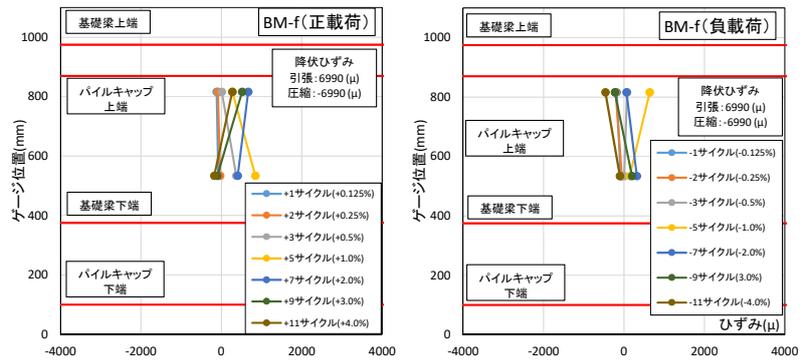
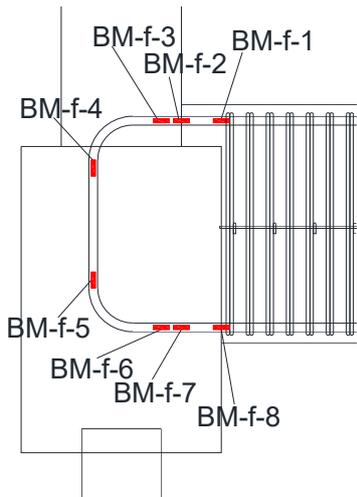


図 2.1.3-160 試験体 A-8 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(前)

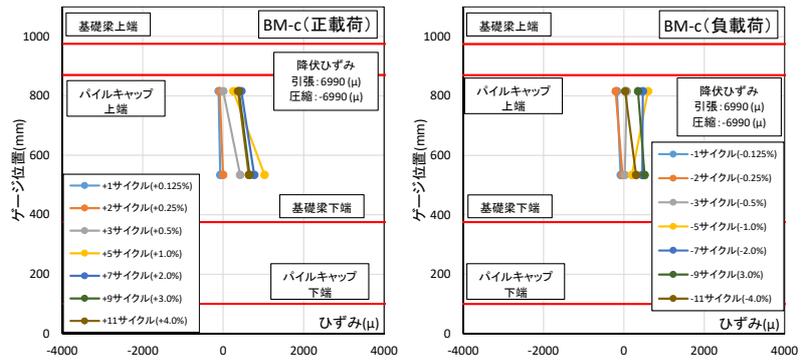
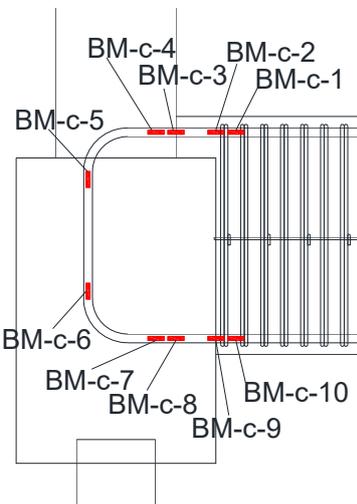


図 2.1.3-161 試験体 A-8 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(中央)

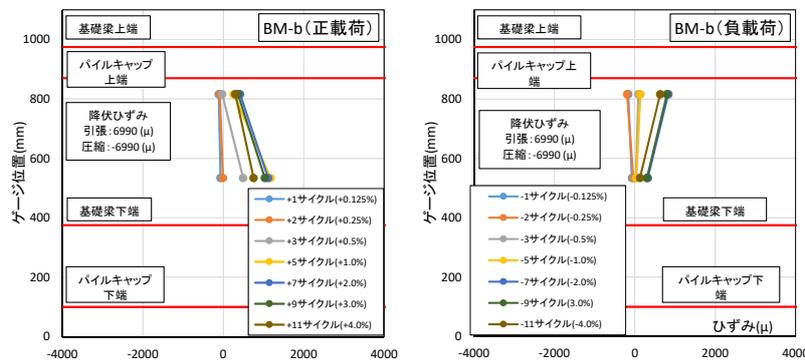
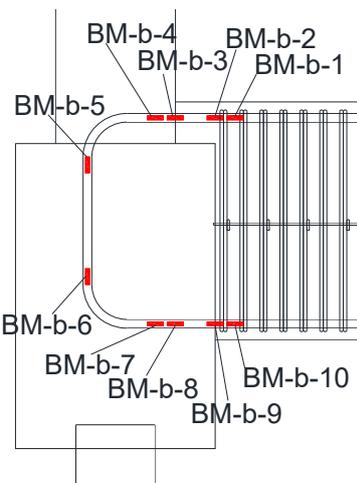


図 2.1.3-162 試験体 A-8 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

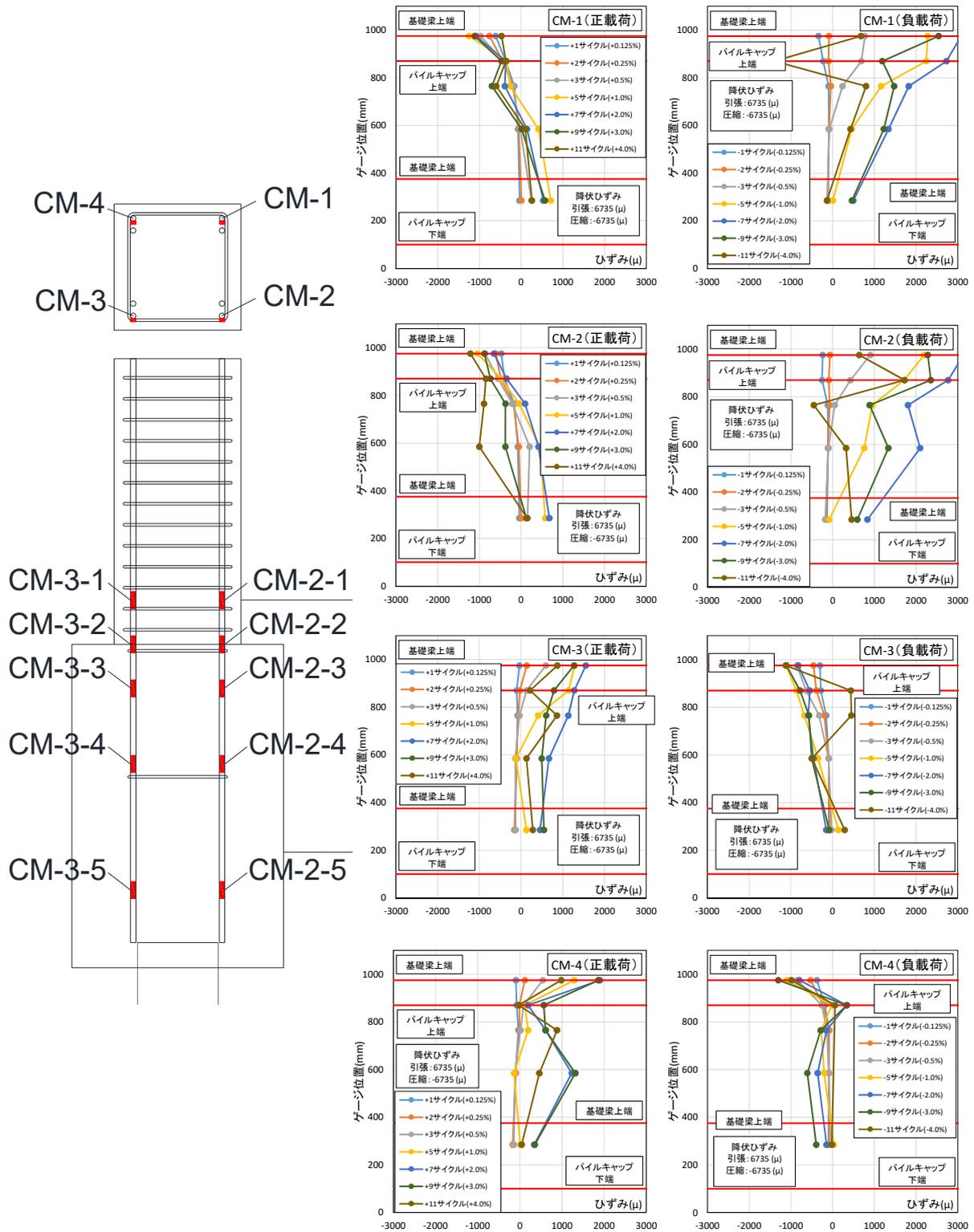


図 2.1.3-163 試験体 A-8 柱主筋ひずみ分布

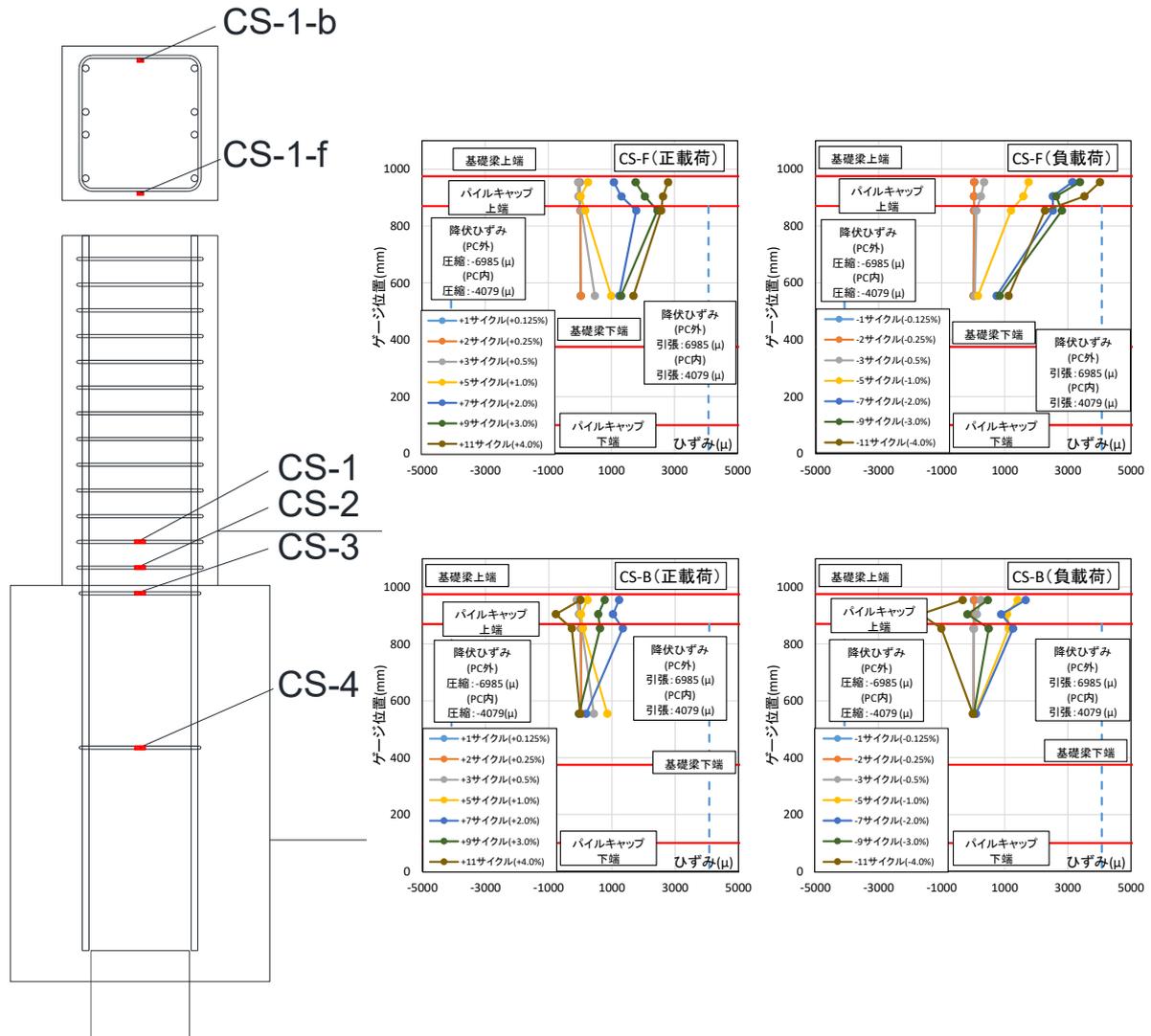


図 2.1.3-164 試験体 A-8 柱補強筋ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

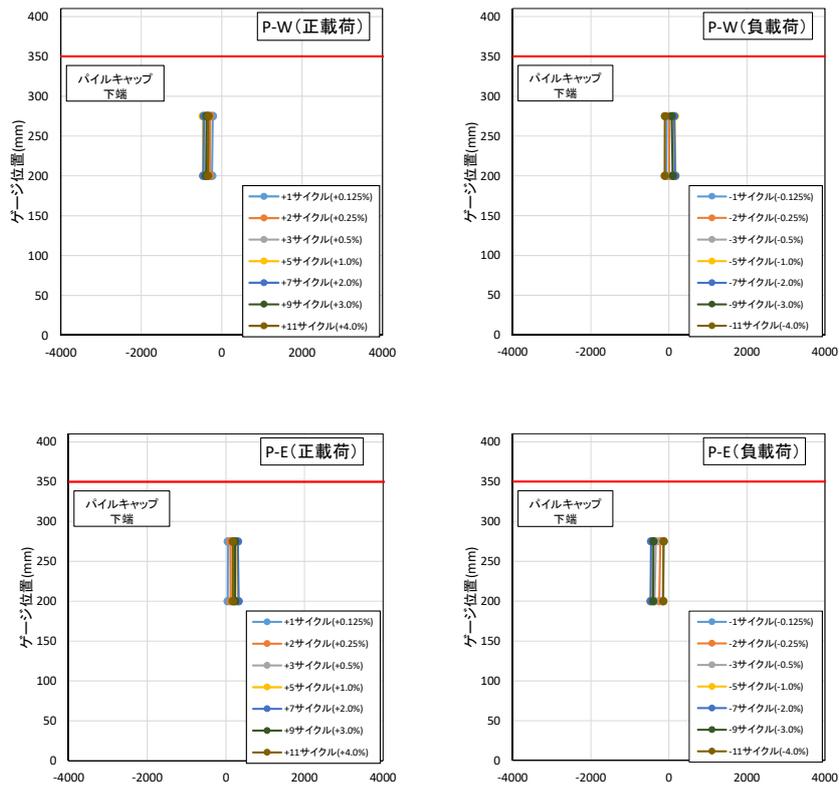
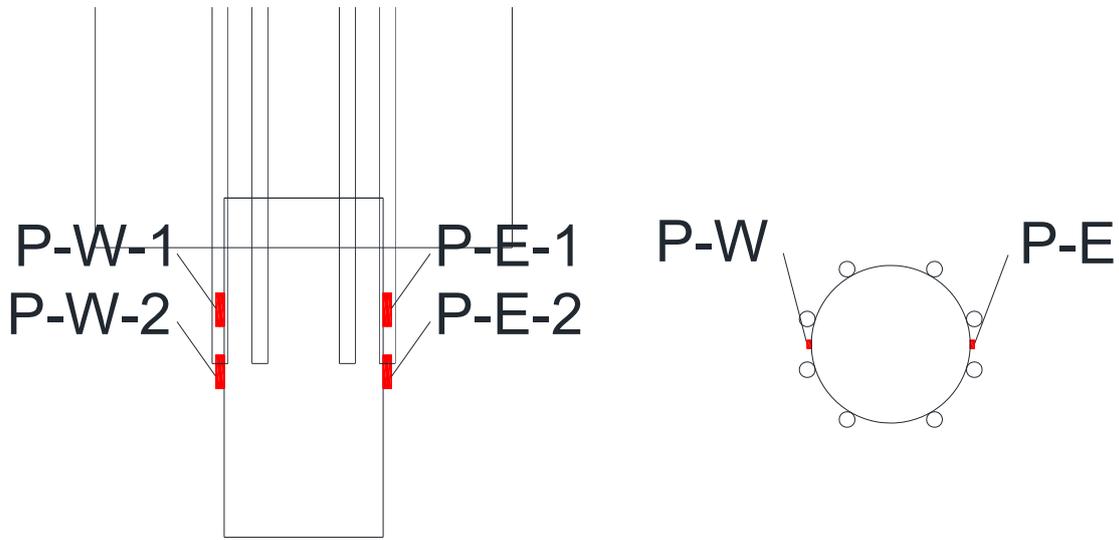


図 2.1.3-165 試験体 A-8 杭ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

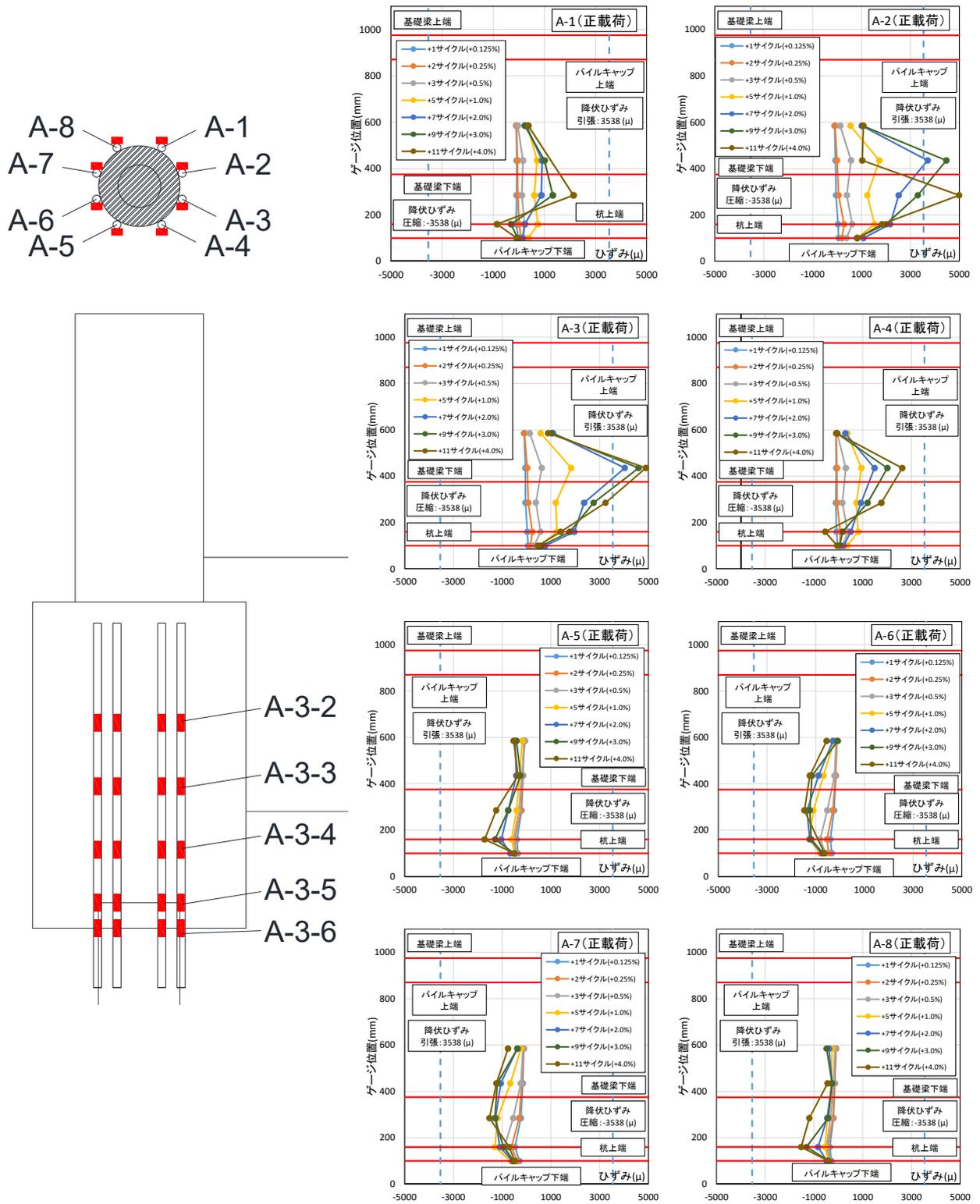


図 2.1.3-166 試験体 A-8 杭頭定着筋ひずみ分布 (正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

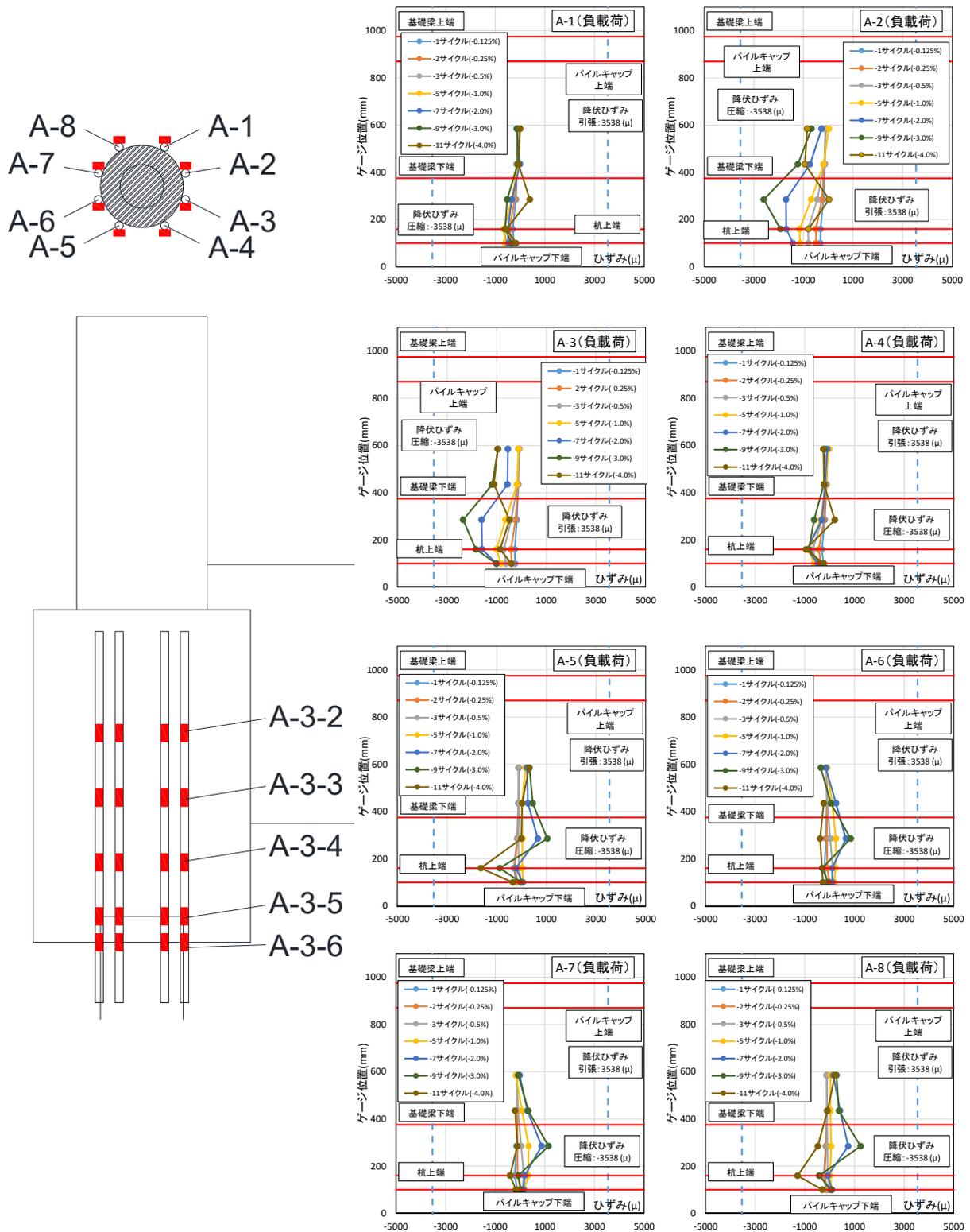


図 2.1.3-167 試験体 A-8 杭頭定着筋ひずみ分布 (負荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

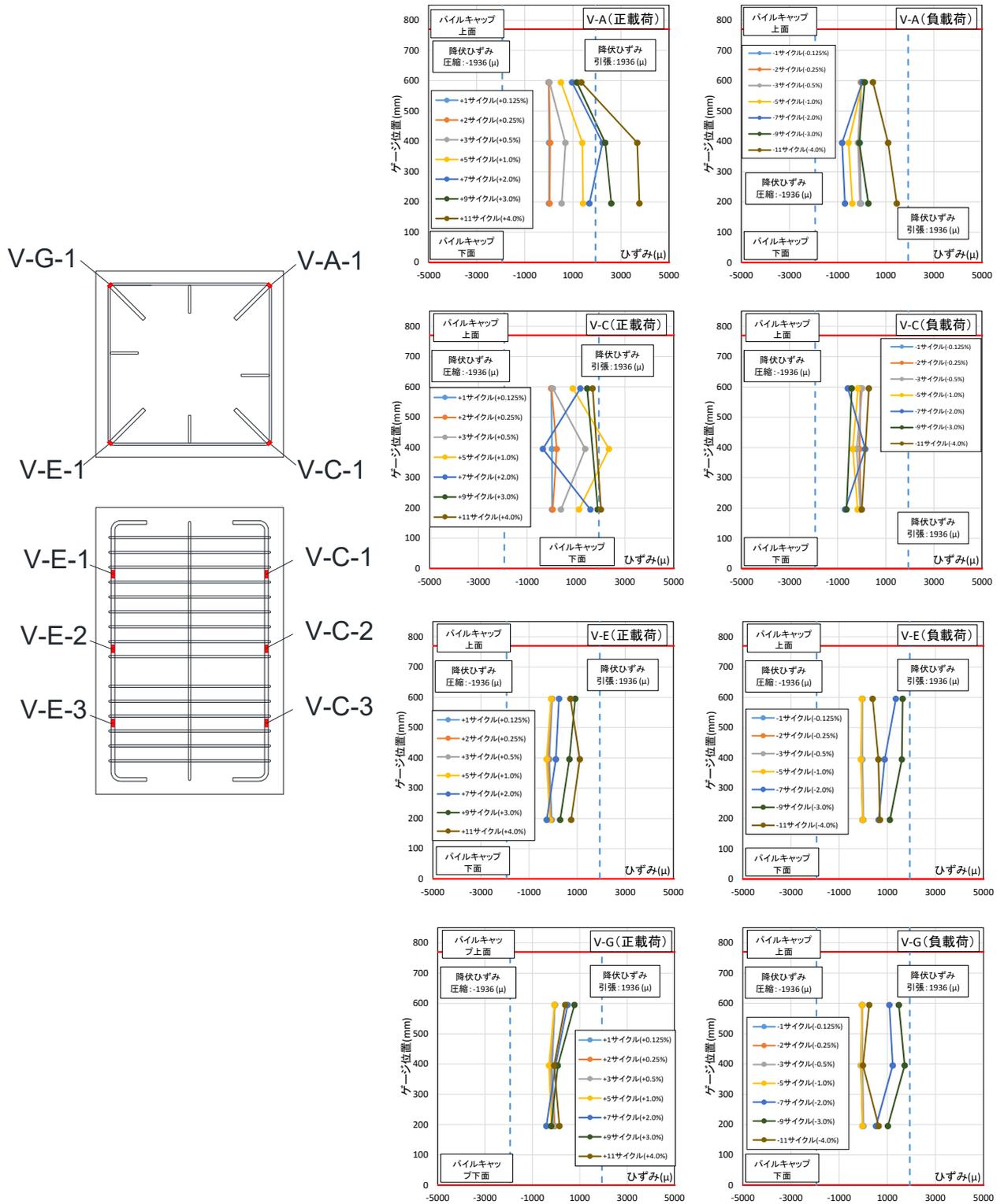


図 2.1.3-168 試験体 A-8 パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対角部)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

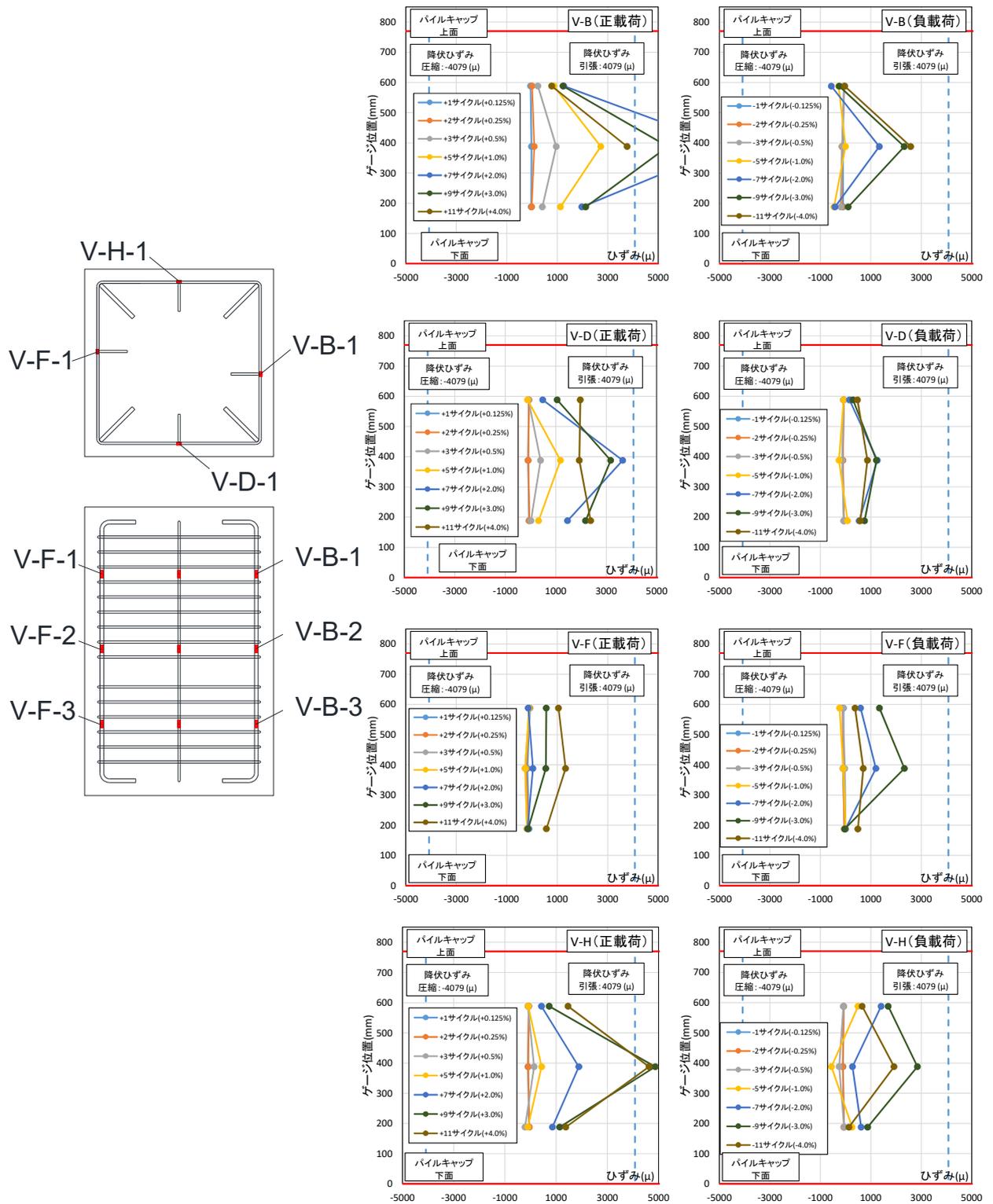


図 2.1.3-169 試験体 A-8 パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対面部)

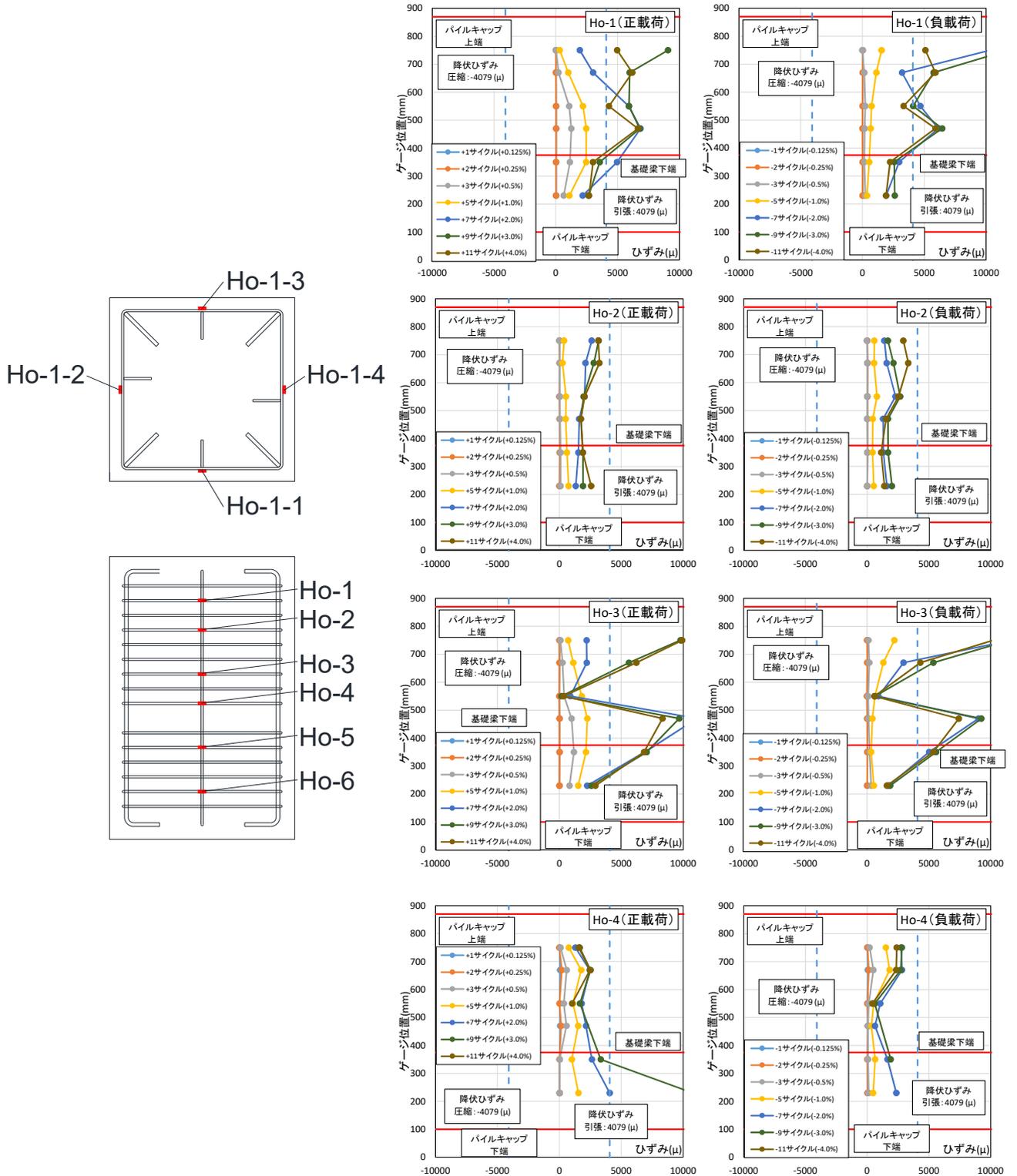


図 2.1.3-170 試験体 A-8 パイルキャップ帯筋ひずみ分布

4) 試験体 A-9

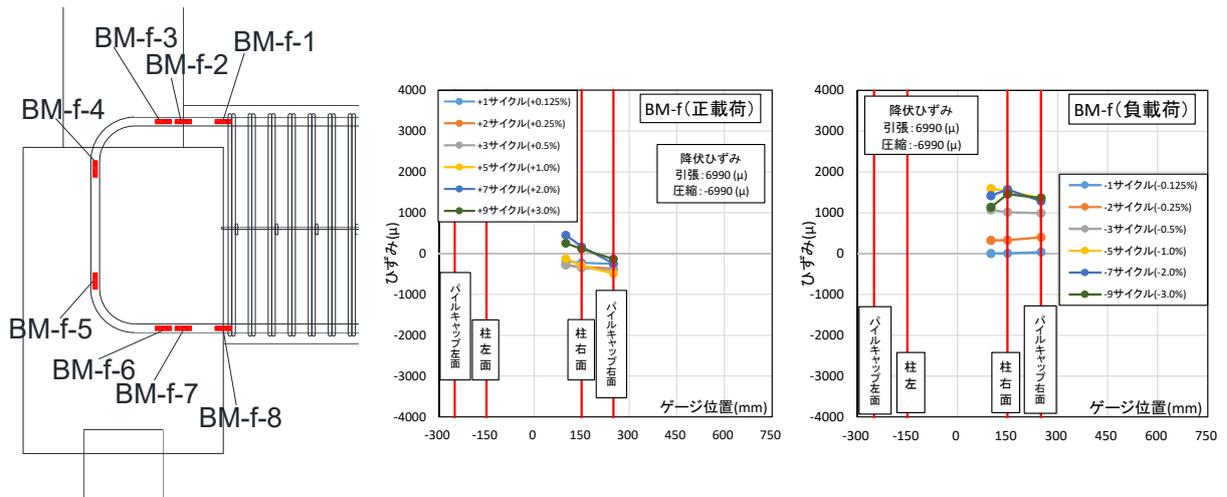


図 2.1.3-171 試験体 A-9 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (前)

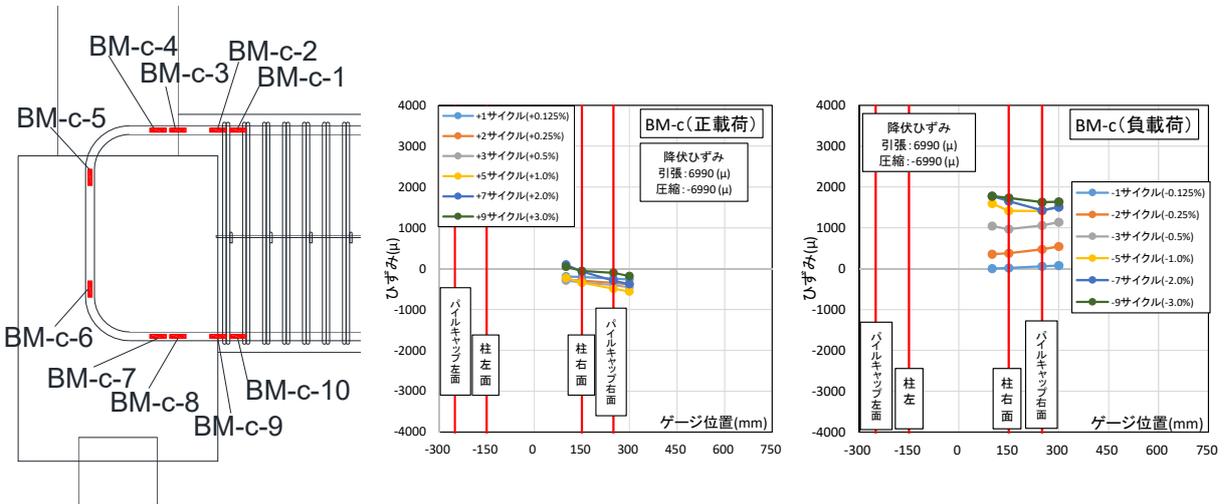


図 2.1.3-172 試験体 A-9 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (中央)

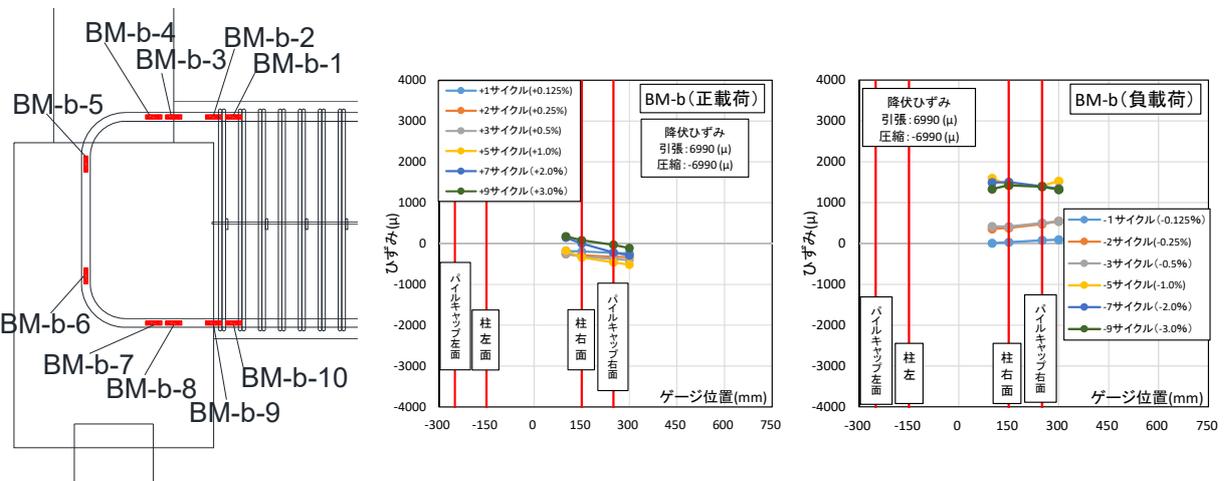


図 2.1.3-173 試験体 A-9 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (後)

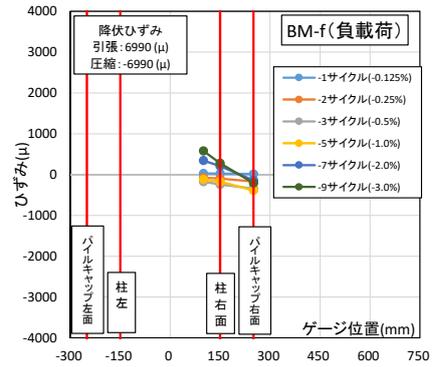
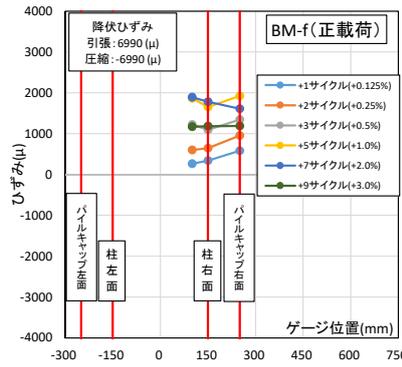
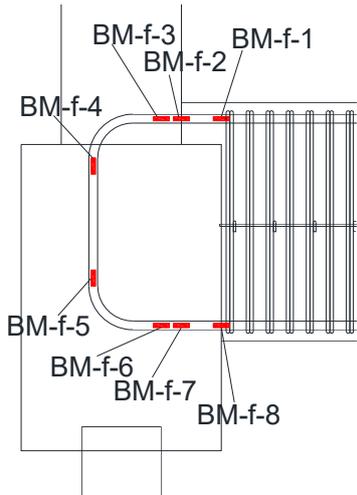


図 2.1.3-174 試験体 A-9 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (前)

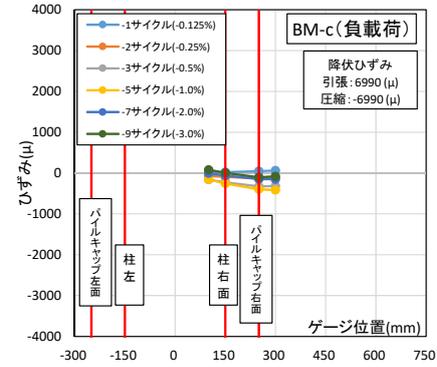
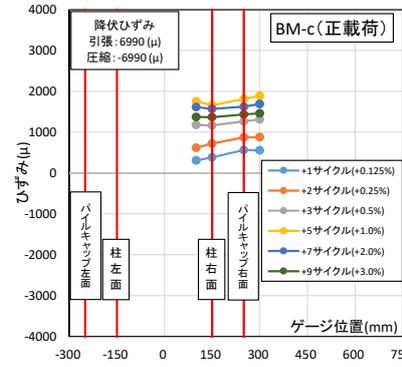
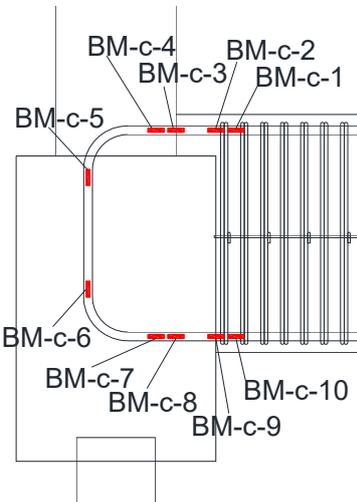


図 2.1.3-175 試験体 A-9 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (中央)

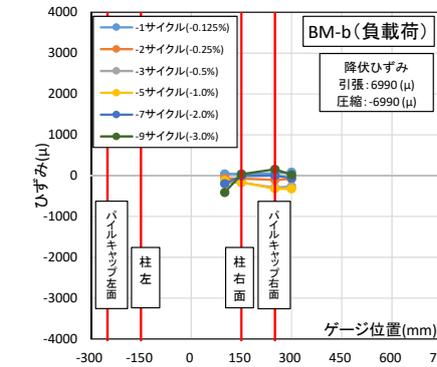
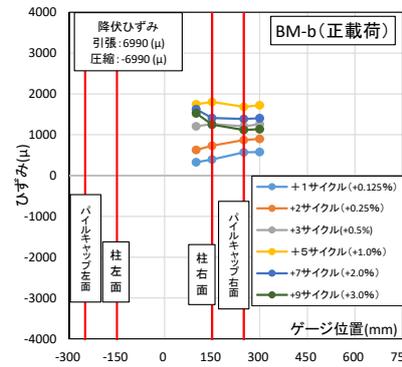
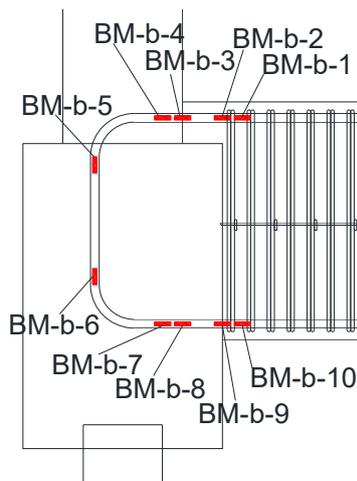


図 2.1.3-176 試験体 A-9 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

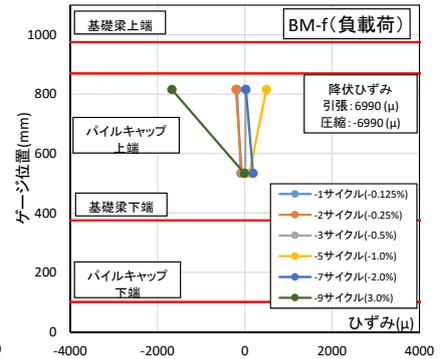
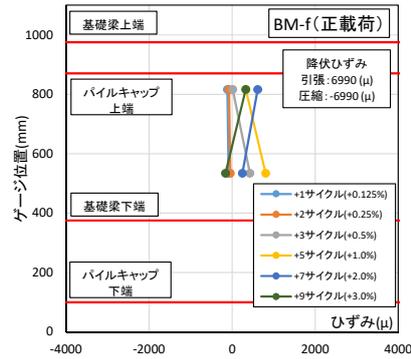
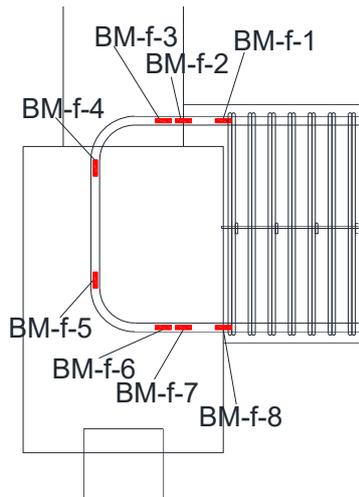


図 2.1.3-177 試験体 A-9 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(前)

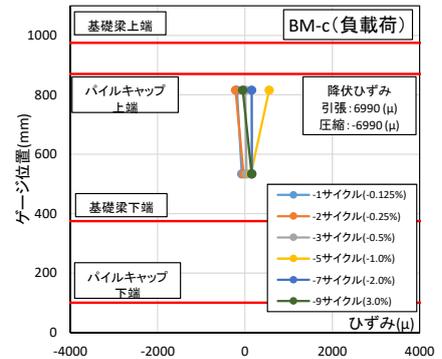
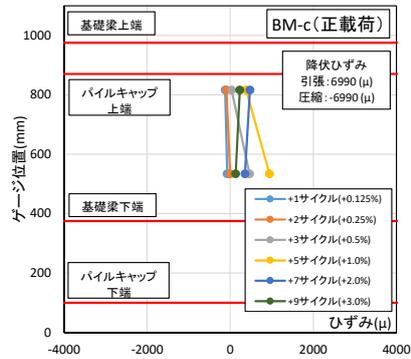
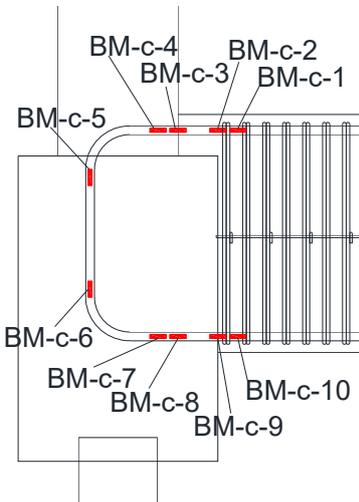


図 2.1.3-178 試験体 A-9 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(中央)

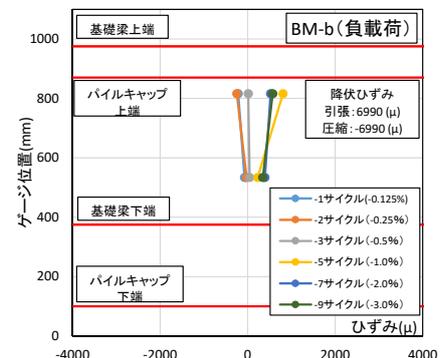
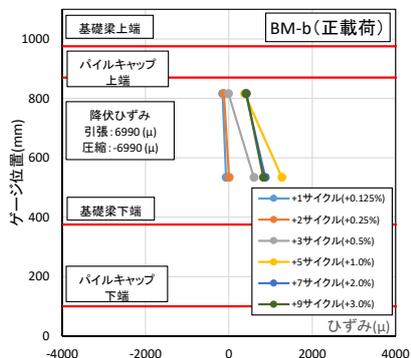
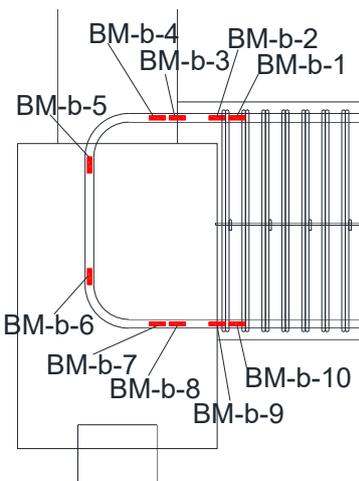


図 2.1.3-179 試験体 A-9 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(後)

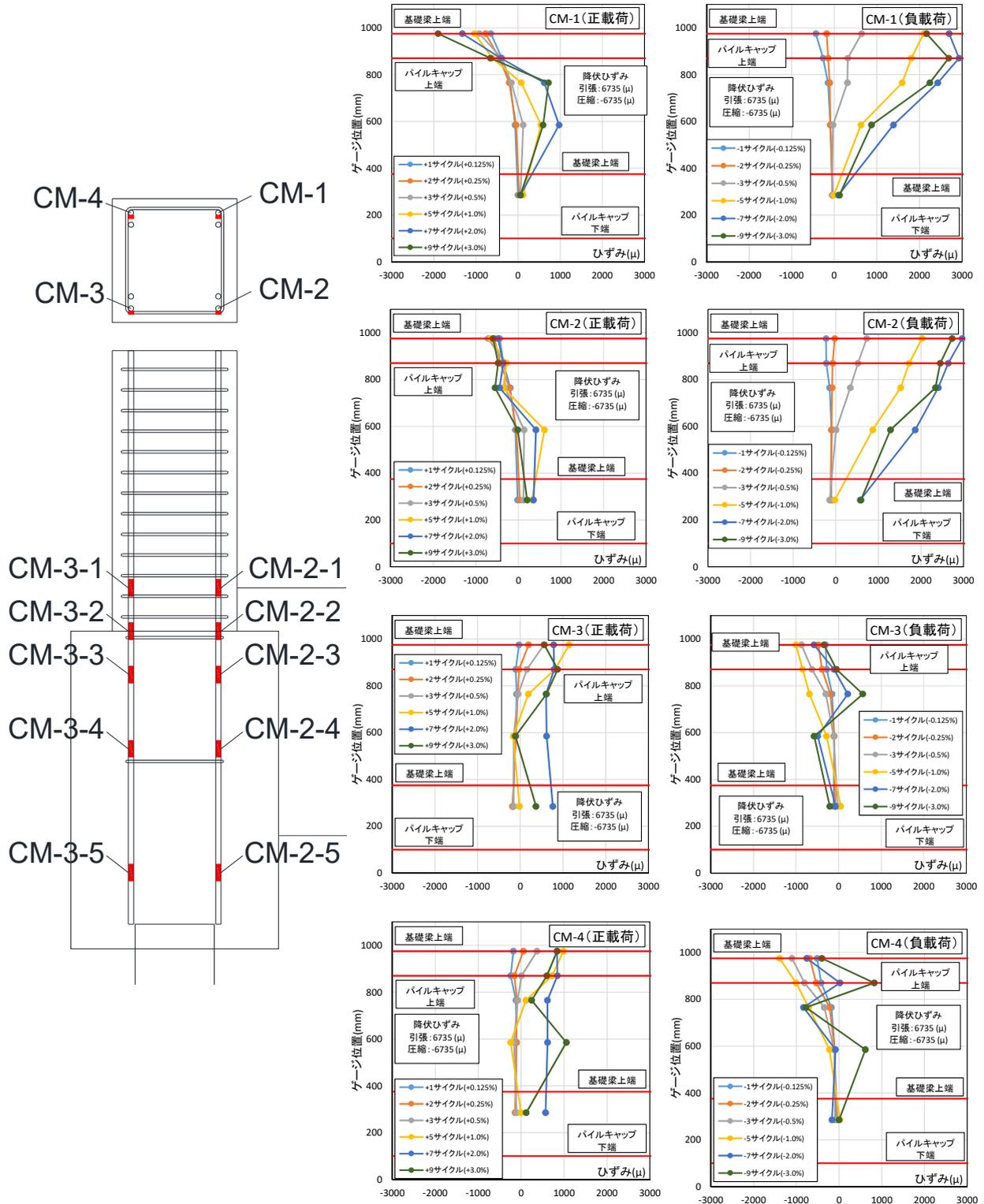


図 2.1.3-180 試験体 A-9 柱主筋ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

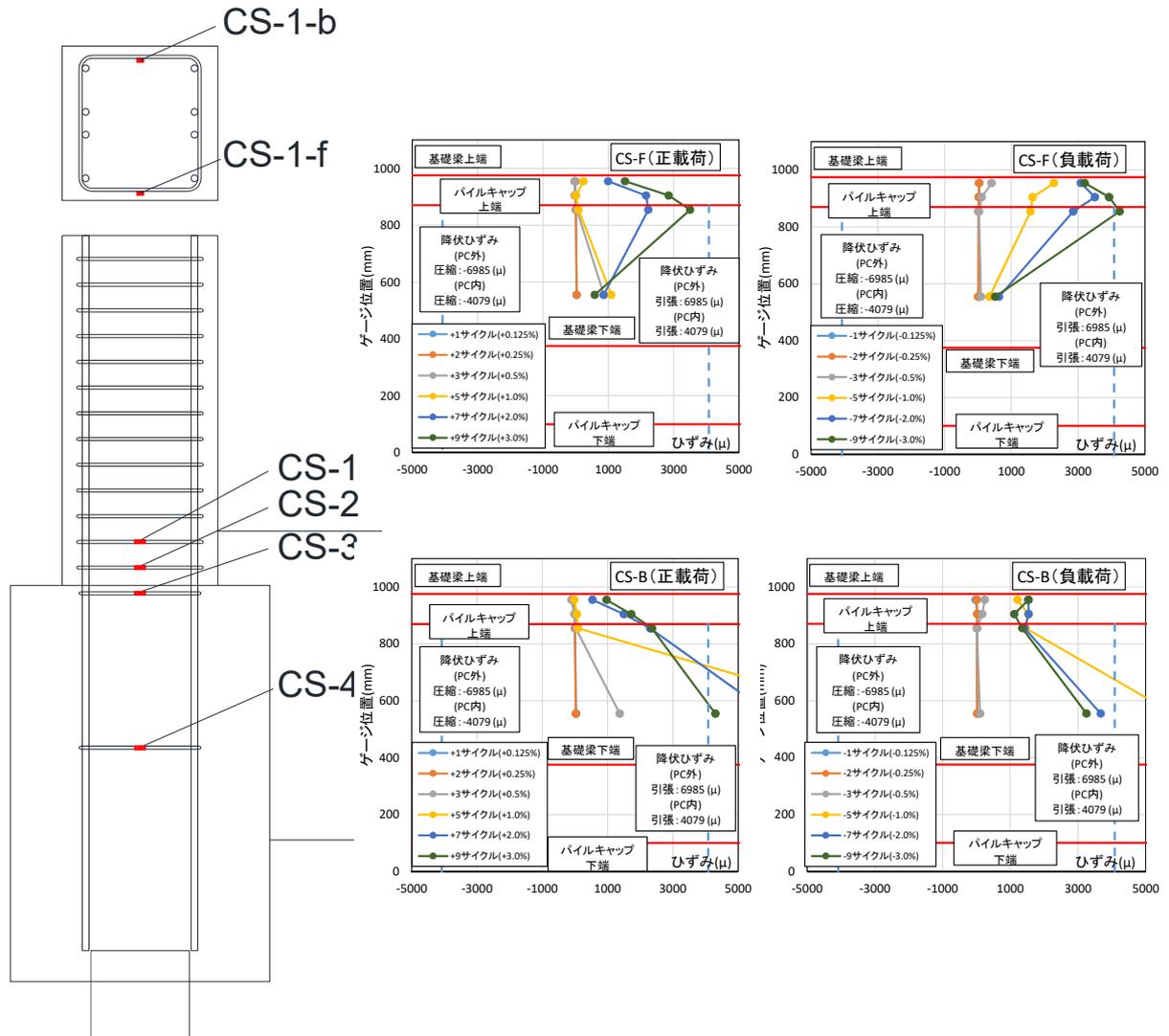


図 2.1.3-181 試験体 A-9 柱補強筋ひずみ分布

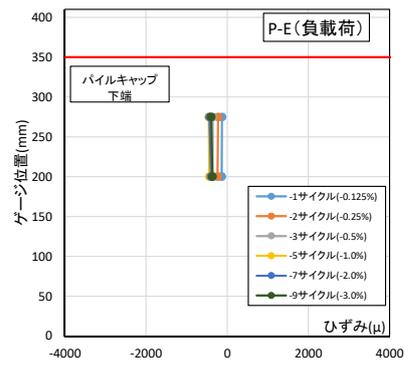
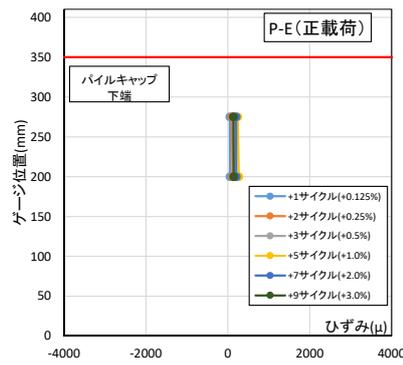
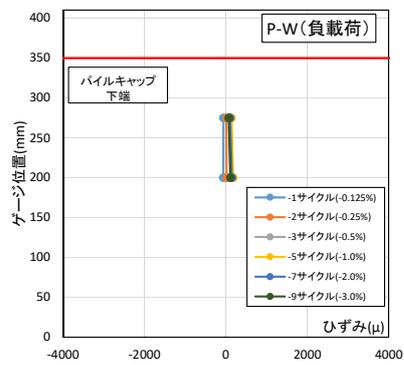
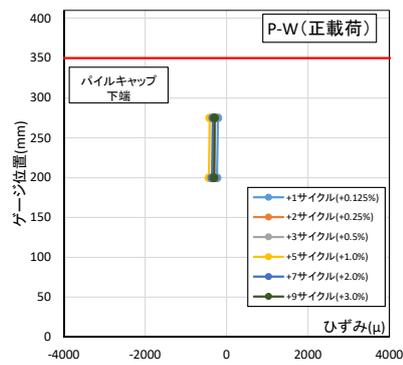
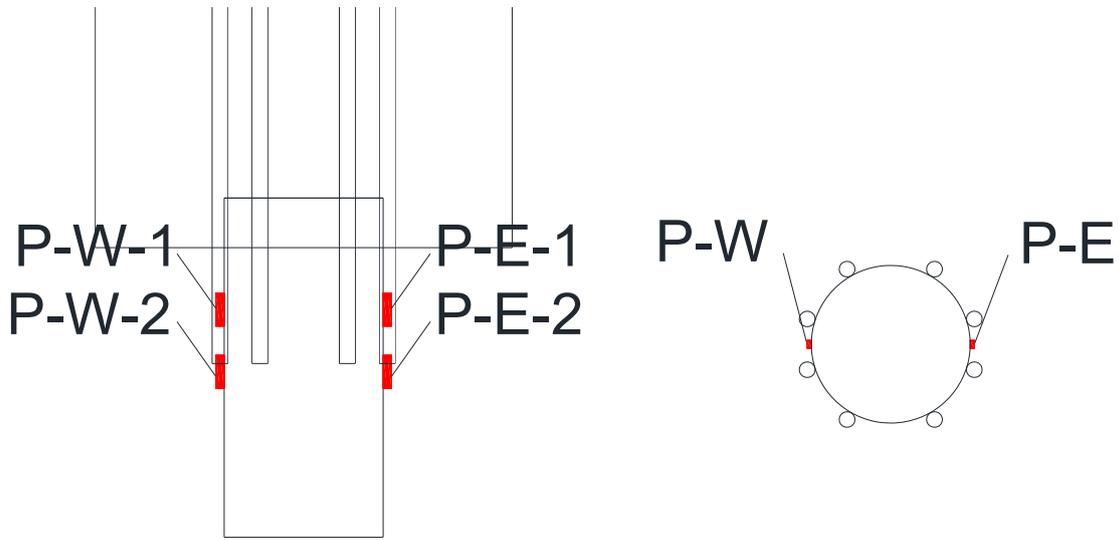


図 2.1.3-182 試験体 A-9 杭ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

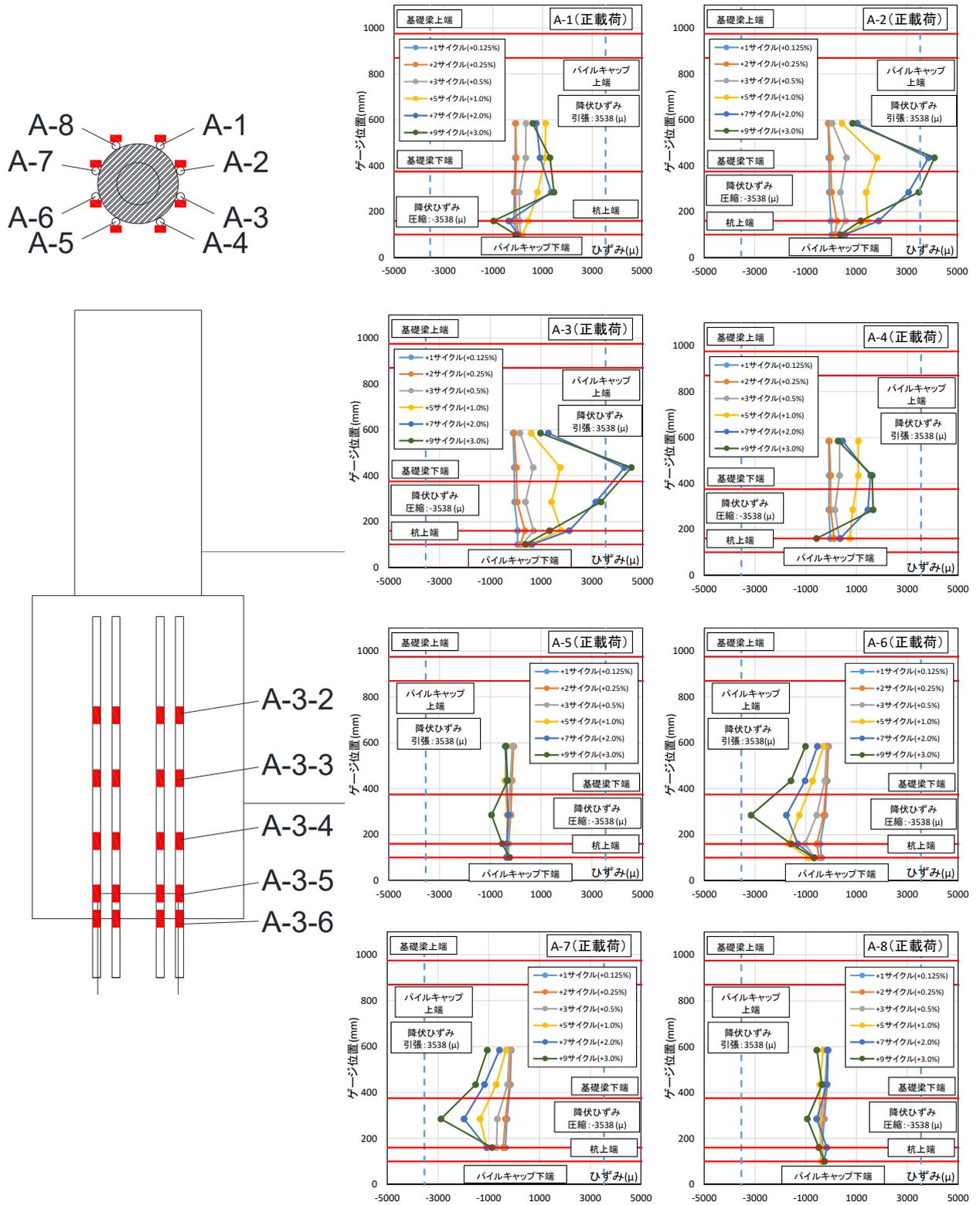


図 2.1.3-183 試験体 A-9 杭頭定着筋ひずみ分布 (正載荷)

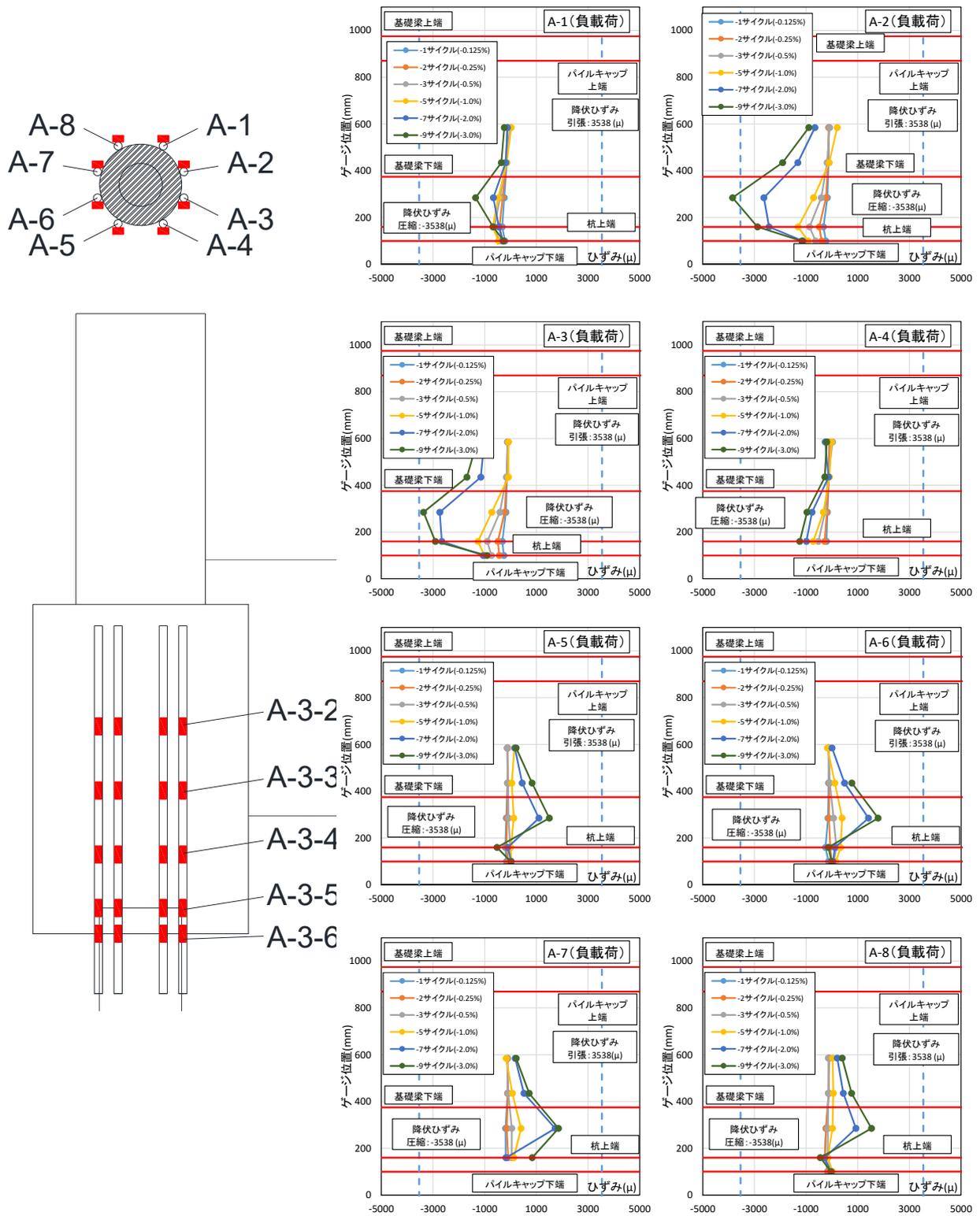


図 2.1.3-184 試験体 A-9 杭頭定着筋ひずみ分布 (負荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

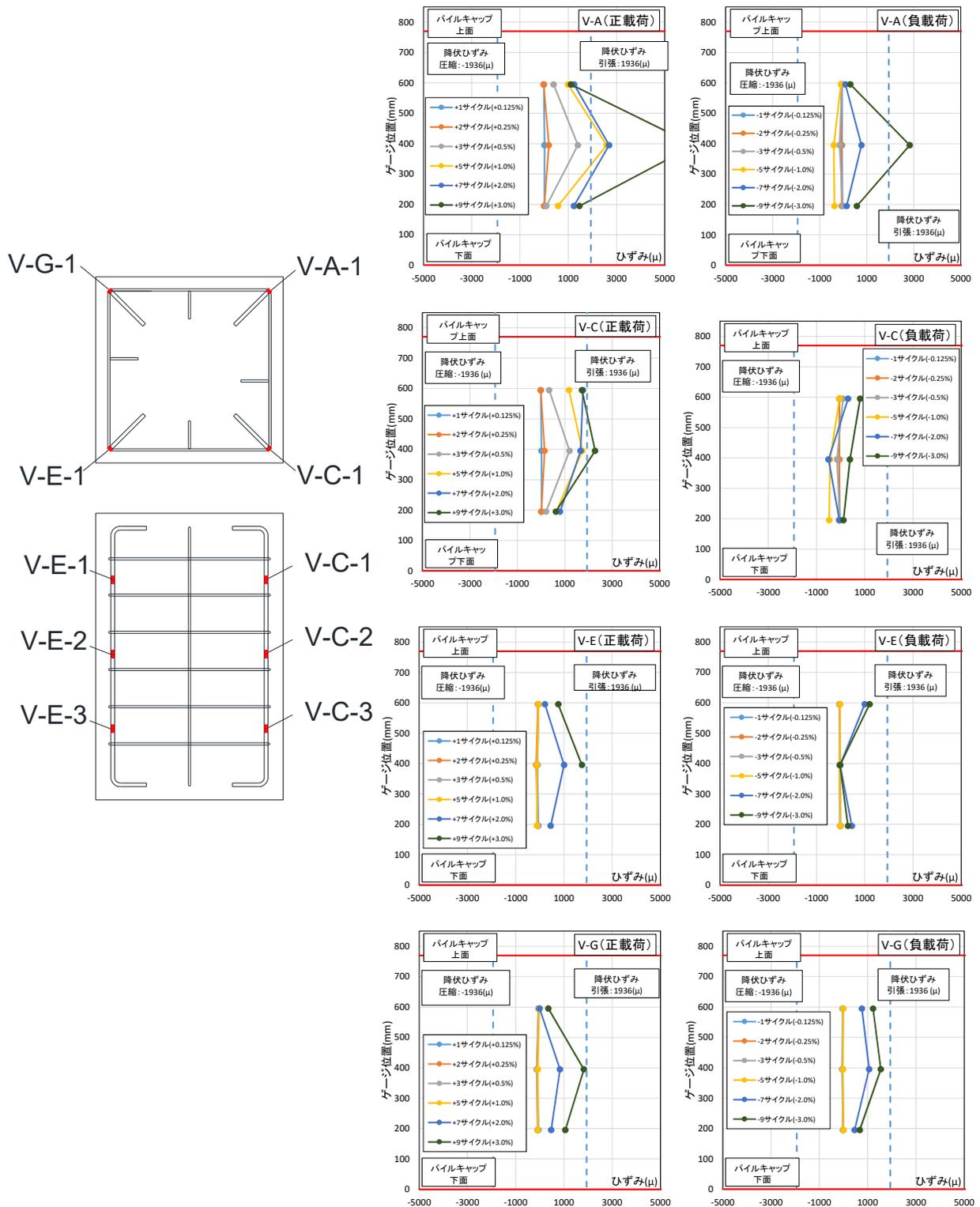


図 2.1.3-185 試験体 A-9 パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対角部)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

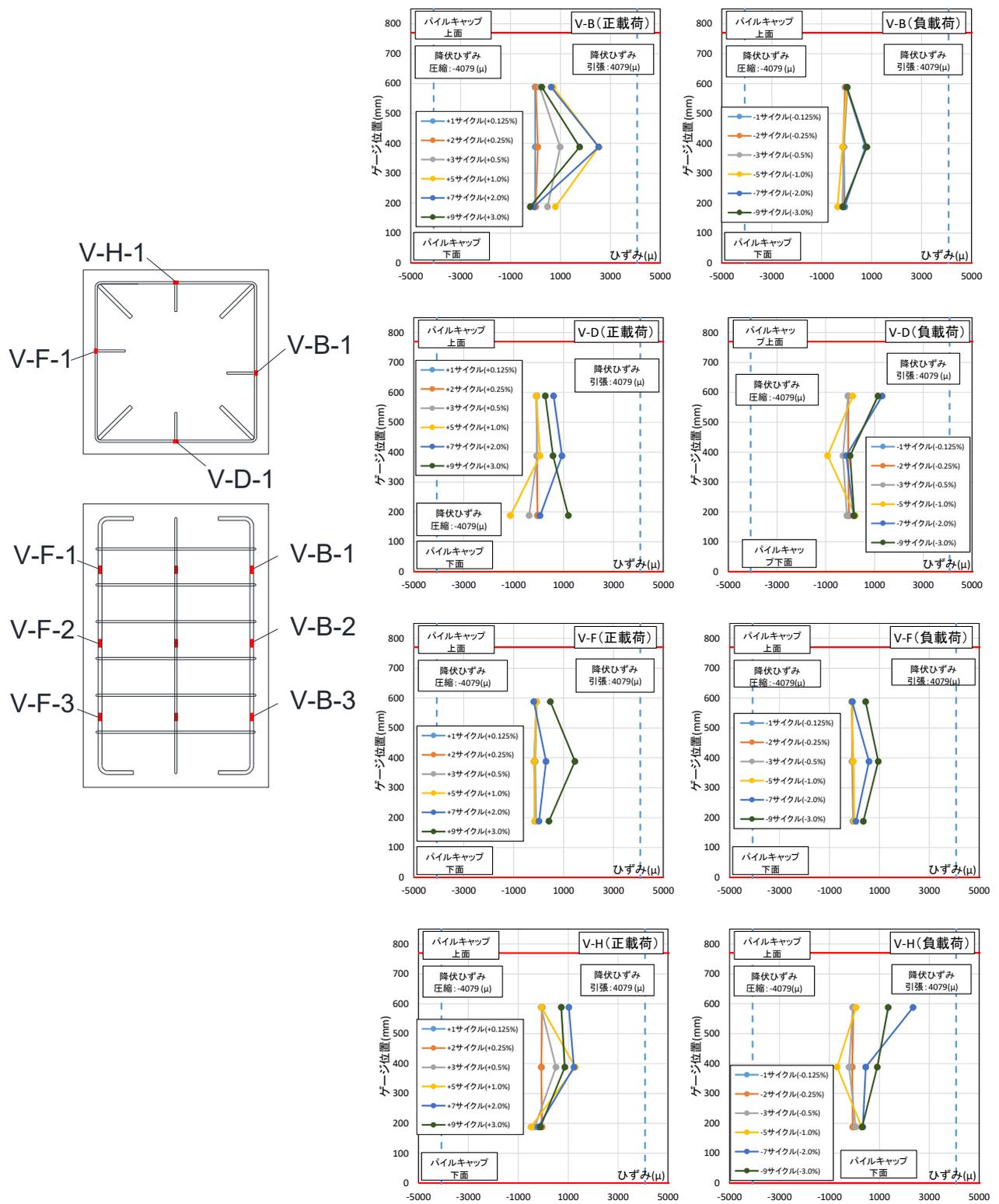


図 2.1.3-186 試験体 A-9 パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対面部)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

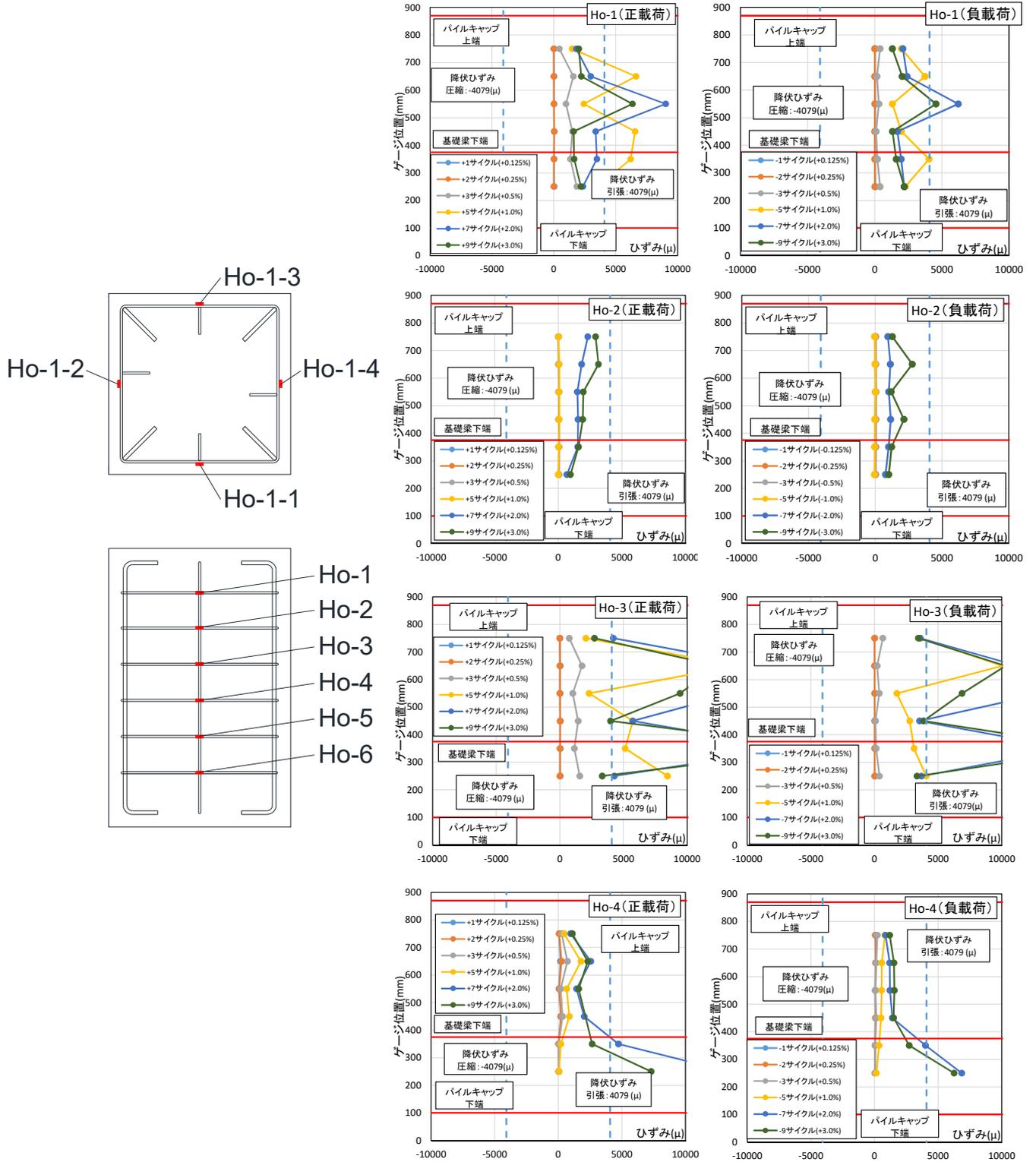


図 2.1.3-187 試験体 A-9 パイルキャップ帯筋ひずみ分布

5) 試験体 C-4

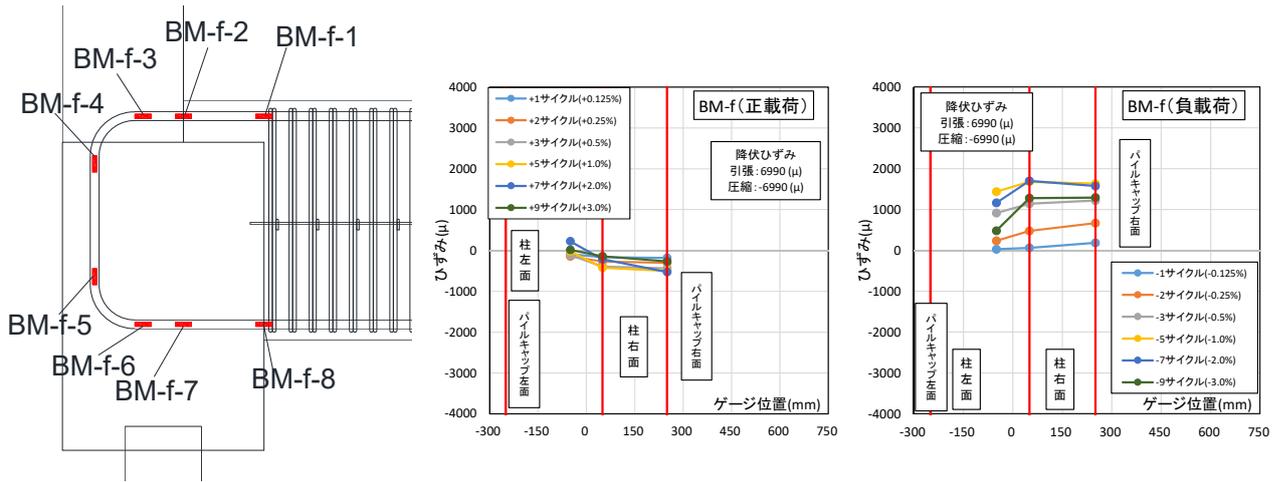


図 2.1.3-188 試験体 C-4 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (前)

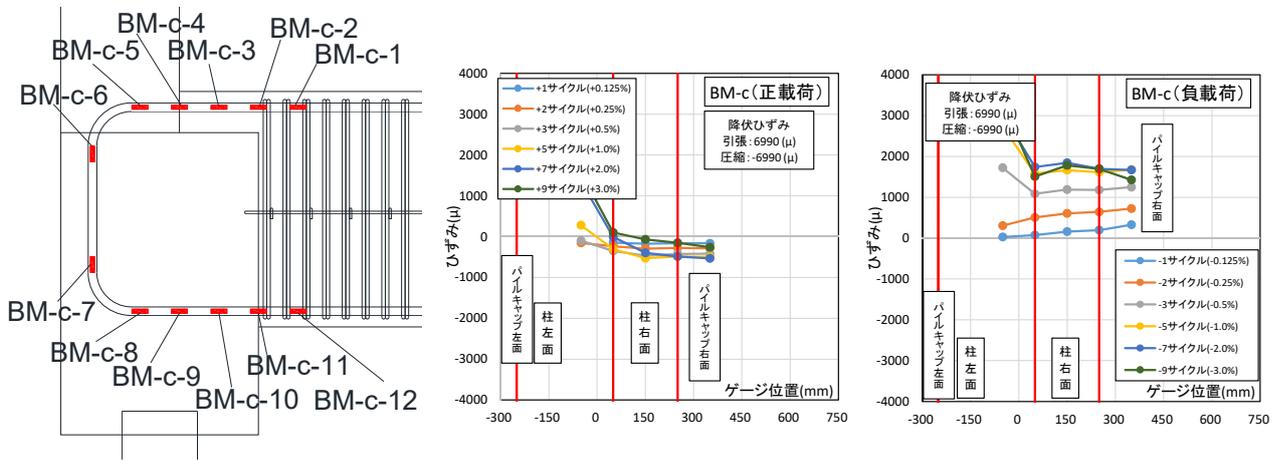


図 2.1.3-189 試験体 C-4 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (中央)

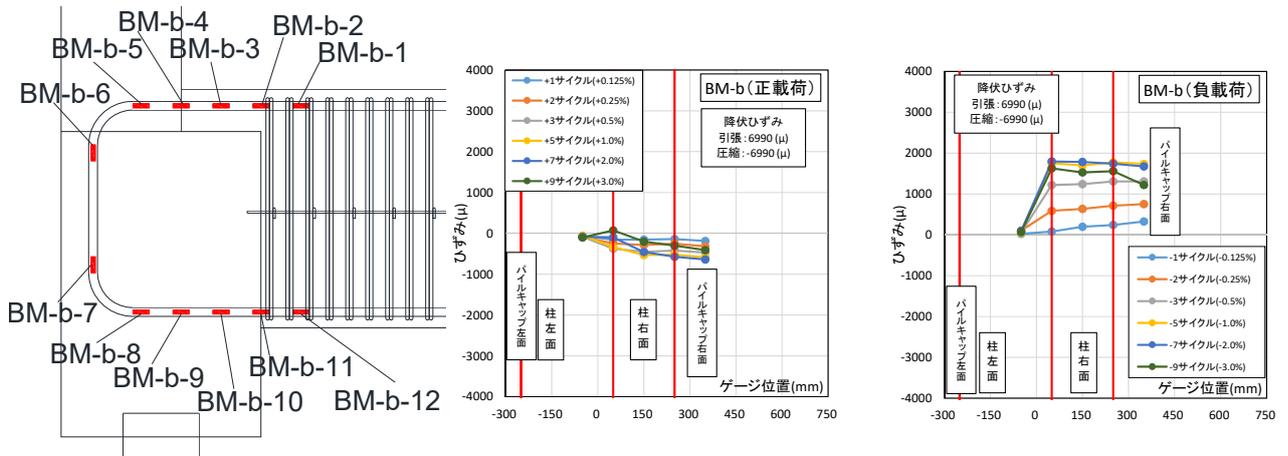


図 2.1.3-190 試験体 C-4 基礎梁主筋上端ひずみ分布 (後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

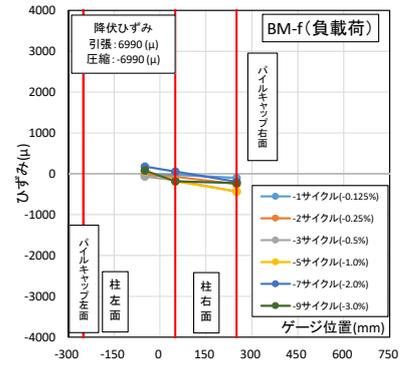
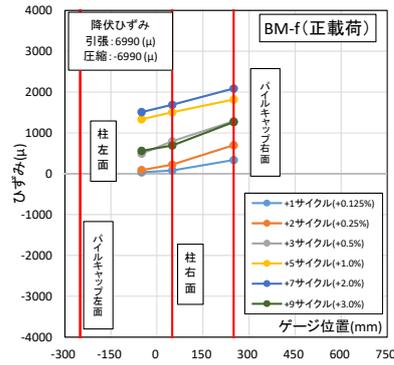
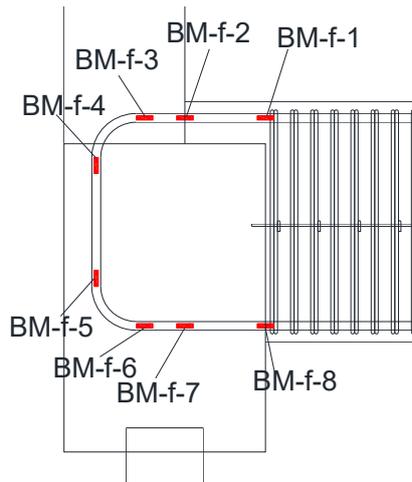


図 2.1.3-191 試験体 C-4 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (前)

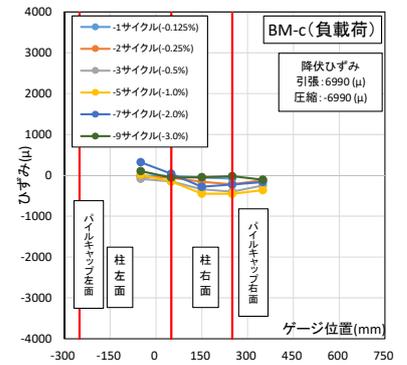
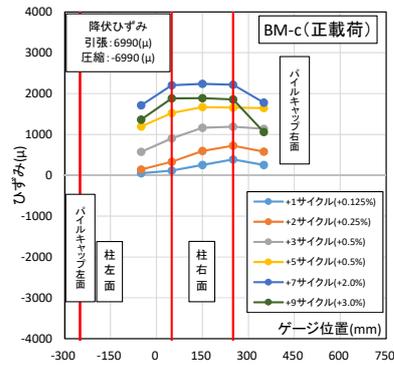
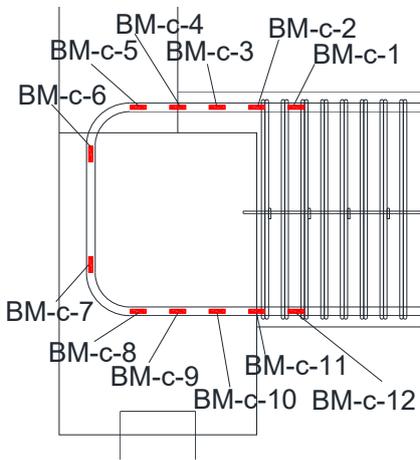


図 2.1.3-192 試験体 C-4 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (中央)

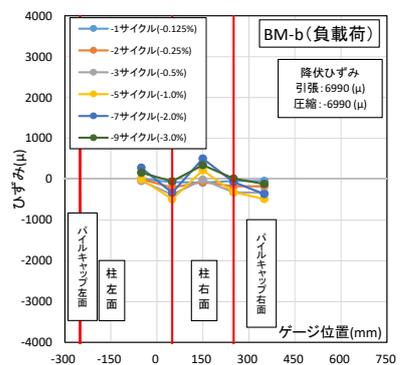
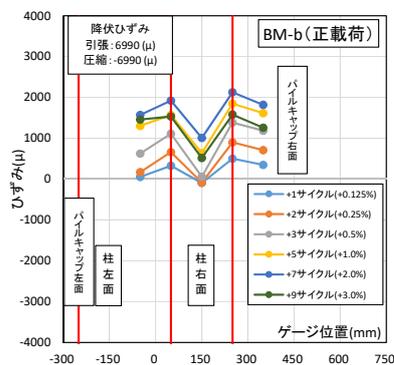
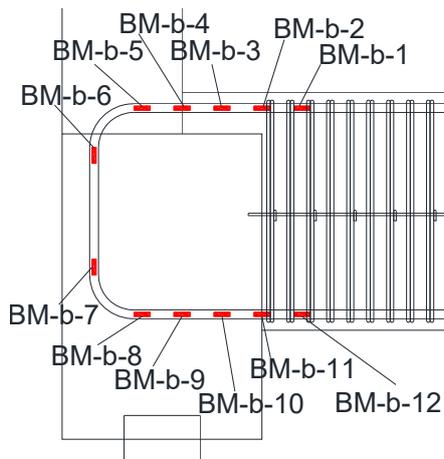


図 2.1.3-193 試験体 C-4 基礎梁主筋下端ひずみ分布 (後)

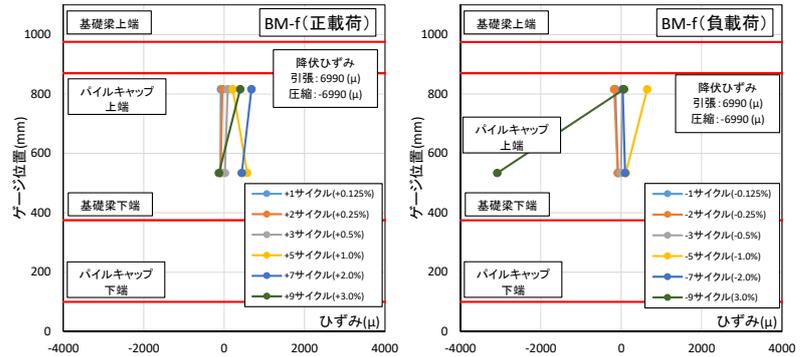
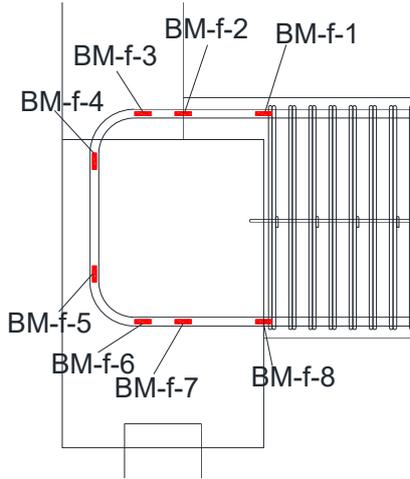


図 2.1.3-194 試験体 C-4 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(前)

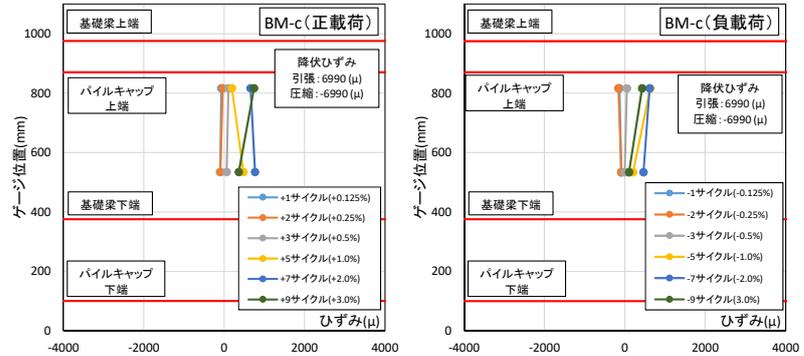
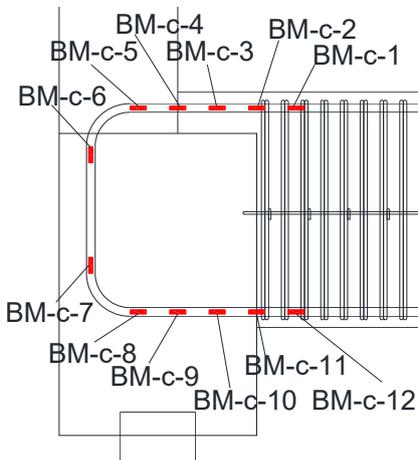


図 2.1.3-195 試験体 C-4 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(中央)

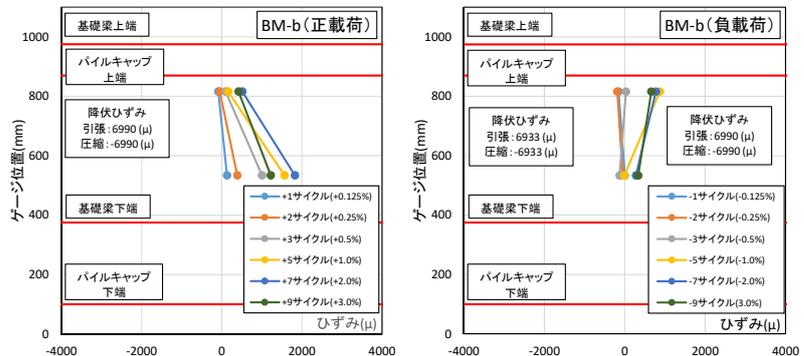
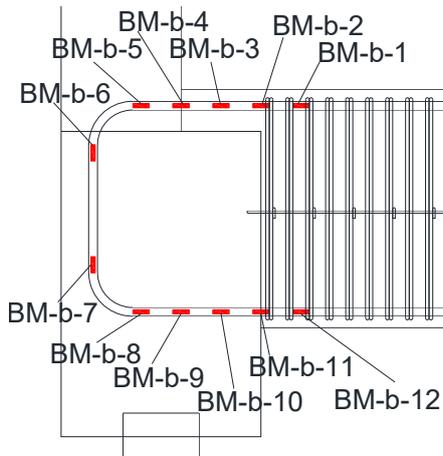


図 2.1.3-196 試験体 C-4 基礎梁主筋折り曲げ部ひずみ分布(後)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

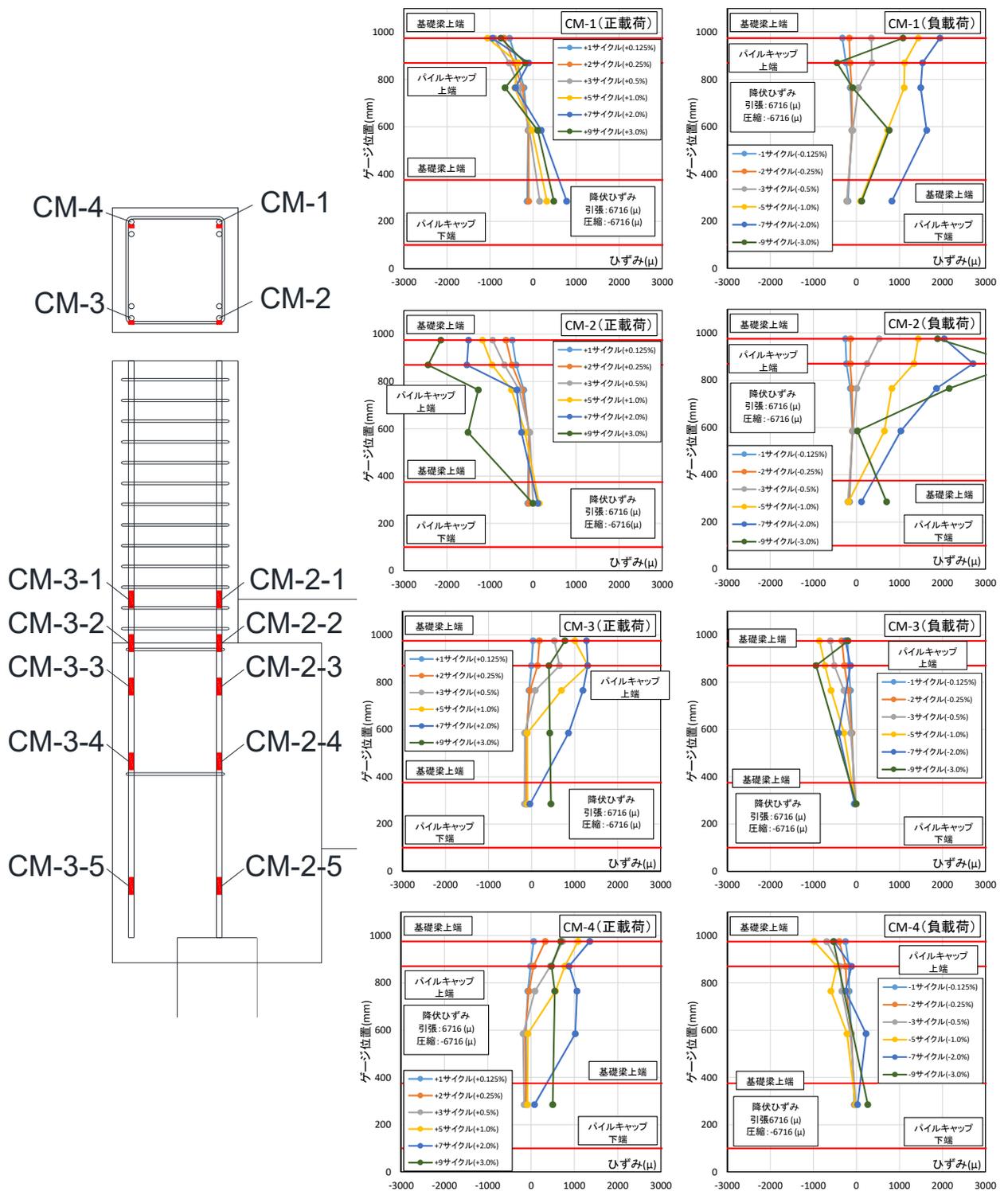


図 2.1.3-197 試験体 C-4 柱主筋ひずみ分布

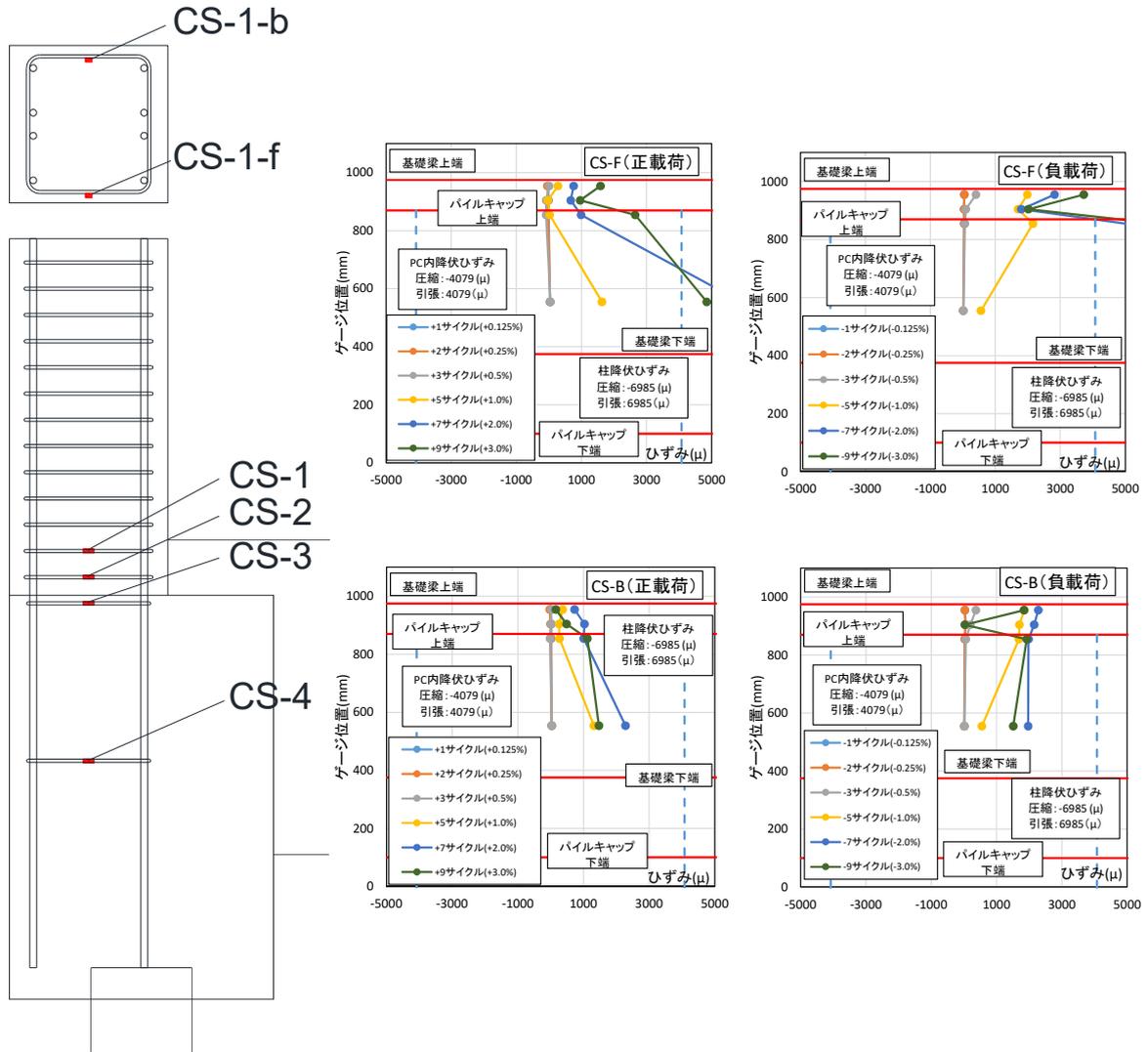


図 2.1.3-198 試験体 C-4 柱補強筋ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

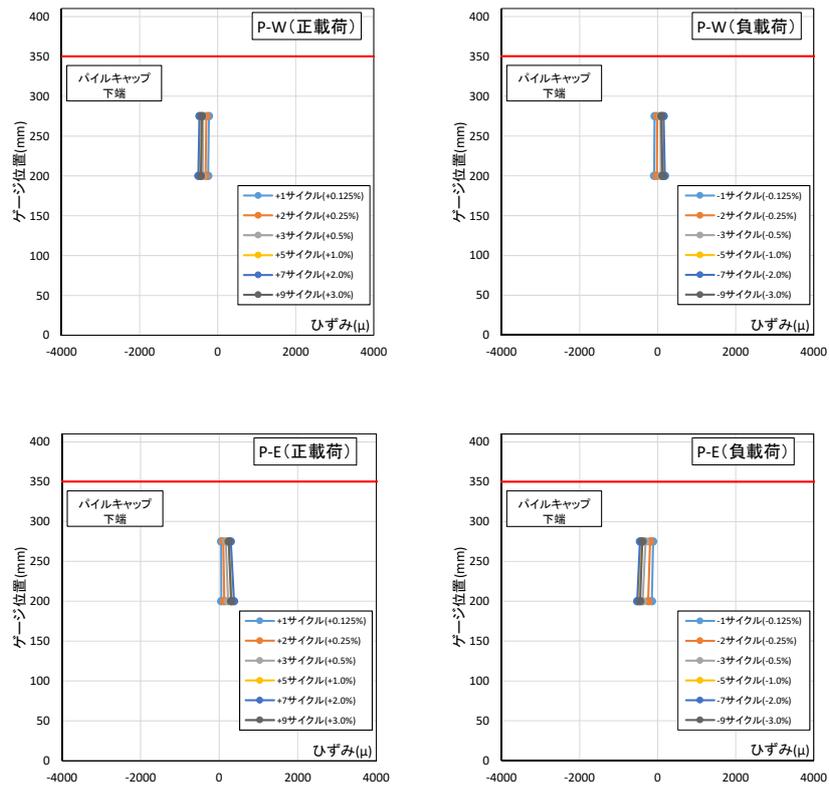
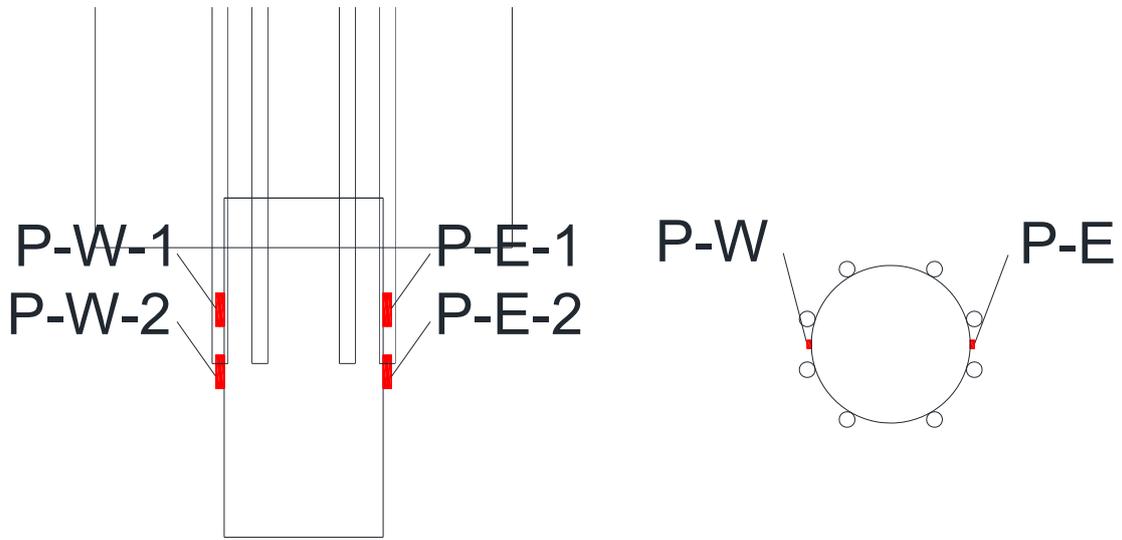


図 2.1.3-199 試験体 C-4 杭ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

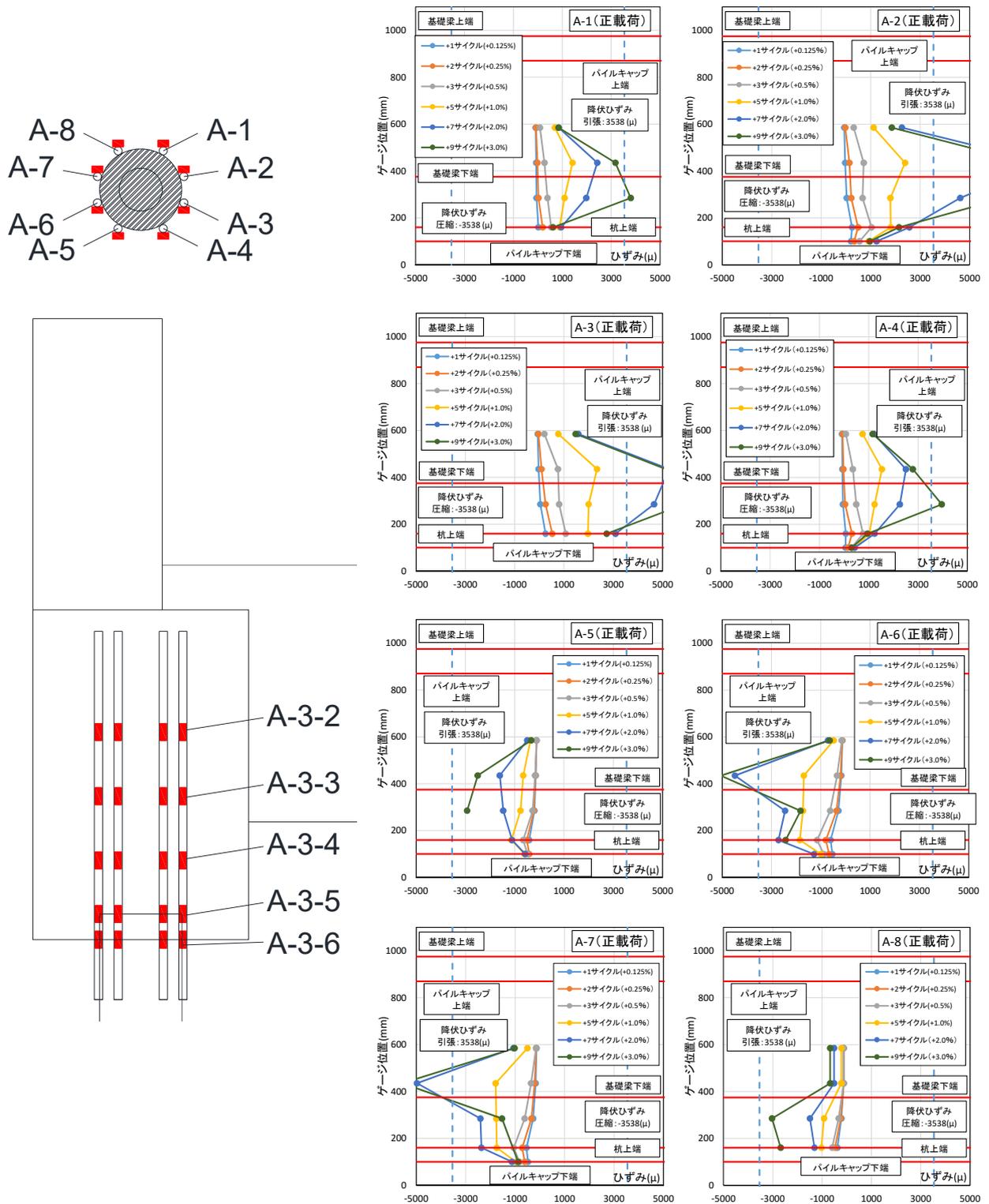


図 2.1.3-200 試験体 C-4 杭頭定着筋ひずみ分布 (正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

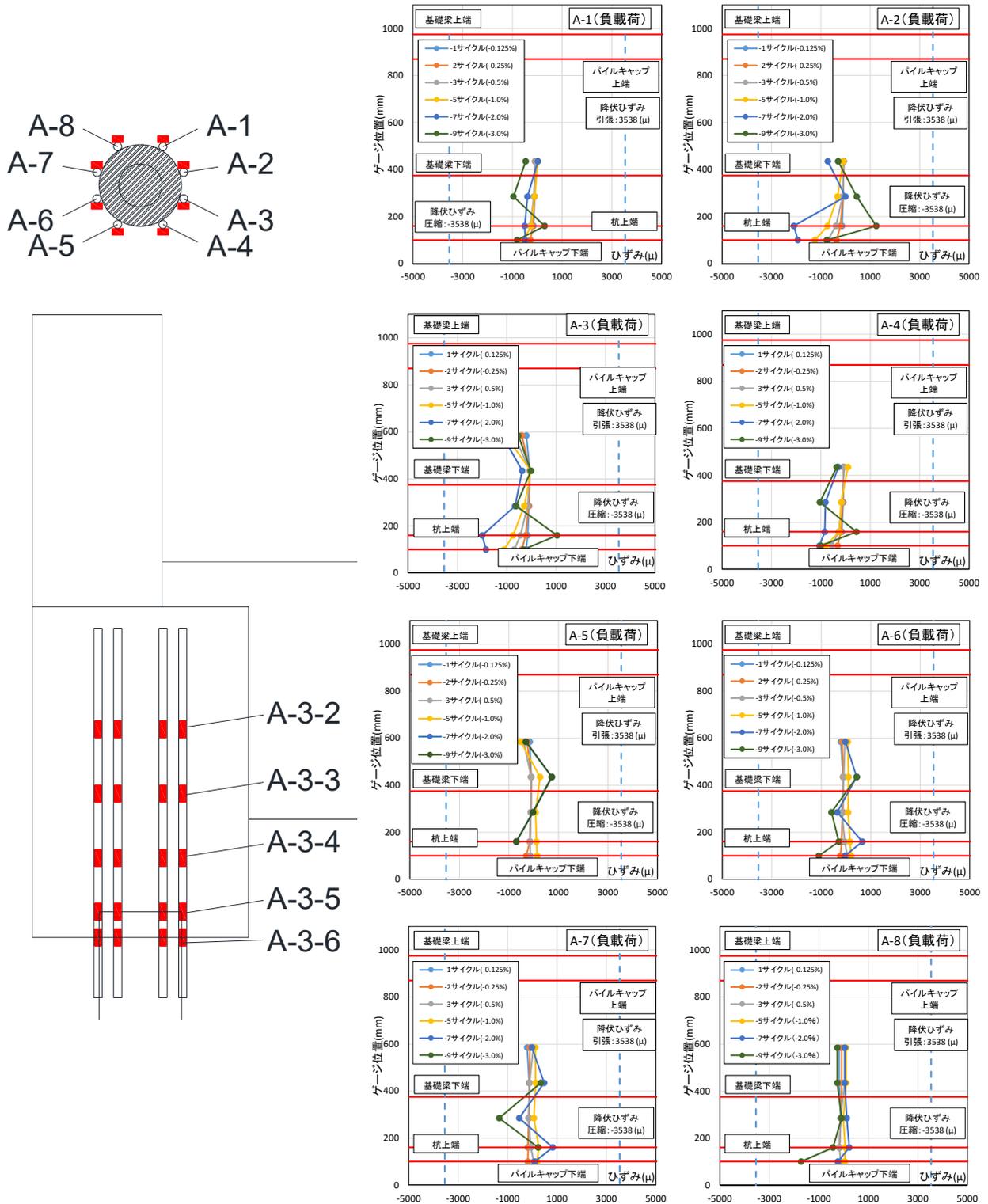


図 2.1.3-201 試験体 C-4 杭頭定着筋ひずみ分布 (負荷時)

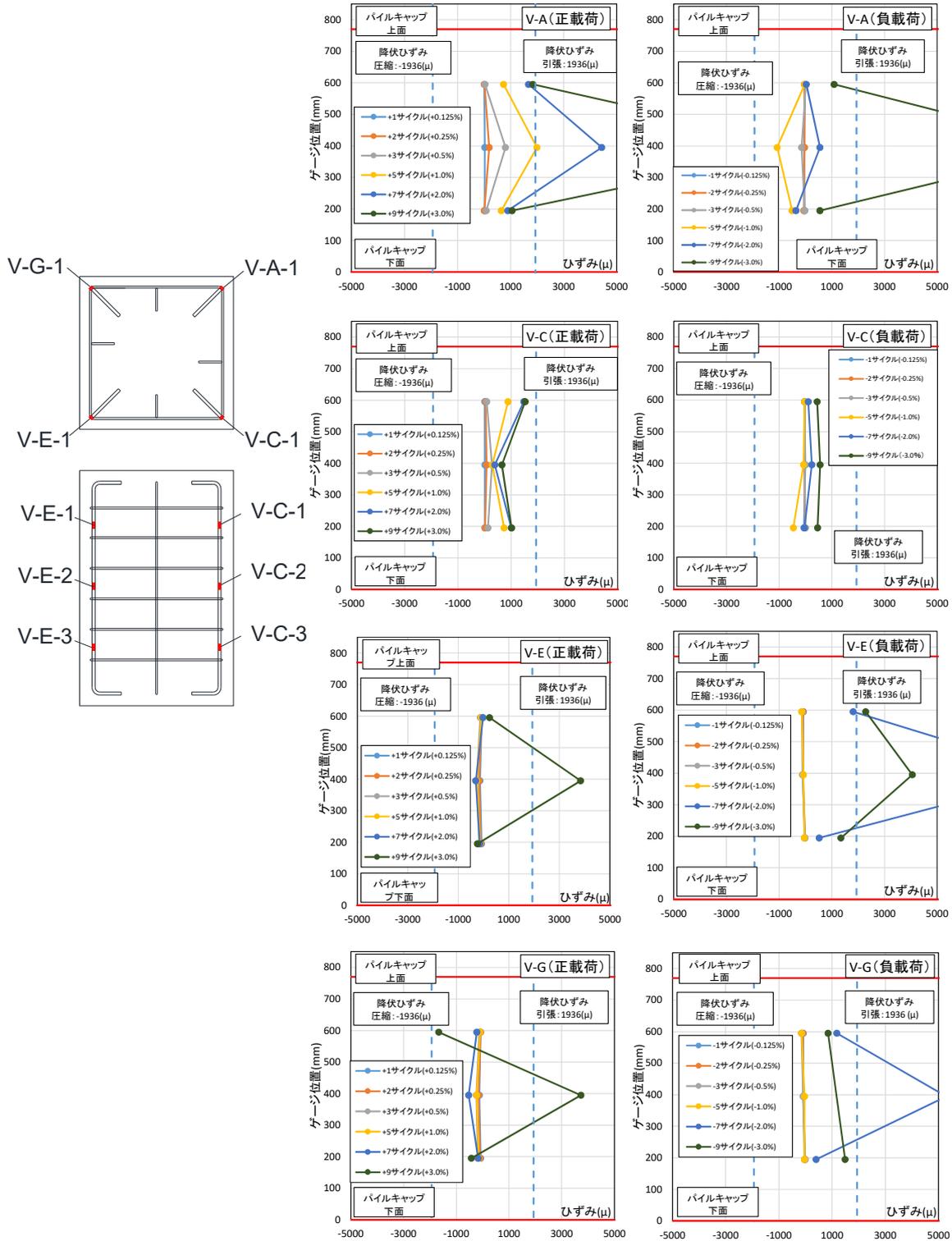


図 2.1.3-202 試験体 C-4 パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対角部)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

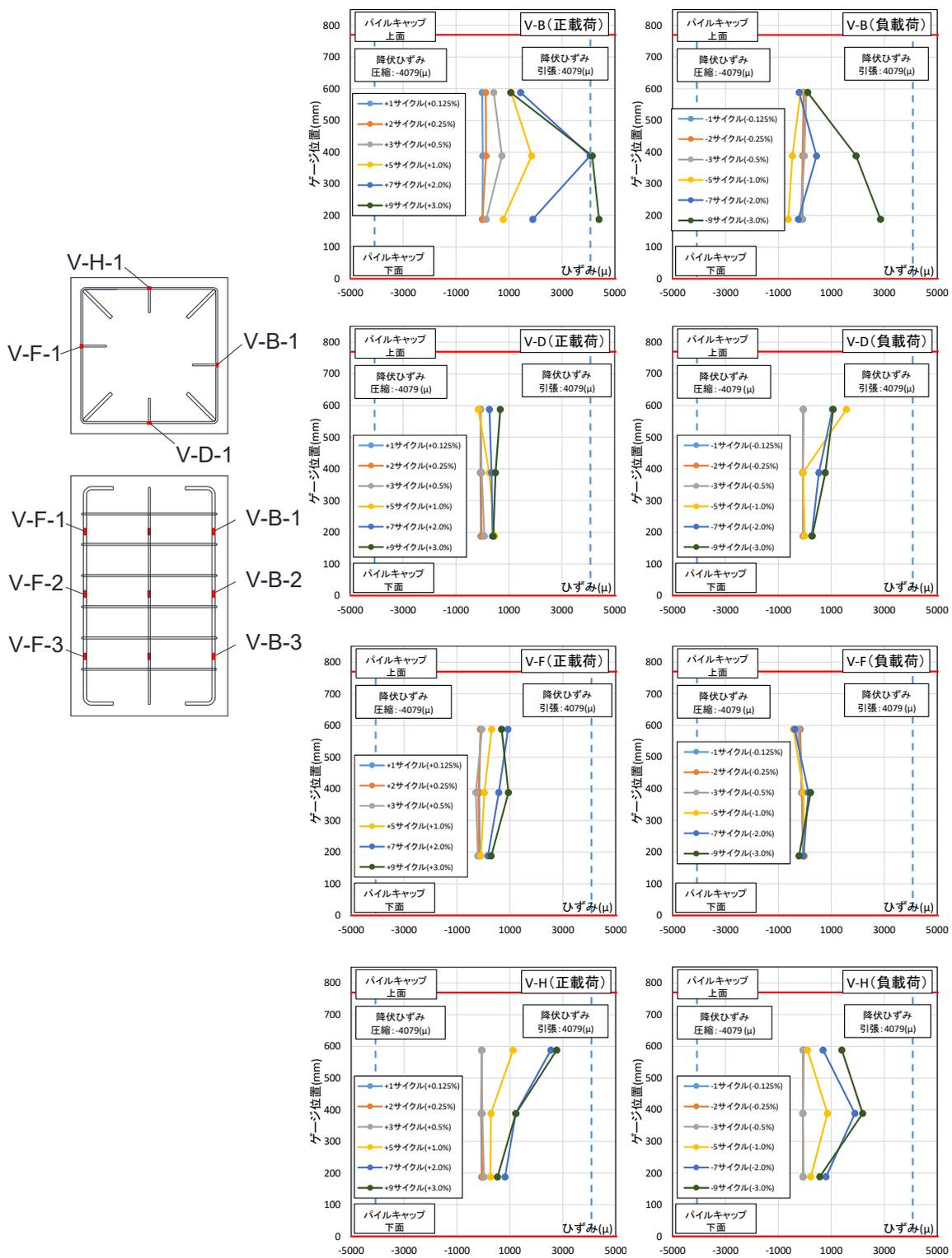


図 2.1.3-203 試験体 C-4 パイルキャップ縦筋ひずみ分布 (対面部)

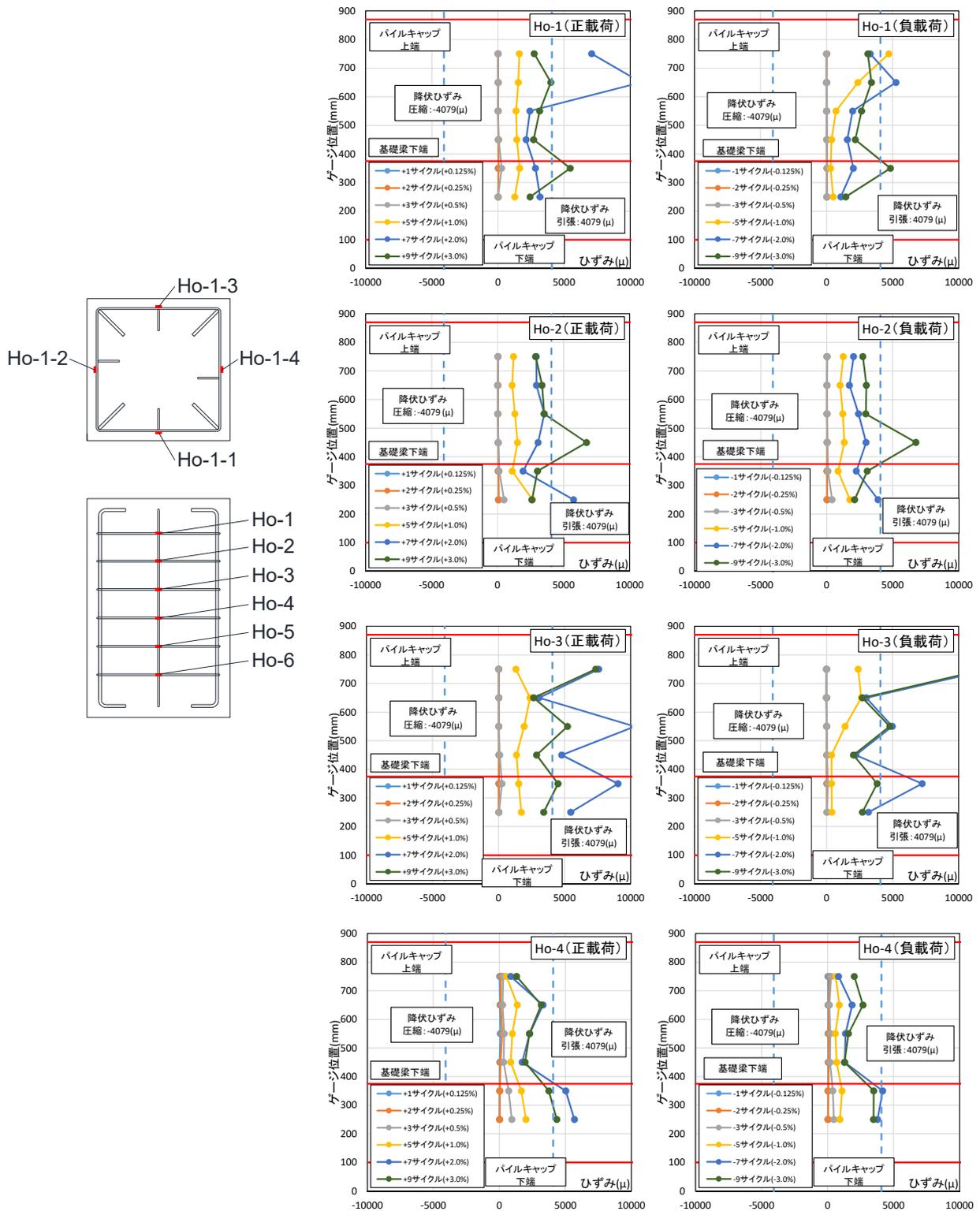


図 2.1.3-204 試験体 C-4 パイルキャップ帯筋ひずみ分布

2.1.4 考察

(1) 層せん断力 Q—層間変形角 R 関係の検討

図 2.1.4-1～図 2.1.4-5 に本研究における 5 体の試験体の層せん断力—層間変形角関係を示す。

1) 試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9

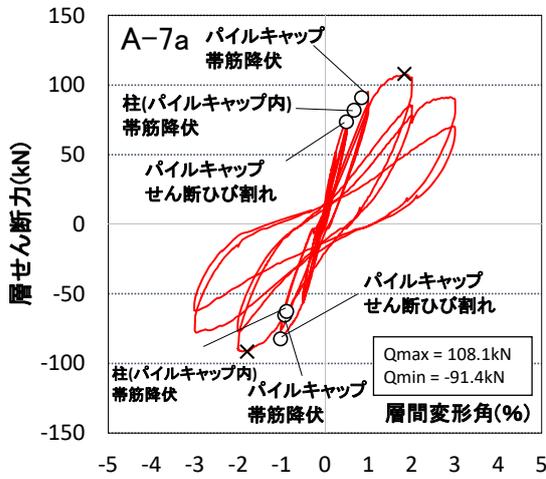


図 2.1.4-1 Q-R 関係 試験体 A-7a

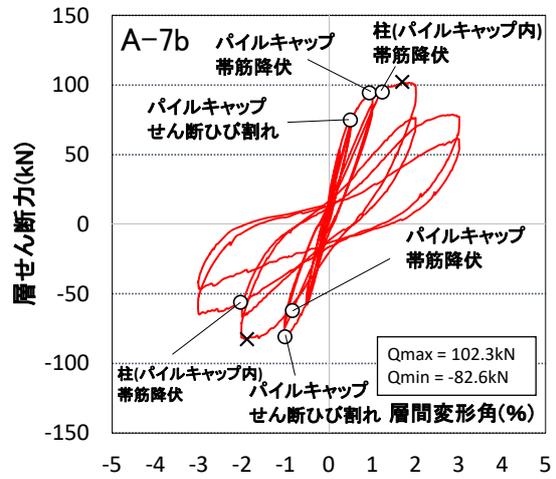


図 2.1.4-2 Q-R 関係 試験体 A-7b

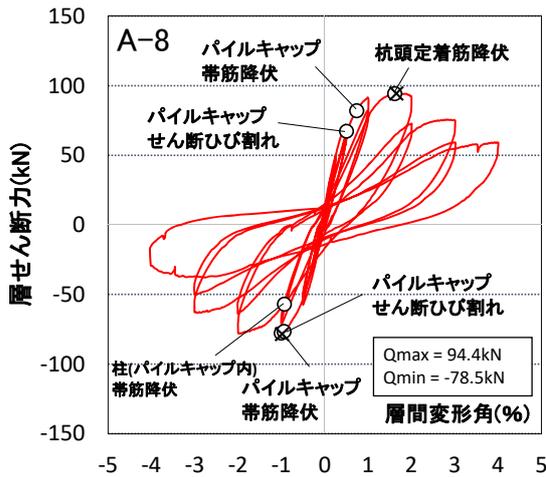


図 2.1.4-3 Q-R 関係 試験体 A-8

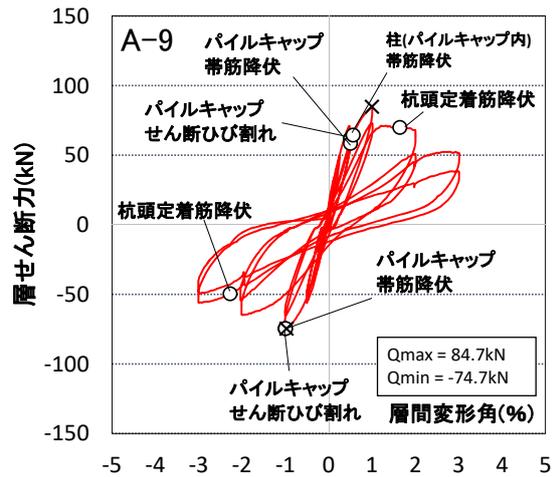


図 2.1.4-4 Q-R 関係 試験体 A-9

試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9 の最大耐力はいずれもパイルキャップによって決定したと考えられる。試験体 A-7a と A-7b はパイルキャップ内の総帯筋量 ( $p_c p_w + c p_w$ ) がほぼ同量配筋されており、 $p_c p_w$  と  $c p_w$  のそれぞれの配筋されている比率が異なる試験体であるが、最大耐力は試験体 A-7a の方が正載荷側で 1.06 倍、負載荷側で 1.11 倍大きい結果となった。また最大耐力後の耐力低下率は正載荷側で試験体 A-7a が 17%、試験体 A-7b が 25% (R=3%と比較) と、柱帯筋よりパイルキャップ帯筋を多く配筋する方がパイルキャップの耐力や靱性能への影響が大きくなった。また、試験体 A-8, A-9 とパイルキャップ内の総帯筋量 ( $p_c p_w + c p_w$ ) が少なくなるほど最大耐力が小さくなる結果となった。

2) 試験体 C-4

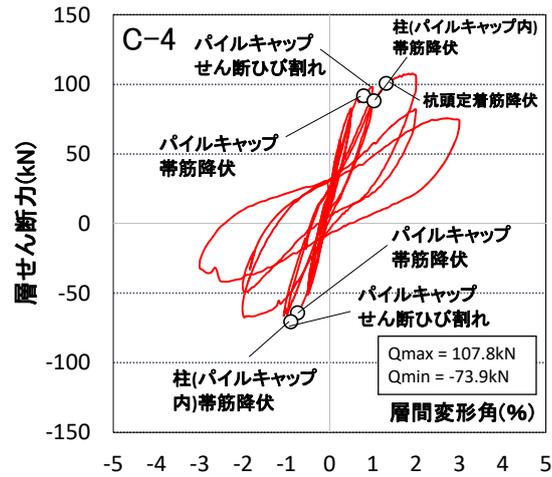


図 2.1.4-5 Q-R 関係 試験体 C-4

偏心柱を有する試験体 C-4 は、偏心していない試験体と比べ荷重方向により最大耐力に大きな差が生じた。偏心していることにより層せん断力を算出する際のモーメントの釣り合いにおいて、軸力によるモーメントが荷重方向によって加減されるため、最大耐力に大きな差が生じた。またパイルキャップ帯筋量 $p_w$ と柱帯筋量 $c_w$ がそれぞれ同量配筋されている試験体 A-9 と最大耐力を比較すると、正荷重側では試験体 C-4 の方が 1.27 倍大きい結果となった。

(2) ひび割れ幅

以下にそれぞれの試験体における各ピーク時のひび割れ幅を示す。試験体 A-7a を表 2.1.4-1～表 2.1.4-6, 図 2.1.4-6～図 2.1.4-17 に, 試験体 A-7b を表 2.1.4-7～表 2.1.4-12, 図 2.1.4-18～図 2.1.4-29 に, 試験体 A-8 を表 2.1.4-13～表 2.1.4-18, 図 2.1.4-30～図 2.1.4-41 に, 試験体 A-9 を表 2.1.4-19～表 2.1.4-24, 図 2.1.4-42～図 2.1.4-53 に, 試験体 C-3 を表 2.1.4-25～表 2.1.4-30, 図 2.1.4-54～図 2.1.4-65 に示す。

計測方法はクラックスケールを用いて目視で測定した。なお繰り返し载荷を行ったサイクルにおいては2回目の载荷時にひび割れ幅の測定を行った。

1) 試験体 A-7a

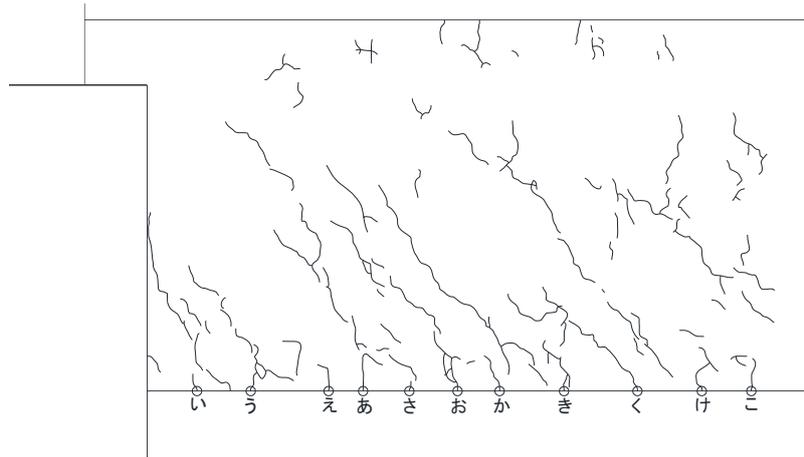


図 2.1.4-6 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7a 正載荷)

表 2.1.4-1 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7a 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ										
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ
+1サイクル	+0.125	0.05										
+1除荷		トジ										
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05					
+2除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ					
+3サイクル	+0.50	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05			
+3除荷		0.05	トジ									
+5サイクル	+1.0	0.15	0.05	0.10	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
+5除荷		0.05	トジ									
+7サイクル	+2.0	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ
+7除荷		0.05	トジ									
+9サイクル	+3.0	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	トジ	0.05	トジ
+9除荷		0.05	トジ									

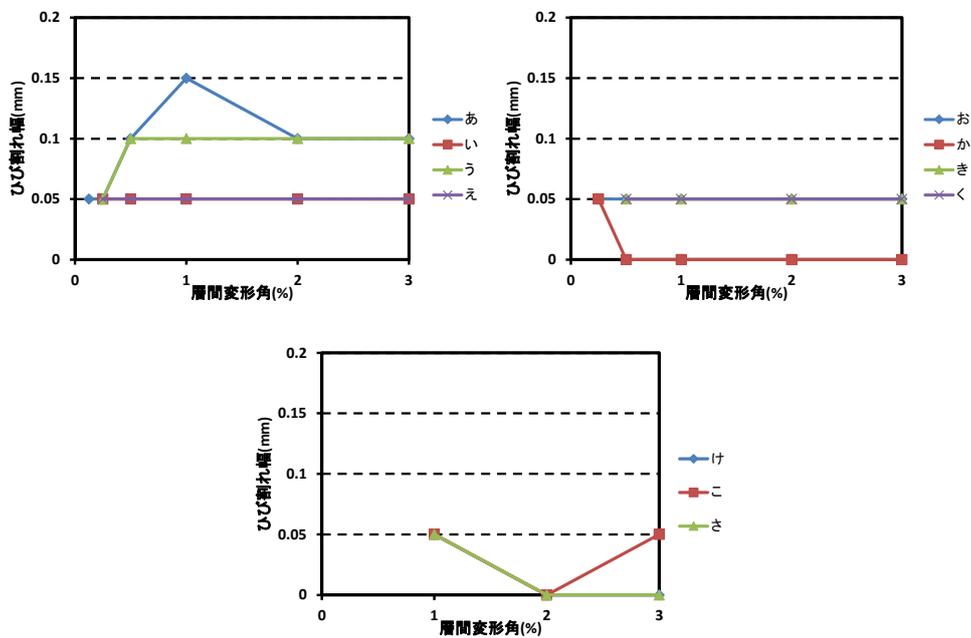


図 2.1.4-7 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7a 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

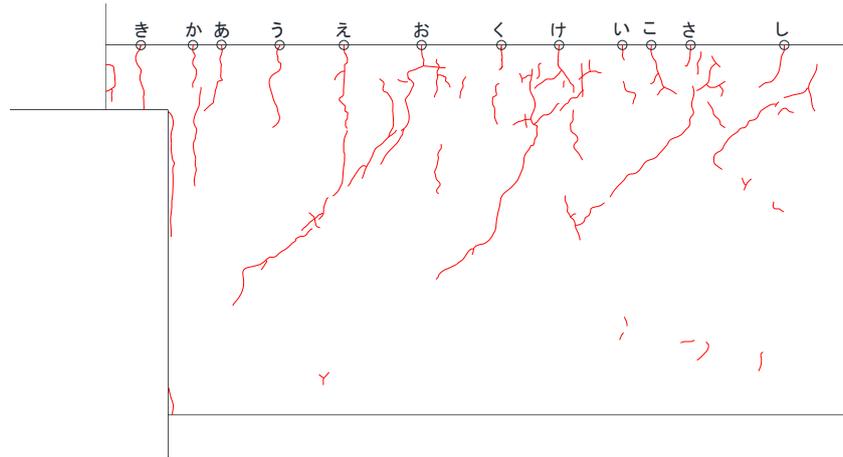


図 2.1.4-8 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7a 負荷荷)

表 2.1.4-2 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7a 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ											
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し
-1サイクル	-0.125	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05							
-1除荷		トジ	トジ	0.05	0.05	0.05							
-2サイクル	-0.25	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	0.10						
-2除荷		トジ	トジ	トジ	0.05	0.05	0.05						
-3サイクル	-0.50	0.05	トジ	0.05	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
-3除荷		0.05	トジ	トジ	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ
-5サイクル	-1.0	0.05	トジ	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05
-5除荷		0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	0.05
-7サイクル	-2.0	0.05	トジ	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05
-7除荷		0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	0.05
-9サイクル	-3.0	0.05	トジ	0.10	0.10	0.10	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
-9除荷		0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ

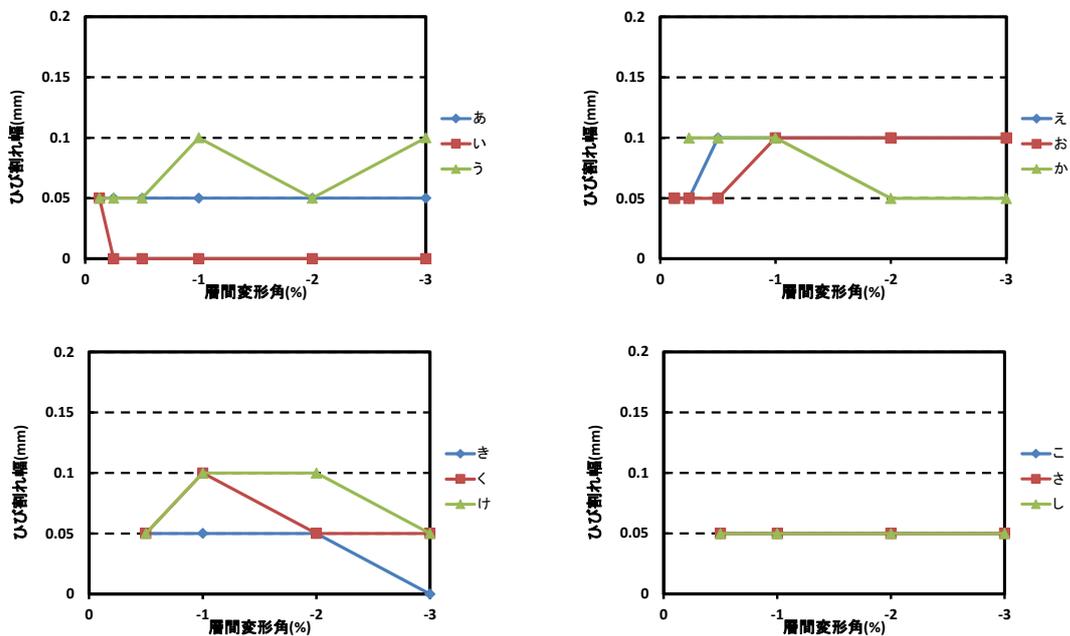


図 2.1.4-9 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7a 負荷荷)

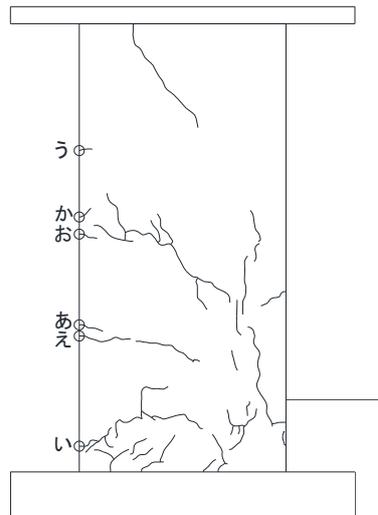


図 2.1.4-10 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7a 正載荷)

表 2.1.4-3 柱ひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7a 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ					
		あ	い	う	え	お	か
+1サイクル	+0.125	0.05					
+1除荷		0.05					
+2サイクル	+0.25	0.10	0.05	0.05			
+2除荷		0.05	トジ	トジ			
+3サイクル	+0.50	0.05	0.10	トジ	0.10	0.05	0.05
+3除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+5サイクル	+1.0	トジ	0.35	トジ	0.20	0.25	トジ
+5除荷		トジ	0.05	トジ	トジ	0.05	トジ
+7サイクル	+2.0	トジ	1.40	トジ	0.30	0.50	トジ
+7除荷		トジ	0.65	トジ	トジ	0.10	トジ
+9サイクル	+3.0	トジ	圧壊	トジ	0.30	0.35	トジ
+9除荷		トジ		トジ	0.05	0.15	トジ

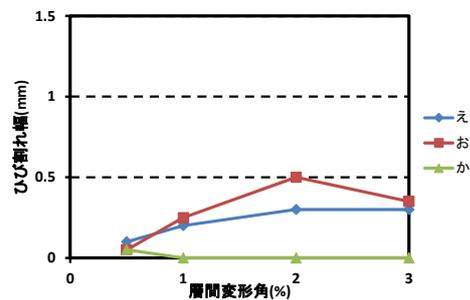
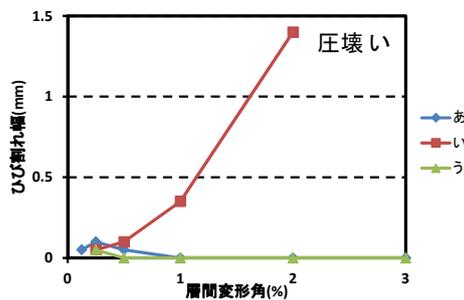


図 2.1.4-11 ピーク時 柱ひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7a 正載荷)

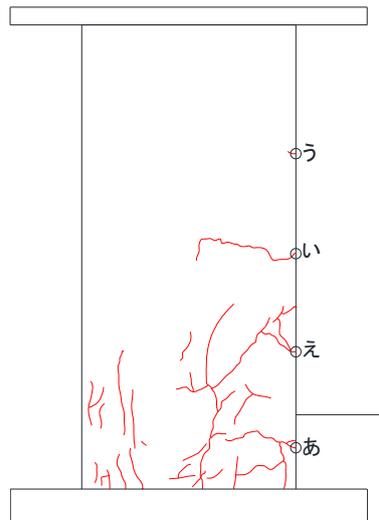


図 2.1.4-12 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7a 負荷荷)

表 2.1.4-4 柱ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 A-7a 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ			
		あ	い	う	え
-1サイクル	-0.125	0.05	0.05		
-1除荷		トジ	0.05		
-2サイクル	-0.25	0.05	0.05		
-2除荷		トジ	0.05		
-3サイクル	-0.50	0.40	0.10	0.05	
-3除荷		0.05	0.05	トジ	
-5サイクル	-1.0	1.30	0.20	トジ	0.05
-5除荷		0.30	0.05	トジ	トジ
-7サイクル	-2.0	剥落	トジ	トジ	剥落
-7除荷			トジ	トジ	
-9サイクル	-3.0		0.05	トジ	
-9除荷			トジ	トジ	

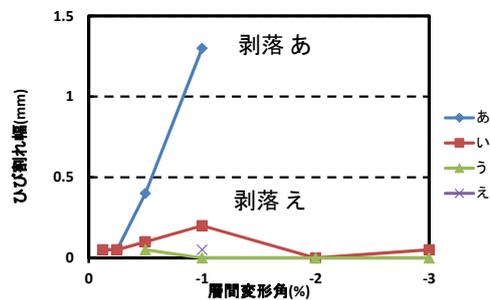


図 2.1.4-13 ピーク時 柱ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 A-7a 負荷荷)

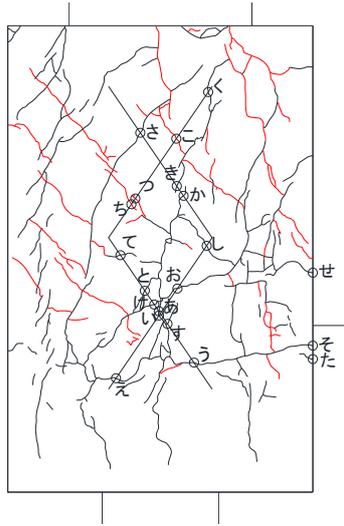


図 2.1.4-14 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7a 正載荷)

表 2.1.4-5 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7a 正載荷)

cycle	正載荷ひび割れ																				
	あ	い	う	え	お	か	ま	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	
+1サイクル																					
+1除荷																					
+2サイクル																					
+2除荷																					
+3サイクル	0.05	0.05	0.05																		
+3除荷	0.05	0.05	トジ																		
+5サイクル	0.25	0.15	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05												
+5除荷	0.10	0.10	トジ	トジ	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ												
+7サイクル	0.40	0.20	0.05	0.05	0.70	0.10	0.05	0.05	0.15	トジ	0.20	0.15	0.05	2.50	0.35	0.05	トジ	トジ	トジ	0.05	0.05
+7除荷	0.25	0.15	0.05	0.05	0.50	0.05	トジ	0.05	0.05	トジ	0.05	0.10	トジ	1.40	0.15	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+9サイクル	0.45	0.30	0.30	0.05	3.00	0.20	トジ	0.05	0.80	トジ	0.40	0.10	0.05	4.00	1.30	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	0.25
+9除荷	0.35	0.25	0.25	0.05	1.90	0.10	トジ	0.05	0.70	トジ	0.35	0.05	トジ	3.50	0.80	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	0.30

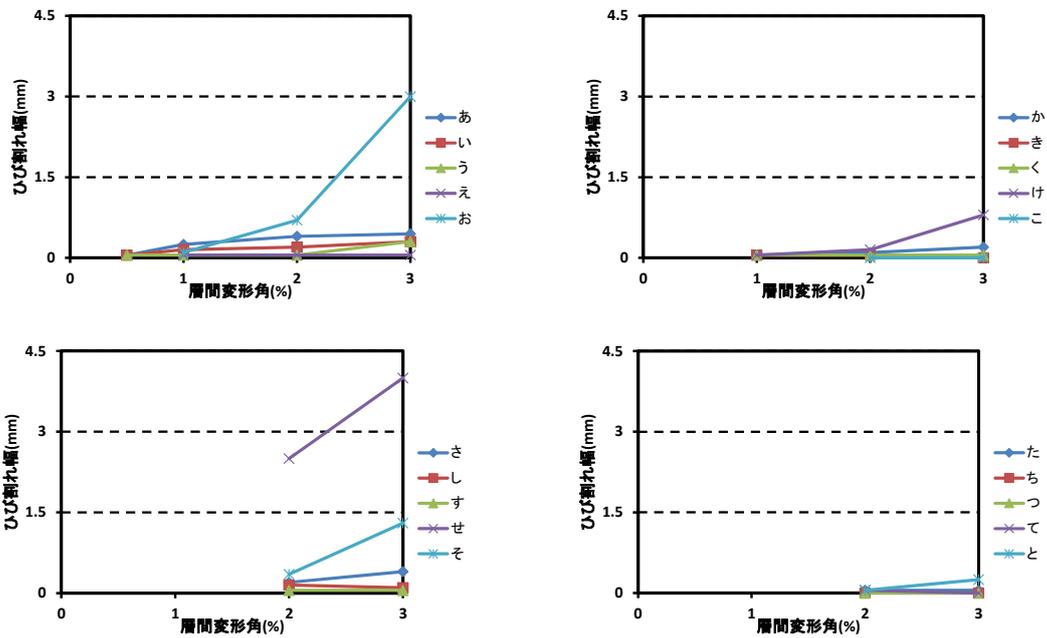


図 2.1.4-15 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7a 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

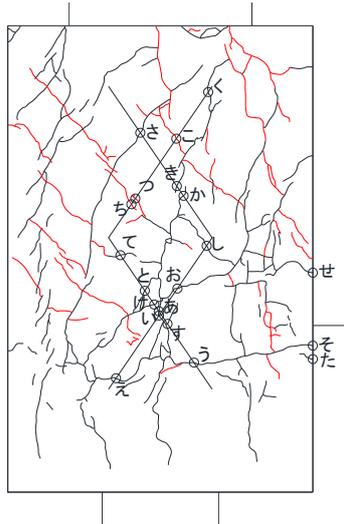


図 2.1.4-16 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7a 負荷荷)

表 2.1.4-6 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7a 負荷荷)

cycle	負荷荷ひび割れ																				
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	
-1サイクル -1除荷	-0.125																				
-2サイクル -2除荷	-0.25																				
-3サイクル -3除荷	-0.50																				
-5サイクル -5除荷	-1.0	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	0.05	トジ	0.05	トジ	0.05										
-7サイクル -7除荷	-2.0	0.20	0.15	0.05	0.05	0.10	0.05	トジ	0.05	トジ	0.20	トジ	0.10	トジ	0.10	トジ	0.15	トジ	トジ	トジ	トジ
-9サイクル -9除荷	-3.0	0.40	0.25	0.10	0.05	0.65	0.05	トジ	0.05	トジ	0.25	トジ	0.05	トジ	1.00	0.30	トジ	0.20	トジ	トジ	0.05

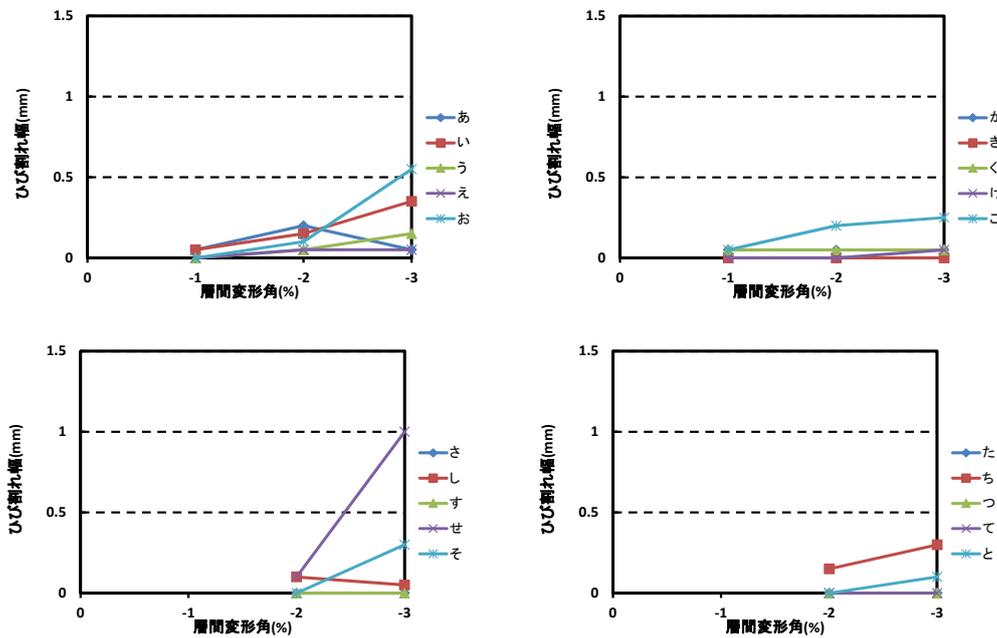


図 2.1.4-17 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7a 負荷荷)

2) 試験体 A-7b

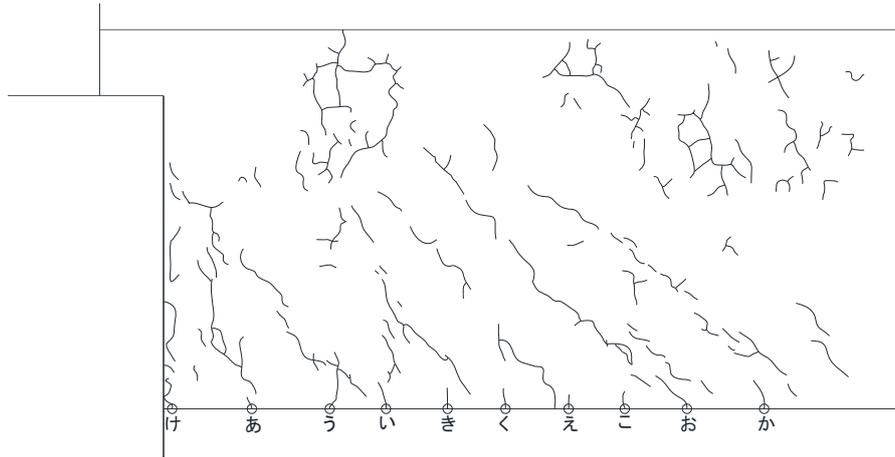


図 2.1.4-18 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7b 正載荷)

表 2.1.4-7 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7b 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ									
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ
+1サイクル	+0.125	0.05	0.05								
+1除荷		トジ	トジ								
+2サイクル	+0.25	0.10	0.05	0.05							
+2除荷		トジ	トジ	トジ							
+3サイクル	+0.50	0.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.40	
+3除荷		0.05	トジ	0.10							
+5サイクル	+1.0	0.20	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.70
+5除荷		0.05	トジ	0.30							
+7サイクル	+2.0	0.20	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	剥落
+7除荷		0.05	トジ								
+9サイクル	+3.0	0.20	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05
+9除荷		0.10	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ		トジ

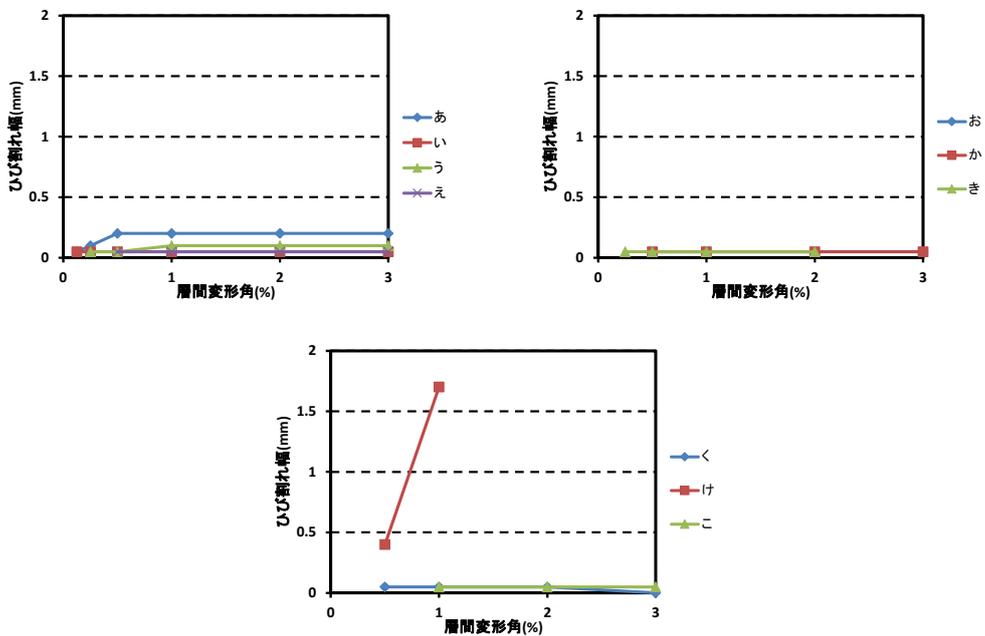


図 2.1.4-19 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7b 正載荷)

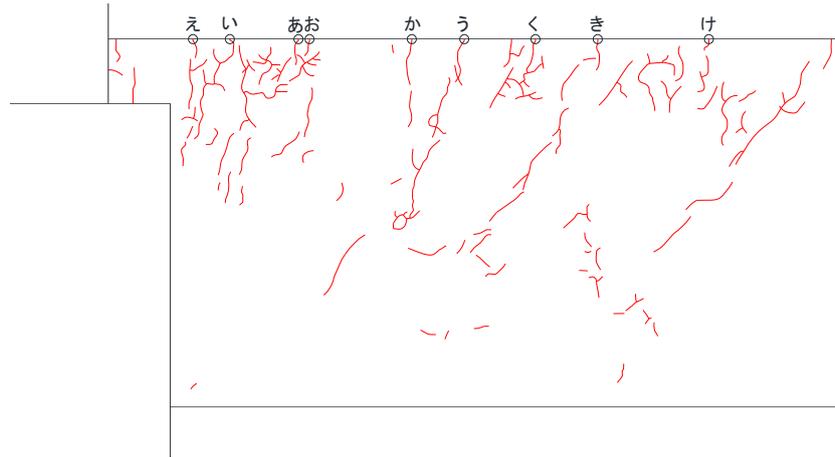


図 2.1.4-20 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7b 負荷荷)

表 2.1.4-8 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7b 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ								
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け
-1サイクル	-0.125	0.05								
-1除荷		トジ								
-2サイクル	-0.25	0.05	0.05	0.05						
-2除荷		トジ	トジ	トジ						
-3サイクル	-0.50	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
-3除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.05		
-5サイクル	-1.0	0.10	0.10	0.10	0.05	トジ	0.05	0.10	0.05	0.05
-5除荷		トジ	トジ	0.05	トジ	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ
-7サイクル	-2.0	0.05	0.05	0.10	0.05	トジ	0.05	0.10	0.05	トジ
-7除荷		0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ
-9サイクル	-3.0	0.05	0.05	0.10	トジ	トジ	0.05	0.10	0.05	トジ
-9除荷		0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ

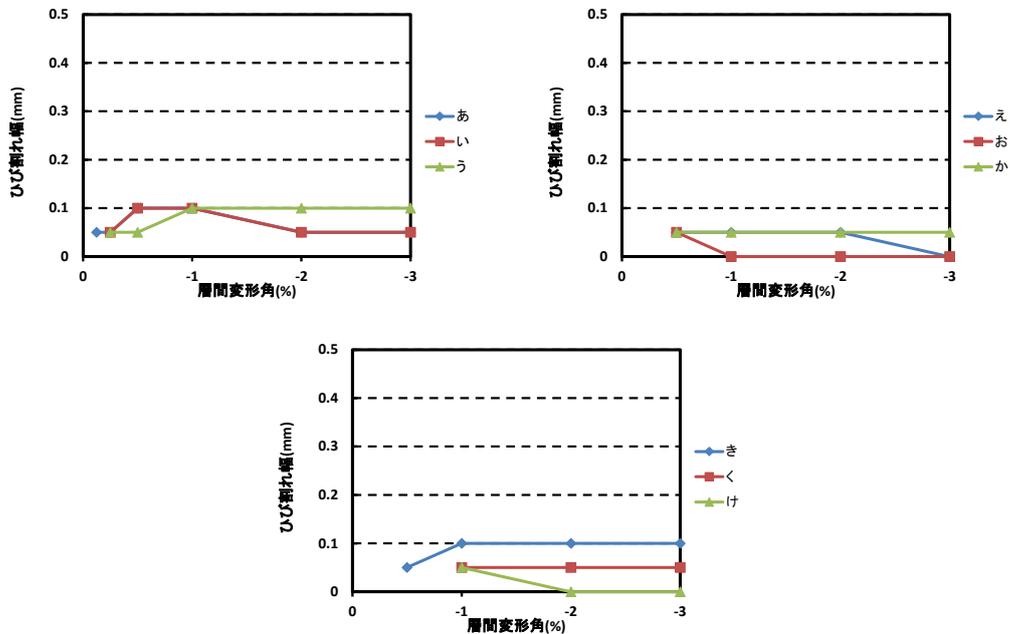


図 2.1.4-21 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-7b 負荷荷)

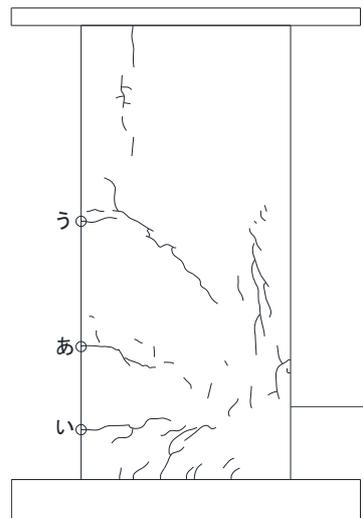


図 2.1.4-22 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7b 正載荷)

表 2.1.4-9 柱ひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7b 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ		
		あ	い	う
+1サイクル	+0.125	0.05		
+1除荷		0.05		
+2サイクル	+0.25	0.10		
+2除荷		0.05		
+3サイクル	+0.50	0.25	0.05	0.05
+3除荷		0.05	トジ	トジ
+5サイクル	+1.0	0.30	0.50	0.10
+5除荷		0.05	0.05	トジ
+7サイクル	+2.0	0.25	1.30	0.15
+7除荷		0.05	0.40	0.05
+9サイクル	+3.0	0.20	圧壊	0.15
+9除荷		0.05		0.05

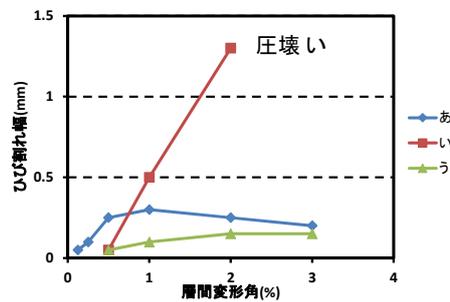


図 2.1.4-23 ピーク時 柱ひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7b 正載荷)

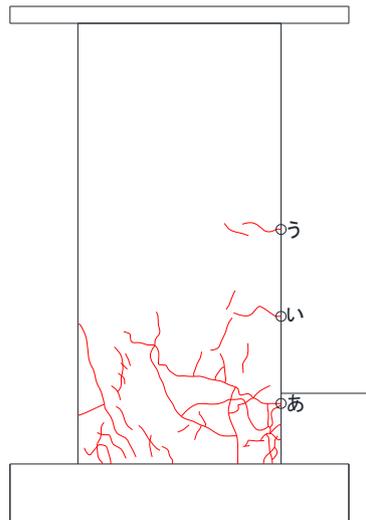


図 2.1.4-24 柱ひび割れ幅測定位置（試験体 A-7b 負荷荷）

表 2.1.4-10 柱ひび割れ幅一層間変形角関係（試験体 A-7b 負荷荷）

cycle		負荷荷ひび割れ		
		あ	い	う
-1サイクル	-0.125	0.05		
-1除荷		トジ		
-2サイクル	-0.25	0.05		
-2除荷		トジ		
-3サイクル	-0.50	0.40	0.05	0.05
-3除荷		0.05	トジ	トジ
-5サイクル	-1.0	1.70	0.05	トジ
-5除荷		0.20	トジ	トジ
-7サイクル	-2.0	4.00	トジ	トジ
-7除荷		1.40	トジ	トジ
-9サイクル	-3.0	圧壊	トジ	トジ
-9除荷			トジ	トジ

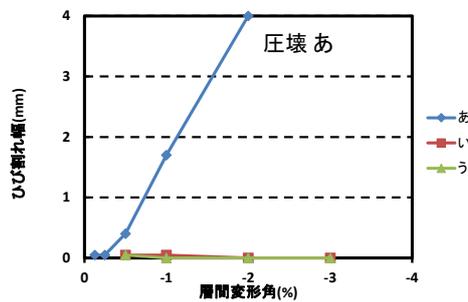


図 2.1.4-25 ピーク時 柱ひび割れ幅一層間変形角関係（試験体 A-7b 負荷荷）

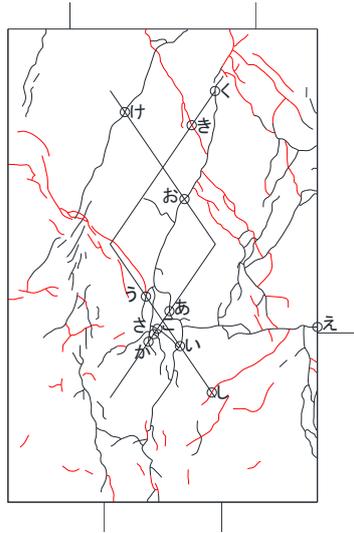


図 2.1.4-26 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7b 正載荷)

表 2.1.4-11 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7b 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ											
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し
+1サイクル	+0.125												
+1除荷													
+2サイクル	+0.25												
+2除荷													
+3サイクル	+0.50	0.05	0.05	0.05	0.35								
+3除荷		トジ	0.05	トジ	0.10								
+5サイクル	+1.0	0.05	0.15	0.20	1.20	0.25	0.05	0.05	0.05				
+5除荷		0.05	0.05	0.05	0.50	0.10	0.05	0.05	0.05				
+7サイクル	+2.0	0.05	0.75	0.70	4.00	0.75	0.25	0.80	0.10	0.90	0.05	0.05	
+7除荷		0.05	0.55	0.60	2.50	0.60	0.25	0.70	0.05	0.55	トジ	0.05	
+9サイクル	+3.0	0.15	0.80	1.30	4.00	1.80	0.75	1.70	0.15	2.00	0.05	0.20	0.05
+9除荷		0.10	0.60	1.30	3.50	1.00	0.65	1.90	0.10	1.90	0.05	0.15	0.05

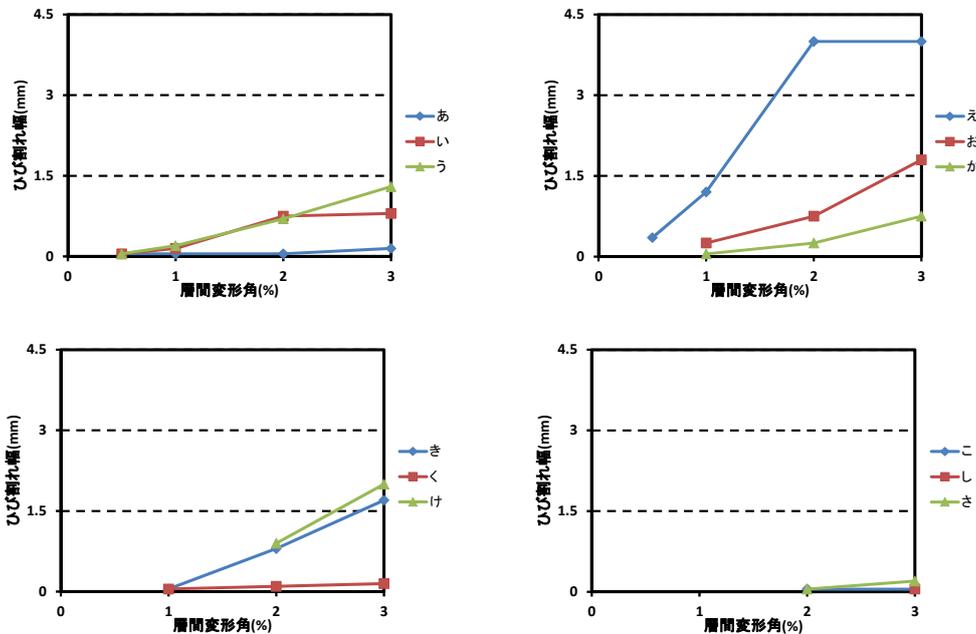


図 2.1.4-27 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7b 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

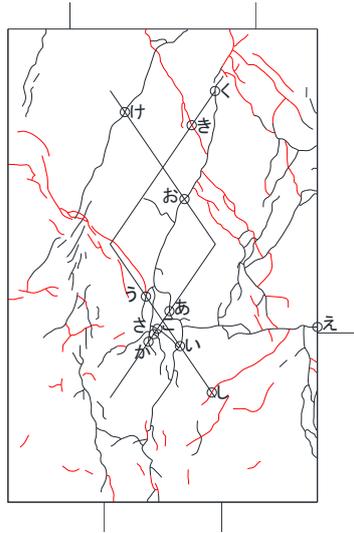


図 2.1.4-28 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-7b 負荷荷)

表 2.1.4-12 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7b 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ										
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ
-1サイクル	-0.125											
-1除荷												
-2サイクル	-0.25											
-2除荷												
-3サイクル	-0.50	トジ	トジ	トジ	トジ							
-3除荷		トジ	トジ	トジ	トジ							
-5サイクル	-1.0	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	トジ	0.20	0.05			
-5除荷		0.05	0.05	トジ	0.10	0.05	トジ	0.10	トジ			
-7サイクル	-2.0	0.15	0.50	0.15	0.60	0.35	0.15	2.50	0.05	0.30	トジ	0.05
-7除荷		0.10	0.45	0.20	0.80	0.25	0.10	1.80	0.05	0.15	トジ	0.05
-9サイクル	-3.0	0.20	0.80	0.55	1.10	0.60	0.45	5.00	0.05	0.90	0.05	0.20
-9除荷		0.10	0.75	0.55	1.20	0.45	0.40	5.00	0.05	0.70	0.05	0.20

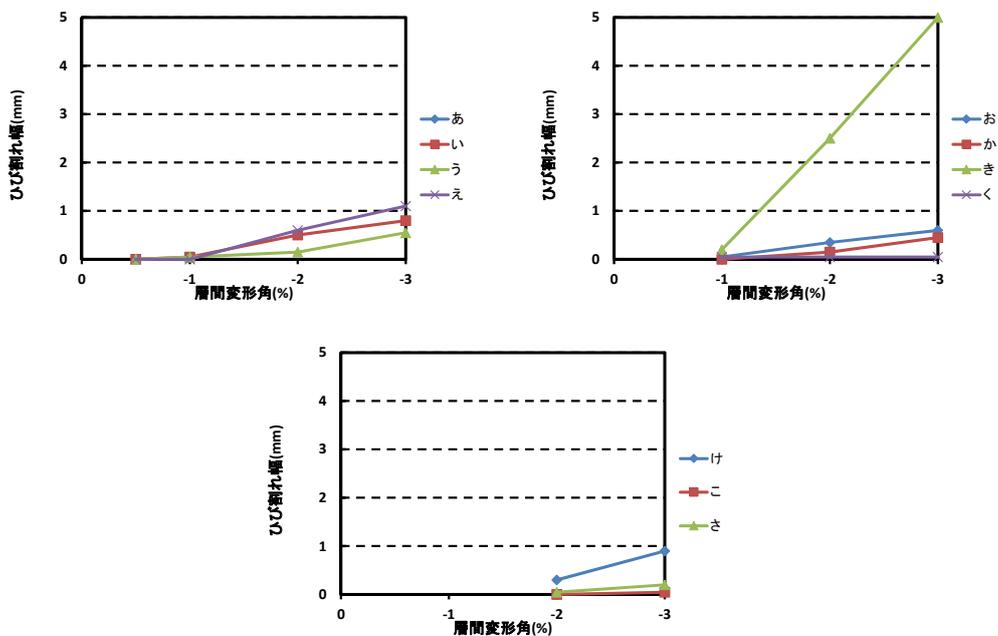


図 2.1.4-29 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 A-7b 負荷荷)

3) 試験体 A-8

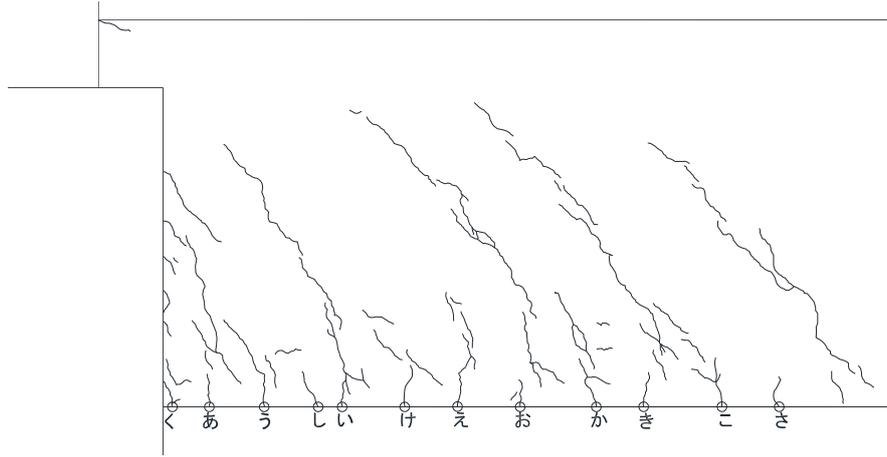


図 2.1.4-30 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-8 正載荷)

表 2.1.4-13 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ												
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	
+1サイクル	+0.125	0.05	0.05											
+1除荷		トジ	トジ											
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10					
+2除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ					
+4サイクル	+0.50	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.25	0.05	0.05	0.05		
+4除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ	トジ	
+6サイクル	+1.0	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.70	0.05	0.05	0.05		
+6除荷		トジ	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.30	トジ	トジ	トジ		
+8サイクル	+2.0	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.70	0.05	0.05	トジ	0.05	
+8除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.90	トジ	トジ	トジ	トジ	
+10サイクル	+3.0	トジ	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	3.50	0.05	0.05	トジ	0.05	
+10除荷		トジ	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	3.00	トジ	トジ	トジ	トジ	
+11サイクル	+4.0	トジ	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	4.00	0.05	トジ	トジ	トジ	
+11除荷		トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	4.00	トジ	トジ	トジ	トジ	

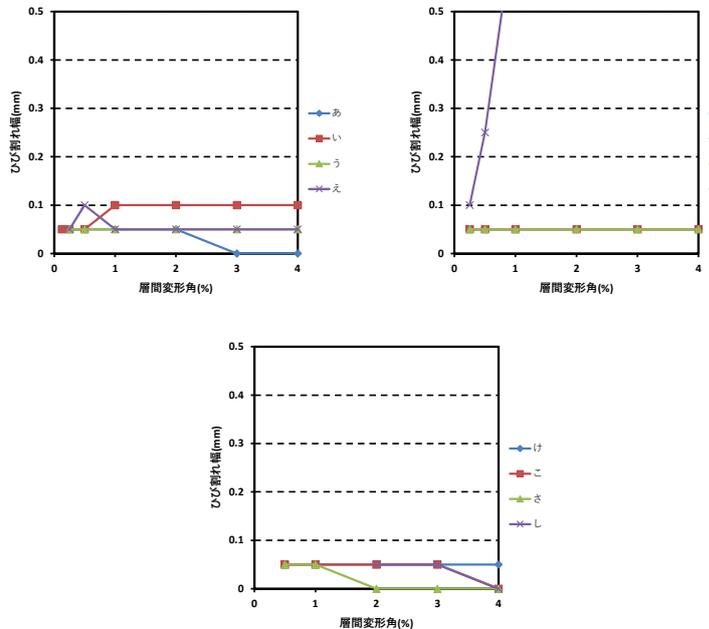


図 2.1.4-31 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

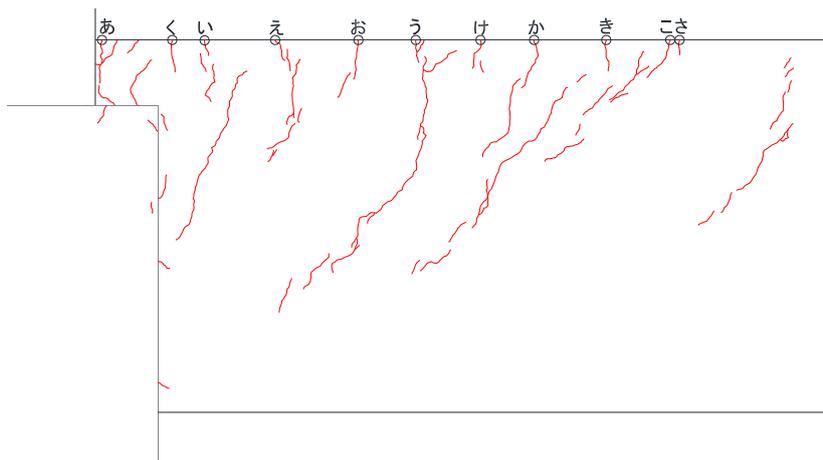


図 2.1.4-32 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-8 負荷荷)

表 2.1.4-14 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ										
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ
-1サイクル	-0.125											
-1除荷												
-2サイクル	-0.25	0.05	0.05	0.05								
-2除荷		トジ	0.05	0.05								
-4サイクル	-0.50	0.35	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05				
-4除荷		0.10	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ				
-6サイクル	-1.0	0.60	0.05	0.10	0.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ
-6除荷		0.10	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-8サイクル	-2.0	圧壊	0.05	0.05	0.15	0.05	0.10	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ
-8除荷		圧壊	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-10サイクル	-3.0	圧壊	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-10除荷		圧壊	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-11サイクル	-4.0	圧壊	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-11除荷												

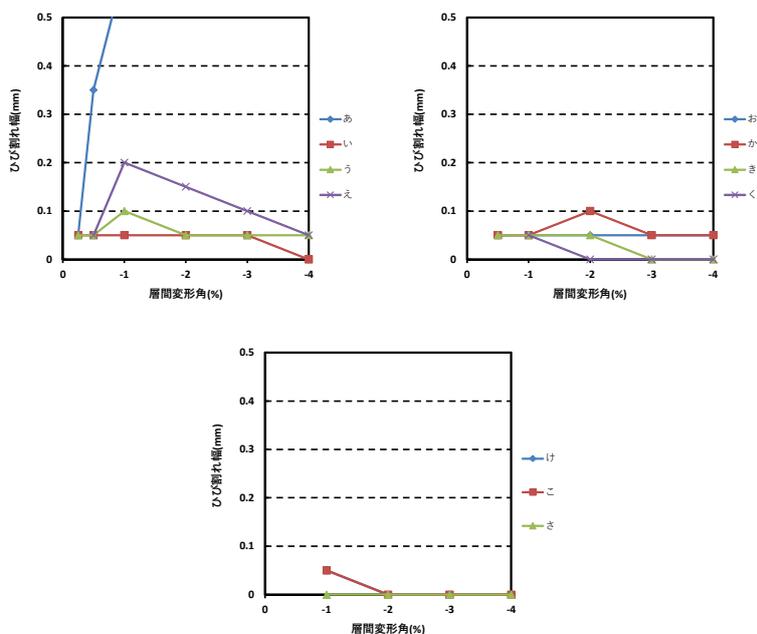


図 2.1.4-33 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 負荷荷)

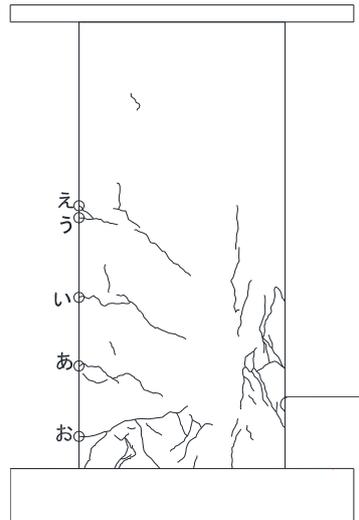


図 2.1.4-34 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-8 正載荷)

表 2.1.4-15 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ				
		あ	い	う	え	お
+1サイクル	+0.125					
+1除荷						
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05			
+2除荷		トジ	トジ			
+4サイクル	+0.50	0.10	0.05	0.05		
+4除荷		トジ	トジ	トジ		
+6サイクル	+1.0	0.15	0.20	トジ	0.10	0.30
+6除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	0.05
+8サイクル	+2.0	トジ	0.25	トジ	0.15	1.10
+8除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	0.35
+10サイクル	+3.0	圧壊	0.15	トジ	0.15	1.50
+10除荷		圧壊	トジ	トジ	0.05	0.80
+11サイクル	+4.0	圧壊	0.10	トジ	0.10	0.20
+11除荷		圧壊	トジ	トジ	0.05	0.15

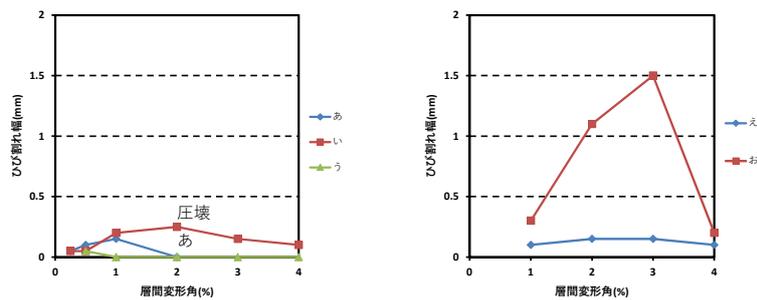


図 2.1.4-35 ピーク時 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

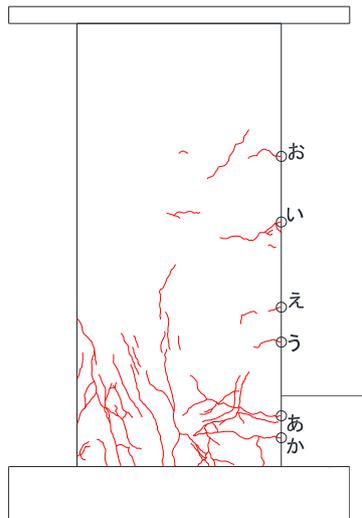


図 2.1.4-36 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-8 負荷荷)

表 2.1.4-16 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ					
		あ	い	う	え	お	か
-1サイクル	-0.125						
-1除荷							
-2サイクル	-0.25						
-2除荷							
-4サイクル	-0.50	0.30	0.05				
-4除荷		0.05	トジ				
-6サイクル	-1.0	0.70	0.05	0.05	トジ	0.05	
-6除荷		0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	
-8サイクル	-2.0	0.95	トジ	トジ	トジ	トジ	1.00
-8除荷		0.50	トジ	トジ	トジ	トジ	0.45
-10サイクル	-3.0	5.50	トジ	圧壊	圧壊	トジ	0.75
-10除荷		5.00	トジ	圧壊	圧壊	トジ	0.40
-11サイクル	-4.0	圧壊	トジ	圧壊	圧壊	トジ	圧壊

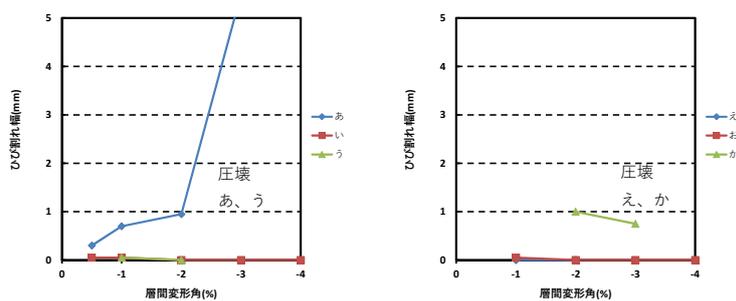


図 2.1.4-37 ピーク時 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-8 負荷荷)

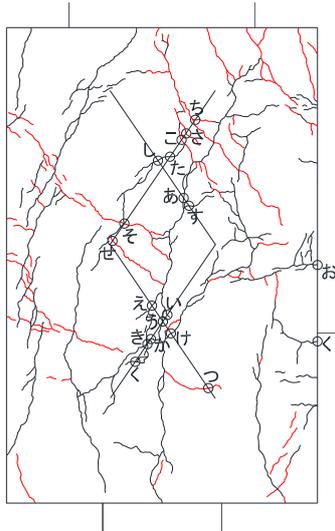


図 2.1.4-38 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-8 正載荷)

表 2.1.4-17 パイルキャップひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 A-8 正載荷)

cycle	正載荷ひび割れ																					
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ				
+1サイクル																						
+1除荷	+0.125																					
+2サイクル																						
+2除荷	+0.25																					
+4サイクル																						
+4除荷	+0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.30																
+6サイクル																						
+6除荷	+1.0	0.15	トジ	トジ	トジ	0.05	0.20	0.95	0.05	0.10	0.05	0.10	トジ	トジ								
+8サイクル																						
+8除荷	+2.0	0.05	トジ	トジ	0.05	0.30	トジ	0.05	トジ	0.05	トジ	トジ										
+10サイクル																						
+10除荷	+3.0	0.20	トジ	トジ	0.05	0.40	4.00	0.30	0.35	0.30	剥落	0.25	0.05	0.20	0.35	トジ	トジ	0.20	0.30	0.15	トジ	
+11サイクル																						
+11除荷	+4.0	0.15	トジ	トジ	0.05	0.45	5.00	0.30	0.35	0.35	剥落	0.20	0.05	0.40	0.45	トジ	トジ	0.30	0.40	0.40	0.15	トジ
+11除荷	+4.0	0.10	0.05	0.05	0.40	5.00	0.30	0.25	0.30	剥落	0.25	0.05	0.30	0.40	トジ	トジ	0.20	0.40	0.40	0.20	トジ	

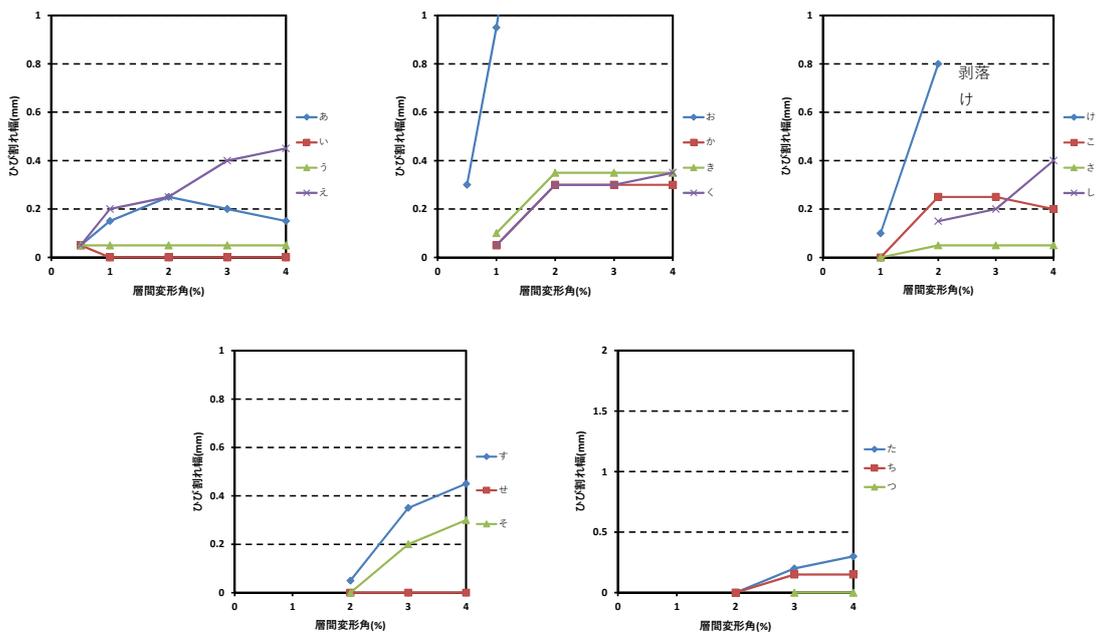


図 2.1.4-39 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 A-8 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

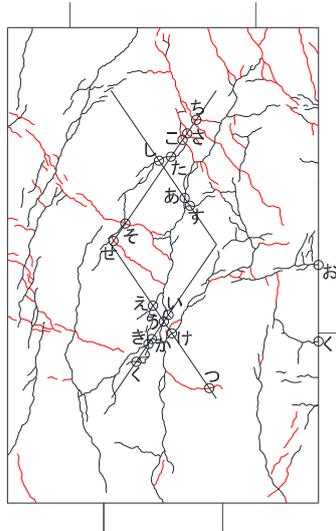


図 2.1.4-40 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-8 負載荷)

表 2.1.4-18 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-8 負載荷)

cycle		負載荷ひび割れ																	
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ
-1サイクル	-0.125																		
-1除荷																			
-2サイクル	-0.25																		
-2除荷																			
-4サイクル	-0.50	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ													
-4除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ													
-6サイクル	-1.0	0.05	トジ	トジ	0.05	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	0.05	0.05							
-6除荷		0.05	トジ	トジ	トジ	0.10	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ							
-8サイクル	-2.0	0.15	0.05	0.10	0.05	0.55	0.05	0.10	0.10	0.20	0.40	0.05	トジ	トジ	0.05	0.10	トジ	0.10	0.05
-8除荷		0.10	0.05	0.05	0.05	0.50	0.05	0.05	0.15	0.20	0.25	0.05	トジ	トジ	0.05	0.10	トジ	0.15	0.05
-10サイクル	-3.0	0.05	0.05	0.05	0.10	1.80	0.05	0.15	0.25	剥落	0.45	トジ	トジ	トジ	0.10	0.20	トジ	0.60	0.05
-10除荷		0.05	0.05	0.05	0.10	1.50	0.10	0.15	0.20	剥落	0.35	0.05	トジ	トジ	0.15	0.20	トジ	0.60	0.05
-11サイクル	-4.0	0.10	トジ	0.05	0.20	3.50	0.10	0.15	0.25	剥落	0.55	トジ	トジ	トジ	0.05	0.05	トジ	0.55	0.05

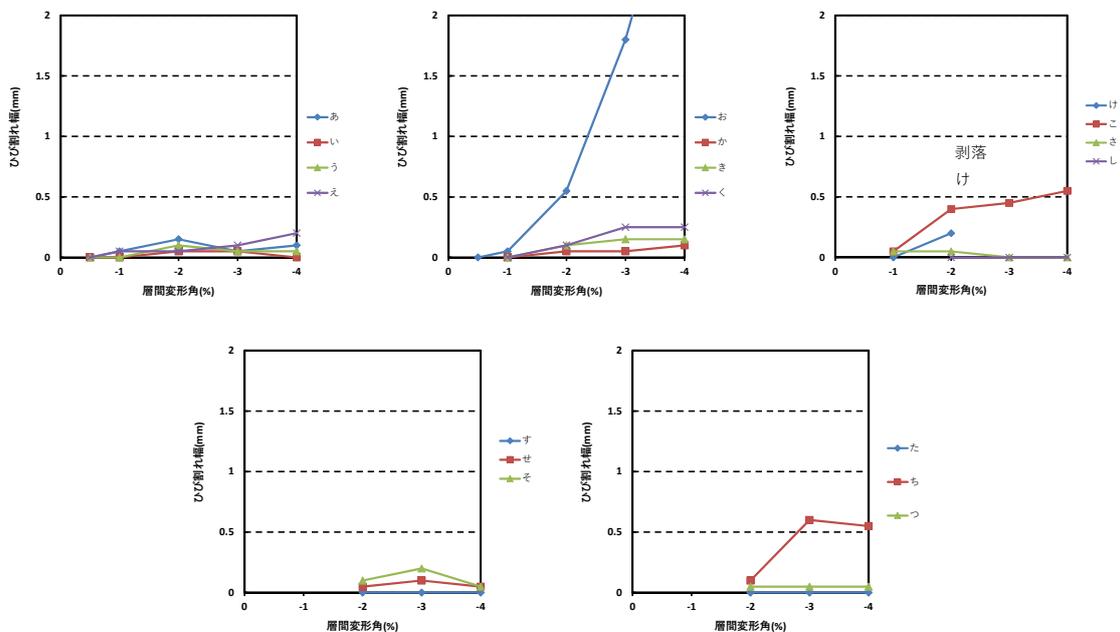


図 2.1.4-41 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-8 負載荷)

4) 試験体 A-9

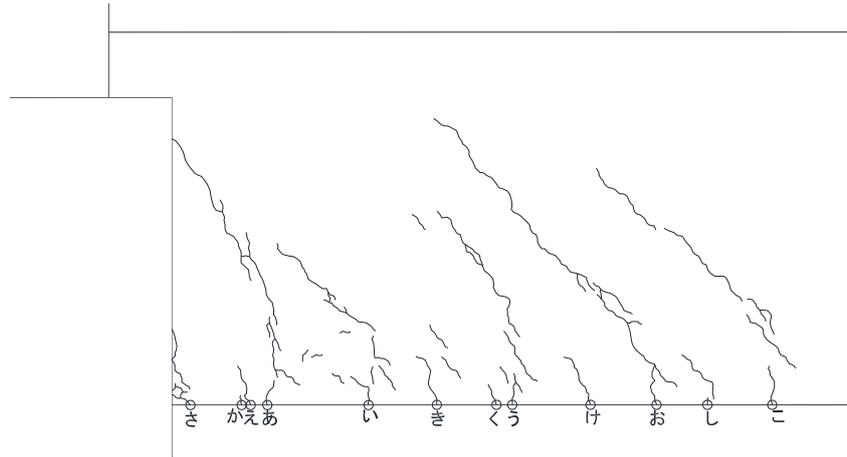


図 2.1.4-42 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 正載荷)

表 2.1.4-19 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ											
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し
+1サイクル	+0.125	0.05	0.05	0.05									
+1除荷		トジ	トジ	トジ									
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05							
+2除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ							
+4サイクル	+0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.50	
+4除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.15	
+6サイクル	+1.0	0.15	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.70	0.05
+6除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.70	トジ
+8サイクル	+2.0	0.05	0.05	0.05	トジ								
+8除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+10サイクル	+3.0	0.05	0.05	0.05	トジ								
+10除荷		0.05	0.05	トジ									

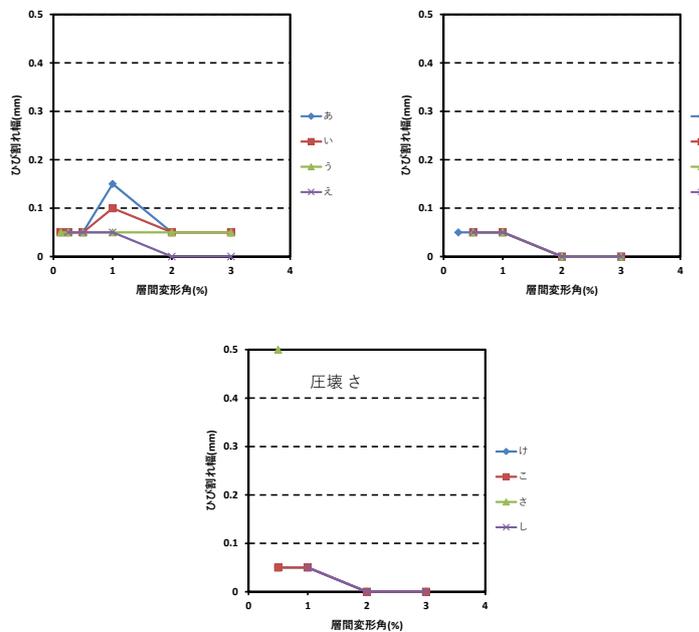


図 2.1.4-43 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

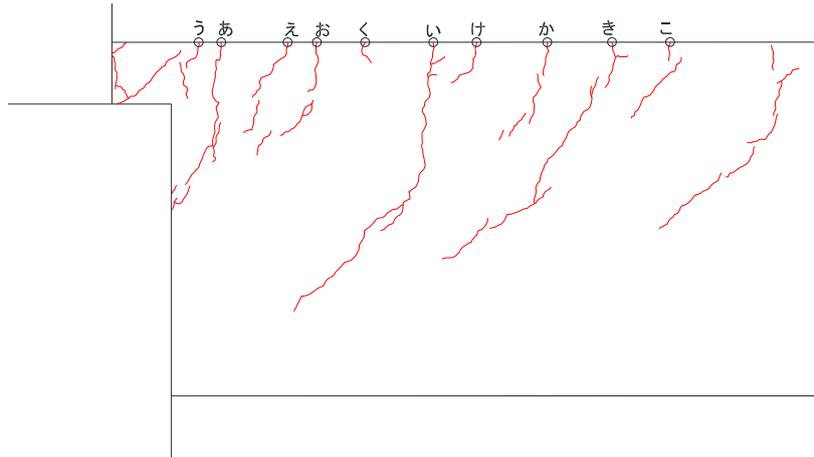


図 2.1.4-44 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 負荷荷)

表 2.1.4-20 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ										
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	
-1サイクル	-0.125											
-1除荷												
-2サイクル	-0.25	0.05	0.05									
-2除荷		トジ	トジ									
-4サイクル	-0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05				
-4除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ				
-6サイクル	-1.0	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
-6除荷		0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ
-8サイクル	-2.0	0.05	0.05	トジ	0.10	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05
-8除荷		0.05	トジ	トジ	0.05	トジ						
-10サイクル	-3.0	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05
-10除荷		0.05	0.05	トジ	0.05	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ

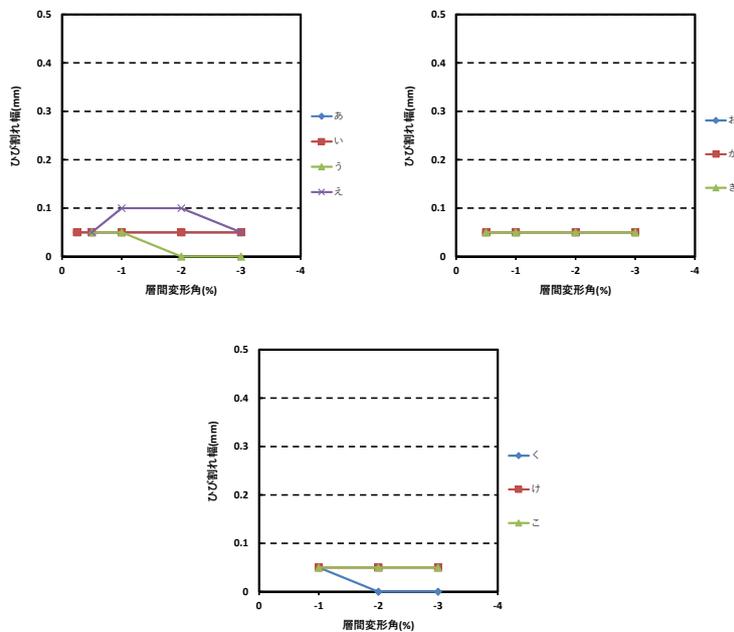


図 2.1.4-45 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

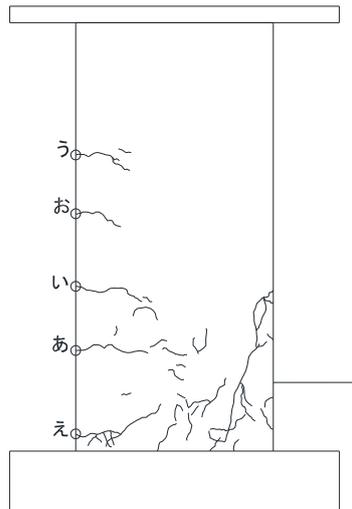


図 2.1.4-46 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 正載荷)

表 2.1.4-21 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ				
		あ	い	う	え	お
+1サイクル	+0.125					
+1除荷						
+2サイクル	+0.25	0.05				
+2除荷		トジ				
+4サイクル	+0.50	0.05	0.05	0.05		
+4除荷		トジ	トジ	トジ		
+6サイクル	+1.0	0.15	0.10	0.05	0.10	0.05
+6除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+8サイクル	+2.0	0.15	トジ	0.05	0.60	トジ
+8除荷		0.05	トジ	トジ	0.30	トジ
+10サイクル	+3.0	0.05	トジ	トジ	0.45	トジ
+10除荷		0.05	トジ	トジ	0.45	トジ

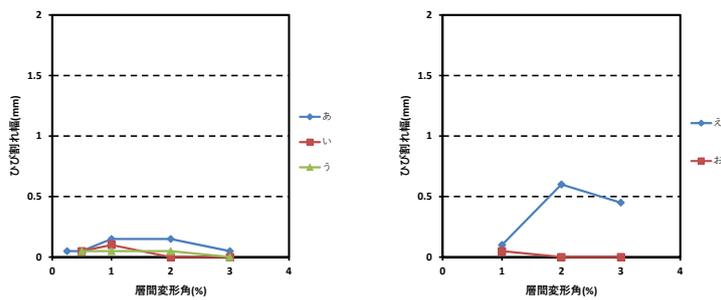


図 2.1.4-47 ピーク時 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

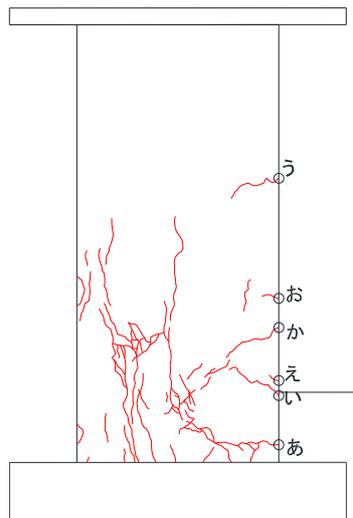


図 2.1.4-48 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 負荷荷)

表 2.1.4-22 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ					
		あ	い	う	え	お	か
-1サイクル	-0.125						
-1除荷							
-2サイクル	-0.25						
-2除荷							
-4サイクル	-0.50	0.15	0.10	0.05			
-4除荷		トジ	トジ	トジ			
-6サイクル	-1.0	0.60	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05
-6除荷		0.10	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-8サイクル	-2.0	1.40	0.20	トジ	トジ	0.05	0.15
-8除荷		0.55	0.05	トジ	トジ	0.05	0.05
-10サイクル	-3.0	3.50	0.65	トジ	トジ	圧壊	0.15
-10除荷		2.50	0.75	トジ	トジ	圧壊	0.10

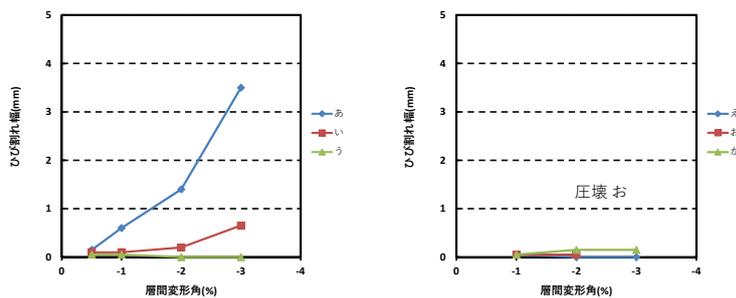


図 2.1.4-49 ピーク時 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

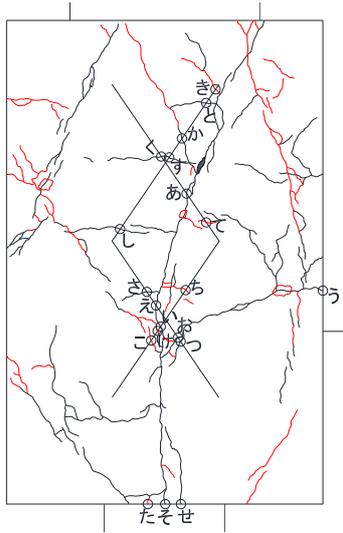


図 2.1.4-50 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 正載荷)

表 2.1.4-23 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

cycle	正載荷ひび割れ																				
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	
+1サイクル +1除荷	+0.125																				
+2サイクル +2除荷	+0.25																				
+4サイクル +4除荷	+0.50	0.15	0.20	0.25																	
+6サイクル +6除荷	+1.0	0.50	1.10	1.00	1.30	0.05	0.05														
+8サイクル +8除荷	+2.0	1.60	2.50	1.10	2.50	0.05	0.45	0.05	0.05	0.10	0.30	0.05	0.05	0.05	3.00	0.30	0.05				
+10サイクル +10除荷	+3.0	2.50	2.00	剥落	2.50	トジ	0.60	0.20	0.05	0.05	1.20	0.10	0.05	0.05	4.00	1.30	トジ	トジ	0.35	トジ	0.10
		3.00	1.90	剥落	2.50	トジ	0.60	0.25	トジ	0.05	1.20	0.10	0.05	トジ	3.50	1.80	トジ	トジ	0.35	トジ	0.05

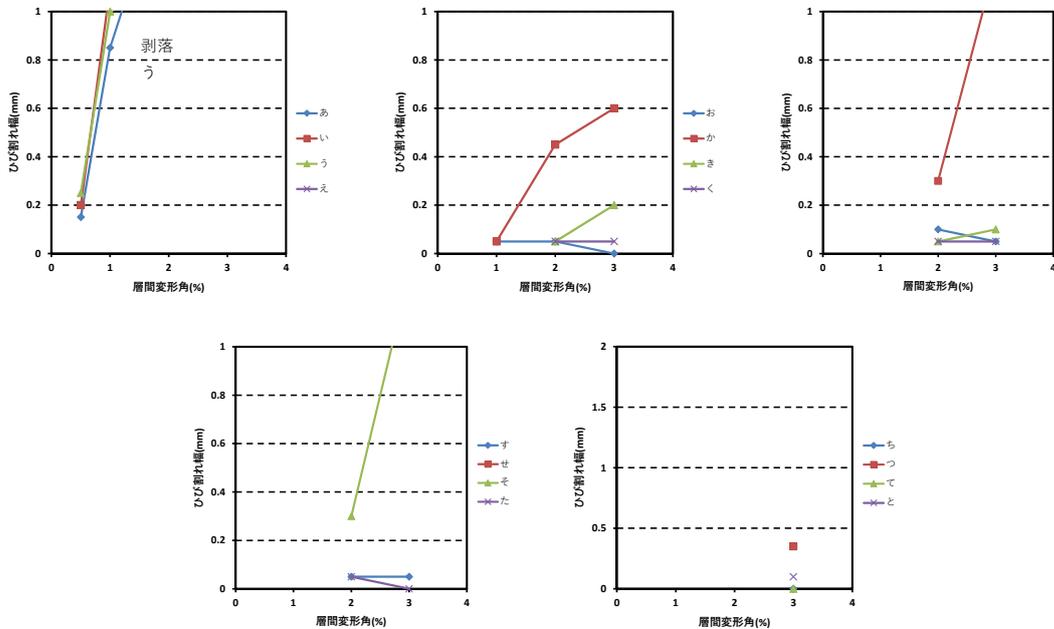


図 2.1.4-51 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

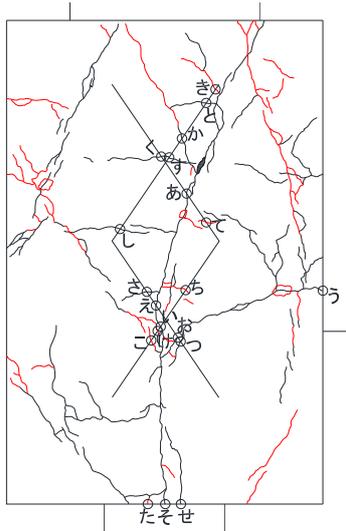


図 2.1.4-52 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 負荷荷)

表 2.1.4-24 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

cycle	負荷荷ひび割れ																				
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	
-1サイクル -1除荷	-0.125																				
-2サイクル -2除荷	-0.25																				
-4サイクル -4除荷	-0.50	0.05	0.05	トジ	0.10																
-6サイクル -6除荷	-1.0	0.60	0.60	トジ	0.70	トジ	0.15	0.05													
-8サイクル -8除荷	-2.0	1.90	1.50	0.10	1.80	トジ	0.90	0.05	トジ	0.10	1.00	0.05	0.05	トジ	1.30	1.60	トジ	0.05			
-10サイクル -10除荷	-3.0	2.50	1.50	剥落	1.70	トジ	1.10	0.15	トジ	0.10	3.00	0.10	0.05	トジ	1.90	1.80	トジ	0.10	0.35	0.05	0.05

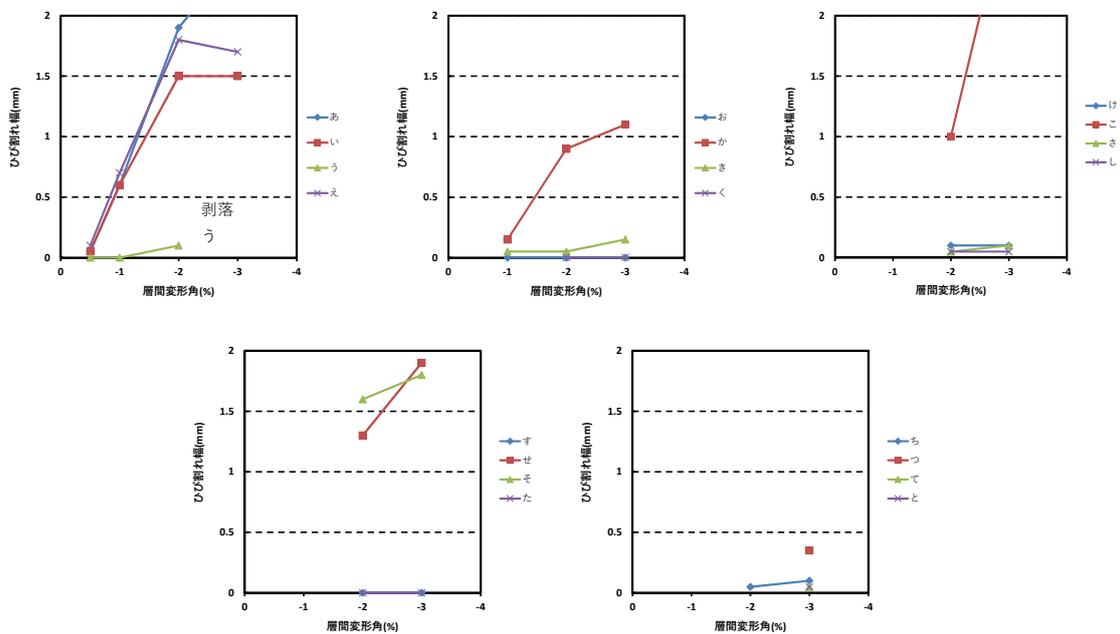


図 2.1.4-53 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

5) 試験体 C-4

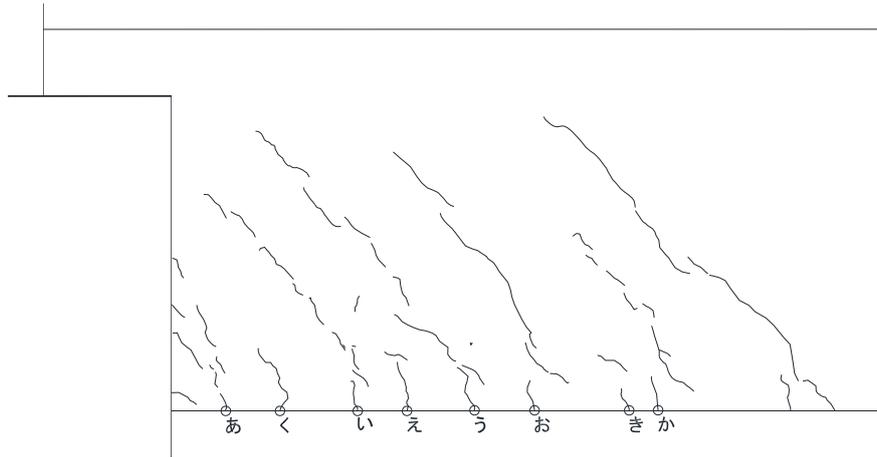


図 2.1.4-54 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 C-4 正載荷)

表 2.1.4-25 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 C-4 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ							
		あ	い	う	え	お	か	き	く
+1サイクル	+0.125								
+1除荷									
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05	0.05					
+2除荷		トジ	トジ	トジ					
+3サイクル	+0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
+3除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ		
+5サイクル	+1.0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	
+5除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	
+7サイクル	+2.0	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05
+7除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+9サイクル	+3.0	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+9除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ

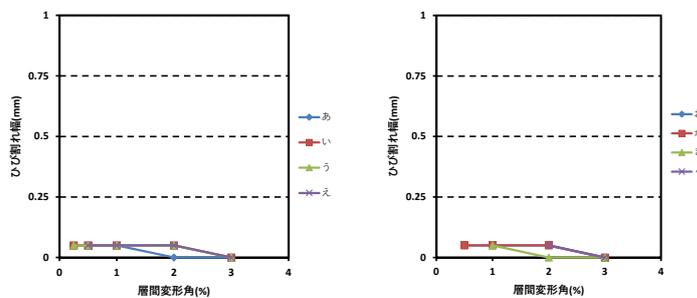


図 2.1.4-55 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 C-4 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

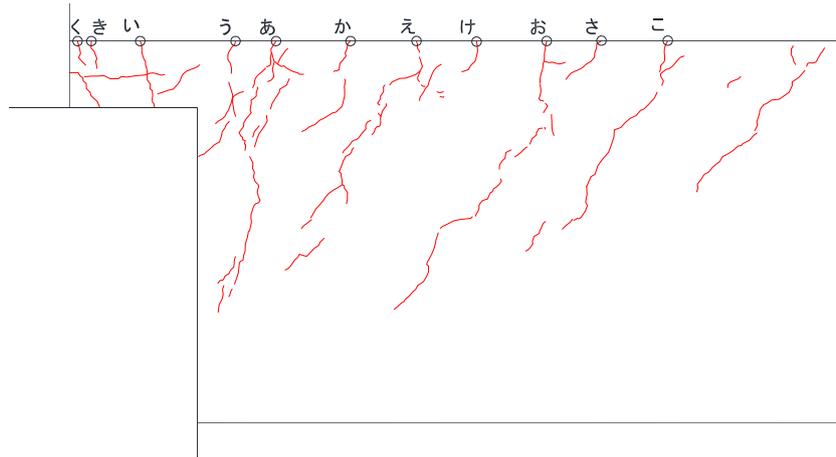


図 2.1.4-56 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 C-4 負荷荷)

表 2.1.4-26 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 C-4 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ											
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	
-1サイクル	-0.125	0.05											
-1除荷		-											
-2サイクル	-0.25	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05							
-2除荷		0.10	トジ	トジ	0.05	0.05							
-3サイクル	-0.50	0.10	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05		
-3除荷		0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	0.10	トジ	トジ	0.05		
-5サイクル	-1.0	0.10	0.10	0.05	0.10	0.10	0.10	トジ	0.80	0.05	0.05	0.05	
-5除荷		0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	トジ	0.60	トジ	0.05	トジ	
-7サイクル	-2.0	0.10	0.10	0.05	0.10	0.15	0.10	トジ	3.00	0.05	0.10	トジ	
-7除荷		0.10	0.05	0.05	0.10	0.10	0.05	トジ	1.80	0.05	0.05	トジ	

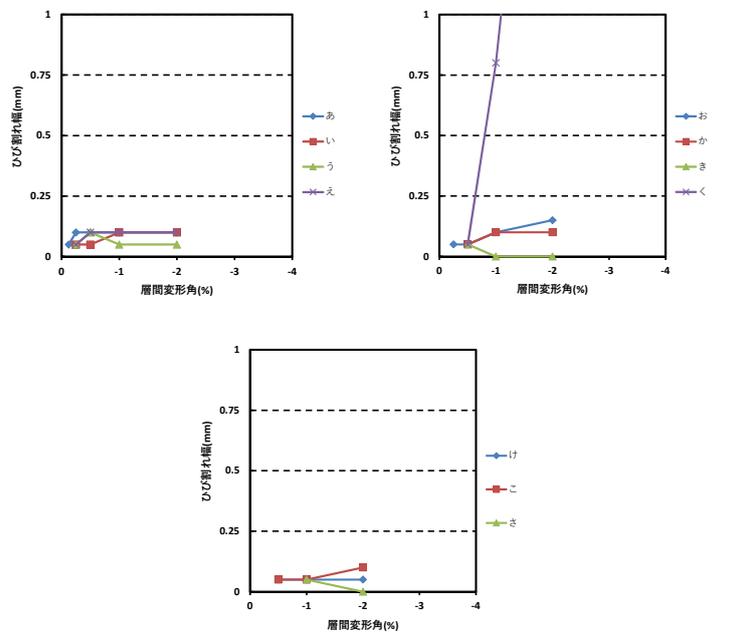


図 2.1.4-57 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 C-4 負荷荷)

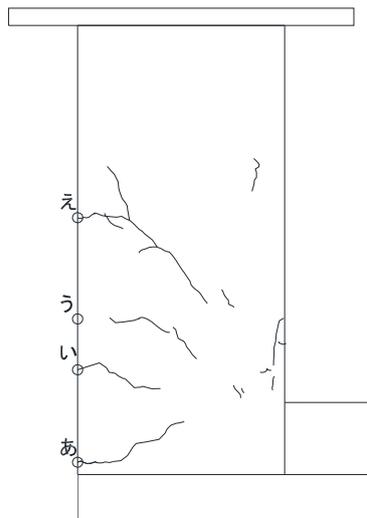


図 2.1.4-58 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 C-4 正載荷)

表 2.1.4-27 柱ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 C-4 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ			
		あ	い	う	え
+1サイクル	+0.125				
+1除荷					
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05	0.05	0.05
+2除荷		トジ	トジ	トジ	トジ
+3サイクル	+0.50	0.15	0.10	0.05	0.05
+3除荷		トジ	トジ	トジ	トジ
+5サイクル	+1.0	0.45	0.05	0.05	0.05
+5除荷		トジ	トジ	トジ	トジ
+7サイクル	+2.0	0.70	0.25	0.05	0.05
+7除荷		0.05	トジ	トジ	トジ
+9サイクル	+3.0	トジ	トジ	トジ	トジ
+9除荷		トジ	トジ	トジ	トジ

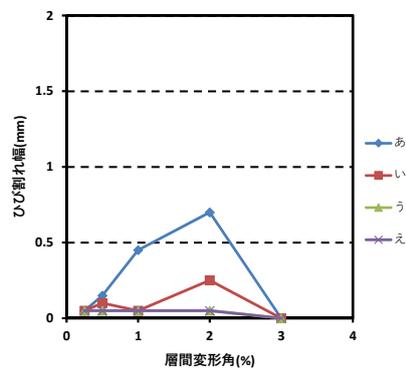


図 2.1.4-59 ピーク時 柱ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 C-4 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

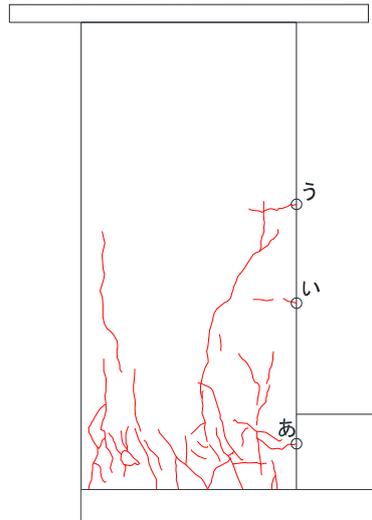


図 2.1.4-60 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 C-4 負荷荷)

表 2.1.4-28 柱ひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 C-4 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ		
		あ	い	う
-1サイクル	-0.125			
-1除荷				
-2サイクル	-0.25			
-2除荷				
-3サイクル	-0.50	0.20	0.05	
-3除荷		0.05	トジ	
-5サイクル	-1.0	0.90	0.05	トジ
-5除荷		0.50	トジ	トジ
-7サイクル	-2.0	2.00	トジ	トジ
-7除荷		2.00	トジ	トジ

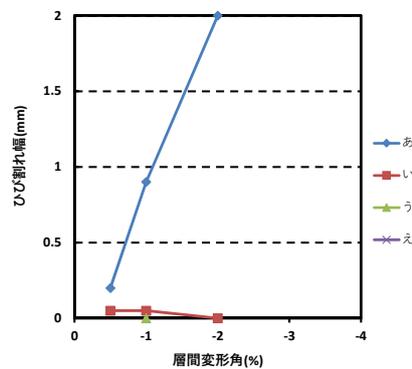


図 2.1.4-61 ピーク時 柱ひび割れ幅－層間変形角関係 (試験体 C-4 負荷荷)

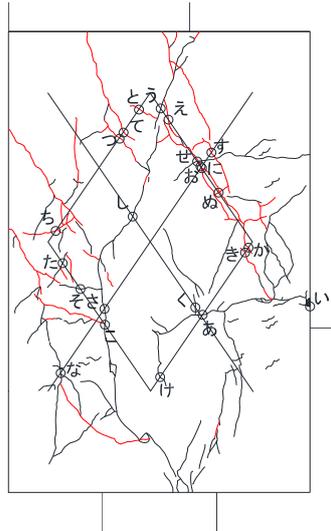


図 2.1.4-62 パイルキャップひび割れ幅測定位置（試験体 C-4 正載荷）

表 2.1.4-29 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係（試験体 C-4 正載荷）

cycle	正載荷ひび割れ																				
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	な
+1サイクル +1除荷	+0.125																				
+2サイクル +2除荷	+0.25																				
+3サイクル +3除荷	+0.50	0.05	0.05																		
+5サイクル +5除荷	+1.0	0.25	剥落	0.25	0.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.40	0.45	0.45									
+7サイクル +7除荷	+2.0	0.05	剥落	1.20	0.40	0.30	0.10	0.55	0.10	トジ	トジ	1.60	1.70	トジ	0.10	0.15	0.05	トジ	トジ	トジ	1.00
+9サイクル +9除荷	+3.0	0.10	剥落	1.20	1.20	1.10	0.10	0.70	0.20	トジ	0.85	1.00	1.20	0.70	0.75	0.10	0.25	トジ	0.10	0.05	0.10
		0.10	剥落	0.90	1.20	1.10	0.05	0.60	0.20	トジ	0.90	1.20	1.20	0.40	0.75	0.10	0.20	トジ	0.05	0.05	0.10

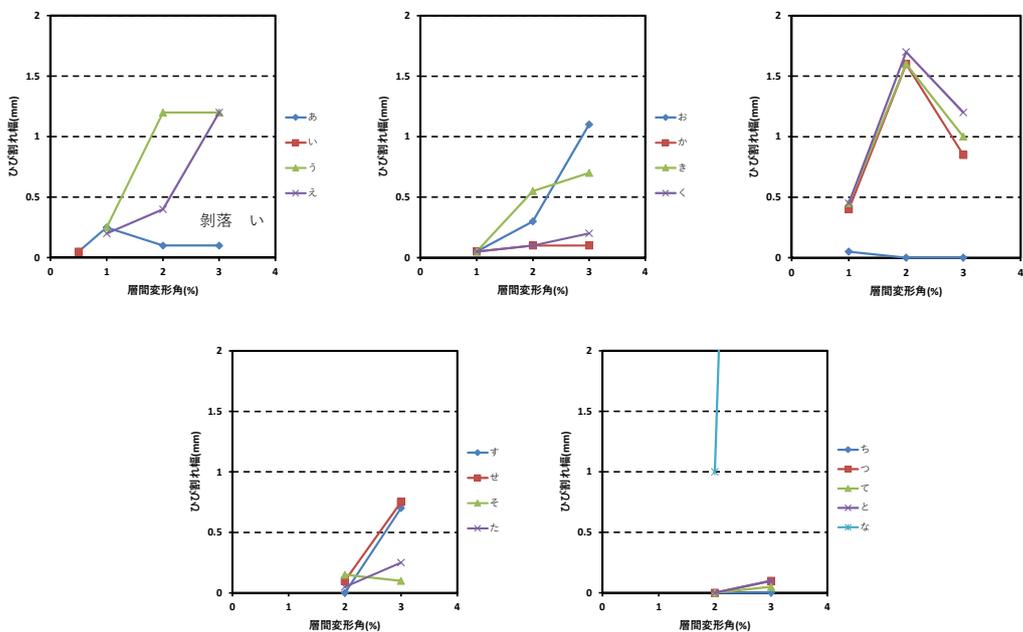


図 2.1.4-63 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係（試験体 C-4 正載荷）

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

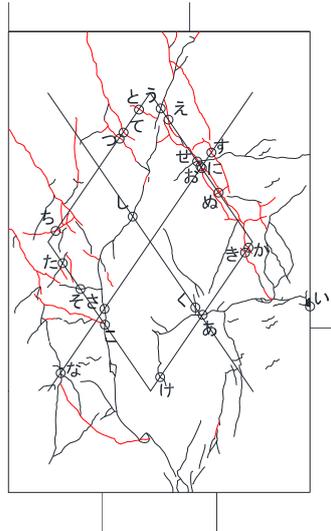


図 2.1.4-64 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 C-4 負荷荷)

表 2.1.4-30 パイルキャップひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 C-4 負荷荷)

cycle	負荷荷ひび割れ																							
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	な	に	ぬ	
-1サイクル -1除荷																								
-2サイクル -2除荷																								
-3サイクル -3除荷																								
-5サイクル -5除荷	0.05	剥落	0.10	0.60	0.40	0.05	0.05	トジ	トジ	0.30	0.35	0.25												
-7サイクル -7除荷	トジ	剥落	0.40	1.00	1.50	0.10	0.50	トジ	トジ	0.20	0.25	0.25	0.40	トジ	0.10	トジ	0.10	0.05	0.10	0.05	1.40	0.10	0.10	0.10
-7除荷	トジ	剥落	0.40	0.90	1.50	0.10	0.70	トジ	トジ	1.00	1.10	0.90	0.20	トジ	0.10	トジ	0.10	0.10	0.10	0.05	1.50	0.10	0.10	0.10

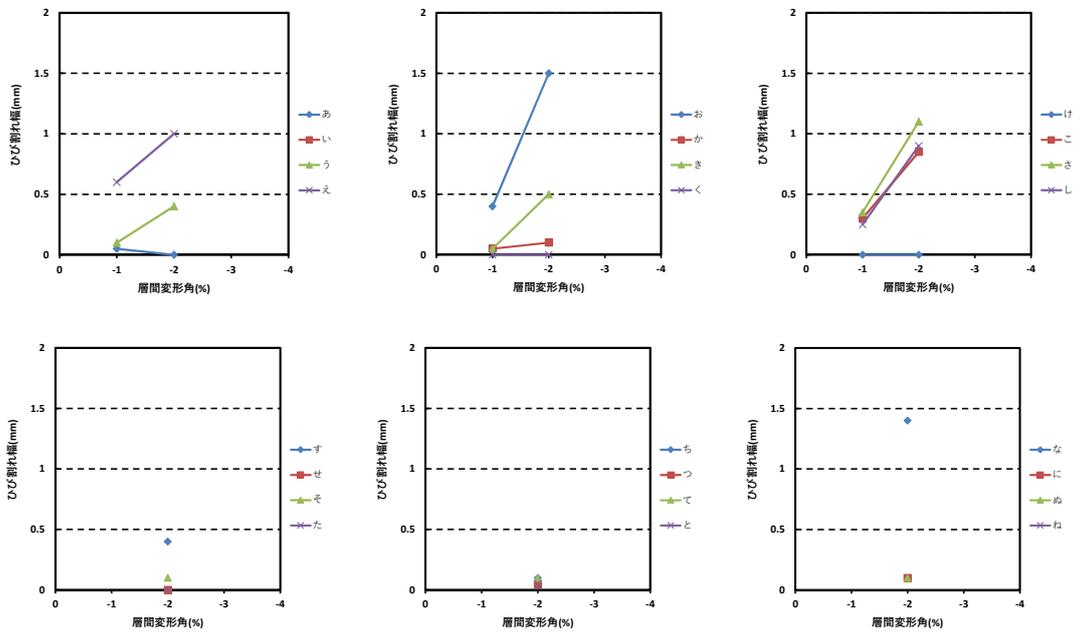


図 2.1.4-65 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 C-4 負荷荷)

・試験体 A-7a

パイルキャップのひび割れについて、正載荷側ではパイルキャップせん断ひび割れ幅の増大があまり見られず、下端基礎梁主筋に沿った位置のパイルキャップ横ひび割れ幅が増大した。負載荷側も同様の位置のひび割れ幅が大きかった。これはパイルキャップ帯筋を多く配筋したことによって、パイルキャップせん断ひび割れ幅があまり増大しなかったと考えられる。

・試験体 A-7b

正載荷側に関しては試験体 A-7a と同様にパイルキャップ横ひび割れ幅が大きくなったが、パイルキャップに縦に連なるせん断ひび割れ幅も大きくなった。負載荷側に関しては、パイルキャップせん断ひび割れの増大が正載荷側よりも顕著に表れた。また、試験体 A-7b は A-7a と比べパイルキャップに発生するひび割れの本数は少ないが、一本あたりのひび割れ幅は A-7a より大きくなった。

・試験体 A-8

パイルキャップに発生するひび割れに関して、試験体 A-7a と同じような傾向が見られた。

・試験体 A-9

載荷方向に関わらず、A シリーズ試験体の中で一番ひび割れ幅が大きくなった。試験体 A-9 は A シリーズの中で一番パイルキャップ内帯筋が少ないため、ひび割れ幅の増大はパイルキャップ内に配筋される帯筋と大きな関係があると考えられる。

・試験体 C-4

偏心柱を有する試験体 C-4 は偏心していない試験体と比較して、基礎梁が取り付いていない左側のひび割れ幅も大きくなった。特に負載荷側では最大耐力後に基礎梁が取り付いていない面から正面に連なるひび割れが大きくなり、偏心によるひび割れの違いが確認された。

(3) 各変形成分の検討

以下にそれぞれの試験体における柱・基礎梁・杭・パイルキャップの各部材が層間変形角に占める割合を示す。算出方法を図 2.1.4-66 に、算出した各部材の変形成分の割合を図 2.1.4-67～図 2.1.4-71 に示す。

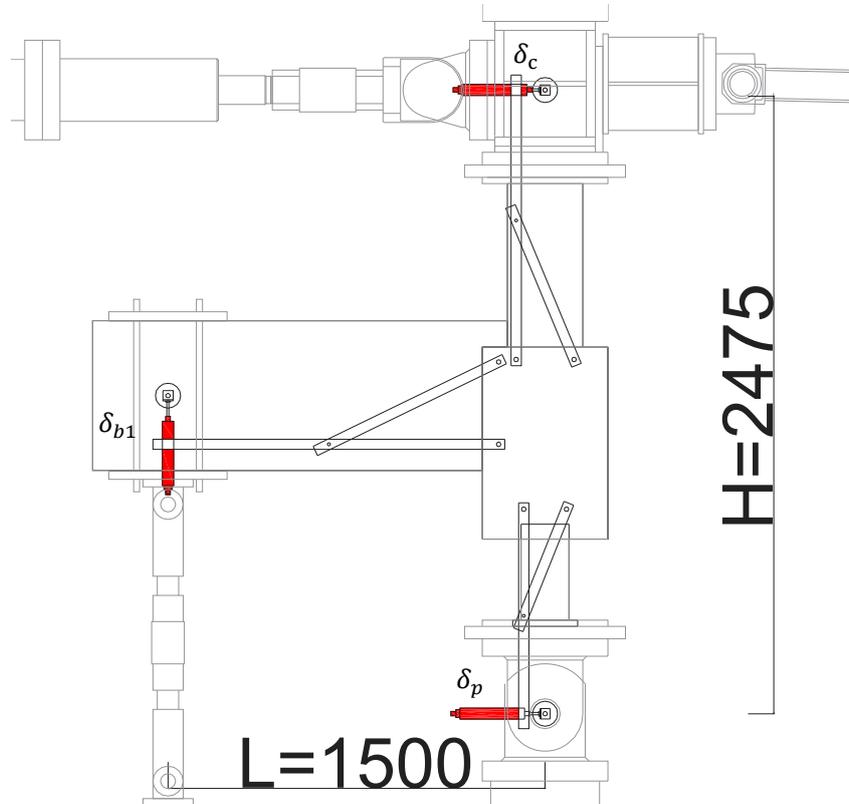


図 2.1.4-66 各部材の変形

杭の変形成分： $\delta_p$ (mm)・・・図 2.1.4-66 中の  $\delta_p$  を示しており、直接計測した値。

柱の変形成分： $\delta_c$ (mm)・・・図 2.1.4-66 中の  $\delta_c$  を示しており、直接計測した値。

基礎梁の変形による層間変形成分： $\delta_b$ (mm)

$$\delta_b = \delta_{b1} \cdot L/H$$

図 2.1.4-66 中の  $\delta_{b1}$  が直接計測した基礎梁の変形量。

パイルキャップの変形成分： $\delta_{pc}$ (mm)

$$\delta_{pc} = \delta - \delta_p - \delta_c - \delta_b$$

$\delta$ ：層間変位で、柱頭加力点位置で変位計(SDP-200)によって計測した値を用いた。

$\delta_{pc} < 0$  のときは  $\delta_{pc} = 0$  とした。

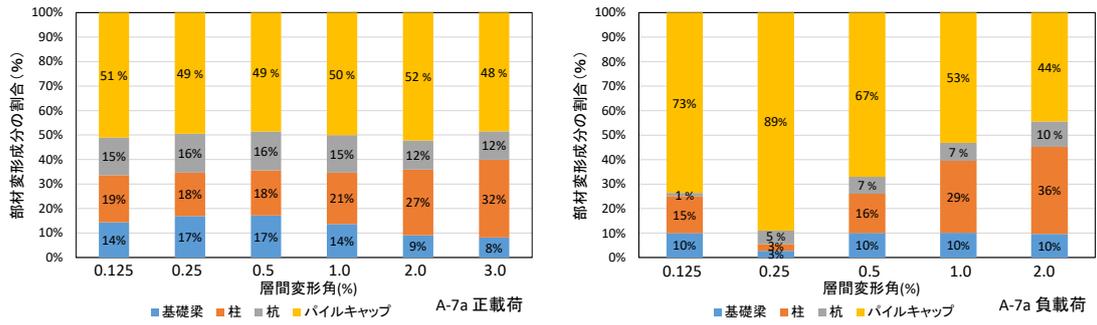


図 2.1.4-67 各変形成分の割合 A-7a

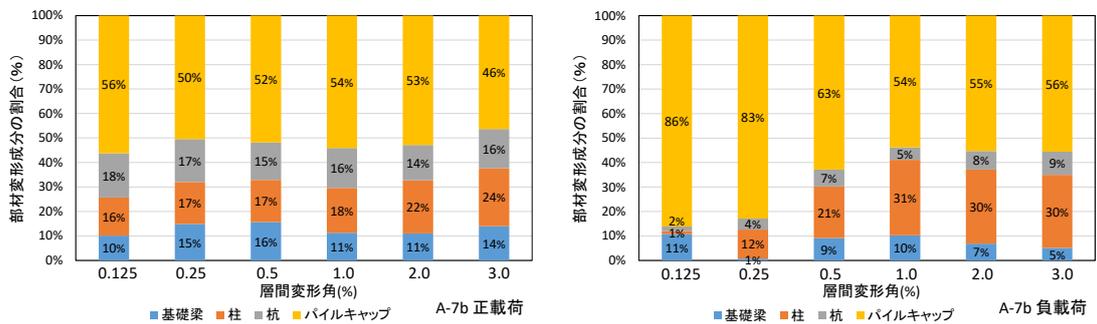


図 2.1.4-68 各変形成分の割合 A-7b

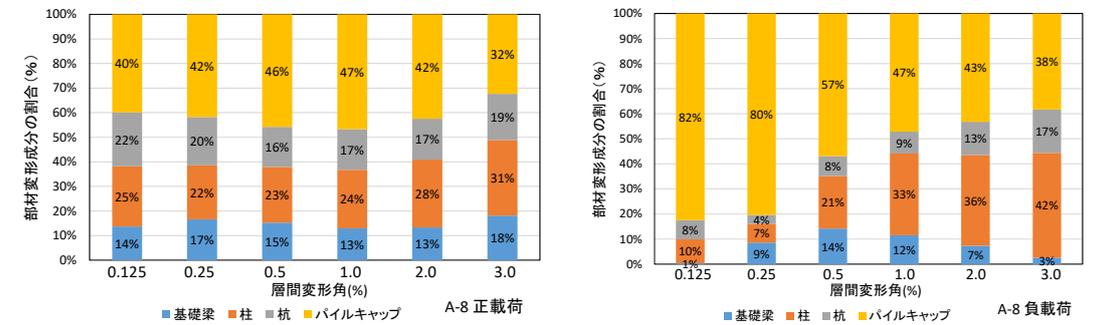


図 2.1.4-69 各変形成分の割合 A-8

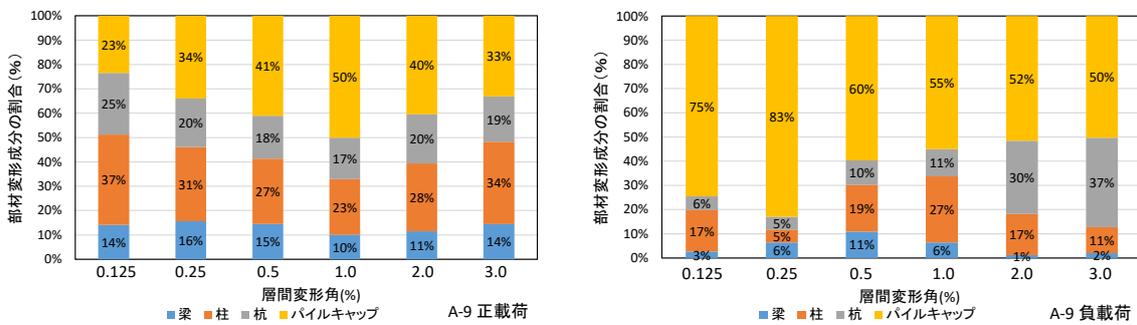


図 2.1.4-70 各変形成分の割合 A-9

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

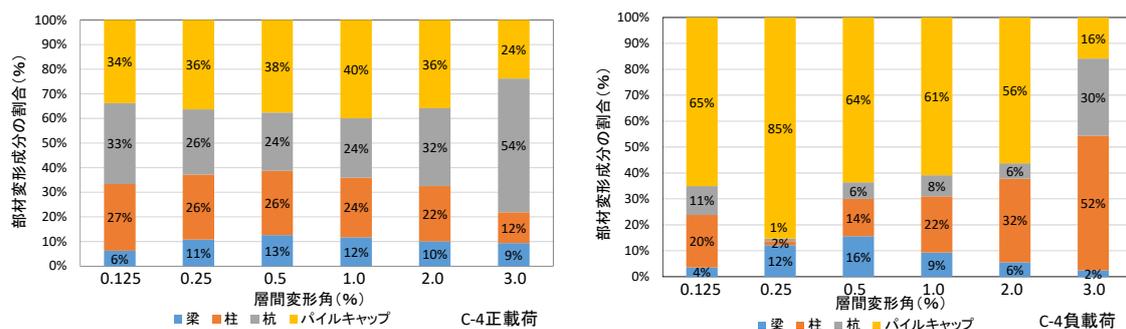


図 2.1.4-71 各変形成分の割合 C-4

### ・試験体 A-7a

正載荷側に関しては最大耐力前のパイルキャップの変形成分が大きくなった。また最大耐力後は柱脚部の損傷が激しくなったことが影響し、柱の変形成分が大きくなった。負載荷側に関しては変形が小さい時におけるパイルキャップの変形成分が正載荷側より大きかった。その後変形が大きくなるにつれて柱の変形成分が大きくなった。

### ・試験体 A-7b

正負共に試験体 A-7a と同じような変形成分を示した。しかし試験体 A-7a は最大耐力後にパイルキャップのひび割れ幅はあまり増大せず柱脚に損傷が集中したのに対し、試験体 A-7b は最大耐力後にパイルキャップせん断ひび割れ幅の増大が見られたため、最大耐力後の柱の変形成分は試験体 A-7a と比べ小さくなり、特に負載荷側でパイルキャップの変形成分が大きくなった。

### ・試験体 A-8

概ね試験体 A-7a と同じような変形成分を示した。しかし試験体 A-7a と比べると若干杭の変形成分が大きくなっている。試験体 A-8 は柱帯筋量  $c p_w$  が少なく、パイルキャップ中央から下の部分には柱帯筋が配筋されていないため、杭の変形が若干大きくなったと考えられる。

### ・試験体 A-9

正載荷側の変形成分は試験体 A-8 と似ているが、負載荷側に関しては最大耐力後の杭の変形成分が非常に大きくなっている。試験体 A-9 は試験体 A-8 と柱帯筋量  $c p_w$  が同量配筋されており、パイルキャップ帯筋量  $p c p_w$  が少ない試験体である。試験体 A-8 はパイルキャップの下部にもパイルキャップ帯筋が多数配筋されているが、試験体 A-9 はパイルキャップ下部に配筋されているパイルキャップ帯筋が少ないため、杭の変形成分が大きくなったと考えられる。

### ・試験体 C-4

正載荷側に関しては最大耐力前も最大耐力後も杭の変形成分が大きくなった。パイルキャップせん断ひび割れから連なる杭頭接合面のひび割れが顕著に大きくなったため、杭の変形が大きくなったと考えられる。負載荷側に関しては最大耐力後の柱の変形成分が大きくなった。これは負載荷時において柱圧縮縁位置のひび割れが大きくなったことが影響していると考えられる。

(4) モールのひずみ円

パイルキャップの損傷状態を把握するため、モールのひずみ円を作成した。モールのひずみ円の作図方法を図 2.1.4-72 に示す。パイルキャップ内の変位計各コアの水平変位計により計測した値の平均値を横方向ひずみ $\epsilon_x$ とし、横座標に図 2.1.4-72 (a)の直線 OX の時計回り方向の回転 $\gamma_{xy}$ の 1/2 を正の縦座標とする。また各コアの鉛直変位計により計測した値の平均値を縦方向ひずみ $\epsilon_y$ とし、横座標に図 2.1.4-72 (a)の直線 OY の反時計回り方向の回転 $\gamma_{xy}$ の 1/2 を負の縦座標とすると、図 2.1.4-72 (b)の円上の点 D,D'を得る。直線 DD'を引くと中心 C が定まり、図 2.1.4-72 (b)のようなモールのひずみ円を描くことができる。このモールのひずみ円の大きさは接合部パネルの平均的な損傷を表し、ひずみ円が大きいほど接合部パネルの損傷が激しいことを示す。また円の中心が横座標の正側に推移すると、接合部パネルは引張を受けていることになる。ここで各試験体の接合部のコアを図 2.1.4-73, 図 2.1.4-74 に示す。

図 2.1.4-75~図 2.1.4-98 に各試験体のモールのひずみ円と計算結果を示す。なお繰り返し載荷を行ったサイクルに関しては2回目のサイクルを対象としている。

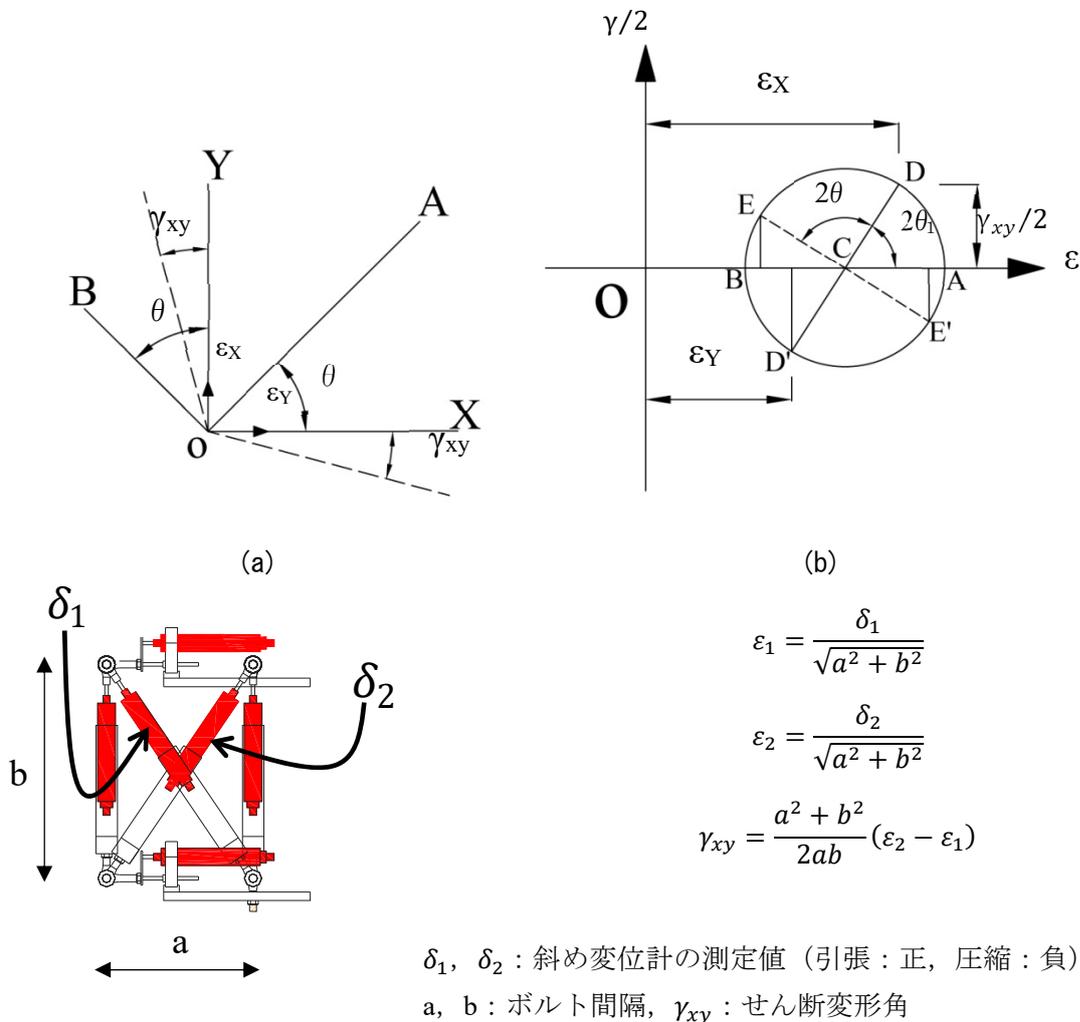


図 2.1.4-72 モールのひずみ円作成方法

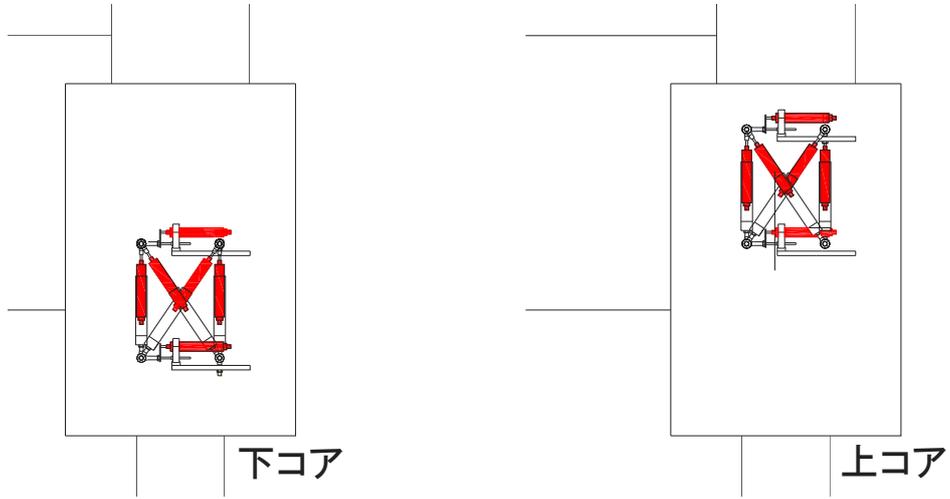


図 2.1.4-73 各コアの位置 試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9

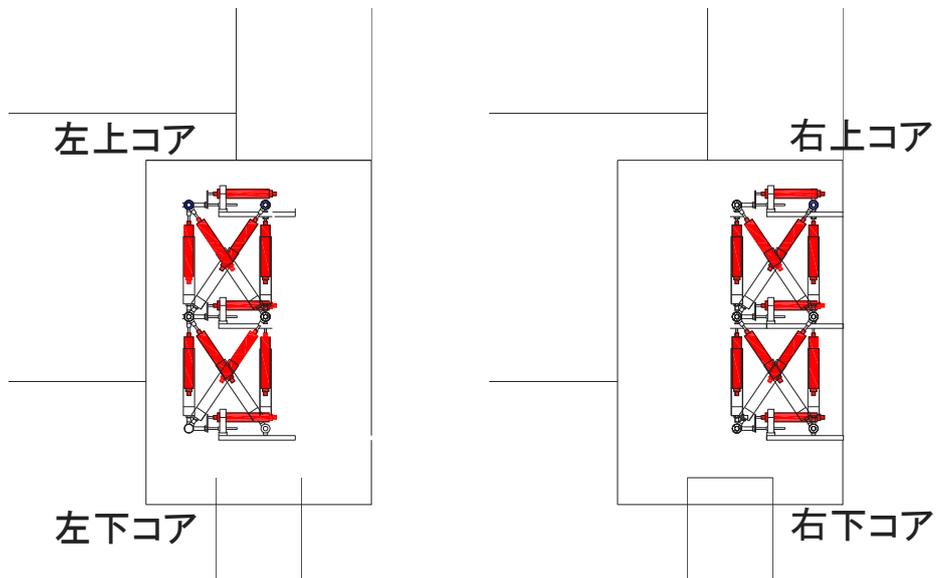
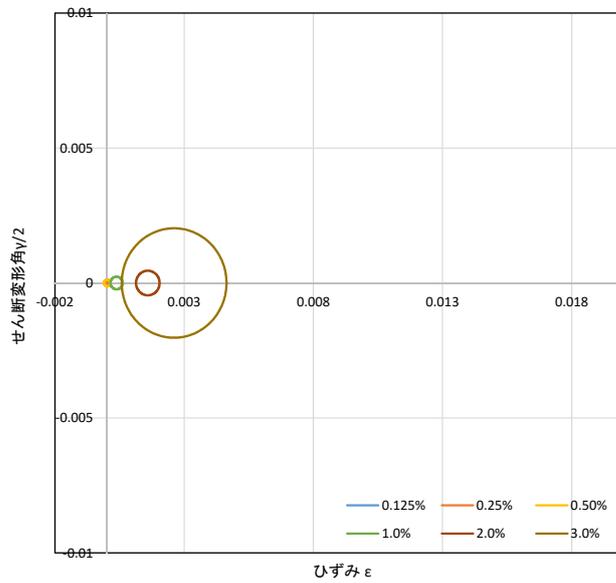
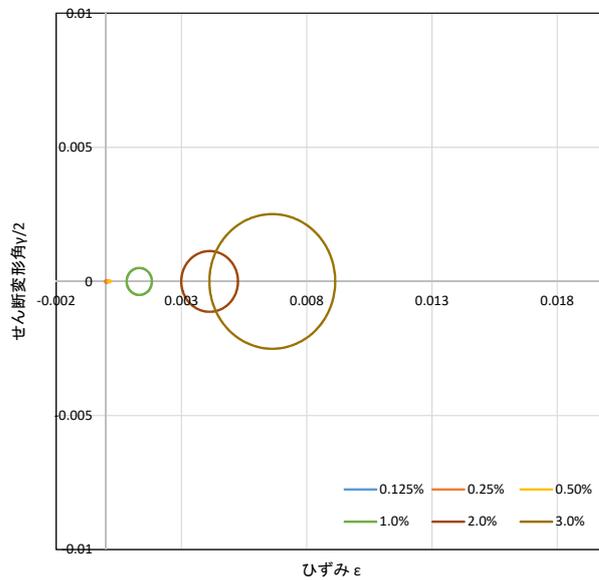


図 2.1.4-74 各コアの位置 試験体 C-4



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	15	40
0.25	19	56
0.50	19	247
1.0	383	470
2.0	1592	911
3.0	2610	4055

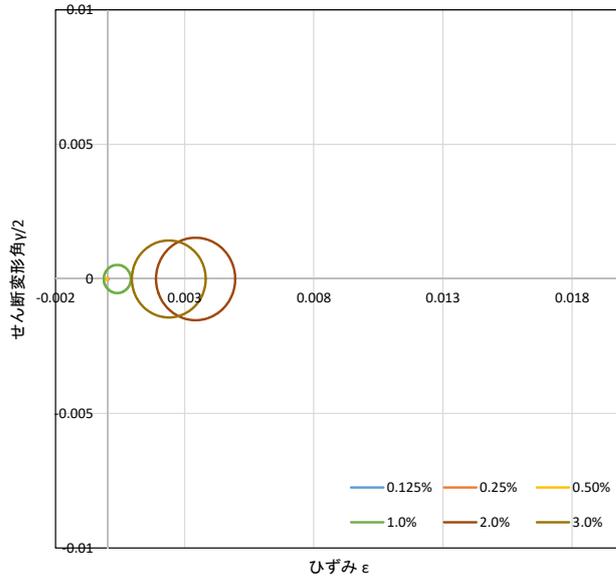
図 2.1.4-75 モールのひずみ円 A-7a 上コア 正載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	8	79
0.25	8	89
0.50	32	69
1.0	118	1007
2.0	898	2264
3.0	1318	5022

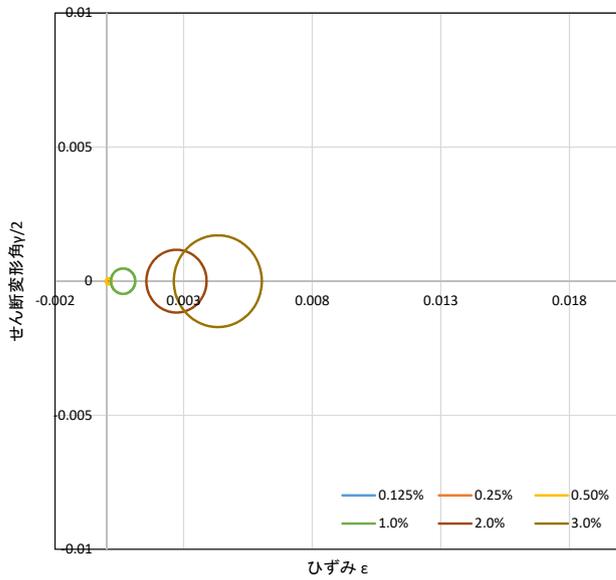
図 2.1.4-76 モールのひずみ円 A-7a 下コア 正載荷

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



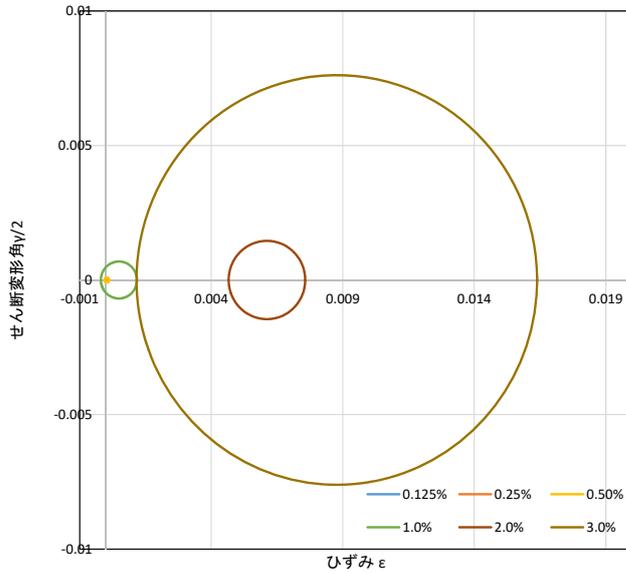
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	16	38
0.25	9	50
0.50	-27	58
1.0	391	1046
2.0	3423	3064
3.0	2385	2859

図 2.1.4-77 モールのひずみ円 A-7a 上コア 負載荷



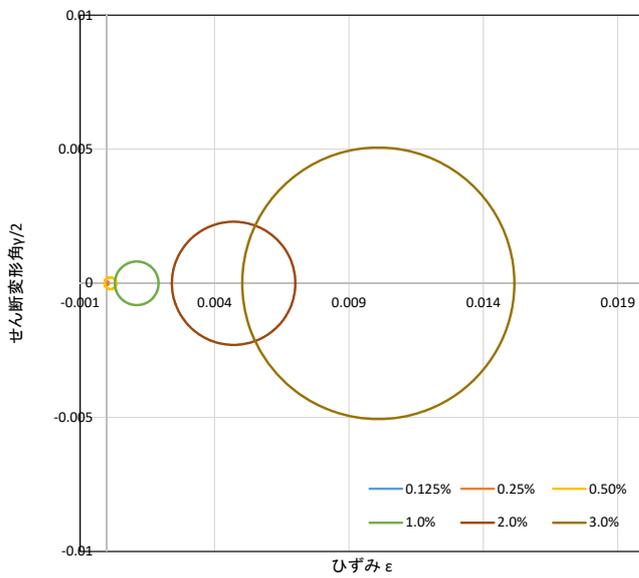
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	16	63
0.25	12	82
0.50	95	226
1.0	645	946
2.0	2721	2341
3.0	4329	3421

図 2.1.4-78 モールのひずみ円 A-7a 下コア 負載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	42	22
0.25	36	72
0.50	30	169
1.0	489	1373
2.0	6117	2909
3.0	8775	15227

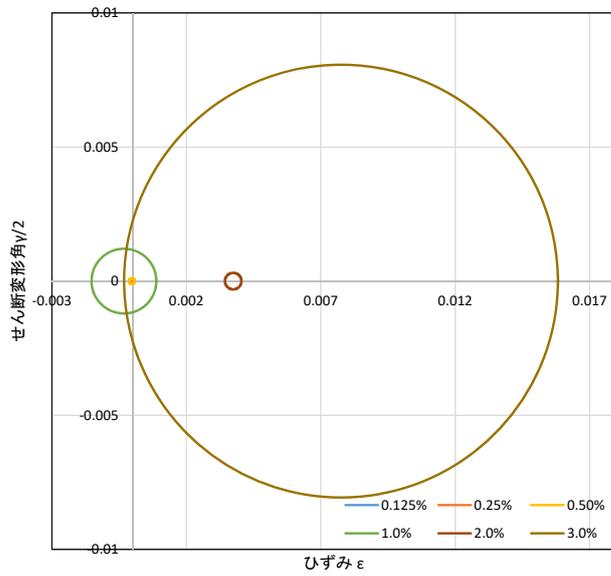
図 2. 1. 4-79 モールのひずみ円 A-7b 上コア 正載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-2	115
0.25	-8	124
0.50	127	437
1.0	1106	1625
2.0	4710	4591
3.0	10093	10125

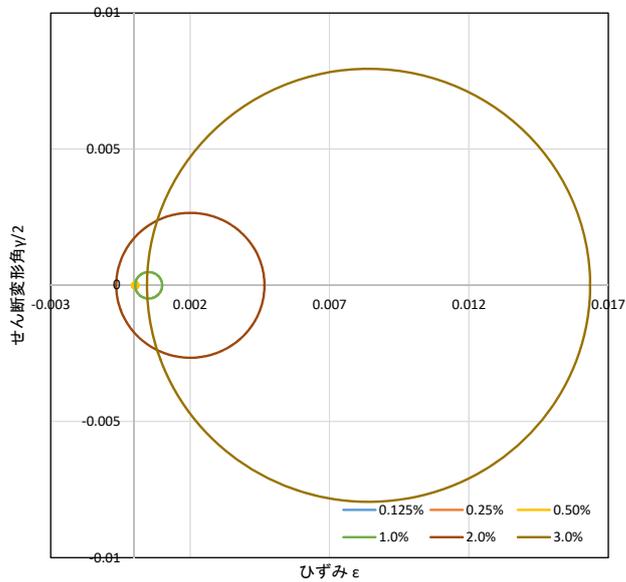
図 2. 1. 4-80 モールのひずみ円 A-7b 下コア 正載荷

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



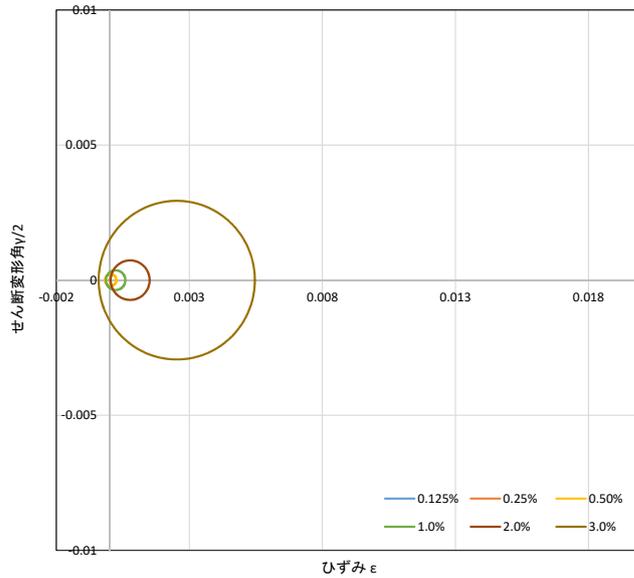
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	51	26
0.25	24	59
0.50	-29	219
1.0	-323	2412
2.0	3741	614
3.0	7753	16137

図 2.1.4-81 モールのひずみ円 A-7b 上コア 負載荷



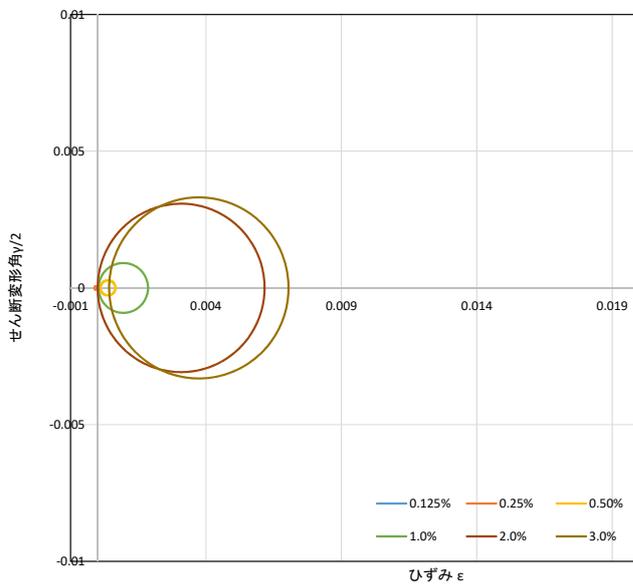
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	0	107
0.25	4	88
0.50	32	222
1.0	511	971
2.0	2008	5318
3.0	8403	15898

図 2.1.4-82 モールのひずみ円 A-7b 下コア 負載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-14	4
0.25	2	35
0.50	43	428
1.0	229	730
2.0	774	1462
3.0	2526	5870

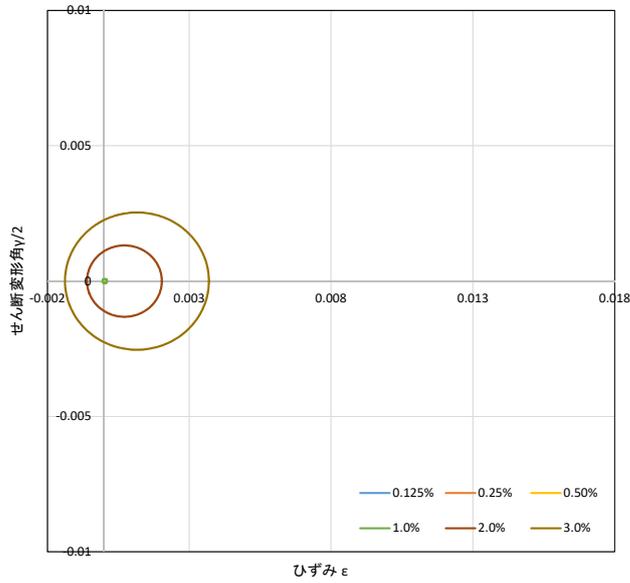
図 2.1.4-83 モールのひずみ円 A-8 上コア 正載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-44	114
0.25	-60	122
0.50	281	554
1.0	379	1823
2.0	812	6163
3.0	945	6626

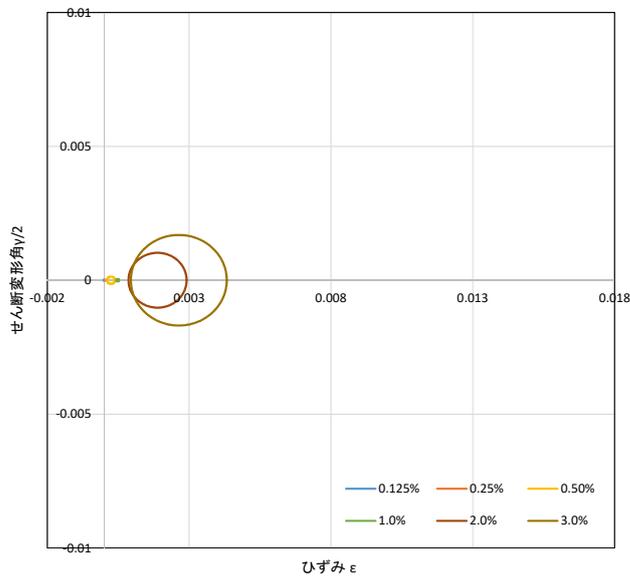
図 2.1.4-84 モールのひずみ円 A-8 下コア 正載荷

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



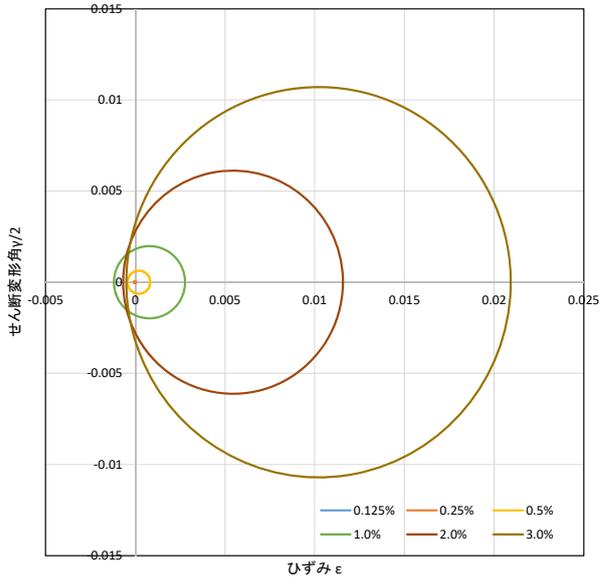
層間変形角(%)	中心(μ)	直径(μ)
0.125	33	107
0.25	39	108
0.50	19	90
1.0	22	155
2.0	715	2636
3.0	1156	5072

図 2. 1. 4-85 モールのひずみ円 A-8 上コア 負荷荷



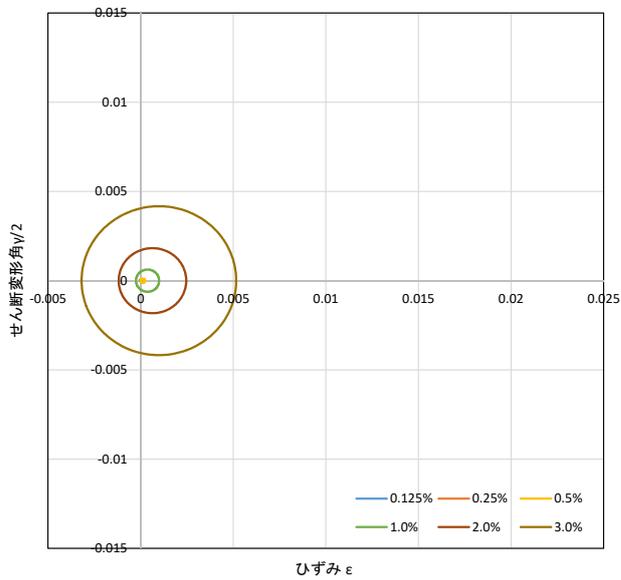
層間変形角(%)	中心(μ)	直径(μ)
0.125	-3	37
0.25	48	21
0.50	242	272
1.0	475	86
2.0	1885	2049
3.0	2635	3382

図 2. 1. 4-86 モールのひずみ円 A-8 下コア 負荷荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-29	43
0.25	-20	108
0.50	202	1268
1.0	795	3959
2.0	5450	12245
3.0	10215	21417

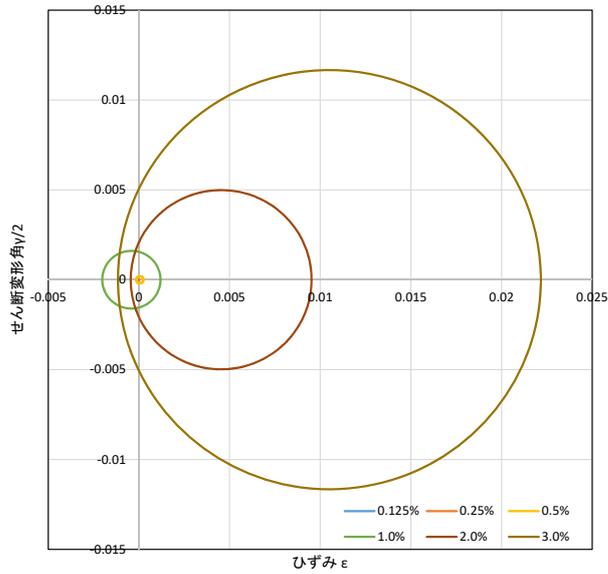
図 2.1.4-87 モールのひずみ円 A-9 上コア 正載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-14	60
0.25	18	46
0.50	119	229
1.0	374	1246
2.0	640	3645
3.0	987	8347

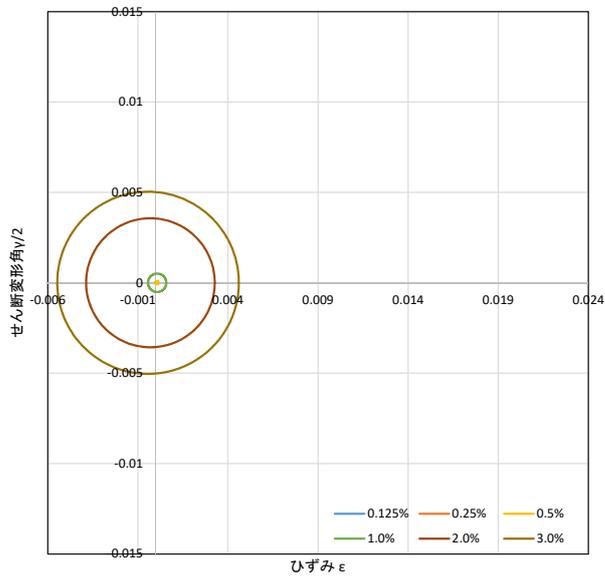
図 2.1.4-88 モールのひずみ円 A-9 下コア 正載荷

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



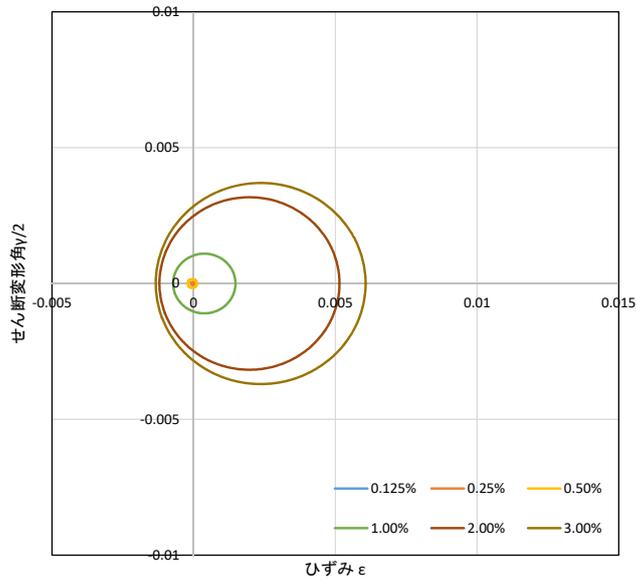
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-29	21
0.25	-15	67
0.50	54	396
1.0	-414	3210
2.0	4536	9975
3.0	10509	23325

図 2.1.4-89 モールのひずみ円 A-9 上コア 負荷荷



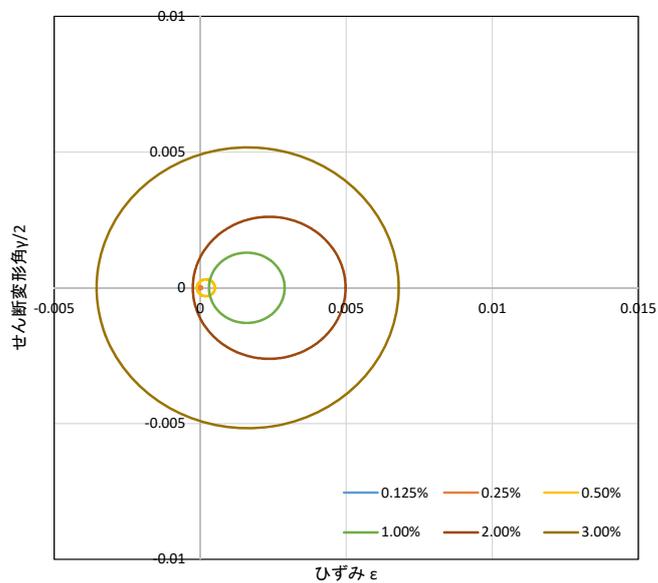
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-11	74
0.25	69	44
0.50	57	162
1.0	71	1019
2.0	-303	7137
3.0	-435	10079

図 2.1.4-90 モールのひずみ円 A-9 下コア 負荷荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-25	81
0.25	-34	96
0.50	-47	320
1.0	375	2198
2.0	1969	6353
3.0	2364	7405

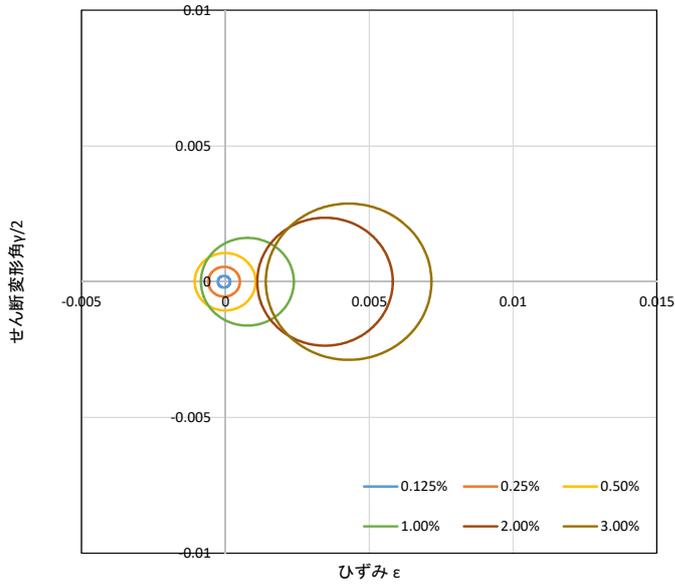
図 2.1.4-91 モールのひずみ円 C-4 左上コア 正載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	16	43
0.25	7	103
0.50	199	618
1.0	1598	2588
2.0	2363	5229
3.0	1627	10342

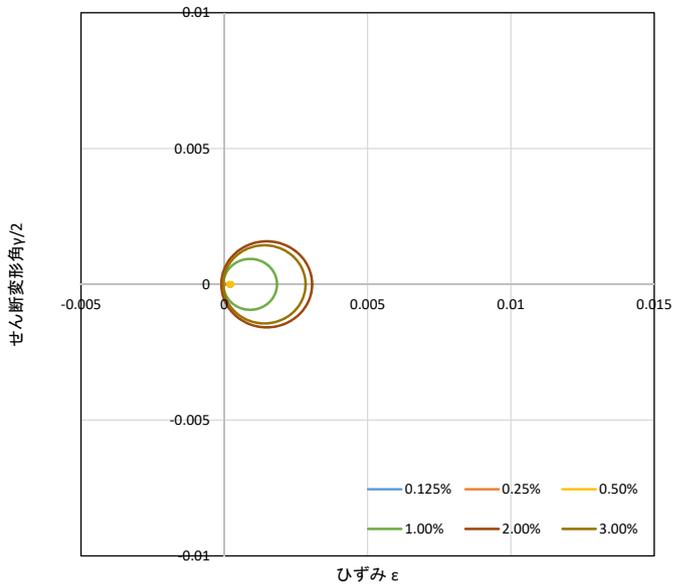
図 2.1.4-92 モールのひずみ円 C-4 左下コア 正載荷

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



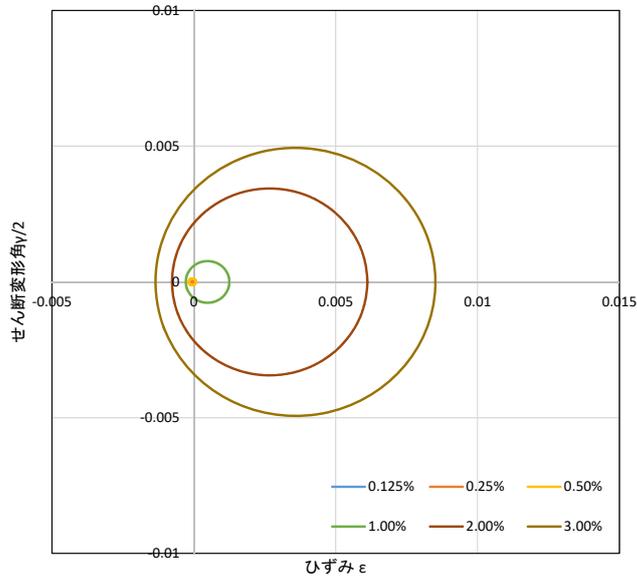
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-46	427
0.25	-44	1096
0.50	-6	2115
1.0	765	3228
2.0	3463	4711
3.0	4284	5756

図 2.1.4-93 モールのひずみ円 C-4 右上コア 正載荷



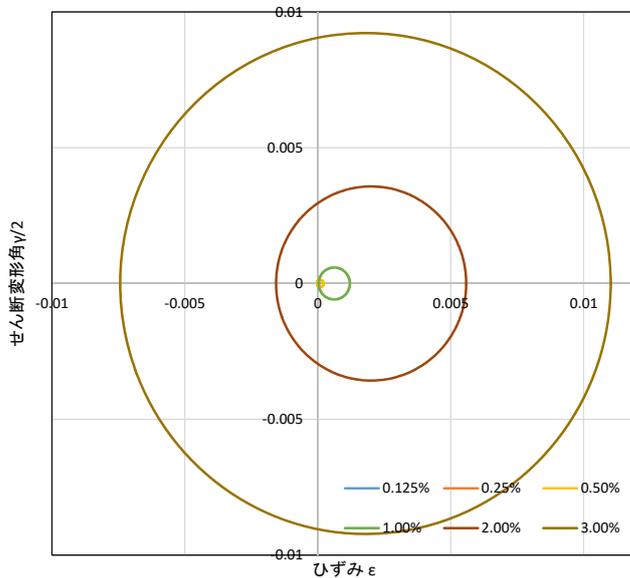
層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	4	27
0.25	18	41
0.50	206	176
1.0	902	1873
2.0	1480	3167
3.0	1396	2877

図 2.1.4-94 モールのひずみ円 C-4 右下コア 正載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-30	80
0.25	-47	72
0.50	-52	249
1.0	484	1535
2.0	2673	6882
3.0	3582	9868

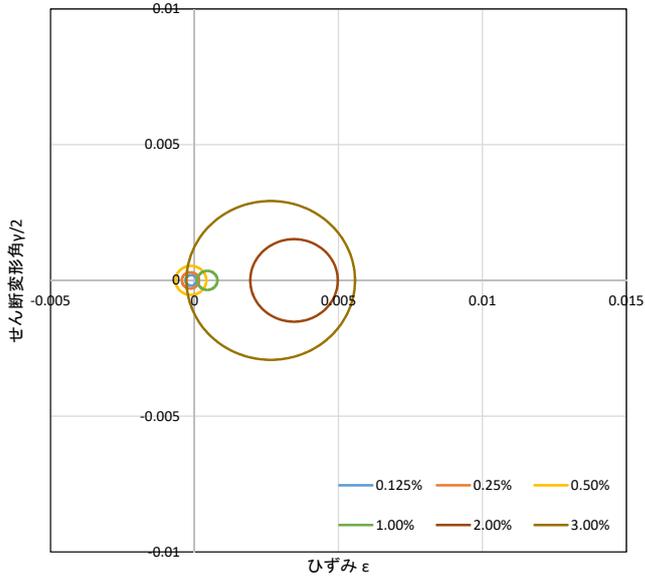
図 2.1.4-95 モールのひずみ円 C-4 左上コア 負載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	26	45
0.25	15	51
0.50	92	259
1.0	619	1176
2.0	2007	7150
3.0	1794	18451

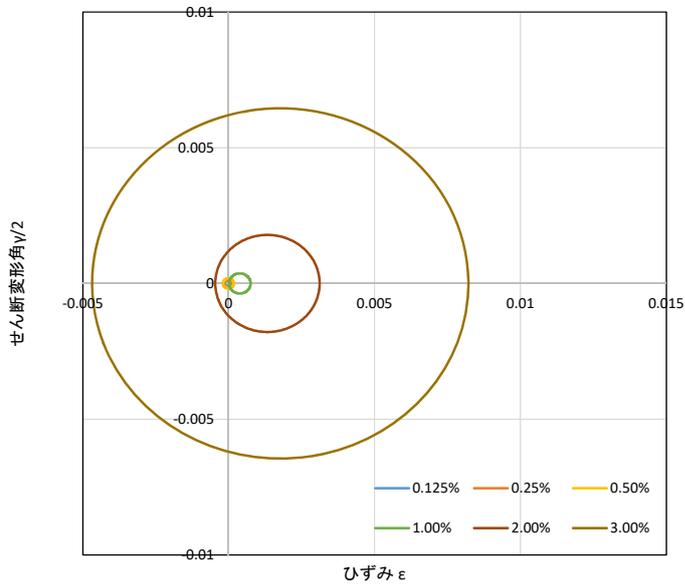
図 2.1.4-96 モールのひずみ円 C-4 左下コア 負載荷

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-108	400
0.25	-139	597
0.50	-121	1070
1.0	448	701
2.0	3458	3038
3.0	2650	5850

図 2.1.4-97 モールのひずみ円 C-4 右上コア 負載荷



層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-40	212
0.25	-67	234
0.50	-10	372
1.0	382	741
2.0	1328	3576
3.0	1769	12898

図 2.1.4-98 モールのひずみ円 C-4 右下コア 負載荷

・試験体 A-7a

正載荷側に関しては上コアに比べ下コアでのひずみが大きくなっている。正載荷時に下端基礎梁主筋に沿った位置のパイルキャップ横ひび割れ幅が大きくなったことにより、下コアの損傷が大きくなったと考えられる。負載荷側に関しては上下コアのひずみの値はあまり変わらない結果となった。

・試験体 A-7b

正負共に最大耐力までは下コアのひずみが大きい、最大耐力後は上コアのひずみが大きくなっている。また試験体 A-7a と比較すると最大耐力後のひずみの値が非常に大きい。2体の最大耐力後のパイルキャップの損傷状況が異なり、試験体 A-7b の方が最大耐力後のパイルキャップの損傷が激しいと考えられる。

・試験体 A-8

正載荷側に関しては最大耐力まで下コアのひずみが大きい、最大耐力後のひずみは上下コアほぼ同じとなっている。負載荷側に関しては上コアのひずみが大きくなっている。試験体 A-7a と比較すると全体的にひずみが大きくなっており、柱帯筋が少ない影響が損傷状況に現れていると考えられる。

・試験体 A-9

正負共に下コアより上コアのひずみが非常に大きくなっている。正載荷時に発生したあしら圧縮縁から発生したパイルキャップせん断ひび割れ幅の増大によって上コアの損傷が大きくなったと考えられる。

・試験体 C-4

正載荷側に関しては右下コアのひずみのみ小さくなった。パイルキャップと基礎梁が接合している左側のコアの方がひずみの値が大きくなったことから、基礎梁主筋からパイルキャップに作用する力がパイルキャップの損傷に大きな影響を与えていると考えられる。負載荷側に関しても最大耐力までは左側のコアのひずみの方が大きくなっている。

(5) 接合部パネルにおける変形性状

各試験体の接合部パネル変形による検討を行い、パイルキャップ部の変形成分の考察を行う。

図 2.1.4-99 にパイルキャップ裏面に取り付けた変位計および測定変位の各インサート位置における変位の扱いを示す。パイルキャップ裏面に取り付けた変位計により各サイクル（繰り返し載荷の場合は1サイクル目の値）における接合部パネルの変形性状の把握を行った。

各変位計により計測された区間の変位を2分割し、各インサート位置における変位を算出した。各インサート位置における変位の算出式を表 2.1.4-31 に示す。

図 2.1.4-100～図 2.1.4-109 に各試験体の接合部パネル変形を示す。なお、見やすくするために実際の変形に対して一定の拡大率（40倍）をかけて表現している。

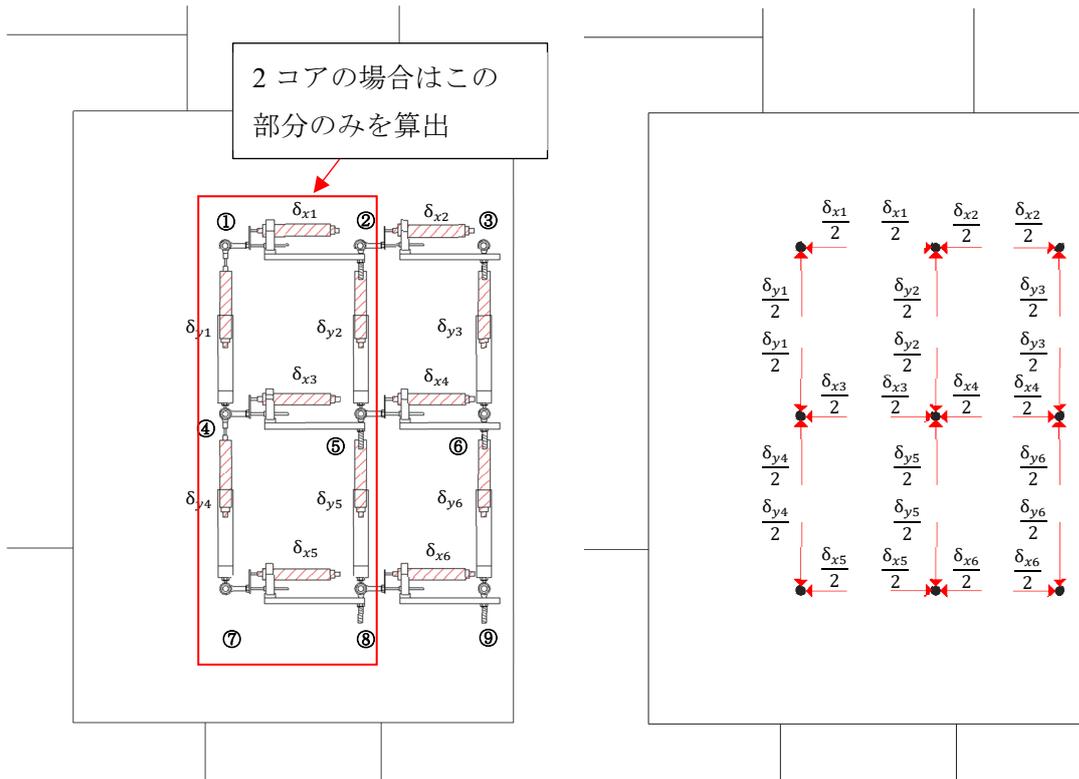


図 2.1.4-99 パイルキャップ内における変位計の変位の扱い

表 2.1.4-31 パイルキャップの各インサート変位計算式

① $(x,y)=(-\frac{\delta_{x1}}{2}, \frac{\delta_{y1}}{2})$	② $(x,y)=(\frac{\delta_{x1}}{2} - \frac{\delta_{x2}}{2}, \frac{\delta_{y2}}{2})$	③ $(x,y)=(\frac{\delta_{x2}}{2}, \frac{\delta_{y3}}{2})$
④ $(x,y)=(-\frac{\delta_{x3}}{2}, -\frac{\delta_{y1}}{2} + \frac{\delta_{y4}}{2})$	⑤ $(x,y)=(\frac{\delta_{x3}}{2} - \frac{\delta_{x4}}{2}, -\frac{\delta_{y2}}{2} + \frac{\delta_{y5}}{2})$	⑥ $(x,y)=(\frac{\delta_{x6}}{2}, -\frac{\delta_{y6}}{2})$
⑦ $(x,y)=(-\frac{\delta_{x5}}{2}, -\frac{\delta_{y4}}{2})$	⑧ $(x,y)=(\frac{\delta_{x5}}{2} - \frac{\delta_{x6}}{2}, -\frac{\delta_{y5}}{2})$	⑨ $(x,y)=(\frac{\delta_{x4}}{2}, -\frac{\delta_{y3}}{2} + \frac{\delta_{y6}}{2})$

A-7a (正載荷)

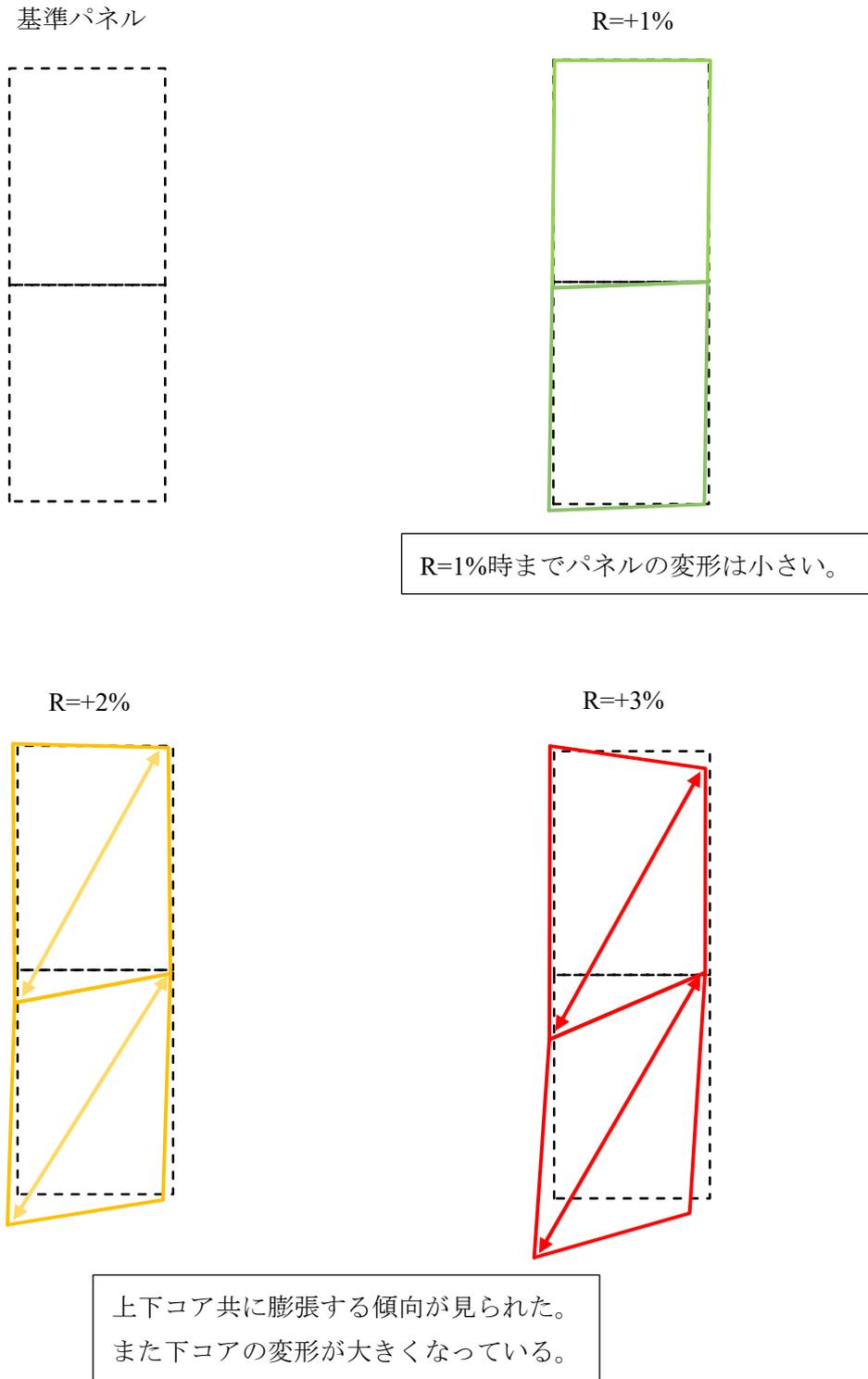
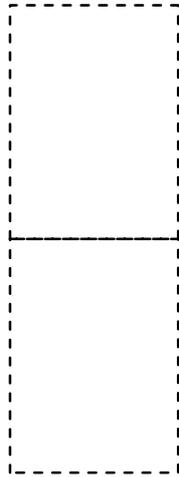


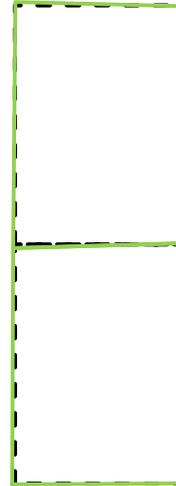
図 2.1.4-100 試験体 A-7a 正載荷時パネル変形

A-7a (負荷荷)

基準パネル

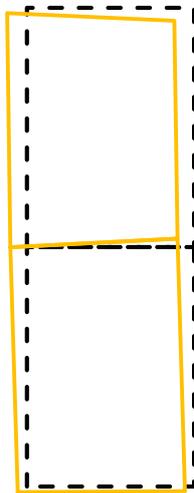


R=-1%

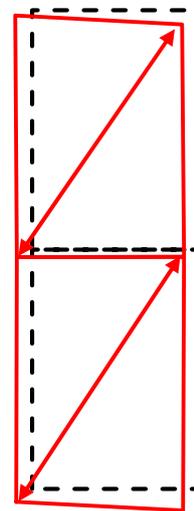


R=-1%時までパネルの変形は小さい。

R=-2%



R=-3%



上下コア共に変形が増大したが、  
膨張・収縮する傾向は見られなかった。

図 2.1.4-101 試験体 A-7a 負荷荷時パネル変形

A-7b (正載荷)

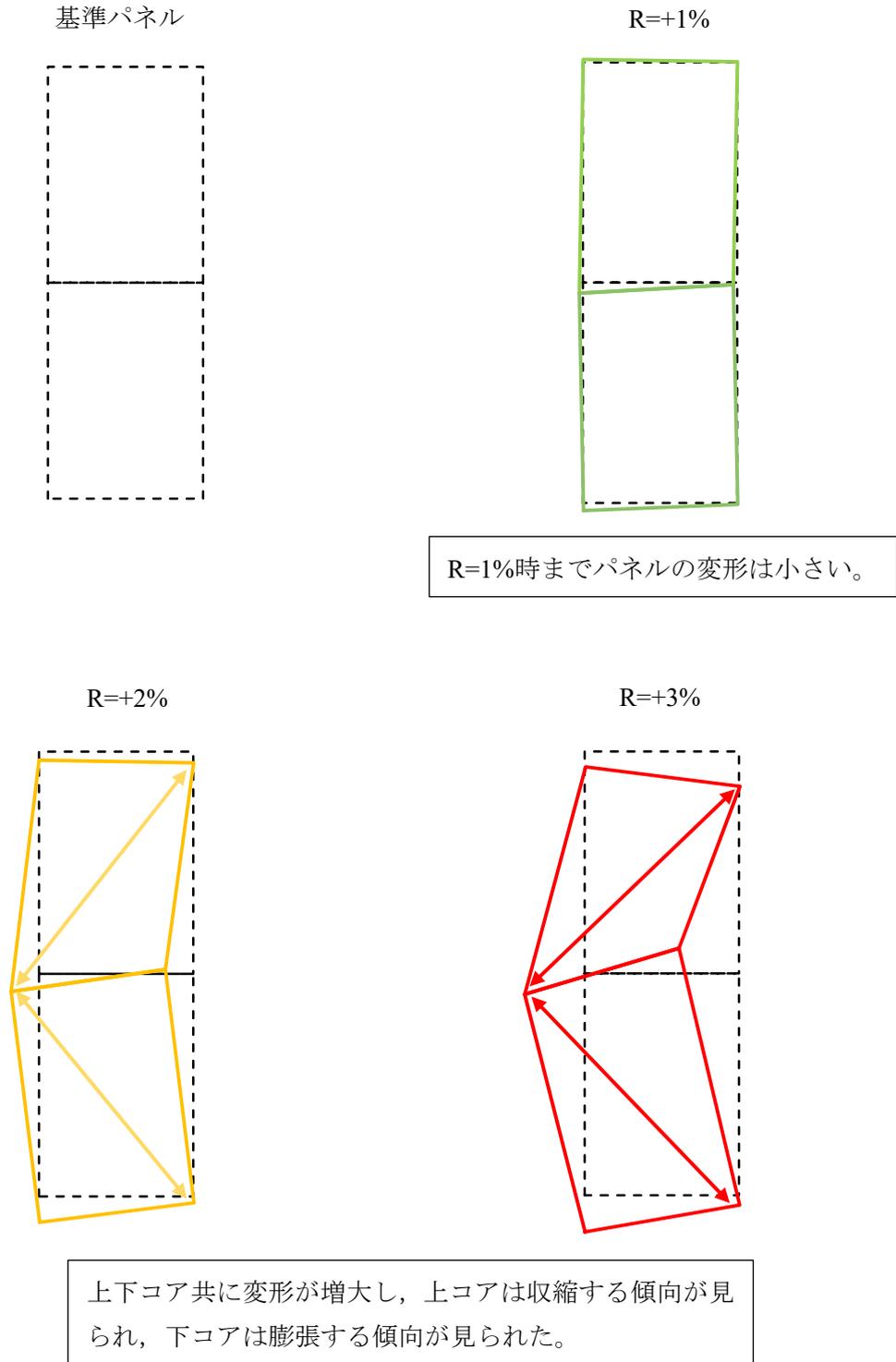


図 2.1.4-102 試験体 A-7b 正載荷時パネル変形

A-7b (負荷荷)

基準パネル

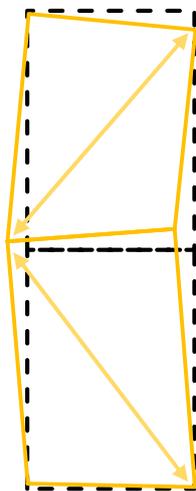


R=-1%

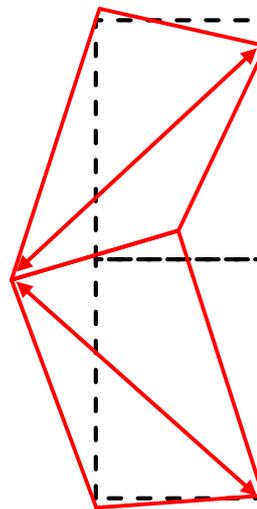


R= -1%時までパネルの変形は小さい。

R=-2%



R=-3%



上下コア共に変形が増大し、上コアは収縮する傾向が見られ、下コアは膨張する傾向が見られた。

図 2.1.4-103 試験体 A-7b 負荷荷時パネル変形

A-8 (正載荷)

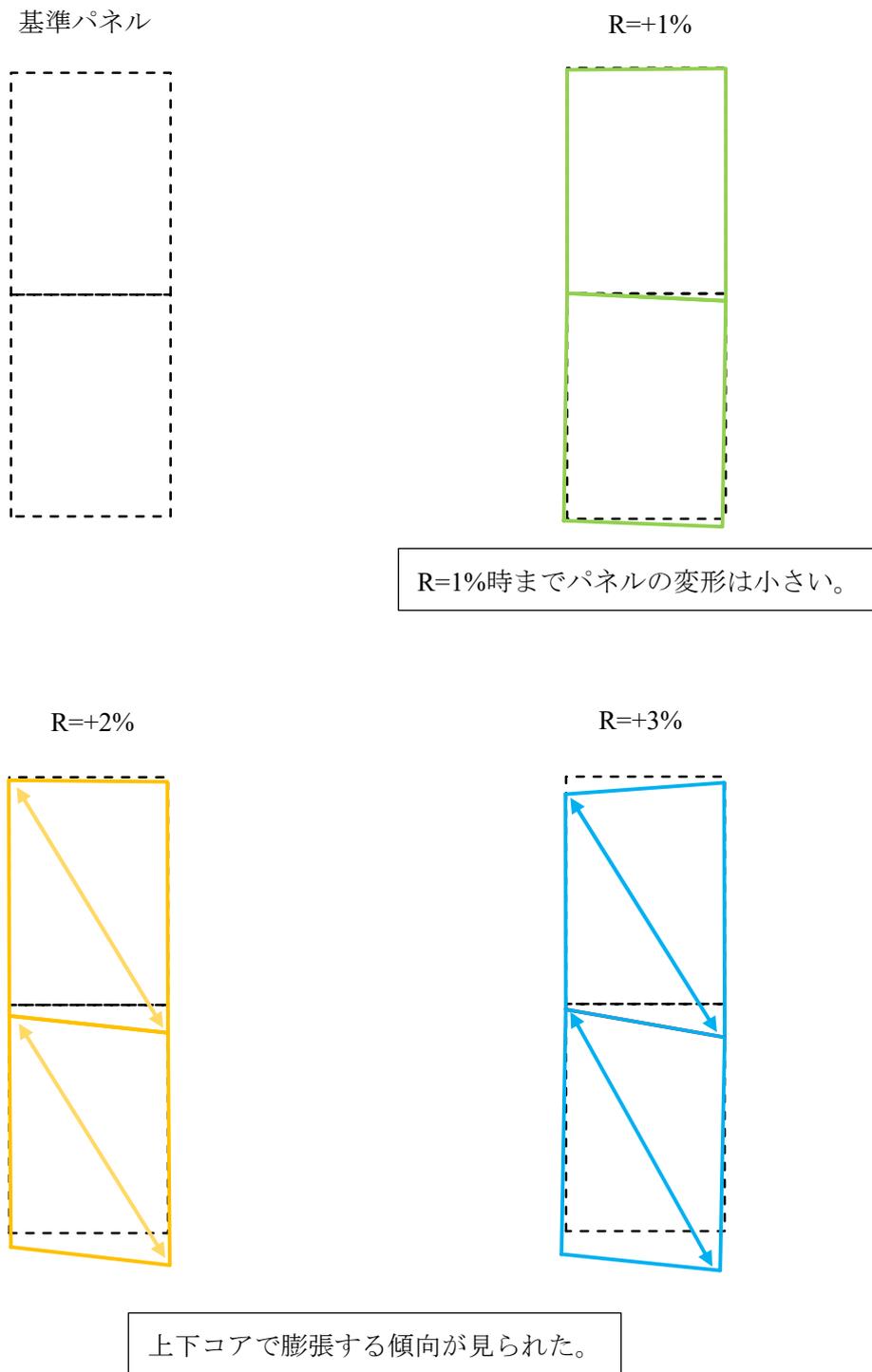


図 2.1.4-104 試験体 A-8 正載荷時パネル変形

A-8 (負荷荷)

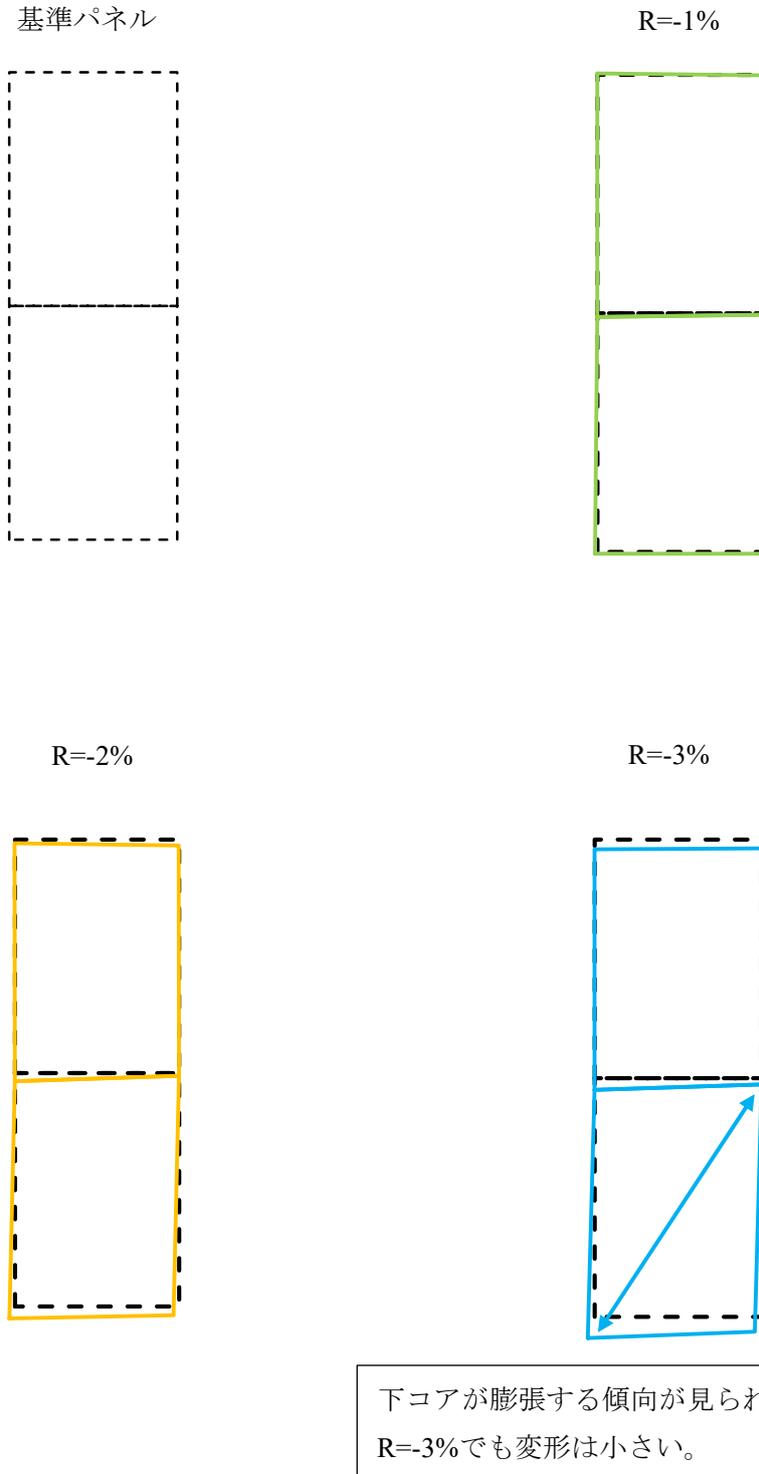


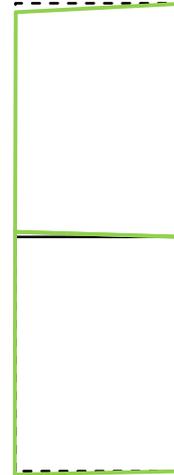
図 2.1.4-105 試験体 A-8 負荷荷時パネル変形

A-9 (正載荷)

基準パネル

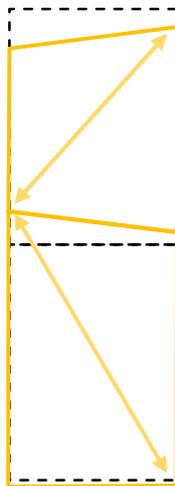


R=+1%

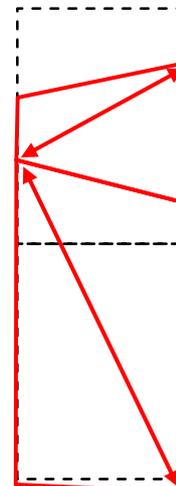


R=1%時までパネルの変形は小さい。

R=+2%



R=+3%

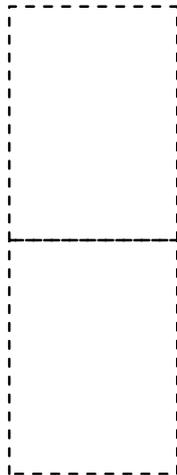


上コアは収縮する傾向が見られ、下コアは膨張する傾向が見られた。

図 2.1.4-106 試験体 A-9 正載荷時パネル変形

A-9 (負荷荷)

基準パネル

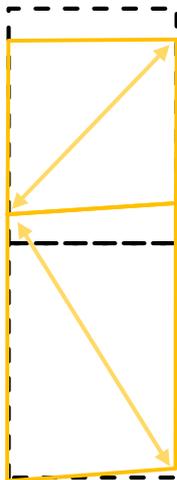


R=-1%

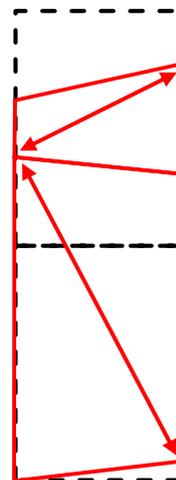


R=-1%時までパネルの変形は小さい。

R=-2%



R=-3%



上コアは収縮する傾向が見られ、下コアは膨張する傾向が見られた。

図 2.1.4-107 試験体 A-9 負荷荷時パネル変形

C-4 (正載荷)

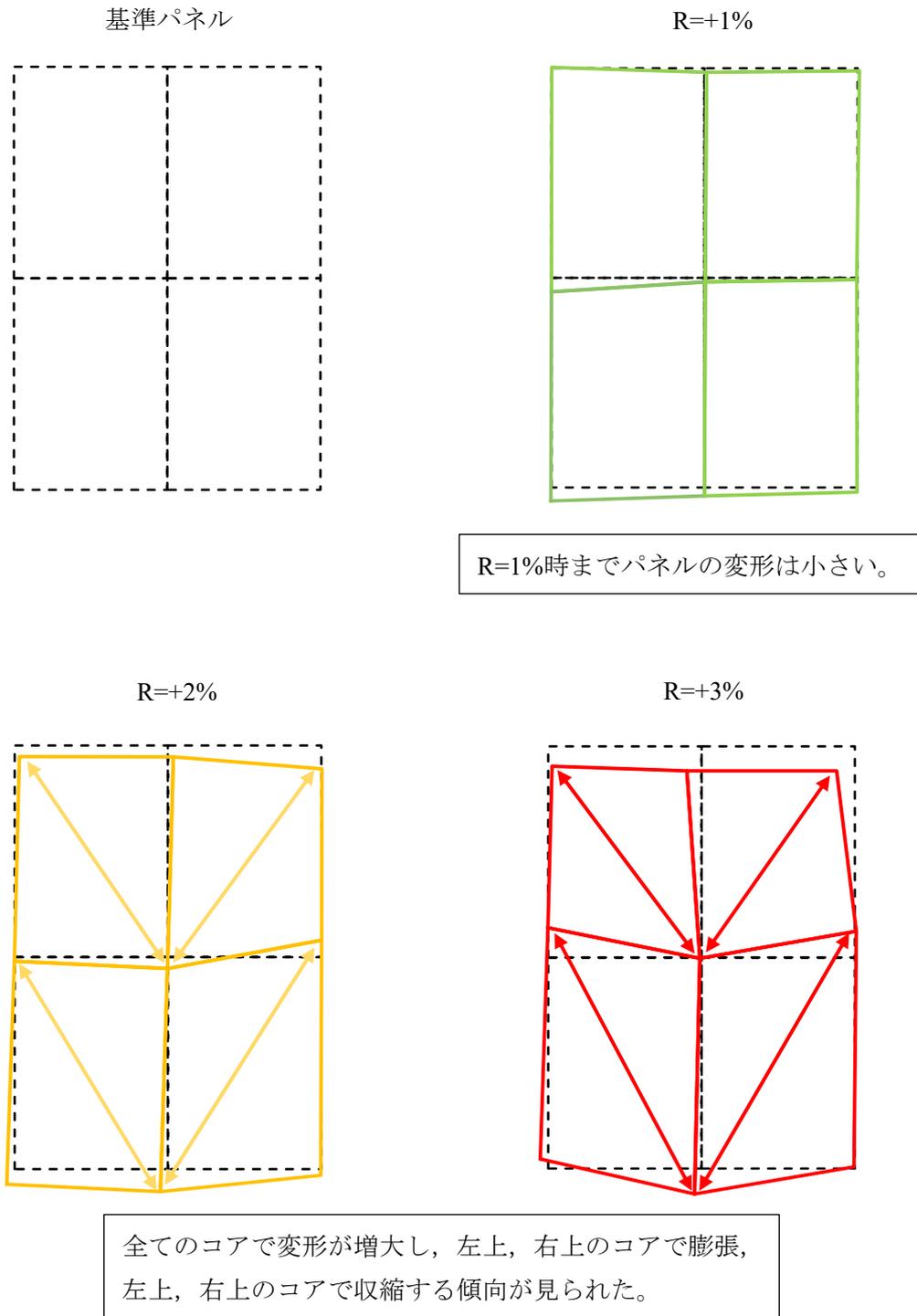


図 2.1.4-108 試験体 C-4 正載荷時パネル変形

C-4 (負荷荷)

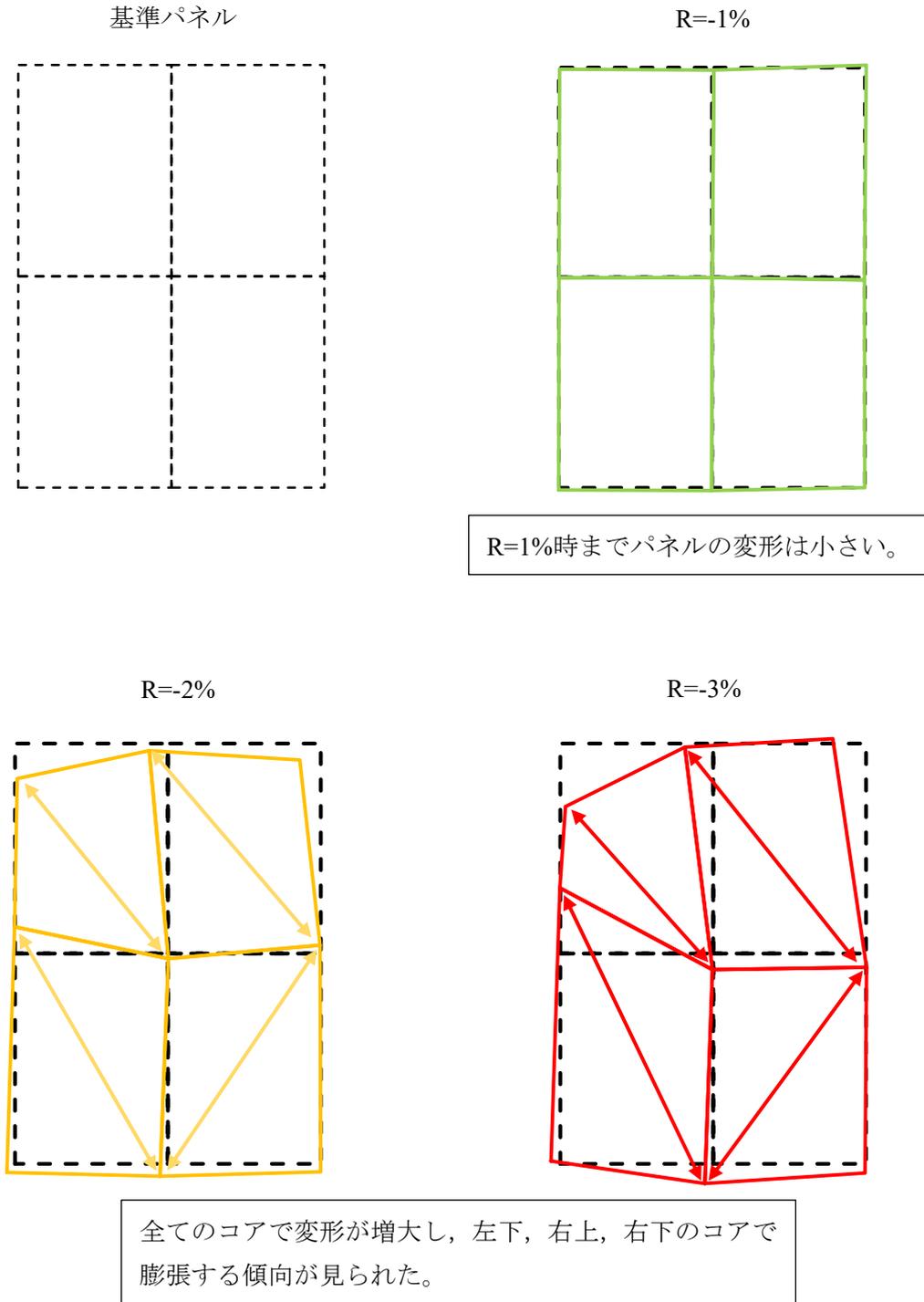


図 2.1.4-109 試験体 C-4 負荷荷時パネル変形

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ・試験体 A-7a

正載荷側に関しては  $R=1\%$ までのパネルの変形は小さく、最大耐力である  $R=2\%$ 時に上下コア共に変形の増大が見られた。上下コア共に膨張する傾向が見られたが、下コアの変形の方が大きくなった。負載荷側に関しては最大耐力前から最大耐力後まで正載荷側と比べ変形が小さくなった。 $R=-3\%$ 時は上下コア共に変形は増大したが、膨張や収縮する傾向は見られなかった。

### ・試験体 A-7b

正負両方向共に最大耐力である  $R=\pm 2\%$ 時に上下コア共に変形が増大した。また上コアは収縮する傾向が見られ、下コアは膨張する傾向が見られた。試験体 A-7a と比較すると最大耐力後の変形が大きくなっていることから、パイルキャップ帯筋を多く配筋した方がパネルの変形を抑制できると考えられる。

### ・試験体 A-8

正載荷側に関しては最大耐力である  $R=2\%$ 時に上下コアで膨張する変形が見られ、最大耐力後はその変形が増大した。それに対し負載荷側に関しては  $R=-3\%$ 時に下コアが膨張する変形は見られたが、上下コア共に変形は小さかった。

### ・試験体 A-9

正負両方向共に最大耐力である  $R=\pm 1\%$ までのパネルの変形は小さいが、 $R=\pm 2\%$ 以降変形の増大が顕著に表れた。上コアは収縮する傾向が見られ、下コアは膨張する傾向が見られた。

### ・試験体 C-4

正載荷側に関しては  $R=1\%$ までのパネルの変形は小さく、最大耐力である  $R=2\%$ 時に全てのコアで変形が増大した。上のコアで膨張する傾向が見られ、下のコアでは収縮する傾向が見られた。また  $R=3\%$ 時はその変形が増大した。負載荷側に関しては左下、右上、右下のコアで膨張する傾向が見られた。

(6) 破壊性状の考察

表 2.1.4-32 に本研究における各試験体の破壊性状を記載する。なお破壊性状は最大耐力の決定要因となった破壊と、最終的な破壊性状をそれぞれ記載する。

表 2.1.4-32 各試験体の破壊性状

試験体名	最大耐力決定要因		最終破壊性状	
	正載荷	負載荷	正載荷	負載荷
A-7a	パイルキャップせん断破壊		柱脚部圧壊	
A-7b	パイルキャップせん断破壊		パイルキャップせん断破壊	
A-8	パイルキャップせん断破壊		柱脚部圧壊	
A-9	パイルキャップせん断破壊		パイルキャップせん断破壊	
C-4	杭の埋込部破壊	パイルキャップせん断破壊	杭の埋込部破壊	パイルキャップせん断破壊

Q-R 関係、各鉄筋のひずみ分布、ひび割れ状況から破壊性状を判断した。

1) 試験体 A-7a

写真 2.1.4-1 に試験体 A-7a の最終破壊写真を記載する。試験体 A-7a は正載荷で  $R=0.5\%$ 、負載荷で  $R=1.0\%$  時にパイルキャップせん断ひび割れが生じ、正負共に  $R=2.0\%$  で最大耐力となった。最大耐力前にパイルキャップ縦筋・帯筋・パイルキャップ内柱帯筋が降伏し、最大耐力時には柱脚部の圧壊も見られた。最大耐力後はパイルキャップせん断ひび割れ幅があまり増大せず、柱脚部の損傷が大きくなった。しかし既往の研究によって示された、パイルキャップせん断破壊に特徴的なパイルキャップ縦ひび割れやパイルキャップー基礎梁の接合面のひび割れ、またパイルキャップ帯筋・縦筋・柱帯筋の降伏が発生したことから、最大耐力はパイルキャップせん断破壊により決定し、最大耐力後に柱脚部の圧壊によって破壊したと判断した。

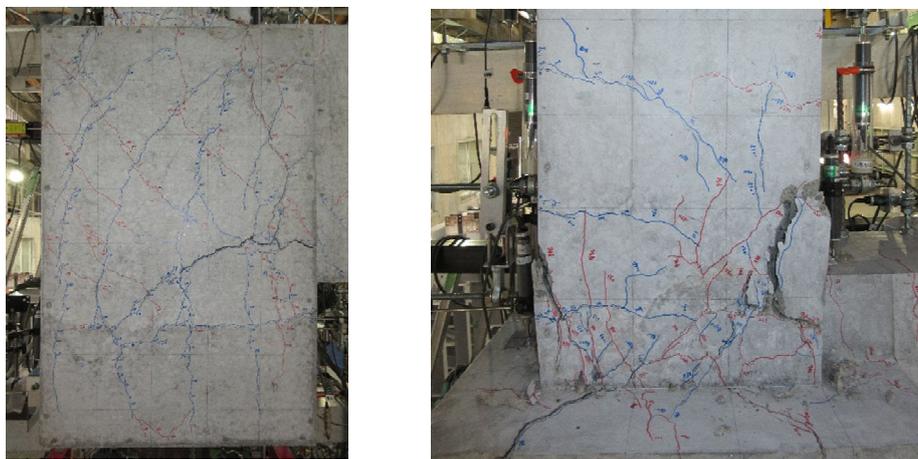


写真 2.1.4-1 試験体 A-7a 最終破壊写真

2) 試験体 A-7b

写真 2.1.4-2 に試験体 A-7b の最終破壊写真を記載する。試験体 A-7b は正載荷で  $R=0.5\%$ 、負載荷で  $R=1.0\%$  時にパイルキャップせん断ひび割れが生じ、正負共に  $R=2.0\%$  で最大耐力となった。最大耐力前にパイルキャップ縦筋・帯筋・パイルキャップ内柱帯筋が降伏した。最大耐力時には柱脚部の圧壊も見られたが、最大耐力後はパイルキャップせん断ひび割れ幅が増大したことから、パイルキャップせん断破壊と判断した。

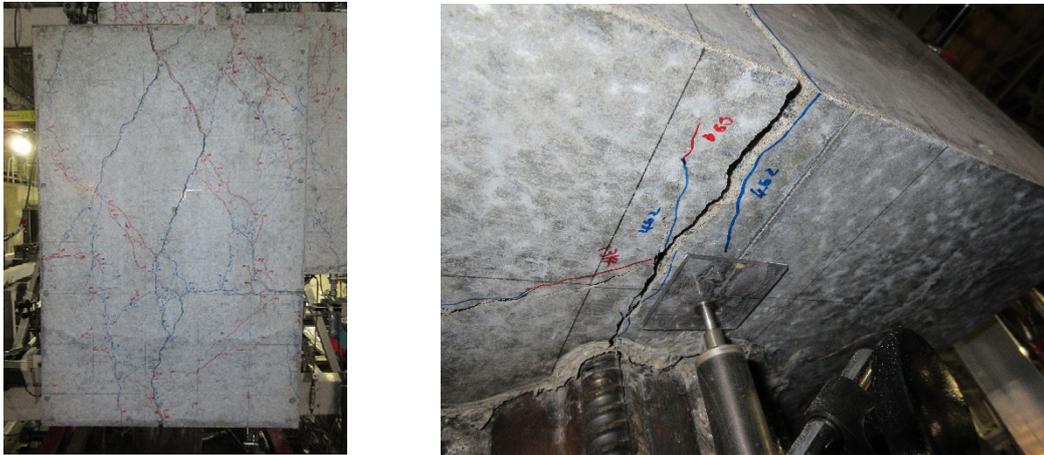


写真 2.1.4-2 試験体 A-7b 最終破壊写真

3) 試験体 A-8

写真 2.1.4-3 に試験体 A-8 の最終破壊写真を記載する。試験体 A-8 は正載荷で  $R=0.5\%$ 、負載荷で  $R=1.0\%$  時にパイルキャップせん断ひび割れが生じ、正載荷で  $R=2.0\%$ 、負載荷で  $R=1.0\%$  時に最大耐力となった。最大耐力前にパイルキャップ縦筋・帯筋が降伏し、最大耐力時には柱脚部の圧壊も確認し、また杭頭定着筋の降伏も見られた。最大耐力後はパイルキャップせん断ひび割れ幅があまり増大せず、柱脚部の損傷が大きくなったが、試験体 A-7a と同様にパイルキャップせん断破壊に特徴的な現象が発生したことから、最大耐力はパイルキャップせん断破壊により決定し、最大耐力後に柱脚部の圧壊によって破壊したと判断した。

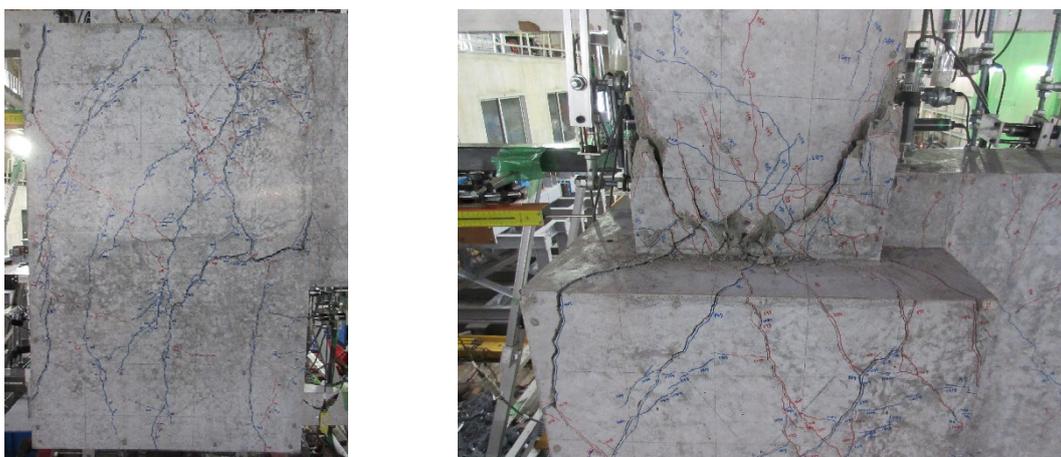


写真 2.1.4-3 試験体 A-8 最終破壊写真

4) 試験体 A-9

写真 2.1.4-4 に試験体 A-9 の最終破壊写真を記載する。試験体 A-9 は正載荷で  $R=0.5\%$ 、負載荷で  $R=1.0\%$  時にパイルキャップせん断ひび割れが生じ、正負共に  $R=1.0\%$  で最大耐力となった。最大耐力前にパイルキャップ縦筋・帯筋・パイルキャップ内柱帯筋が降伏し、最大耐力後はパイルキャップせん断ひび割れ幅が増大したことから、パイルキャップせん断破壊と判断した。

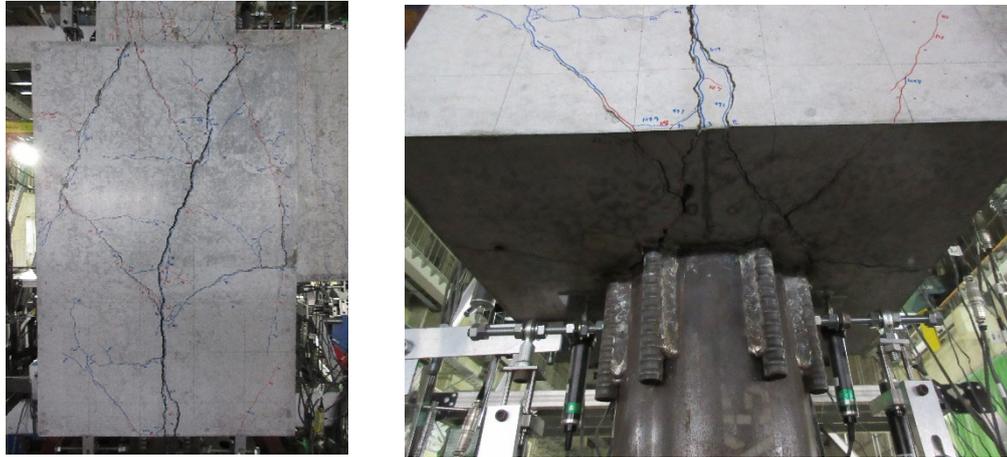
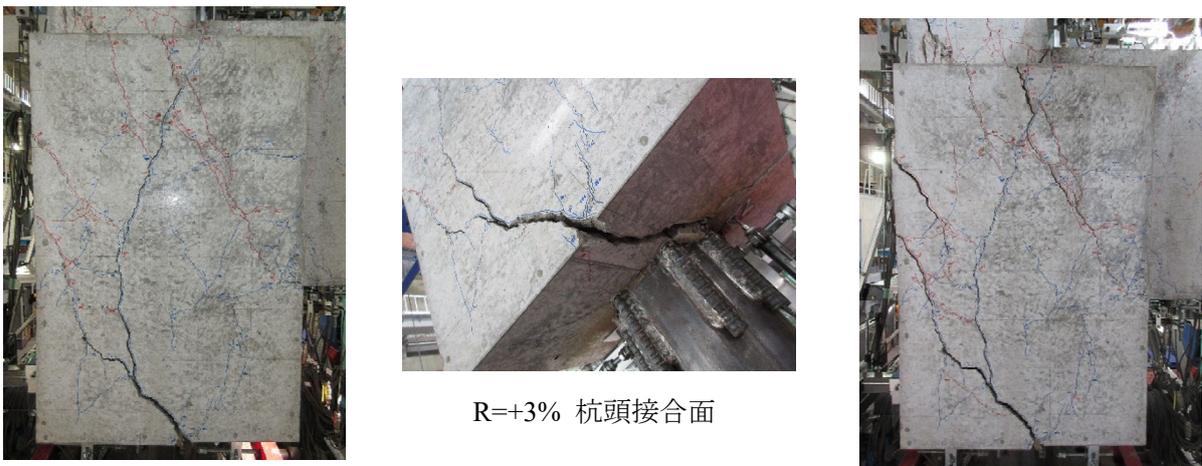


写真 2.1.4-4 試験体 A-9 最終破壊写真

5) 試験体 C-4

写真 2.1.4-5 に試験体 C-4 の最大耐力時および最終破壊写真を記載する。試験体 C-4 は正負共に  $R=1.0\%$  でパイルキャップせん断ひび割れが生じ、正載荷で  $R=2.0\%$ 、負載荷で  $R=1.0\%$  時に最大耐力となった。正載荷の最大耐力前にパイルキャップ縦筋・帯筋・パイルキャップ内柱帯筋が降伏し、また杭頭定着筋の降伏も見られた。正載荷の最大耐力時にパイルキャップ下面のひび割れが大きくなり、その後も同じ箇所の損傷が大きくなったことから、正載荷側の破壊性状は杭の埋込部破壊と判断した。負載荷側に関しては、鉄筋の降伏状況と、最大耐力後にパイルキャップせん断ひび割れ幅が増大したことから、パイルキャップせん断破壊と判断した。



R=+3% パイルキャップ

R=+3% 杭頭接合面

R=-3% パイルキャップ

写真 2.1.4-5 試験体 C-4 最終破壊写真

(7) パイルキャップ入力せん断力

各試験体のパイルキャップに入力される水平方向の接合部入力せん断力 $V_j$ を算出する。パイルキャップ入力せん断力の算出方法を図 2.1.4-110 に示す。入力せん断力は基礎梁主筋に貼付したひずみゲージにより仮想危険断面位置における応力を算出し、その値に柱の層せん断力 $V_c$ を減算して求めた。仮想危険断面位置は各サイクルにおいてひずみが最大となる位置を危険断面と設定し、材料強度を使用して基礎梁主筋引張力を算出した。

接合部入力せん断力の算出方法	
$V_j = T + C'_S + C'_C - V_c$	$V_j$ : 接合部入力せん断力 (kN)
$= T + T' - V_c$	$T$ : 梁主筋引張力 (kN)
ト型接合部においては	$C'_S$ : 梁主筋圧縮力 (kN)
$T' + C'_S + C'_C = 0$	$C'_C$ : コンクリート圧縮合力 (kN)
よって	$V_c$ : 柱層せん断力 (kN)
$V_j = T - V_c$	
<small>鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説<sup>[2-7]</sup>, 1999, p.p.243~245</small>	

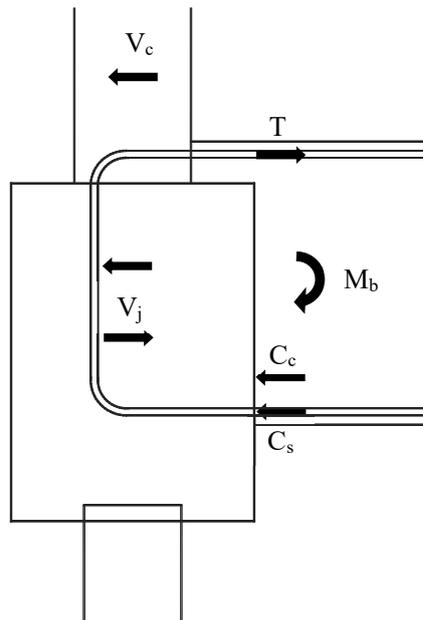


図 2.1.4-110 パイルキャップ入力せん断力の算出方法

1) 基礎梁の危険断面位置

図 2.1.4-111 に A シリーズ試験体の基礎梁主筋のひずみ測定位置, 図 2.1.4-116 に試験体 C-4 の基礎梁主筋のひずみ測定位置, 図 2.1.4-112~図 2.1.4-117 に各試験体の最大耐力時のサイクルのピークにおける基礎梁主筋のひずみ平均を示す。

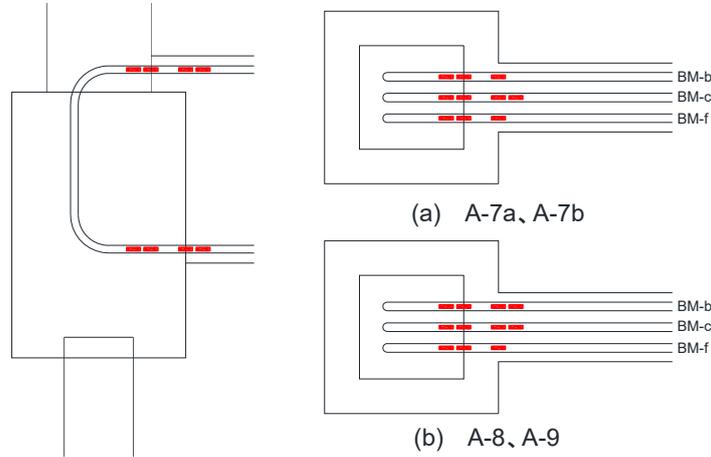


図 2.1.4-111 基礎梁主筋ひずみ測定位置 (試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9)

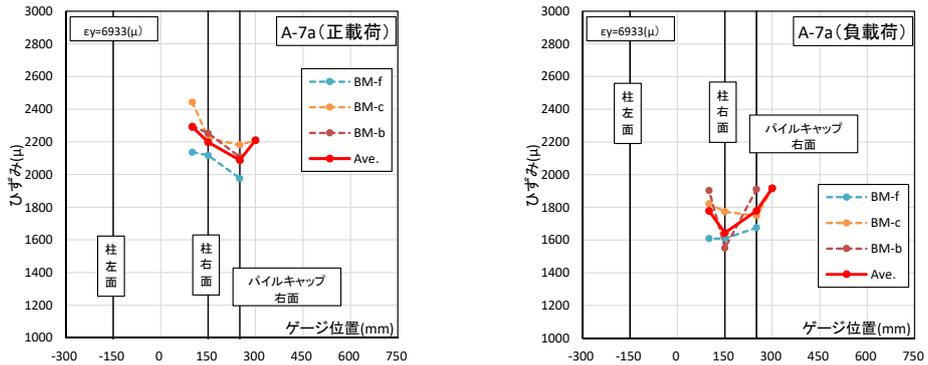


図 2.1.4-112 最大耐力時基礎梁主筋ひずみと平均 (試験体 A-7a)

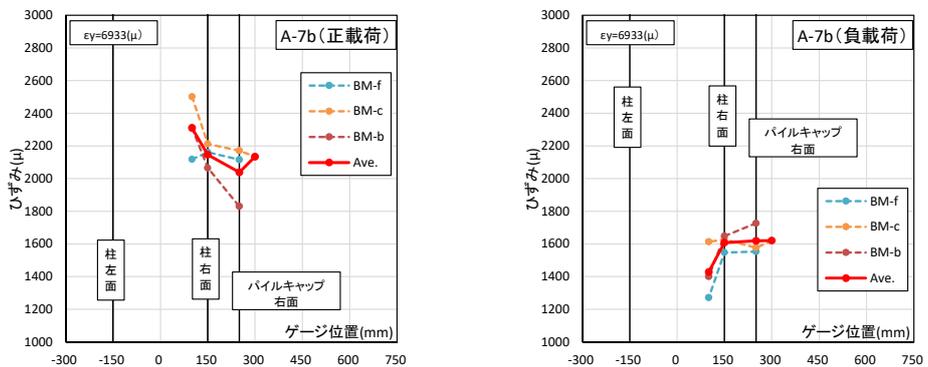


図 2.1.4-113 最大耐力時基礎梁主筋ひずみと平均 (試験体 A-7b)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

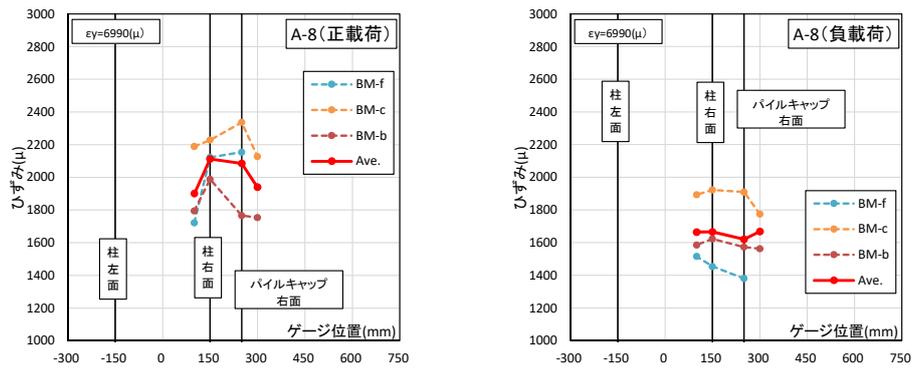


図 2.1.4-114 最大耐力時基礎梁主筋ひずみと平均（試験体 A-8）

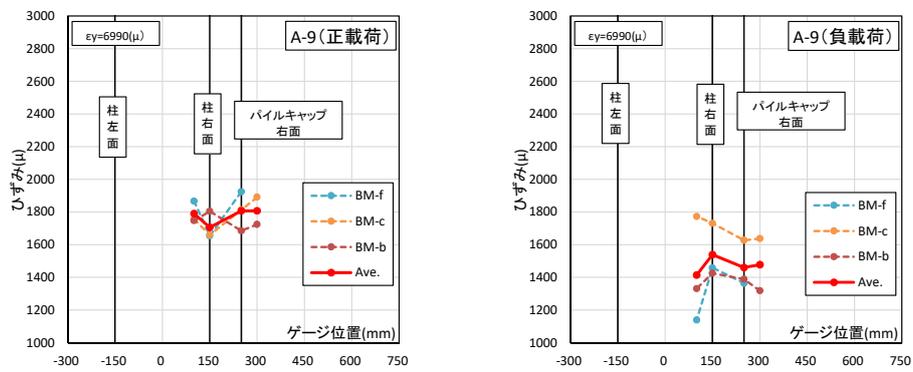


図 2.1.4-115 最大耐力時基礎梁主筋ひずみと平均（試験体 A-9）

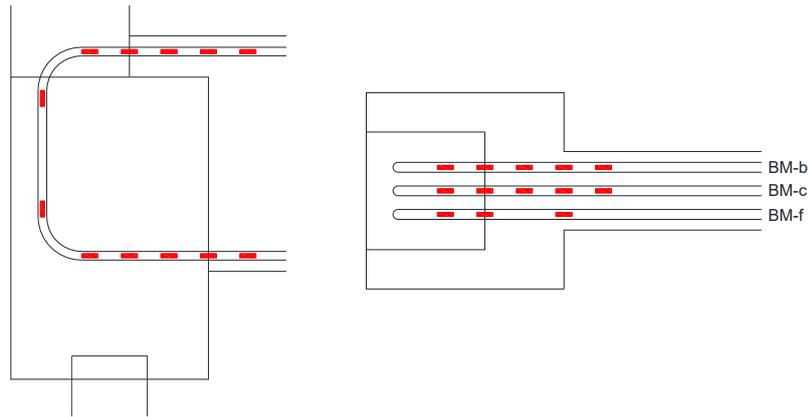


図 2.1.4-116 基礎梁主筋ひずみ測定位置 (試験体 C-4)

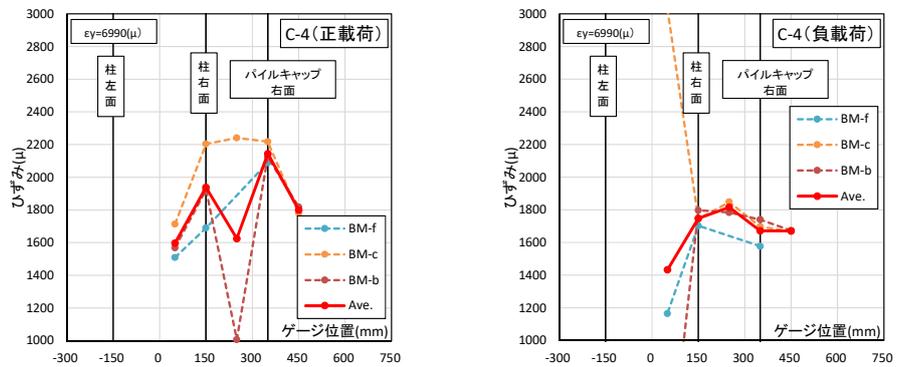


図 2.1.4-117 最大耐力時基礎梁主筋ひずみと平均 (試験体 C-4)

2) 各サイクル入力せん断力

図 2.1.4-118~120 に各サイクルの危険断面位置における入力せん断力-層間変形角関係を示す。図中の青色の線が柱-基礎梁閉じる方向での載荷時、橙色の線が柱-基礎梁開く方向での載荷時を示している。また△は正負それぞれにおける層せん断力が最大の時の層間変形角を示している。また本研究の試験体に加えて過去の試験体 A-4<sup>19)</sup>の結果も示す。

表 2.1.4-33 各サイクル入力せん断力（柱-基礎梁閉じる方向）

Cycle	A-7a		A-7b		A-8		A-9		C-4		A-4	
	Vj(kN)	R(%)										
+1	111.3	0.126	100.9	0.125	100.2	0.125	99.6	0.124	50.3	0.125	80.5	0.127
+2	174.6	0.25	162.6	0.25	169.7	0.25	160.0	0.25	119.7	0.25	168.2	0.25
+3	258.0	0.50	251.8	0.50	261.2	0.50	237.7	0.50	217.8	0.50	290.6	0.52
+4	254.3	0.51	258.7	0.51	262.9	0.50	229.6	0.50	220.5	0.50	282.1	0.51
+5	358.2	1.00	385.3	1.01	368.7	1.00	336.3	1.00	315.9	1.00	402.2	1.01
+6	335.7	1.00	351.4	1.00	332.6	1.00	306.3	1.01	286.3	1.00	373.1	1.01
+7	434.1	2.01	444.4	2.00	400.0	2.00	332.1	2.00	394.9	2.00	449.2	2.01
+8	357.9	2.01	358.0	2.00	326.0	2.01	256.7	2.00	304.5	2.00	356.1	2.01
+9	405.7	3.00	391.7	3.01	360.2	3.01	265.0	3.02	291.8	3.00	350.4	3.01
+10	345.9	3.00	327.7	3.00	294.6	3.02	213.6	3.01			294.7	3.00
+11					301.8	4.01					266.7	4.03

表 2.1.4-34 各サイクル入力せん断力（柱-基礎梁開く方向）

Cycle	A-7a		A-7b		A-8		A-9		C-4		A-4	
	Vj(kN)	R(%)										
-1	5.9	0.123	22.0	0.128	30.2	0.127	11.9	0.128	46.0	0.124	72.5	0.125
-2	98.3	0.25	90.2	0.25	114.9	0.25	99.1	0.25	134.4	0.25	153.3	0.25
-3	210.7	0.50	195.5	0.50	217.8	0.50	204.0	0.51	236.8	0.50	250.9	0.51
-4	207.5	0.50	196.5	0.52	213.0	0.50	199.9	0.51	229.3	0.50	239.5	0.51
-5	301.8	1.02	282.0	1.01	298.4	1.00	296.7	1.00	318.9	1.00	328.2	1.01
-6	285.0	1.00	264.0	1.02	275.8	1.00	263.9	1.00	296.9	1.00	305.1	1.01
-7	361.3	2.01	299.7	2.02	311.4	2.00	302.5	2.01	357.7	2.00	326.0	2.01
-8	326.3	2.01	257.1	2.00	269.2	2.01	270.1	2.03	327.3	1.97	280.0	2.01
-9	333.6	3.00	272.8	3.01	300.7	3.01	302.7	3.01	353.6	3.00	326.1	3.02
-10	292.4	3.01	226.7	3.00	259.6	3.01	285.5	3.01			308.1	3.03
-11					221.9	4.02					304.1	4.01

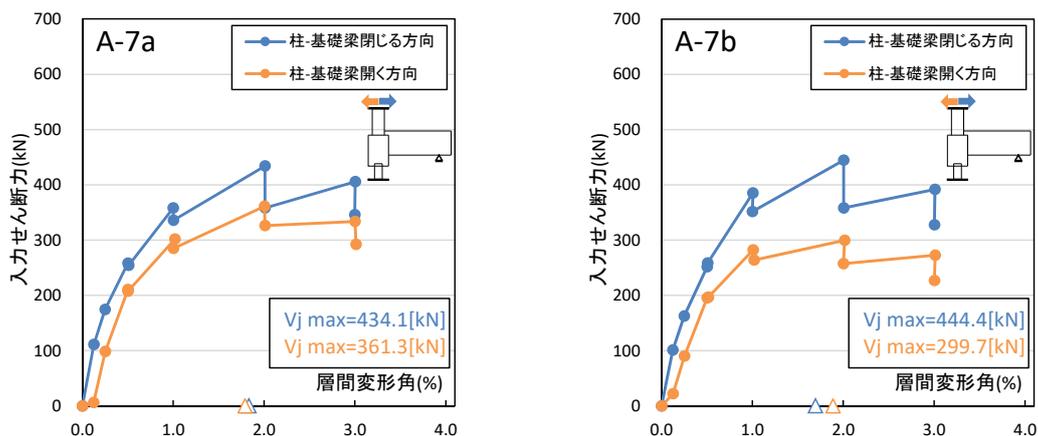


図 2.1.4-118 入力せん断力-層間変形角関係（A-7a, A-7b）

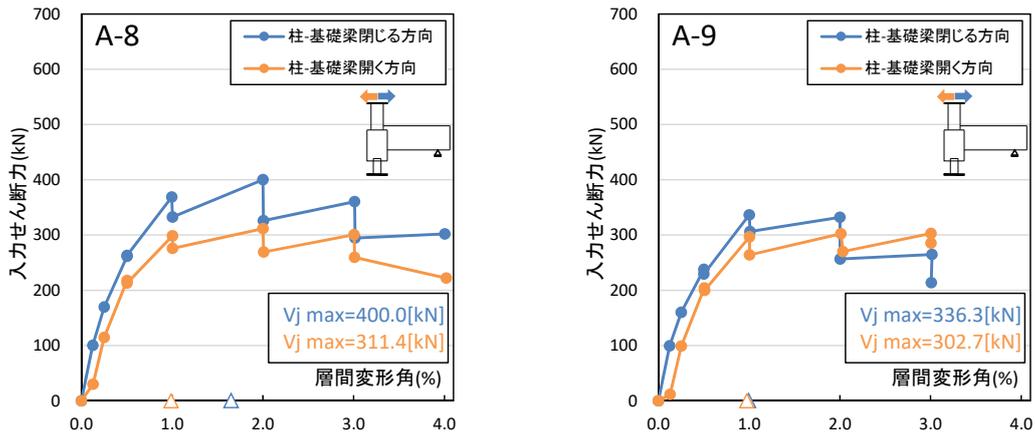


図 2.1.4-119 入力せん断力ー層間変形角関係 (A-8, A-9)

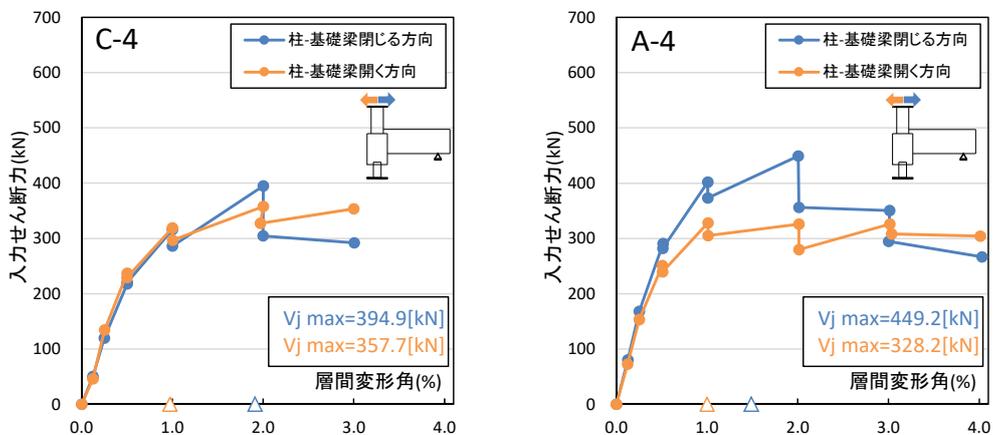


図 2.1.4-120 入力せん断力ー層間変形角関係 (C-4, A-4)

・試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9, A-4

パイルキャップ内の帯筋量が変数となっている試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9, A-4 を比較すると、正載荷側に関してはパイルキャップ帯筋量  $p_w$  が多いほど入力せん断力が大きくなる傾向が見られたが、負載荷側に関しては柱帯筋量  $c_w$  が多くなっても入力せん断力はあまり増大しない結果となった。これより、パイルキャップ帯筋と柱帯筋がパイルキャップのせん断耐力に与える影響は異なると考えられる。

・試験体 C-4, A-9

偏心柱を有する試験体 C-4 と、パイルキャップ内の配筋が同じ試験体 A-9 を比較すると、正負共に試験体 C-4 の方が最大入力せん断力は大きくなった。試験体 C-4 はパイルキャップ内に配筋されている基礎梁主筋のみ込み長さが A-9 より 100mm 長い。これによりせん断力に抵抗するパイルキャップの有効断面が大きくなり、入力せん断力が大きくなったと考えられる。

(8) パイルキャップ内帯筋量に関する検討

かご筋型パイルキャップにはパイルキャップ帯筋と柱帯筋の2種類の帯筋が配筋されている。本節では、この2種類の帯筋量の違いがパイルキャップにどのような影響を及ぼすか検討を行う。また過去に提案されたパイルキャップせん断終局強度式<sup>[2-1]</sup>の再評価を行う。

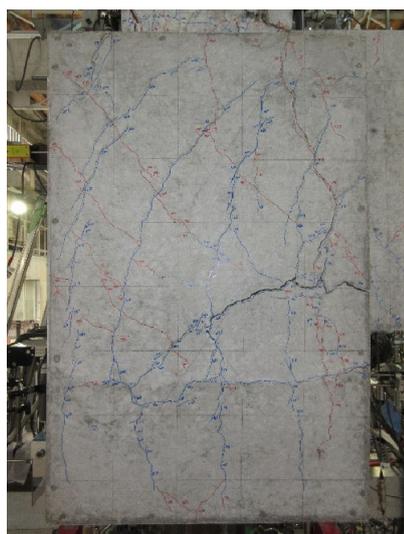
表 2.1.4-35 に本研究の試験体および過去試験体 A-4<sup>[2-8]</sup>のパイルキャップ帯筋量 $pcPw$ とパイルキャップ内柱帯筋量 $cPw$ とその合計を示す。本節では本研究の試験体 A-7a, A-7b, A-8, A-9 および過去試験体 A-4 について検討を行う。

表 2.1.4-35 パイルキャップ内帯筋量

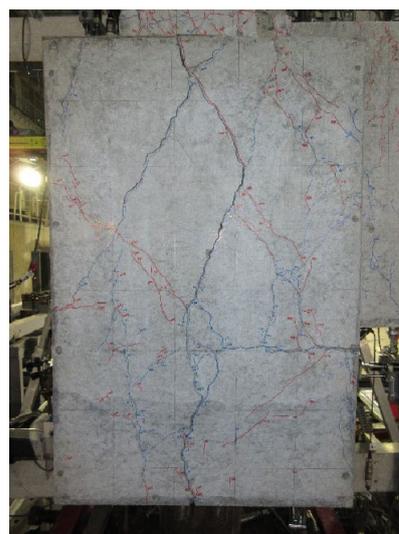
試験体	A-7a	A-7b	A-8	A-9	A-4
パイルキャップ帯筋量 $pcPw$ [%]	0.22	0.10	0.22	0.10	0.10
柱帯筋量 $cPw$ [%]	0.15	0.30	0.07	0.07	0.15
$pcPw+cPw$ [%]	0.37	0.4	0.29	0.17	0.25

1) パイルキャップのひび割れ性状

パイルキャップ帯筋量 $pcPw$ とパイルキャップ内柱帯筋量 $cPw$ がパイルキャップのひび割れ性状に与える影響について考察する。パイルキャップ内の総帯筋量 ( $pcPw + cPw$ ) がほぼ同量配筋されており、 $pcPw$ と $cPw$ のそれぞれの配筋されている比率が異なる試験体 A-7a と A-7b を比較する。写真 2.1.4-6 に試験体 A-7a と A-7b の R=+3.0%時におけるパイルキャップ部分の写真を示す。また図 2.1.4-121, 表 2.1.4-36 に試験体 A-7a と A-7b の同じ位置における、最大耐力時と最終破壊時のせん断ひび割れ幅を示す。図 2.1.4-121 の赤丸で囲んだ位置のひび割れ幅を比較する。



試験体 A-7a



試験体 A-7b

写真 2.1.4-6 R=+3.0%時パイルキャップ写真

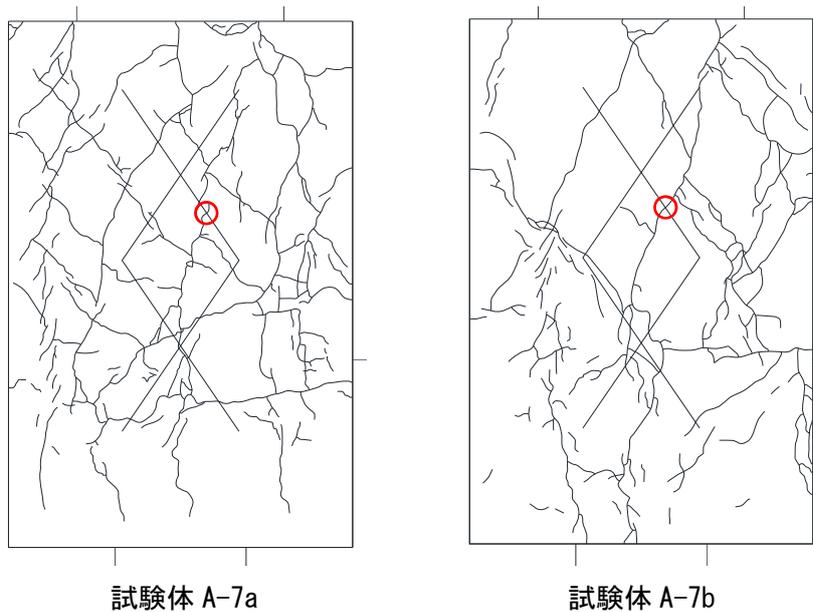


図 2.1.4-121 ひび割れ状況とひび割れ幅測定位置

表 2.1.4-36 最大耐力時および最終破壊時ひび割れ幅

R(%)	ひび割れ幅(mm)	
	A-7a	A-7b
+2.0	0.10	0.75
+3.0	0.20	1.80

2体のパイルキャップに発生しているひび割れを比較すると、パイルキャップ帯筋が多く配筋されている試験体 A-7a はパイルキャップせん断ひび割れが何本にも分散していることが分かる。それに対し柱帯筋が多く配筋されている試験体 A-7b はせん断ひび割れが何本にも分散せず、数本のせん断ひび割れ幅が広がるという異なる特徴が見られた。2体の同じ位置のパイルキャップせん断ひび割れ幅を比較すると、試験体 A-7a は最大耐力時から最終破壊時にかけてあまりひび割れ幅が広がっていないのに対し、試験体 A-7b は最終破壊時にひび割れ幅が非常に大きくなった。

このことから、パイルキャップに配筋されている2種類の帯筋のうち、パイルキャップの外側に配筋されているパイルキャップ帯筋の方がパイルキャップせん断ひび割れの増大を抑制し、脆性的なせん断破壊を防ぐ効果が高いと考えられる。

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### 2) パイルキャップ内帯筋ひずみ分布

各試験体におけるパイルキャップ内の帯筋のひずみ分布から、それぞれの帯筋量とひずみ分布の関係を考察する。

#### (a) パイルキャップ帯筋

柱帯筋量  $c p_w$  が同量配筋されており、パイルキャップ帯筋量  $p c p_w$  が異なる試験体 A-8 と A-9 のパイルキャップ帯筋のひずみ分布を比較する。図 2.1.4-122, 図 2.1.4-123 に試験体 A-8 と A-9 の正負それぞれ  $R=0.5, 1.0, 2.0\%$  時のパイルキャップ帯筋ひずみ分布を示す。

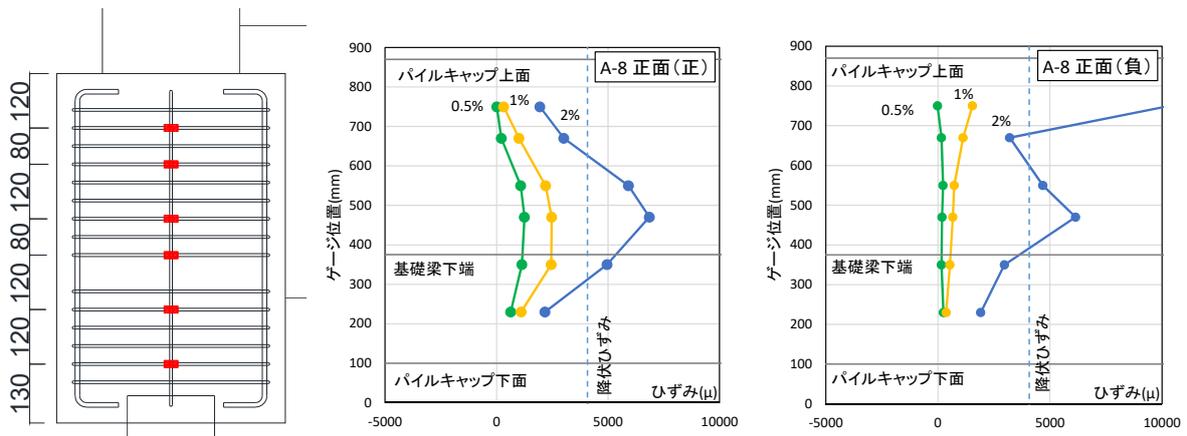


図 2.1.4-122 パイルキャップ帯筋ひずみ分布とゲージ貼付位置 (試験体 A-8)

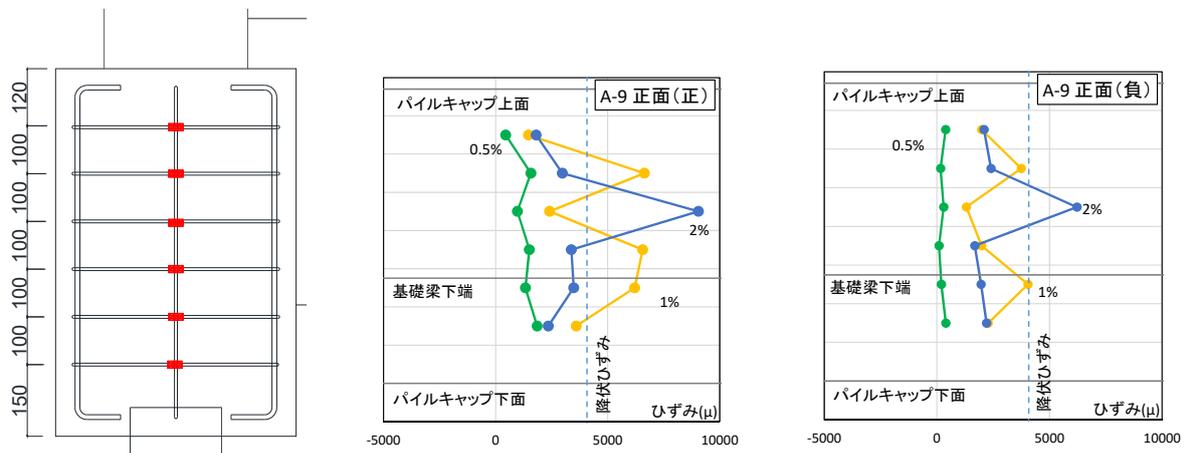


図 2.1.4-123 パイルキャップ帯筋ひずみ分布とゲージ貼付位置 (試験体 A-9)

正載荷側に関しては、両試験体共に基礎梁下端付近のひずみが大きくなっている。2 体と比較すると、試験体 A-8 は  $R=1\%$  まで降伏ひずみに達した帯筋は見られないが、試験体 A-9 は  $R=1\%$  の時点で降伏ひずみに達している帯筋が確認された。このことから、パイルキャップ帯筋量 $_{pc}p_w$ が多い試験体 A-8 ではパイルキャップ帯筋一本あたりに作用する引張力が分散され、 $R=2\%$  までパイルキャップ帯筋が降伏しなかったと考えられる。

負載荷側に関しては、試験体 A-8 は最大耐力時 ( $R=-1\%$ ) までのひずみが正載荷時と比べて小さくなった。また正載荷時は基礎梁下端付近のひずみが大きくなったのに対し、負載荷時はパイルキャップ上部のひずみが大きくなっており、載荷方向による帯筋のひずみの違いが見られた。試験体 A-9 も同様に全体的に正載荷時と比べひずみが小さくなっており、試験体 A-9 と比較すると  $R=-1\%$  までのひずみが大きくなった。このことから、正負両方向共にパイルキャップ帯筋量 $_{pc}p_w$ を多くすることでパイルキャップに作用するせん断力に対して、一本当たりの帯筋が負担する割合を少なくすることができると考えられる。

次に、載荷方向によるせん断力の伝達機構の考察を行う。図 2.1.4-124 に試験体 A-9 の正負それぞれせん断ひび割れ発生時のひび割れ状況と、既往の研究により示された基礎梁主筋の折り曲げ部からパイルキャップに作用するパイルキャップに作用する支圧力から形成される圧縮ストラットを示す。本研究で検討する試験体はト形部分架構であるため、載荷方向によってパイルキャップに作用する応力の伝達機構が異なり、ひび割れの入り方も異なる。本研究の試験体および試験体 A-4 の全てにおいて図 2.1.4-124 に示したひび割れが共通して発生している。正載荷時には柱圧縮縁位置からパイルキャップ下部中央に連なるひび割れが主要なせん断ひび割れとなっている。それに対し負載荷時には柱圧縮縁位置から基礎梁圧縮縁位置に連なるひび割れが主要なせん断ひび割れとなっている。図 2.1.4-124 から、正負共に基礎梁主筋折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラット位置とパイルキャップに発生するせん断ひび割れの位置が概ね一致することが分かる。また図 2.1.4-123 のひずみ分布から、支圧力が発生する位置におけるパイルキャップ帯筋のひずみが大きくなっていることが分かる。このことから、基礎梁主筋折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラットがパイルキャップのせん断抵抗機構に大きく影響を及ぼしていると考えられる。

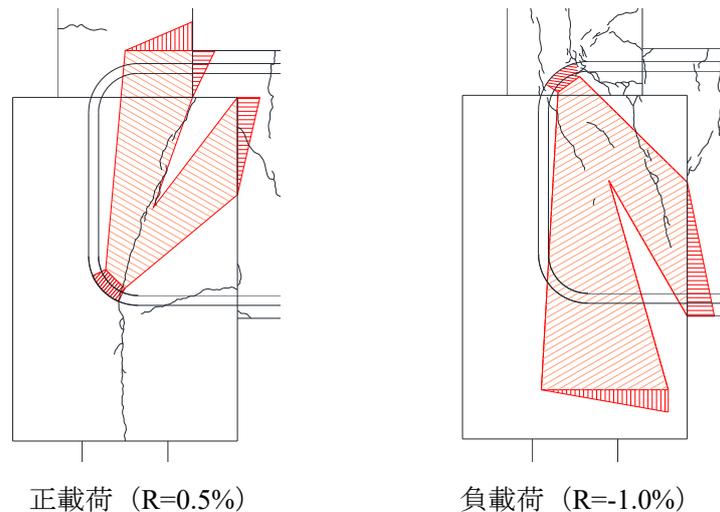


図 2.1.4-124 試験体 A-9 のパイルキャップひび割れ状況と基礎梁折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラット

(b) パイルキャップ内柱帯筋

パイルキャップ帯筋量 $p_w$ が同量配筋されており、柱帯筋量 $c_w$ が異なる試験体 A-7b と A-4 の柱帯筋のひずみ分布を比較する。図 2.1.4-125, 図 2.1.4-126 に試験体 A-7b と A-4 の正負それぞれ R=0.5, 1.0, 2.0%時の柱帯筋ひずみ分布を示す。

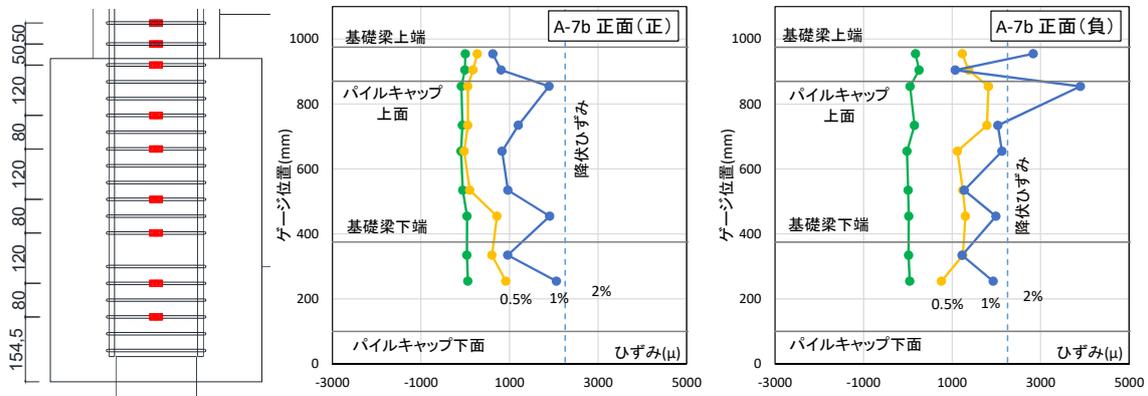


図 2.1.4-125 柱帯筋ひずみ分布とゲージ貼付位置 (試験体 A-7a)

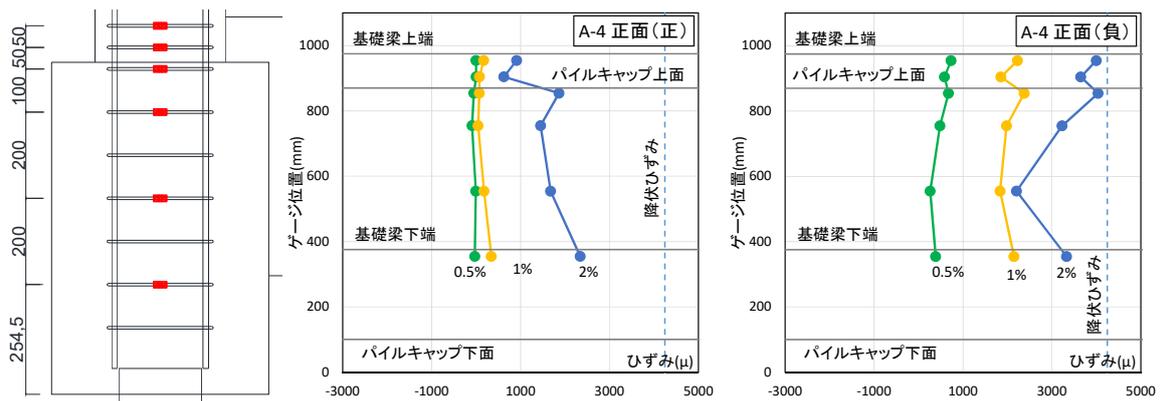


図 2.1.4-126 柱帯筋ひずみ分布とゲージ貼付位置 (試験体 A-4)

正載荷側に関しては、両試験体共にパイルキャップ帯筋と同様に基礎梁下端付近のひずみが大きくなる傾向は見られたが、R=2%でも柱帯筋の降伏は確認されなかった。また2体のひずみを比較すると、柱帯筋量 $c_w$ を多くしても柱帯筋のひずみはほぼ変わらないことが分かった。

負載荷時に関しても、パイルキャップ帯筋と同様にパイルキャップ上部のひずみが大きくなる傾向が見られたが、2体のひずみの差はあまり見られなかった。

このことから、パイルキャップに配筋されるパイルキャップ帯筋と柱帯筋がパイルキャップに作用するせん断力を負担している割合が異なり、パイルキャップ帯筋量 $p_w$ を多くすることでパイルキャップ帯筋一本あたりの引張力が小さくなり、パイルキャップ帯筋の方が効果的にせん断抵抗に寄与していると考えられる。これは2.1.3項(2)で示したひび割れ性状の考察と一致する。

3) パイルキャップ入力せん断力と帯筋量の関係

各試験体のパイルキャップ入力せん断力を比較し、帯筋量と入力せん断力がどのような関係になっているか考察を行う。図 2.1.4-127 に各試験体の最大パイルキャップ入力せん断力 $V_j$ とパイルキャップ帯筋量 $pcP_w$ および柱帯筋量 $cP_w$ の関係を示す。パイルキャップ入力せん断力 $V_j$ は 2.1.4 項(7)に示した方法で算出する。

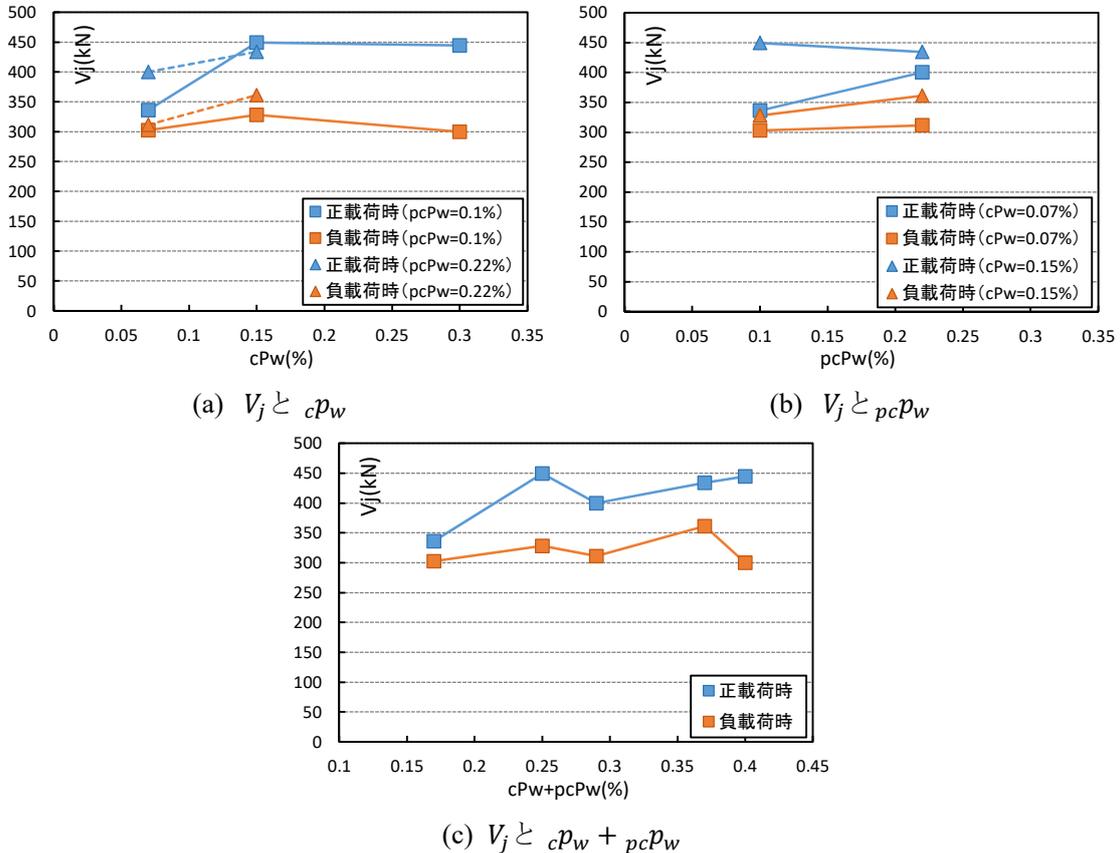


図 2.1.4-127 パイルキャップ入力せん断力と帯筋量の関係

$V_j$  と  $cP_w$  の関係について、 $cP_w$  が 0.15% より少ない範囲では  $cP_w$  が多いほど入力せん断力は大きくなるが、0.15% より多い範囲では入力せん断力はほぼ一定の値となっている。負載荷側に関しては  $cP_w=0.3\%$  の試験体 A-7b の入力せん断力が、 $cP_w=0.15\%$  の試験体 A-4 より小さくなっていることから、 $cP_w$  がパイルキャップのせん断強度に与える影響は、本研究の範囲内では  $cP_w \leq 0.15\%$  に限られると考えられる。

次に  $V_j$  と  $pcP_w$  の関係については、 $pcP_w$  が多くなっても入力せん断力はほぼ変わらないか、もしくは若干大きくなる傾向が見られた。しかしこれに関しては実験データが少ないため、今後はパイルキャップ帯筋量  $pcP_w$  を変化させた実験データの蓄積が求められる。

最後に  $V_j$  と  $cP_w + pcP_w$  の関係について、正載荷側に関しては概ねパイルキャップ内の総帯筋量が多くなるほど入力せん断力が大きくなる傾向にある。しかし負載荷側では総帯筋量が多くなっても入力せん断力がほぼ変わらない結果となった。

4) パイルキャップ内帯筋の負担応力

本節で対象としている試験体は全てパイルキャップせん断破壊により最大耐力が決定したと判断したが、いずれの試験体も最大耐力時に全ての帯筋が降伏に達している訳ではない。そこで本項では各試験体の最大耐力時にパイルキャップ帯筋および柱帯筋がそれぞれ降伏応力に対して何割の応力を負担したか計算を行い、帯筋量と応力の負担割合の関係を把握する。

図 2.1.4-128 に最大耐力時のパイルキャップ帯筋および柱帯筋の平均負担応力と降伏応力の割合と帯筋量との関係を示す。各帯筋の平均負担応力はひずみゲージを貼付した帯筋のひずみを応力に変換し、その値の平均値を用いた。正載荷時の結果を水色、負載荷時の結果を橙色で示す。

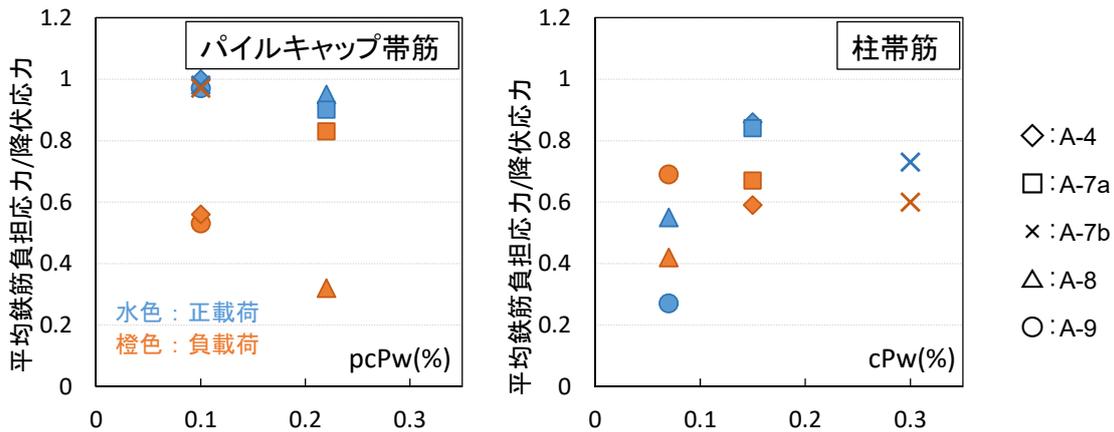


図 2.1.4-128 最大耐力時帯筋負担応力と降伏応力の割合

パイルキャップ帯筋に関して、正載荷時はいずれの試験体においても最大耐力時の帯筋の負担応力が大きくなっていることが分かる。それに対し負載荷時は試験体によって帯筋が負担している応力のばらつきが大きい。また柱帯筋に関しては、正載荷時の帯筋の負担応力がパイルキャップ帯筋と比べ全体的に小さくなっている。さらに  $cP_w$  が 0.15%以上配筋されても柱帯筋の負担応力は増加せずほぼ一定となっていることが分かる。これは 3)節の  $V_j$  と  $cP_w$  の関係において、 $cP_w$  が 0.15%以上の範囲で入力せん断力がほぼ一定となったことと一致する。また負載荷時はパイルキャップ帯筋と同様に試験体によるばらつきが大きくなっている。

以上の結果からパイルキャップ・柱各帯筋の負担応力の割合を近似的に求めた係数を図 2.1.4-129 の破線および表 2.1.4-37 に示す。

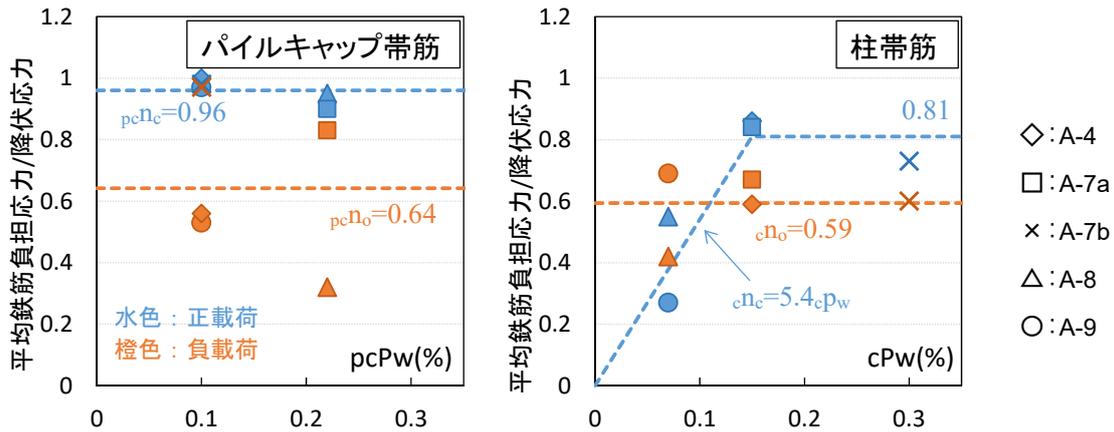


図 2.1.4-129 最大耐力時の帯筋負担応力係数

表 2.1.4-37 帯筋負担応力係数

荷重方向	パイルクャップ		柱	
	柱-基礎梁閉じ	柱-基礎梁開き	柱-基礎梁閉じ	柱-基礎梁開き
負担割合	$pcnc$	$pcno$	$cnc$ ( $cPw < 0.15\%$ )	$cno$
	0.96	0.64	$5.4 cPw$	0.59

実験結果や図 2.1.4-124 で示した荷重方向による圧縮ストラットの違いを踏まえ、正負それぞれにおいて係数を算出した。なお柱帯筋の正荷重時の負担応力については、 $cPw < 0.15\%$ の範囲では  $cPw$ が増えるのに比例して柱帯筋が負担する応力の割合が大きくなるように近似し、 $cPw \geq 0.15\%$ の範囲では  $cPw$ を多くしてもパイルクャップの強度が変わらないことを踏まえ、試験体 A-7b の材料強度と帯筋の負担応力の割合を用いて  $cPw \cdot c\sigma_y$  の上限を定める。

試験体 A-7a に関して、

$$cPw : 0.15\%, \quad c\sigma_y : 451.2(\text{N/mm}^2), \quad \text{負担応力の割合} : 0.81$$

であるため、

$$cnc \cdot cPw \cdot c\sigma_y = 0.81 \times 0.0015 \times 451.2 = 0.55(\text{N/mm}^2)$$

よって、 $cPw \cdot c\sigma_y$  の上限を  $0.55(\text{N/mm}^2)$  と定めることとした。

5) パイルキャップせん断強度式の検討

4) 節で求めた帯筋の負担応力係数を用い、既往の研究で提案されている2つのパイルキャップせん断強度式の検討を行う。

(a) トラス・アーチ理論に基づくせん断強度式

以下に、既往の研究<sup>[2-6]</sup>で提案されているトラス・アーチ理論に基づくパイルキャップせん断強度式（以下、理論式）を示す。

パイルキャップせん断強度 $V_u$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t < 0$  のとき

$V_u$  は次のうち小さい値とする

$$V_u = \begin{cases} \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B + c p_{we} c \sigma_{we}}{3} c b_e c j_e \\ \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B}{2} c b_e c j_e \end{cases}$$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t \geq 0$  かつ  $v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t < 0$  のとき

$$cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$$

$p_c V_t$  は次のうち小さい値とする

$$p_c V_t = \begin{cases} \frac{\lambda_{pc} (v_0 \sigma_B - c \sigma_t) + p_c p_{we} p_c \sigma_{we}}{3} p_c b_e p_c j_e \\ \frac{\lambda_{pc} (v_0 \sigma_B - c \sigma_t)}{2} p_c b_e p_c j_e \end{cases}$$

$$V_u = cV_t + p_c V_t$$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t \geq 0$  のとき

$$cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$$

$$p_c V_t = 2 p_c p_{we} p_c \sigma_{wy} p_c b_e p_c j_e$$

$$V_a = (v_0 \sigma_B - c \sigma_t - p_c \sigma_t) \frac{b x_n}{2} \sin 2\theta$$

$$V_u = cV_t + p_c V_t + V_a$$

$v_0$ : コンクリート圧縮強度の有効係数  $\sigma_B$ : コンクリート圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $c p_{we}$ : 柱有効補強筋比  $c \sigma_{wy}$ : 柱補強筋降伏応力(N/mm<sup>2</sup>)  $c b_e$ : 柱トラス有効幅(mm)  
 $c j_e$ : 柱トラス有効せい(mm)  $\lambda_c$ : 柱トラス有効係数  $c \sigma_t$ : 柱トラス圧縮力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_c p_{we}$ : パイルキャップ有効補強筋比  $p_c \sigma_{wy}$ : パイルキャップ補強筋降伏応力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_c b_e$ : パイルキャップトラス有効幅(mm)  $p_c j_e$ : パイルキャップトラス有効せい(mm)  $\lambda_{pc}$ :  
 パイルキャップトラス有効係数  $p_c \sigma_t$ : パイルキャップトラス圧縮力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $b$ : 接合部有効幅(mm)  $x_n$ : アーチ中立軸位置(mm)  $\theta$ : アーチ角度

$$v_0 = 2.3 \sigma_B^{-0.33}$$

$v_0$ :コンクリート圧縮強度の有効係数 $\sigma_B$ :コンクリート圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )
$x_n = \frac{D}{4}(1 + 2\eta)$ $x_n$ :アーチ機構の中立軸位置 $D$ :接合部有効せい(mm) $\eta$ :接合部軸力比
$\tan \theta = \frac{D - x_n}{L} \quad \sin 2\theta = \frac{2 \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta}$ $\theta$ :アーチ機構の圧縮束の角度 $L$ :部材長さ
$c\rho_{we} = \frac{c a_w}{c b_e L}$ $c\rho_{we}$ :柱有効補強筋比 $c a_w$ :柱有効補強筋総断面積(mm <sup>2</sup> ) $c b_e$ :柱トラス有効幅(mm) $L$ :部材長さ(mm)
$c\sigma_t = \frac{5 c\rho_{we} c\sigma_{wy}}{\lambda_c}$ $c\sigma_t$ :柱トラス圧縮応力(N/mm <sup>2</sup> )
$s_c = \frac{L}{m_c}$ $s_c$ :柱補強筋間隔 $m_c$ :柱補強筋組数
$\lambda_c = 1 - \frac{s_c}{2 c b_e} - \frac{c b_e}{4 c j_e}$ $\lambda_c$ :柱トラス機構の有効係数 $c j_e$ :柱トラス有効せい(mm)
$p_c\rho_{we} = \frac{p_c a_w}{p_c b_e L}$ $p_c\rho_{we}$ :パイルキャップ有効補強筋比 $p_c a_w$ :パイルキャップ有効補強筋総断面積(mm <sup>2</sup> ) $p_c b_e$ :パイルキャップトラス有効幅(mm) $L$ :部材長さ(mm)
$p_c\sigma_t = \frac{5 p_c\rho_{we} p_c\sigma_{wy}}{\lambda_{p_c}}$ $p_c\sigma_t$ :パイルキャップトラス圧縮応力(N/mm <sup>2</sup> )
$s_{p_c} = \frac{L}{m_{p_c}}$ $s_{p_c}$ :パイルキャップ補強筋間隔 $m_{p_c}$ :パイルキャップ補強筋組数
$\lambda_{p_c} = 1 - \frac{s_{p_c}}{2 p_c b_e} - \frac{p_c b_e}{4 p_c j_e}$ $\lambda_{p_c}$ :パイルキャップトラス機構の有効係数 $p_c j_e$ :パイルキャップトラス有効せい(mm)

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

上に示した理論式において、 $pc\sigma_{wy}$ および $c\sigma_{wy}$ はパイルキャップ帯筋と柱帯筋のそれぞれの降伏応力を用いている。しかしこれまで述べたように、本研究の試験体の最大耐力時にパイルキャップ帯筋と柱帯筋の全てが降伏している訳ではなく、特に負荷側に関しては図 2.1.4-129 を見ると、いずれの帯筋ともに降伏応力の 6 割程度の引張力しか負担していない。そこで 4) 節の表 2.1.4-37 で求めた帯筋の負担応力係数を、 $pc\sigma_{wy}$ および $c\sigma_{wy}$ に乗じることで提案されている理論式でより精度よく実験値を評価できるか検討する。

ここで、本研究で用いているパイルキャップ帯筋量 $pc\rho_w$ および柱帯筋量 $c\rho_w$ の算出方法と、提案されている理論式で用いているパイルキャップ有効補強筋比 $pc\rho_{we}$ および柱有効補強筋比 $c\rho_{we}$ の算出方法が異なるため、理論式の有効補強筋比における負担応力係数の適用範囲を定める。理論式におけるパイルキャップおよび柱の有効補強筋比は以下の式で算出する。

$$pc\rho_{we} = pc a_w / (pc b_e \times l)$$

$$c\rho_{we} = c a_w / (c b_e \times l)$$

$l$ :部材長さ (基礎梁主筋の重心間距離),  $pc b_e$ :パイルキャップ有効幅,  $c b_e$ :柱有効幅,  $c a_w, pc a_w$ :パイルキャップおよび柱の $b_e \times l$ の断面内に配筋された帯筋のそれぞれの断面積の和である。

$pc b_e$ および $c b_e$ はトラス機構に関与する断面の有効幅で、パイルキャップおよび柱補強筋のせん断力直交方向への芯心間距離である。

本研究の試験体および過去の試験体 A-4 の理論式におけるパイルキャップおよび柱の有効補強筋比を表 2.1.4-38 に示す。これより、4) 節で定めた柱帯筋の負担応力係数が大きくなる  $c\rho_{we}$  の上限は、 $c\rho_{we} < 0.28\%$  の範囲ということになる。そのため  $c\rho_{we} \geq 0.28\%$  の範囲における  $c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy}$  の上限は、

$$c n_c \cdot c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy} = 0.81 \times 0.0028 \times 451.2 = 1.03(\text{N/mm}^2)$$

よって、理論式における  $c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy}$  の上限を  $1.03(\text{N/mm}^2)$  と定める。

これらを踏まえ、提案されている理論式に帯筋の負担応力を考慮する。表 2.1.4-39 に理論式に帯筋の負担応力を考慮した場合の変更箇所を示す。

表 2.1.4-38 理論式における有効補強筋比

試験体	A-7a	A-7b	A-8	A-9	A-4
パイルキャップ有効補強筋比 $pc\rho_{we}[\%]$	0.26	0.11	0.26	0.11	0.11
柱有効補強筋比 $c\rho_{we}[\%]$	0.28	0.56	0.14	0.14	0.28
$pc\rho_{we}+c\rho_{we}[\%]$	0.54	0.67	0.40	0.25	0.39

表 2.1.4-39 理論式の変更箇所

載荷方向	パイルキャップ帯筋		柱帯筋		
	柱-基礎梁閉じ	柱-基礎梁開き	柱-基礎梁閉じ		柱-基礎梁開き
			$c\rho_{wy} < 0.28\%$	$c\rho_{wy} \geq 0.28\%$	
変更前	$pc\rho_{we} \cdot pc\sigma_{wy}$	$pc\rho_{we} \cdot pc\sigma_{wy}$	$c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy}$	$c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy}$	$c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy}$
変更後	$pc n_c \cdot pc\rho_{we} \cdot pc\sigma_{wy}$	$pc n_o \cdot pc\rho_{we} \cdot pc\sigma_{wy}$	$c n_c \cdot c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy}$	<b>1.03(N/mm<sup>2</sup>)</b>	$c n_o \cdot c\rho_{we} \cdot c\sigma_{wy}$

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

本研究の試験体と、過去の実験<sup>[2-9],[2-10],[2-11]</sup>でパイルキャップせん断破壊と判断した試験体の計18体について、帯筋負担応力を考慮した理論式の計算値と実験値の比較を行う。表2.1.4-40～表2.1.4-45に計算諸元および計算値と実験値の比較を、図2.1.4-130に計算値と実験値の比較を示す。また図2.1.4-131に帯筋負担応力を考慮していない従来の式を用いた場合の計算値と実験値の比較を示す。

表 2.1.4-40 理論式有効体積

試験体名	L:部材長さ(mm)	有効体積													
		アーチ有効断面						トラス有効断面							
		b:接合部有効幅(mm)						D:有効部材せい(mm)							
パイルキャップ		柱	梁	杭幅	有効幅	パイルキャップ		杭	柱	平均	be:トラス有効幅(mm)		je:トラス有効せい(mm)		
標準型	520	500	300	200	324	308					343	434	251	434	285
かご筋型	520	500	300	200	324	308					343	434	251	434	285
No.1	520	500	300	200	324	308	383	339	308	343	434	251	434	285	
No.2	520	500	300	200	324	308	383	339	308	343	434	251	434	285	
No.3	520	500	300	200	324	308	381	337	306	341	434	251	434	285	
No.4	520	500	300	200	324	308	381	337	306	341	434	251	434	285	
No.5	520	500	300	200	324	308	381	337	306	341	434	251	434	285	
SC-01	800	750	380	200	408	391	505	389	310	401	680	315	680	315	
A-1	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	454	253	454	251	
A-2	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	425	253	425	251	
A-3	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	428	253	428	251	
B-1	520	500	300	200	322	307	331	286	381	333	454	253	454	251	
A-4	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	430	259	430	230	
A-7a	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	430	259	430	230	
A-7b	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	430	259	430	230	
A-8	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	430	259	430	230	
A-9	520	500	300	200	322	307	331	286	231	283	430	259	430	230	
C-4	520	500	300	200	322	307	431	386	231	349	430	259	430	230	

表 2.1.4-41 理論式帯筋負担応力係数

試験体名	計算要素					
	係数					
	帯筋量		トジ		ヒラキ	
	cPw	pcPw	cnc	pcnc	cno	pcno
標準型	0.0022	0.0002	0.81	0.96	0.59	0.64
かご筋型	0.0000	0.0016	0.00	0.96	0.00	0.64
No.1	0.0022	0.0011	0.81	0.96	0.59	0.64
No.2	0.0022	0.0011	0.81	0.96	0.59	0.64
No.3	0.0022	0.0016	0.81	0.96	0.59	0.64
No.4	0.0022	0.0029	0.81	0.96	0.59	0.64
No.5	0.0022	0.0029	0.81	0.96	0.59	0.64
SC-01	0.0017	0.0006	0.81	0.96	0.59	0.64
A-1	0.0015	0.0010	0.81	0.96	0.59	0.64
A-2	0.0015	0.0010	0.81	0.96	0.59	0.64
A-3	0.0015	0.0010	0.81	0.96	0.59	0.64
B-1	0.0015	0.0010	0.81	0.96	0.59	0.64
A-4	0.0015	0.0010	0.81	0.96	0.59	0.64
A-7a	0.0015	0.0022	0.81	0.96	0.59	0.64
A-7b	0.0030	0.0010	0.81	0.96	0.59	0.64
A-8	0.0007	0.0022	0.38	0.96	0.59	0.64
A-9	0.0007	0.0010	0.38	0.96	0.59	0.64
C-4	0.0007	0.0010	0.38	0.96	0.59	0.64

表 2.1.4-42 理論式柱断面のトラス機構計算諸元

試験体名	計算要素						
	トラス						
	柱補強筋比 cPwe	柱補強筋降伏強度 cσwy (N/mm <sup>2</sup> )	cPw・cσwy トジ	cPw・cσwy ヒラキ	柱トラス有効係数 λc	柱トラス圧縮応力トジ cσt (N/mm <sup>2</sup> )	柱トラス圧縮応力ヒラキ cσt (N/mm <sup>2</sup> )
標準型	0.0044	370.5	1.03	0.96	0.63	8.2	7.6
かご筋型	0.0000	0	0.00	0.00	0.50	0.0	0.0
No.1	0.0044	365.7	1.03	0.95	0.55	9.3	8.6
No.2	0.0044	365.7	1.03	0.95	0.55	9.3	8.6
No.3	0.0044	365.7	1.03	0.95	0.55	9.3	8.6
No.4	0.0044	361.5	1.03	0.94	0.55	9.3	8.5
No.5	0.0044	361.5	1.03	0.94	0.55	9.3	8.5
SC-01	0.0040	393.4	1.03	0.93	0.57	9.1	8.1
A-1	0.0029	484.2	1.03	0.83	0.58	9.0	7.2
A-2	0.0029	484.2	1.03	0.83	0.58	9.0	7.2
A-3	0.0029	484.2	1.03	0.83	0.58	9.0	7.2
B-1	0.0029	484.2	1.03	0.83	0.58	9.0	7.2
A-4	0.0028	455.8	1.03	0.76	0.53	9.8	7.2
A-7a	0.0028	451.2	1.03	0.76	0.53	9.7	7.1
A-7b	0.0056	451.2	1.03	1.51	0.62	8.3	12.1
A-8	0.0014	378.7	0.20	0.32	0.34	3.0	4.6
A-9	0.0014	378.7	0.20	0.32	0.34	3.0	4.6
C-4	0.0014	378.7	0.20	0.32	0.34	3.0	4.6

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

表 2.1.4-43 理論式パイルキャップ断面のトラス機構計算諸元

試験体名	計算要素										
	PC補強筋比 pcPwe	PC補強筋 降伏強度 pc $\sigma_{wy}$ (N/mm <sup>2</sup> )	pcPw・pc $\sigma_{wy}$ トジ	pcPw・pc $\sigma_{wy}$ ヒラキ	PCTラス 有効係数 $\lambda_{pc}$	PCTラス 圧縮応力トジ pc $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	PCTラス 圧縮応力ヒラキ pc $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	柱トラス せん断カトジ cVt (kN)	柱トラス せん断力ヒラキ cVt (kN)	PCTラス せん断カトジ pcVt (kN)	PCTラス せん断力ヒラキ pcVt (kN)
標準型	0.0003	314.2	0.08	0.06	0.50	0.85	0.56	147.8	137.7	31.9	21.3
かご筋型	0.0019	370.5	0.67	0.45	0.63	5.35	3.57	0.0	0.0	254.0	169.3
No.1	0.0013	365.7	0.44	0.30	0.45	4.92	3.28	147.8	135.9	167.1	111.4
No.2	0.0013	365.7	0.44	0.30	0.45	4.92	3.28	147.8	135.9	167.1	111.4
No.3	0.0019	365.7	0.67	0.44	0.55	6.05	4.03	147.8	135.9	250.7	167.1
No.4	0.0034	355.9	1.15	0.77	0.55	10.46	6.97	147.8	134.4	433.6	289.0
No.5	0.0034	355.9	1.15	0.77	0.55	10.46	6.97	147.8	134.4	433.6	289.0
SC-01	0.0007	373.6	0.25	0.17	0.65	1.92	1.28	204.7	183.6	231.8	154.6
A-1	0.0011	484.2	0.50	0.33	0.61	4.11	2.74	131.1	105.7	205.8	137.2
A-2	0.0011	484.2	0.53	0.36	0.60	4.46	2.97	131.1	105.7	192.9	128.6
A-3	0.0011	484.2	0.53	0.35	0.60	4.42	2.95	131.1	105.7	194.2	129.5
B-1	0.0011	484.2	0.50	0.33	0.61	4.11	2.74	131.1	105.7	205.8	137.2
A-4	0.0011	455.8	0.50	0.33	0.60	4.14	2.76	123.0	91.1	183.5	122.3
A-7a	0.0026	451.2	1.11	0.74	0.68	8.09	5.40	123.0	90.2	408.8	272.5
A-7b	0.0011	451.2	0.49	0.33	0.60	4.10	2.73	123.0	180.4	181.7	121.1
A-8	0.0026	378.7	0.93	0.62	0.68	6.79	4.53	24.2	37.8	343.1	228.7
A-9	0.0011	378.7	0.41	0.27	0.60	3.44	2.30	24.2	37.8	152.5	101.7
C-4	0.0011	378.7	0.41	0.27	0.60	3.44	2.30	24.2	37.8	152.5	101.7

表 2.1.4-44 理論式アーチ機構計算諸元

試験体名	計算要素											
	コンクリート		アーチ									
コンクリート 圧縮強度 $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 有効係数 $\nu_0$	軸カトジ N (kN)	軸力ヒラキ N (kN)	軸力比 トジ $\eta$	軸力比 ヒラキ $\eta$	アーチ中立軸 トジ $x_n$ (mm)	アーチ中立軸 ヒラキ $x_n$ (mm)	$\sin 2\theta$ トジ	$\sin 2\theta$ ヒラキ	Va トジ (kN)	Va ヒラキ (kN)	
標準型	27	0.78	628.0	1100.9	0.22	0.39	123	152	0.72	0.65	162.1	192.9
かご筋型	27	0.78	631.9	1073.0	0.22	0.38	124	150	0.72	0.65	212.6	261.9
No.1	25.4	0.79	703.2	1052.2	0.26	0.39	131	153	0.70	0.64	81.9	124.7
No.2	25.4	0.79	691.7	1051.7	0.26	0.39	130	153	0.70	0.64	81.7	124.7
No.3	25.4	0.79	678.2	1066.0	0.25	0.40	129	153	0.70	0.64	65.2	112.8
No.4	26.6	0.78	696.6	1076.9	0.25	0.38	128	151	0.70	0.65	12.7	78.9
No.5	29	0.76	766.7	1202.7	0.25	0.39	128	153	0.70	0.64	29.8	97.9
SC-01	29	0.76	677.8	1368.7	0.15	0.30	130	161	0.61	0.55	169.3	216.8
A-1	27.2	0.77	558.7	911.0	0.24	0.39	104	125	0.61	0.55	78.2	118.0
A-2	28.2	0.76	592.0	948.5	0.24	0.39	105	125	0.61	0.55	80.1	121.1
A-3	28.2	0.76	587.5	938.8	0.24	0.38	105	125	0.61	0.56	80.4	121.2
B-1	28.2	0.76	534.0	986.8	0.19	0.34	114	140	0.71	0.65	106.0	162.3
A-4	28.5	0.76	342.5	645.5	0.14	0.26	90	108	0.65	0.60	70.4	117.1
A-7a	28.4	0.76	326.2	648.0	0.13	0.26	89	108	0.65	0.60	34.2	91.2
A-7b	28.4	0.76	306.0	675.5	0.12	0.27	88	109	0.66	0.60	82.5	68.4
A-8	25.7	0.79	308.7	589.3	0.14	0.26	90	108	0.65	0.60	94.6	110.9
A-9	26	0.78	327.2	591.3	0.14	0.26	91	108	0.65	0.60	127.0	134.6
C-4	24.3	0.80	288.0	588.8	0.11	0.23	107	127	0.77	0.72	164.3	177.0

表 2.1.4-45 理論式計算結果と余裕度

試験体名	計算結果					
	柱-基礎梁が閉じる方向			柱-基礎梁が開く方向		
	実験値 入力 せん断力 V <sub>i</sub> (kN)	計算値 Q <sub>u</sub> (kN)	余裕度 V <sub>i</sub> /Q <sub>u</sub>	実験値 入力 せん断力 V <sub>i</sub> (kN)	計算値 Q <sub>u</sub> (kN)	余裕度 V <sub>i</sub> /Q <sub>u</sub>
標準型	411.2	341.8	1.20	530.7	351.9	1.51
かご筋型	429.6	466.6	0.92	487.1	431.2	1.13
No.1	323.5	396.9	0.82	435.4	372.0	1.17
No.2	331.6	396.6	0.84	434.7	372.0	1.17
No.3	398.2	463.7	0.86	458.3	415.8	1.10
No.4	459.5	594.0	0.77	491.3	502.3	0.98
No.5	504.6	611.2	0.83	490.1	521.2	0.94
SC-01	684.2	605.8	1.13	590.9	555.0	1.06
A-1	524.6	415.1	1.26	378.2	360.9	1.05
A-2	484	404.0	1.20	366.7	355.4	1.03
A-3	461.9	405.7	1.14	372.4	356.4	1.04
B-1	426	442.9	0.96	482.4	405.2	1.19
A-4	449.2	376.9	1.19	328.2	330.5	0.99
A-7a	434.1	566.0	0.77	361.3	453.9	0.80
A-7b	444.4	387.2	1.15	299.7	369.9	0.81
A-8	400	461.8	0.87	311.4	377.4	0.83
A-9	336.3	303.7	1.11	302.7	274.1	1.10
C-4	394.9	341.0	1.16	357.7	316.5	1.13

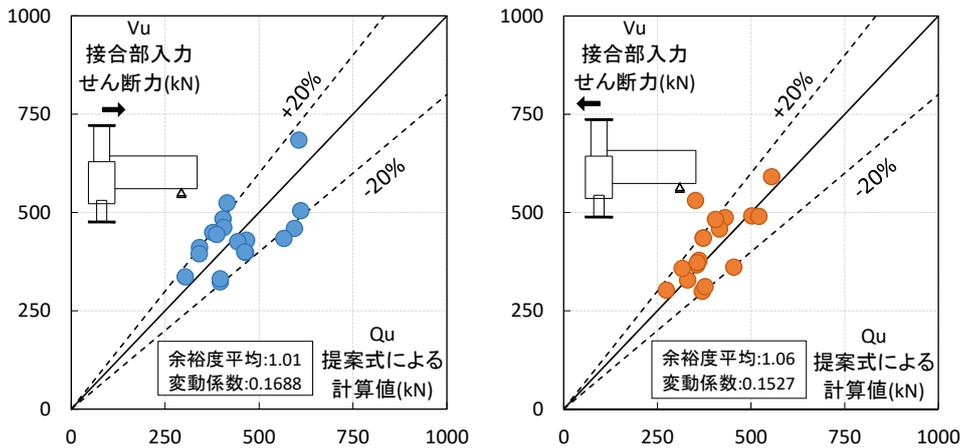


図 2.1.4-130 帯筋負担応力を考慮した場合の理論式による計算値および実験値

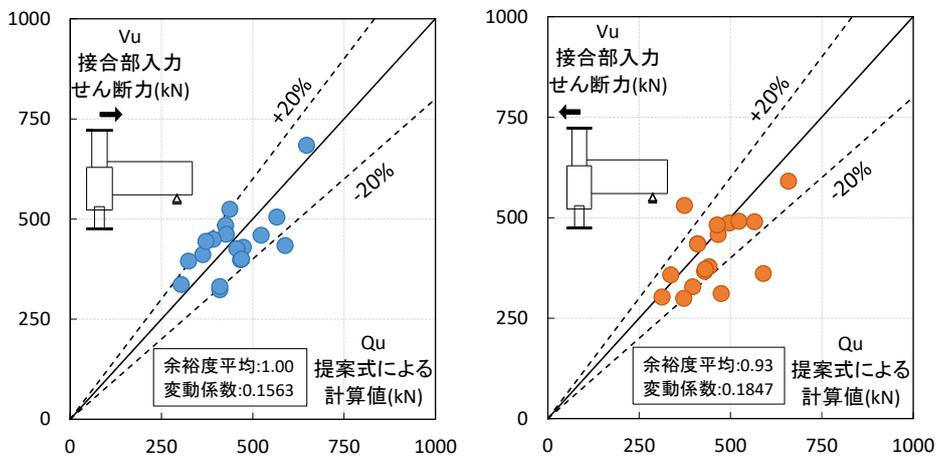


図 2.1.4-131 従来の理論式による計算値および実験値

パイルキャップおよび柱帯筋の負担応力を考慮した場合の計算値の余裕度（実験値/計算値）の平均は柱－基礎梁が閉じる方向で 1.01，柱－基礎梁が開く方向で 1.06 となり，変動係数は柱－基礎梁が閉じる方向で 16.9%，柱－基礎梁が開く方向で 15.3% となった。余裕度の平均が 1 に近いほど実験値と計算値の差が小さいことを差し，変動係数が小さいほど試験体ごとのばらつきが小さいことを示している。余裕度は正負共に概ね±20%収まっているが，柱－基礎梁が閉じる方向で一部過大評価している試験体が見られた。これらはいずれもパイルキャップ帯筋量が多い試験体であり，パイルキャップ断面のトラス機構によるせん断力が大きくなっている。そのため帯筋量が多くなるとパイルキャップ断面のトラス機構によるせん断力を過大に評価する可能性があるため，今後も検討が必要である。

帯筋の負担応力を考慮しない従来の式の計算結果を比較すると，余裕度平均は 1.00~0.93 から 1.01~1.06 となり，帯筋の負担応力を考慮する方が安全側の評価となった。変動係数については柱－基礎梁が開く方向で値が小さくなり，試験体によるばらつきが小さくなった。そのため実験から算出した負担応力の係数を用いることは妥当性があると考えられる。

(b) 実験に基づいたせん断強度式

以下に、既往の研究<sup>[2-1]</sup>で提案されている荒川 mean 式を参考とした実験に基づくパイルキャップせん断強度式（以下、実験式）を示す。

$$Q_u = \left\{ \frac{0.068p_t^{0.23}(F_c + 18)}{a/D + 0.12} + 0.85\sqrt{cP_w c\sigma_{wy} + pcP_w pc\sigma_{wy} + 0.1\sigma_0} \right\} bj$$

$F_c$ :コンクリート強度(N/mm<sup>2</sup>)  $p_t$ : 引張鉄筋比(%)  $a/D$ :せん断スパン比

$cP_w$ : 柱せん断補強筋比  $c\sigma_{wy}$ :柱せん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$pcP_w$ : パイルキャップせん断補強筋比  $pc\sigma_{wy}$ : パイルキャップせん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_0$ :軸方向応力度(N/mm<sup>2</sup>)  $b$ :部材幅(mm)  $j$ :応力中心間距離(mm)

理論式と同様に、上の実験式に表 2.1.4-37 で求めた帯筋の負担応力係数を考慮して、計算値と実験値の妥当性を検討する。

なお本研究で用いているパイルキャップ帯筋量 $pcP_w$ および柱帯筋量 $cP_w$ の算出方法と、実験式で用いる柱せん断補強筋比 $cP_w$ およびパイルキャップせん断補強筋比 $pcP_w$ の算出方法は同じであるため、負担応力係数の適用範囲と $cP_w \cdot c\sigma_y$ の上限は、4)節で定めた通りとする。表 2.1.4-46 に実験式に帯筋の負担応力を考慮した場合の変更箇所を示す。

表 2.1.4-46 実験式の変更箇所

载荷方向	パイルキャップ帯筋		柱帯筋		
	柱-基礎梁閉じ	柱-基礎梁開き	柱-基礎梁閉じ		柱-基礎梁開き
			$cP_w < 0.15\%$	$cP_w \geq 0.15\%$	
変更前	$pcP_w \cdot pc\sigma_{wy}$	$pcP_w \cdot pc\sigma_{wy}$	$cP_w \cdot c\sigma_{wy}$	$cP_w \cdot c\sigma_{wy}$	$cP_w \cdot c\sigma_{wy}$
変更後	$pc\eta_c \cdot pcP_w \cdot pc\sigma_{wy}$	$pc\eta_o \cdot pcP_w \cdot pc\sigma_{wy}$	$c\eta_c \cdot cP_w \cdot c\sigma_{wy}$	<b>0.55(N/mm<sup>2</sup>)</b>	$c\eta_o \cdot cP_w \cdot c\sigma_{wy}$

理論式と同様に、パイルキャップせん断破壊と判断した試験体計 18 体について、帯筋負担応力を考慮した実験式の計算値と実験値の比較を行う。表 2.1.4-47～表 2.1.4-50 に計算諸元および計算値と実験値の比較を、図 2.1.4-132 に計算値と実験値の比較を示す。また図 2.1.4-133 に帯筋負担応力を考慮していない従来の式を用いた場合の計算値と実験値の比較を示す。

表 2.1.4-47 実験式有効体積

試験体名	有効体積					
	b:部材幅(mm)	D:有効せい(mm) ※基礎梁主筋水平投影長さ				l:部材長さ(mm)
	パイルキャップ	パイルキャップ	杭	柱	平均	パイルキャップ
標準型	500	381	337	306	341	520
かご筋型	500	381	337	306	341	520
No.1	500	383	339	308	343	520
No.2	500	383	339	308	343	520
No.3	500	381	337	306	341	520
No.4	500	381	337	306	341	520
No.5	500	381	337	306	341	520
SC-01	750	505	389	310	401	800
A-1	500	331	286	231	283	520
A-2	500	331	286	231	283	520
A-3	500	331	286	231	283	520
B-1	500	331	286	381	333	520
A-4	500	331	286	231	283	520
A-7a	500	331	286	231	283	520
A-7b	500	331	286	231	283	520
A-8	500	331	286	231	283	520
A-9	500	331	286	231	283	520
C-4	500	431	386	231	349	520

表 2.1.4-48 実験式帯筋負担応力係数

試験体名	計算要素											
	2項											
	係数				せん断補強筋比 $cP_w(\%)$	降伏強度 $c\sigma_{wy}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$cP_w \cdot c\sigma_{wy}$ 正	$cP_w \cdot c\sigma_{wy}$ 負	せん断補強筋比 $pcP_w(\%)$	降伏強度 $pc\sigma_{wy}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$pcP_w \cdot pc\sigma_{wy}$ 正	$pcP_w \cdot pc\sigma_{wy}$ 負
	トジ		ヒラキ									
柱係数 $cN_c$	PC係数 $pcN_c$	柱係数 $cN_o$	PC係数 $pcN_o$									
標準型	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0022	370.5	0.54	0.48	0.0002	314.2	0.07	0.05
かご筋型	0.00	0.96	0.00	0.64	0.0000	0	0.00	0.00	0.0016	370.5	0.58	0.39
No.1	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0022	365.7	0.54	0.47	0.0011	365.7	0.38	0.26
No.2	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0022	365.7	0.54	0.47	0.0011	365.7	0.38	0.26
No.3	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0022	365.7	0.54	0.47	0.0016	365.7	0.58	0.38
No.4	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0022	361.5	0.54	0.47	0.0029	355.9	1.00	0.67
No.5	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0022	361.5	0.54	0.47	0.0029	355.9	1.00	0.67
SC-01	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0017	393.4	0.54	0.39	0.0006	373.6	0.23	0.15
A-1	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0015	484.2	0.54	0.42	0.0010	484.2	0.46	0.31
A-2	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0015	484.2	0.54	0.42	0.0010	484.2	0.46	0.31
A-3	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0015	484.2	0.54	0.42	0.0010	484.2	0.46	0.31
B-1	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0015	484.2	0.54	0.42	0.0010	484.2	0.46	0.31
A-4	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0015	455.8	0.54	0.40	0.0010	455.8	0.43	0.29
A-7a	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0015	451.2	0.54	0.40	0.0022	451.2	0.96	0.64
A-7b	0.81	0.96	0.59	0.64	0.0030	451.2	0.54	0.79	0.0010	451.2	0.43	0.28
A-8	0.38	0.96	0.59	0.64	0.0007	378.7	0.11	0.17	0.0022	378.7	0.81	0.54
A-9	0.38	0.96	0.59	0.64	0.0007	378.7	0.11	0.17	0.0010	378.7	0.36	0.24
C-4	0.38	0.96	0.59	0.64	0.0007	378.7	0.11	0.17	0.0010	378.7	0.36	0.24

表 2.1.4-49 実験式計算諸元

試験体名	計算要素						
	1項				3項		応力中心 間 距離 $j$ (mm)
	引張鉄筋比 ヒラキ $P_t(\%)$	引張鉄筋比 トジ $P_t(\%)$	コンクリート 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 スパン比 M/Qd	軸力 トジ (kN)	軸力 ヒラキ (kN)	
標準型	0.30	0.30	27.0	1.52	628.0	1100.9	298.8
かご筋型	0.30	0.30	27.0	1.52	631.9	1073.0	298.8
No.1	0.30	0.30	25.4	1.52	703.2	1052.2	300.1
No.2	0.30	0.30	25.4	1.52	691.7	1051.7	300.1
No.3	0.30	0.30	25.4	1.52	678.2	1066.0	298.8
No.4	0.30	0.30	26.6	1.52	696.6	1076.9	298.8
No.5	0.30	0.30	29.0	1.52	766.7	1202.7	298.8
SC-01	0.94	0.26	29.0	1.99	677.8	1368.7	350.9
A-1	1.17	0.36	27.2	1.84	558.7	911.0	247.3
A-2	1.17	0.36	28.2	1.84	592.0	948.5	247.3
A-3	1.17	0.36	28.2	1.84	587.5	938.8	247.3
B-1	0.99	0.30	28.2	1.56	534.0	986.8	291.1
A-4	1.17	0.36	28.5	1.84	342.5	645.5	247.3
A-7a	1.17	0.36	28.4	1.84	326.2	648.0	247.3
A-7b	1.17	0.36	28.4	1.84	306.0	675.5	247.3
A-8	1.17	0.36	25.7	1.84	309.7	590.3	247.3
A-9	1.17	0.36	26.0	1.84	327.2	590.3	247.3
C-4	1.11	0.45	24.3	1.49	294.0	587.8	305.6

表 2.1.4-50 実験式計算結果と余裕度

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

試験体名	計算結果					
	柱-基礎梁が閉じる方向			柱-基礎梁が開く方向		
	実験値 入力 せん断力 $V_u$ (kN)	提案式		実験値 入力 せん断力 $V_u$ (kN)	提案式	
	計算値 $Q_u$ (kN)	余裕度 $V_u/Q_u$		計算値 $Q_u$ (kN)	余裕度 $V_u/Q_u$	
標準型	411.2	347.3	1.18	530.7	368.6	1.44
かご筋型	429.6	345.2	1.24	487.1	353.8	1.38
No.1	323.5	369.3	0.88	435.4	376.7	1.16
No.2	340.4	368.6	0.92	434.7	376.6	1.15
No.3	398.2	377.6	1.05	458.3	384.3	1.19
No.4	459.5	407.9	1.13	491.3	408.4	1.20
No.5	504.6	423.3	1.19	490.1	427.1	1.15
SC-01	684.2	619.8	1.10	590.9	521.2	1.13
A-1	524.6	333.6	1.57	378.2	288.0	1.31
A-2	484.0	339.7	1.42	366.7	293.3	1.25
A-3	461.9	339.5	1.36	372.4	292.8	1.27
B-1	426.0	425.8	1.00	482.4	369.8	1.30
A-4	449.2	327.3	1.37	328.2	276.6	1.19
A-7a	434.1	351.2	1.24	361.3	296.3	1.22
A-7b	444.4	324.8	1.37	299.7	299.7	1.00
A-8	400.0	310.0	1.29	311.4	265.4	1.17
A-9	336.3	283.5	1.19	302.7	245.2	1.23
C-4	394.9	386.4	1.02	357.7	346.5	1.03

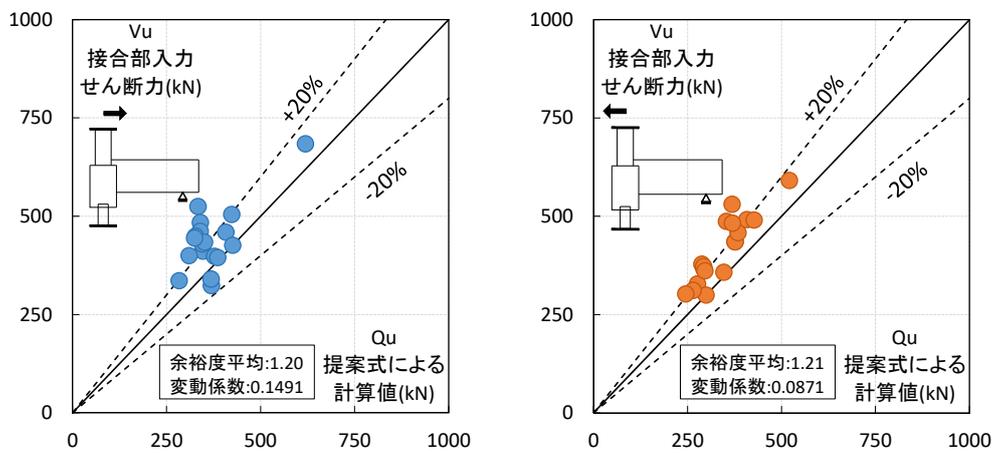


図 2.1.4-132 帯筋負担応力を考慮した場合の実験式による計算値および実験値

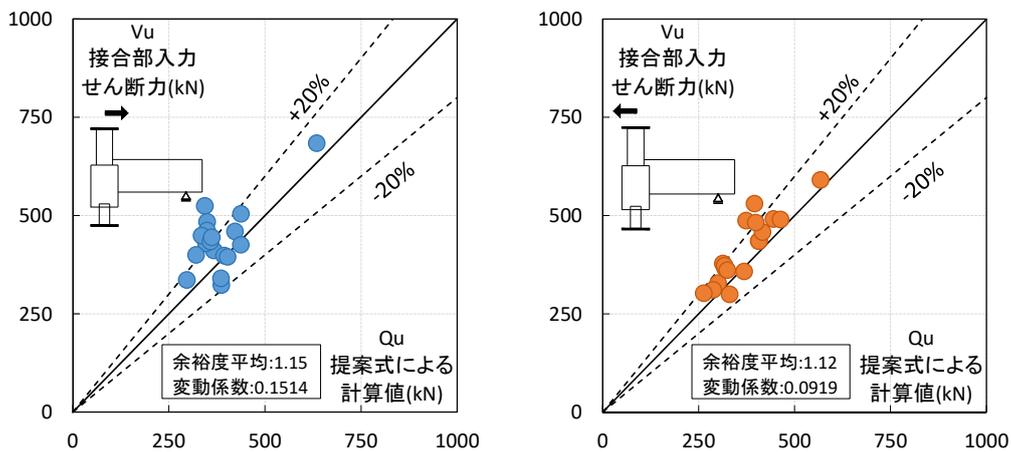


図 2.1.4-133 従来の実験式による計算値および実験値

帯筋の負担応力を考慮した場合の計算値の余裕度（実験値/計算値）の平均は柱－基礎梁が閉じる方向で1.20, 柱－基礎梁が開く方向で1.21となり, 変動係数は柱－基礎梁が閉じる方向で14.9%, 柱－基礎梁が開く方向で8.7%となった。余裕度の平均は理論式を用いた場合と比べて精度は低い, 全体的に実験値を安全側に評価できた。また帯筋の負担応力を考慮しない従来の式の計算結果を比較すると, 余裕度平均は1.15~1.12から1.20~1.21となり, 帯筋の負担応力を考慮する方が安全側の評価となった。

(9) パイルキャップせん断ひび割れ強度の検討

(8)節で述べたように、パイルキャップせん断ひび割れは基礎梁主筋折り曲げ部の支圧力による圧縮ストラットからの影響が大きいと考えられる。そこで本節では既往の研究<sup>21)</sup>で示されているアーチ機構の有効断面に対するパイルキャップせん断ひび割れ強度の検討を行う。

1) アーチ機構による有効断面

既往の研究によるアーチ機構の有効断面を示す。アーチ機構による有効せい  $D$  は鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説<sup>23)</sup> (以下、靱性指針) のせん断設計に基づいて柱梁ト形接合部と同様に梁主筋の水平投影長さ  $L_d$  を用いる。パイルキャップにおいては柱・パイルキャップ・杭で断面が異なるため、各部材の面位置からの基礎梁主筋の水平投影長さを平均することで有効せい  $D$  とする。図 2.1.4-134 に各部材の基礎梁主筋の水平投影長さを示す。また有効せい  $D$  の計算式を以下に示す。

$$D = \frac{cL_d + pcL_d + pL_d}{3}$$

柱とパイルキャップに関しては部材せいを使用し、杭に関しては杭頭定着筋の芯から外周 100mm を足した円形断面を長方形置換することで部材せいおよび幅を決定した。

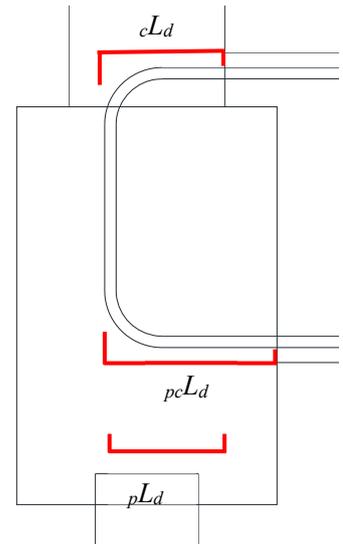


図 2.1.4-134 各部材の基礎梁主筋水平投影長さ

またアーチ機構による有効幅  $b$  については、直接基礎梁が取り付けられている柱とパイルキャップは柱梁接合部と同様に協力幅の上限を  $D/4$  (この場合の  $D$  は柱・パイルキャップせい) とした幅の平均  $c b_j$  と  $pc b_j$  を求め、さらに杭幅  $b_p$  を合わせた平均とする。図 2.1.4-135 に各部材の有効幅および杭の有効断面の長方形置換を示す。また有効幅  $b$  の計算式を以下に示す。

$$b = \frac{c b_j + pc b_j + b_p}{3}$$

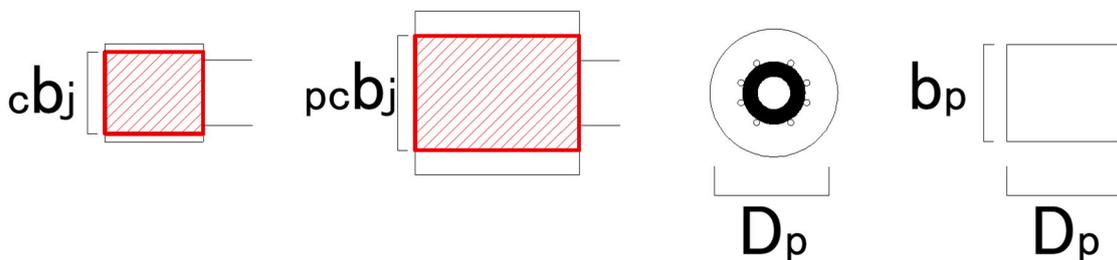


図 2.1.4-135 各部材の有効幅と杭の長方形置換

2) パイルキャップせん断ひび割れ強度の検討

パイルキャップせん断ひび割れ強度は既往の研究<sup>22)</sup>により、弾性理論に基づく主応力度式で推定できることが述べられている。以下に計算式を示す。

$$\tau_{cr} = \sqrt{\sigma_0 \cdot \sigma_t + \sigma_t^2}$$

$$\sigma_t = 0.33 \times \sqrt{\sigma_B}$$

ここで、 $\sigma_B$ :コンクリート圧縮強度、 $\sigma_0$ :軸力を有効断面積で除した値である。

上の項で示したアーチ機構による有効断面、および既往の研究で仮定されているせん断ひび割れ時有効断面（柱・パイルキャップ・杭断面の平均）のそれぞれに対して上式で計算を行い、実験時に最初にパイルキャップせん断ひび割れが発生した際の入力せん断力 $V_j$ の評価を行う。対象とする試験体は本研究の試験体および過去の試験体（パイルキャップせん断破壊しなかったものも含める）の計22体とした。表2.1.4-51、図2.1.4-136にアーチ機構の有効断面によるパイルキャップせん断ひび割れ強度の計算値と実験値の比較を、表2.1.4-52、図2.1.4-137に既往の研究における有効断面によるパイルキャップせん断ひび割れ強度の計算値と実験値の比較を示す。

表 2.1.4-51 アーチ機構の有効断面によるパイルキャップせん断ひび割れ強度の計算諸元

試験体名	計算要素						計算結果					
	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	柱 基礎梁 トジ 軸力 (kN)	柱 基礎梁 ヒラキ 軸力 (kN)	b: 有効 部材幅 (mm)	D: 有効 部材 せい (mm)	杭—基礎梁が開く方向			杭—基礎梁が閉じる方向		
							$\tau_{exp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	提案式 $\tau_{cr}$ (kN)	余裕度 $\tau_{exp}/\tau_{cr}$	$\tau_{exp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	提案式 $\tau_{cr}$ (kN)	余裕度 $\tau_{exp}/\tau_{cr}$
標準型	27.0	1.7	627	1071	308	357	3.5	3.6	0.99	3.4	4.4	0.77
かご筋型	27.0	1.7	655	1052	308	357	2.9	3.6	0.80	2.9	4.4	0.66
No.1	25.4	1.7	666	945	308	343	2.5	3.6	0.68	3.0	4.2	0.72
No.2	25.4	1.7	663	965	308	343	4.1	3.6	1.12	3.4	4.2	0.80
No.3	25.4	1.7	653	969	308	341	3.6	3.6	0.99	3.1	4.3	0.73
No.4	26.6	1.7	676	892	308	341	3.7	3.7	1.00	1.5	4.2	0.35
No.5	29.0	1.8	803	1142	308	341	3.6	4.1	0.89	3.8	4.7	0.81
SC-01	29.0	1.8	676	1367	391	401	4.4	3.3	1.35	3.7	4.3	0.87
A-1	27.2	1.7	615	864	307	283	3.9	3.9	0.99	3.2	4.5	0.71
A-2	28.2	1.8	630	929	307	283	3.8	4.0	0.96	3.7	4.7	0.79
A-3	28.2	1.8	629	919	307	283	4.0	4.0	1.00	3.7	4.6	0.79
A-4	28.2	1.8	371	646	307	283	3.3	3.2	1.03	3.8	4.0	0.94
A-6	31.0	1.8	372	729	307	283	5.4	3.4	1.62	4.3	4.3	1.00
A-7a	28.4	1.8	379	633	307	283	3.0	3.3	0.91	3.5	4.0	0.87
A-7b	28.4	1.8	390	647	307	283	2.9	3.3	0.87	3.2	4.0	0.81
A-8	25.7	1.7	352	589	307	283	3.0	3.1	0.97	3.4	3.8	0.91
A-9	26.0	1.7	366	591	307	283	2.7	3.2	0.87	3.4	3.8	0.90
B-1	28.2	1.8	629	913	307	333	2.6	3.7	0.71	3.0	4.3	0.69
C-1	29.2	1.8	677	944	307	383	2.6	3.7	0.72	3.1	4.2	0.74
C-2	27.2	1.7	601	834	307	383	2.1	3.4	0.61	2.2	3.9	0.57
C-3	25.9	1.7	330	596	307	383	2.8	2.7	1.01	2.8	3.4	0.84
C-4	24.3	1.6	307	589	307	383	2.7	2.6	1.02	2.7	3.3	0.83

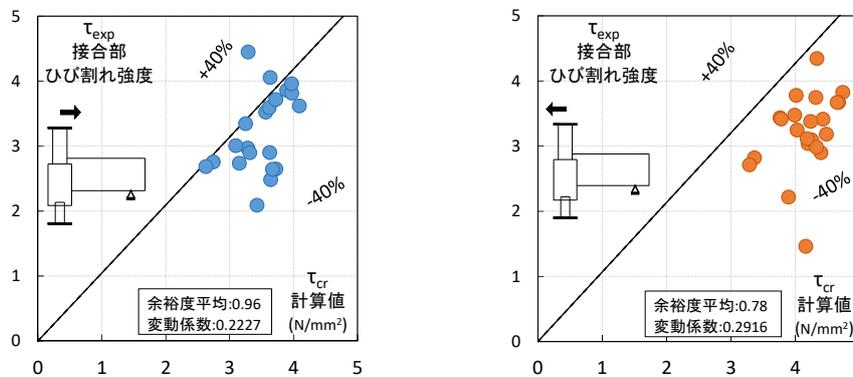


図 2.1.4-136 アーチ機構の有効断面によるパイルキャップせん断ひび割れ強度と実験値

表 2.1.4-52 既往研究の有効断面によるパイルキャップせん断ひび割れ強度の計算諸元

試験体名	計算要素						計算結果					
	$\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	柱 基礎梁 トン 軸力 (kN)	柱 基礎梁 ヒラキ 軸力 (kN)	b: 有効 材幅 (mm)	D: 有効 材 せい (mm)	杭—基礎梁が開く方向			杭—基礎梁が閉じる方向		
							$\tau_{exp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	計算値 $\tau_{cr}$	余裕度 $\tau_{exp}/\tau_{cr}$	$\tau_{exp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	計算値 $\tau_{cr}$	余裕度 $\tau_{exp}/\tau_{cr}$
標準型	27.0	1.7	627	1071	405	421	2.3	3.0	0.75	2.2	3.7	0.59
かご筋型	27.0	1.7	655	1052	405	421	1.9	3.1	0.61	1.9	3.7	0.51
No.1	25.4	1.7	666	945	405	421	1.5	3.0	0.51	1.9	3.5	0.54
No.2	25.4	1.7	663	965	405	421	2.5	3.0	0.83	2.1	3.5	0.60
No.3	25.4	1.7	653	969	405	421	2.2	3.0	0.73	1.9	3.5	0.55
No.4	26.6	1.7	676	892	405	421	2.3	3.1	0.74	0.9	3.4	0.26
No.5	29.0	1.8	803	1142	405	421	2.2	3.4	0.66	2.4	3.9	0.61
SG-01	29.0	1.8	676	1367	523	543	2.5	2.7	0.90	2.1	3.4	0.60
A-1	27.2	1.7	615	864	388	403	2.1	3.1	0.69	1.8	3.5	0.50
A-2	28.2	1.8	630	929	388	403	2.1	3.2	0.67	2.0	3.7	0.56
A-3	28.2	1.8	629	919	388	403	2.2	3.2	0.69	2.0	3.7	0.56
A-4	28.2	1.8	371	646	388	403	1.9	2.7	0.69	2.1	3.2	0.65
A-6	31.0	1.8	372	729	388	403	3.0	2.8	1.09	2.4	3.5	0.70
A-7a	28.4	1.8	379	633	388	403	1.7	2.7	0.61	1.9	3.2	0.60
A-7b	28.4	1.8	390	647	388	403	1.6	2.7	0.59	1.8	3.2	0.56
A-8	25.7	1.7	352	589	388	403	1.7	2.6	0.65	1.9	3.0	0.63
A-9	26.0	1.7	366	591	388	403	1.5	2.6	0.58	1.9	3.0	0.63
B-1	28.2	1.8	629	913	388	503	1.4	3.0	0.47	1.6	3.4	0.47
C-1	29.2	1.8	677	944	388	403	2.0	3.3	0.60	2.3	3.7	0.63
C-2	27.2	1.7	601	834	388	403	1.6	3.1	0.51	1.7	3.5	0.48
C-3	25.9	1.7	330	596	388	403	2.1	2.5	0.82	2.1	3.0	0.70
C-4	24.3	1.6	307	589	388	403	2.0	2.4	0.84	2.0	3.0	0.69

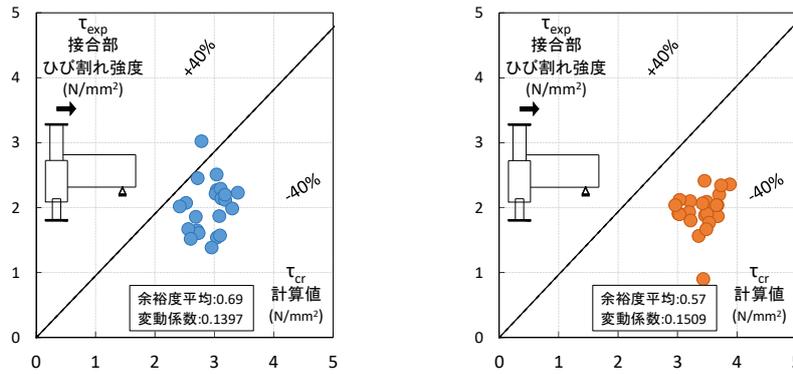


図 2.1.4-137 既往研究の有効断面によるパイルキャップせん断ひび割れ強度と実験値

アーチ機構の有効断面を用いた場合の載荷方向による結果を比較すると、余裕度平均は柱—基礎梁が閉じる方向では 0.96、柱—基礎梁が開く方向では 0.78 と、載荷方向による差異が大きくなった。このことから、パイルキャップせん断ひび割れ発生時の有効断面は載荷方向によって異なる可能性があると考えられる。

アーチ機構の有効断面によるひび割れ強度と既往の研究における有効断面によるひび割れ強度の計算値と実験値を比較すると、正負両方向共にアーチ機構の有効断面を用いた方が余裕度の平均は 1 に近くなったが、試験体ごとのばらつきは大きくなった。しかしアーチ機構の有効断面を用いた方が比較的安全側に評価できた。

(10) 等価粘性減衰定数

各試験体の等価粘性減衰定数( $H_{eq}$ )を算出し、比較を行う。図 2.1.4-138 に等価粘性減衰定数の算出方法を示す。繰り返し载荷を行ったサイクルに関しては2サイクル目で評価を行った。各試験体の算出結果を図 2.1.4-139~図 2.1.4-144 に、各試験体の比較を図 2.1.4-145~図 2.1.4-147 に示す。なお比較対象として過去試験体 A-4<sup>[2-8]</sup>の結果と比較も記載する。

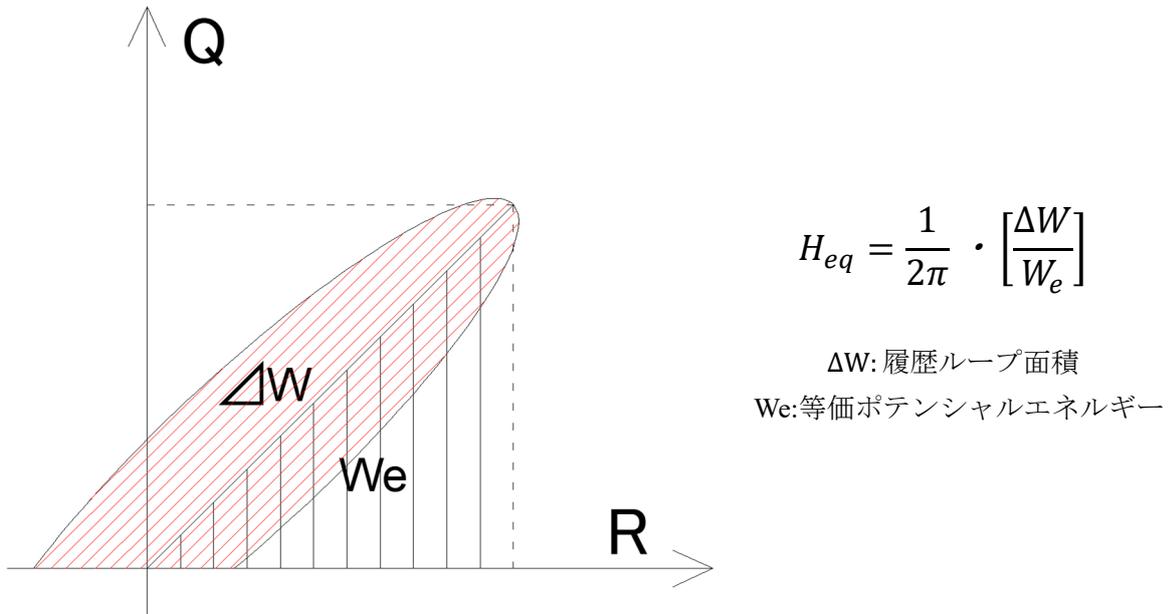


図 2.1.4-138 等価粘性減衰定数の算出方法

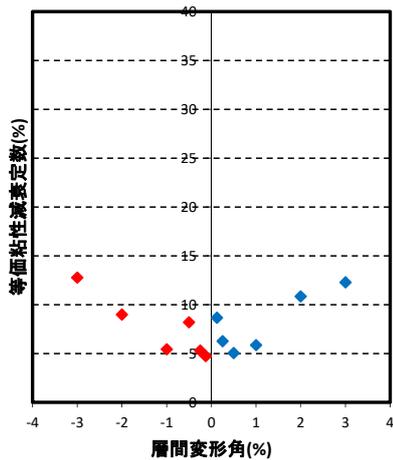


図 2.1.4-139  $H_{eq} - R$ 関係 A-7a

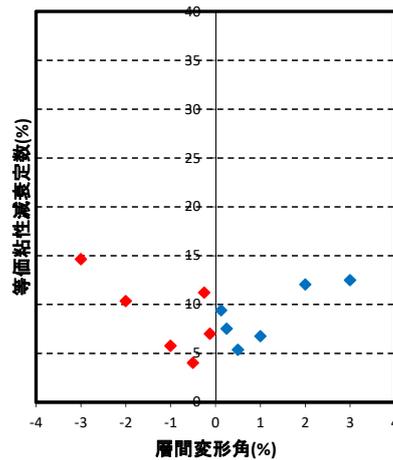


図 2.1.4-140  $H_{eq} - R$ 関係 A-7b

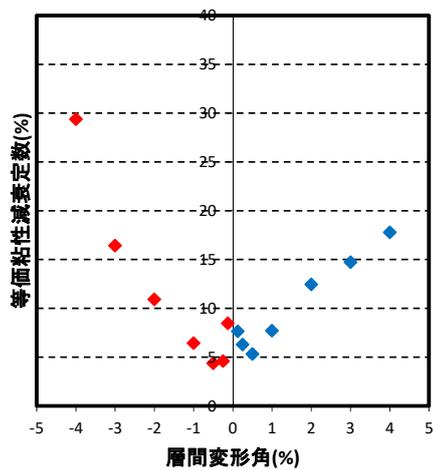


図 2.1.4-141  $H_{eq} - R$ 関係 A-8

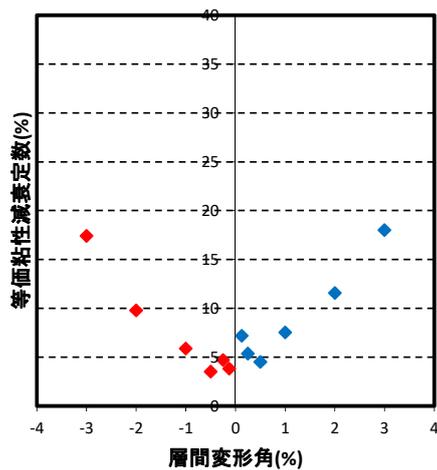


図 2.1.4-142  $H_{eq} - R$ 関係 A-9

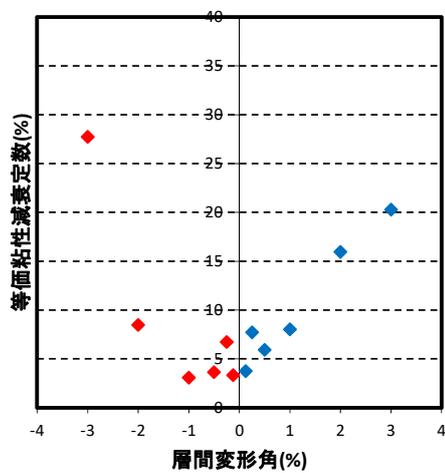


図 2.1.4-143  $H_{eq} - R$ 関係 C-4

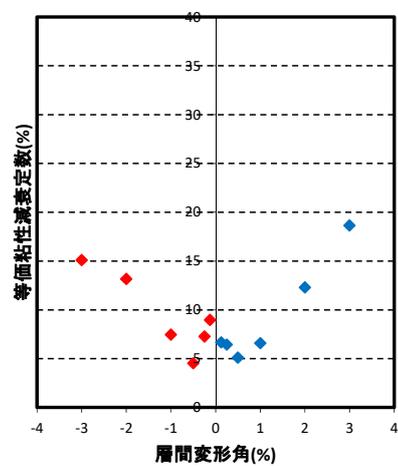


図 2.1.4-144  $H_{eq} - R$ 関係 A-4

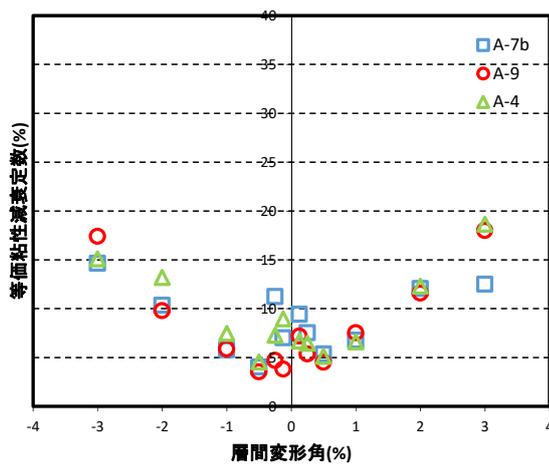


図 2.1.4-145  $H_{eq} - R$ 関係 A-7b, A-9, A-4 比較

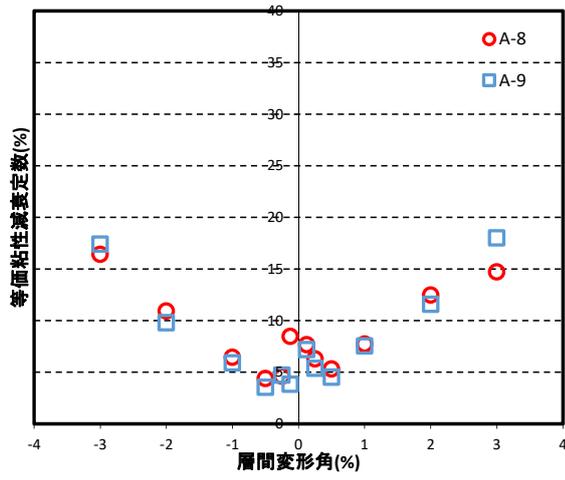


図 2.1.4-146  $H_{eq} - R$ 関係 A-8, A-9 比較

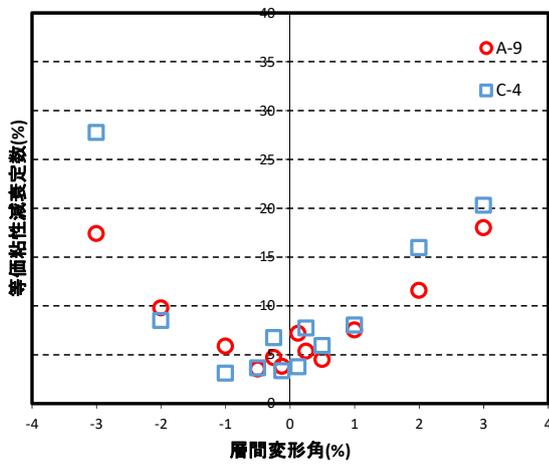


図 2.1.4-147  $H_{eq} - R$ 関係 A-9, C-4 比較

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ・試験体 A-7b, A-9, A-4 比較

パイルキャップ内柱帯筋量  $c p_w$  が同量配筋されており、柱帯筋量  $c p_w$  が異なる試験体3体を比較すると、正載荷側に関しては  $R=3\%$  で柱帯筋量  $c p_w$  が一番多い試験体 A-7b が一番小さい値を示し、負載荷側に関しては  $R=-3\%$  で柱帯筋量  $c p_w$  が一番少ない試験体 A-9 が大きい値を示した。これより柱帯筋量  $c p_w$  は減衰にほとんど影響を及ぼさないと考えられる。

### ・試験体 A-8, A-9 比較

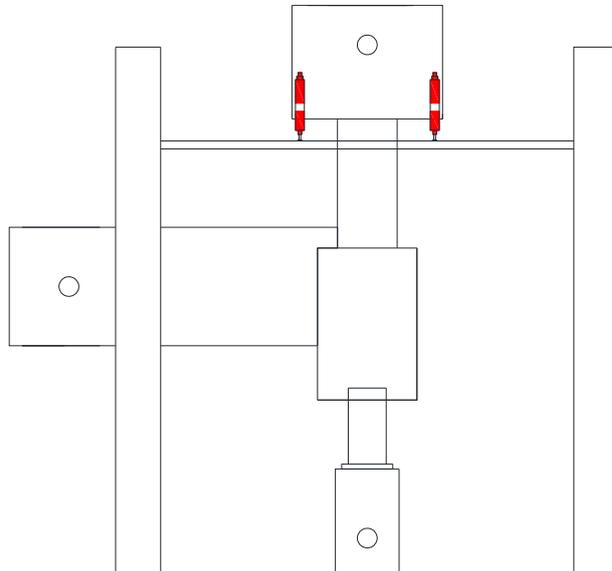
柱帯筋量  $c p_w$  が同量配筋されており、パイルキャップ内柱帯筋量  $c p_w$  が異なる試験体2体を比較すると、正載荷側に関しては  $R=2\%$  までほとんど同じ値を示しているが、 $R=3\%$  時にはパイルキャップ帯筋が少ない試験体 A-9 の方が大きい値を示した。2体の最大耐力後の性状は異なり、試験体 A-8 は最大耐力後に柱脚部の圧壊が進行したのに対し、試験体 A-9 は柱脚部の損傷があまり見られず、パイルキャップの損傷が大きくなった。これより柱脚部の圧壊の方が、パイルキャップで破壊するよりエネルギー吸収率が低いことが考えられる。

### ・試験体 A-9, C-4

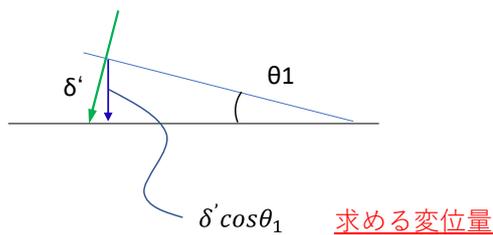
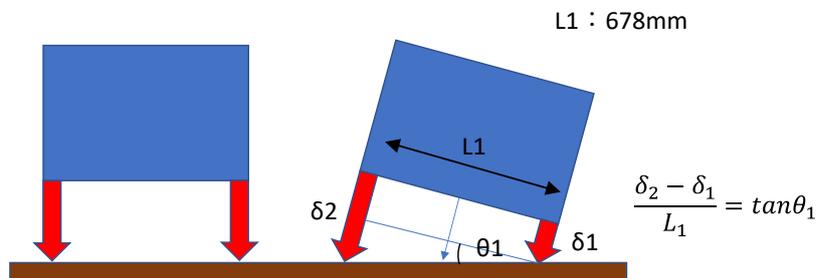
偏心柱を有する試験体 C-4 と、パイルキャップ内の配筋が同じ試験体 A-9 を比較すると、正負共に最大耐力後の減衰定数は試験体 C-4 の方が大きい値を示している。試験体 C-4 は杭頭接合面の損傷が大きくなり杭の抜け出しが発生していた。よって杭の抜け出しによる破壊はパイルキャップせん断破壊よりもエネルギー吸収が高い可能性がある。

(11) パイルキャップ軸方向変形

軸方向の変形量は図 2.1.4-148 に示す変位計（赤色）にて計測した値を使用した。なお、柱頭部の回転を考慮して軸方向変形を求めた。図 2.1.4-149 に軸方向の変形量を示す。



(a) 計測した変位計



(b) 計測した変位計による回転考慮

図 2.1.4-148 軸方向変形の求め方

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

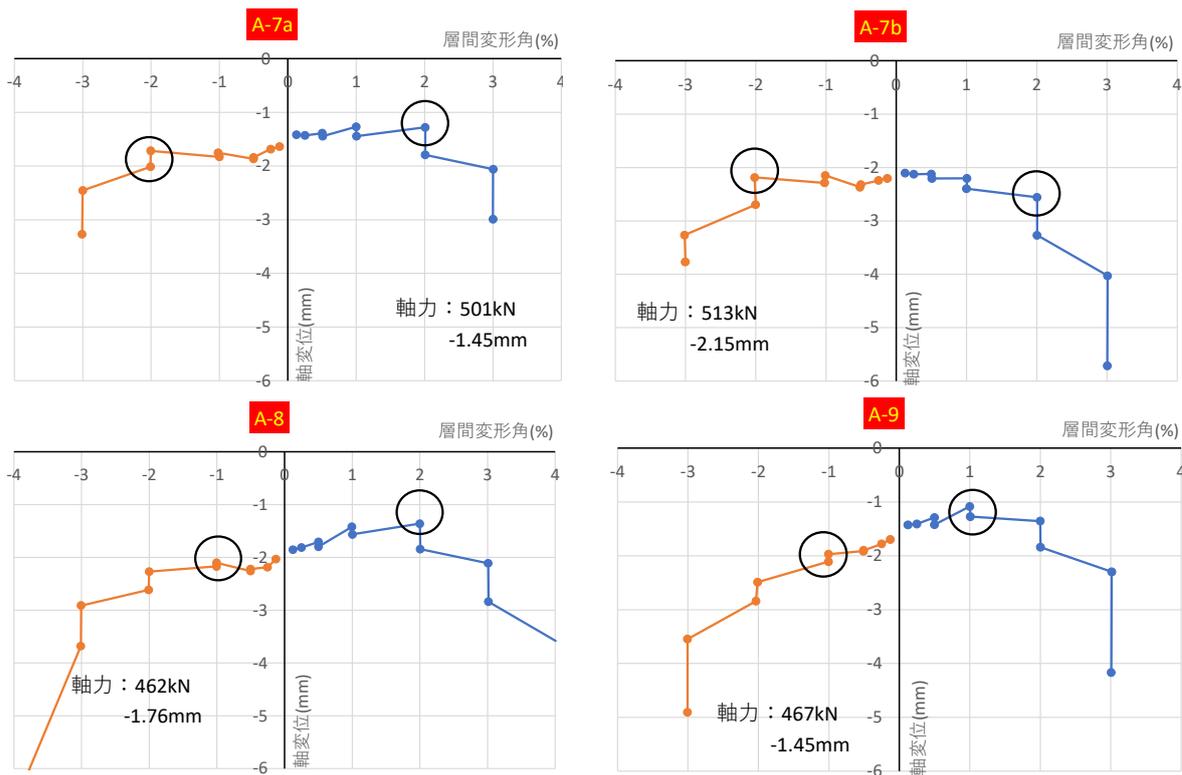


図 2.1.4-149 軸方向変形

### ・試験体 A-7a, A-7b 比較

両試験体ともに最大耐力時まで軸方向への変形量はほぼ一定値を示した。試験体 A-7b の正載荷時においては若干縮み量が増加していた。最大耐力時以降、急激に縮み量が増加した。

R=3.0%時に試験体 A-7a においては 3.0mm, 試験体 A-7b においては, 正載荷時に 5.8 mm, 負載荷時に 3.9 mm となった。

### ・試験体 A-8, A-9 比較

両試験体ともに, 最大耐力時以降, 急激に縮み量が増加した。

R=3.0%時に試験体 A-8 においては正載荷時に 3.0mm, 負載荷時に 3.7 mm となった。試験体 A-9 においては, 正載荷時に 4.2 mm, 負載荷時に 5.0 mm となった。

## 2.1.5 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) パイルキャップ帯筋量 $p_w$ による影響

- 1) パイルキャップ帯筋量 $p_w$ の異なる試験体 A-8, A-9 を比較すると、最大耐力は $p_w$ が多い試験体 A-8 が正負両方向共に大きくなった。
- 2) 試験体 A-8, A-9 の最大耐力の決定要因はいずれもパイルキャップせん断破壊であった。しかし最大耐力後の破壊性状は、試験体 A-8 は柱脚部の圧壊、試験体 A-9 はパイルキャップせん断破壊と、異なる破壊性状を示した。これより、パイルキャップ帯筋を多く配筋することで最大耐力後のパイルキャップの損傷を抑制することができると考えられる。
- 3) 試験体 A-8, A-9 のパイルキャップ帯筋のひずみ分布から、 $p_w$ を多くすることでパイルキャップ帯筋一本あたりに作用する引張力が分散され、一本あたりのひずみが小さくなった。
- 4) パイルキャップ入力せん断力に関して、 $p_w$ が多くなっても入力せん断力はほぼ変わらないか、もしくは若干大きくなる傾向が見られた。

(2) パイルキャップ内柱帯筋量 $c_w$ による影響

- 1) パイルキャップ内柱帯筋量 $c_w$ の異なる試験体 A-7b, A-9, また過去試験体 A-4 を比較すると、最大耐力は $c_w$ が一番少ない試験体 A-9 が小さくなったが、A-7b と A-9 の2体の最大耐力はほぼ一緒だった。
- 2) 試験体 A-7b, A-9, A-4 の3体の破壊性状に大きな違いは見られなかった。よって柱帯筋はパイルキャップ帯筋よりもパイルキャップの損傷に与える影響が小さいと考えられる。
- 3) 試験体 A-7b, A-4 の柱帯筋のひずみ分布から、柱帯筋量 $c_w$ を多くしても帯筋のひずみはあまり変わらないことが分かった。このことから、パイルキャップ帯筋と柱帯筋がパイルキャップのせん断抵抗に寄与している割合が異なると考えられる。
- 4) パイルキャップ入力せん断力に関して、 $c_w$ が0.15%より少ない範囲では $c_w$ が多いほど入力せん断力は大きくなるが、0.15%より多い範囲では入力せん断力はほぼ一定の値となったことから、 $c_w$ がパイルキャップのせん断強度に与える影響は、本研究の範囲内では $c_w \leq 0.15\%$ に定められる。

(3) パイルキャップ内の総帯筋量 ( $p_w + c_w$ ) による影響

- 1) パイルキャップ内の総帯筋量 ( $p_w + c_w$ ) がほぼ同量配筋されており、 $p_w$ と $c_w$ のそれぞれの配筋されている比率が異なる試験体 A-7a, A-7b を比較すると、最大耐力にあまり大きな差は見られなかった。よってパイルキャップ内の総帯筋量が最大耐力に起因していると考えられる。
- 2) 試験体 A-7a, A-7b の破壊性状から、パイルキャップ帯筋の方がパイルキャップせん断ひび割れの増大を抑制し、脆性的なせん断破壊を防ぐ効果が高いと考えられる。
- 3) パイルキャップ入力せん断力に関して、正載荷側に関しては概ねパイルキャップ内の総帯筋量が多くなるほど入力せん断力が大きくなる傾向にあったが、負載荷側では総帯筋量が多くなっても入力せん断力がほぼ変わらない結果となった。

## (4) 偏心による影響

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 1) 偏心柱を有する試験体 C-4 と、パイルキャップ内の配筋が同じである試験体 A-9 を比較すると、最大耐力は正載荷側では試験体 C-4 が大きくなり、負載荷側ではほぼ同じ値となった。偏心によって層せん断力を算出する際の力のつり合いの影響で、試験体 C-4 は正負で最大耐力が大きく異なった。
  - 2) 試験体 C-4 の正載荷時に関して、パイルキャップ下面の損傷が大きくなり杭の埋込部で破壊したため、パイルキャップ内の配筋が同じでも偏心する影響で破壊性状が異なる可能性があることが分かった。
  - 3) 入力せん断力に関して、正負共に試験体 C-4 の方が最大入力せん断力は大きくなった。これは基礎梁主筋のパイルキャップへの埋め込み長さによる影響だと考えられる。
- (5) パイルキャップ内帯筋の負担応力
- 1) 各試験体の最大耐力時にパイルキャップ帯筋および柱帯筋が負担している応力は、正載荷時と負載荷時、またパイルキャップ帯筋と柱帯筋でそれぞれ異なる割合を負担していることが分かった。
  - 2) 本研究における試験体で算出した帯筋の負担応力割合を考慮することで、既往の研究で提案されているパイルキャップせん断強度式で実験値を安全側で評価することができた。
- (6) パイルキャップせん断ひび割れ強度
- 1) 既往の研究によって示されたパイルキャップせん断ひび割れ強度について、アーチ機構におけるパイルキャップ有効断面を用いることで、従来の仮想断面を用いるより実験値を安全側に評価できた。
  - 2) 載荷方向によって実験値と計算値の評価が大きく異なるため、パイルキャップせん断ひび割れ強度の有効断面は載荷方向によって異なる可能性がある。

## 2.2 架構形状の違いによる検証

### 2.2.1 研究背景と目的

現状、既往の文献[2-1]にて、高軸力や変動軸力を受ける側柱を対象に側柱下のパイルキャップの地震時挙動を検討することで、パイルキャップの破壊性状を検討し、設計時に必要となるせん断強度を提案した。一方で、上部構造の柱梁接合部においても、ト形接合部のせん断強度は一般に十字形接合部よりも小さいとされ、学会指針ではト形接合部については十字形接合部の強度の0.7倍と形状による低減率が定められている。そこで、パイルキャップにおいても、形状の違いがせん断強度式にどう影響するかは未解明な部分が多く、本実験では十字形の部分架構で形状の影響を確認する。

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### 2.2.2 実験概要

#### (1) 試験体概要

##### 1) 試験体諸元

試験体は鉄筋コンクリート造(RC造), 8階建ての中層建築物の十字形部分架構を参考に設計を行い, パイルキャップ, 基礎梁, 柱, 杭により構成された約1/3スケールモデルの試験体を製作した。試験体D-3(3章)において柱脚部に損傷が集中したことから, 今回の試験体は柱の強度を高めるため, 鋼板を巻き, 設計コンクリート強度を $30\text{ N/mm}^2$ から $60\text{ N/mm}^2$ にした。今回の試験体F-1と過去の試験体A-9の試験体諸元を表2.2.2-1に示す。

本研究では実験変数を試験体F-1は形状とした。パイルキャップ内配筋は松本<sup>[2-12]</sup>による縦筋, 帯筋からなるかご筋型配筋としている。縦筋にD6(SD295A)とD10(SD295A), 帯筋に試験体F-1はD6(SD295A)を使用した。

表 2.2.2-1 試験体諸元

試験体		A-9	F-1
軸力(柱軸力比)		467kN(0.2)	540kN(0.2)
コンクリート強度	柱	26N/mm <sup>2</sup>	60N/mm <sup>2</sup>
	梁		30N/mm <sup>2</sup>
	パイルキャップ		
柱	幅×せい	300mm×300mm	
	主筋	8-D13(MK785)	12-D13(MK785)
	補強筋	D6(MK785)@50	
	パイルキャップ内補強筋(帯筋比cPw)	D6(SD295A)@300 (0.05%)	
基礎梁	幅×せい	200mm×600mm	
	主筋	上端下端共3-D22(PBSD930)	
	補強筋	U9.0(1275MPa)ウルボン@50	
	腹筋	2-D6(SD295A)	
杭	杭種	S45C φ190.7t-45mm	
	アンカー筋	8-D19(SD490)	12-D19(SD490)
	アンカー筋補強筋	-	
パイルキャップ	幅×せい×高さ	500mm×500mm×770mm	
	縦筋 90度方向	4-D6(SD295A)	
	縦筋 45度方向	4-D10(SD295A)	
	帯筋(帯筋比pcPw)	D6(SD295A)@100 (0.1%)	
	中子筋	-	-

2) 試験体概要

試験体 F-1 の外形図を図 2.2.2-1 示す。

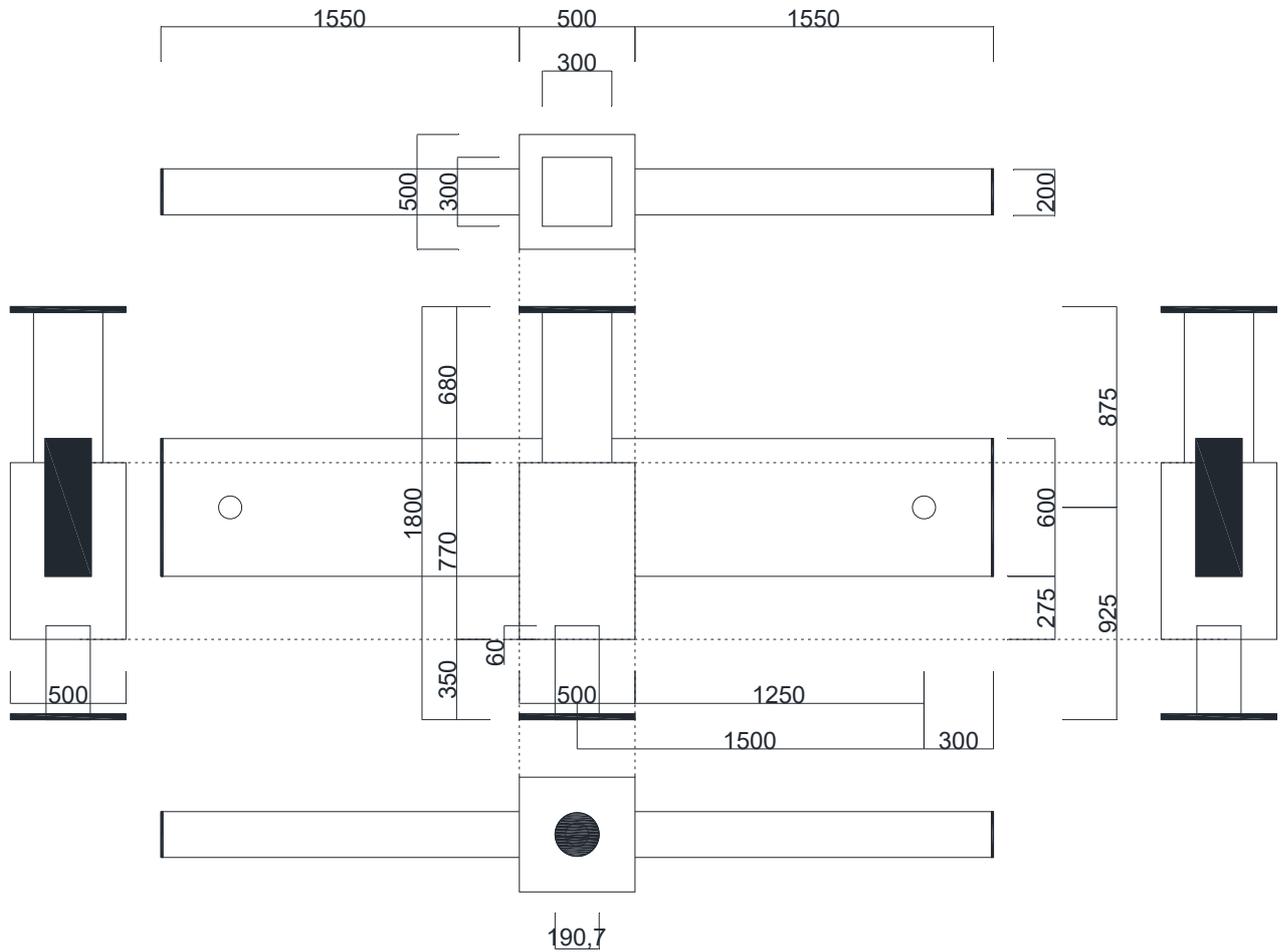


図 2.2.2-1 試験体 F-1 外形図

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

3) 試験体配筋

各試験体の配筋図、部材断面詳細図、および部材詳細図を図2.2.2-2～図2.2.2-7に示す。

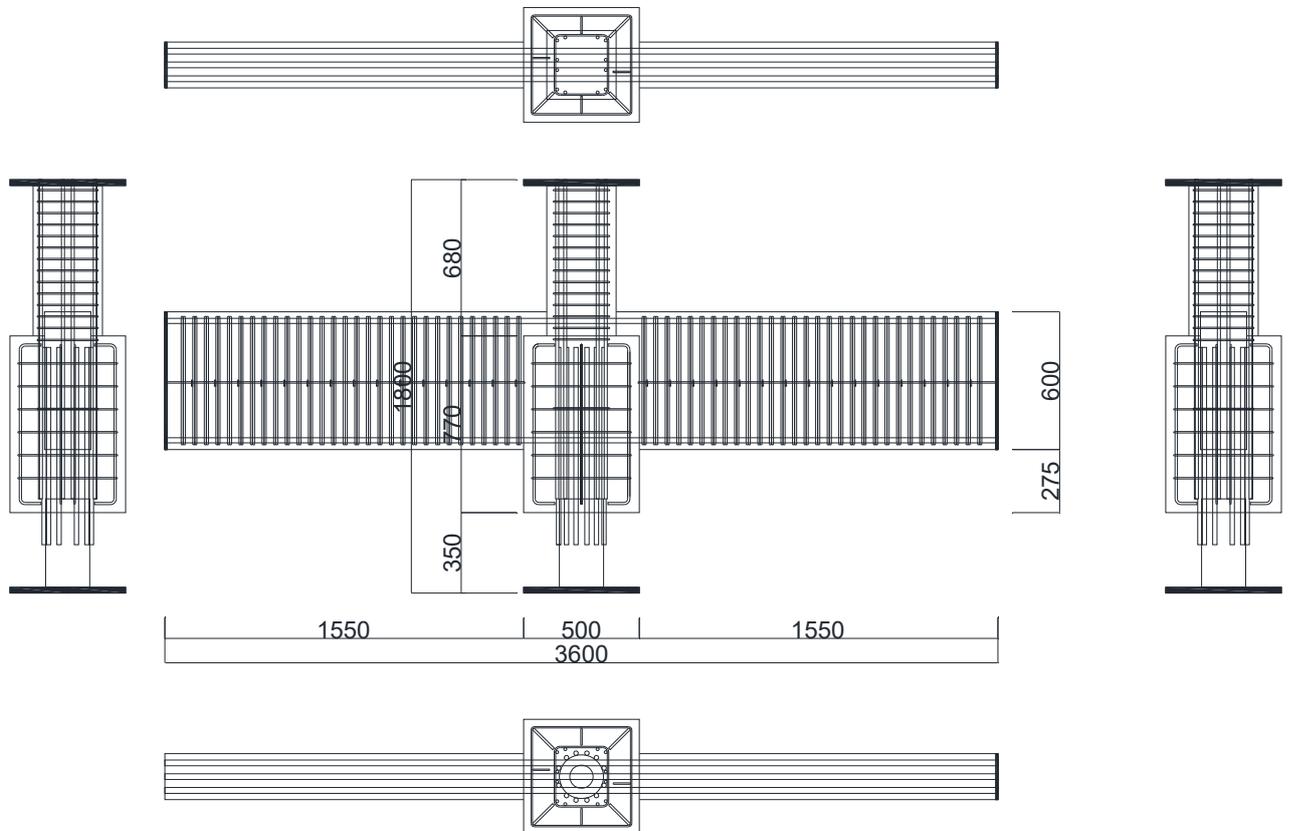


図 2.2.2-2 試験体 F-1 配筋図

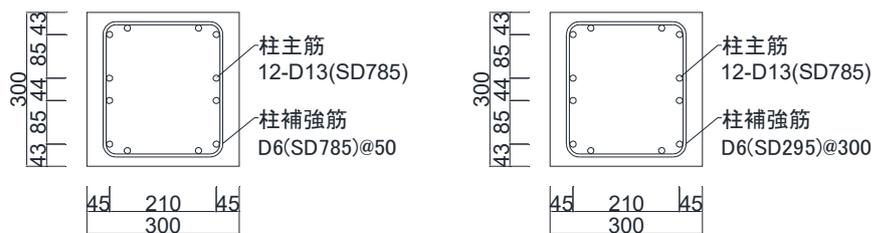


図 2.2.2-3 試験体 F-1 柱断面詳細図 (左:柱, 右:パイルキャップ内柱)

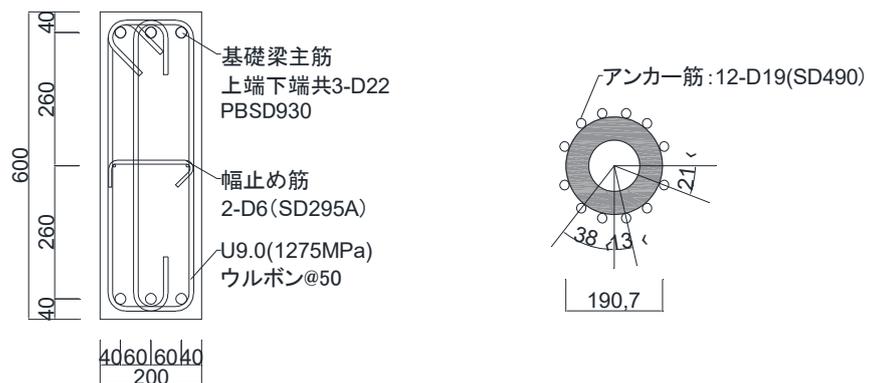


図 2.2.2-4 試験体 F-1 基礎梁詳細図

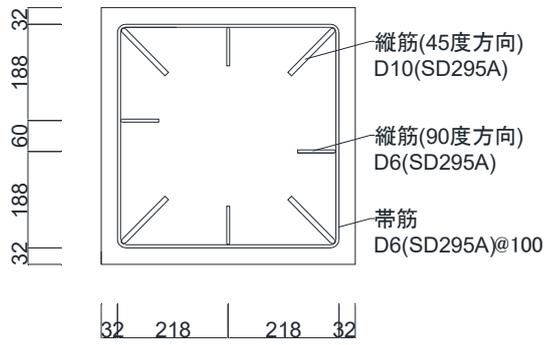


図 2.2.2-5 試験体 F-1 杭断面詳細図

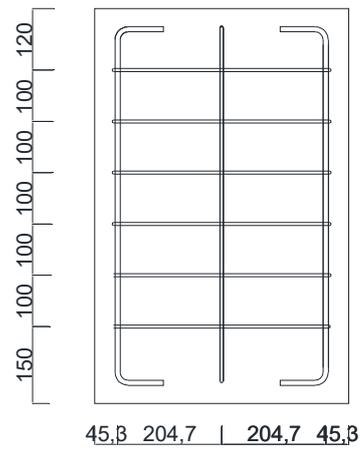


図 2.2.2-6 試験体 F-1 パイルキャップ断面詳細図

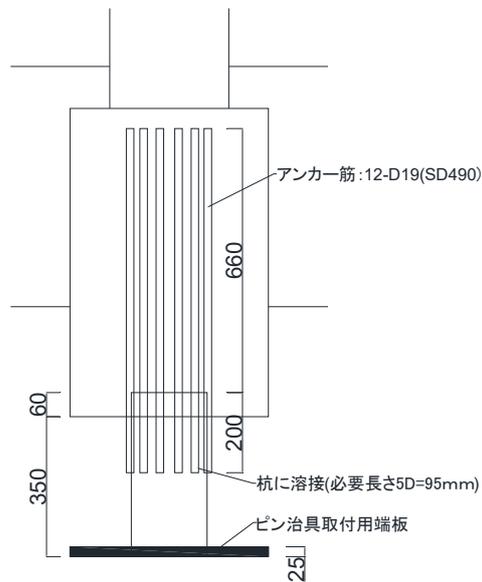


図 2.2.2-7 試験体 F-1 杭部材詳細図

(2) 材料特性

1) コンクリート

コンクリートは、セメントに普通セメント、細骨材に砂(陸砂)、細骨材に碎石(最大径 13mm)を使用した。コンクリートの打設方向は縦打ちでパイルキャップ、基礎梁と柱に分けて打設を行った。試験体の養生方法は気中養生、コンクリートの材料試験用テストピースは封緘養生とした。

配合の設計条件を表 2.2.2-2、レディーミクストコンクリート配合表を表 2.2.2-3、フレッシュコンクリートの試験結果を表 2.2.2-4 に示す。コンクリートの受け入れ調査記録を写真 2.2.2-1, 2.2.2-2 に示す。

コンクリートの圧縮試験、割裂試験ともにアムスラー材料試験機にて行い、コンクリートのテストピースは直径  $d=100\text{mm}$ 、全長  $l=200\text{mm}$  とした。測定は、コンプレッソメータを用いて測定を行った。

JIS A 1149「コンクリートの静弾性係数試験方法」での算出方法に倣い、図 2.2.2-8 のように行った。

$$E_c = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\mu_1 - 50\mu}$$

$E_c$ :コンクリートのヤング係数(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_1$ :最大荷重の 1/3 に相当する応力(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_2$ :50 $\mu$  時の応力(N/mm<sup>2</sup>)

$\mu_1$ :応力  $\sigma_1$  時のひずみ( $\mu$ )

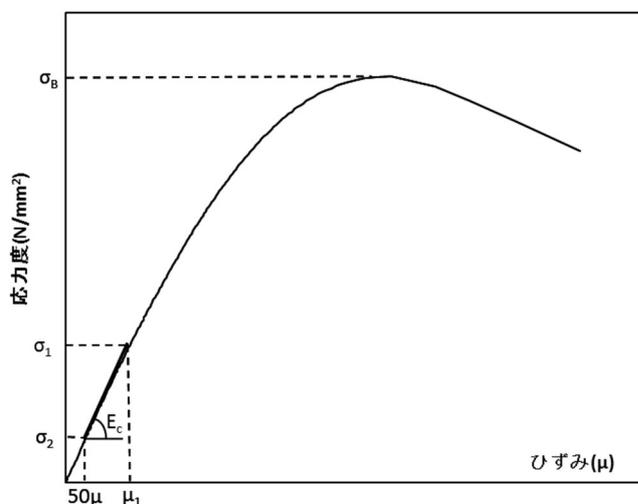


図 2.2.2-8 コンクリートの圧縮応力度—ひずみ関係

コンクリートの材料試験 1 回につき、圧縮試験、引張試験ともに 3 回ずつ行い、その平均値を試験結果とした。

また、各部材に使用したコンクリートの圧縮強度は各試験体の実験日の試験結果とした。パイルキャップ、基礎梁に使用したコンクリートの引張強度は材齢 49 日、56 日、63 日、71 日の試験結果の平均とし、柱のコンクリート引張強度は材齢 46 日、53 日、60 日、65 日の試験結果を近似した。

コンクリート圧縮試験結果を表 2.2.2-5～表 2.2.2-15、図 2.2.2-9～図 2.2.2-19、参考資料を表 2.2.2-16～表 2.2.2-30、図 2.2.2-20～図 2.2.2-23 に示す。

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

表 2.2.2-2 配合設計条件

部材	コンクリートの種類による記号	呼び強度 (N/mm <sup>2</sup> )	スランプ、スランプフロー (cm)	粗骨材の最大寸法 (mm)	セメントの種類による記号
パイルキャップ 基礎梁	普通	24	18	13	N
柱	普通	50	50	13	N

表 2.2.2-3 レディーミクストコンクリート配合表

部材	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	水 (kg/m <sup>3</sup> )	セメント (kg/m <sup>3</sup> )	細骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	粗骨材 (kg/m <sup>3</sup> )	混和剤 (kg/m <sup>3</sup> )
パイルキャップ 基礎梁	59.4	51.4	190	320	873	856	3.2
柱	37.9	49	185	488	791	853	6.34

表 2.2.2-4 フレッシュコンクリート試験結果

部材	スランプ、スランプフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	外気温度 (°C)
パイルキャップ 基礎梁	17.5	5.5	31.0	29.5
柱	44.0×44.0	1.7	34.0	32.0



写真 2.2.2-1 パイルキャップ、基礎梁  
コンクリート受入れ調査記録  
(打設日 2020年8月31日)



写真 2.2.2-2 柱  
コンクリート受入れ調査記録  
(打設日 2020年9月3日)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

・パイルキャップ、基礎梁に使用したコンクリート

表 2.2.2-5 材齢 28 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
28	①	26.03	2138	2.25
	②	25.71	2035	2.31
	③	26.19	2175	2.23
	平均	25.98	2116	2.27

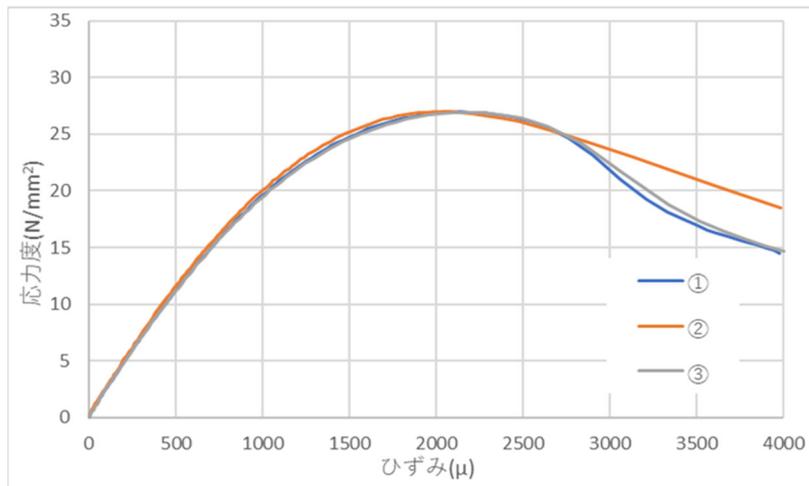


図 2.2.2-9 材齢 28 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

表 2.2.2-6 材齢 49 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
49	①	29.4	2163	2.33
	②	28.6	2253	2.26
	③	29.3	2138	2.22
	平均	29.1	2184	2.27

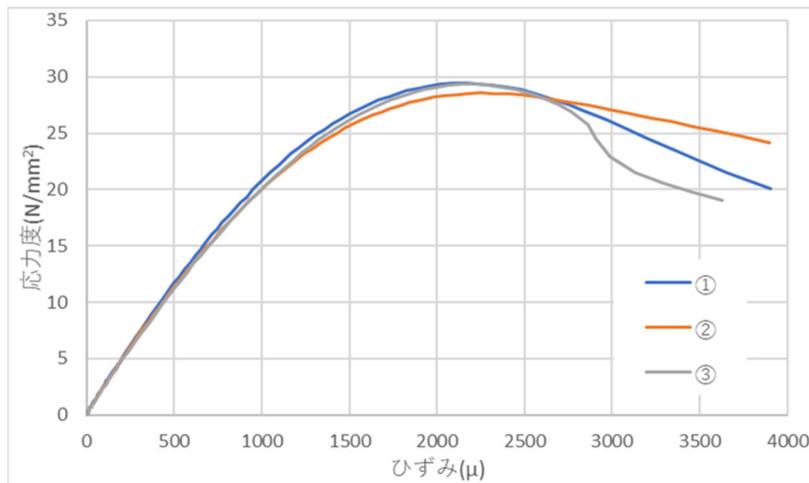


図 2.2.2-10 材齢 49 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

表 2.2.2-7 材齢 56 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
56	④	29.3	2170	2.39
	⑤	29.5	2180	2.29
	⑥	29.2	2148	2.36
	平均	29.3	2166	2.35

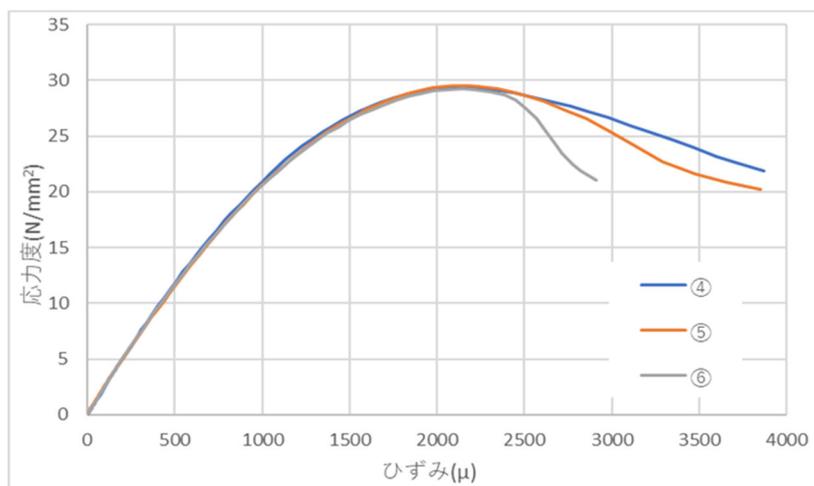


図 2.2.2-11 材齢 56 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

表 2.2.2-8 材齢 63 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
63	⑦	30.8	2370	2.38
	⑧	29.4	2370	2.38
	⑨	29.6	2173	2.38
	平均	30.0	2304	2.38

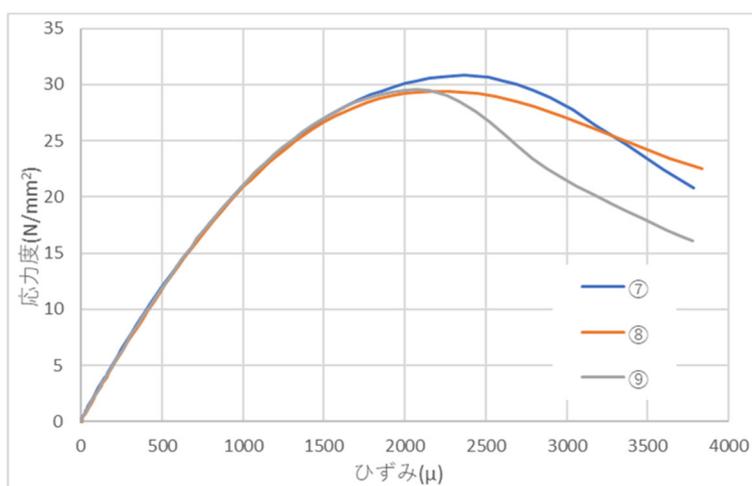


図 2.2.2-12 材齢 63 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

表 2.2.2-9 材齢 71 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
71	⑩	31.4	2215	2.32
	⑪	29.5	2200	2.23
	⑫	29.9	2230	2.30
	平均	30.3	2215	2.28

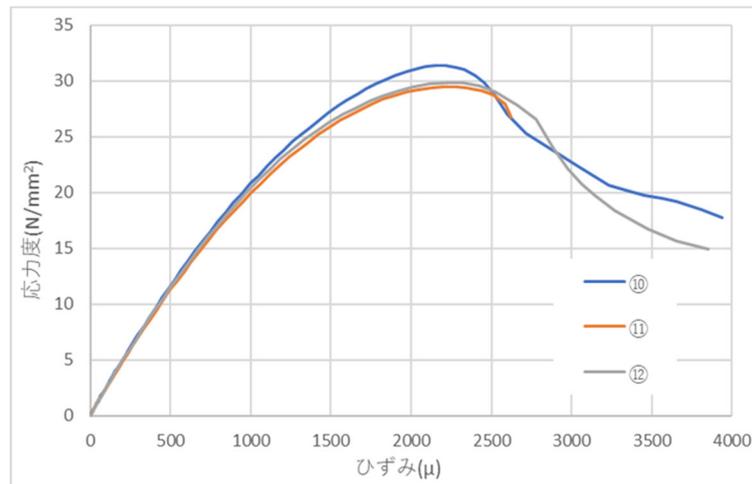


図 2.2.2-13 材齢 71 日コンクリート強度 (打設日 2020 年 8 月 31 日)

・柱に使用したコンクリート

表 2.2.2-10 材齢 28 日コンクリート強度

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ $\varepsilon_{max}$ ( $\mu$ )	ヤング率 $\times 10^4$ (N/mm <sup>2</sup> )
28	①	68.24	3143	3.01
	②	71.32	2978	3.34
	③	68.13	2643	3.39
	平均	69.23	2921	3.25

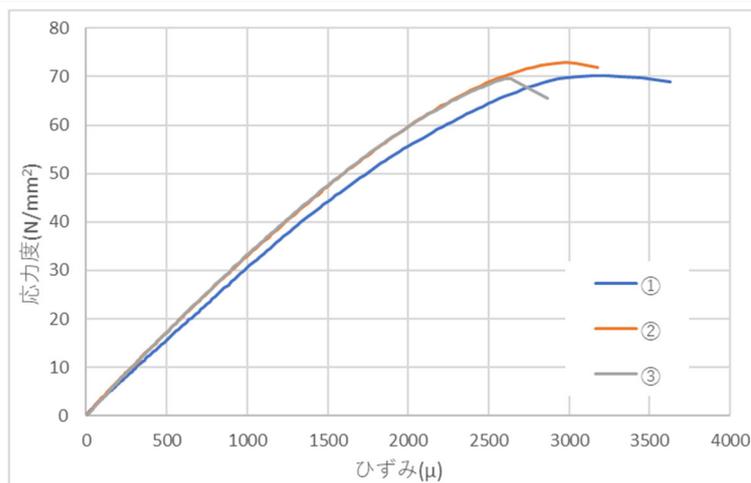


図 2.2.2-14 材齢 28 日コンクリート強度

表 2.2.2-11 材齢 46 日コンクリート強度

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ $\varepsilon_{max}$ ( $\mu$ )	ヤング率 $\times 10^4$ (N/mm <sup>2</sup> )
46	①	72.0	2905	3.38
	②	73.1	3158	3.35
	③	74.7	3060	3.38
	平均	73.2	3041	3.37

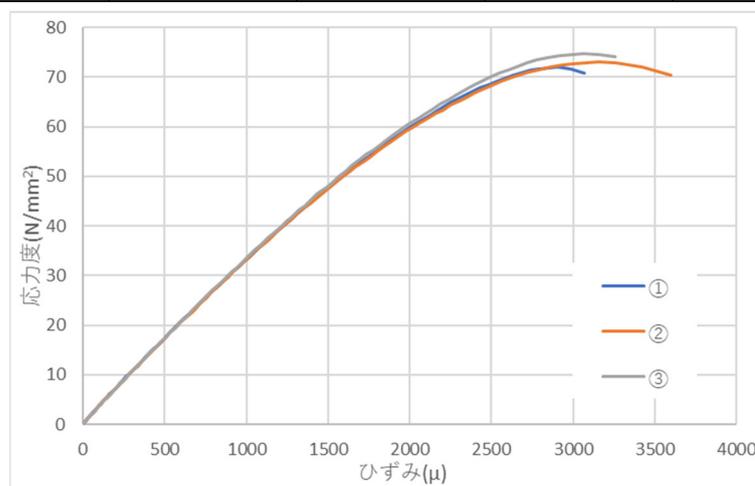


図 2.2.2-15 材齢 46 日コンクリート強度

表 2.2.2-12 材齢 53 日コンクリート強度

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
53	④	73.9	3058	3.36
	⑤	75.7	3070	3.41
	⑥	74.4	3040	3.26
	平均	74.7	3056	3.34

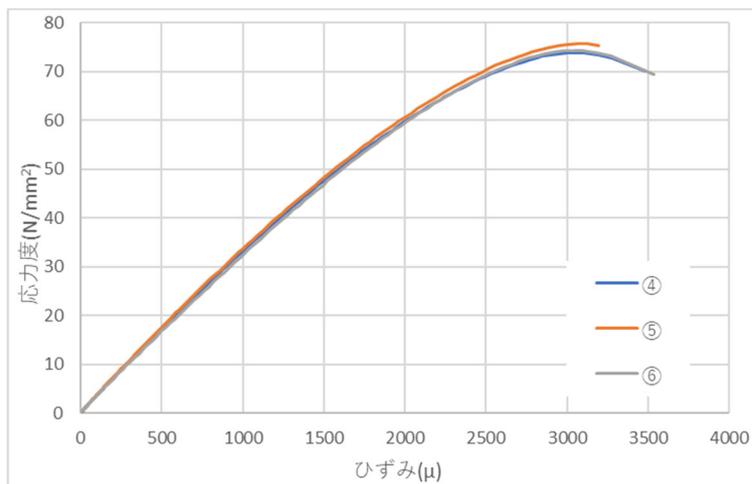


図 2.2.2-16 材齢 53 日コンクリート強度

表 2.2.2-13 材齢 60 日コンクリート強度

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
60	⑦	75.1	3100	3.50
	⑧	75.4	3090	3.40
	⑨	77.1	3090	3.44
	平均	75.9	3093	3.45

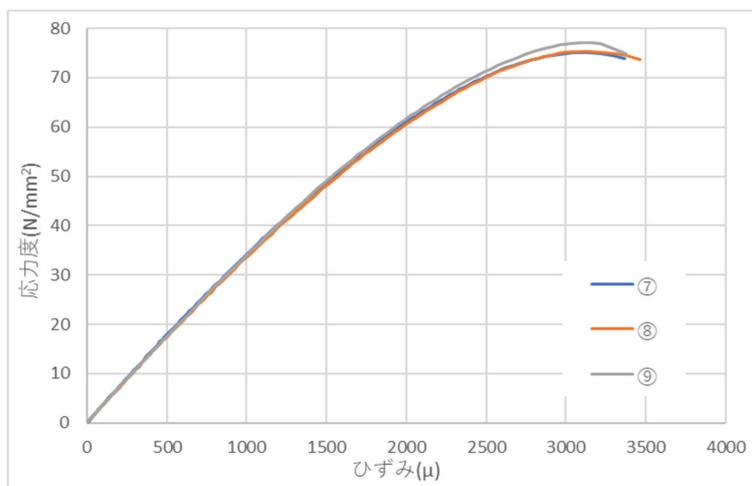


図 2.2.2-17 材齢 60 日コンクリート強度

表 2.2.2-14 材齢 68 日コンクリート強度

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
68	⑩	76.1	3095	3.50
	⑪	76.2	2970	3.47
	⑫	77.0	3095	3.44
	平均	76.4	3053	3.47

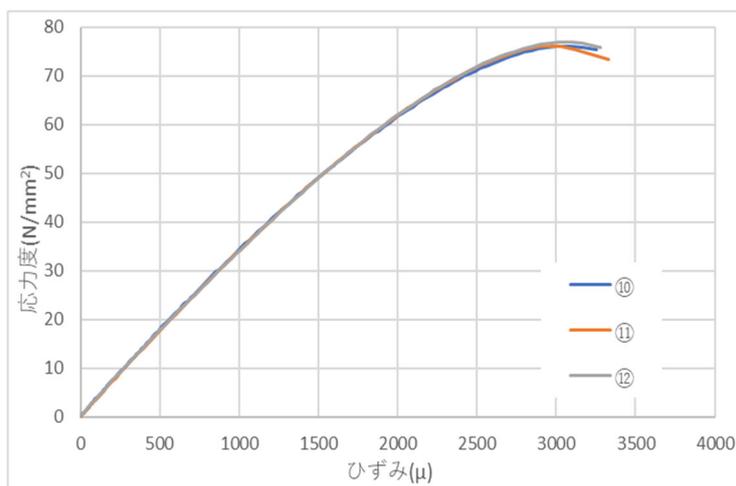


図 2.2.2-18 材齢 68 日コンクリート強度

表 2.2.2-15 材齢 74 日コンクリート強度

材齢 (日)	No.	圧縮強度 $\sigma_B(N/mm^2)$	ひずみ $\epsilon_{max}(\mu)$	ヤング率 $\times 10^4(N/mm^2)$
74	⑬	74.8	3175	3.34
	⑭	76.4	3145	3.44
	⑮	78.4	3148	3.43
	平均	76.5	3156	3.40

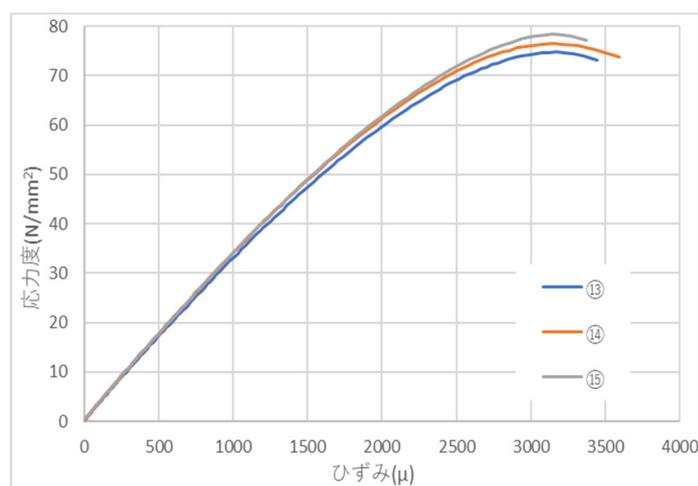


図 2.2.2-19 材齢 74 日コンクリート強度

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

以下、参考資料

- ・パイルキャップ、基礎梁に使用したコンクリート

表 2.2.2-16 コンクリート圧縮強度-材齢関係

試験日	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
2020/09/28	28	25.98
2020/10/19	49	29.11
2020/10/26	56	29.35
2020/11/02	63	29.95
2020/11/10	71	30.28

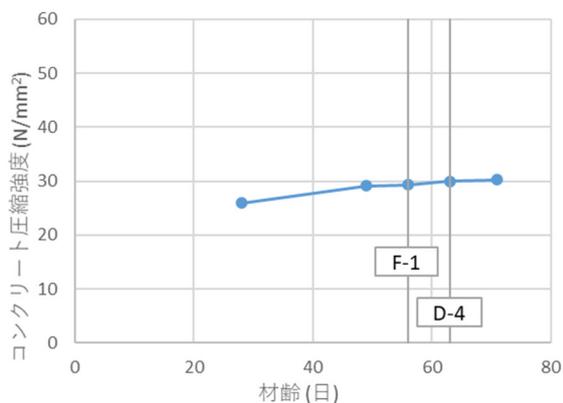


図 2.2.2-20 コンクリート圧縮強度-材齢関係

表 2.2.2-17 コンクリート引張強度-材齢関係

試験日	材齢 (日)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
2020/09/28	28	2.98
2020/10/19	49	3.56
2020/10/26	56	3.50
2020/11/02	63	3.55
2020/11/10	71	3.57

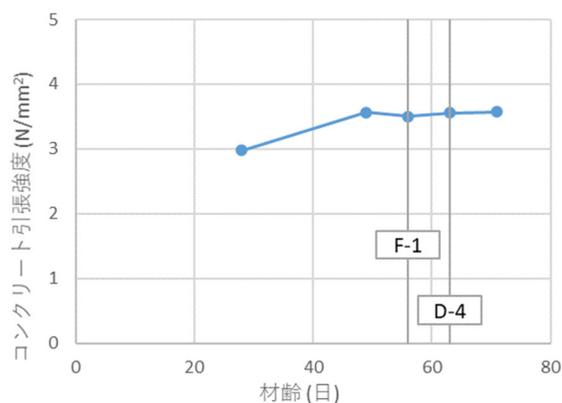


図 2.2.2-21 コンクリート引張強度-材齢関係

- ・柱に使用したコンクリート

表 2.2.2-18 コンクリート圧縮強度-材齢関係

試験日	材齢 (日)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )
2020/10/01	28	69.23
2020/10/19	46	73.24
2020/10/26	53	74.69
2020/11/02	60	75.88
2020/11/10	68	76.44
2020/11/16	73	76.54

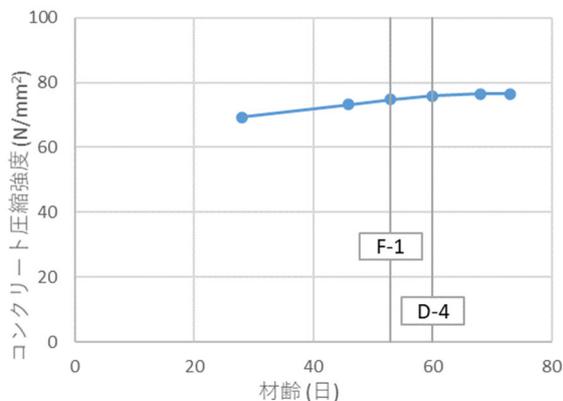


図 2.2.2-22 コンクリート圧縮強度-材齢関係

表 2.2.2-19 コンクリート引張強度-材齢関係

試験日	材齢 (日)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
2020/10/01	28	4.58
2020/10/19	46	5.71
2020/10/26	53	5.77
2020/11/02	60	6.23
2020/11/10	68	6.45
2020/11/16	73	6.42

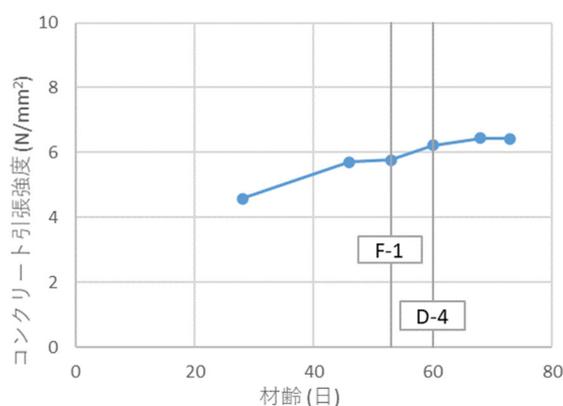


図 2.2.2-23 コンクリート引張強度-材齢関係

・パイルキャップ、基礎梁に使用したコンクリート

表 2.2.2-20 材齢 28 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(\text{N/mm}^2)$
28	④	3.0
	⑤	2.8
	⑥	3.1
	平均	3.0

表 2.2.2-21 材齢 49 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(\text{N/mm}^2)$
49	①	3.7
	②	3.9
	③	3.1
	平均	3.6

表 2.2.2-22 材齢 56 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(\text{N/mm}^2)$
56	④	3.6
	⑤	3.5
	⑥	3.4
	平均	3.5

表 2.2.2-23 材齢 63 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(\text{N/mm}^2)$
63	⑦	3.7
	⑧	3.2
	⑨	3.8
	平均	3.6

表 2.2.2-24 材齢 71 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(\text{N/mm}^2)$
71	⑩	3.3
	⑪	3.6
	⑫	3.7
	平均	3.6

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

・柱に使用したコンクリート

表 2.2.2-25 材齢 28 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(N/mm^2)$
28	④	4.5
	⑤	5.1
	⑥	4.1
	平均	4.6

表 2.2.2-26 材齢 46 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(N/mm^2)$
46	①	6.1
	②	4.9
	③	6.1
	平均	5.7

表 2.2.2-27 材齢 53 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(N/mm^2)$
53	④	6.2
	⑤	5.9
	⑥	5.2
	平均	5.8

表 2.2.2-28 材齢 60 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(N/mm^2)$
60	⑦	6.6
	⑧	5.8
	⑨	6.2
	平均	6.2

表 2.2.2-29 材齢 68 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(N/mm^2)$
68	⑩	6.2
	⑪	6.4
	⑫	6.7
	平均	6.4

表 2.2.2-30 材齢 74 日コンクリート引張強度

材齢 (日)	No.	引張強度 $\sigma_t(N/mm^2)$
74	⑬	6.6
	⑭	6.2
	⑮	6.4
	平均	6.4

2) 鋼材

使用した鉄筋は、柱主筋には試験体 D-4 は D16(MK785)，試験体 F-1 は D13(MK785)，柱補強筋に D6(MK785)，パイルキャップ内柱補強筋に D6(SD295A)を使用した。基礎梁主筋には D22(PBSD930)，基礎梁補強筋に U9.0(SBPD1275)，基礎梁の組み立て筋として幅止め筋と腹筋に D6(SD295A)を使用した。杭頭定着筋には D19(SD490)を使用した。

パイルキャップについては、かご筋型の縦筋に D6(SD295A)，D10(SD295A)，帯筋に試験体 D-4 は D13(MK785)，試験体 F-1 は D6(SD295A)を使用した。試験体 D-4 については、杭頭接合面の補強筋として中子筋に D6(SD295A)を使用した。

鉄筋の引張試験はアムスラー試験機を用いて、試験片には計測用に 2 点ゲージを貼付し鉄筋のひずみは 2 点の平均とした。鉄筋の引張強度結果を表 2.2.2-31～表 2.2.2-39 に、各鉄筋の引張応力度-ひずみ関係を図 2.2.2-24～図 2.2.2-32 に示す。降伏棚の平均を鉄筋の降伏強度とし、明確な降伏棚が確認されない場合には 0.2%オフセット法により降伏強度を算出した。鉄筋のヤング係数は、弾性範囲内の一部区間において算出を行った。また、各鉄筋の降伏判断は、降伏棚がある鉄筋に関しては材料のばらつきを考慮して降伏ひずみの 0.97 倍の値、降伏棚がない鉄筋に関しては降伏ひずみから 2000  $\mu$  減じた値を弾性限界ひずみとし、その値を 0.97 倍した値を用いて判断を行った。

表 2.2.2-31 鉄筋 D6 (SD295A) 引張試験結果

D6 SD295A	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	弾性限界 ひずみ ( $\mu$ )
1-1	31.7	373.77	4128	15.34	1.76	2128
1-2		361.70	4068	15.21	1.75	2068
1-3		356.55	4062	15.41	1.73	2062
平均	31.7	364.01	4086	15.32	1.75	2086

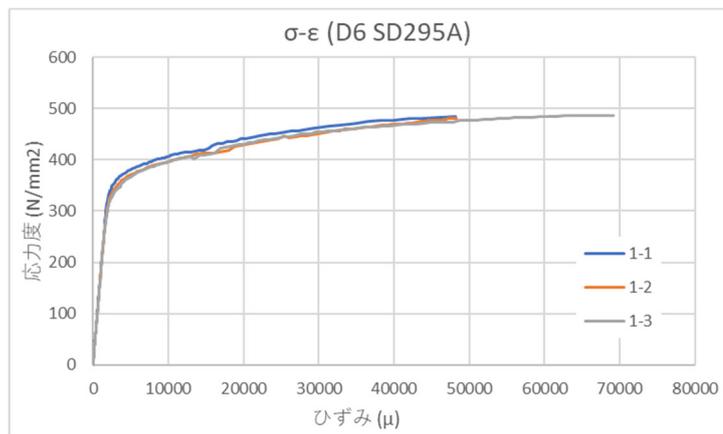


図 2.2.2-24 鉄筋 D6 (SD295A)

表 2.2.2-32 鉄筋 D6(MK785) 引張試験結果

S6 KSS785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	弾性限界 ひずみ ( $\mu$ )
2-1	31.7	895.29	6849	36.60	1.85	4849
2-2		914.82	6859	36.23	1.88	4859
2-3		930.47	7073	36.62	1.83	5073
平均	31.7	913.52	6927	36.48	1.85	4927

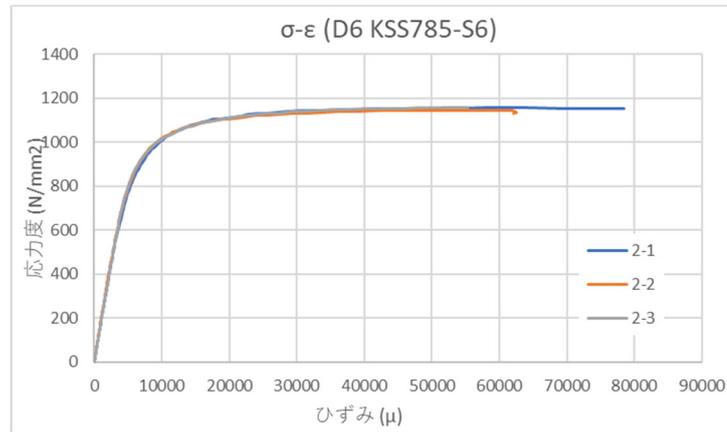


図 2.2.2-25 鉄筋 D6(MK785)

表 2.2.2-33 鉄筋 D10(SD295A) 引張試験結果

D10 SD295A	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始 時ひずみ ( $\mu$ )
5-1	71.3	332.79	1847	29.46	1.75	36176
5-2		333.18	1861	28.88	1.80	36125
5-3		327.25	1805	27.29	1.81	33032
平均	71.3	331.07	1837	28.54	1.79	35111

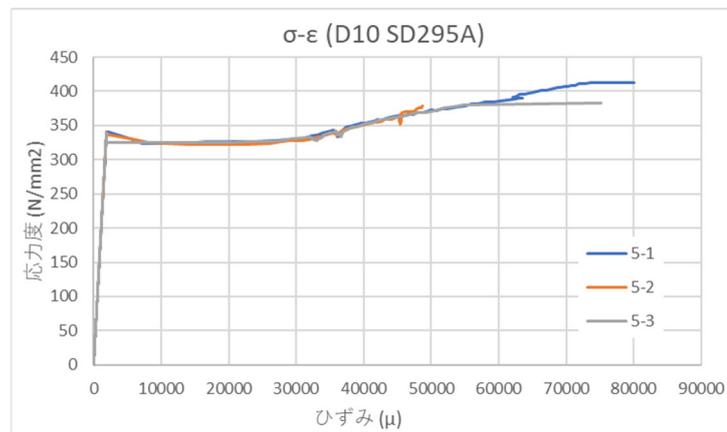


図 2.2.2-26 鉄筋 D10(SD295A)

表 2.2.2-34 鉄筋 D13(MK785) 引張試験結果

MD13 MK785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始 時ひずみ( $\mu$ )
7-1	126.7	849.16	4438	131.78	1.99	12645
7-2		834.99	4371	123.04	2.00	11486
7-3		851.52	4439	119.90	1.99	14580
平均	126.7	845.22	4416	124.91	1.99	12904

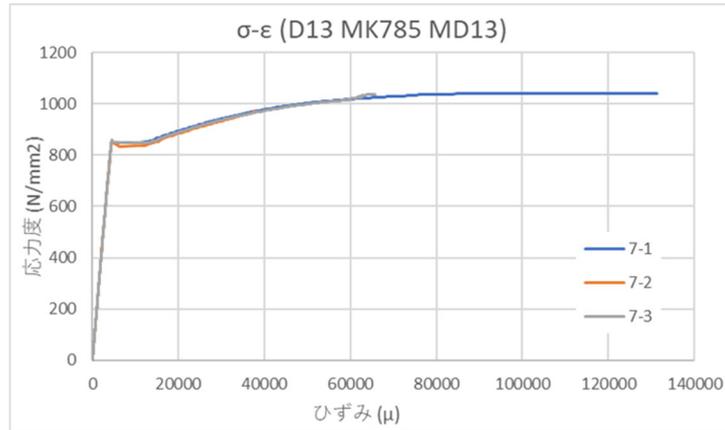


図 2.2.2-27 鉄筋 D13(MK785)

表 2.2.2-35 鉄筋 D16(MK785) 引張試験結果

MD16 MK785	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始 時ひずみ( $\mu$ )
10-1	198.6	860.02	4328	207.70	2.13	11778
10-2		853.47	4352	207.45	2.01	11079
10-3		846.74	4301	207.20	1.98	12603
平均	198.6	853.41	4327	207.45	2.04	11820

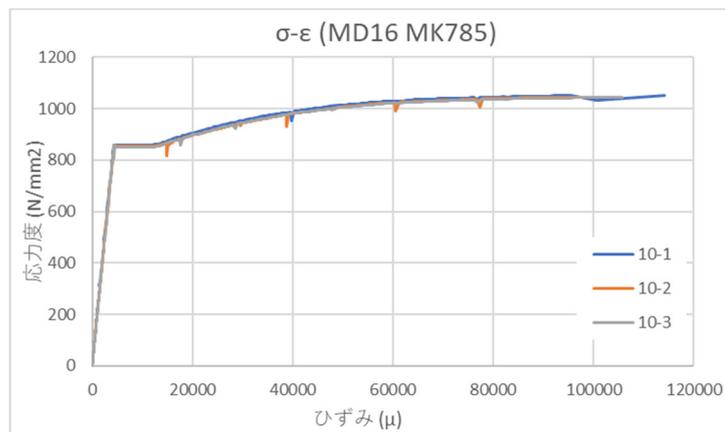


図 2.2.2-28 鉄筋 D16(MK785)

表 2.2.2-36 鉄筋 D19 (SD490) 引張試験結果

D19 SD490	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ (μ)	最大強度 (kN)	ヤング率 × 10 <sup>5</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	ひずみ硬化開始 時ひずみ (μ)
13-1	286.5	438.1	2473	175.5	1.78	8525
13-2		525.1	2942	173.7	1.81	7000
13-3		528.7	2946	173.0	1.76	8673
平均	286.5	526.9	2944	173.3	1.78	7837

※13-2 と 13-3 の数値の平均を材料特性とした。

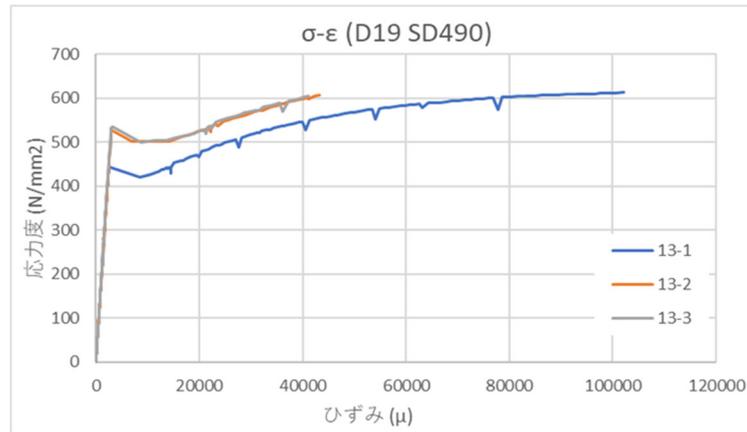


図 2.2.2-29 鉄筋 D19 (SD490)

表 2.2.2-37 鉄筋 D22 (PBSD930) 引張試験結果

D22 PBSD930	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ (μ)	最大強度 (kN)	ヤング率 × 10 <sup>5</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	弾性限界 ひずみ (μ)
15-1	387.1	985.43	7026	431.05	1.96	5026
15-2		1017.67	6986	413.55	2.04	4986
15-3		1002.95	7146	433.20	1.95	5146
平均	387.1	1002.02	7053	425.93	1.98	5053

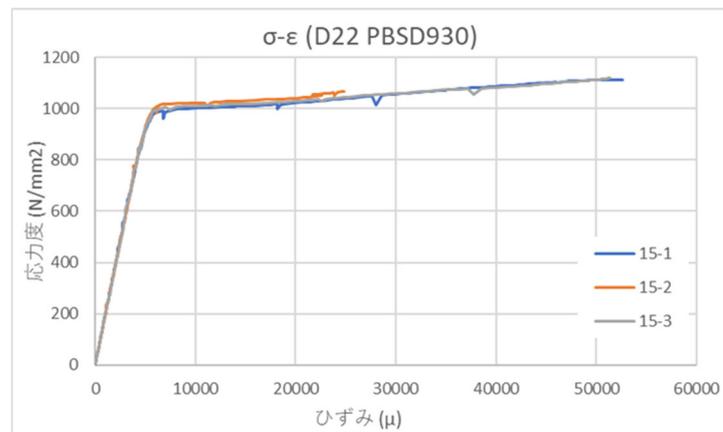


図 2.2.2-30 鉄筋 D22 (PBSD980)

表 2.2.2-38 鉄筋 U9.0 (PBSD1275) 引張試験結果

U9.0 PBSD1275	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	弾性限界 ひずみ ( $\mu$ )
17-1	64.0	1307.43	8811	89.06	1.92	6811
17-2		1279.63	8945	88.42	1.84	6945
17-3		1313.25	8817	89.90	1.93	6817
平均	64.0	1300.10	8857	89.13	1.90	6857

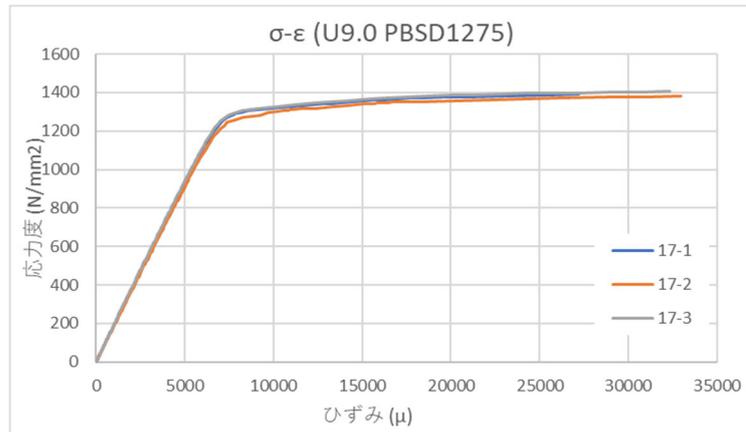


図 2.2.2-31 鉄筋 U9.0 (SBPD1275)

表 2.2.2-39 鋼板 引張試験結果

鋼板	公称断面 (mm <sup>2</sup> )	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ ( $\mu$ )	最大強度 (kN)	ヤング率 $\times 10^5$ (N/mm <sup>2</sup> )	弾性限界 ひずみ ( $\mu$ )
18-1	337.6	387.05	4006	162.55	1.93	2006
18-2	339.3	387.07	3889	161.30	2.05	1889
18-3	339.5	393.56	3986	161.60	1.98	1986
平均	338.8	389.23	3960	161.82	1.99	1960

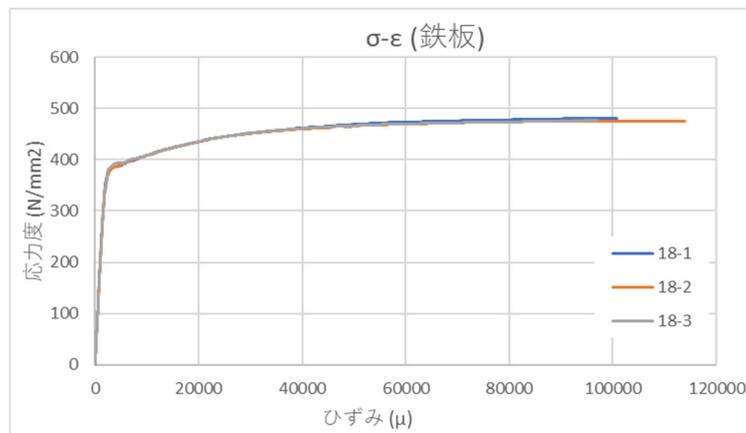


図 2.2.2-32 鋼板

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### 3) 材料特性まとめ

材料特性を以下の表 2.2.2-40, 表 2.2.2-41 に示す。

表 2.2.2-40 鉄筋材料特性

試験体	鉄筋種類	使用部材	降伏応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング率 × 10 <sup>5</sup> (N/mm <sup>2</sup> )	降伏ひずみ (μ)	弾性限界 (μ)
F-1	D6 (SD295A)*	柱補強筋、基礎梁腹筋、パイルキャップ縦筋・帯筋	364.0	1.75	4086	2086
	D6 (KSS785-S6)*	柱補強筋	913.5	1.85	6927	4927
	D10 (SD295A)	パイルキャップ縦筋	331.1	1.79	1837	-
	MD13 (MK785)	柱主筋	845.2	1.99	4416	-
	D19 (SD490)	杭頭定着筋	526.9	1.78	2944	-
	D22 (PBSD930)*	基礎梁主筋	1002.0	1.98	7053	5053
	U9.0 (PBSD1275)*	基礎梁補強筋	1300.1	1.90	8857	6857
	鋼板*	柱	389.2	1.99	3960	1960

\*0.2%オフセットにより弾性限界ひずみを算出した

表 2.2.2-41 コンクリート材料特性

圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	パイルキャップ・梁	柱	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	パイルキャップ・梁	柱
F-1	29.3	74.7	F-1	3.6	5.9

(3) 載荷方法

1) 載荷装置

載荷装置図を図 2.2.2-33 に示す。柱頭および杭脚をピン支持，基礎梁端はピンローラー支持とした。軸力は柱頭から軸力比 0.2 の一定で導入し，水平力は柱頭位置での層間変形角にて制御を行い，正負交番繰り返し載荷とした。

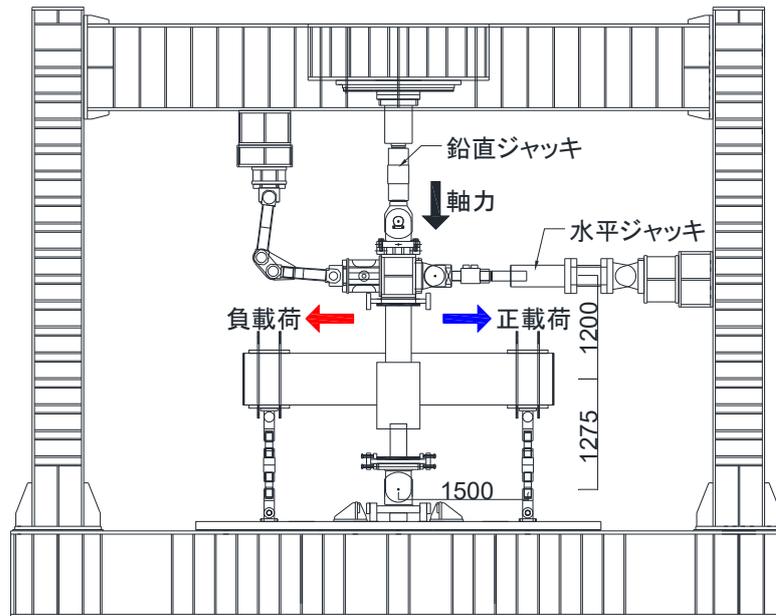


図 2.2.2-33 試験体 F-1 載荷装置図

2) 载荷スケジュール

加力は変位制御として柱頭位置での層間変形角を計測して行った。正負交番繰り返し载荷として、層間変形角  $R=0.125\%$ ,  $0.25\%$  を1回,  $0.5\%$ ,  $1.0\%$ ,  $2.0\%$ ,  $3.0\%$  を2回ずつ行い, 除荷した。

図 2.3.2-1 にその加力スケジュールを示す。

载荷スケジュールを以下に示す。

- |                               |                               |
|-------------------------------|-------------------------------|
| ○+1Cycle: 層間変形角 $R = 0.125\%$ | ○-1Cycle: 層間変形角 $R = 0.125\%$ |
| ○+2Cycle: 層間変形角 $R = 0.25\%$  | ○-2Cycle: 層間変形角 $R = 0.25\%$  |
| ○+3Cycle: 層間変形角 $R = 0.5\%$   | ○-3Cycle: 層間変形角 $R = 0.5\%$   |
| ●+4Cycle: 層間変形角 $R = 0.5\%$   | ●-4Cycle: 層間変形角 $R = 0.5\%$   |
| ○+5Cycle: 層間変形角 $R = 1.0\%$   | ○-5Cycle: 層間変形角 $R = 1.0\%$   |
| ●+6Cycle: 層間変形角 $R = 1.0\%$   | ●-6Cycle: 層間変形角 $R = 1.0\%$   |
| ○+7Cycle: 層間変形角 $R = 2.0\%$   | ○-7Cycle: 層間変形角 $R = 2.0\%$   |
| ●+8Cycle: 層間変形角 $R = 2.0\%$   | ●-8Cycle: 層間変形角 $R = 2.0\%$   |
| ○+9Cycle: 層間変形角 $R = 3.0\%$   | ○-9Cycle: 層間変形角 $R = 3.0\%$   |
| ●+10Cycle: 層間変形角 $R = 3.0\%$  | ●-10Cycle: 層間変形角 $R = 3.0\%$  |

○: 新载荷 ●: 繰り返し Cycle

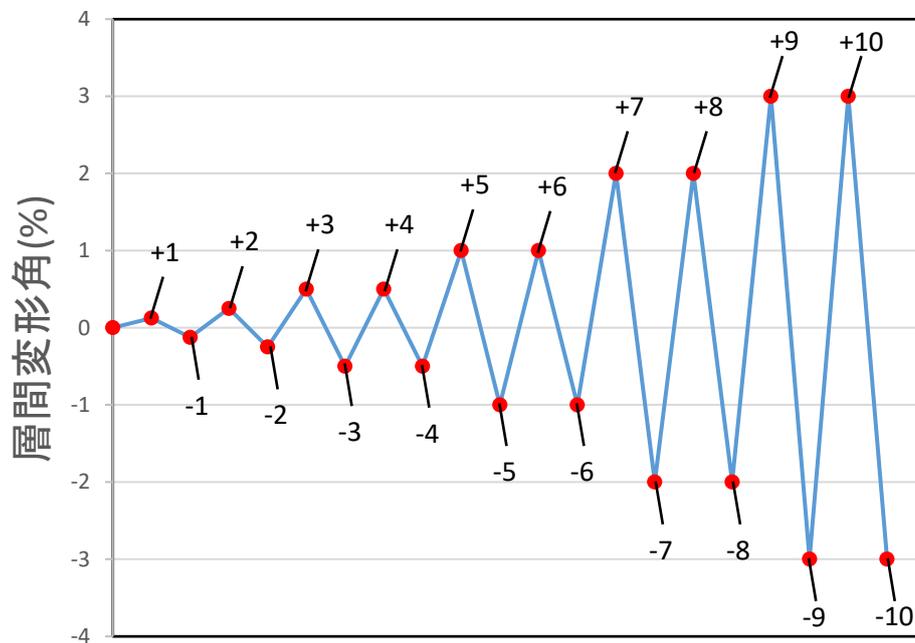


図 2.2.2-34 载荷スケジュール

(4) 測定方法

1) せん断力および軸力

軸力は軸力加圧ジャッキより測定し、層せん断力は基礎梁せん断力よりモーメントの釣り合いから層せん断力に変換した。せん断力及び軸力を図 2.2.2-35 に示す。

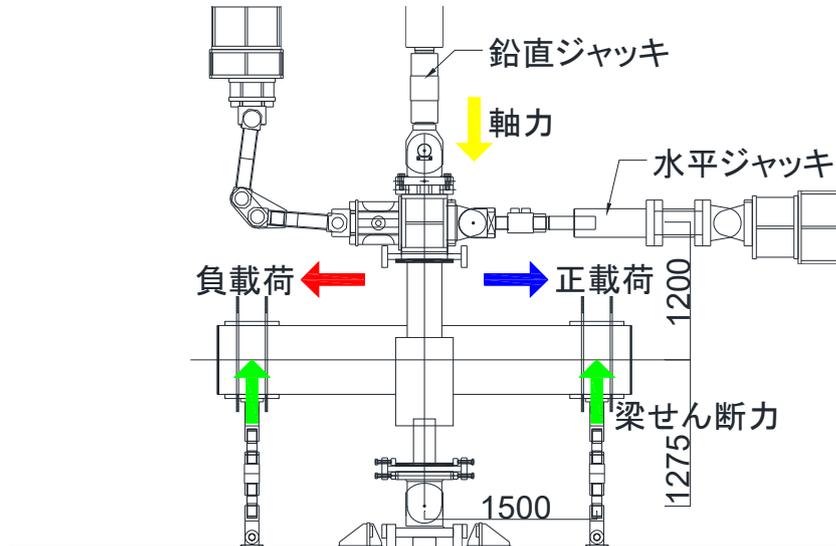


図 2.2.2-35 試験体 F-1 せん断力及び軸力

2) 部材変位の測定方法

(a) 層間変形角

層間変位は柱頭加力点位置で変位計 (SDP-200) によって計測した値を用いた。層間変形角  $R$  は柱頭加力点位置での層間変位  $\delta$  を柱頭加力点から杭脚支持点までの距離  $H$  で除したものとした。算出方法を図 2.2.2-36 に示す。

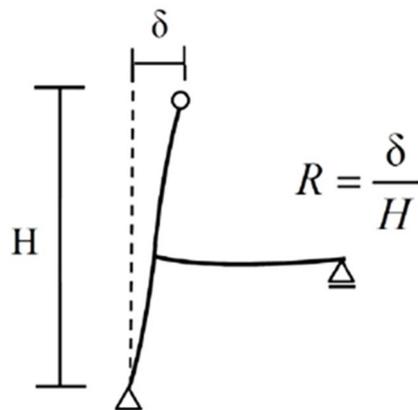


図 2.2.2-36 層間変形角  $R$  算出方

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

(b) 各部材変位

試験体のインサート及び変位計の取り付け位置を図 2.2.2-37～図 2.2.2-42 に示す。また、使用した治具を写真 2.2.2-3～2.2.2-5 に示す。

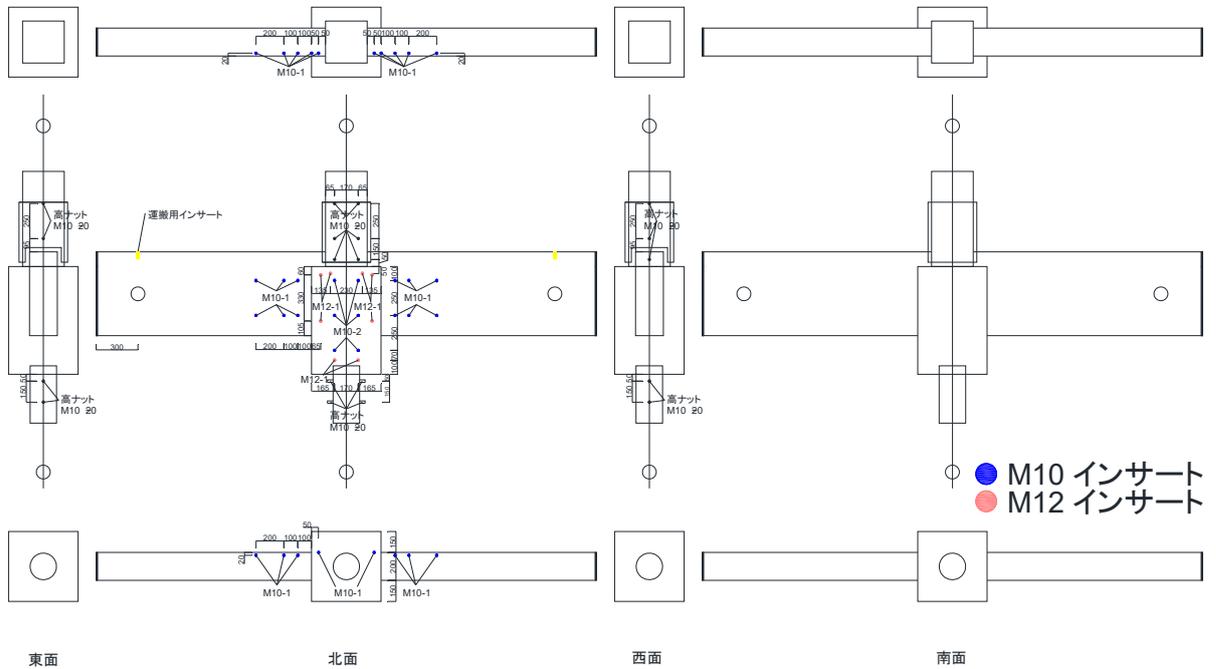


図 2.2.2-37 試験体 F-1 インサート図

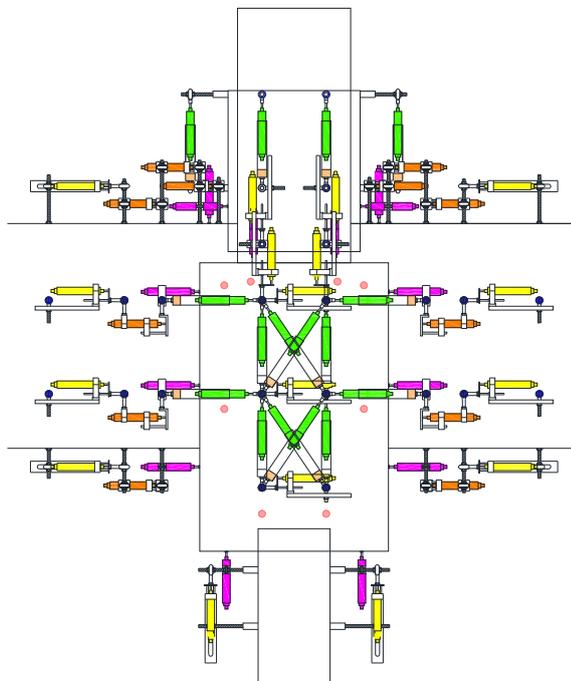


図 2.2.2-38 試験体 F-1 変位計取付図



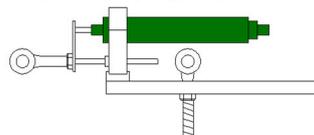
写真 2.2.2-3 アクリルパイプ

アクリルパイプ治具



写真 2.2.2-4 短区間用治具 ver. 1

短区間用治具ver.1



短区間用治具ver.2

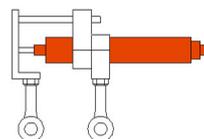


写真 2.2.2-5 短区間用治具 ver. 2

ホルダー



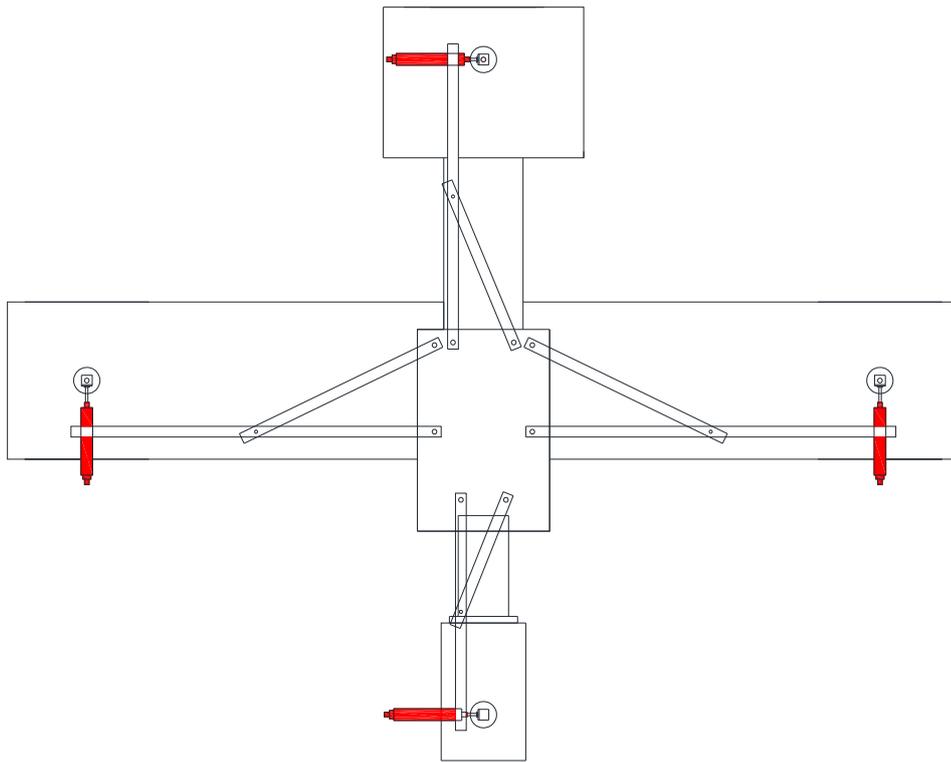


図 2.2.2-39 試験体 F-1 治具図面

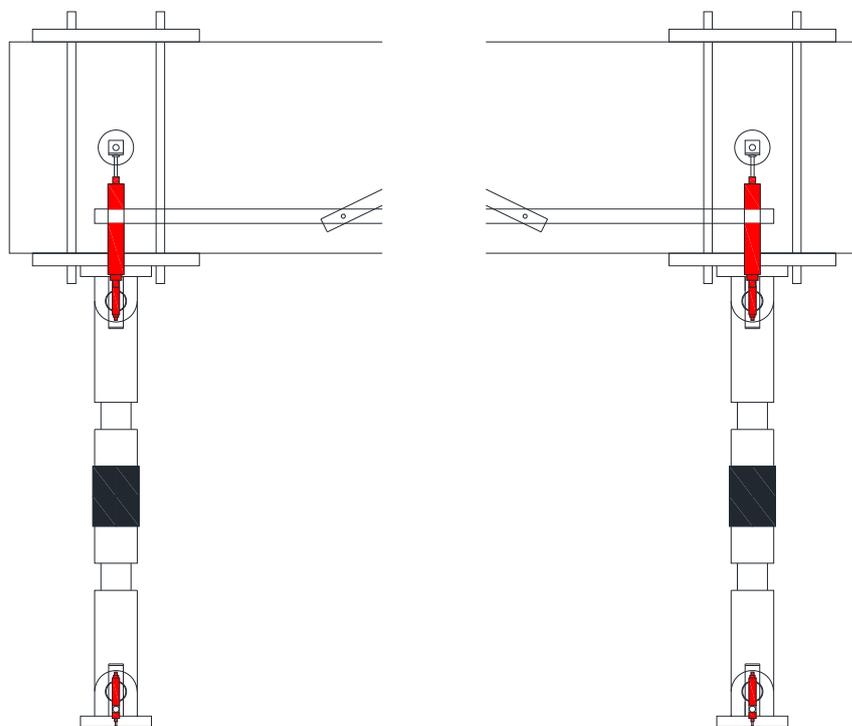


図 2.2.2-40 試験体 F-1 梁端変位計治具図面

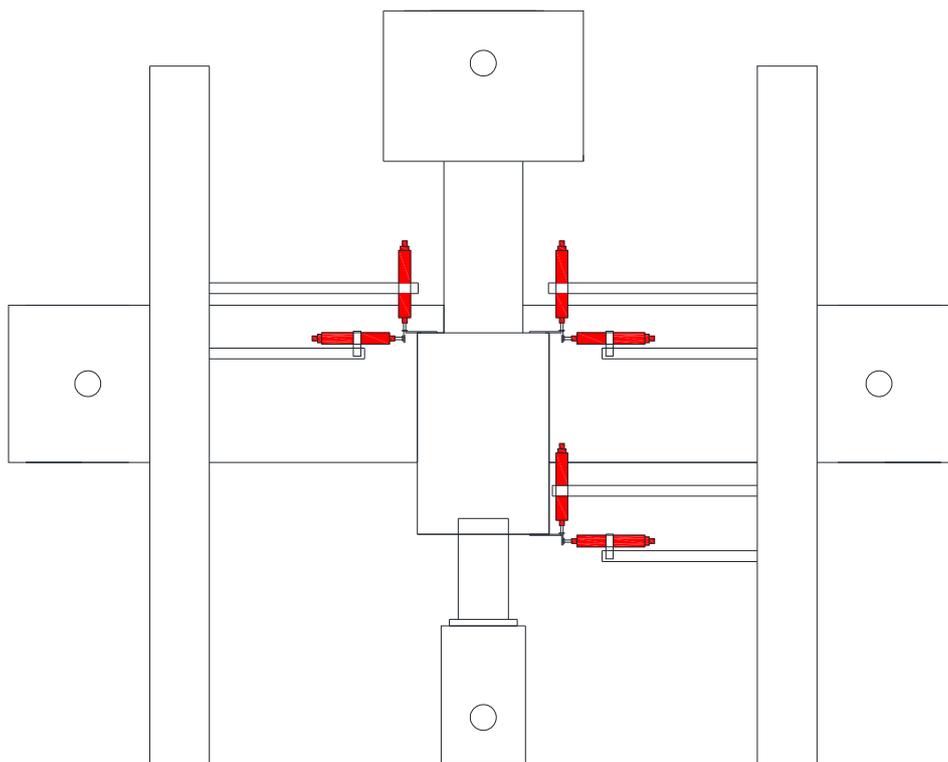


図 2.2.2-41 試験体 F-1 パイルキャップ絶対測定治具図面

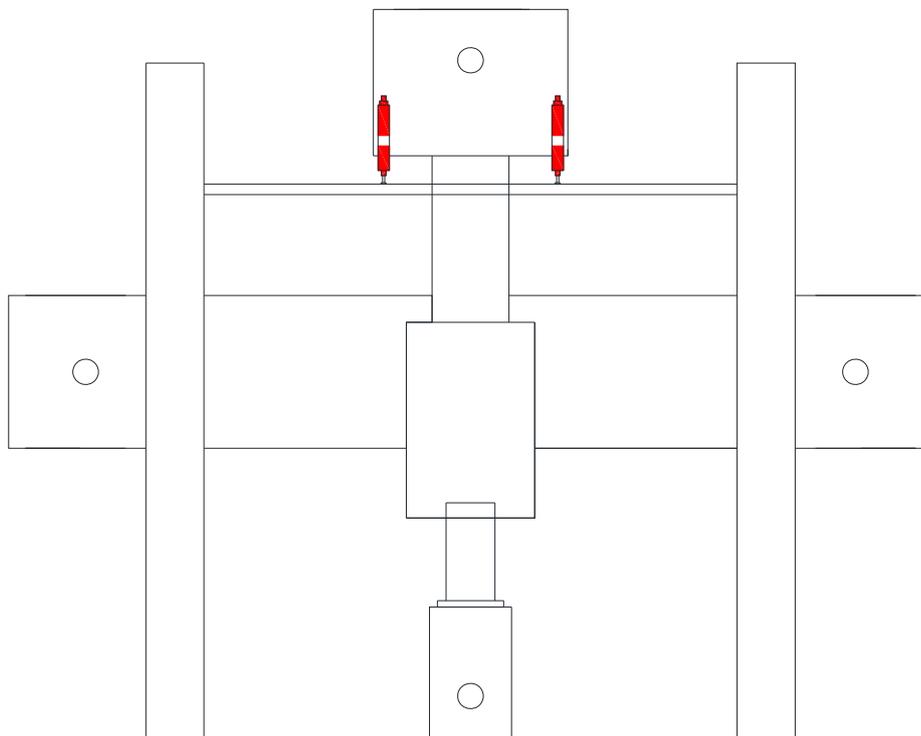


図 2.2.2-42 試験体 F-1 軸方向変位

3) ひずみ量測定位置

図 2.2.2-43～図 2.2.2-49 に各部材およびひずみ測定位置を示す。ひずみ値は各位置に貼り付けたゲージの値を用いて算出する。

・試験体 F-1

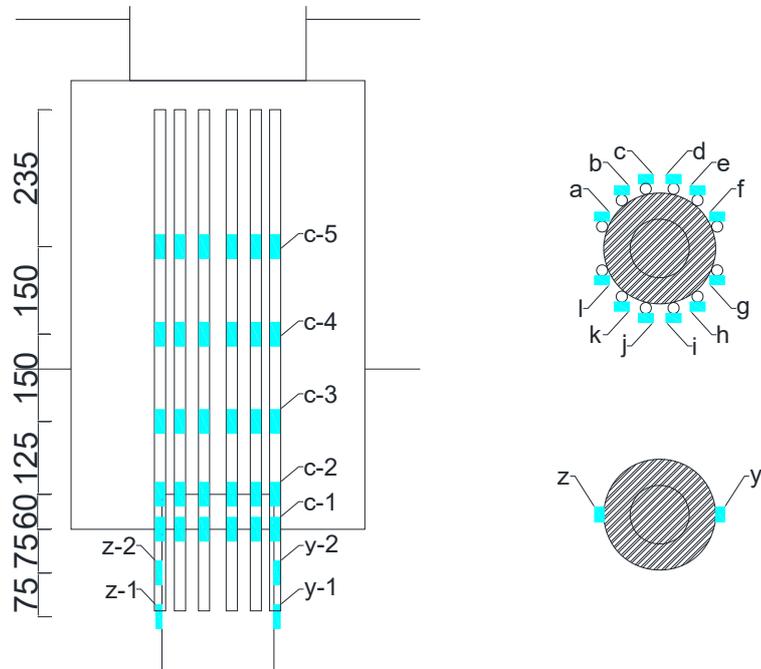


図 2.2.2-43 試験体 F-1 杭, アンカー筋ゲージ貼付図

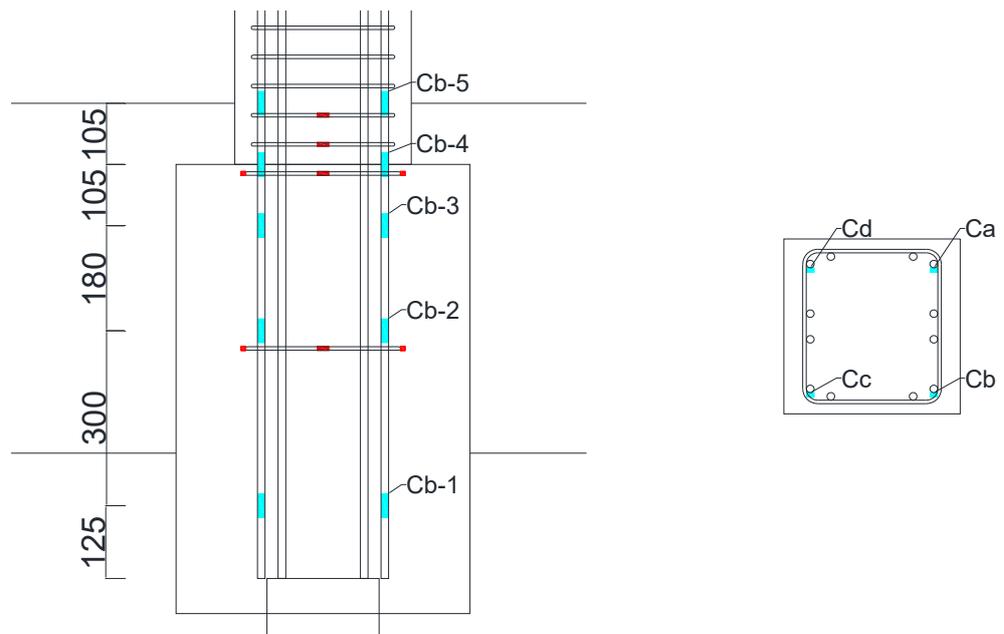


図 2.2.2-44 試験体 F-1 柱主筋ゲージ貼付図

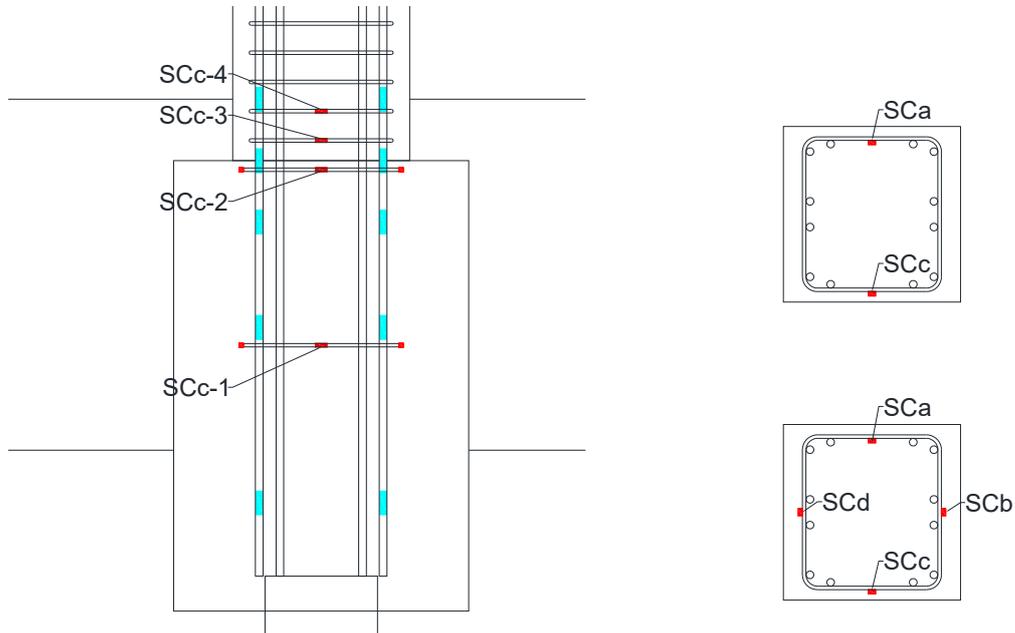


図 2.2.2-45 試験体 F-1 柱補強筋ゲージ貼付図  
(上：柱補強筋，下：パイルキャップ内柱補強筋)

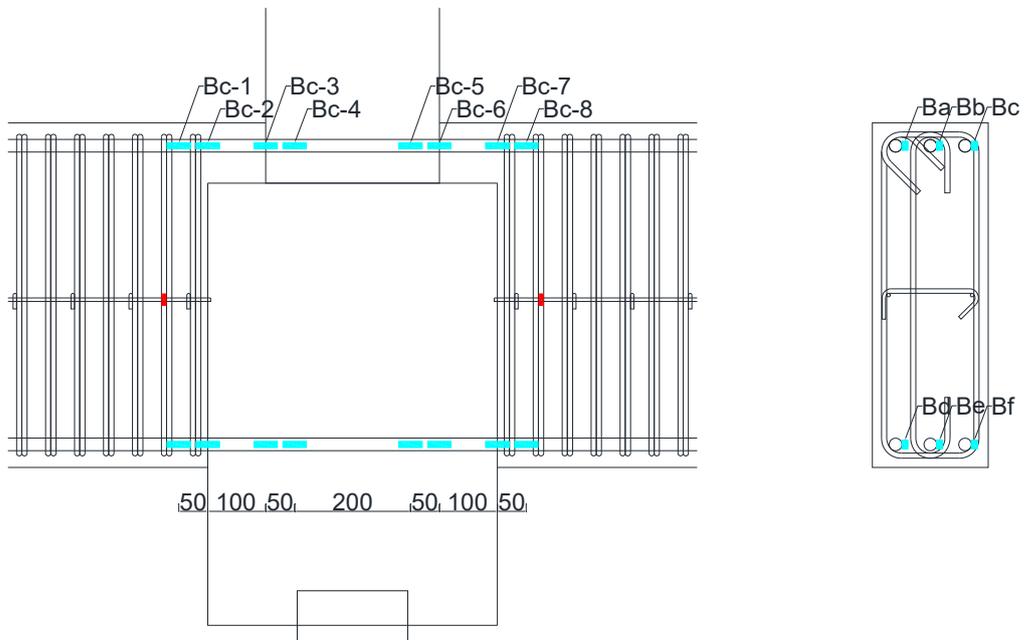


図 2.2.2-46 試験体 F-1 梁主筋ゲージ貼付図

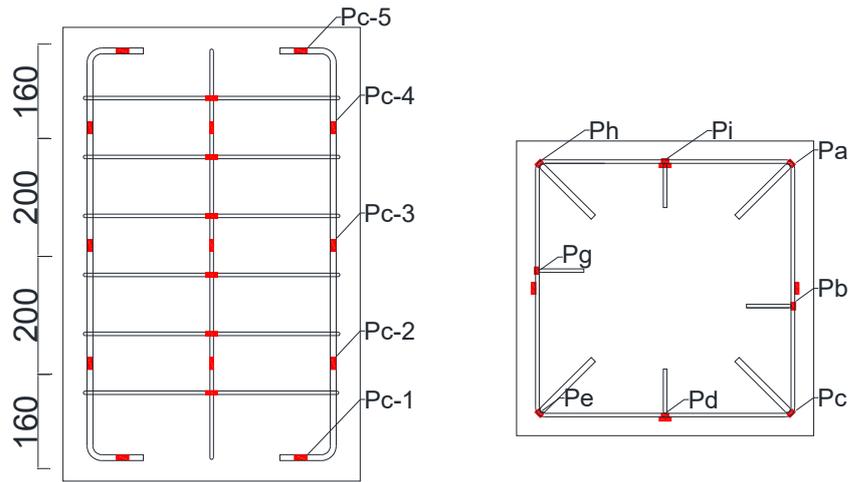


図 2.2.2-47 試験体 F-1 パイルキャップ縦筋ゲージ貼付図

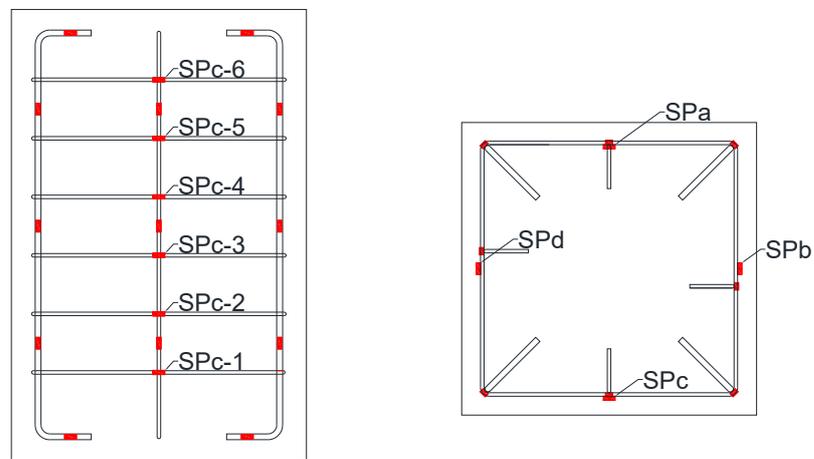


図 2.2.2-48 試験体 F-1 パイルキャップ縦筋ゲージ貼付図

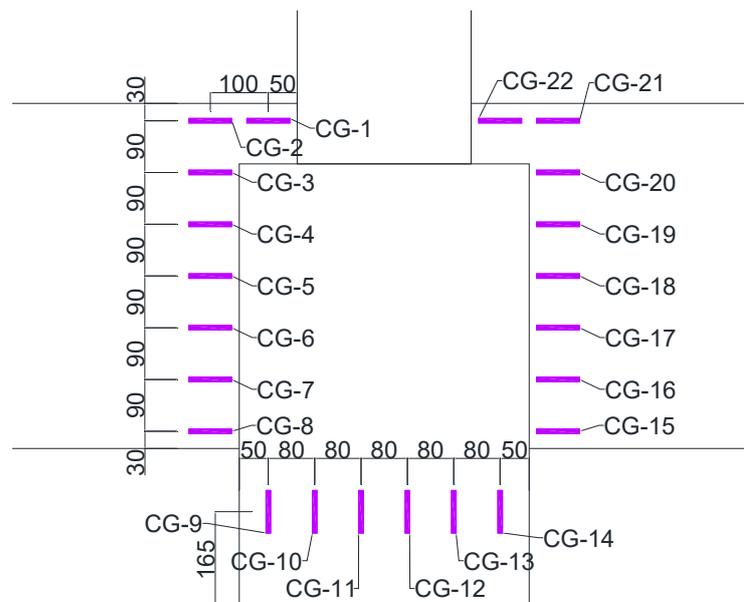


図 2.2.2-49 試験体 F-1 コンクリートゲージ貼付図

(5) 部材設計

1) 柱

(a) 曲げ終局強度

柱の曲げ終局強度の計算は、2001年度改姓版既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断基準・同解説<sup>[2-2]</sup>に記載されている柱曲げ終局強度の算定式より算出した。算定式を以下に示す。

$0.4bDF_c \geq N \geq 0$ のとき、

$$M_u = 0.8a_t \cdot \sigma_y \cdot D + 0.5N \cdot D \left(1 - \frac{N}{b \cdot D \cdot F_c}\right)$$

ここで、

$a_t$  : 柱引張鉄筋断面積(mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 鉄筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : 柱断面せい(mm)

$N$  : 柱軸力方向力(N)

$F_c$  : コンクリート強度(N/mm<sup>2</sup>)

(b) せん断終局強度

柱のせん断終局強度は、以下に示す荒川式を用いて算出した。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053p_t^{0.23}(18+F_c)}{\frac{M}{Qd}+0.12} + 0.85\sqrt{p_w\sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} b \cdot j$$

ここで、

$p_t$  : 引張鉄筋比(%)

$M/Qd$  : せん断スパン比。1以下の場合は1とし、3以上の場合は3とする。

$p_w$  : せん断補強筋比。0.012以上の時は0.012とする。

$\sigma_{wy}$  : せん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_0$  : 柱の軸応力度

$j$  : 応力中心間距離(mm)

2) 基礎梁

(a) 曲げ終局強度

基礎梁の曲げ終局強度は、以下の式を用いて計算を行った。

$$M_u = 0.9a_t\sigma_y d$$

ここで、

$a_t$  : 引張鉄筋断面積(mm<sup>2</sup>)

$\sigma_y$  : 引張鉄筋の降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$d$  : はり有効せい(mm)

(b) せん断終局強度

基礎梁のせん断終局強度は、以下に示す。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.053p_t^{0.23}(18+F_c)}{\frac{M}{Qd}+0.12} + 0.85\sqrt{p_w\sigma_{wy}} + 0.1\sigma_0 \right\} b \cdot j$$

各記号は柱のせん断終局強度と同じ。

3) 杭頭接合面曲げ終局強度

杭頭接合面の曲げ終局強度は、図 2.2.2-50 に示す「支圧面抵抗力」と「埋込部抵抗力」との和として算出する。「支圧面抵抗力」は円環断面による抵抗力や杭頭定着筋による抵抗力などを考慮し、杭頭定着筋を主筋とした円形断面について、Response-2000 で曲げ解析 Response-2000<sup>[2-3]</sup>で曲げ解析（コンクリート：Collins モデル<sup>[2-4]</sup>，鉄筋：ひずみ硬化域を考慮した3直線でモデル化）を行い算出した。その際、既往の研究の結果を踏まえ、コンクリート支圧強度を 2.4 倍して計算した。また「埋込部抵抗力」は、鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針（案）・同解説<sup>[2-5]</sup>に記載されている以下の式を用いて算出した。

$${}_uM_{ph} = F_c \left( \frac{Dh^2L}{6L + 4h} \right)$$

ここで、

${}_uM_{ph}$  : パイルキャップへの杭埋め込み部前・後面のコンクリート支圧による安全限界曲げ

強度(N・mm)

D : 杭外径(mm)

h : 杭のパイルキャップへの埋込長さ(mm)

L : 杭頭の曲げモーメントとせん断力の比

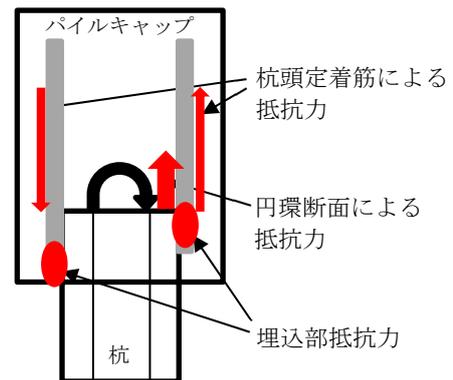


図 2.2.2-50 杭頭接合面に作用する力

4) パイルキャップせん断終局強度

パイルキャップせん断終局強度は、既往の研究で提案された2種類の式を用いて算出した。

(a) 実験に基づく実験式<sup>[2-1]</sup>

荒川 mean 式を参考に岸田研究室が提案したパイルキャップせん断終局強度式を以下に示す。

$$Q_{su} = \left\{ \frac{0.068p_t^{0.23}(F_c + 18)}{\frac{M}{Qd} + 0.12} + 0.85\sqrt{cP_w c\sigma_{wy} + pcP_w pc\sigma_{wy} + 0.1\sigma_0} \right\} bj$$

ここで、

$cP_w$  : 柱せん断補強筋比

$c\sigma_{wy}$  : 柱せん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

$pcP_w$  : パイルキャップせん断補強筋比

$pc\sigma_{wy}$  : パイルキャップせん断補強筋降伏強度(N/mm<sup>2</sup>)

(b) トラス・アーチ理論に基づく理論式<sup>[2-6]</sup>

トラス・アーチ理論に基づくパイルキャップせん断強度式 (以下, 理論式) を示す。

パイルキャップせん断強度 $V_u$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t < 0$  のとき

$V_u$  は次のうち小さい値とする

$$V_u = \begin{cases} \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B + c p_{we} c \sigma_{we}}{3} c b_e c j_e \\ \frac{\lambda_c v_0 \sigma_B}{2} c b_e c j_e \end{cases}$$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t \geq 0$  かつ  $v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t < 0$  のとき

$$cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$$

$p_c V_t$  は次のうち小さい値とする

$$p_c V_t = \begin{cases} \frac{\lambda_{pc} (v_0 \sigma_B - c \sigma_t) + p_c p_{we} p_c \sigma_{we}}{3} p_c b_e p_c j_e \\ \frac{\lambda_{pc} (v_0 \sigma_B - c \sigma_t)}{2} p_c b_e p_c j_e \end{cases}$$

$$V_u = cV_t + p_c V_t$$

$v_0\sigma_B - c\sigma_t - p_c\sigma_t \geq 0$  のとき

$$cV_t = 2 c p_{we} c \sigma_{wy} c b_e c j_e$$

$$p_c V_t = 2 p_c p_{we} p_c \sigma_{wy} p_c b_e p_c j_e$$

$$V_a = (v_0 \sigma_B - c \sigma_t - p_c \sigma_t) \frac{b x_n}{2} \sin 2\theta$$

$$V_u = cV_t + p_c V_t + V_a$$

$v_0$ : コンクリート圧縮強度の有効係数  $\sigma_B$ : コンクリート圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)  
 $c p_{we}$ : 柱有効補強筋比  $c \sigma_{wy}$ : 柱補強筋降伏応力(N/mm<sup>2</sup>)  $c b_e$ : 柱トラス有効幅(mm)  
 $c j_e$ : 柱トラス有効せい(mm)  $\lambda_c$ : 柱トラス有効係数  $c \sigma_t$ : 柱トラス圧縮力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_c p_{we}$ : パイルキャップ有効補強筋比  $p_c \sigma_{wy}$ : パイルキャップ補強筋降伏応力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_c b_e$ : パイルキャップトラス有効幅(mm)  $p_c j_e$ : パイルキャップトラス有効せい(mm)  
 $\lambda_{pc}$ : パイルキャップトラス有効係数  $p_c \sigma_t$ : パイルキャップトラス圧縮力(N/mm<sup>2</sup>)  
 $b$ : 接合部有効幅(mm)  $x_n$ : アーチ中立軸位置(mm)  $\theta$ : アーチ角度

$$v_0 = 2.3 \sigma_B^{-0.33}$$

$v_0$ : コンクリート圧縮強度の有効係数  $\sigma_B$ : コンクリート圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

$$x_n = \frac{D}{4} (1 + 2\eta)$$

$x_n$ : アーチ機構の中立軸位置  $D$ : 接合部有効せい(mm)  $\eta$ : 接合部軸力比

$\tan \theta = \frac{D - x_n}{L} \quad \sin 2\theta = \frac{2 \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta}$ <p><math>\theta</math> :アーチ機構の圧縮束の角度 <math>L</math>:部材長さ</p>
${}_c p_{we} = \frac{{}_c a_w}{{}_c b_e L}$ <p><math>{}_c p_{we}</math>:柱有効補強筋比 <math>{}_c a_w</math>:柱有効補強筋総断面積(mm<sup>2</sup>)  <math>{}_c b_e</math>:柱トラス有効幅(mm) <math>L</math>:部材長さ(mm)</p>
${}_c \sigma_t = \frac{5 \quad {}_c p_{we} \quad {}_c \sigma_{wy}}{\lambda_c}$ <p><math>{}_c \sigma_t</math>:柱トラス圧縮応力(N/mm<sup>2</sup>)</p>
$s_c = \frac{L}{m_c}$ <p><math>s_c</math>:柱補強筋間隔 <math>m_c</math>:柱補強筋組数</p>
$\lambda_c = 1 - \frac{s_c}{2 \quad {}_c b_e} - \frac{{}_c b_e}{4 \quad {}_c j_e}$ <p><math>\lambda_c</math>:柱トラス機構の有効係数 <math>{}_c j_e</math>:柱トラス有効せい(mm)</p>
${}_{pc} p_{we} = \frac{{}_{pc} a_w}{{}_{pc} b_e L}$ <p><math>{}_{pc} p_{we}</math>:パイルキャップ有効補強筋比 <math>{}_{pc} a_w</math>:パイルキャップ有効補強筋総断面積(mm<sup>2</sup>)  <math>{}_{pc} b_e</math>:パイルキャップトラス有効幅(mm) <math>L</math>:部材長さ(mm)</p>
${}_{pc} \sigma_t = \frac{5 \quad {}_{pc} p_{we} \quad {}_{pc} \sigma_{wy}}{\lambda_{pc}}$ <p><math>{}_{pc} \sigma_t</math>:パイルキャップトラス圧縮応力(N/mm<sup>2</sup>)</p>
$s_{pc} = \frac{L}{m_{pc}}$ <p><math>s_{pc}</math>:パイルキャップ補強筋間隔 <math>m_{pc}</math>:パイルキャップ補強筋組数</p>
$\lambda_{pc} = 1 - \frac{s_{pc}}{2 \quad {}_{pc} b_e} - \frac{{}_{pc} b_e}{4 \quad {}_{pc} j_e}$ <p><math>\lambda_{pc}</math>:パイルキャップトラス機構の有効係数 <math>{}_{pc} j_e</math>:パイルキャップトラス有効せい(mm)</p>

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

5) 部材設計まとめ

各試験体の部材設計時の計算結果を表 2.2.2-42 に示す。

試験体 F-1 はパイルキャップせん断破壊になるように設計した。

表 2.2.2-42 試験体 F-1 計算結果

試験体F-1			強度		柱に生じる層せん断力(kN)	
					正	負
柱	解析値	コンクリート圧縮強度時モーメント	197.4	kN・m	196.4	219.3
		降伏曲げモーメント	194.8	kN・m	193.8	216.4
		終局曲げモーメント	199.9	kN・m	198.9	222.1
	計算値	曲げ終局強度	227.3	kN・m	252.6	252.6
		せん断終局強度	256.4	kN	256.4	
基礎梁	解析値	コンクリート圧縮強度時モーメント	517.6	kN・m	418.2	
		降伏曲げモーメント	593.8	kN・m	479.8	
		終局曲げモーメント	659.7	kN・m	533.1	
	計算値	曲げ終局強度	586.5	kN・m	473.9	
		せん断終局強度	521.5	kN	632.1	
パイル キャップ	実験値	せん断終局強度	562.2	kN	175.2	
	理論値	せん断終局強度	338.2	kN	105.4	
杭頭 接合面	計算値	コンクリート圧縮強度時モーメント	144.3	kN・m	189.9	
		降伏曲げモーメント	190.8	kN・m	251.1	
		終局曲げモーメント	193.8	kN・m	254.9	

2.2.3 実験結果

(1) 実験結果一覧 Q-R 関係

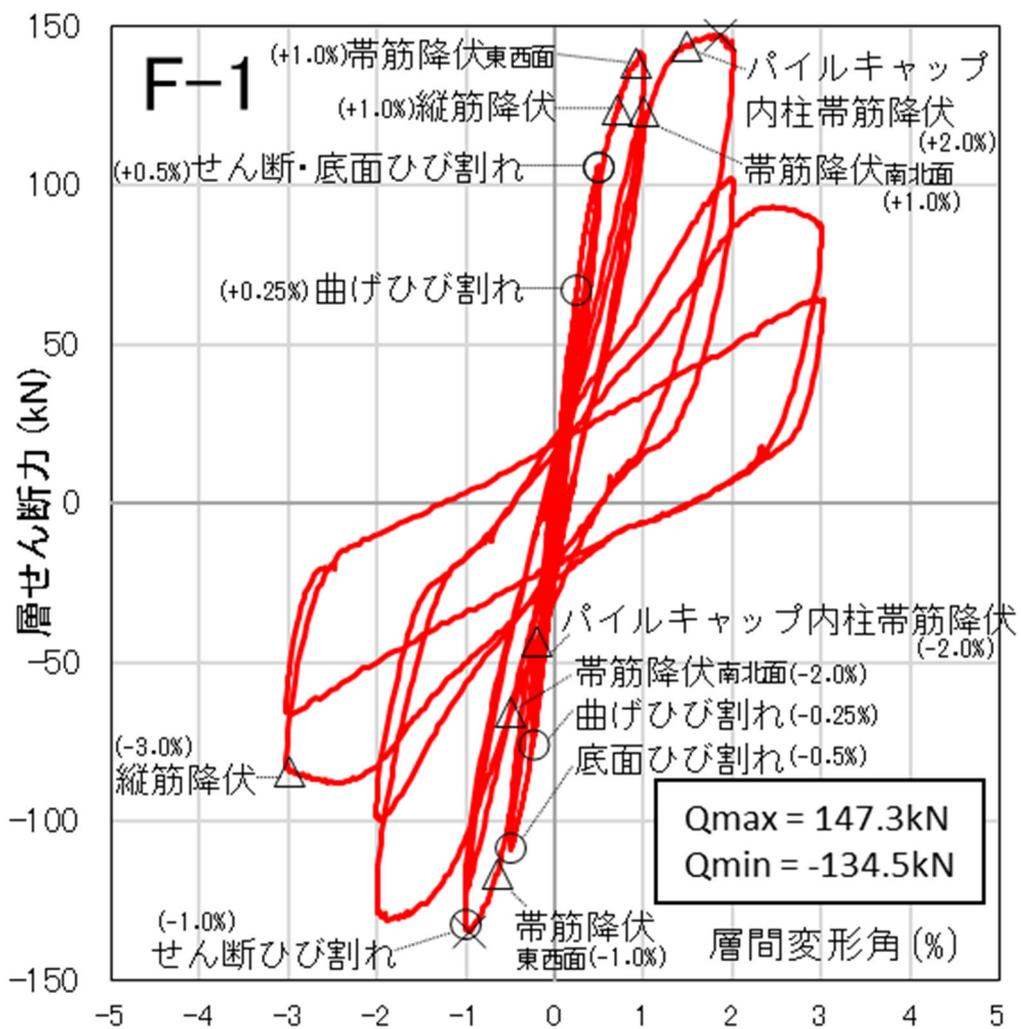
表 2.2.3-1 に正載荷，負載荷時におけるピーク荷重及び，各ピーク時における層間変形角，表 2.2.3-2 に諸現象を，写真・図 2.2.3-1 は最終破壊性状と層せん断力-層間変形角関係 (Q-R 関係) を示す。また，グラフ中の×印は最大耐力を，(+1.0%)は層間変形角+1.0%に向かうサイクル時に現象が発生したことを示す。試験体正面を南面としている。試験体は全て正載荷から正負交番繰り返し載荷としている。

表 2.2.3-1 ピーク荷重及び層間変形角

Cycle	F-1		Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)		Q (kN)	R (%)
+1	41.2	0.128	-1	-48.5	-0.127
+2	67.2	0.251	-2	-75.5	-0.251
+3	105.8	0.501	-3	-108.2	-0.503
+4	100.1	0.500	-4	-102.1	-0.502
+5	139.6	1.008	-5	-132.4	-1.004
+6	122.8	1.006	-6	-122.0	-1.013
+7	141.5	2.011	-7	-125.6	-2.002
+8	100.9	2.010	-8	-97.8	-2.011
+9	85.6	3.007	-9	-82.0	-3.032
+10	62.4	3.028	-10	-63.9	-3.034
+11			-11		
+12			-12		

表 2.2.3-2 試験体 F-1 諸現象発生一覧

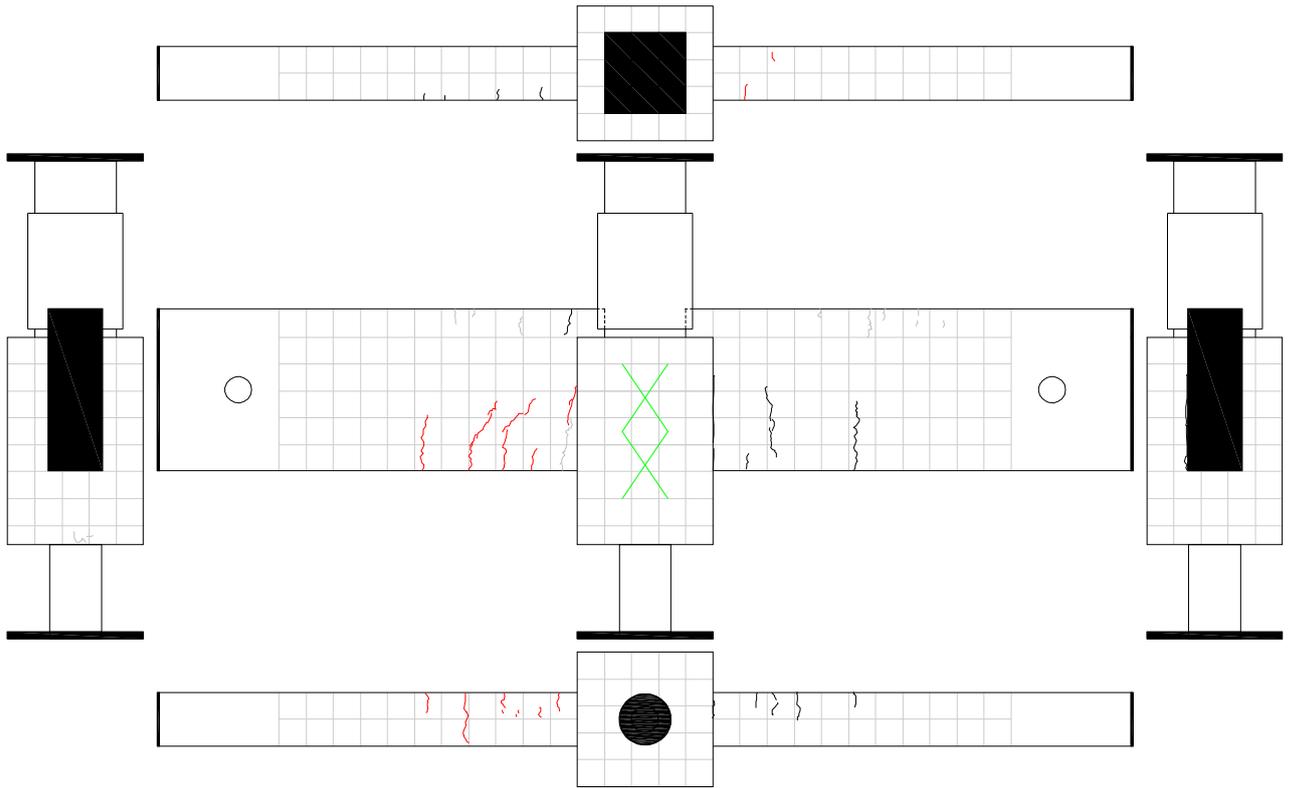
試験体F-1	諸現象		Step	Cycle	Q (kN)	R (%)	ゲージ位置	
柱	主筋	降伏時	なし					
	補強筋	弾性限界時	なし					
		降伏時	なし					
	補強筋(接合部内)	弾性限界時	1146 (正)	+6 (+1.0%)	119.3	0.941	SCc-1	
			1596 (負)	-7 (-2.0%)	-100.8	-0.948	SCb-1	
降伏時		1450 (正)	+7 (+2.0%)	143.5	1.476	SCc-1		
		1575 (負)	-7 (-2.0%)	-43.6	-0.204	SCc-1		
基礎梁	曲げひび割れ発生		61 (正)	+1 (+0.125%)	41.2	0.128		
			144 (負)	-1 (-0.125%)	-48.5	-0.127		
	曲げせん断ひび割れ発生		247 (正)	+2 (+0.25%)	67.2	0.251		
			144 (負)	-1 (-0.125%)	-48.5	-0.127		
	主筋	弾性限界時	なし					
降伏時		なし						
パイルキャップ	曲げひび割れ発生		247 (正)	+2 (+0.25%)	67.2	0.251		
			353 (負)	-2 (-0.25%)	-75.5	-0.251		
	せん断ひび割れ発生		488 (正)	+3 (+0.5%)	105.8	0.501		
			1075 (負)	-5 (-1.0%)	-132.4	-1.004		
	底面ひび割れ発生		488 (正)	+3 (+0.5%)	105.8	0.501		
			605 (負)	-3 (-0.5%)	-108.2	-0.503		
	上面ひび割れ発生		934 (正)	+5 (+1.0%)	139.6	1.008		
			1075 (負)	-5 (-1.0%)	-132.4	-1.004		
	側面(西面)ひび割れ発生		なし					
			353 (負)	-2 (-0.25%)	-75.5	-0.251		
	側面(東面)ひび割れ発生		247 (正)	+2 (+0.25%)	67.2	0.251		
			1646 (負)	-7 (-2.0%)	-125.6	-2.002		
	縦筋(90度)	弾性限界時	1445 (正)	+7 (+2.0%)	142.2	1.367	Pi-4	
			1596 (負)	-7 (-2.0%)	-100.8	-0.948	Pi-4	
		降伏時	なし					
	縦筋(45度)	降伏時	892 (正)	+5 (+1.0%)	123.9	0.703	Pa-3	
			2223 (負)	-9 (-3.0%)	-84.4	-2.992	Pa-2	
	帯筋(南北面)	弾性限界時	933 (正)	+5 (+1.0%)	141.0	1.007	SPa-4	
			1062 (負)	-5 (-1.0%)	-131.8	-0.900	SPa-6	
		降伏時	1155 (正)	+6 (+1.0%)	123.4	1.004	SPc-4	
			1582 (負)	-7 (-2.0%)	-65.6	-0.502	SPa-6	
	帯筋(東西面)	弾性限界時	878 (正)	+5 (+1.0%)	116.4	0.617	SPc-1	
1030 (負)			-5 (-1.0%)	-72.9	-0.343	SPd-1		
降伏時		916 (正)	+5 (+1.0%)	138.5	0.911	SPb-1		
		1047 (負)	-5 (-1.0%)	-116.8	-0.653	SPd-1		
杭	杭頭定着筋	降伏時	なし					



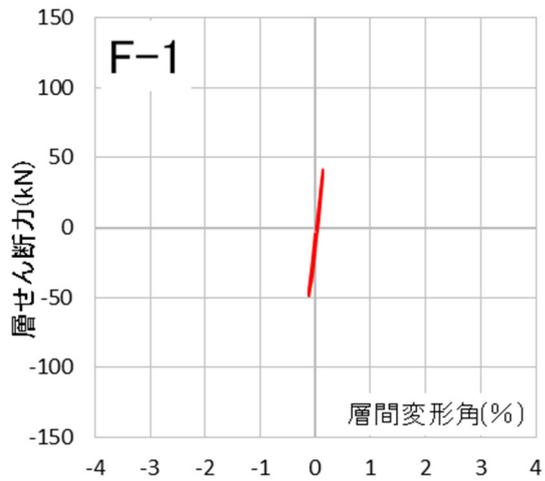
写真・図 2.2.3-1 試験体 F-1 最終破壊状況及び Q-R 関係

(2) ひび割れ状況

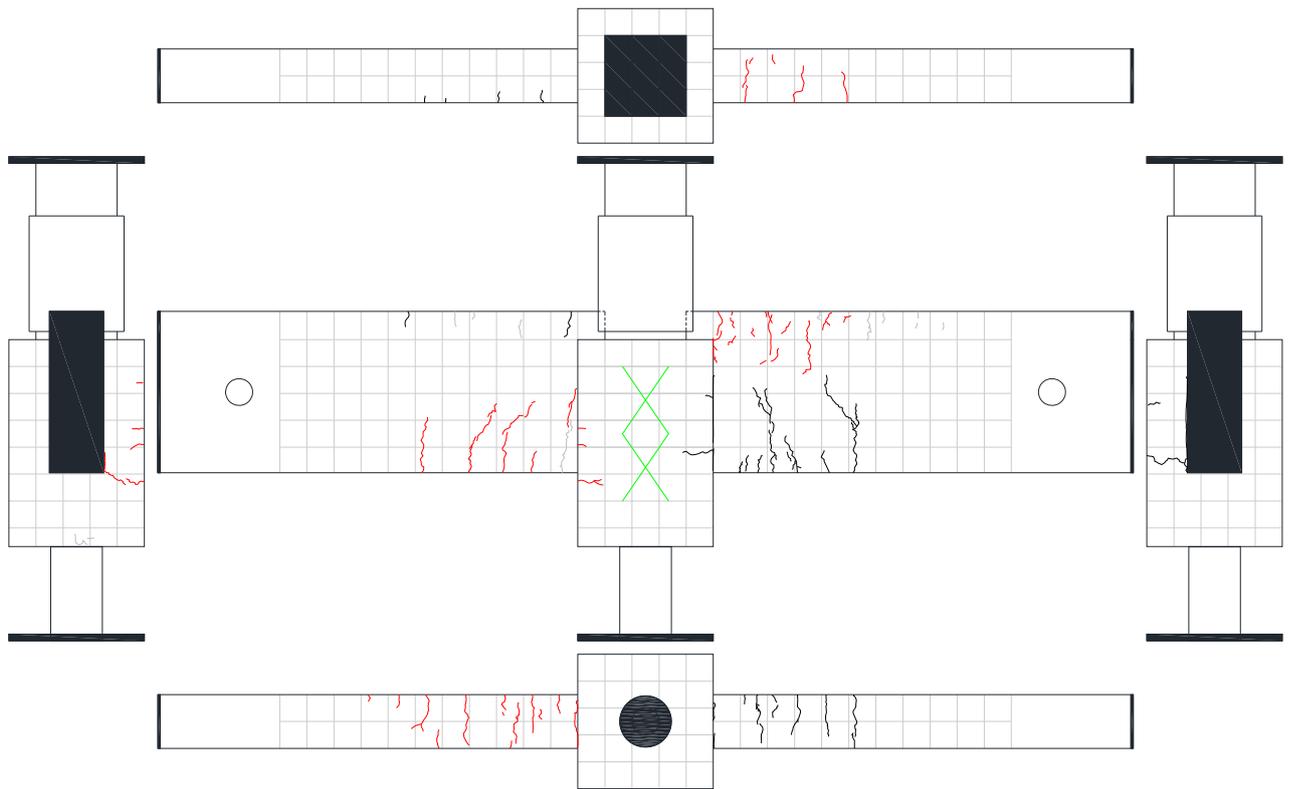
図・写真 2.2.3-2~11 に試験体 F-1 に発生したひび割れ状況の図，ピーク時の荷重と層間変形角，そのサイクルの除荷までの層せん断力-層間変形角関係(Q-R 関係)，ピーク時の部材写真を示す。正載荷時に発生，進展したひび割れを黒線，負載荷時に発生，進展したひび割れを赤線，初期ひび割れを灰色の線で表す。



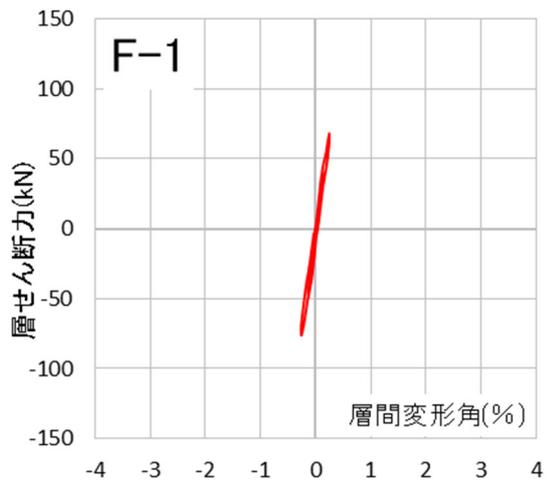
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+1	41.2	0.128
-1	-48.5	-0.127



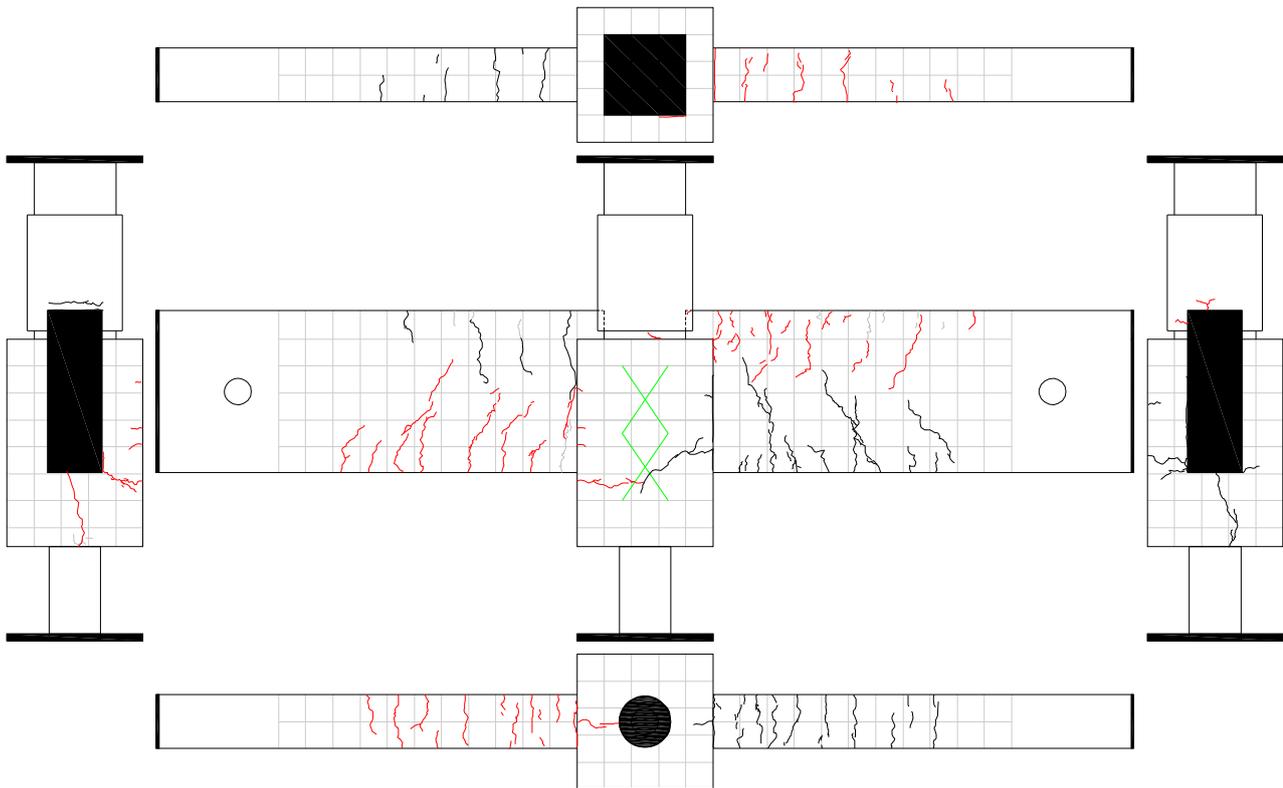
図・写真 2.2.3-2 試験体 F-1 ひび割れ状況 (1Cycle)



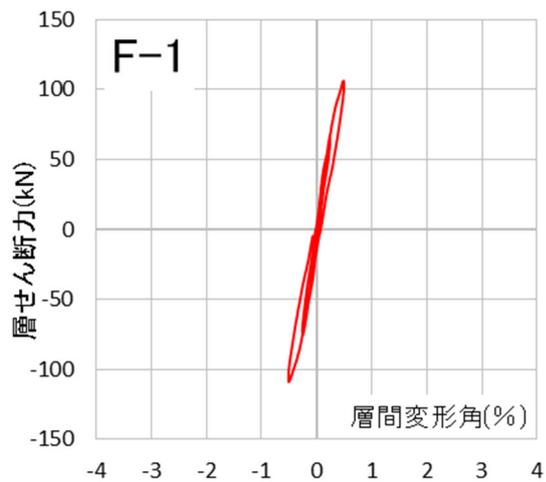
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+2	67.2	0.251
-2	-75.5	-0.251



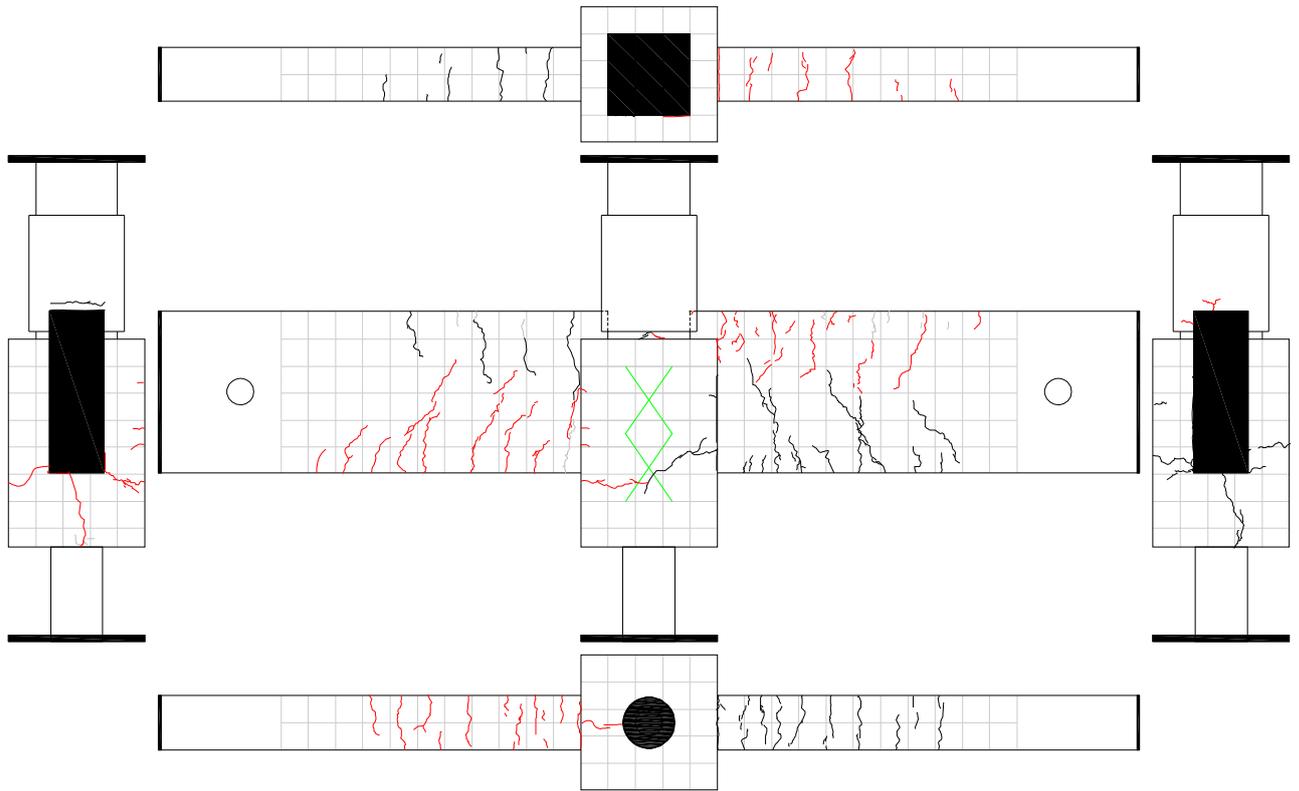
図・写真 2. 2. 3-3 試験体 F-1 ひび割れ状況 (2Cycle)



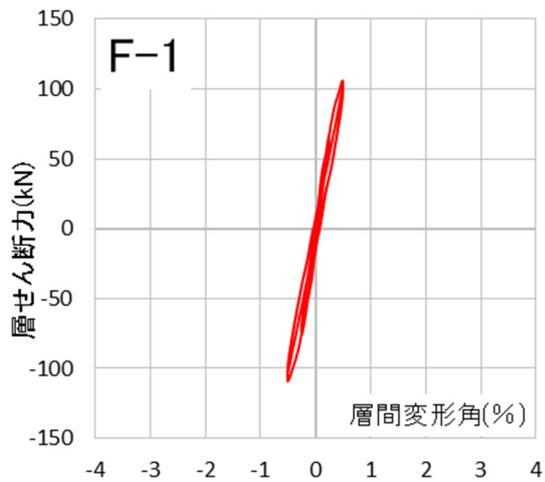
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+3	105.8	0.501
-3	-108.2	-0.503



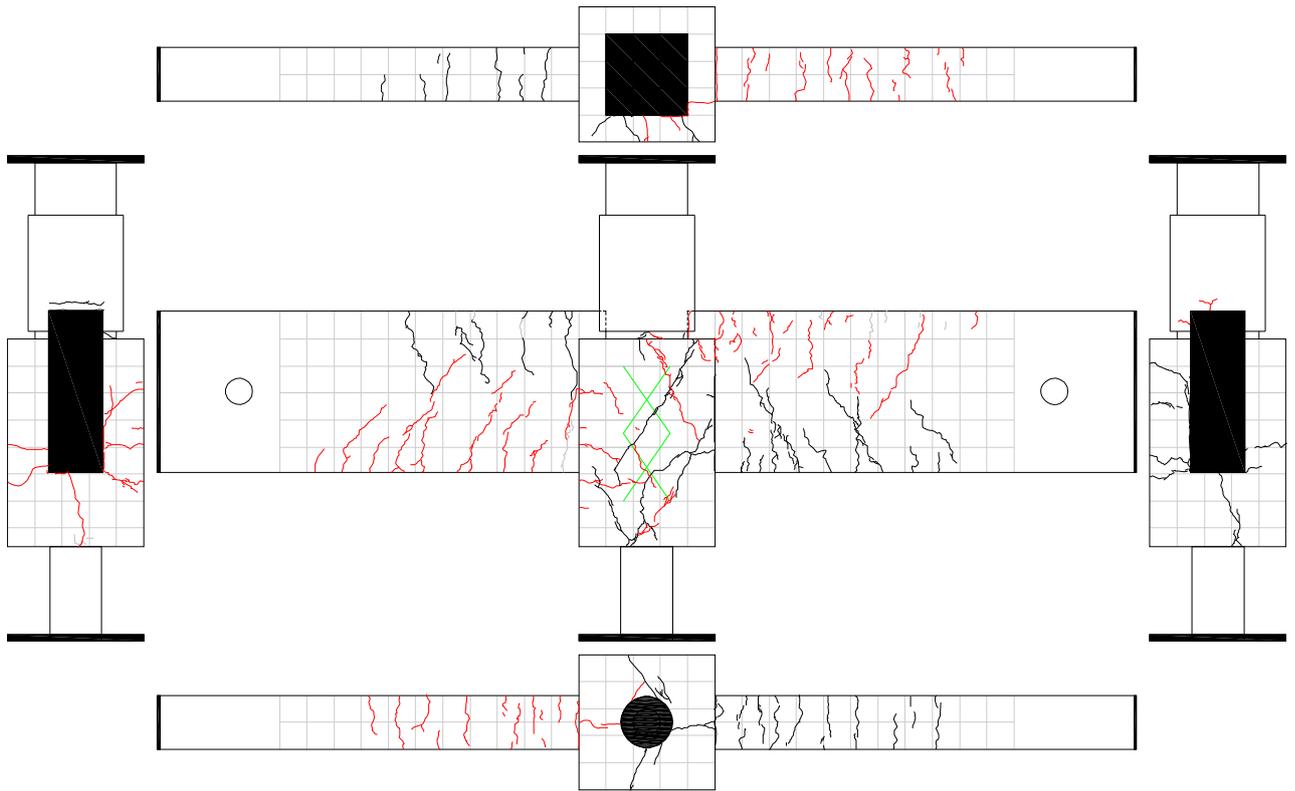
図・写真 2.2.3-4 試験体 F-1 ひび割れ状況 (3Cycle)



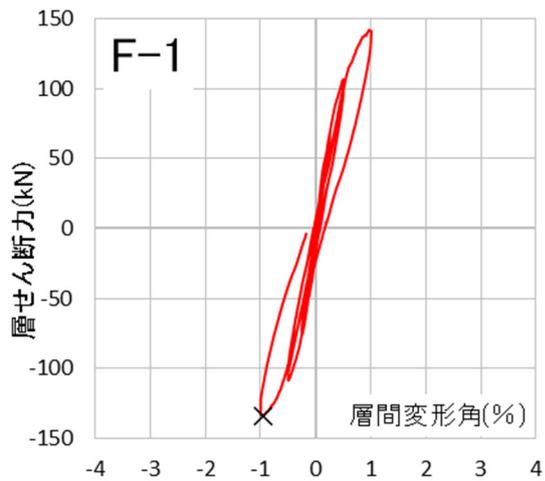
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+4	100.1	0.500
-4	-102.1	-0.502



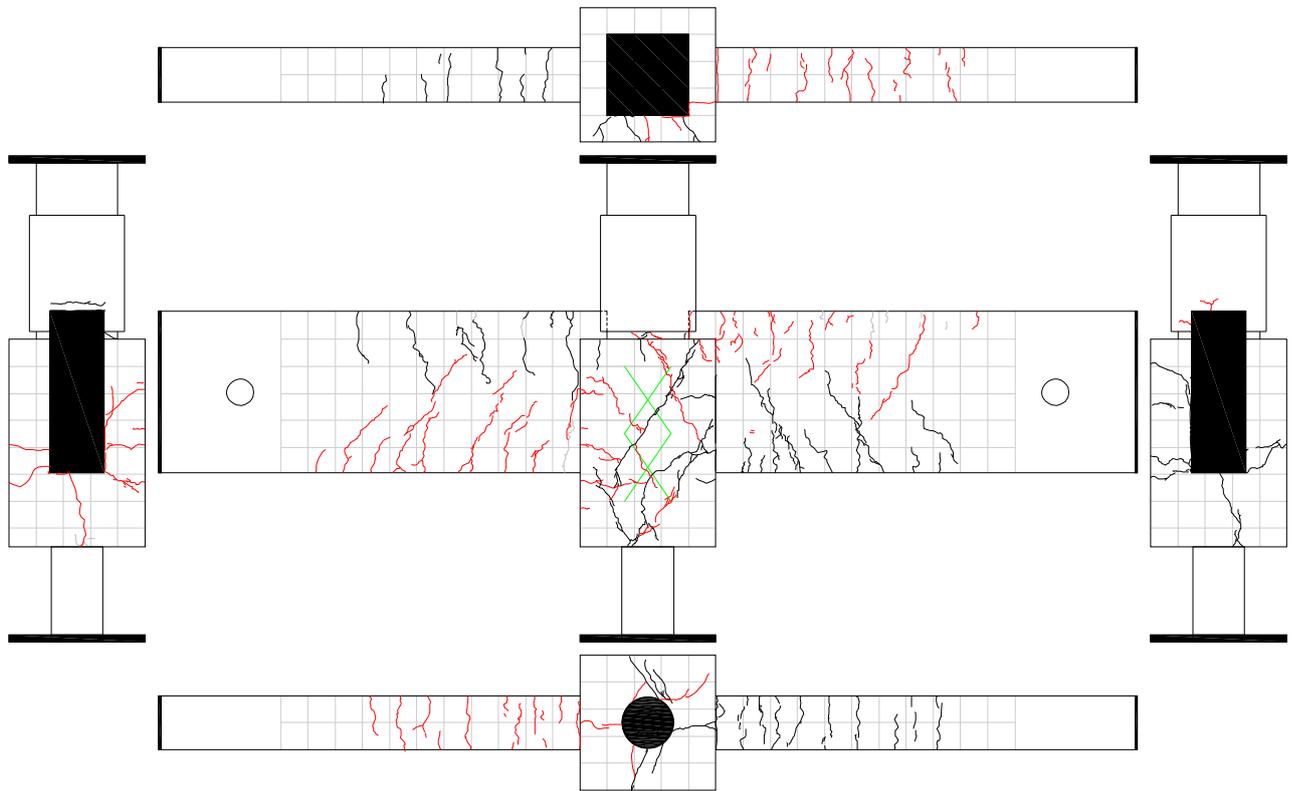
図・写真 2.2.3-5 試験体 F-1 ひび割れ状況 (4Cycle)



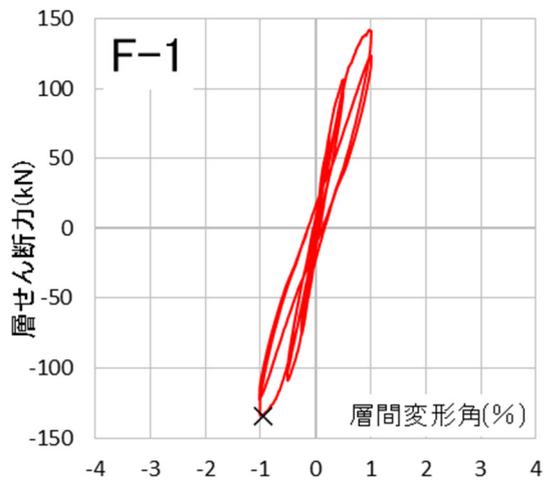
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+5	139.6	1.008
-5	-132.4	-1.004



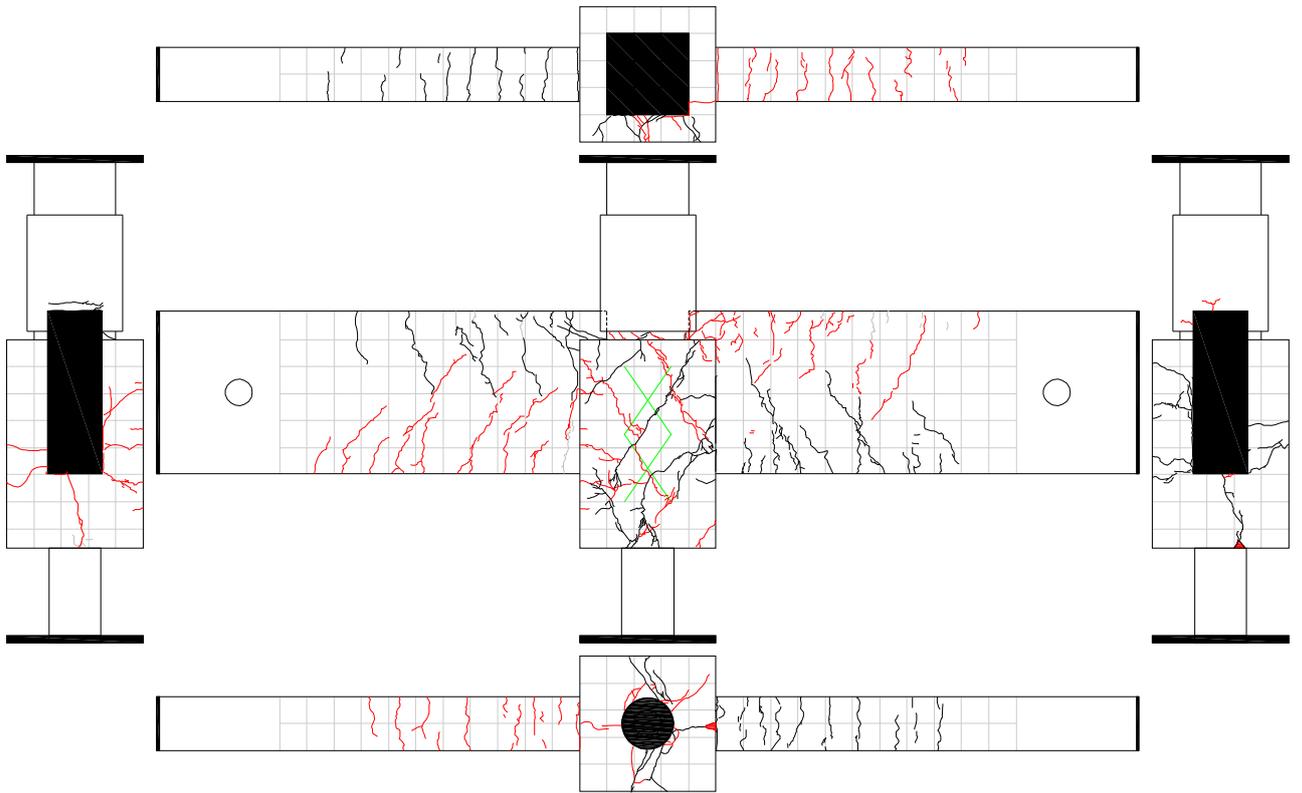
図・写真 2.2.3-6 試験体 F-1 ひび割れ状況 (5Cycle)



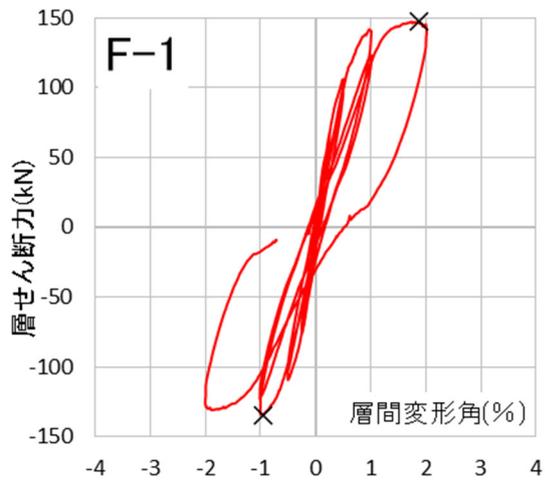
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+6	122.8	1.006
-6	-122.0	-1.013



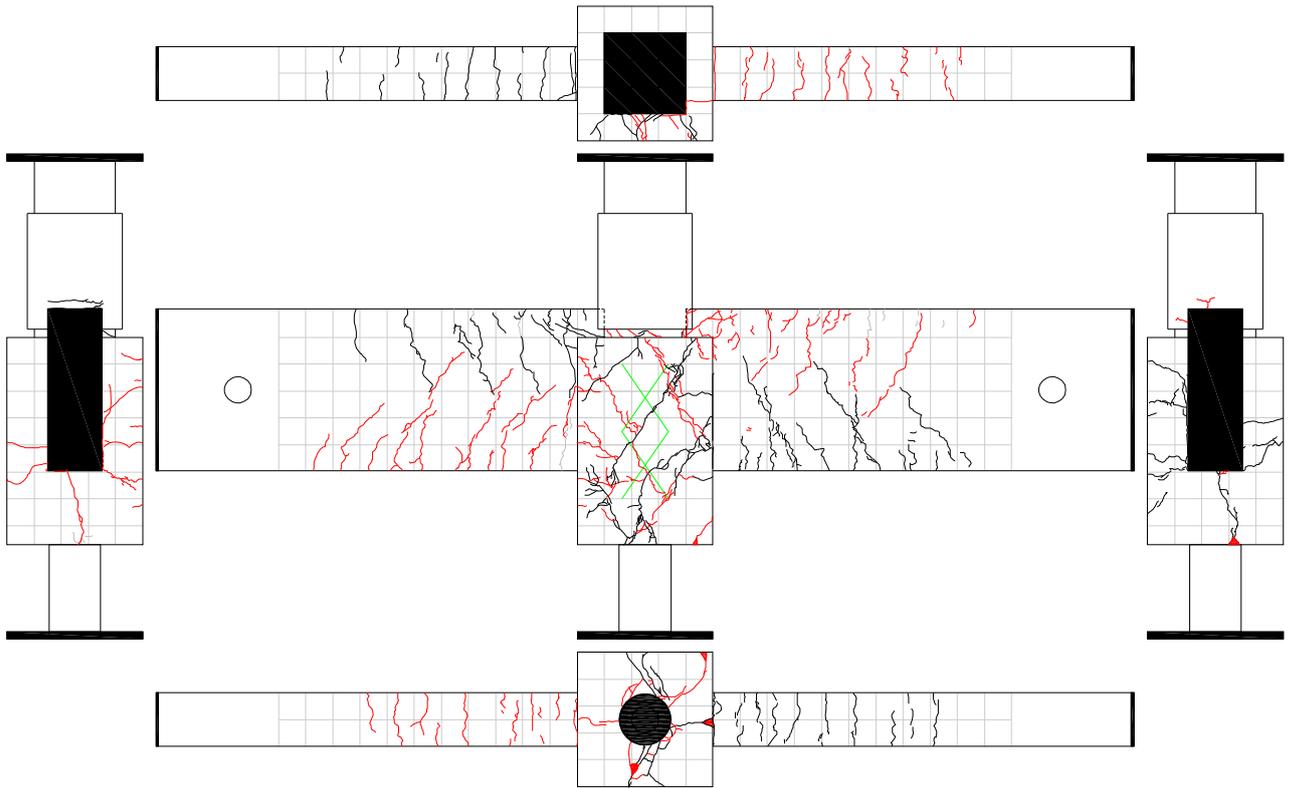
図・写真 2.2.3-7 試験体 F-1 ひび割れ状況 (6Cycle)



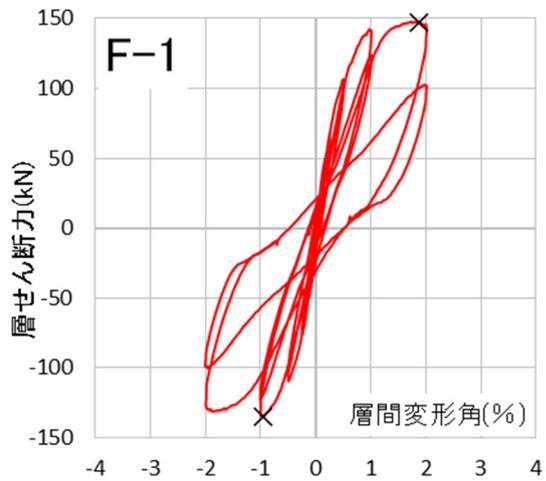
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+7	141.5	2.011
-7	-125.6	-2.002



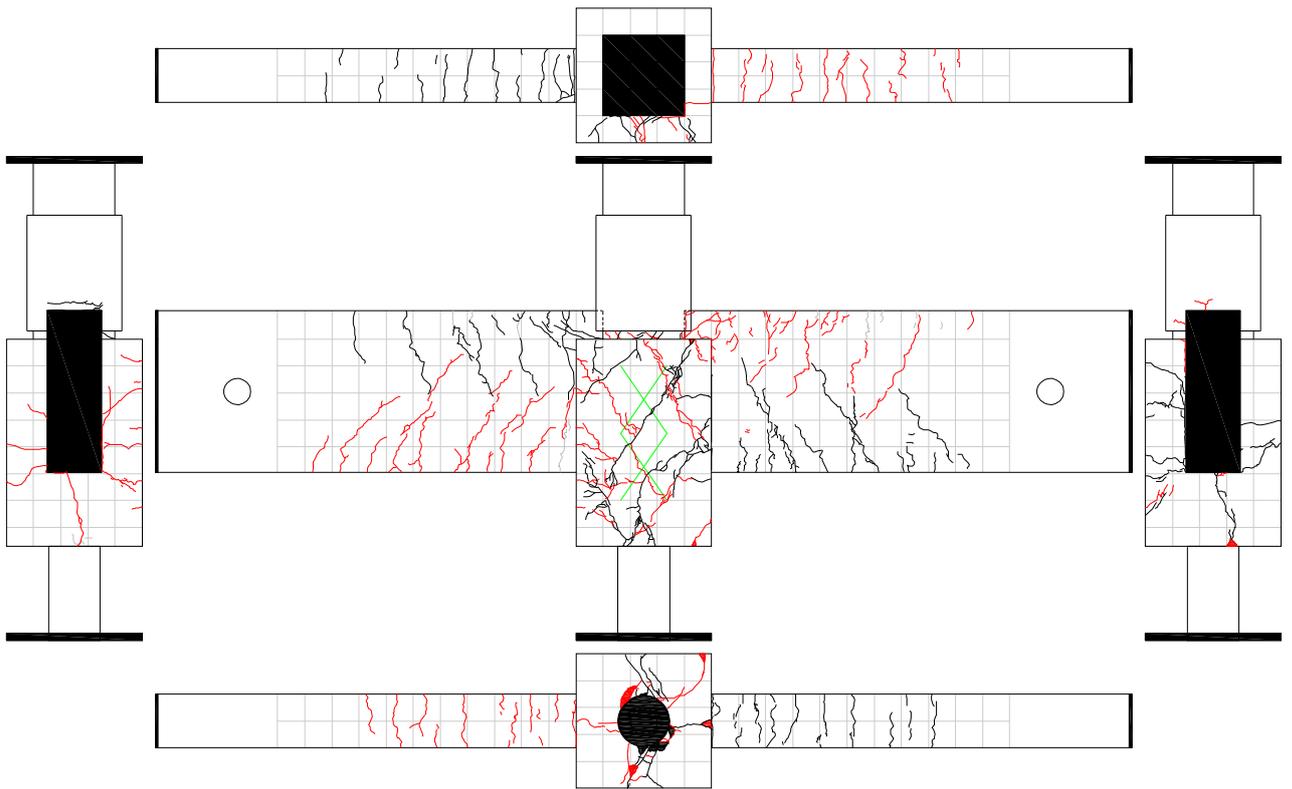
図・写真 2.2.3-8 試験体 F-1 ひび割れ状況 (7Cycle)



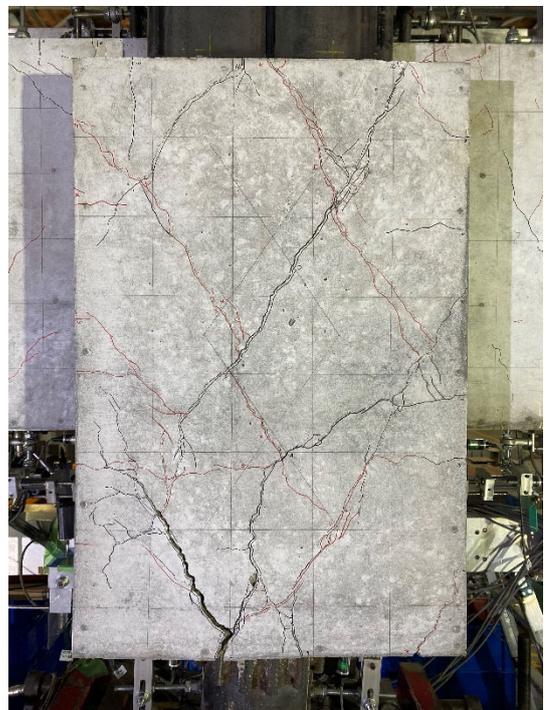
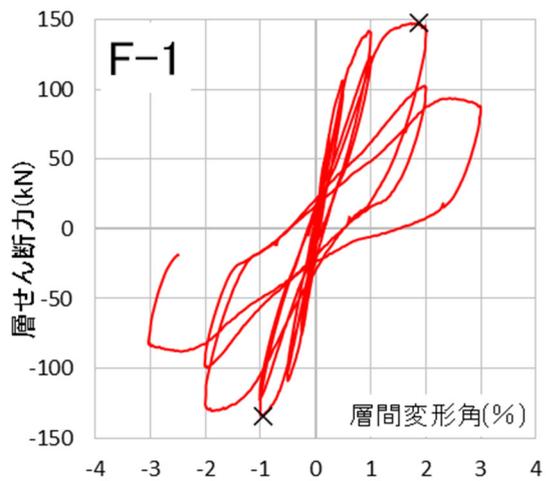
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+8	100.9	2.010
-8	-97.8	-2.011



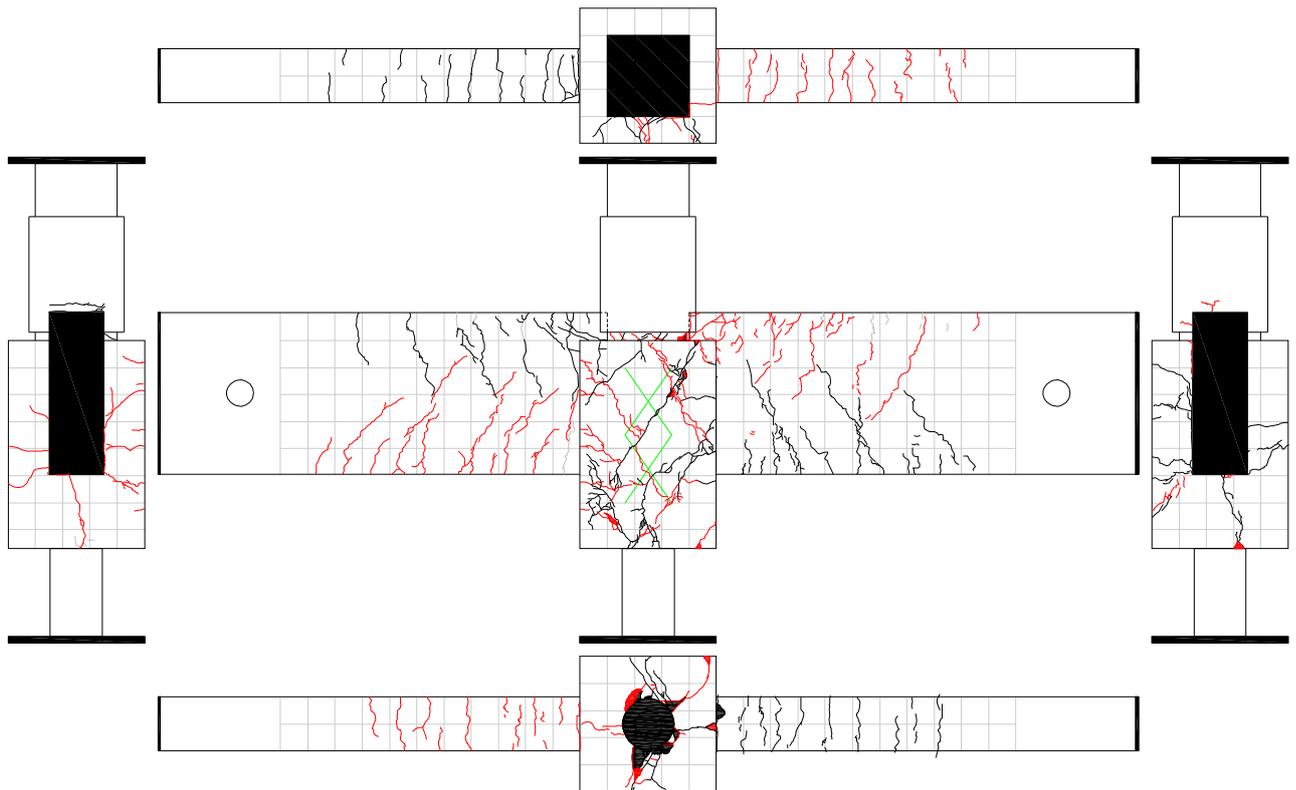
図・写真 2. 2. 3-9 試験体 F-1 ひび割れ状況 (8Cycle)



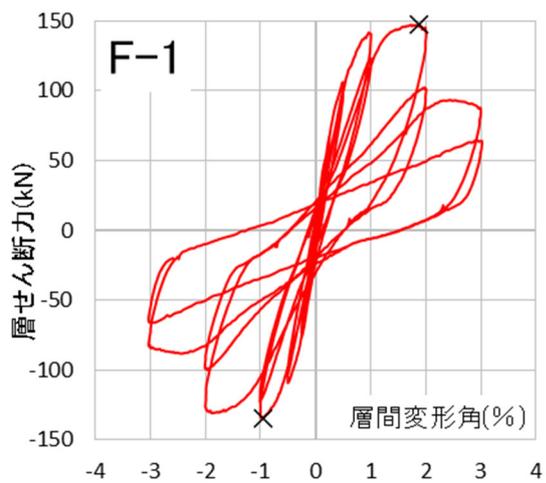
Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+9	85.6	3.007
-9	-82.0	-3.032



図・写真 2.2.3-10 試験体 F-1 ひび割れ状況 (9Cycle)



Cycle	F-1	
	Q (kN)	R (%)
+10	62.4	3.028
-10	-63.9	-3.034



図・写真 2.2.3-11 試験体 F-1 ひび割れ状況 (10Cycle)

(3) 層間変形角と各部材の変位計による変形の関係

図 2. 2. 3-12～図 2. 2. 3-27 に試験体に設置した変位計の層間変形角-部材変形関係を示す。試験体の正面を南面とし、変位計位置を示す図は北面（試験体の裏）からみたものである。

- 部材変位

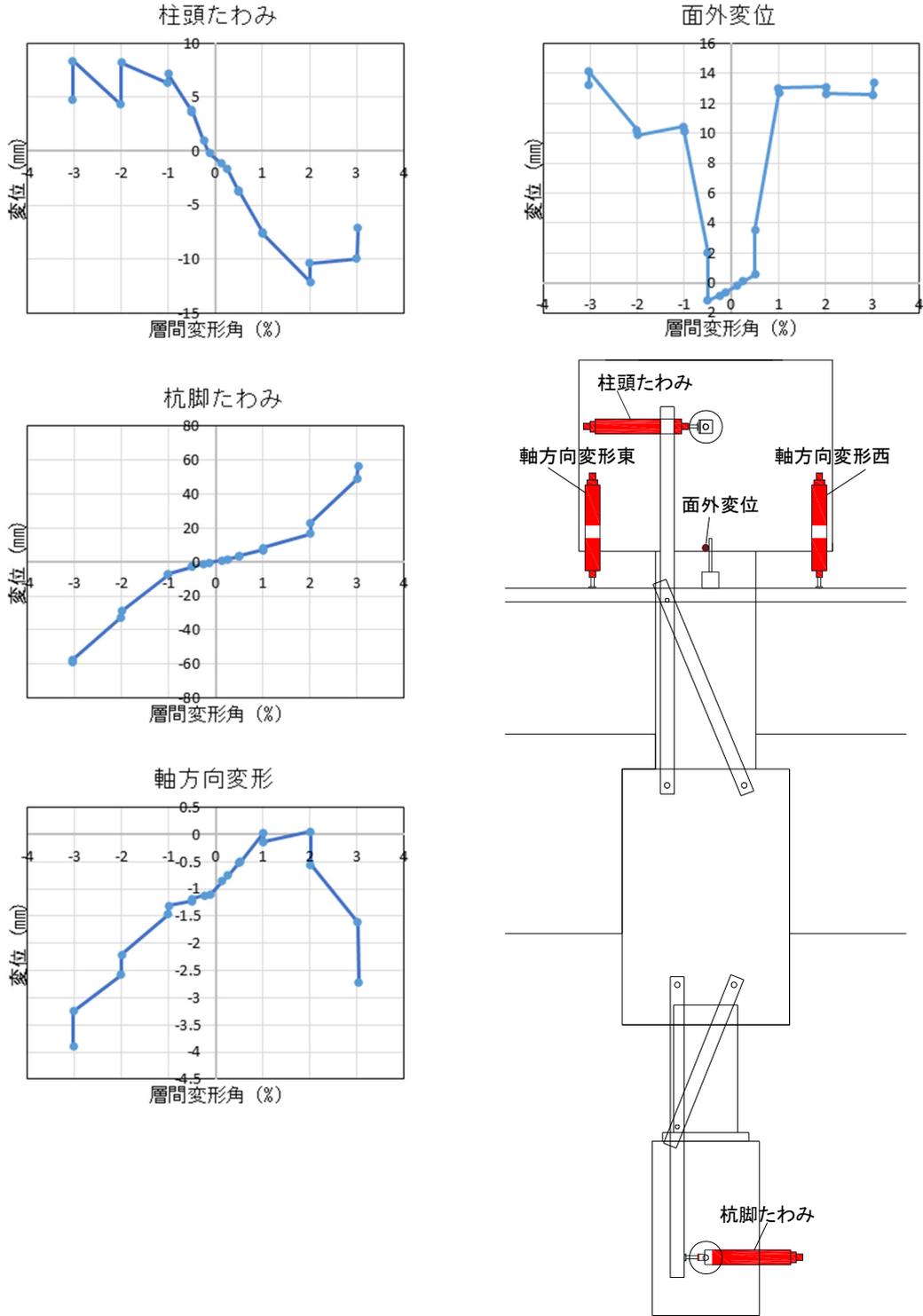


図 2. 2. 3-12 試験体 F-1 部材変位 層間変形角-変形関係 1

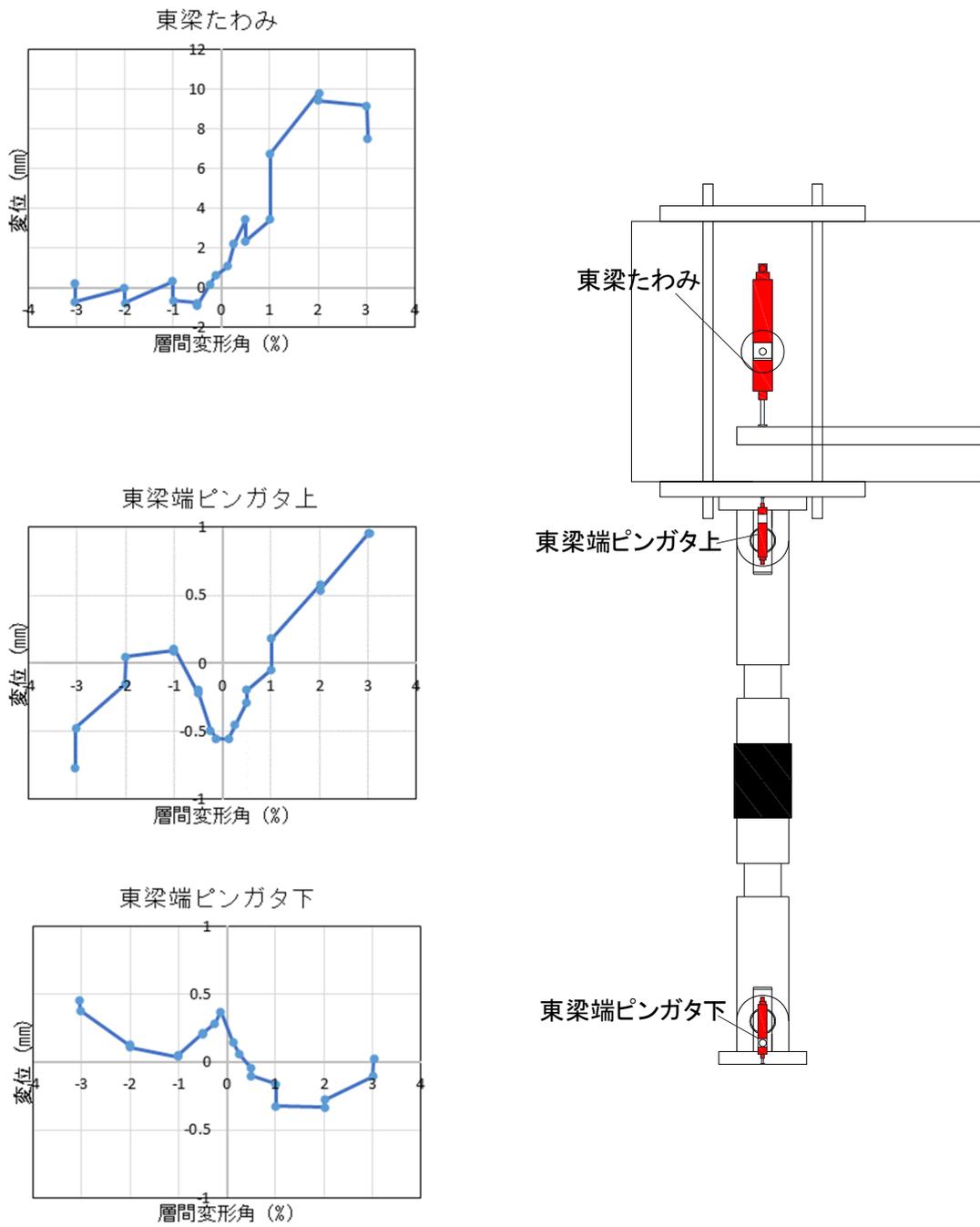


図 2. 2. 3-13 試験体 F-1 部材変位 層間変形角-変形関係 2

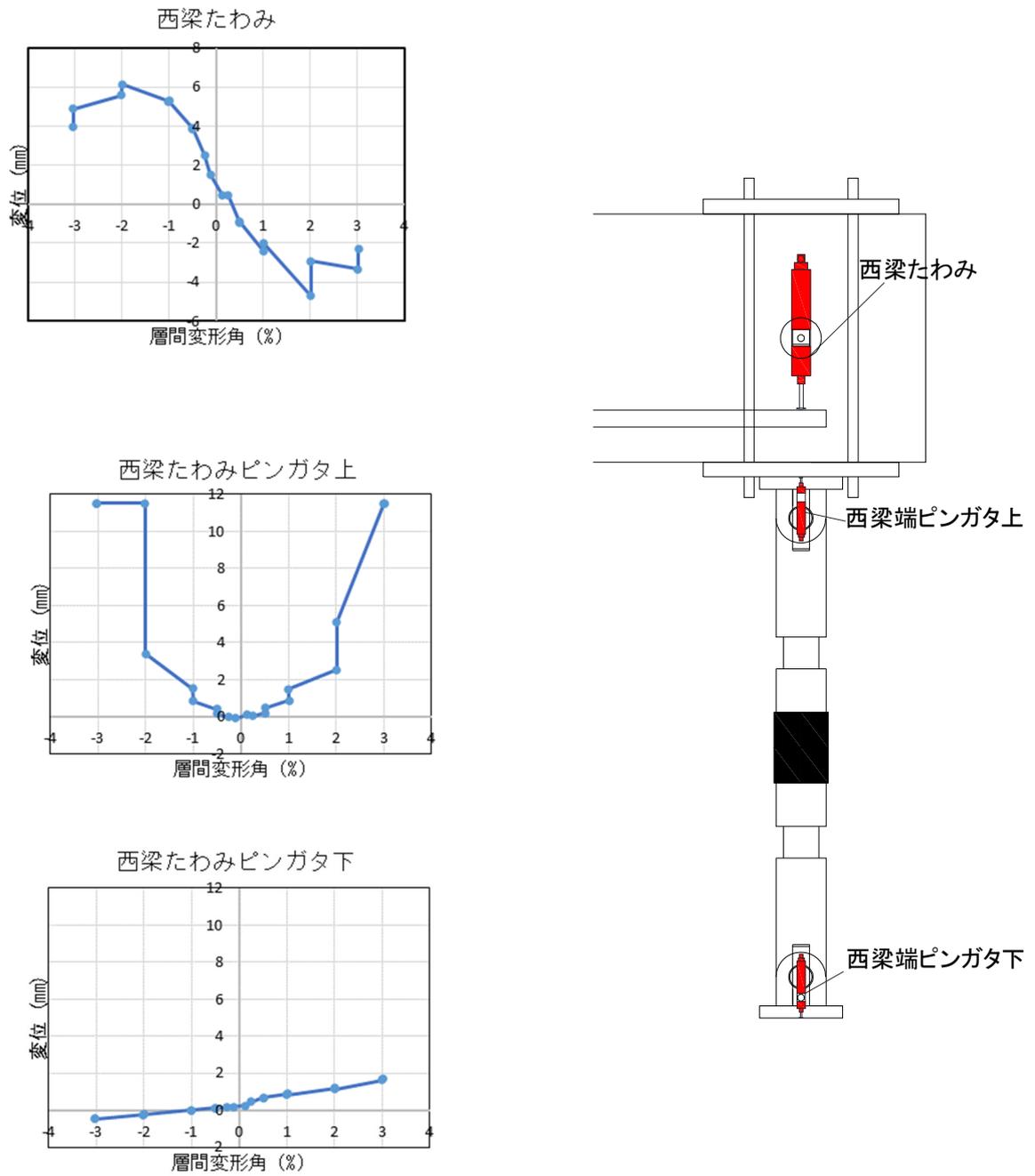


図 2.2.3-14 試験体 F-1 部材変位 層間変形角-変形関係 3

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 部材絶対変位

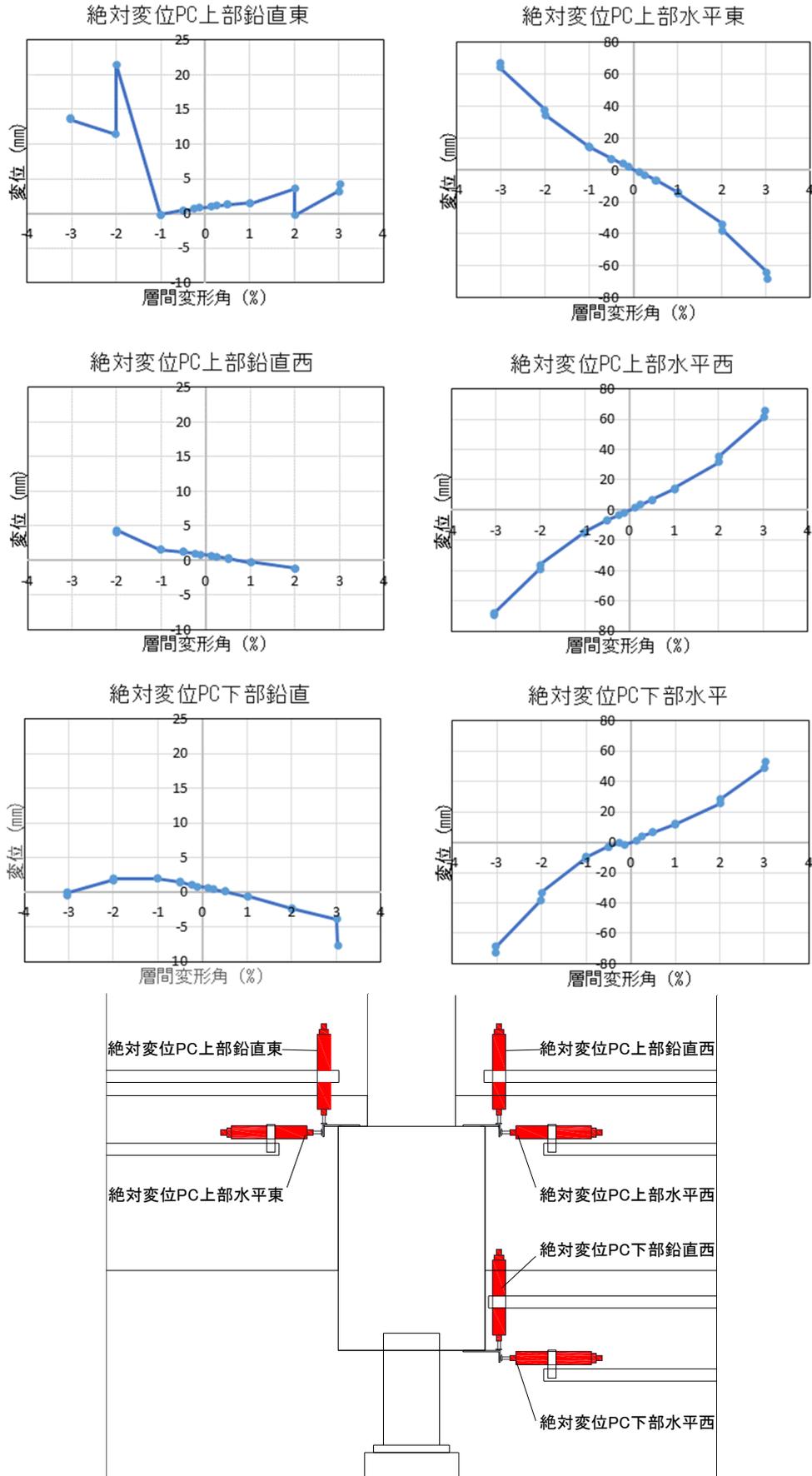


図 2.2.3-15 試験体 F-1 部材絶対変位 層間変形角-変形関係

東基礎梁変位

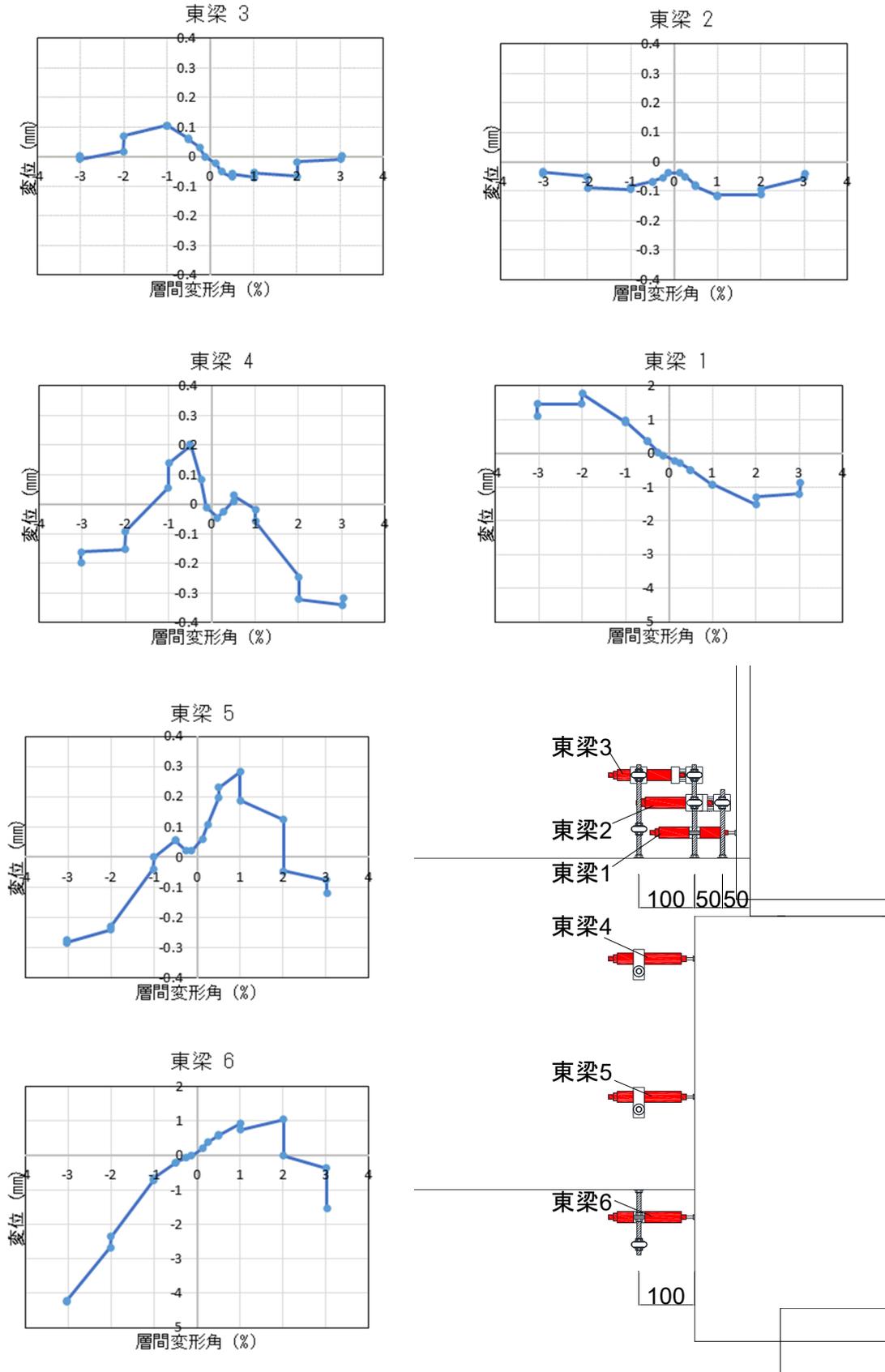


図 2.2.3-16 試験体 F-1 東基礎梁変位 層間変形角-変形関係 1

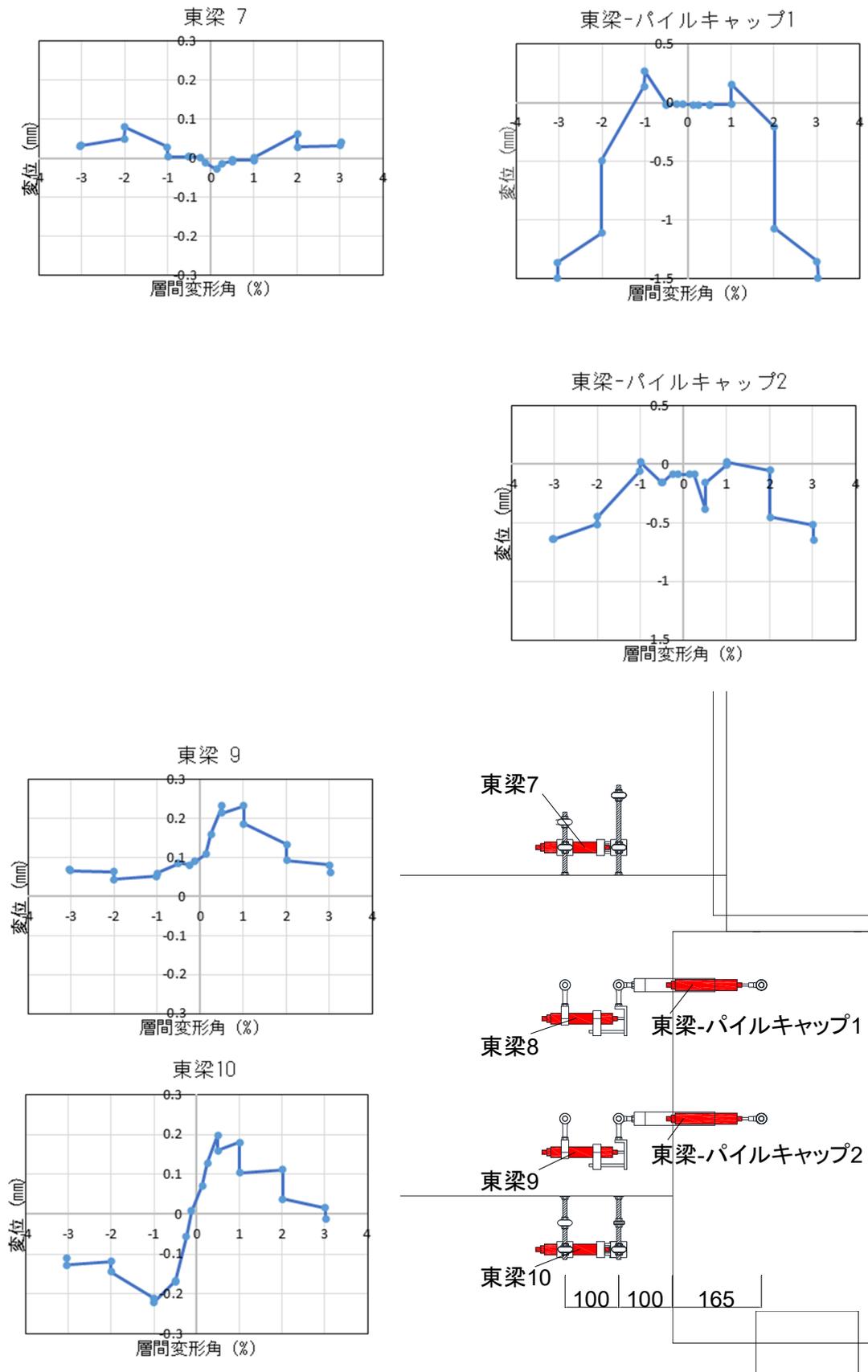


図 2.2.3-17 試験体 F-1 東基礎梁変位 層間変形角-変形関係 2

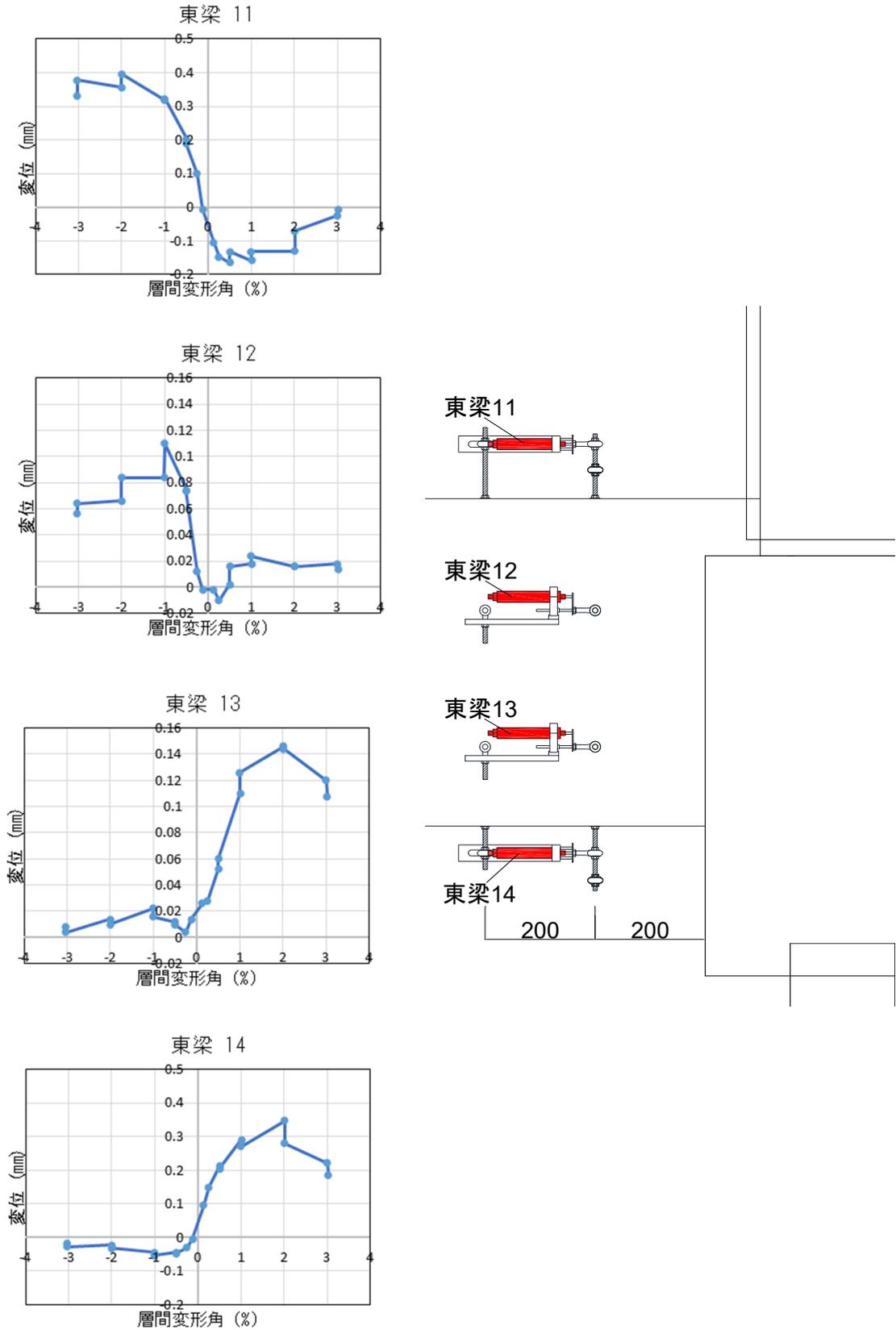


図 2.2.3-18 試験体 F-1 東基礎梁変位 層間変形角-変形関係 3

- 西基礎梁変位

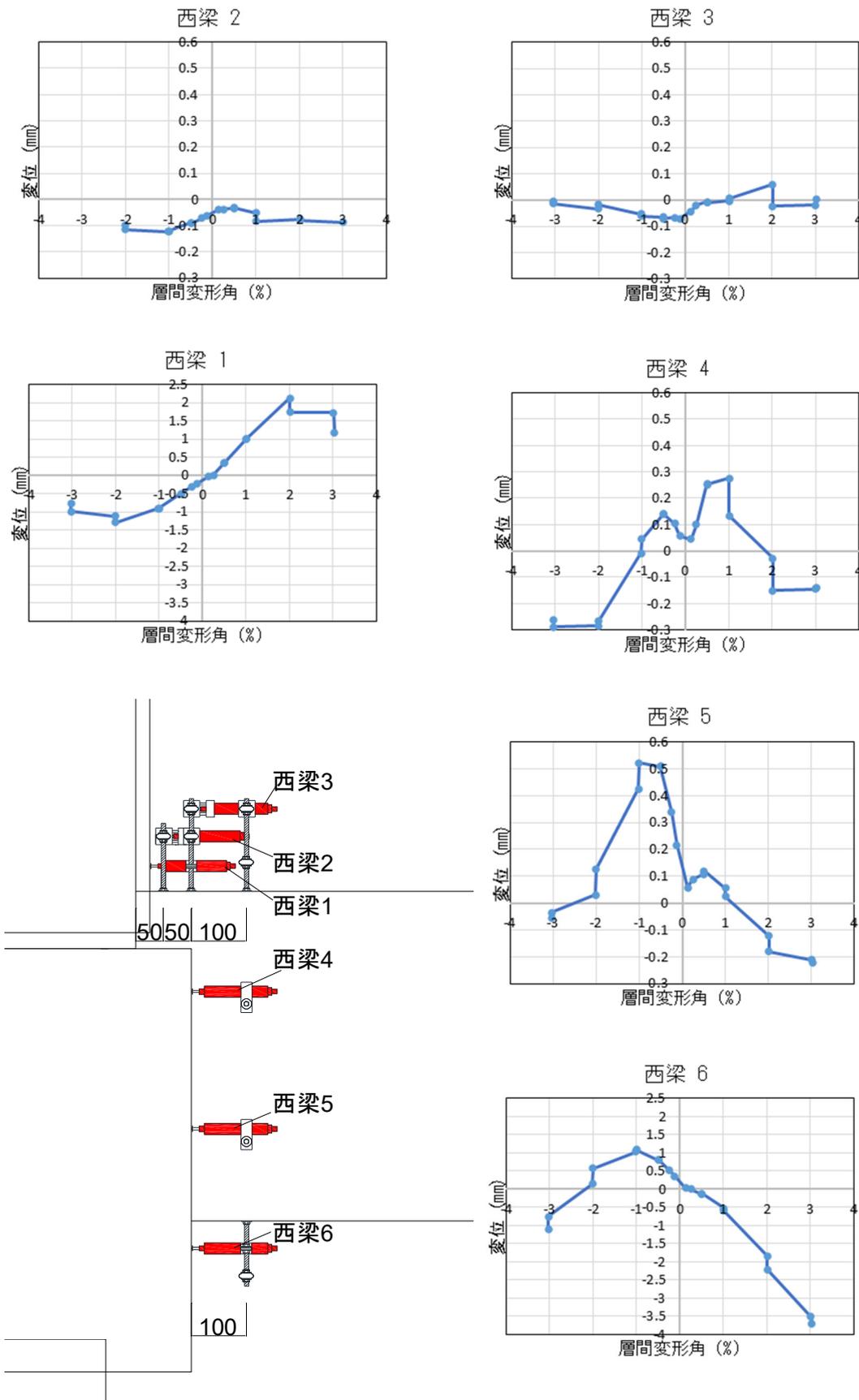


図 2.2.3-19 試験体 F-1 西基礎梁変位 層間変形角-変形関係 1

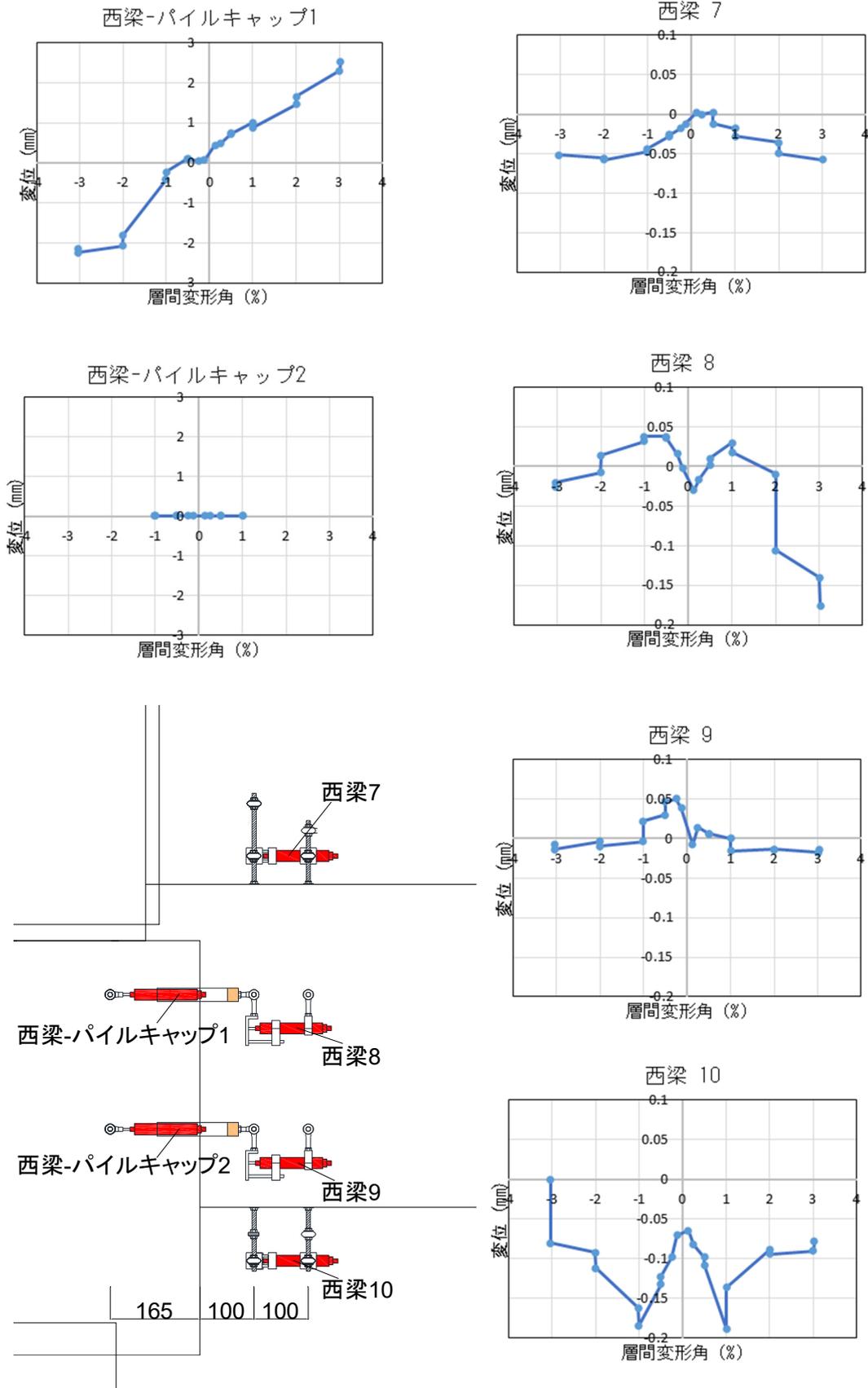


図 2.2.3-20 試験体 F-1 西基礎梁変位 層間変形角-変形関係 2

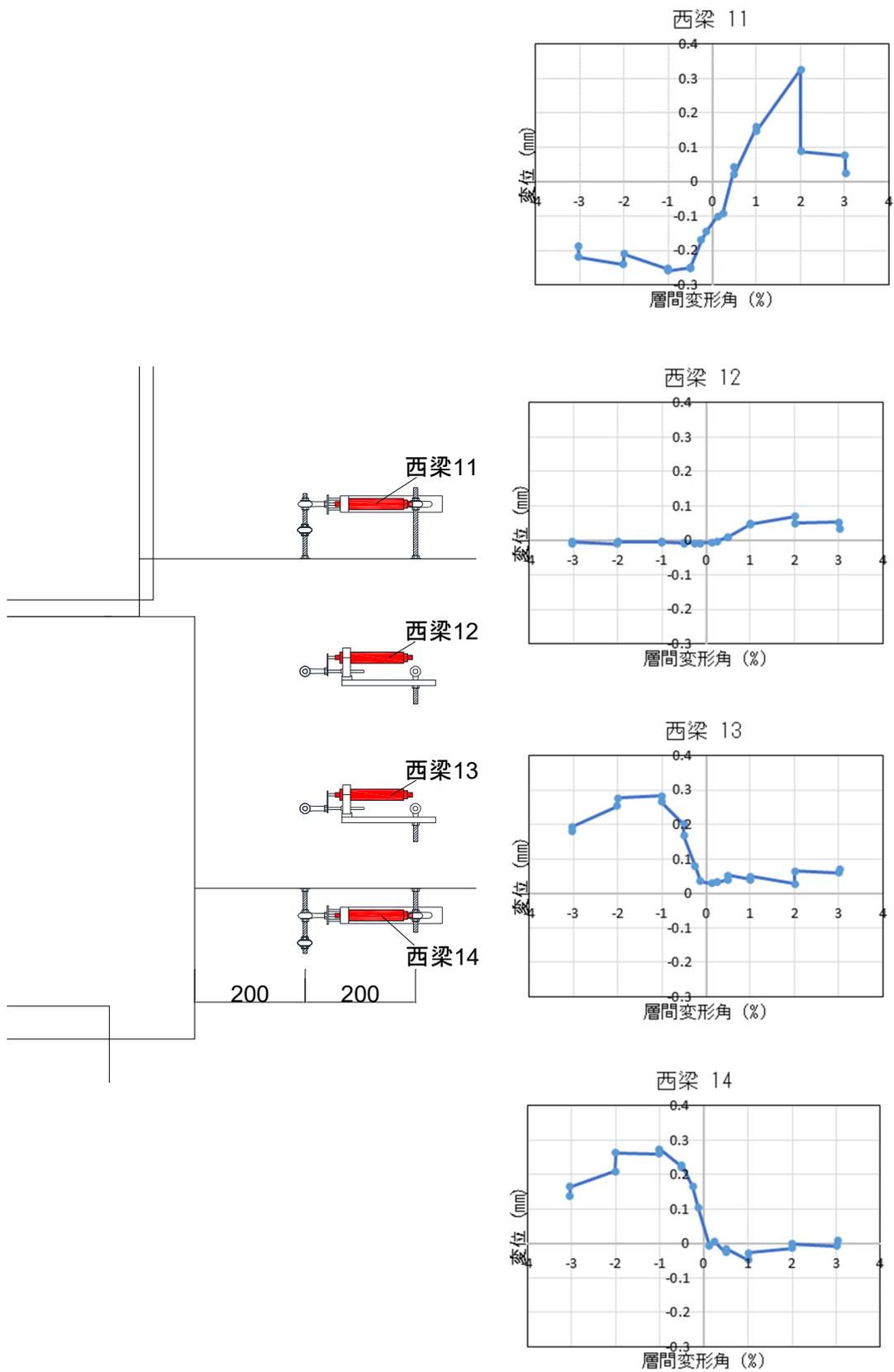


図 2.2.3-21 試験体 F-1 西基礎梁変位 層間変形角-変形関係 3

- 柱変位

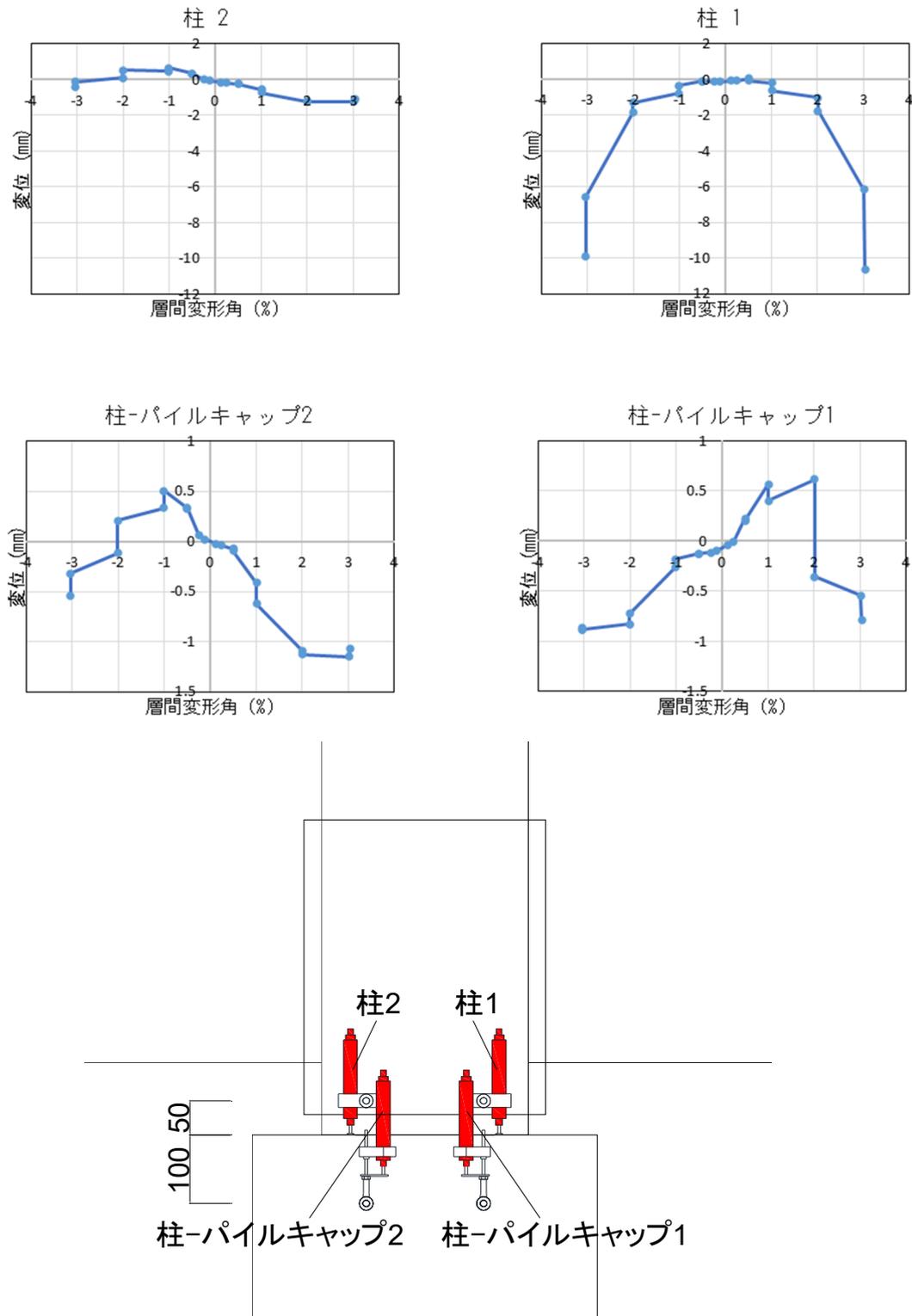


図 2.2.3-22 試験体 F-1 柱変位 層間変形角-変形関係 1

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

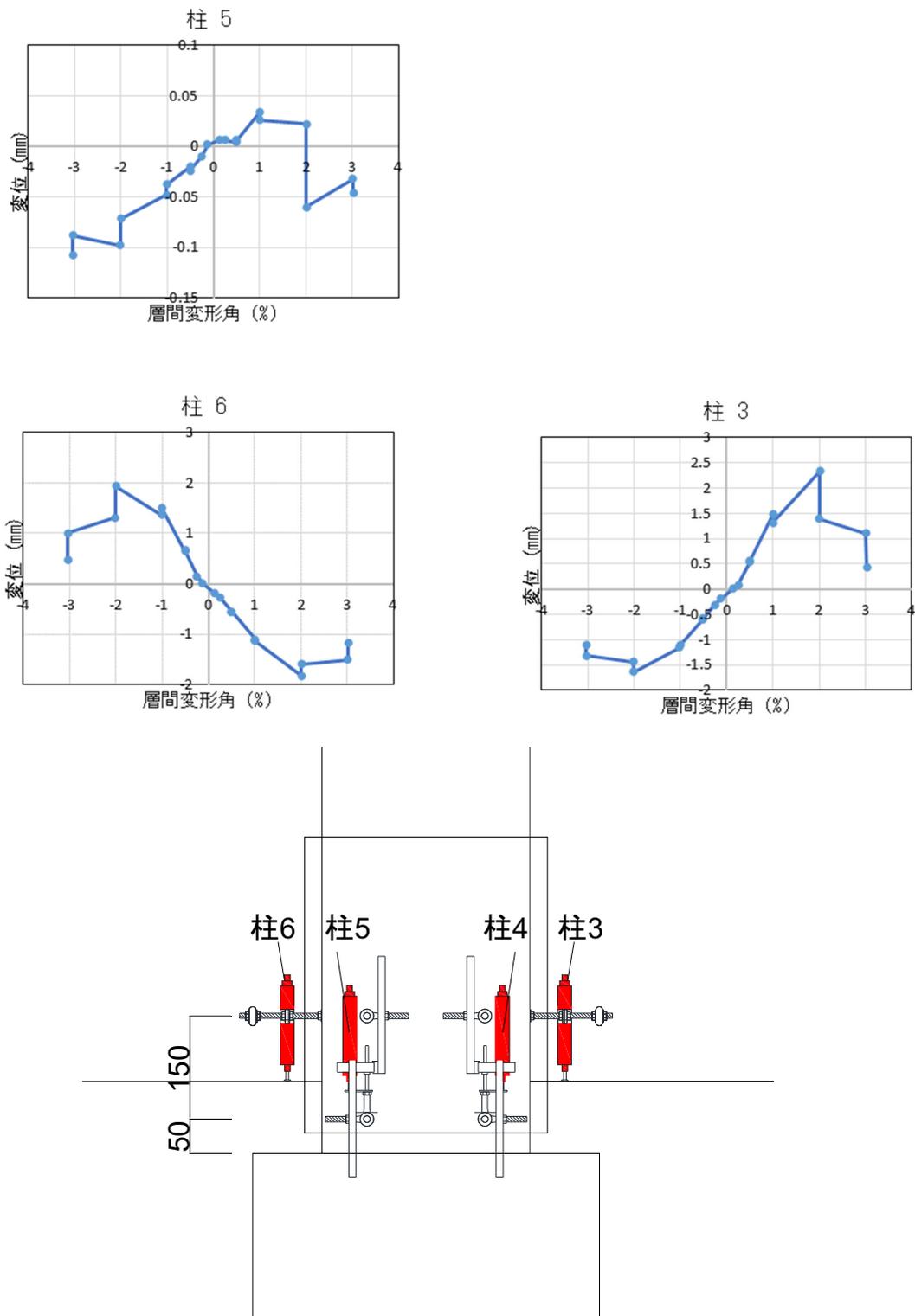


図 2. 2. 3-23 試験体 F-1 柱変位 層間変形角-変形関係 2

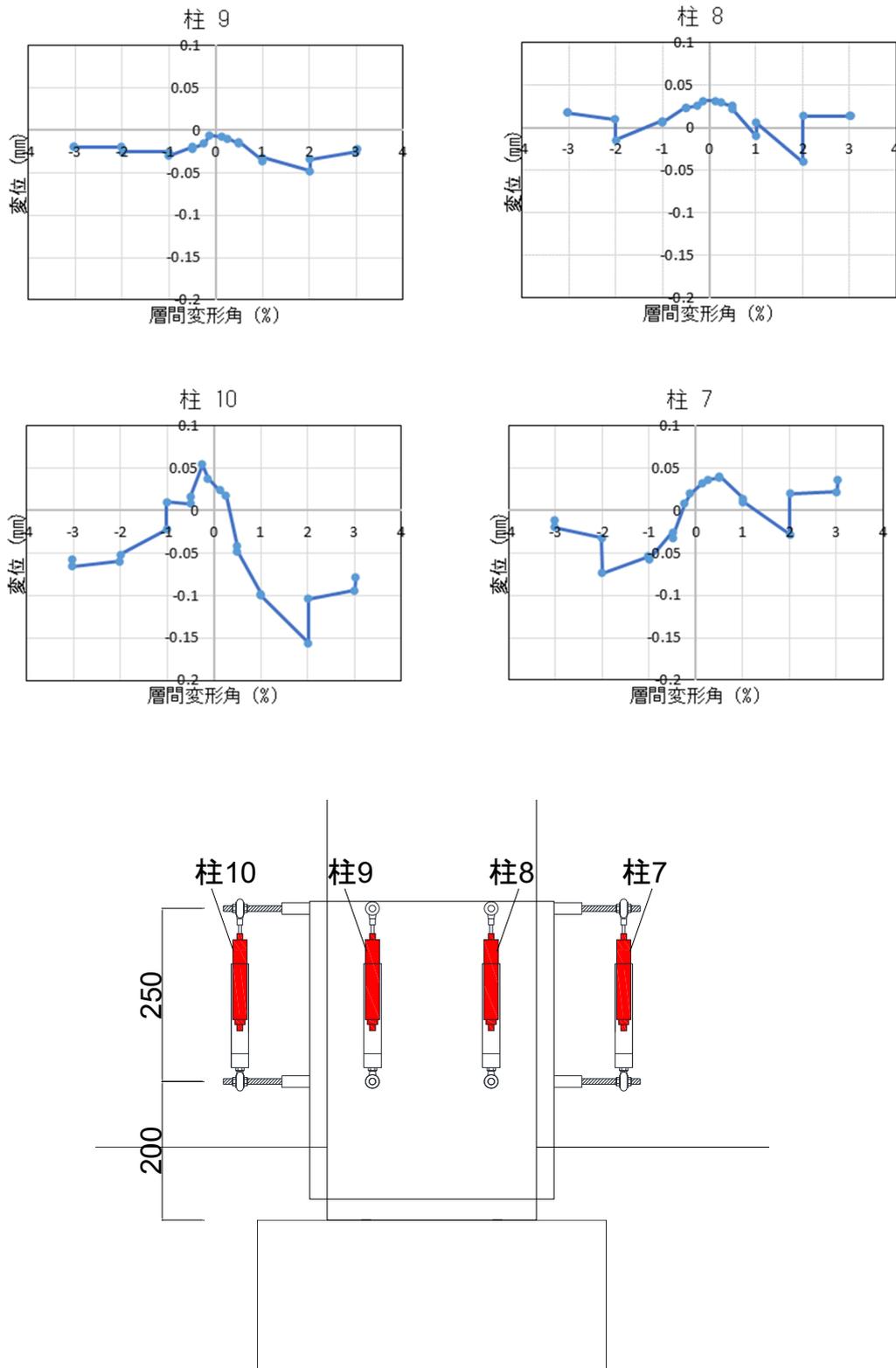


図 2. 2. 3-24 試験体 F-1 柱変位 層間変形角-変形関係 3

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- パイルキャップ変位

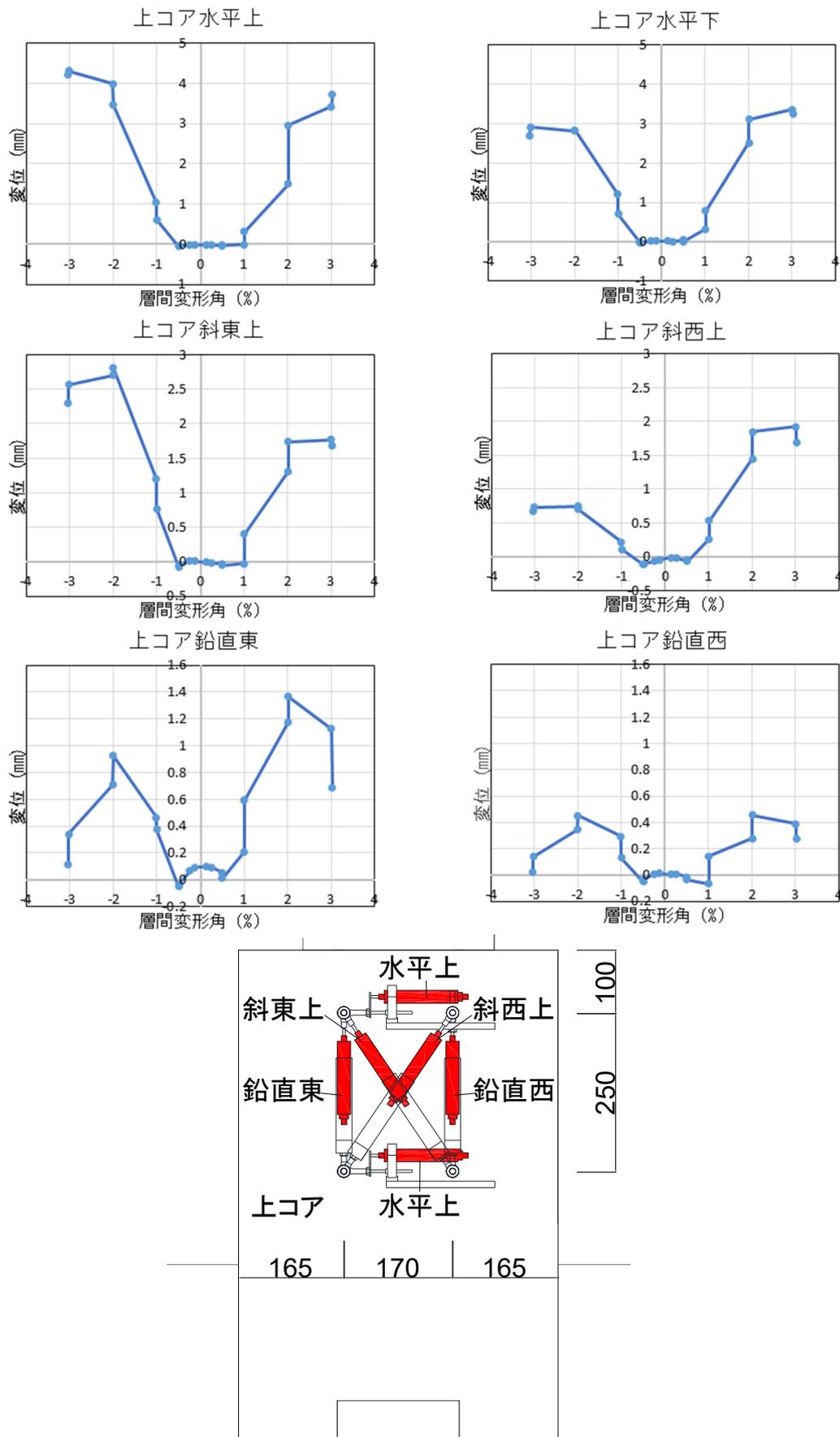


図 2.2.3-25 試験体 F-1 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係 1

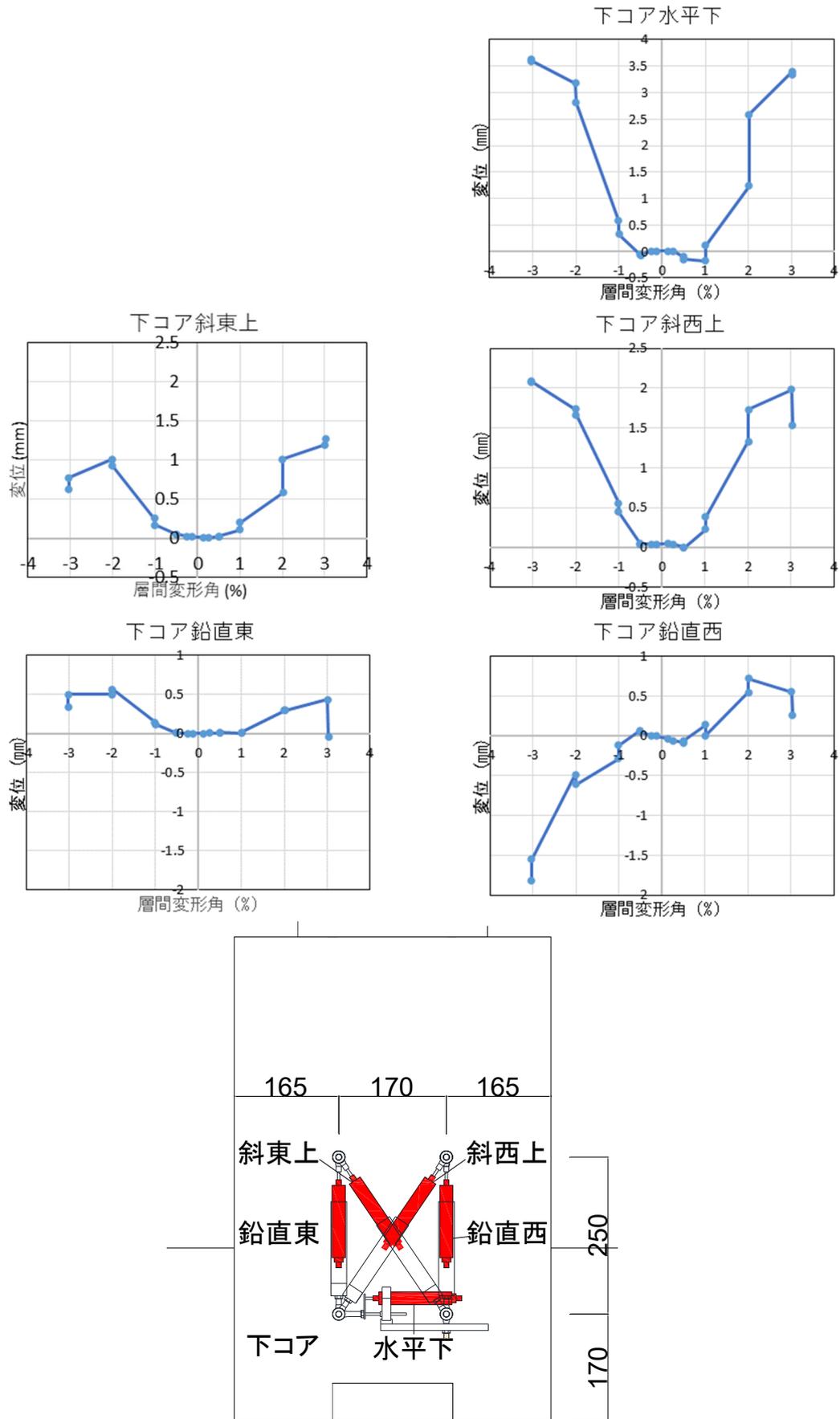


図 2.2.3-26 試験体F-1 パイルキャップ変位 層間変形角-変形関係

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 杭変位

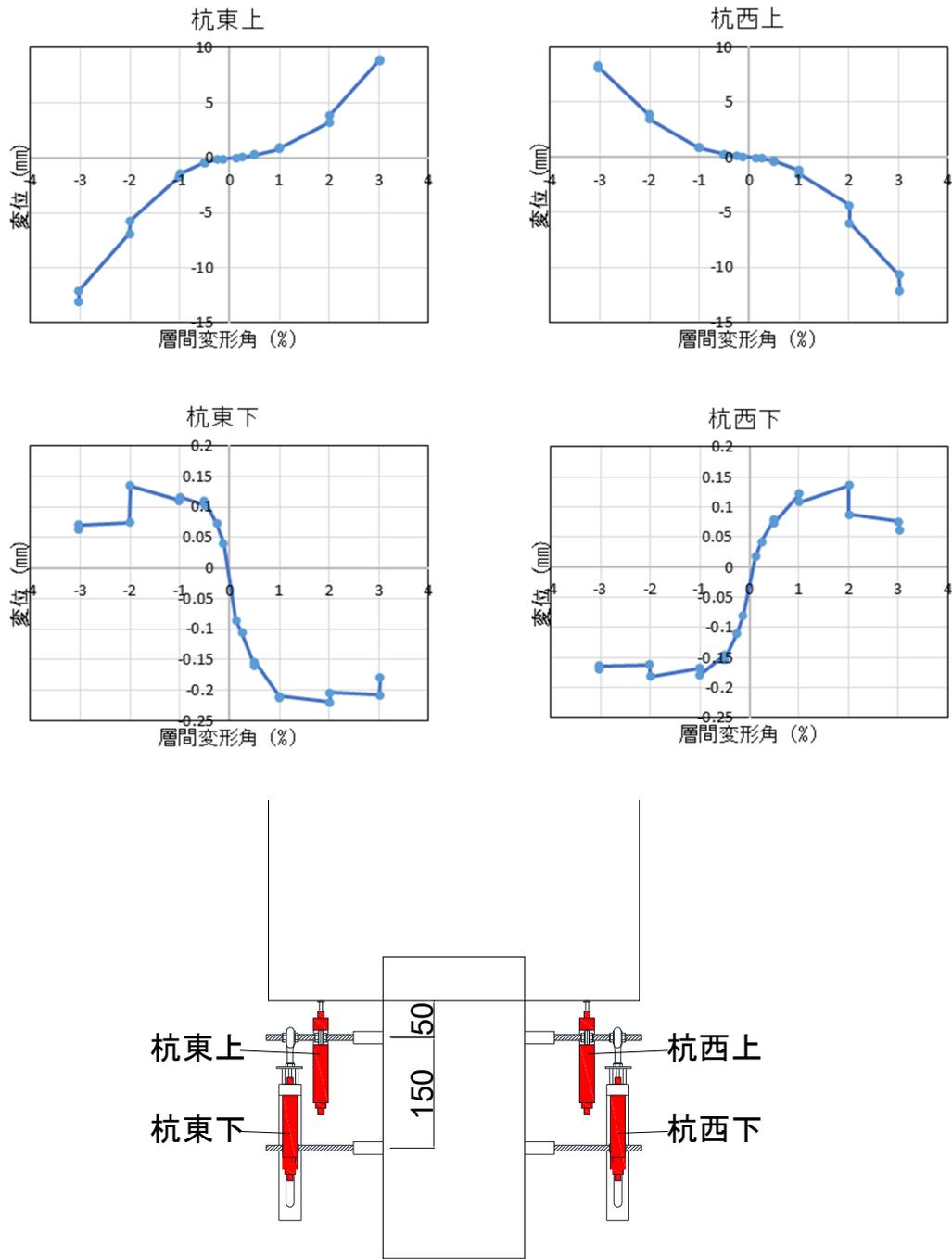


図 2.2.3-27 試験体 F-1 杭変位 層間変形角-変形関係

(4) 各鉄筋ひずみ分布

図 2.2.3-28, 図 2.2.3-29 に基礎梁主筋各ピーク時のひずみ分布を, 図 2.2.3-30 に柱主筋各ピーク時のひずみ分布を, 図 2.2.3-31 に柱補強筋各ピーク時のひずみ分布を, 図 2.2.3-32 に杭各ピーク時のひずみ分布を, 図 2.2.3-33~図 2.2.3-35 に杭頭定着筋各ピーク時のひずみ分布を, 図 2.2.3-36, 図 2.2.3-37 にパイルキャップ縦筋各ピーク時のひずみ分布を, 図 2.2.3-38 にパイルキャップ補強筋各ピーク時のひずみ分布を示す。

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

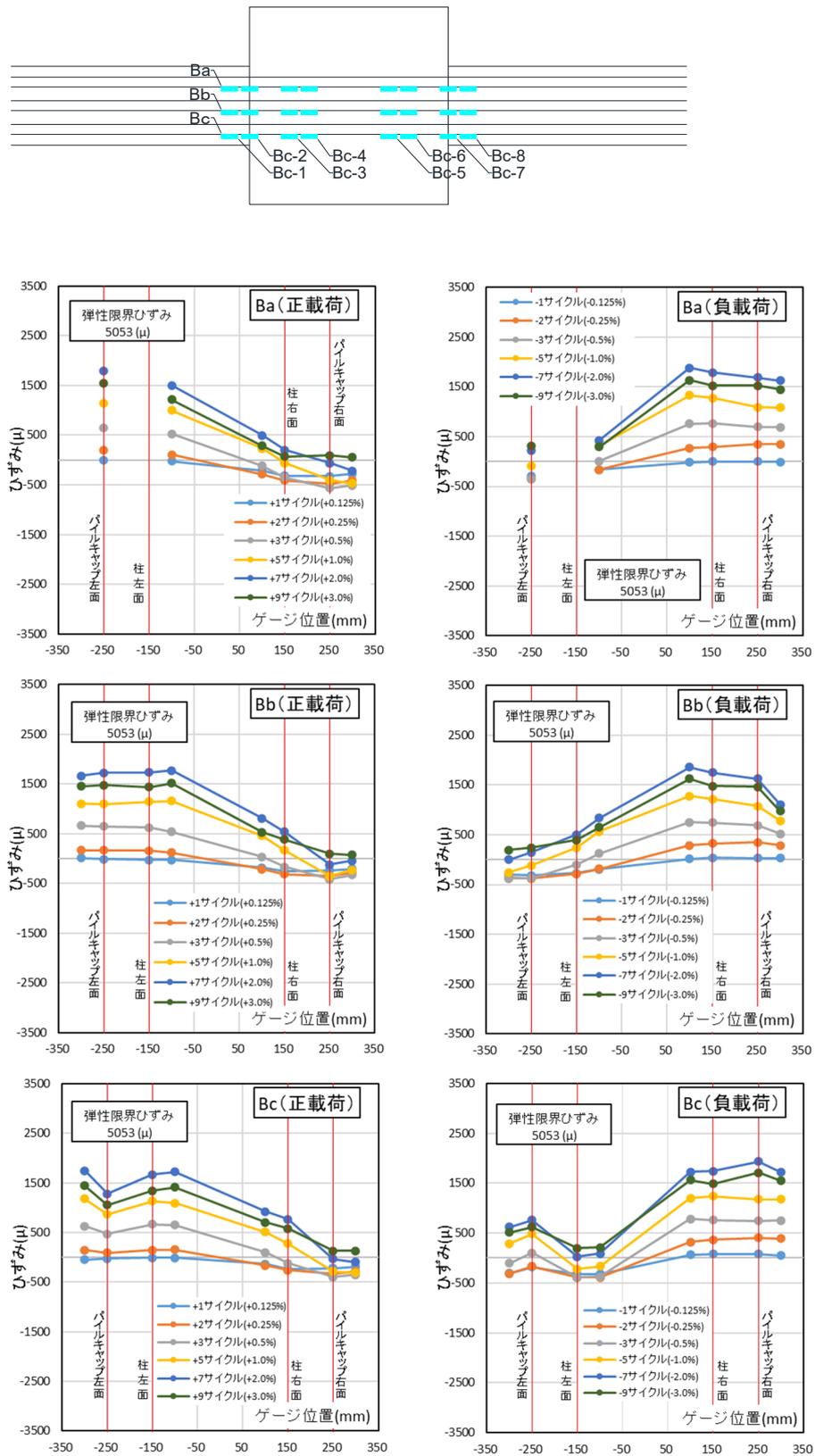


図 2. 2. 3-28 試験体 F-1 基礎梁主筋上端ひずみ分布

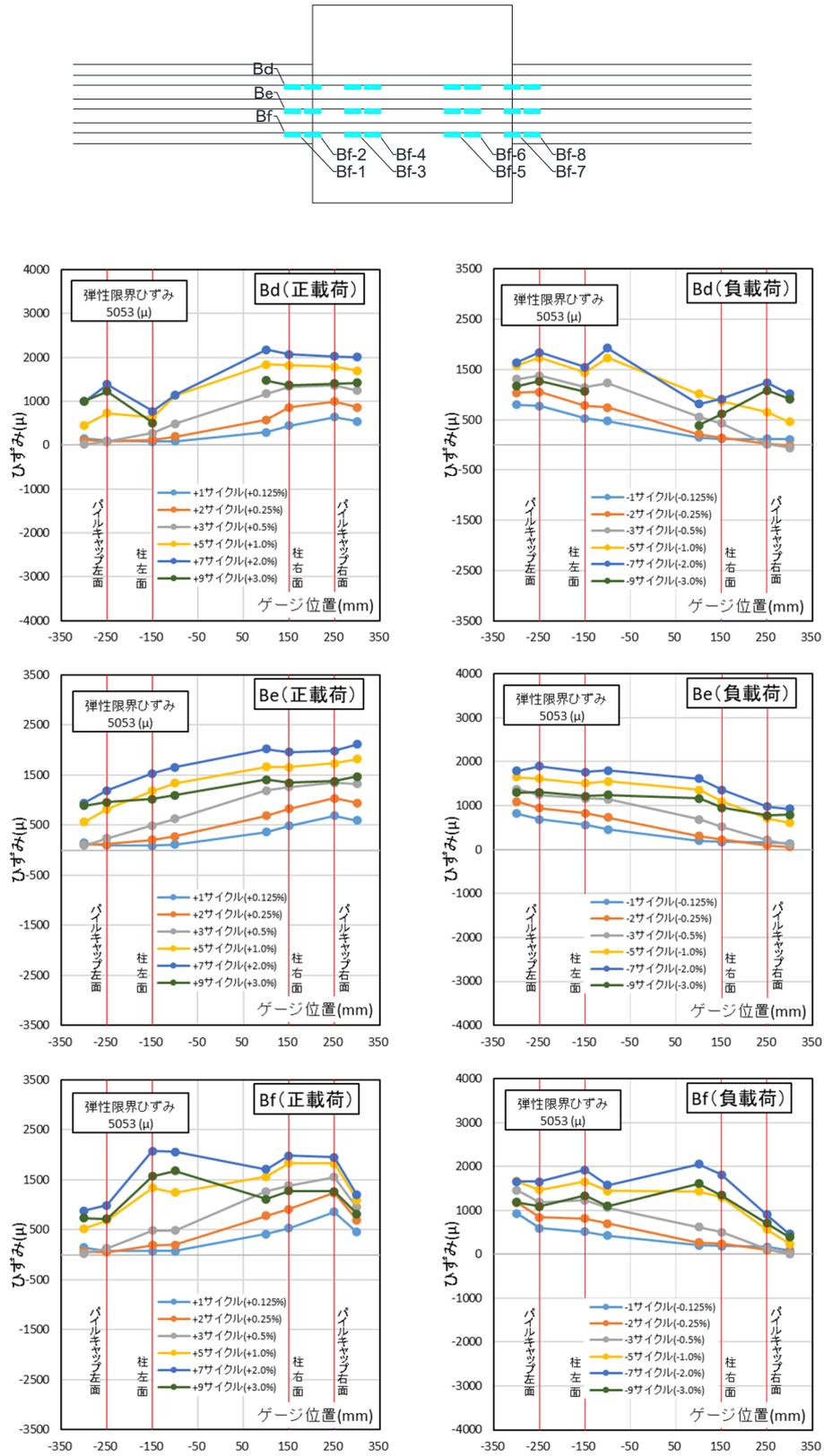


図 2. 2. 3-29 試験体 F-1 基礎梁主筋下端ひずみ分布

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

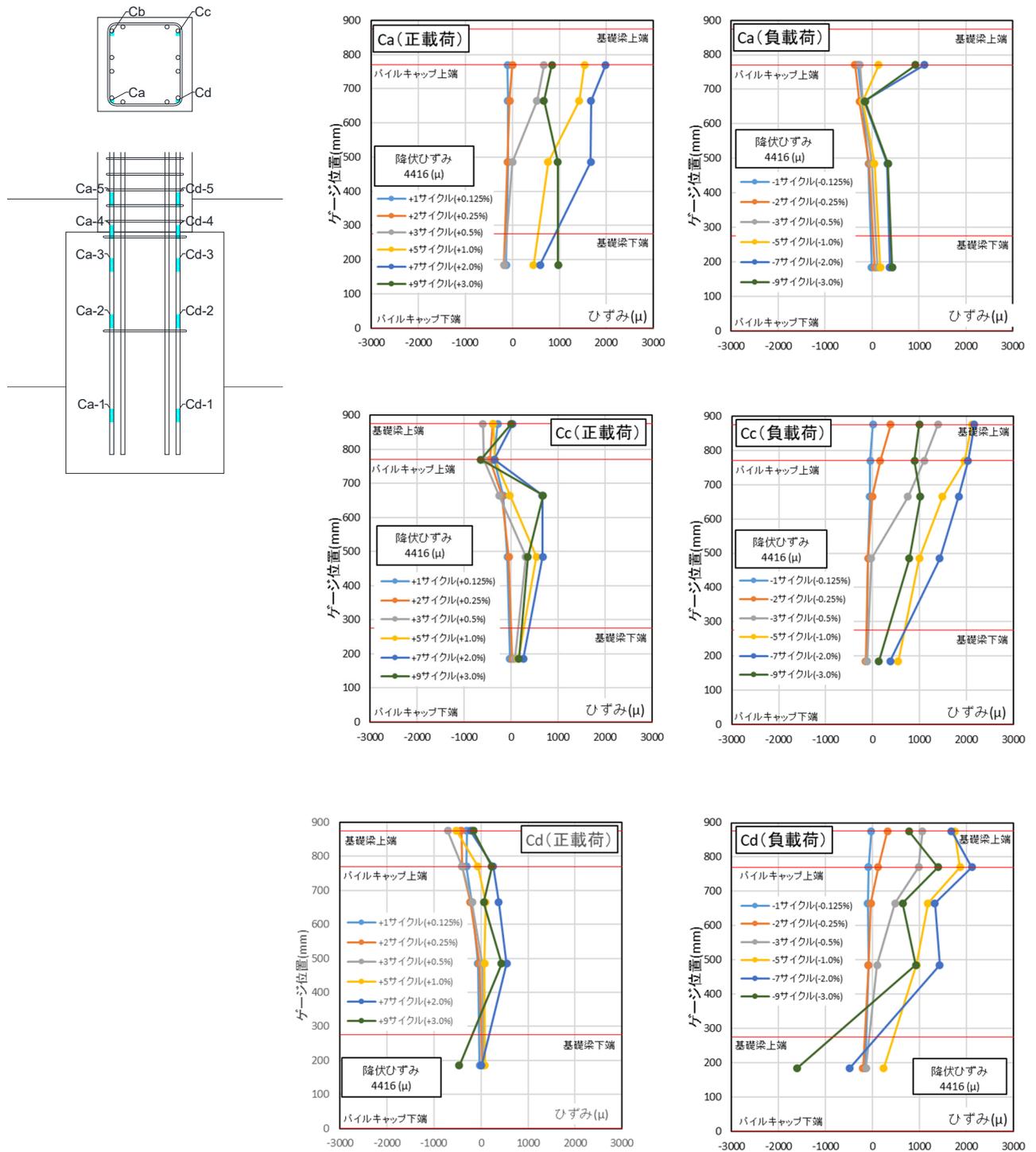


図 2.2.3-30 試験体 F-1 柱主筋ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

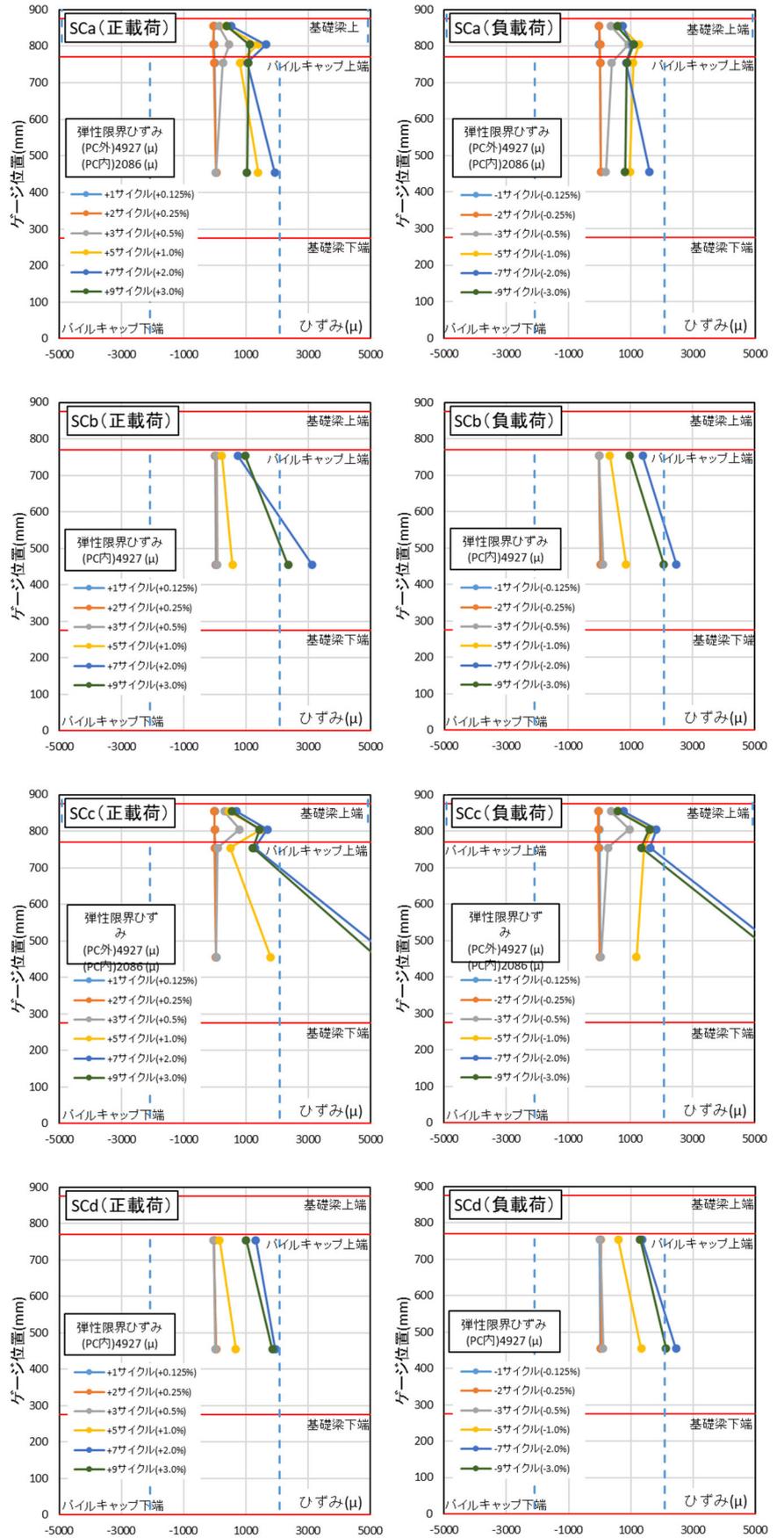
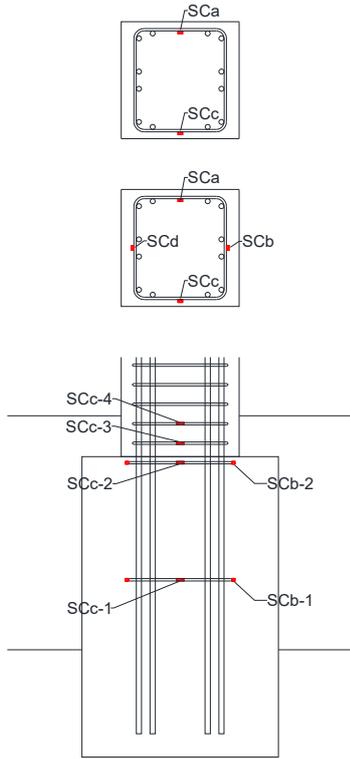


図 2.2.3-31 試験体 F-1 柱帯筋ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

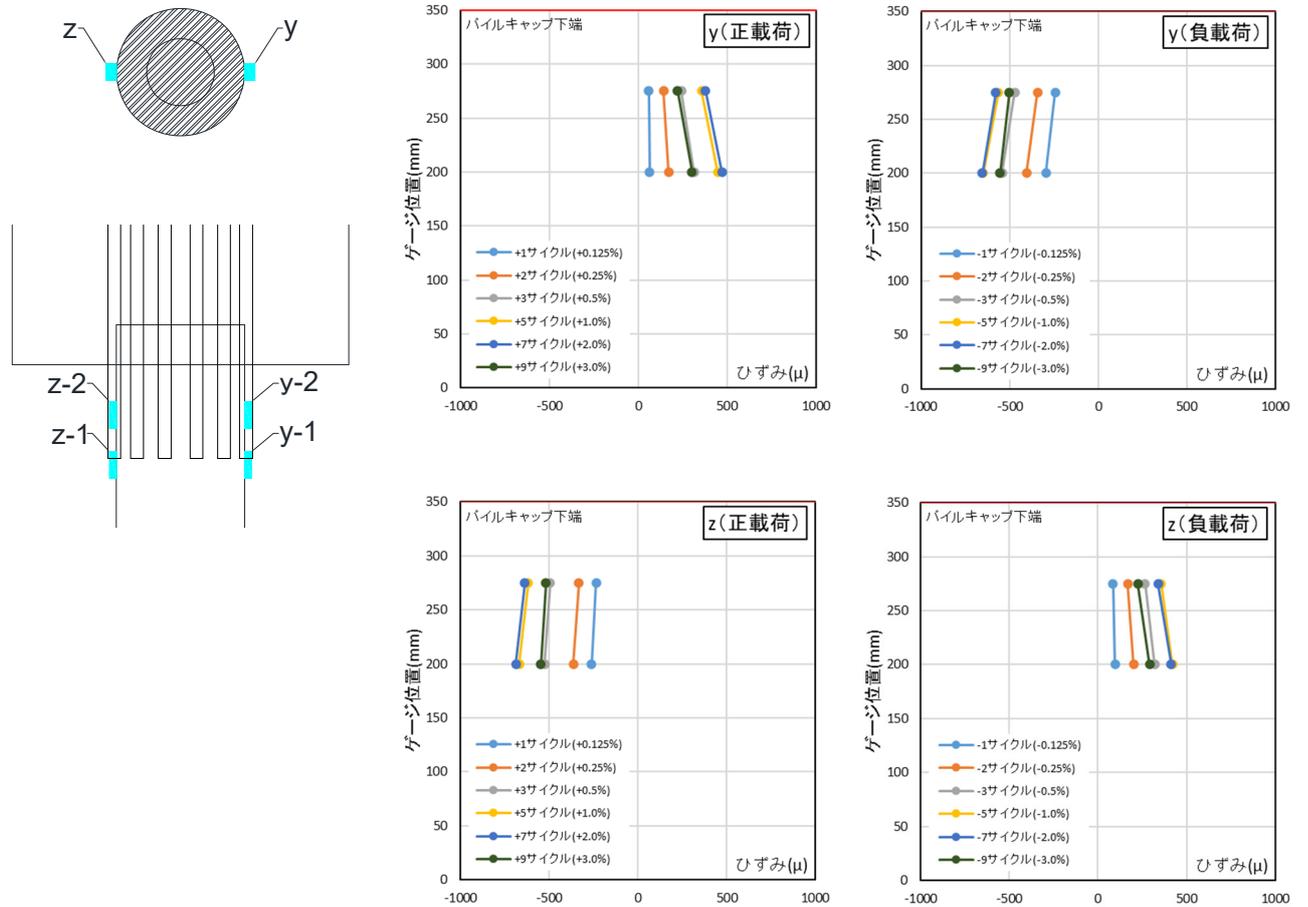


図 2.2.3-32 試験体 F-1 杭体ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

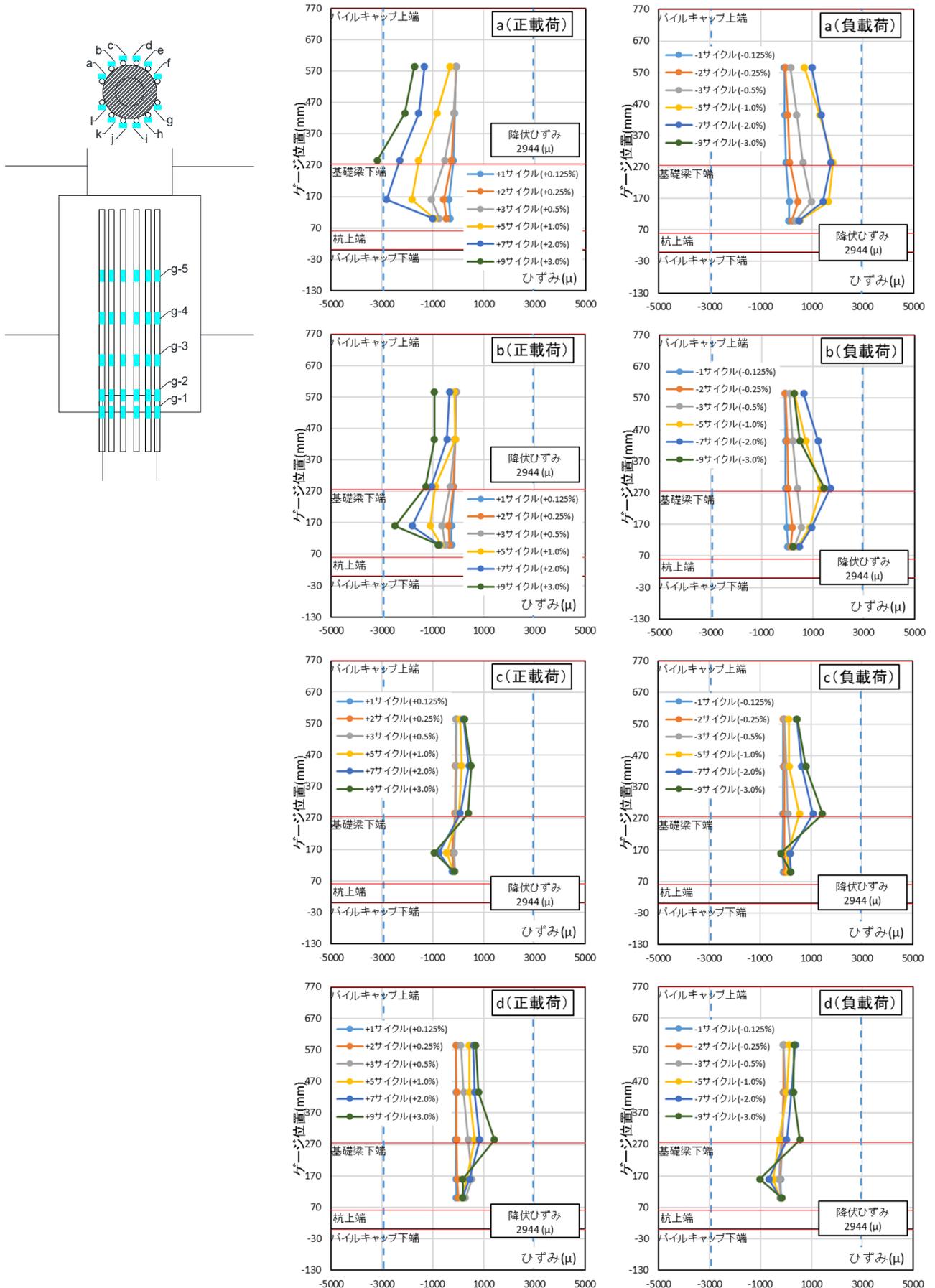


図 2.2.3-33 試験体 F-1 アンカー筋ひずみ分布 (a~d)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

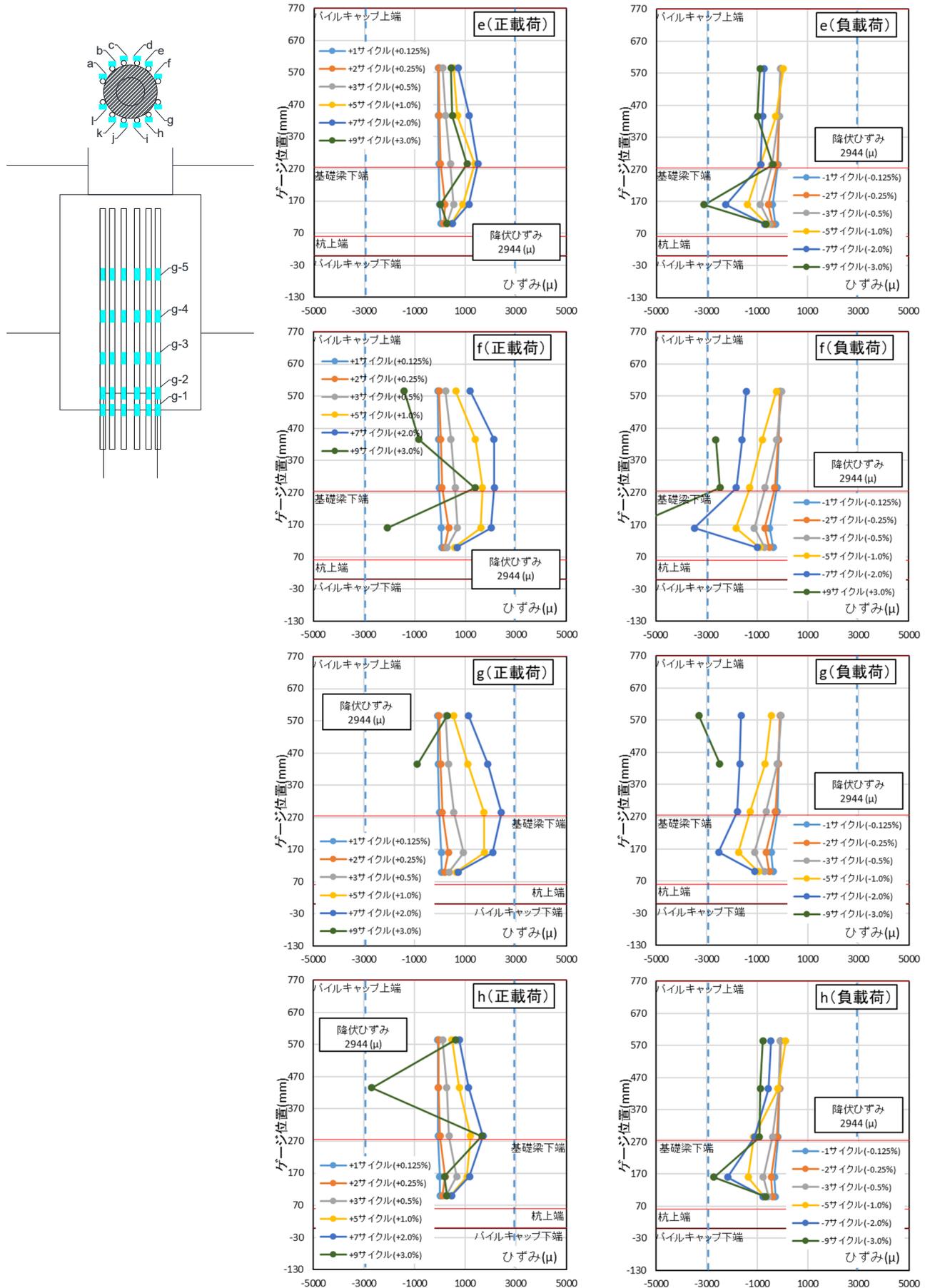


図 2.2.3-34 試験体 F-1 アンカー筋ひずみ分布 (e~h)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

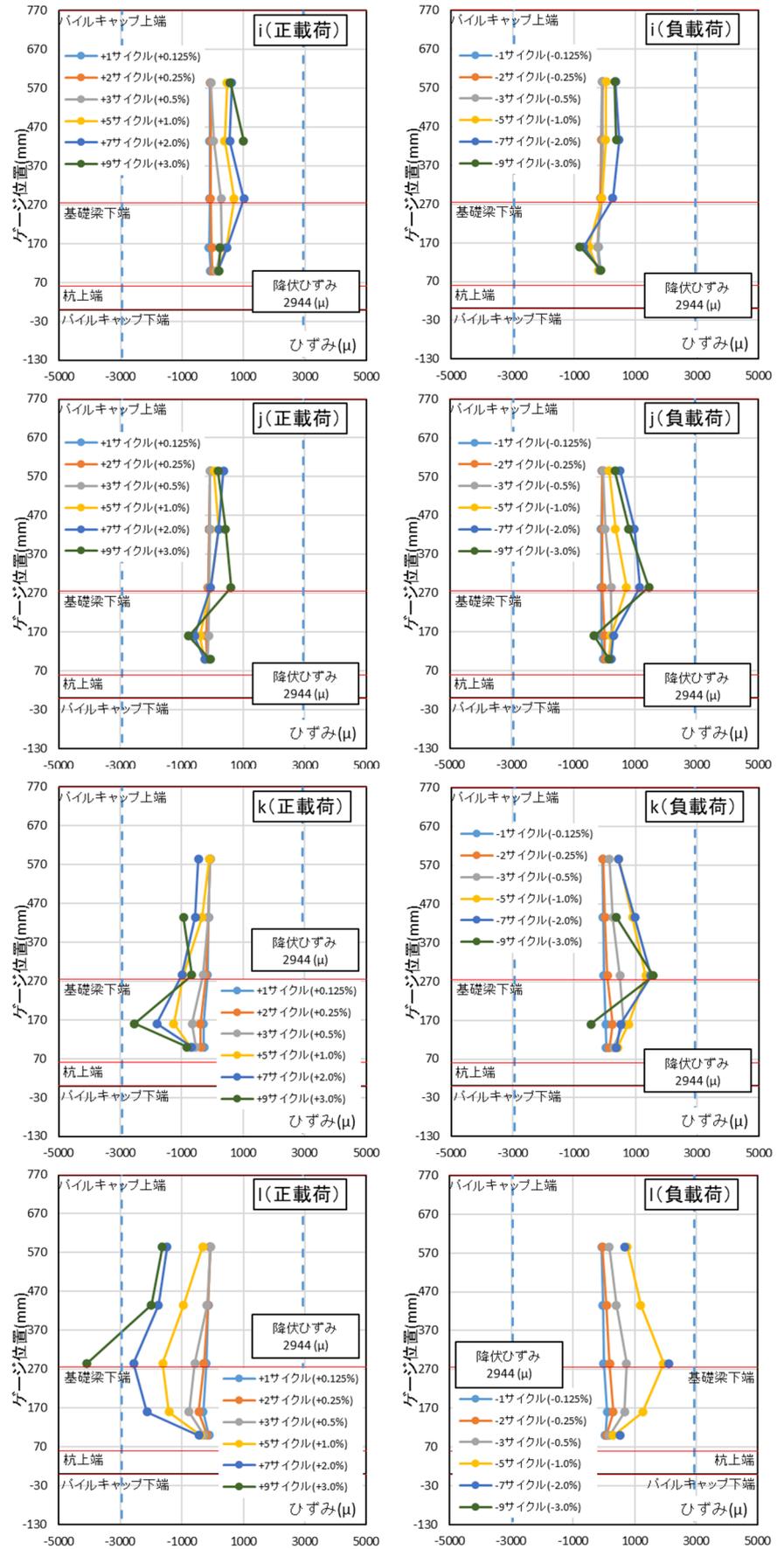
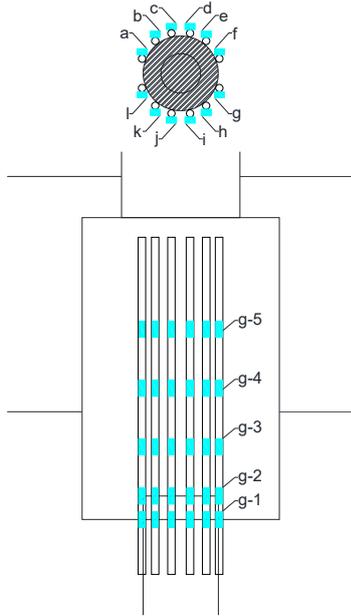


図 2.2.3-35 試験体 F-1 アンカー筋ひずみ分布 (i~l)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

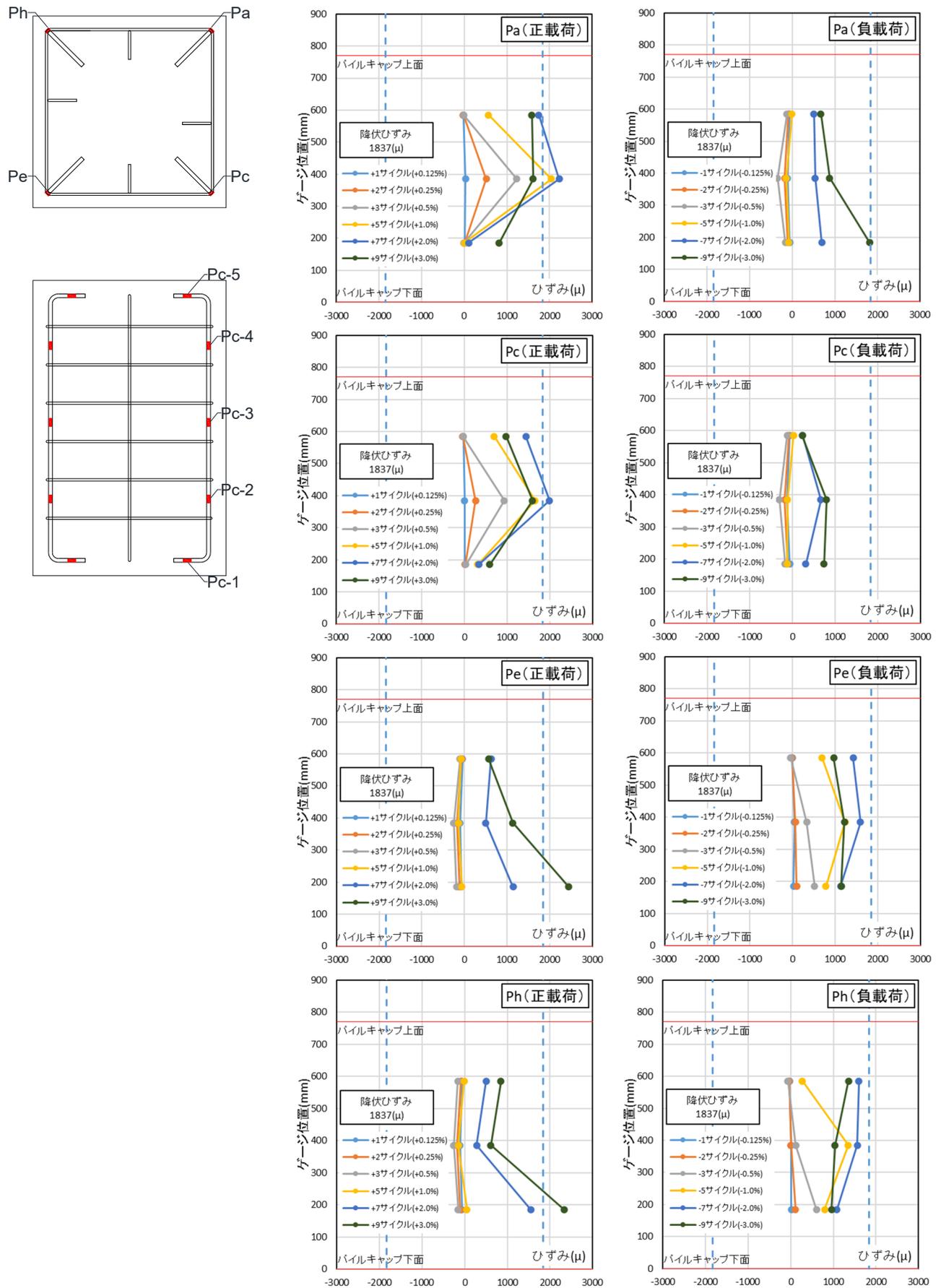


図 2.2.3-36 試験体 F-1 パイルキャップ縦筋(対角)ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

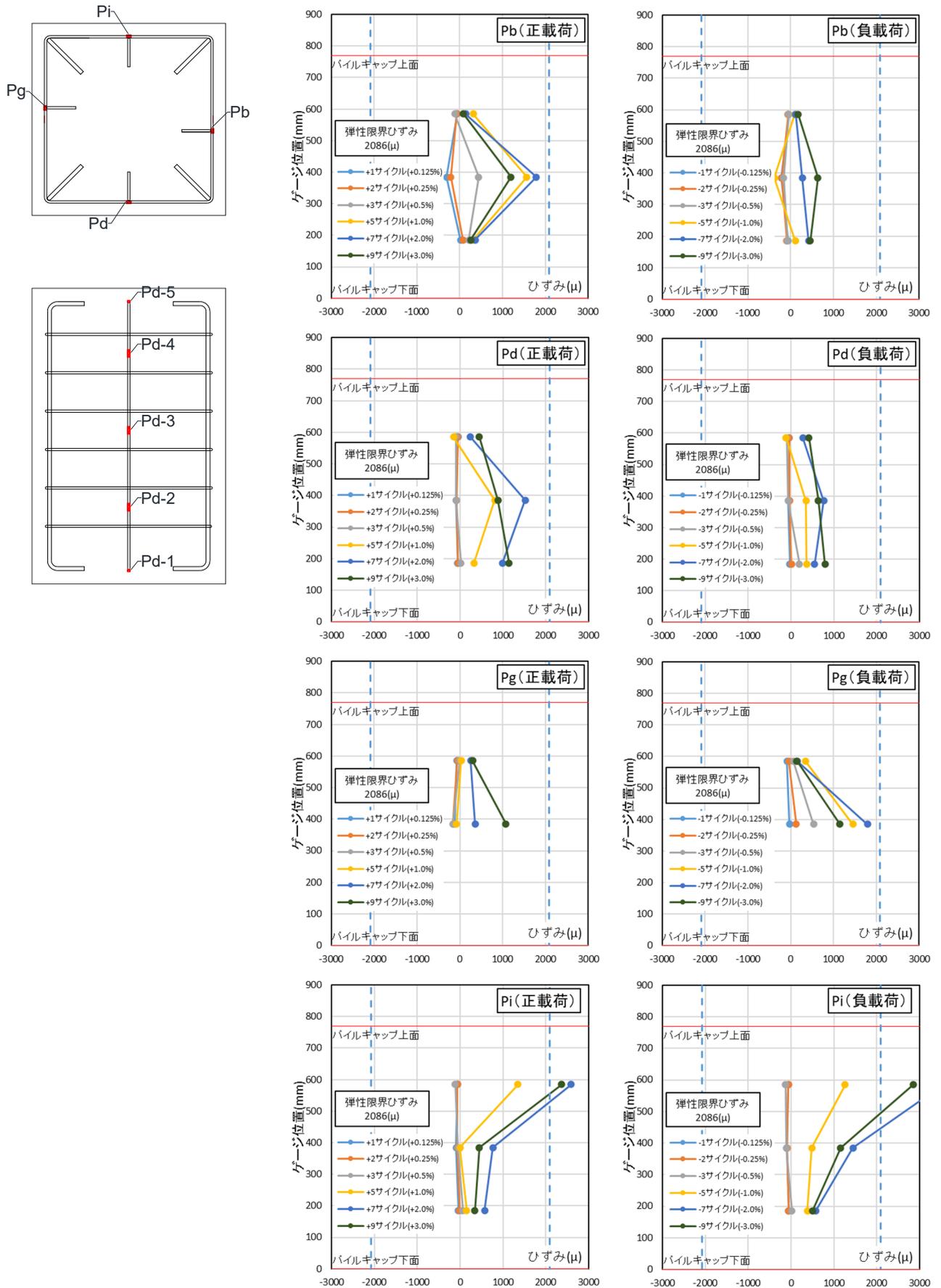


図 2.2.3-37 試験体 F-1 パイルキャップ縦筋(対面)ひずみ分布

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

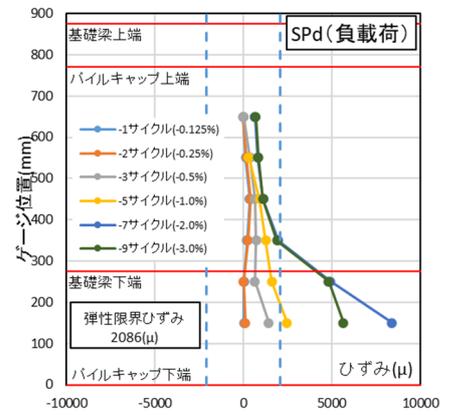
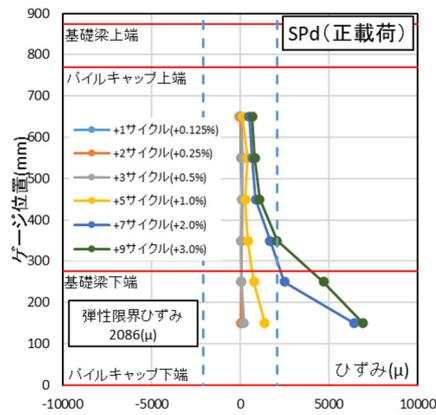
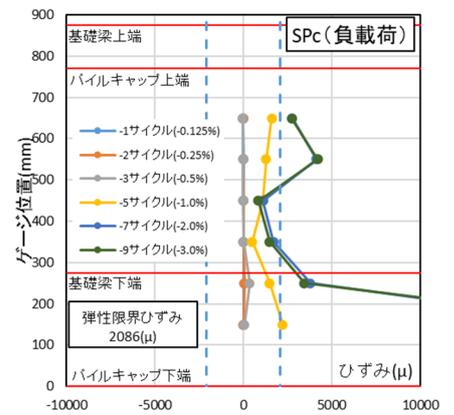
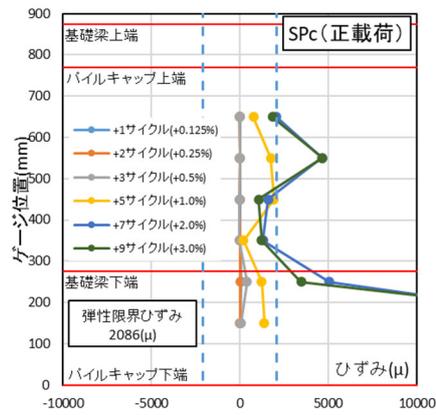
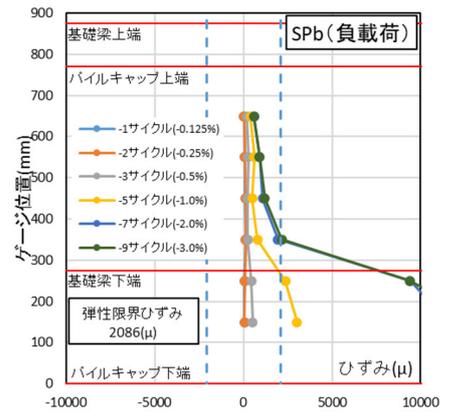
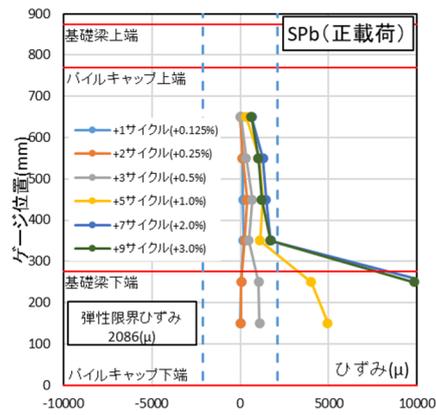
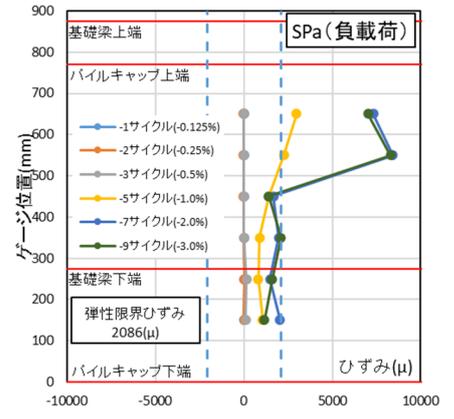
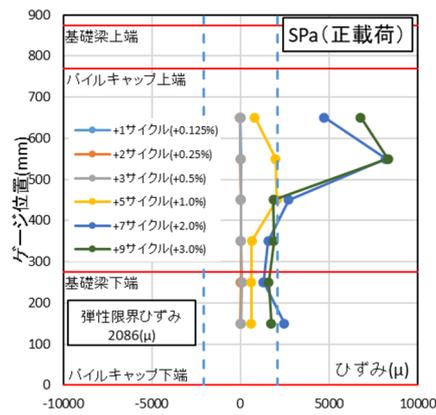
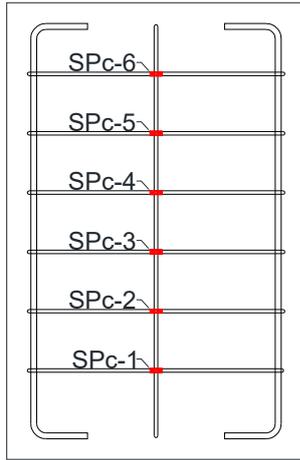
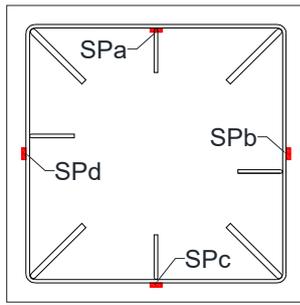


図 2.2.3-38 試験体 F-1 パイルキャップ帯筋ひずみ分布

(5) コンクリートのひずみ分布

図 2.2.3-39 と図 2.2.3-40 にピーク時のひずみ分布を示す。

図 2.2.3-41~図 2.2.3-46 に試験体 F-1 のサイクル毎にピーク時のひずみ分布を示す。

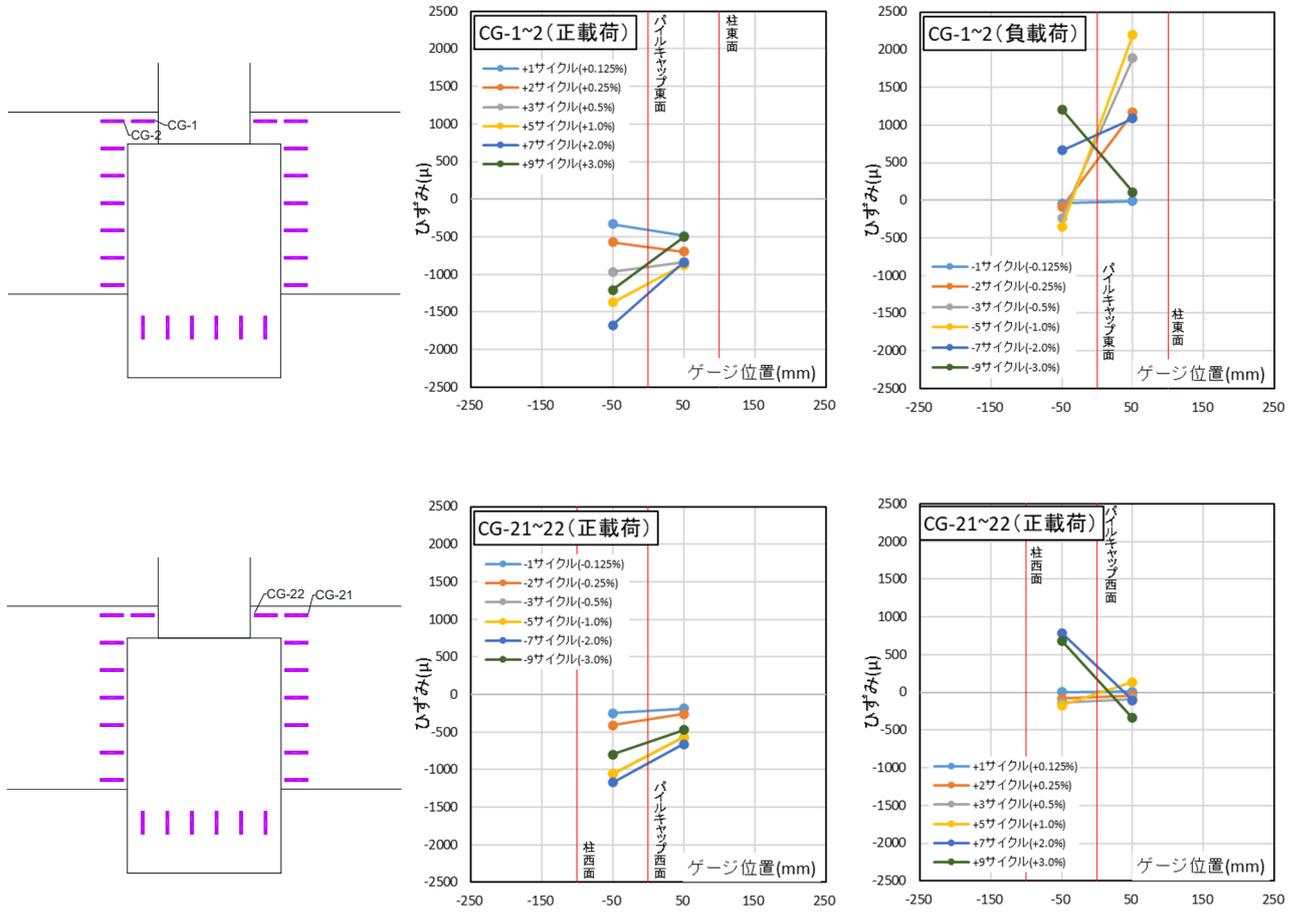


図 2.2.3-39 試験体 F-1 コンクリートひずみ分布 (梁上部)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

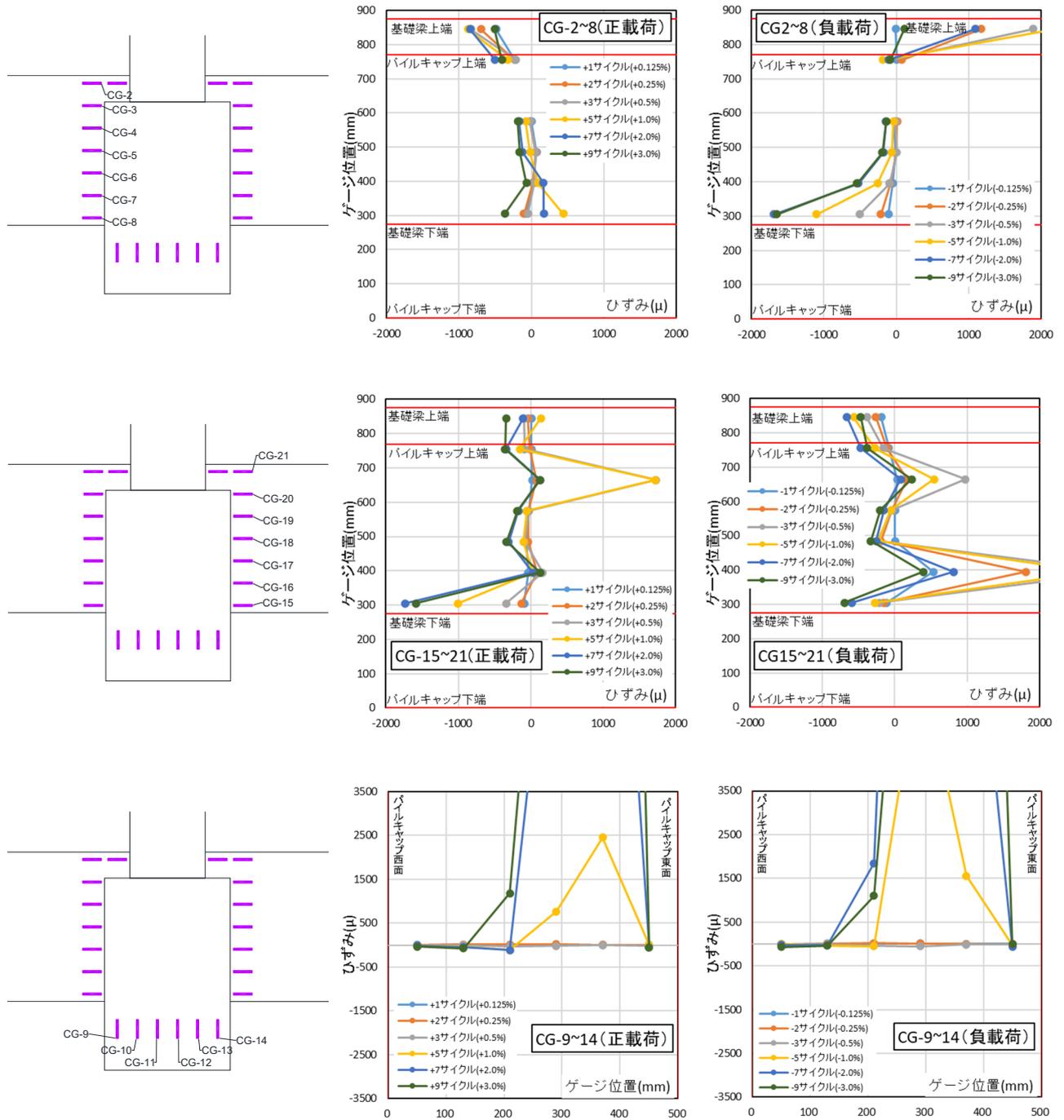


図 2.2.3-40 試験体 F-1 コンクリートひずみ分布 (梁, パイルキャップ)

・東梁（正載荷時）

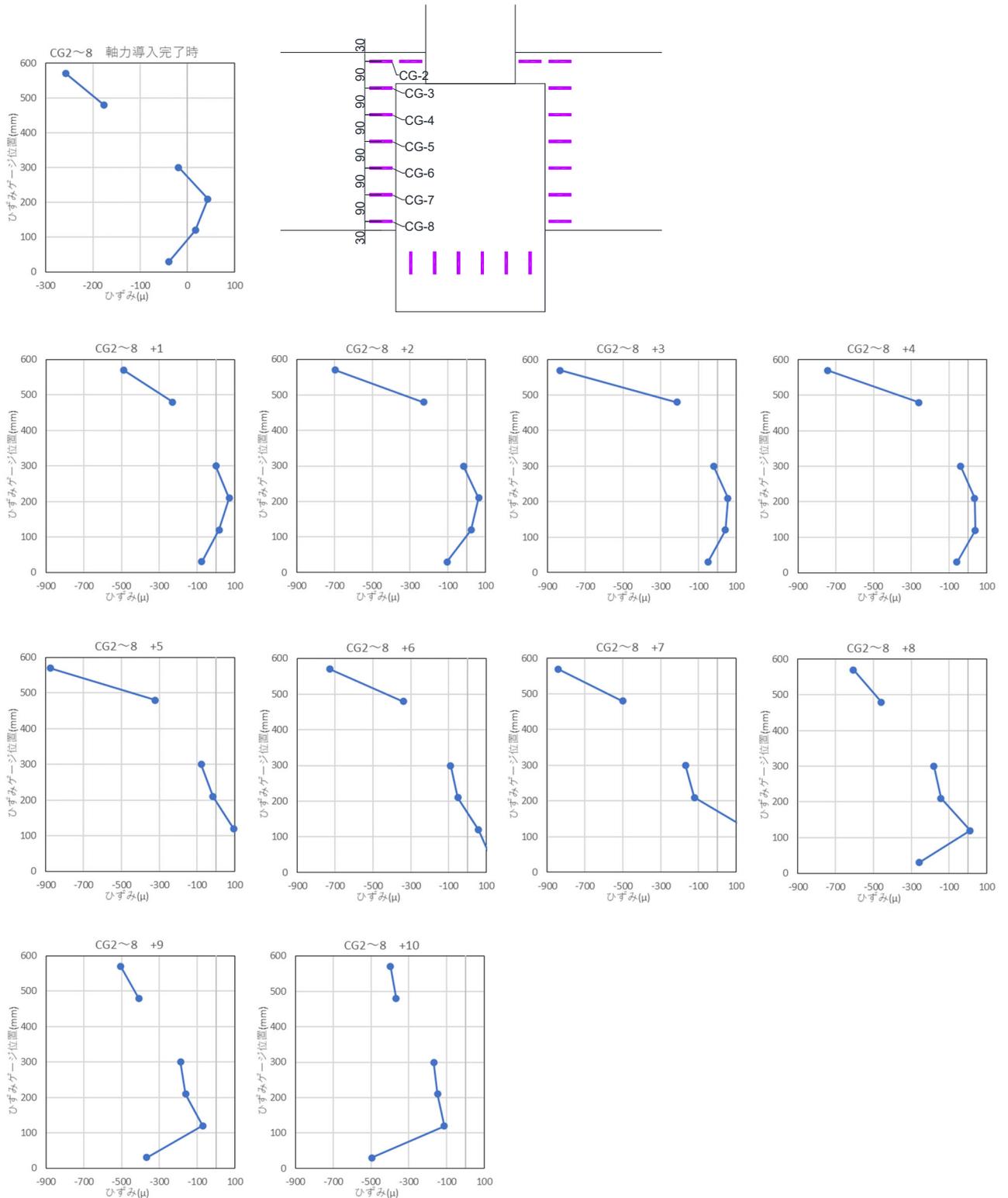


図 2.2.3-41 試験体 F-1 各ピーク時ひずみ(正載荷)

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ・東梁（負荷荷時）

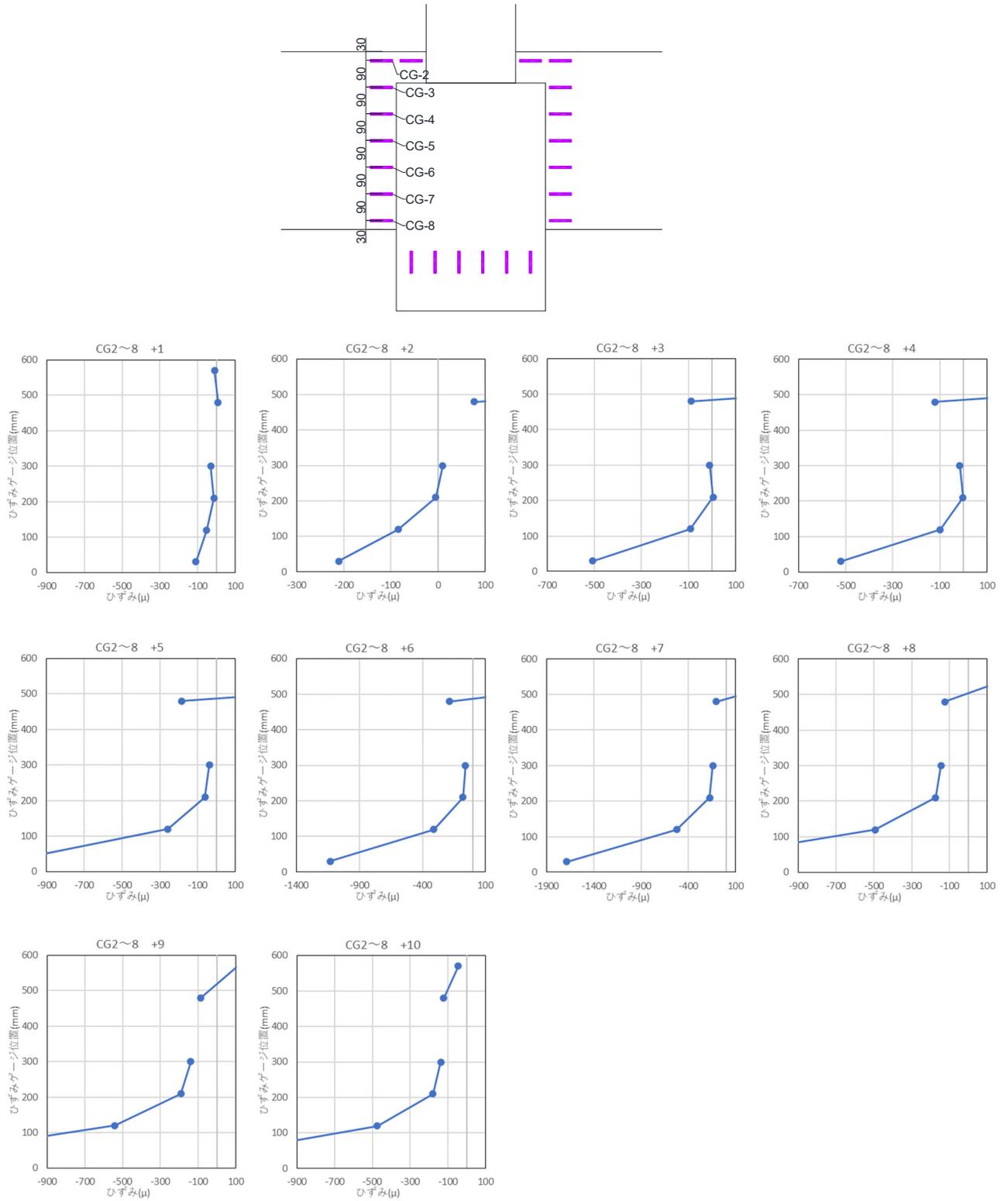


図 2.2.3-42 試験体 F-1 各ピーク時ひずみ(負荷荷)

・西梁（正載荷時）

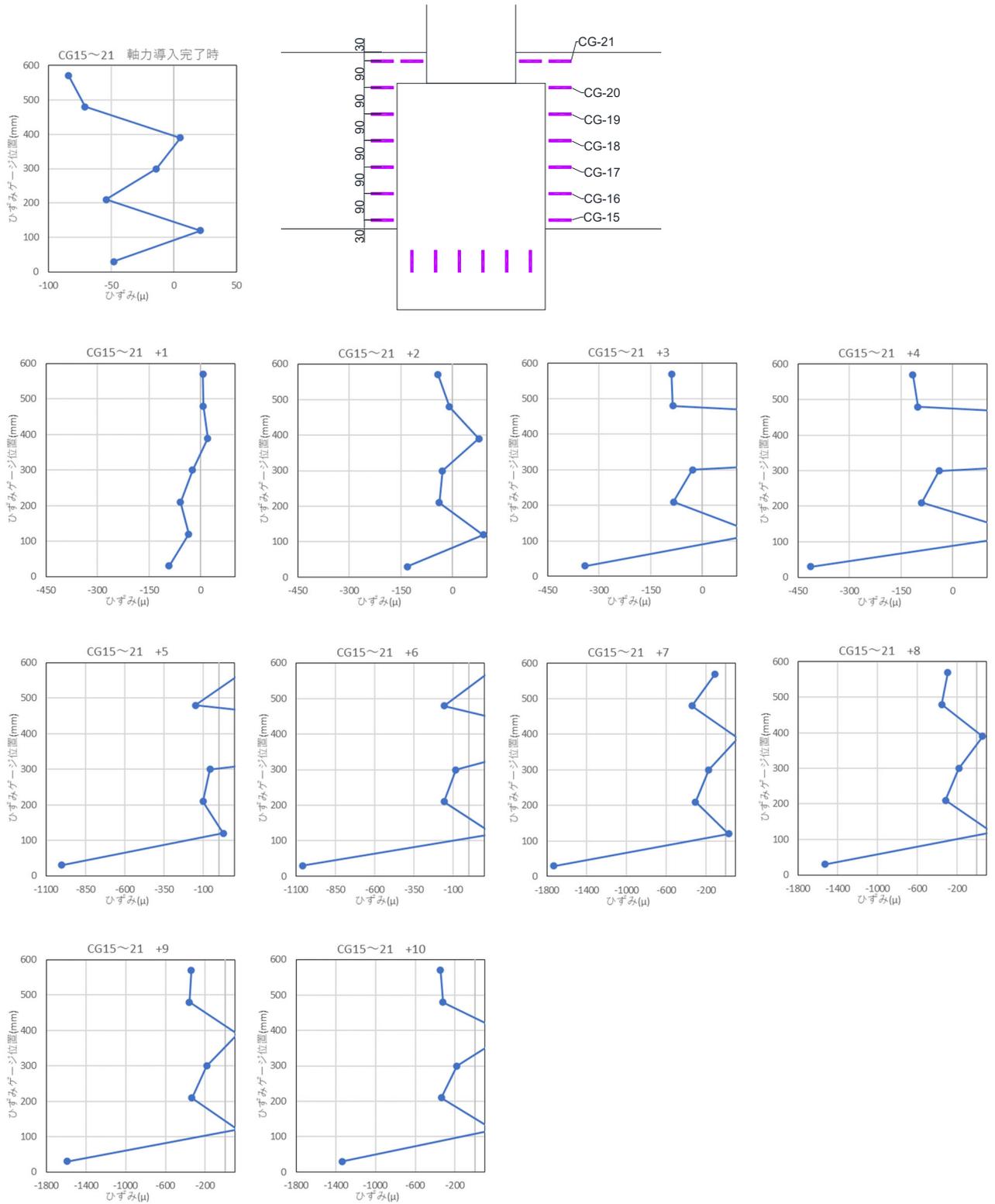


図 2.2.3-43 試験体 F-1 各ピーク時ひずみ(正載荷)

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ・西梁（負荷荷時）

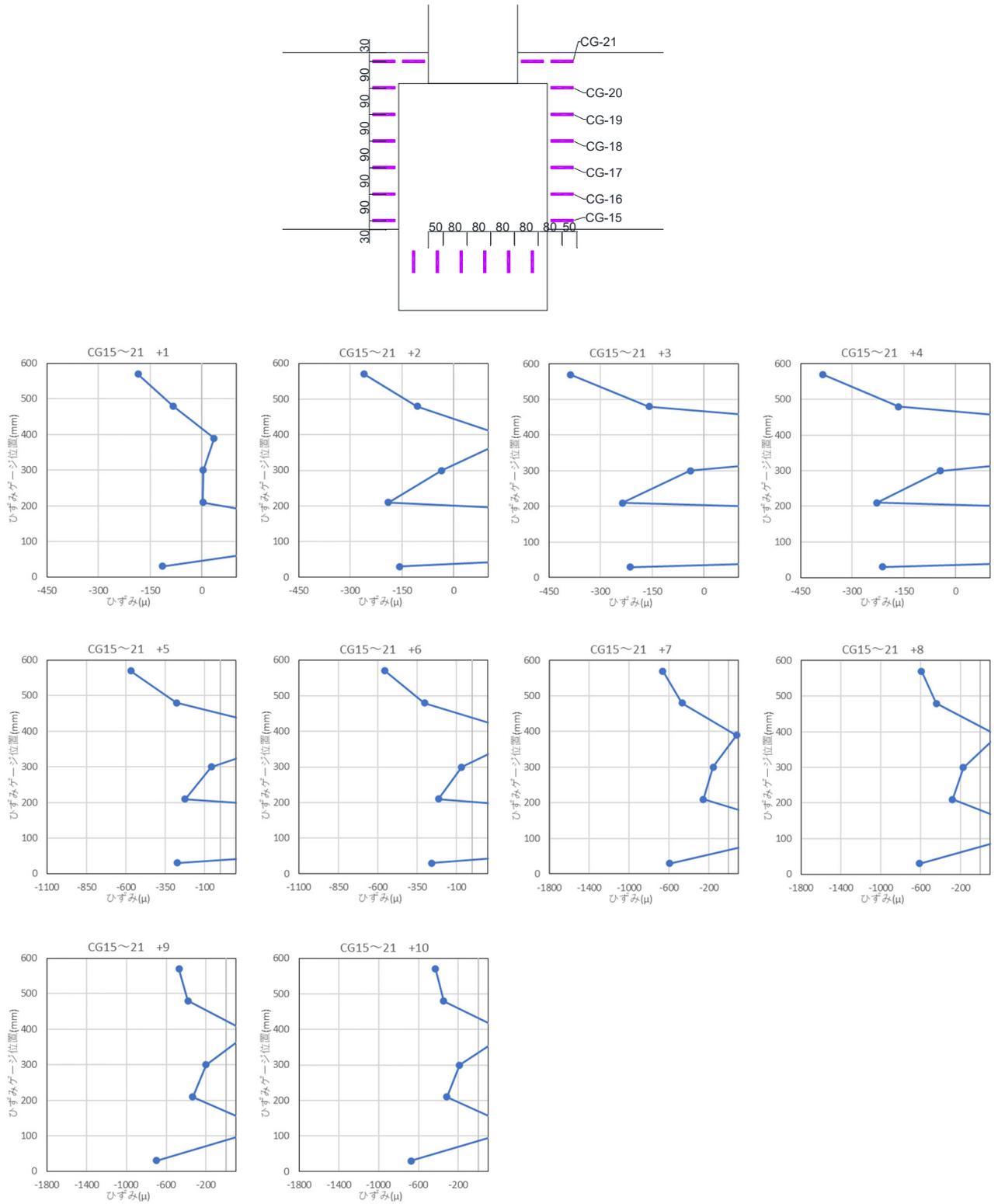


図 2.2.3-44 試験体 F-1 各ピーク時ひずみ(負荷荷)

・パイルキャップ (正載荷時)

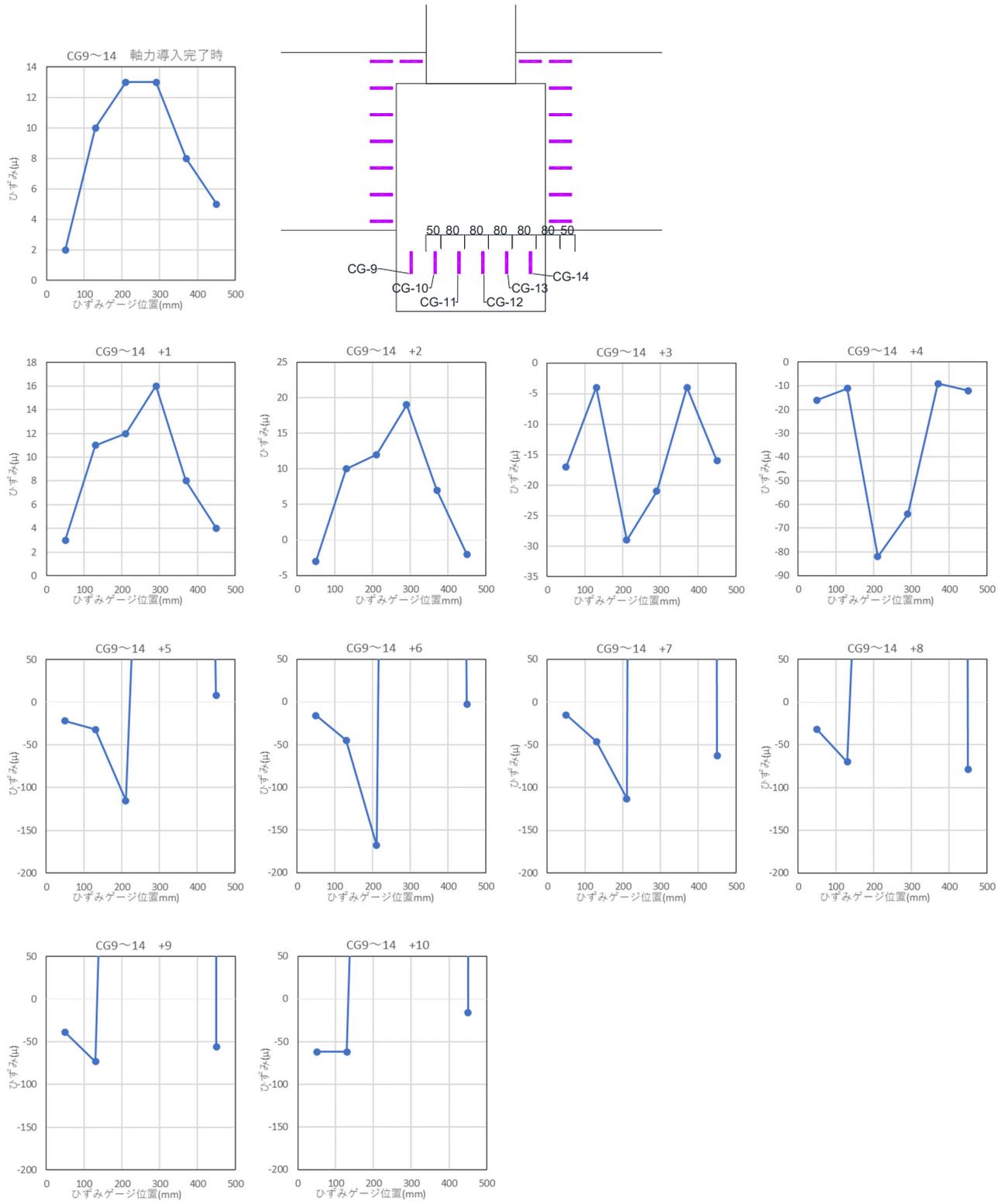


図 2.2.3-45 試験体 F-1 各ピーク時ひずみ(正載荷)

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ・パイルキャップ（負荷荷時）

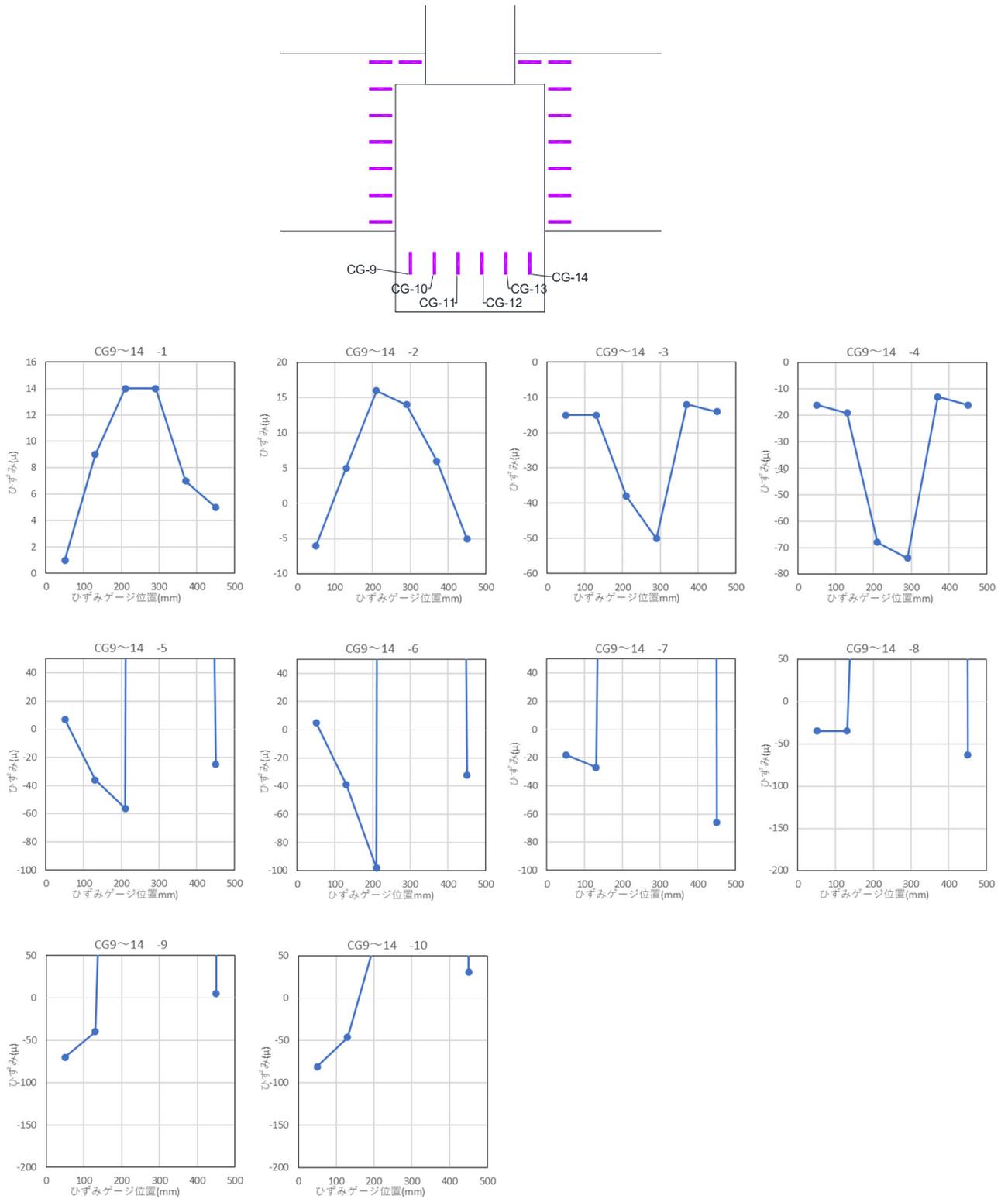


図 2.2.3-46 試験体 F-1 各ピーク時ひずみ(負荷荷)

2.2.4 考察

(1) 層せん断力 Q-層間変形角 R 関係の検討

図 2.2.4-1 に試験体 F-1, 2018 年度の試験体 A-9 の層せん断力-層間変形角関係を示す。また、グラフ中の×印は最大耐力を, (+1.0%)は層間変形角+1.0%に向かうサイクル時に現象が発生したことを示す。試験体正面を南面としている。

○ 試験体 F-1, A-9

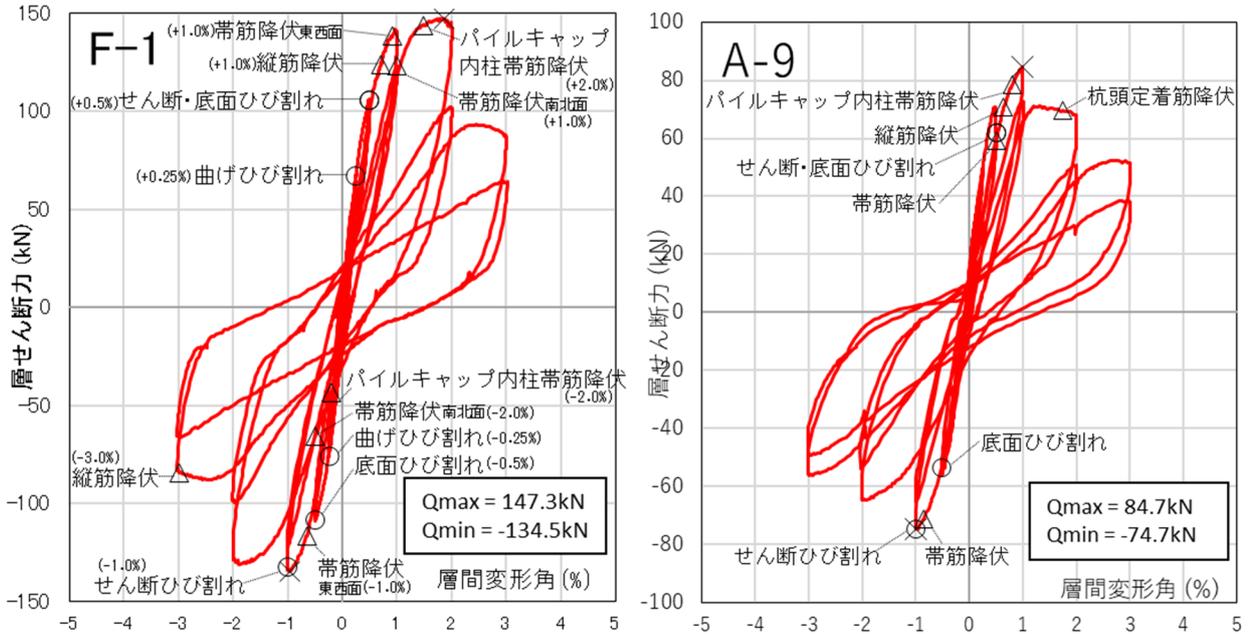


図 2.2.4-1 試験体 F-1,A-9 層せん断力-層間変形角関係

○ 試験体F-1

最大耐力は層間変形角  $R=+1.87\%$  で  $147.3\text{kN}$ ,  $R=-0.96\%$  で  $134.5\text{kN}$  となった。正載荷では,  $R=+0.125\%$  のサイクルでパイルキャップに曲げひび割れ,  $R=+0.5\%$  のサイクルでパイルキャップにせん断ひび割れ, パイルキャップ底面にひび割れが発生した。 $R=+1.0\%$  のサイクルの  $R=+0.70\%$  で縦筋,  $R=+0.91\%$  でパイルキャップ帯筋 (東面),  $R=+1.0\%$  の2回目のサイクルの  $R=+0.10\%$  でパイルキャップ帯筋 (南面) が降伏した。その後,  $R=+1.48\%$  でパイルキャップ内柱帯筋が降伏して, 最大耐力となった。負載荷では,  $R=-0.25\%$  で曲げひび割れ,  $R=-0.5\%$  で底面にひび割れが発生した。 $R=-1.0\%$  のサイクルの  $R=-0.65\%$  でパイルキャップ帯筋 (西面) が降伏して最大耐力となり, せん断ひび割れが発生した。その後,  $R=-2.0\%$  のサイクルの  $R=-0.20\%$  でパイルキャップ内柱帯筋,  $R=-0.50\%$  で帯筋 (南北面) が降伏し,  $R=-2.99\%$  で縦筋が降伏した。耐力低下は  $R=+2.0\%$  で最大耐力の  $68.0\%$ ,  $R=-2.0\%$  で最大耐力の  $72.7\%$  に低下した。

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### (2) ひび割れ幅

以下にひび割れ幅について示す。表 2.2.4-1～8, 図 2.2.4-2～17 に試験体 F-1 示す。比較用に試験体 A-9 のひび割れ幅の結果を示す。

計測方法については、クラックスケールを用いて目視で測定した。繰り返し載荷を行ったサイクルにおいては1回目にひび割れ幅の測定を行った。

○ 試験体 F-1

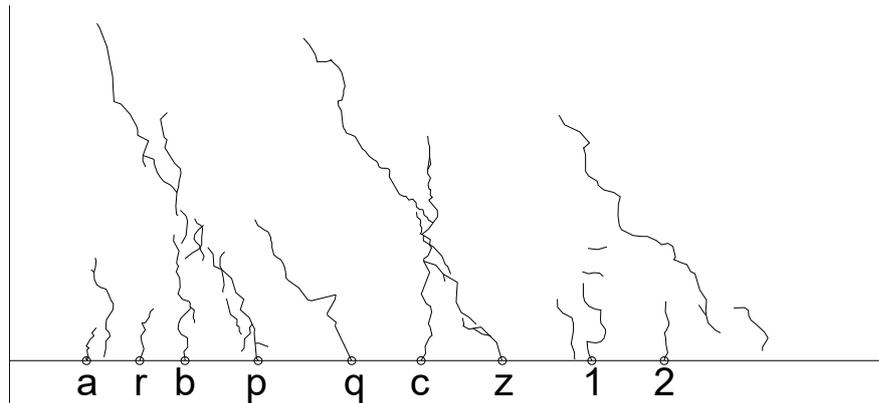


図 2.2.4-2 東基礎梁ひび割れ幅測定位置(試験体 F-1 正載荷)

表 2.2.4-1 東基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

サイクル	変形角(%)	基礎梁端部 正載荷ひび割れ								
		a	b	c	p	q	r	z	1	2
+1サイクル	+0.125	0.00	0.05	0.05						
+1除荷		0.00	0.00	0.05						
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
+2除荷		0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00			
+3サイクル	+0.50	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1	0.1
+3除荷		0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0	0	0.05
+5サイクル	+1.0	0.05	0.10	0.20	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.1
+5除荷		0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0	0	0.05
+7サイクル	+2.0	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.10	0.10
+7除荷		0.00	0.00	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.05
+9サイクル	+3.0	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05
+9除荷		0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

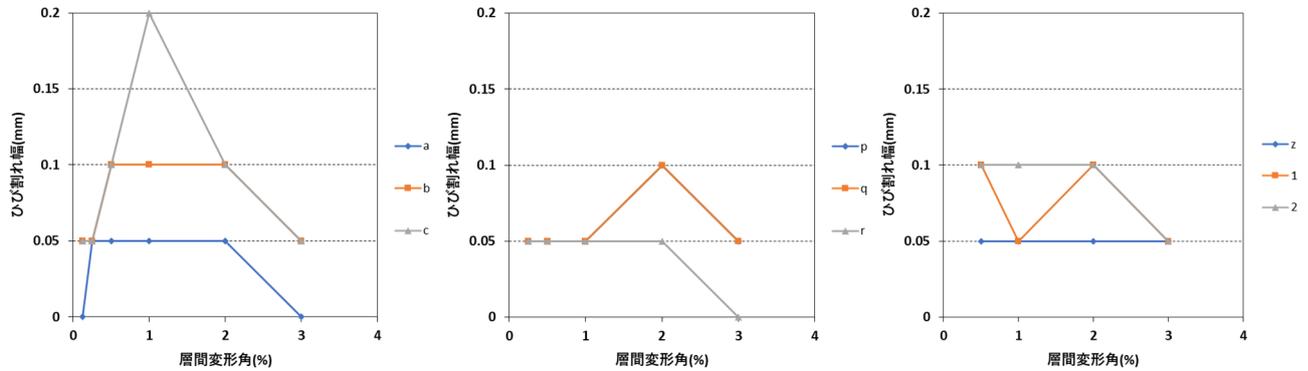


図 2.2.4-3 ピーク時 東基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

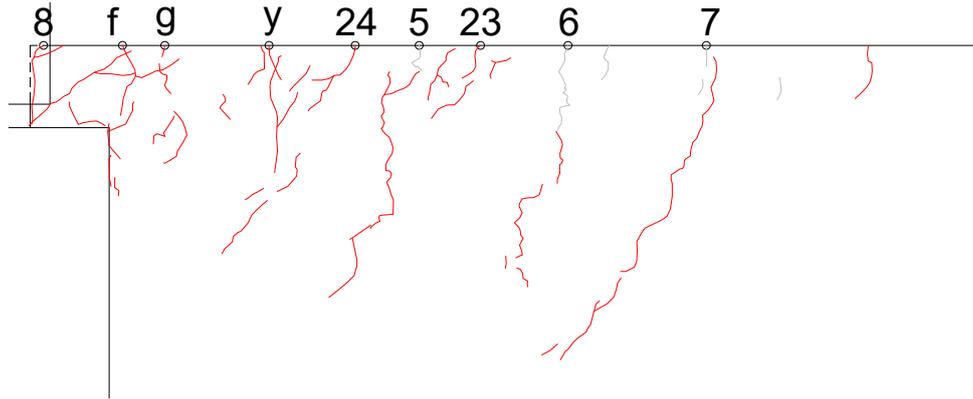


図 2.2.4-4 東基礎梁ひび割れ幅測定位置(試験体 F-1 負荷荷)

表 2.2.4-2 東基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 負荷荷)

サイクル	変形角(%)	基礎梁端部 負荷荷ひび割れ								
		f	g	y	5	6	7	8	23	24
-1サイクル	-0.125	0.05	0.05							
-1除荷		0.05	0.00							
-2サイクル	-0.25	0.05	0.05	0.10						
-2除荷		0.05	0.00	0.00						
-3サイクル	-0.50	0.15	0.05	0.10	0.10	0.15	0.05	0.25		
-3除荷		0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.1		
-5サイクル	-1.0	0.10	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.85		
-5除荷		0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.2		
-7サイクル	-2.0	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.00	0.05	0.05
-7除荷		0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.30	0.00	0.00
-9サイクル	-3.0	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.10	0.80	0.05	0.00
-9除荷		0.05	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	0.40	0.00	0.00

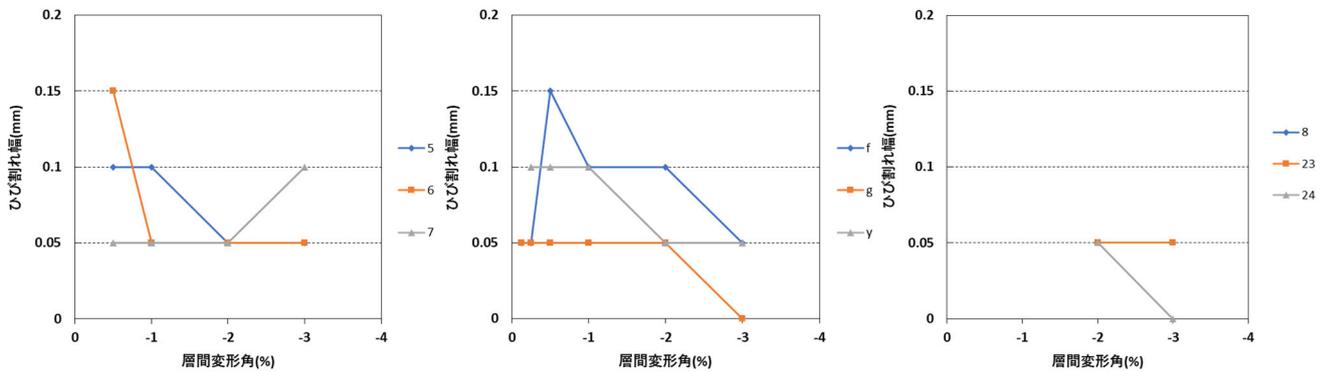


図 2.2.4-5 ピーク時 東基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 負荷荷)

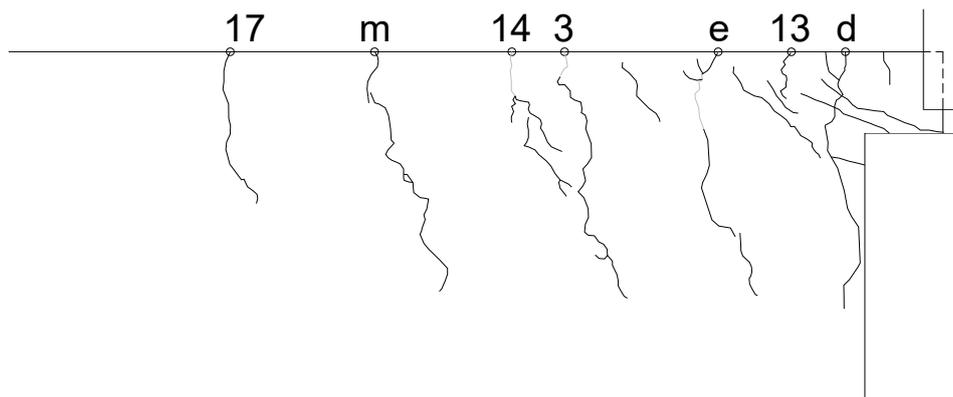


図 2.2.4-6 西基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 F-1 正載荷)

表 2.2.4-3 西基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 F-1 正載荷)

サイクル	変形角(%)	基礎梁端部 負荷ひび割れ						
		d	e	m	3	13	14	17
-1サイクル	-0.125	0.05	0.00					
-1除荷		0.00	0.00					
-2サイクル	-0.25	0.00	0.00	0.00				
-2除荷		0.00	0.00	0.00				
-3サイクル	-0.50	0.00	0.05	0.00	0.10			
-3除荷		0.00	0.00	0.00	0.05			
-5サイクル	-1.0	0.10	0.05	0.10	0.10	0.00	0.05	
-5除荷		0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	
-7サイクル	-2.0	0.00	0.00	0.10	0.05	0.05	0.10	0.05
-7除荷		0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00
-9サイクル	-3.0	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05
-9除荷		0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00

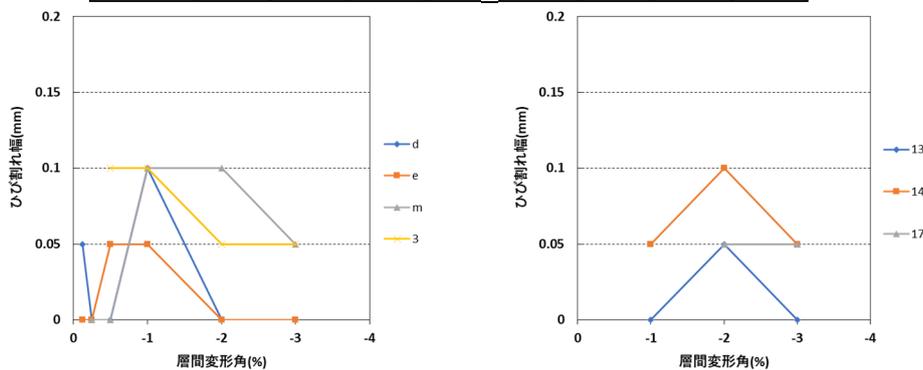


図 2.2.4-7 ピーク時 西基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 F-1 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

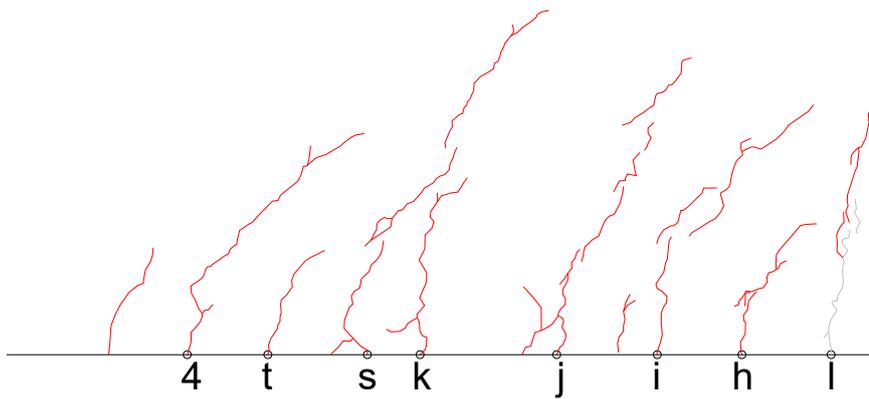


図 2.2.4-8 西基礎梁ひび割れ幅測定位置(試験体 F-1 負荷荷)

表 2.2.4-4 西基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 負荷荷)

サイクル	変形角(%)	基礎梁端部 負荷荷ひび割れ							
		h	i	j	k	l	s	t	4
-1サイクル	-0.125	0.05	0.05	0.05	0.00	0.10			
-1除荷		0.00	0.00	0.00	0.00	0.05			
-2サイクル	-0.25	0.10	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.00	
-2除荷		0.00	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	
-3サイクル	-0.50	0.10	0.05	0.10	0.05	0.05	0.00	0	0
-3除荷		0.05	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0	0
-5サイクル	-1.0	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
-5除荷		0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
-7サイクル	-2.0	0.10	0.05	0.05	0.10	0.00	0.05	0.05	0.05
-7除荷		0.05	0.05	0.05	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00
-9サイクル	-3.0	0.05	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.00
-9除荷		0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

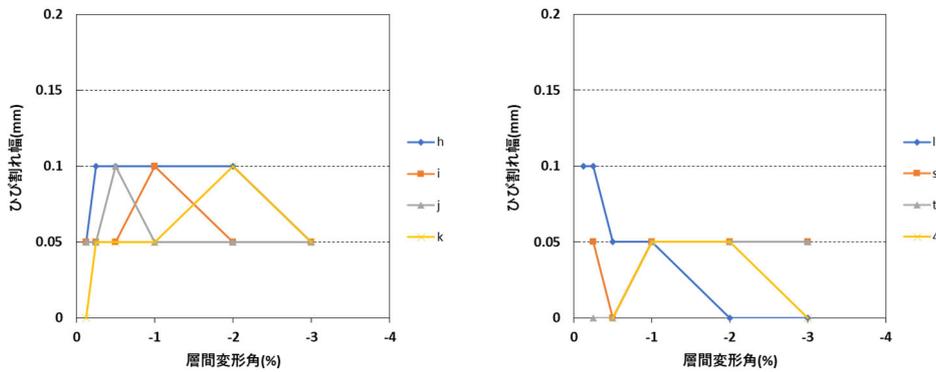


図 2.2.4-9 ピーク時 西基礎梁ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正荷荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

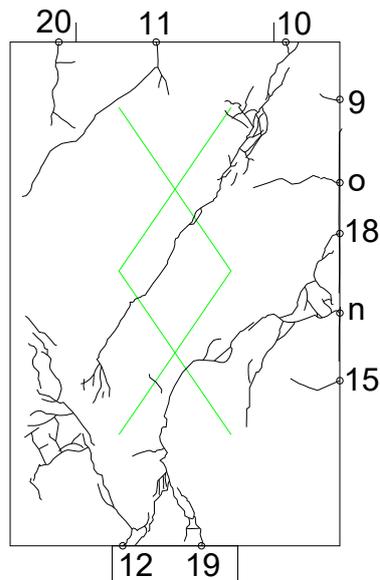


図 2. 2. 4-10 パイルキャップ端部ひび割れ幅測定位置(試験体 F-1 正載荷)

表 2. 2. 4-5 パイルキャップ端部ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

サイクル	変形角(%)	パイルキャップ端部 正載荷ひび割れ											
		n	o	9	10	11	12	15	18	19	20		
+1サイクル	+0.125												
+1除荷													
+2サイクル	+0.25	0.05	0.00										
+2除荷		0.00	0.00										
+3サイクル	+0.50	0.2	0										
+3除荷		0.05	0										
+5サイクル	+1.0	0.25	0.05	0.05	0.15	0.05	0.45	0.05					
+5除荷		0.1	0	0	0.1	0	0.4	0					
+7サイクル	+2.0	0.25	0.10	0.05	0.75	0.50	9.00	0.00	0.05	0.75	0.10		
+7除荷		0.10	0.05	0.00	0.50	0.10	3.00	0.00	0.05	0.50	0.10		
+9サイクル	+3.0	0.15	0.05	0.00	0.40	0.50	10.00	0.00	0.00	1.00	0.10		
+9除荷		0.10	0.05	0.00	0.30	0.20	9.00	0.00	0.00	1.10	0.05		

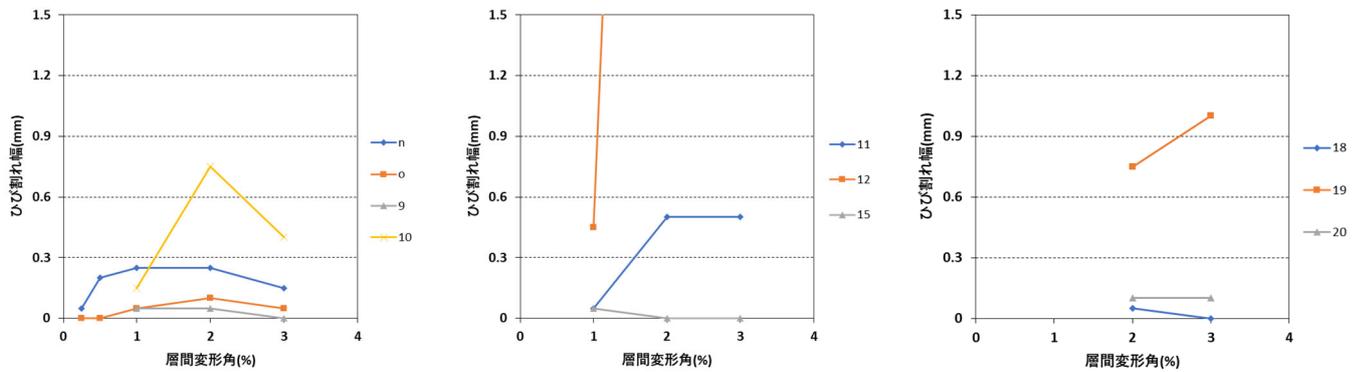


図 2. 2. 4-11 ピーク時 パイルキャップ端部ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

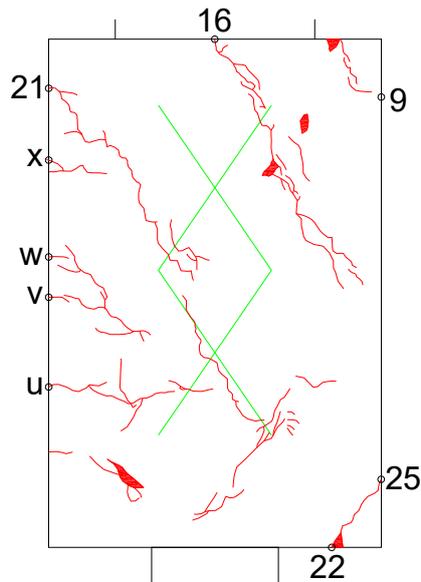


図 2.2.4-12 パイルキャップ端部ひび割れ幅測定位置(試験体 F-1 負荷荷)

表 2.2.4-6 パイルキャップ端部ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 負荷荷)

サイクル	変形角(%)	パイルキャップ端部 負荷荷ひび割れ							
		u	v	w	x	16	21	22	25
-1サイクル	-0.125								
-1除荷									
-2サイクル	-0.25	0.05	0.00	0.00	0.00				
-2除荷		0.05	0.00	0.00	0.00				
-3サイクル	-0.50	0.25	0	0	0				
-3除荷		0.05	0	0	0				
-5サイクル	-1.0	0.25	0.05	0	0				
-5除荷		0.1	0	0	0				
-7サイクル	-2.0	0.10	0.05	0.00	0.00	1.10	0.05	0.50	
-7除荷		0.05	0.05	0.00	0.00	0.25	0.05	0.25	
-9サイクル	-3.0	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.10	4.50	1.00
-9除荷		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	5.00	0.95

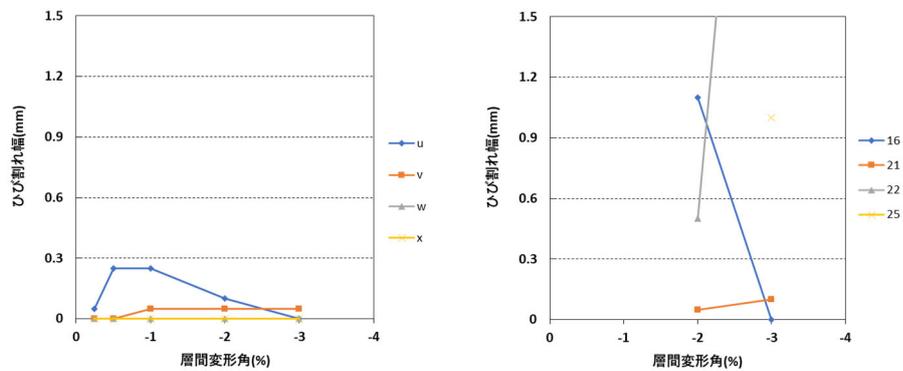


図 2.2.4-13 ピーク時 パイルキャップ端部ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 負荷荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

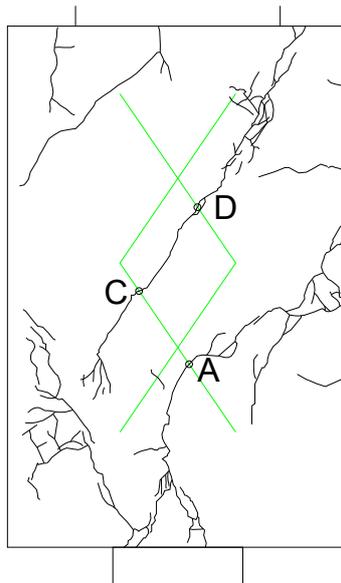


図 2.2.4-14 パイルキャップ危険断面位置ひび割れ幅測定位置(試験体 F-1 正載荷)

表 2.2.4-7 パイルキャップ危険断面位置ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

サイクル	変形角(%)	パイルキャップ危険断面 正載荷ひび割れ		
		A	C	D
+1サイクル	+0.125			
+1除荷				
+2サイクル	+0.25			
+2除荷				
+3サイクル	+0.50	0.05		
+3除荷		0		
+5サイクル	+1.0	0.15	0.2	0.25
+5除荷		0.05	0.1	0.1
+7サイクル	+2.0	0.25	0.80	1.10
+7除荷		0.15	0.50	0.65
+9サイクル	+3.0	0.15	0.80	1.20
+9除荷		0.15	0.80	0.70

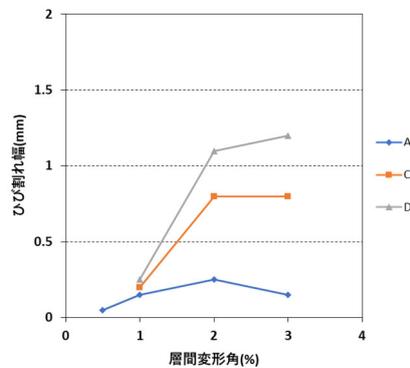


図 2.2.4-15 ピーク時 パイルキャップ危険断面位置ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

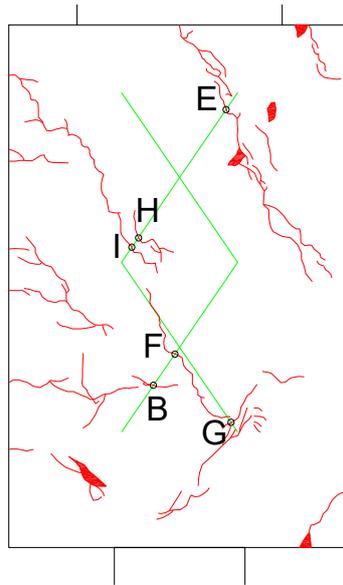


図 2.2.4-16 パイルキャップ危険断面位置ひび割れ幅測定位置(試験体 F-1 正載荷)

表 2.2.4-8 パイルキャップ危険断面位置ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

サイクル	変形角(%)	パイルキャップ危険断面 負荷荷ひび割れ					
		B	E	F	G	H	I
-1サイクル	-0.125						
-1除荷							
-2サイクル	-0.25						
-2除荷							
-3サイクル	-0.50	0.05					
-3除荷		0					
-5サイクル	-1.0	0	0.25	0.1	0.05		
-5除荷		0	0.1	0.05	0		
-7サイクル	-2.0	0.05	0.85	0.65	1.00	0.00	0.15
-7除荷		0.05	0.50	0.80	0.00	0.00	0.10
-9サイクル	-3.0	0.00	0.70	0.70	1.60	0.00	0.35
-9除荷		0.00	0.40	0.45	1.30	0.00	0.20

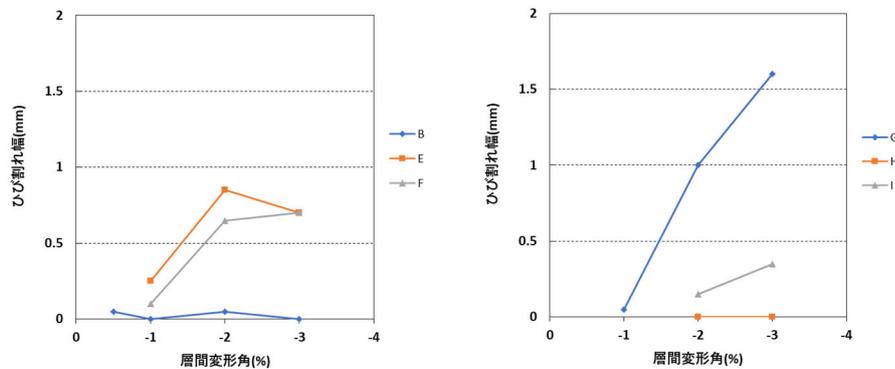


図 2.2.4-17 ピーク時 パイルキャップ危険断面位置ひび割れ幅-層間変形角関係(試験体 F-1 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

○ 試験体 A-9

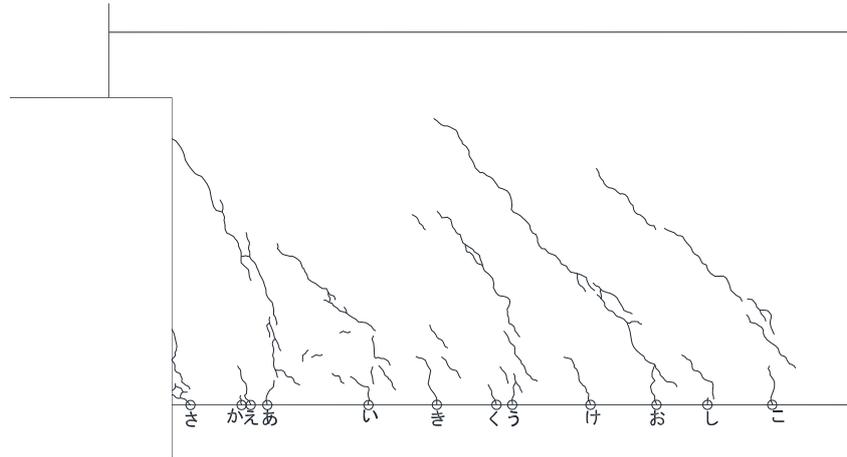


図 2.2.4-18 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 正載荷)

表 2.2.4-9 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ											
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し
+1サイクル	+0.125	0.05	0.05	0.05									
+1除荷		トジ	トジ	トジ									
+2サイクル	+0.25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05							
+2除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ							
+4サイクル	+0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.50	
+4除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.15	
+6サイクル	+1.0	0.15	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	1.70	0.05
+6除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.70	トジ
+8サイクル	+2.0	0.05	0.05	0.05	トジ	圧壊	トジ						
+8除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+10サイクル	+3.0	0.05	0.05	0.05	トジ	圧壊	トジ						
+10除荷		0.05	0.05	トジ	圧壊	トジ							

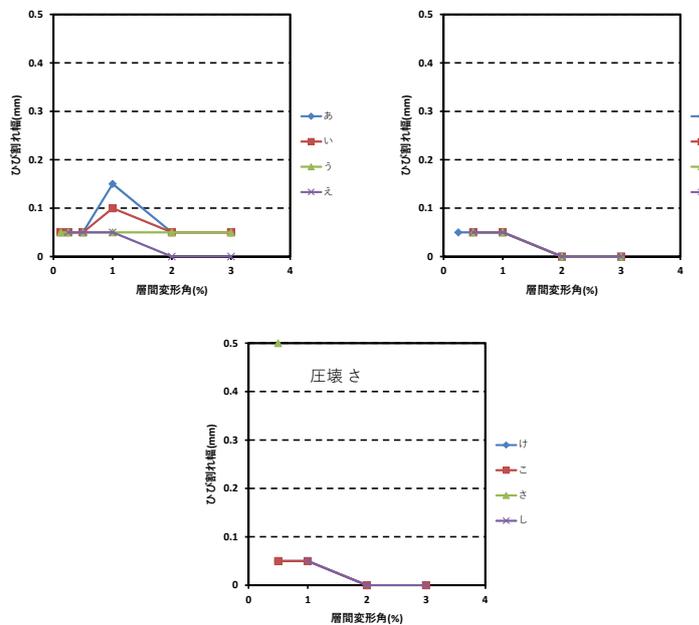


図 2.2.4-19 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

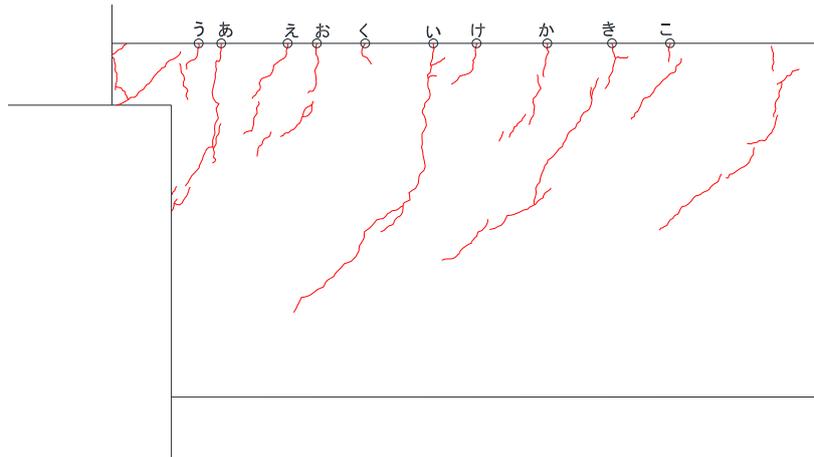


図 2. 2. 4-20 基礎梁ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 負荷荷)

表 2. 2. 4-10 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ									
		あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ
-1サイクル	-0.125										
-1除荷											
-2サイクル	-0.25	0.05	0.05								
-2除荷		トジ	トジ								
-4サイクル	-0.50	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
-4除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ			
-6サイクル	-1.0	0.05	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
-6除荷		0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ	トジ
-8サイクル	-2.0	0.05	0.05	トジ	0.10	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05
-8除荷		0.05	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-10サイクル	-3.0	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05	0.05	0.05	トジ	0.05	0.05
-10除荷		0.05	0.05	トジ	0.05	トジ	トジ	0.05	トジ	トジ	トジ

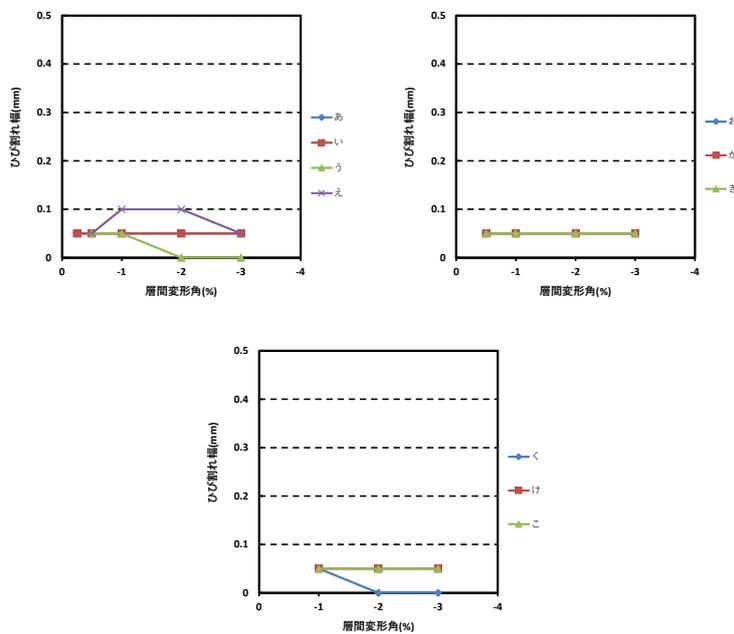


図 2. 2. 4-21 ピーク時 基礎梁ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

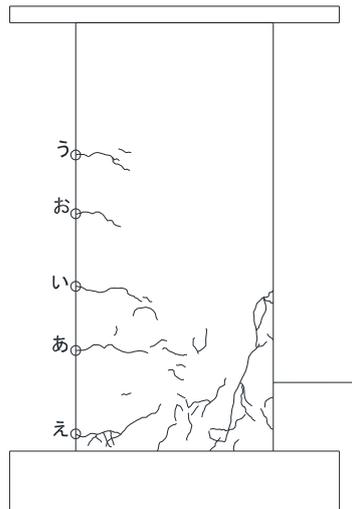


図 2.2.4-22 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 正載荷)

表 2.2.4-11 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

cycle		正載荷ひび割れ				
		あ	い	う	え	お
+1サイクル	+0.125					
+1除荷						
+2サイクル	+0.25	0.05				
+2除荷		トジ				
+4サイクル	+0.50	0.05	0.05	0.05		
+4除荷		トジ	トジ	トジ		
+6サイクル	+1.0	0.15	0.10	0.05	0.10	0.05
+6除荷		トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
+8サイクル	+2.0	0.15	トジ	0.05	0.60	トジ
+8除荷		0.05	トジ	トジ	0.30	トジ
+10サイクル	+3.0	0.05	トジ	トジ	0.45	トジ
+10除荷		0.05	トジ	トジ	0.45	トジ

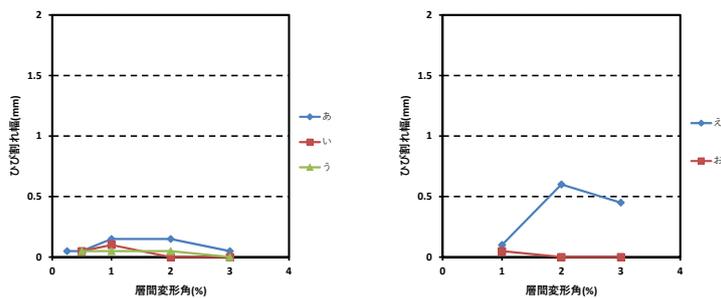


図 2.2.4-23 ピーク時 柱ひび割れ幅一層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

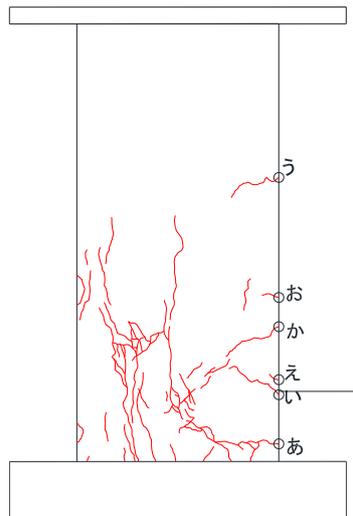


図 2.2.4-24 柱ひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 負荷荷)

表 2.2.4-12 柱ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

cycle		負荷荷ひび割れ					
		あ	い	う	え	お	か
-1サイクル	-0.125						
-1除荷							
-2サイクル	-0.25						
-2除荷							
-4サイクル	-0.50	0.15	0.10	0.05			
-4除荷		トジ	トジ	トジ			
-6サイクル	-1.0	0.60	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05
-6除荷		0.10	トジ	トジ	トジ	トジ	トジ
-8サイクル	-2.0	1.40	0.20	トジ	トジ	0.05	0.15
-8除荷		0.55	0.05	トジ	トジ	0.05	0.05
-10サイクル	-3.0	3.50	0.65	トジ	トジ	圧壊	0.15
-10除荷		2.50	0.75	トジ	トジ	圧壊	0.10

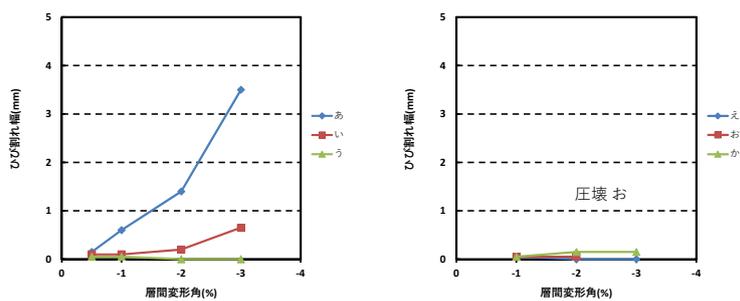


図 2.2.4-25 ピーク時 柱ひび割れ幅-層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

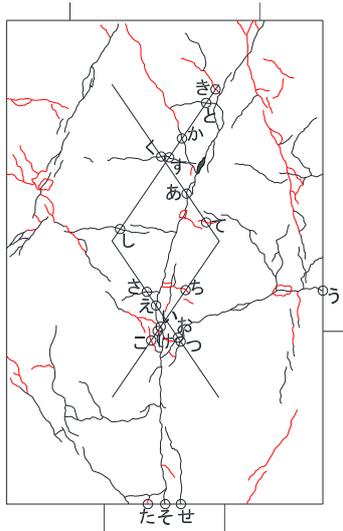


図 2.2.4-26 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 正載荷)

表 2.2.4-13 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

cycle	正載荷ひび割れ																				
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	
+1サイクル +1除荷	+0.125																				
+2サイクル +2除荷	+0.25																				
+4サイクル +4除荷	+0.50	0.15	0.20	0.25																	
+6サイクル +6除荷	+1.0	0.85	1.10	1.00	1.30	0.05	0.05														
+8サイクル +8除荷	+2.0	1.60	2.50	1.10	2.50	0.05	0.45	0.05	0.05	0.10	0.30	0.05	0.05	0.05	3.00	0.30	0.05				
+10サイクル +10除荷	+3.0	2.50	2.00	剥落	2.50	トジ	0.60	0.20	0.05	0.05	1.20	0.10	0.05	0.05	4.00	1.30	トジ	トジ	0.35	トジ	0.10
		3.00	1.90	剥落	2.50	トジ	0.60	0.25	トジ	0.05	1.20	0.10	0.05	トジ	3.50	1.80	トジ	トジ	0.35	トジ	0.05

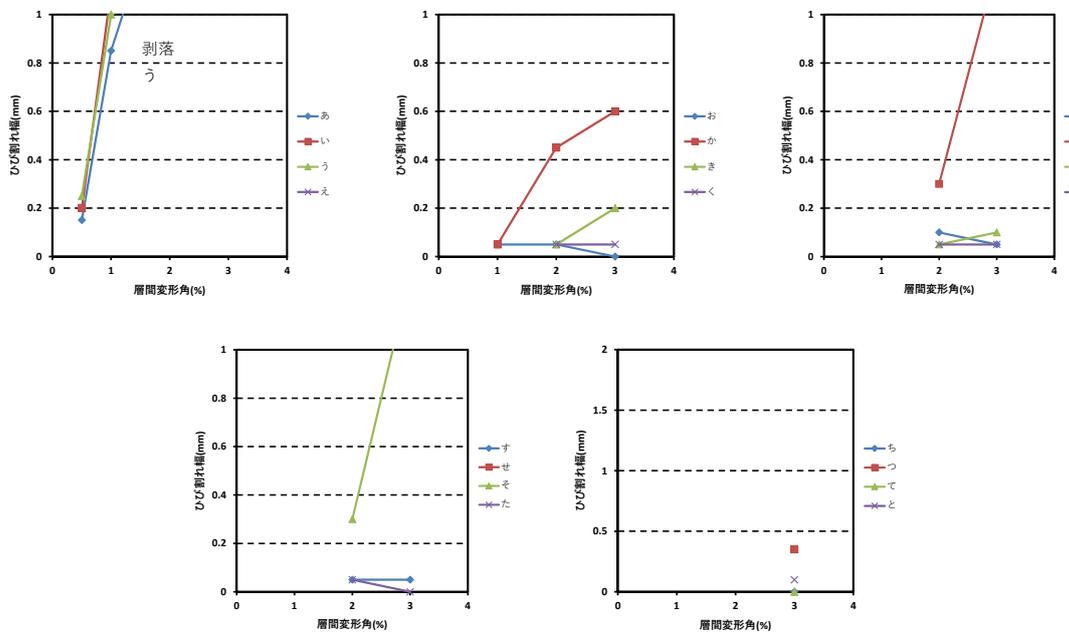


図 2.2.4-27 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 正載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

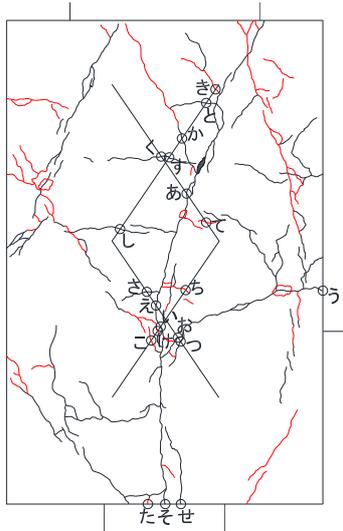


図 2.2.4-28 パイルキャップひび割れ幅測定位置 (試験体 A-9 負荷荷)

表 2.2.4-14 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

cycle	負荷荷ひび割れ																				
	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ	さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	
-1サイクル -1除荷	-0.125																				
-2サイクル -2除荷	-0.25																				
-4サイクル -4除荷	-0.50	0.05	0.05	トジ	0.10																
-6サイクル -6除荷	-1.0	0.60	0.60	トジ	0.70	トジ	0.15	0.05													
-8サイクル -8除荷	-2.0	1.90	1.50	0.10	1.80	トジ	0.90	0.05	トジ	0.10	1.00	0.05	0.05	トジ	1.30	1.60	トジ	0.05			
-10サイクル -10除荷	-3.0	2.50	1.50	剥落	1.70	トジ	1.10	0.15	トジ	0.10	3.00	0.10	0.05	トジ	1.90	1.80	トジ	0.10	0.35	0.05	0.05

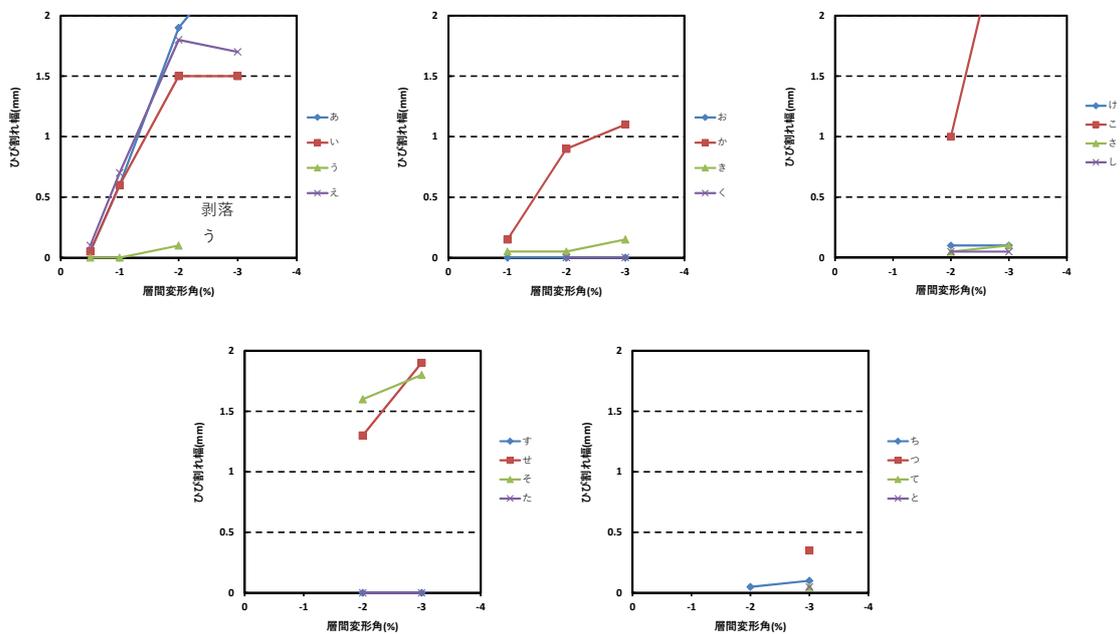


図 2.2.4-29 ピーク時 パイルキャップひび割れ幅—層間変形角関係 (試験体 A-9 負荷荷)

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ○ 試験体 F-1

基礎梁のひび割れ幅は柱との境界の危険断面のみ広がった。パイルキャップは正載荷正載荷負載荷ともに、せん断ひび割れおよび杭頭接合部のひび割れが非常に大きくなったことから、せん断ひび割れおよび杭頭接合部の損傷が大きい。

### ○ 試験体 F-1 と試験体 A-9

パイルキャップのせん断ひび割れが試験体 A-9 より試験体 F-1 が小さくなったが、両試験体ともパイルキャップのせん断ひび割れおよび杭頭接合部のひび割れ幅が広がった。

(3) 接合部入力せん断力

パイルキャップに入力される水平方向の接合部入力せん断力  $V_j$  を算出する。接合部入力せん断力の算出方法を図 2.2.4-30,31 に示す。接合部入力せん断力は基礎梁主筋に貼付したひずみゲージにより仮想危険断面位置における梁主筋引張力  $T$  を算出し、その値に柱の層せん断力  $V_c$  を減算して求めた。仮想危険断面位置は引張側主筋に対して各同断面でひずみの平均値をとり、各サイクルでひずみ平均の最大となる位置と設定した。

接合部入力せん断力の算出方法	
$V_j = T + C'_s + C'_c - V_c$	$V_j$ : 接合部入力せん断力 (kN)
$= T + T' - V_c$	$T$ : 梁主筋引張力 (kN)
ト形接合部において	$C_s$ : 梁主筋圧縮力 (kN)
$T' + C'_s + C'_c = 0$	$C_c$ : コンクリート圧縮合力 (kN)
よって	$V_c$ : 柱の層せん断力 (kN)
$V_j = T - V_c$	

鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説<sup>[2-7]</sup>, 1999, p.p.243~245

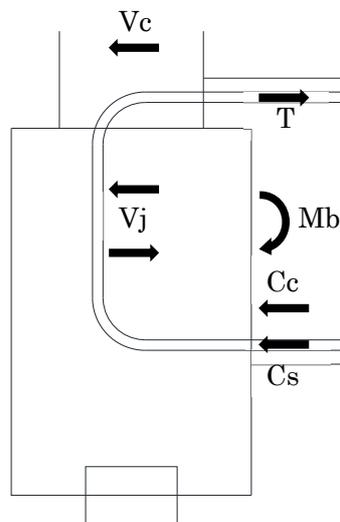


図 2.2.4-30 ト形接合部  
接合部入力せん断力の算出方法

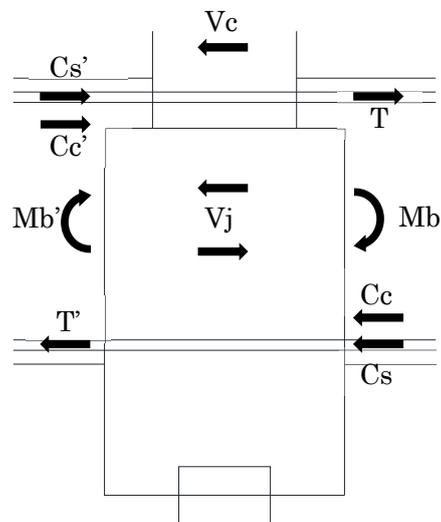


図 2.2.4-31 十字形接合部  
接合部入力せん断力の算出方法

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### 1) 基礎梁の危険断面位置

図 2.2.4-32, 33 に試験体 F-1 の基礎梁主筋のひずみ測定位置図に各試験体の最大耐力時のサイクルのピークにおける基礎梁主筋のひずみ平均を示す。

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

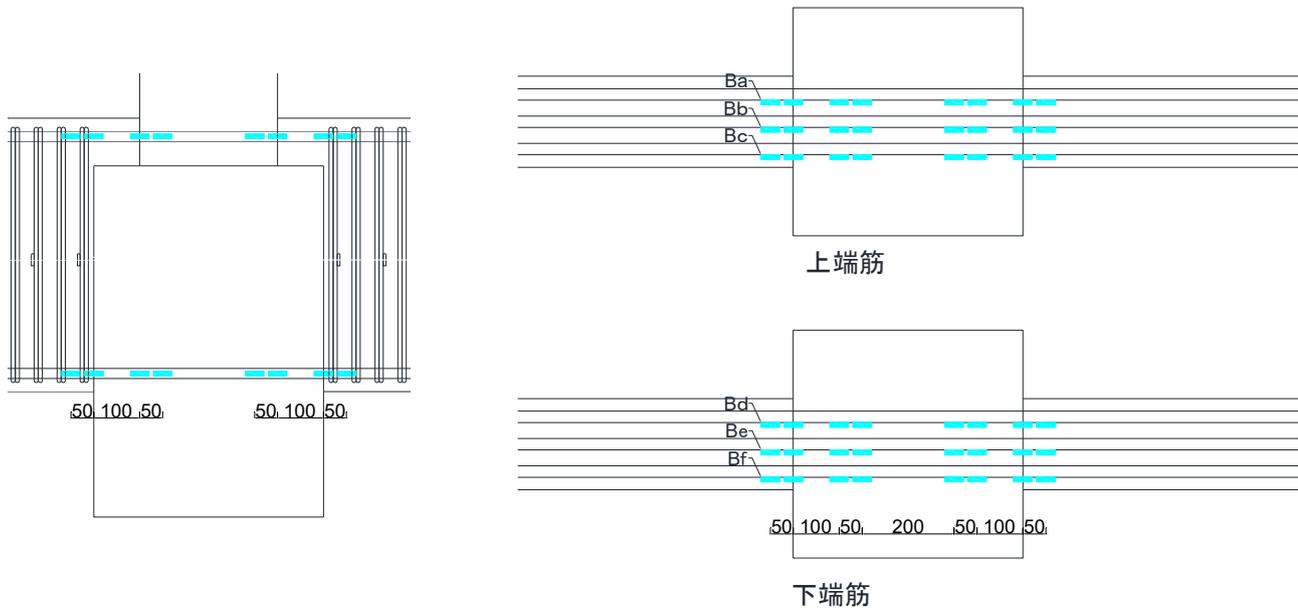


図 2.2.4-32 試験体 F-1 基礎梁主筋のひずみ測定位置

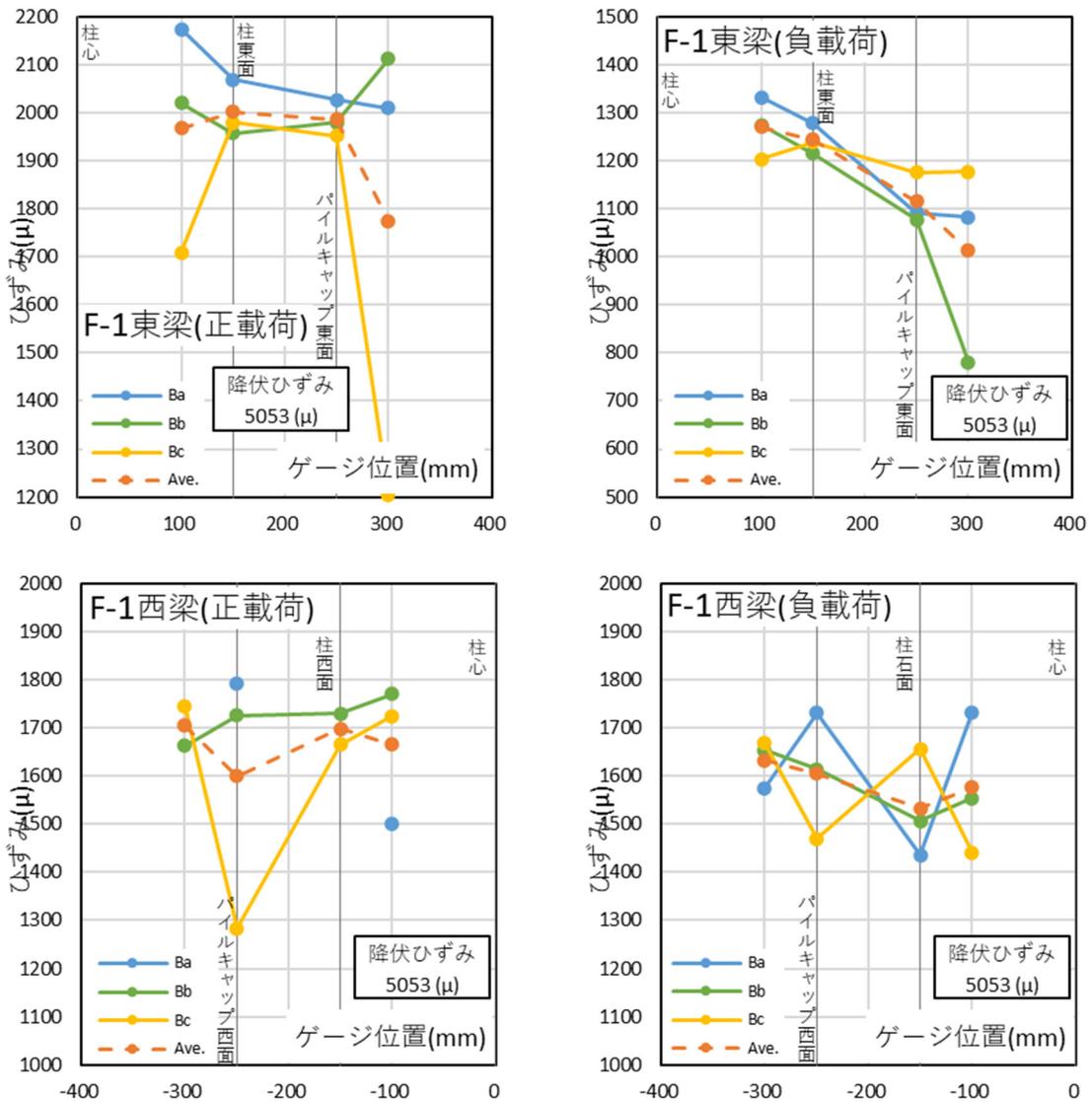


図 2.2.4-33 試験体 F-1 基礎梁主筋のひずみ

2) 各サイクル最大入力せん断力

表 2.2.4-1~2, 図 2.2.4-34 に各サイクルの入力せん断力-層間変形角関係を示す。図中の青線が杭-基礎梁開く方向での載荷（正載荷），赤線が杭-基礎梁閉じる方向での載荷（負載荷）を示している。

表 2.2.4-1 各サイクル最大入力せん断力（正載荷）

Cycle	D-4		D-2		F-1		A-9	
	R (%)	Vj (kN)						
+1	0.125	85.1	0.126	114.0	0.128	123.5	0.124	99.6
+2	0.251	140.4	0.250	205.1	0.251	219.3	0.251	160.1
+3	0.501	241.0	0.502	289.1	0.501	369.5	0.501	237.8
+4	0.504	241.6	0.512	292.0	0.500	362.6	0.501	229.7
+5	1.007	351.9	1.004	398.8	1.008	532.3	1.001	336.4
+6	1.004	336.4	1.004	377.3	1.006	489.0	1.009	306.4
+7	2.007	430.1	2.013	490.1	2.011	710.7	2.000	332.2
+8	2.013	386.8	2.011	425.0	2.010	588.7	2.004	256.8
+9	3.012	411.7	3.009	436.9	3.007	558.4	3.015	265.1
+10	3.025	355.1	3.002	324.3	3.028	445.3	3.008	213.6
+11	4.012	315.8						
+12	4.019	247.6						

表 2.2.4-2 各サイクル最大入力せん断力（負載荷）

Cycle	D-4		D-2		F-1		A-9	
	R (%)	Vj (kN)						
-1	-0.125	12.2	-0.126	2.5	-0.127	204.1	-0.128	11.9
-2	-0.253	115.4	-0.251	100.5	-0.251	337.8	-0.252	99.1
-3	-0.503	222.8	-0.505	223.1	-0.503	493.2	-0.506	204.1
-4	-0.507	222.6	-0.506	219.9	-0.502	468.0	-0.508	200.0
-5	-1.008	323.3	-1.003	319.2	-1.004	666.3	-1.004	296.7
-6	-1.001	308.3	-1.004	303.2	-1.013	624.9	-1.004	264.0
-7	-2.011	403.1	-2.006	375.6	-2.002	829.2	-2.011	302.6
-8	-2.007	362.0	-2.011	326.5	-2.011	698.7	-2.034	270.2
-9	-3.012	398.7	-3.012	321.3	-3.032	647.3	-3.005	302.7
-10	-3.033	344.7	-3.057	231.6	-3.034	538.5	-3.005	285.6
-11	-4.008	341.5						
-12	-4.031	288.1						

○ 試験体 F-1

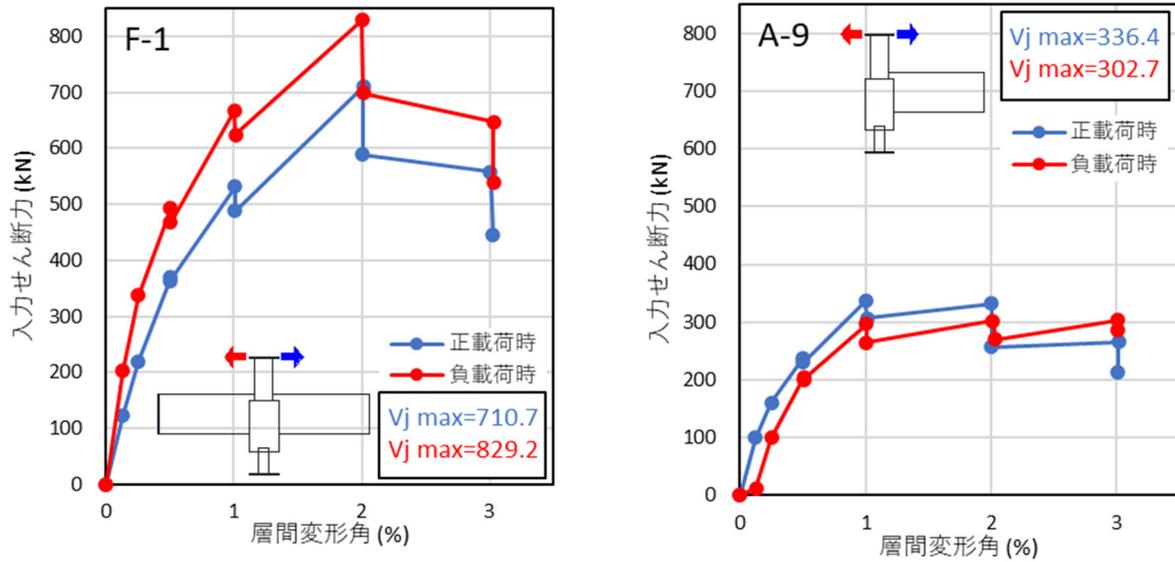


図 2.2.4-34 入力せん断力-層間変形角関係

○ 試験体 F-1

正載荷では、R=+2.0%のサイクルで 705.5kN で最大となり、耐力低下は 82.1%であった。負載荷は R=-2.0%のサイクルで 815.6kN で最大となり、耐力低下は 82.8%であった。正載荷は最大耐力と同じサイクルで入力せん断力の最大を迎えたのに対し、負載荷では最大耐力後に入力せん断力の最大を迎えた。

試験体 A-9 と比較して、試験体 F-1 の入力せん断力は大きいため、ト形より十字形の方がせん断力耐力が大きくなるといえる。

杭頭接合部破壊した試験体 D-4 とせん断破壊した試験体 F-1 を比較すると、試験体 F-1 の方が耐力低下は大きい。これはせん断破壊がせん断力の低下を導いたと考えられる。

(4) 等価粘性減衰定数 ( $h_{eq}$ )

図 2.2.4-35 に等価粘性減衰定数の算出方法を示す。始めの正負 2Cycle は 1 回のみで評価、その他のサイクルについては繰り返し载荷 2 回目で評価した。図 2.2.4-36 に各試験体の結果を、図 2.2.4-37 に各試験体の比較を示す。

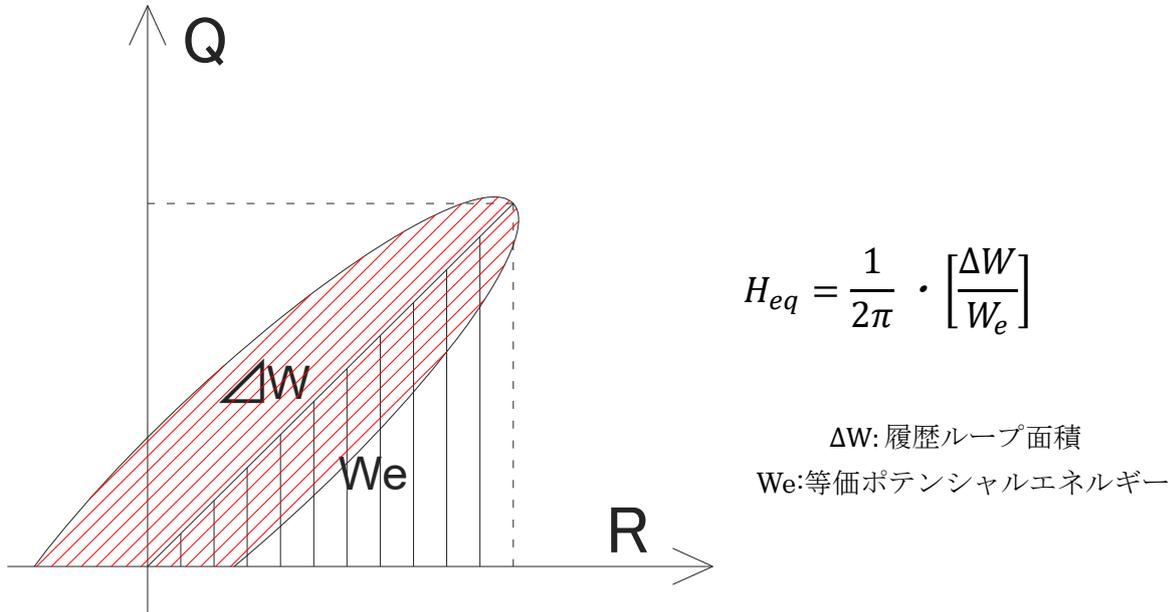


図 2.2.4-35 等価粘性減衰定数の算出方法

○ 試験体 F-1

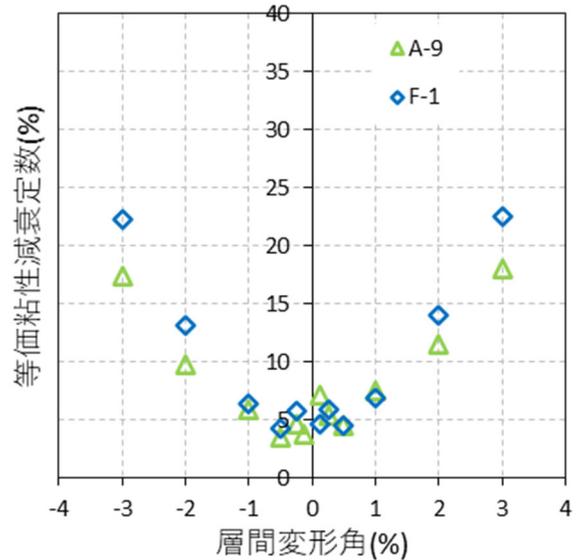
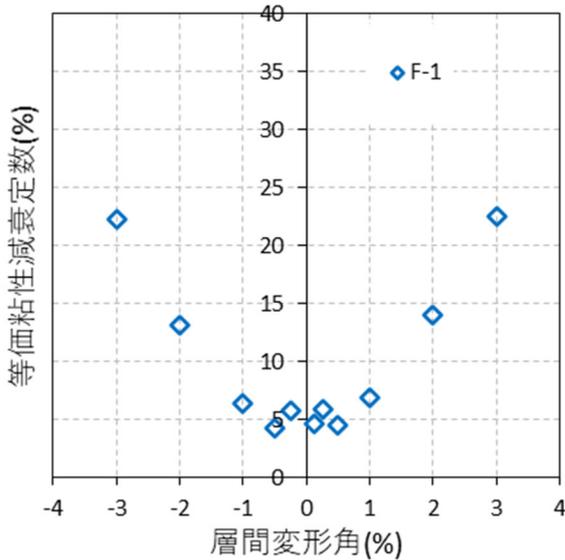


図 2.2.4-36 等価粘性減衰定数 (試験体 F-1) 図 2.2.4-37 等価粘性減衰定数比較 (試験体 F-1,A-9)

試験体 F-1 の等価粘性減衰定数は正载荷負荷で大きな差はない。試験体 A-9 と比較すると、試験体 F-1 のほうが等価粘性減衰定数は高いため、試験体 A-9 のせん断ひび割れの残留が影響したと考えられる。

(5) 各変形成分の検討

1) 算出方法

柱、基礎梁、杭及びパイルキャップの各部材が層間変形角に占める割合を算出するため、各部材変形成分の算出方法を図 2.2.4-35、各試験体の変形成分の割合を図 2.2.4-36, 38 に、変形成分を図 2.2.4-37, 39 示す。杭については剛体と仮定し、杭の抜けだし変形として算出を行った。

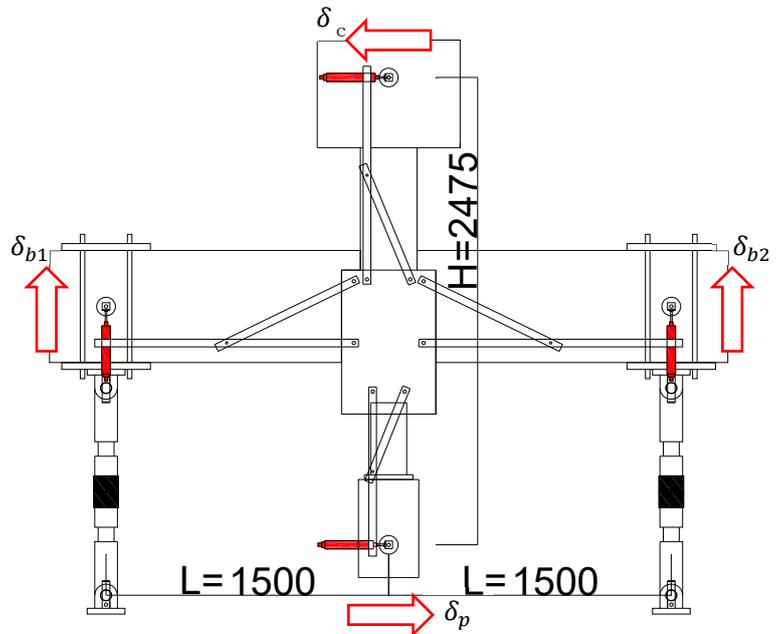


図 2.2.4-35 試験体 F-1 (十字形)  
各部材の変形

杭の変形成分:  $\delta_p$ (mm)

柱の変形成分:  $\delta_c$ (mm)

梁の変形成分:  $\delta_b$ (mm)

$$\text{十字形 } \delta_b = (\delta_{b1} + \delta_{b2}) \cdot \frac{H}{2L}$$

パイルキャップの変形成分:  $\delta_{pc}$ (mm)

$$\delta_{pc} = \delta - \delta_p - \delta_c - \delta_b$$

ただし、 $\delta$ は層間変位であり、 $\delta_{pc} < 0$ のときは $\delta_{pc} = 0$ とした。

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

2) 算出結果

○ 試験体 F-1

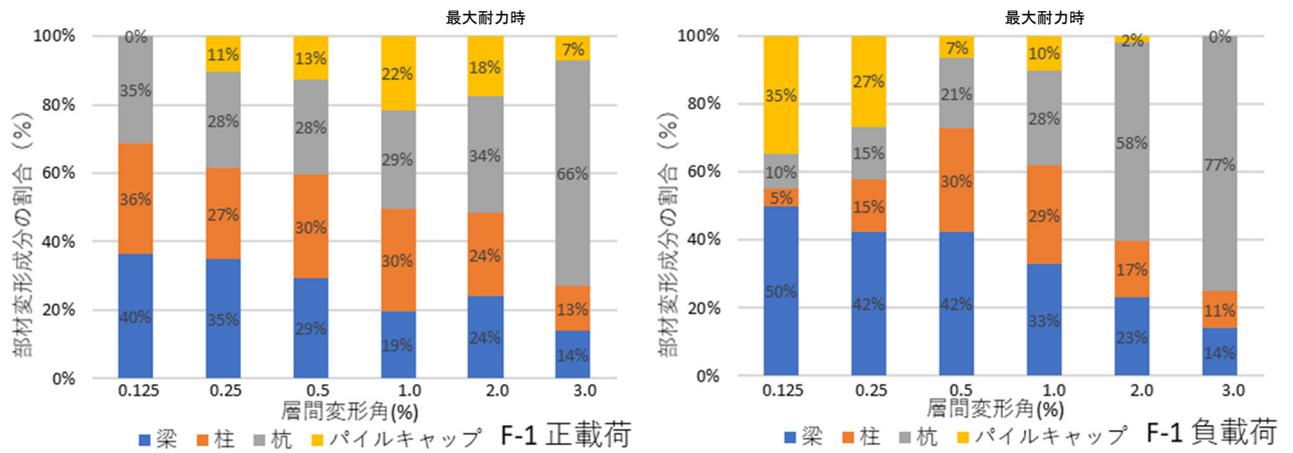


図 2.2.4-36 試験体 F-1 各変形成分の割合

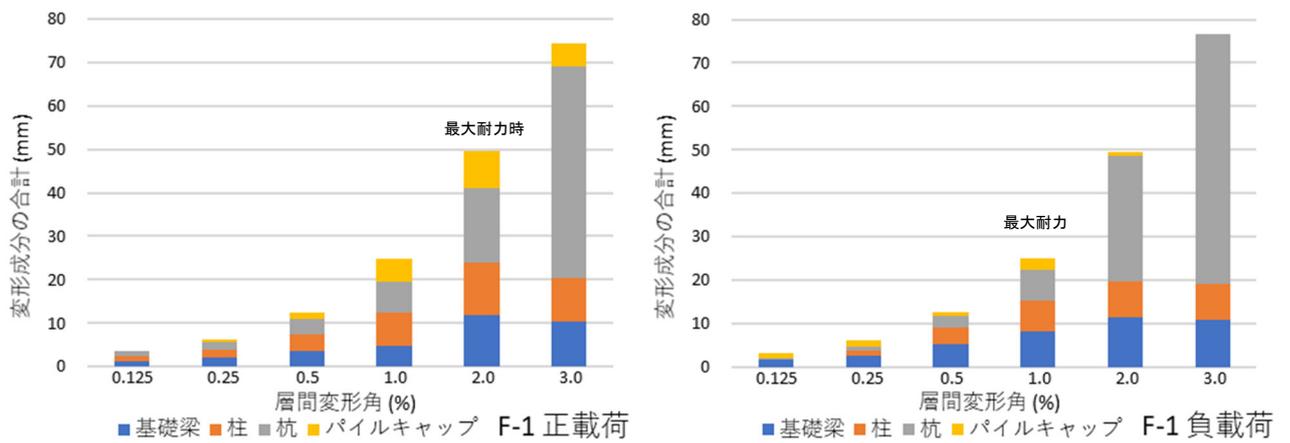


図 2.2.4-37 試験体 F-1 各変形成分

○ 試験体 A-9

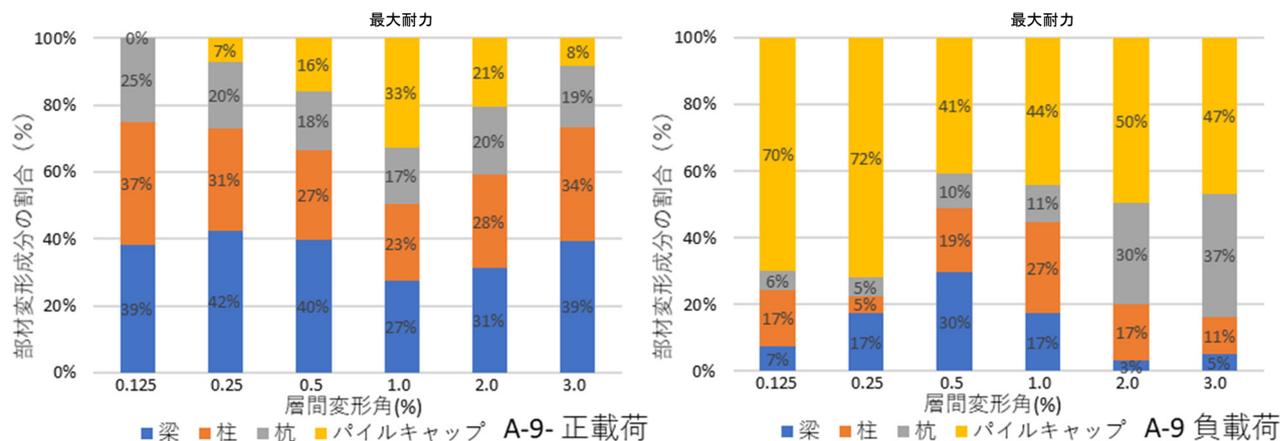


図 2.2.4-38 試験体 A-9 各変形成分の割合

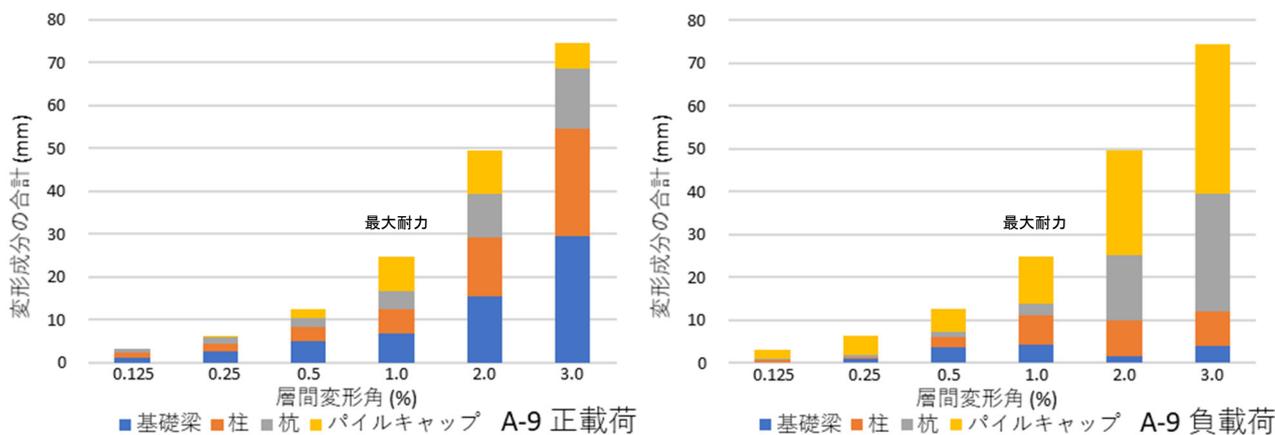


図 2.2.4-39 試験体 A-9 各変形成分

○ 試験体 F-1

正載荷では基礎梁、柱の変形成分が徐々に減少し、杭の変形成分が増加している。負載荷では基礎梁の変形成分が減少し、杭の変形成分が増加している。パイルキャップの変形成分は微小である。

○ 試験体 F-1 と試験体 A-9

試験体 A-9 がパイルキャップの変形成分の割合が大きいのに対し、試験体 F-1 は杭の割合が大きい。これは試験体 F-1 の杭が抜け出し大きく変形したことが原因にあげられる。

(6) モールのひずみ円

パイルキャップの損傷状態を把握する目的でモールのひずみ円を作図した。図 2.2.4-42~49 にモールのひずみ円、表 2.2.4-3~10 に計算結果を示す。繰り返し载荷を行う場合は二回目のサイクルを対象にしている。比較用に試験体 A-9 の場合も示す。

モールのひずみ円の作図方法を図 2.2.4-40 に示す。パイルキャップ内の変位計各コアの水平変位計により計測した値の平均値を横方向ひずみ $\epsilon_x$ とし、横座標に図 2.2.4-40 (a)の直線 OX の時計回り方向の回転 $\gamma_{xy}$ の 1/2 を正の縦座標とする。また各コアの鉛直変位計により計測した値の平均値を縦方向ひずみ $\epsilon_y$ とし、横座標に図 2.2.4-40 (a)の直線 OY の反時計回り方向の回転 $\gamma_{xy}$ の 1/2 を負の縦座標とすると、図 2.2.4-40 (b)の円上の点 D, D'を得る。直線 DD'を引くと中心 C が定まり、図 2.2.4-40 (b)のようなモールのひずみ円を描くことができる。このモールのひずみ円の大きさは接合部パネルの平均的な損傷を表し、ひずみ円が大きいほど接合部パネルの損傷が激しいことを示す。また円の中心が横座標の正側に推移すると、接合部パネルは引張を受けていることになる。ここで各試験体の接合部のコアを図 2.2.4-41 に示す。

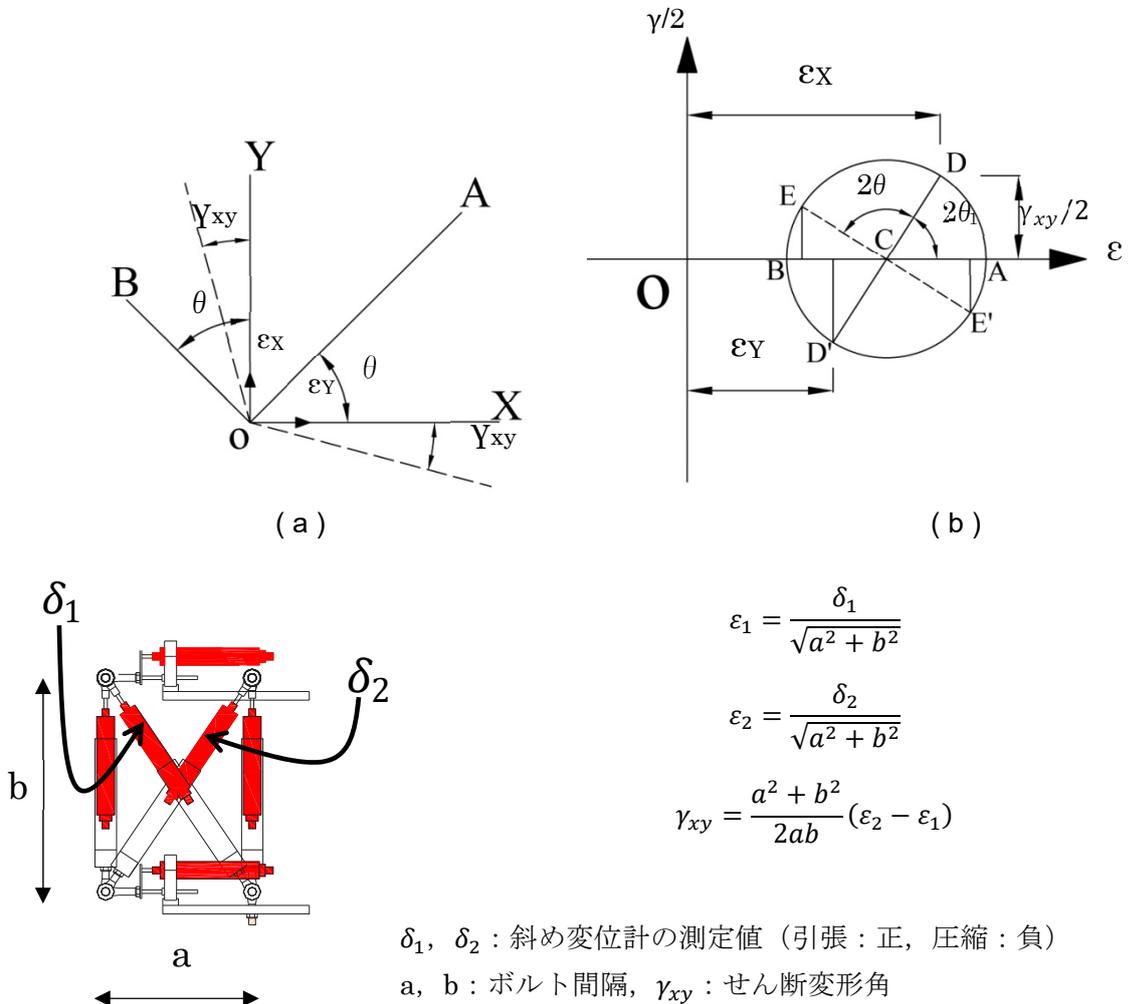


図 2.2.4-40 モールのひずみ円作成方法

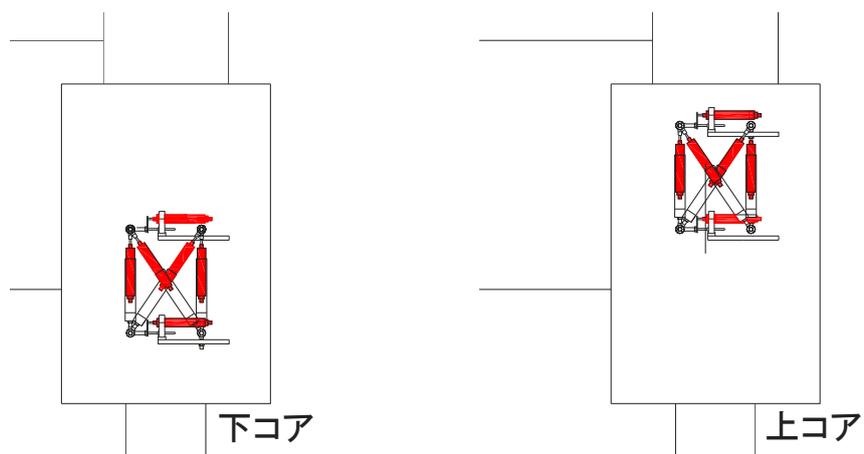


図 2.2.4-41 各コアの位置

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

○ 試験体 F-1

- 上コア (正載荷)

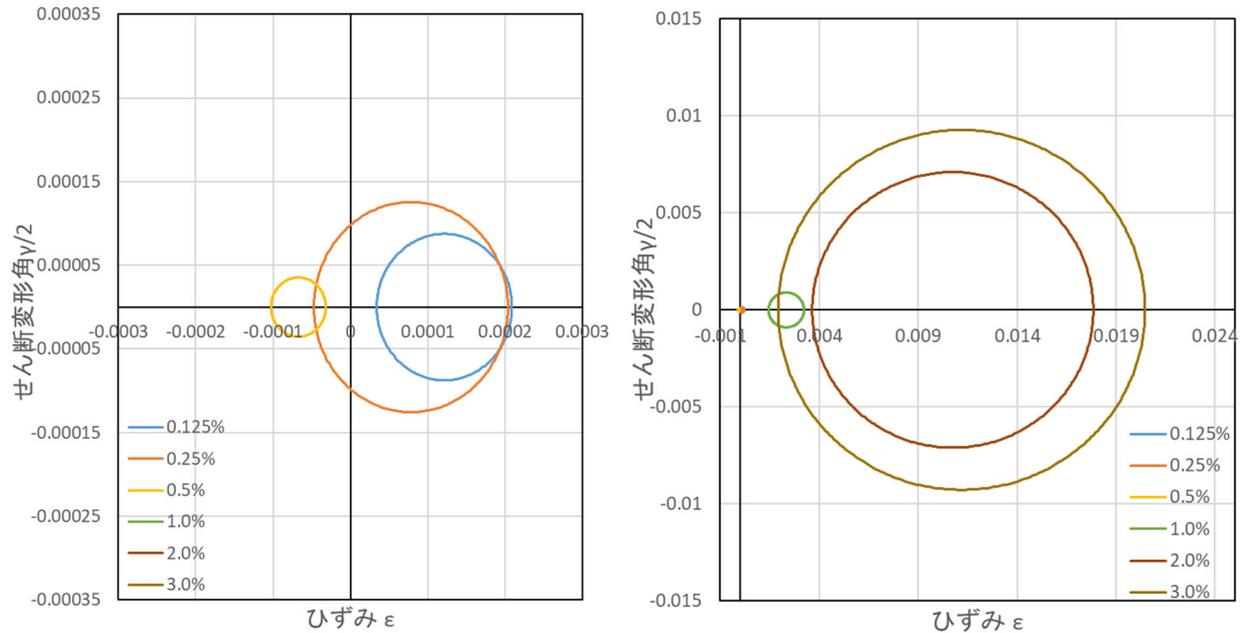


図 2.2.4-42 試験体 F-1 コア モールのひずみ円 (正載荷)  
 (左側 : R=0.125%から 0.5%, 右側 : R=1.0%から 3.0%)

表 2.2.4-3 試験体 F-1 上コア 計算結果 (正載荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	122	175
0.25	78	251
0.50	-67	71
1.00	2331	1791
2.00	10748	14204
3.0	11192	18545

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 上コア (負荷荷)

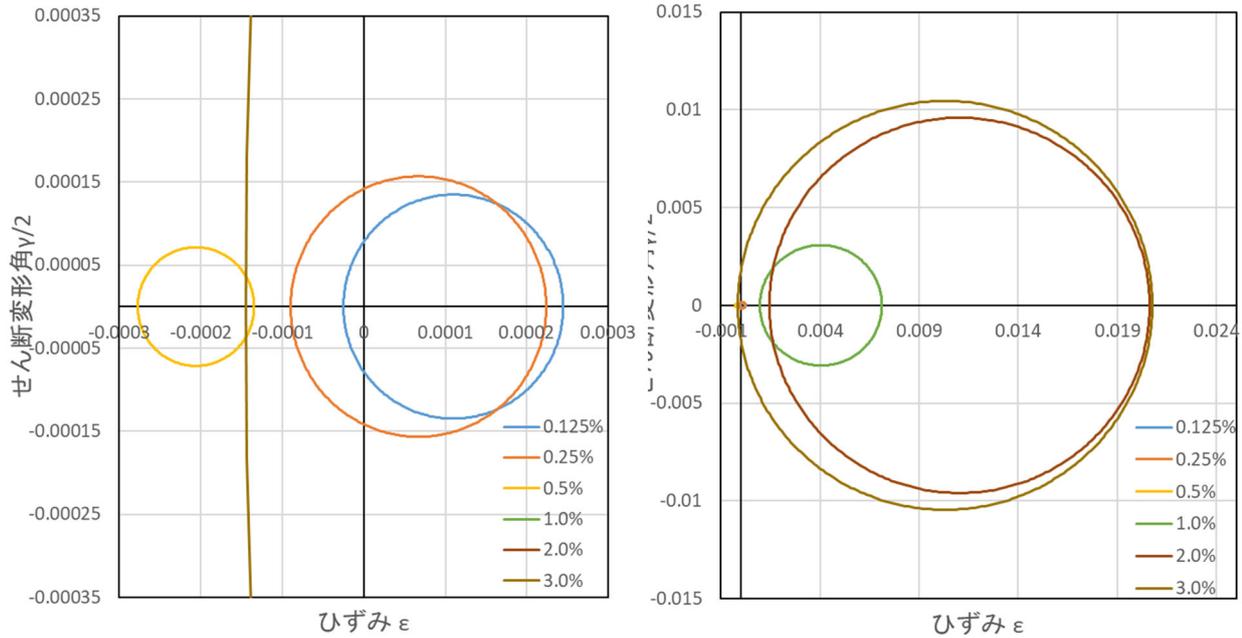


図 2.2.4-43 試験体 F-1 上コア モールのひずみ円 (負荷荷)  
 (左側 :  $R = -0.125\%$  から  $-0.5\%$ , 右側 :  $R = -1.0\%$  から  $-3.0\%$ )

表 2.2.4-4 試験体 F-1 上コア 計算結果 (負荷荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	110	270
0.25	67	313
0.50	-206	143
1.00	4049	6158
2.00	11040	19184
3.0	10308	20905

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 下コア (正載荷)

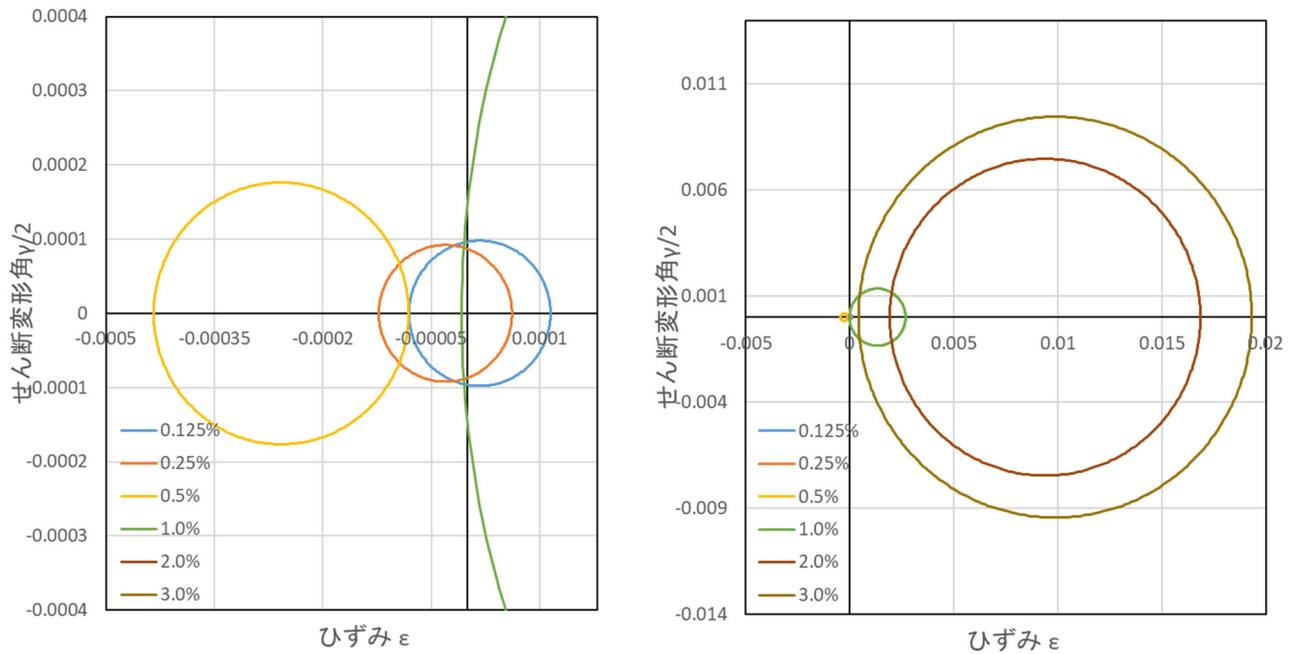


図 2. 2. 4-44 試験体 F-1 下コア モールのひずみ円 (正載荷)

(左側 : R=0. 125%から 0. 5%, 右側 : R=1. 0%から 3. 0%)

表 2. 2. 4-5 試験体 F-1 下コア 計算結果 (正載荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	17	196
0.25	-30	184
0.50	-258	353
1.00	1338	2691
2.00	9392	14938
3.0	9877	18904

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 下コア (負荷荷)

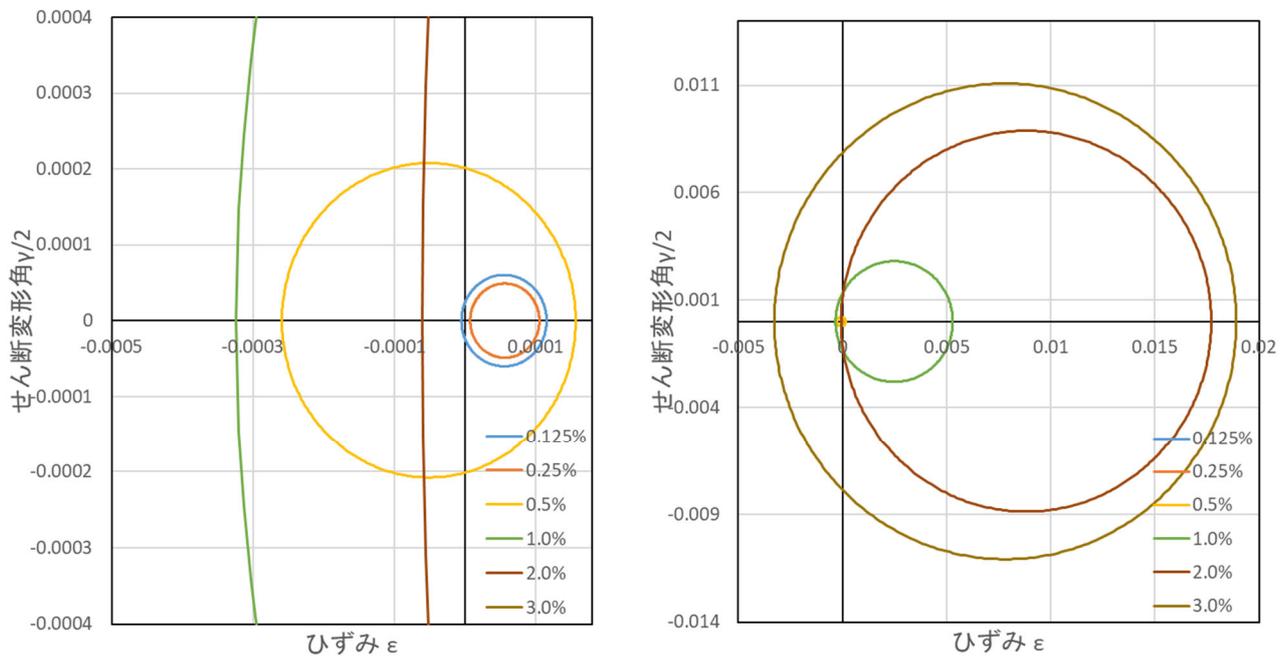


図 2.2.4-45 試験体 F-1 下コア モールのひずみ円 (負荷荷)  
 (左側 :  $R = -0.125\%$  から  $-0.5\%$ , 右側 :  $R = -1.0\%$  から  $-3.0\%$ )

表 2.2.4-6 試験体 F-1 下コア 計算結果 (負荷荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	17	196
0.25	-30	184
0.50	-258	353
1.00	1338	2691
2.00	9392	14938
3.0	9877	18904

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

○ 試験体 A-9

- 上コア (正載荷)

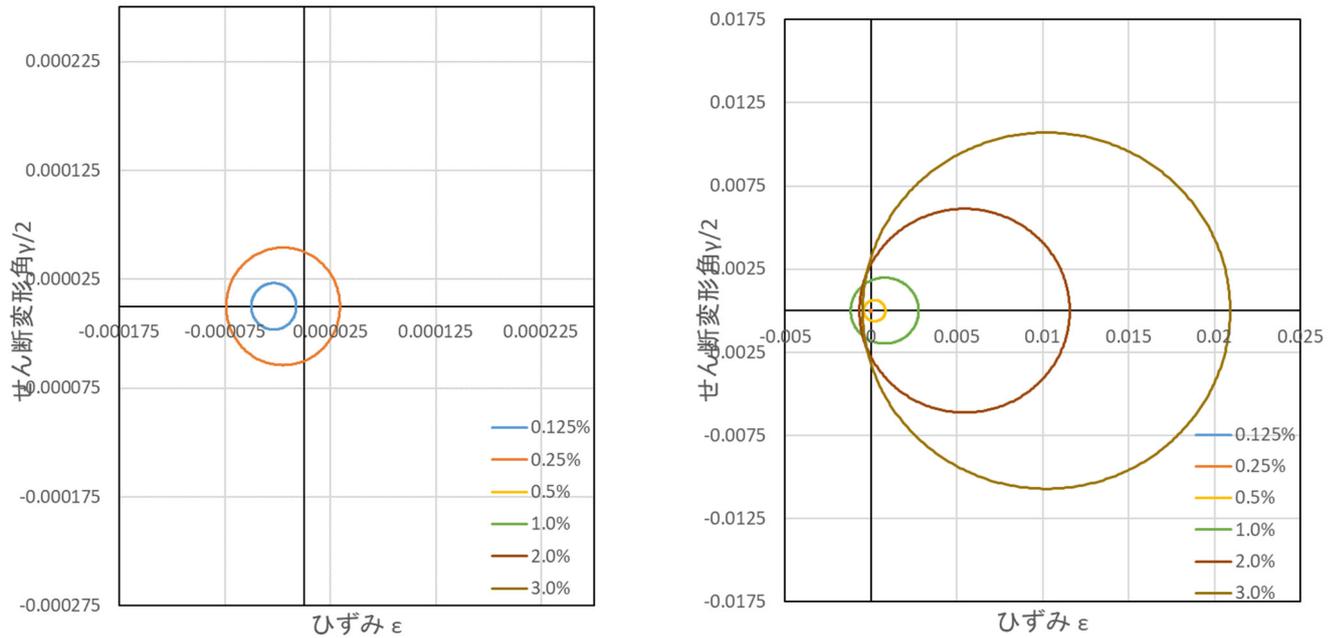


図 2.2.4-46 試験体 A-9 上コア モールのひずみ円 (正載荷)  
 (左側 : R=0.125%から 0.25%, 右側 : R=0.5%から 3.0%)

表 2.2.4-7 試験体 A-9 上コア 計算結果 (正載荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-29	43
0.25	-20	108
0.50	202	1268
1.00	795	3959
2.00	5450	12245
3.0	10215	21417

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 上コア (負荷荷)

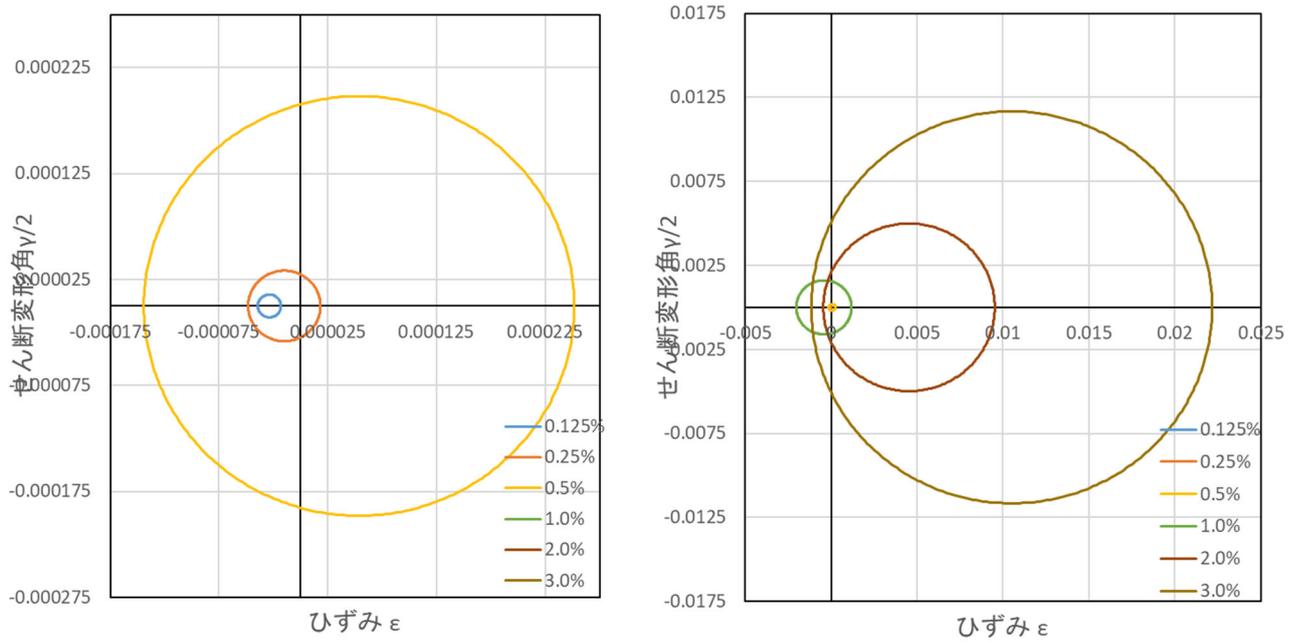


図 2. 2. 4-47 試験体 A-9 下コア モールのひずみ円 (負荷荷)  
 (左側 : R=-0. 125%から-0. 5%, 右側 : R=-1. 0%から-3. 0%)

表 2. 2. 4-8 試験体 A-9 下コア 計算結果 (負荷荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-29	21
0.25	-15	67
0.50	54	396
1.00	-414	3210
2.00	4536	9975
3.0	10509	23325

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 下コア (正載荷)

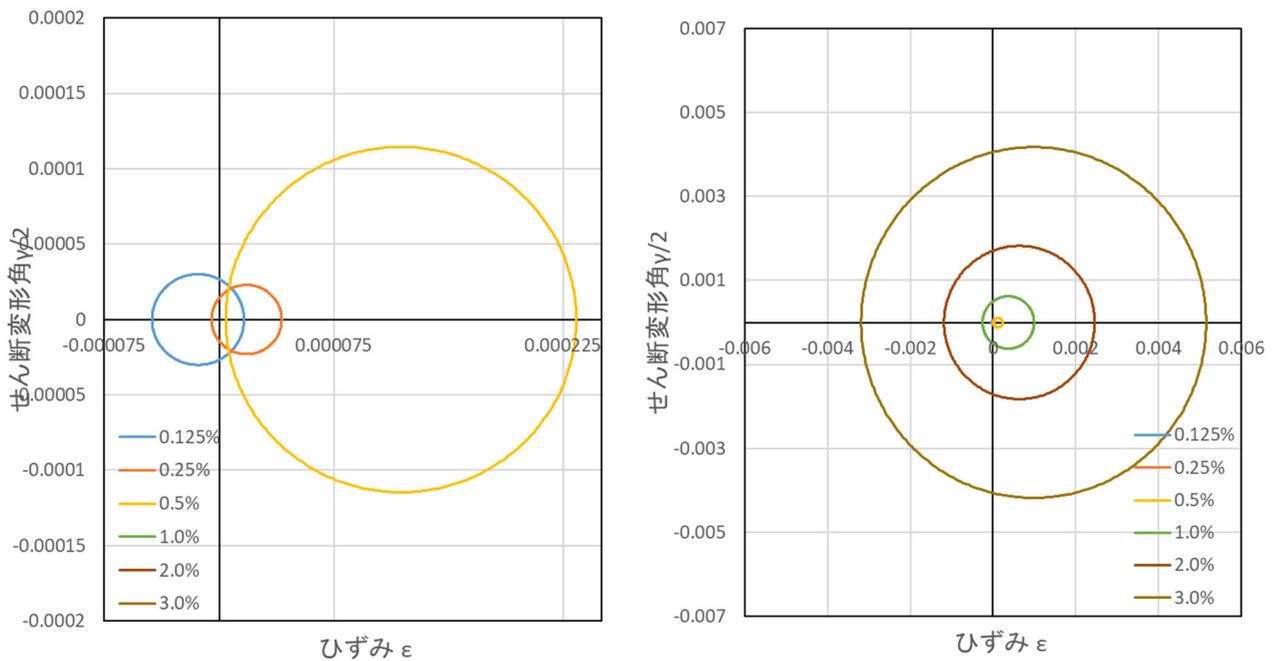


図 2. 2. 4-48 試験体 A-9 下コア モールのひずみ円 (正載荷)

(左側 : R=0.125%から 0.5%, 右側 : R=1.0%から 3.0%)

表 2. 2. 4-9 試験体 A-9 下コア 計算結果 (正載荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-14	60
0.25	18	46
0.50	119	229
1.00	374	1246
2.00	640	3645
3.0	987	8347

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 下コア (負荷荷)

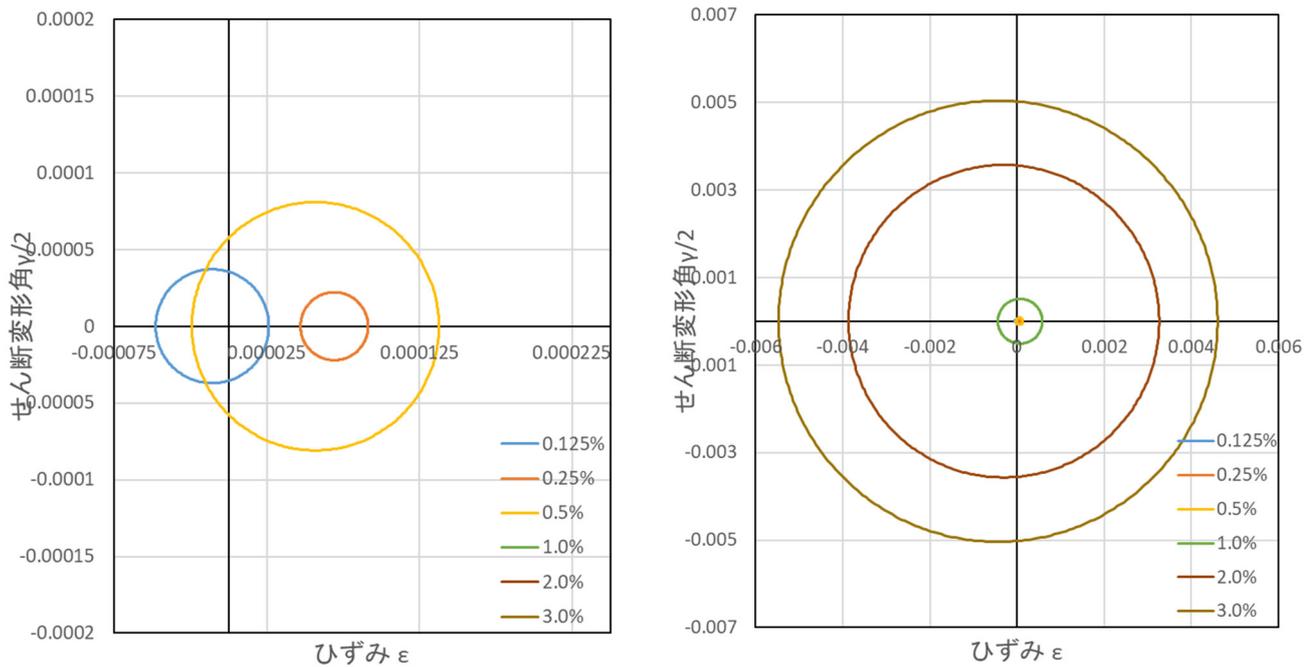


図 2. 2. 4-49 試験体 A-9 下コア モールのひずみ円 (負荷荷)  
 (左側 :  $R=-0.125\%$  から  $-0.5\%$ , 右側 :  $R=-1.0\%$  から  $-3.0\%$ )

表 2. 2. 4-10 試験体 A-9 下コア 計算結果 (負荷荷)

層間変形角(%)	中心( $\mu$ )	直径( $\mu$ )
0.125	-11	74
0.25	69	44
0.50	57	162
1.00	71	1019
2.00	-303	7137
3.0	-435	10079

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ○ 試験体 F-1

正載荷, 負載荷ともに, 下コアより上コアのひずみが大きくなっている。上コア, 下コアともに, 負載荷の方がひずみが大きい。

### ○ 試験体 F-1 と試験体 A-9

試験体 A-9 と試験体 F-1 を比較すると, 下コアでは試験体 F-1 の方がひずみも引張力も大きくなっている。これは試験体 F-1 の杭頭接合部での損傷が大きかったことが原因と考えられる。

(7) 接合部パネルにおける変形状

図 2.2.4-50 にパイルキャップ裏に取り付けた変位計及び測定変位の各インサート位置の変位の扱いを示す。パイルキャップ裏に取り付けた変位計より各サイクル（繰り返し载荷の場合は 1 回目の値）における接合部パネルの変形状の把握を行った。

各変位計より計測された区間の変位を 2 分割し，各インサート位置における変位を算出した。各インサート位置における変位の算出式を表 2.2.4-11 に示す。

図 2.2.4-51～図 2.2.4-54 に各試験体の接合部パネル変形を示す。

各試験体の接合部パネル変形による検討を行い，パイルキャップ部の変形成分の考察を行う。

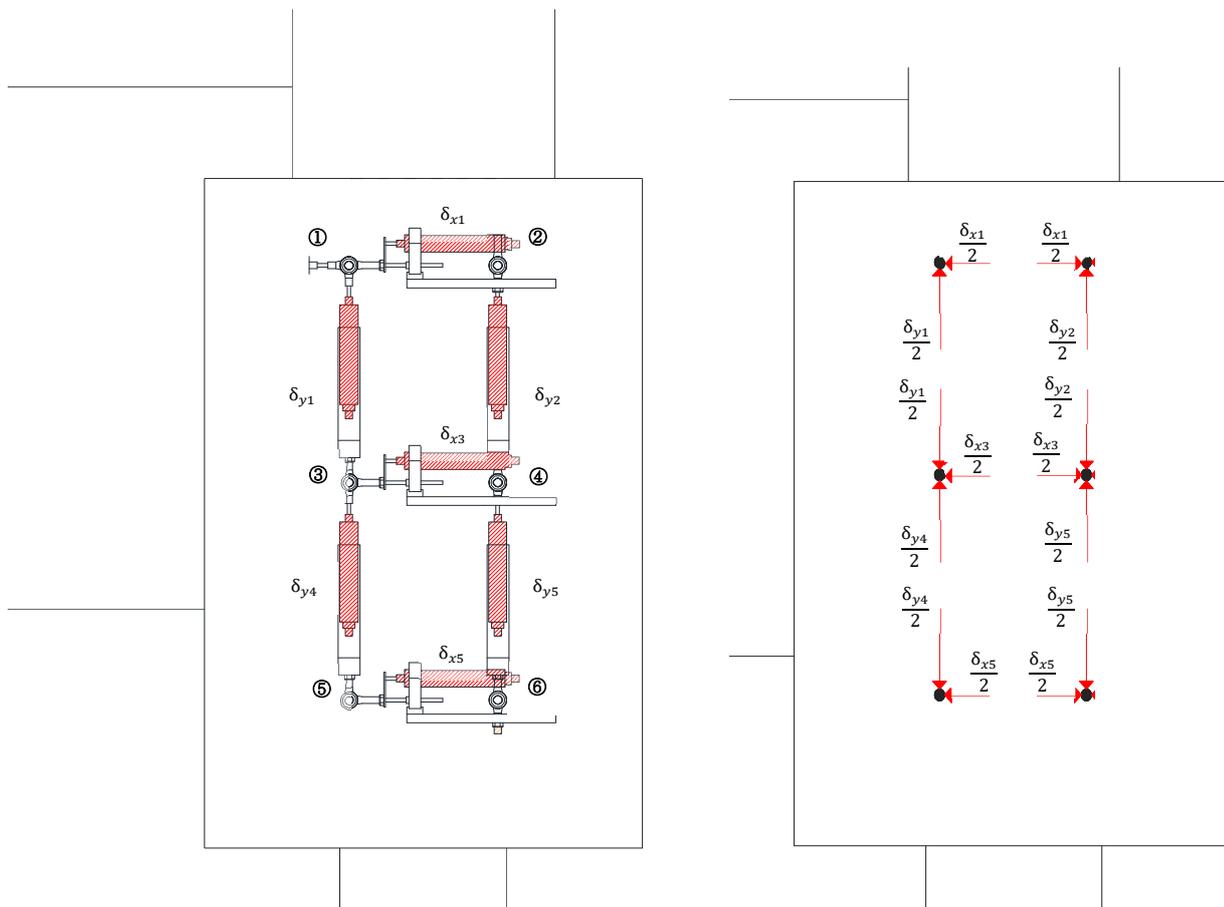


図 2.2.4-50 パイルキャップ内における変位計の変位の扱い

表 2.2.4-11 パイルキャップのインサート変位計算式

① $(x,y)=(-\frac{\delta_{x1}}{2}, \frac{\delta_{y1}}{2})$	② $(x,y)=(\frac{\delta_{x1}}{2} - \frac{\delta_{x2}}{2}, \frac{\delta_{y2}}{2})$
③ $(x,y)=(-\frac{\delta_{x3}}{2}, -\frac{\delta_{y1}}{2} + \frac{\delta_{y4}}{2})$	④ $(x,y)=(\frac{\delta_{x3}}{2} - \frac{\delta_{x4}}{2}, -\frac{\delta_{y2}}{2} + \frac{\delta_{y5}}{2})$
⑤ $(x,y)=(-\frac{\delta_{x5}}{2}, -\frac{\delta_{y4}}{2})$	⑥ $(x,y)=(\frac{\delta_{x5}}{2} - \frac{\delta_{x6}}{2}, -\frac{\delta_{y5}}{2})$

○ 試験体 F-1

パネル変形(正載荷) (※なお, 見やすくするために実際の変形に対して一定の拡大率(40倍)をかけて表現している。)

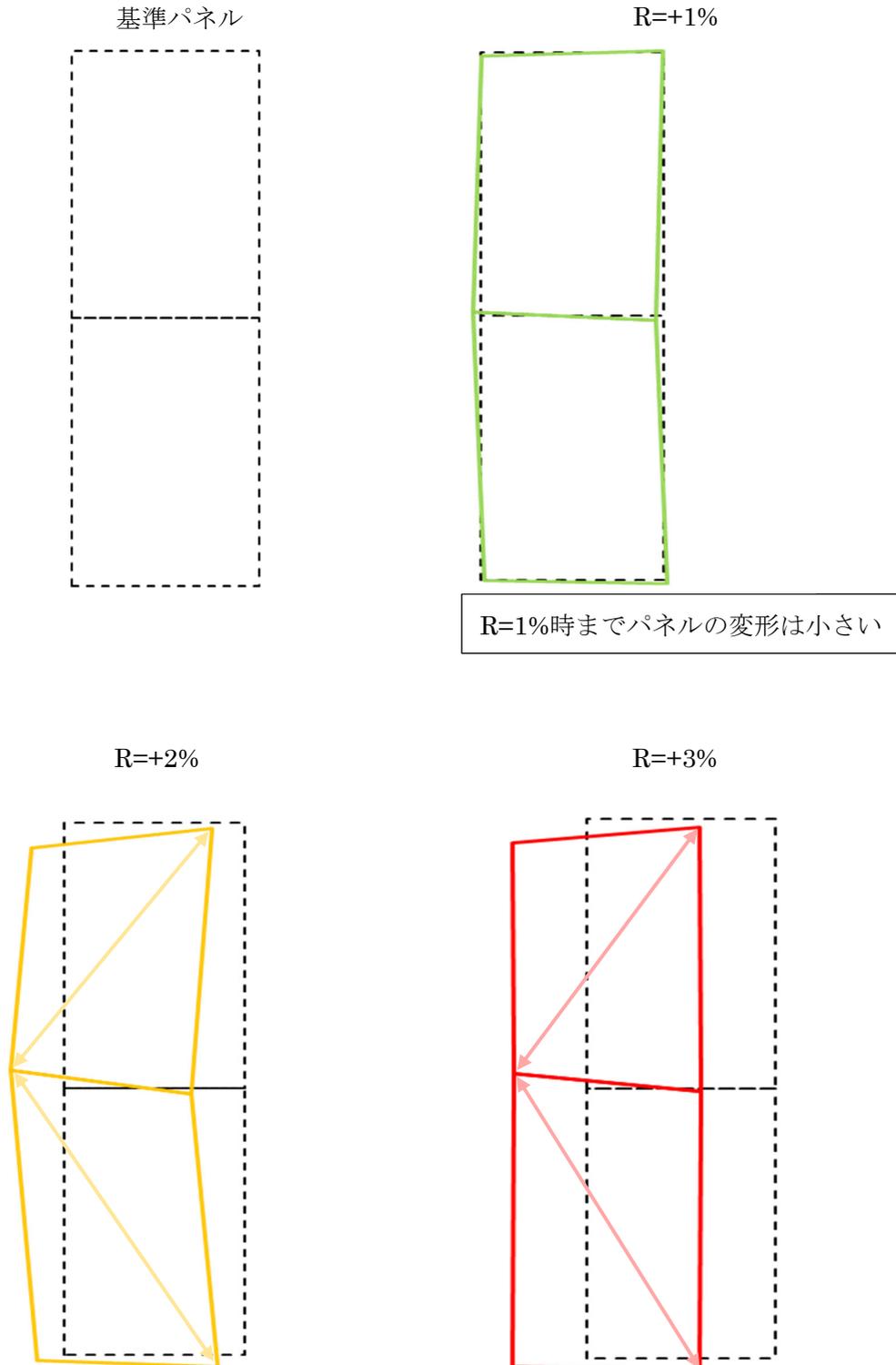


図 2.2.4-51 試験体 F-1 正載荷時パネル変形

パネル変形(負荷荷)

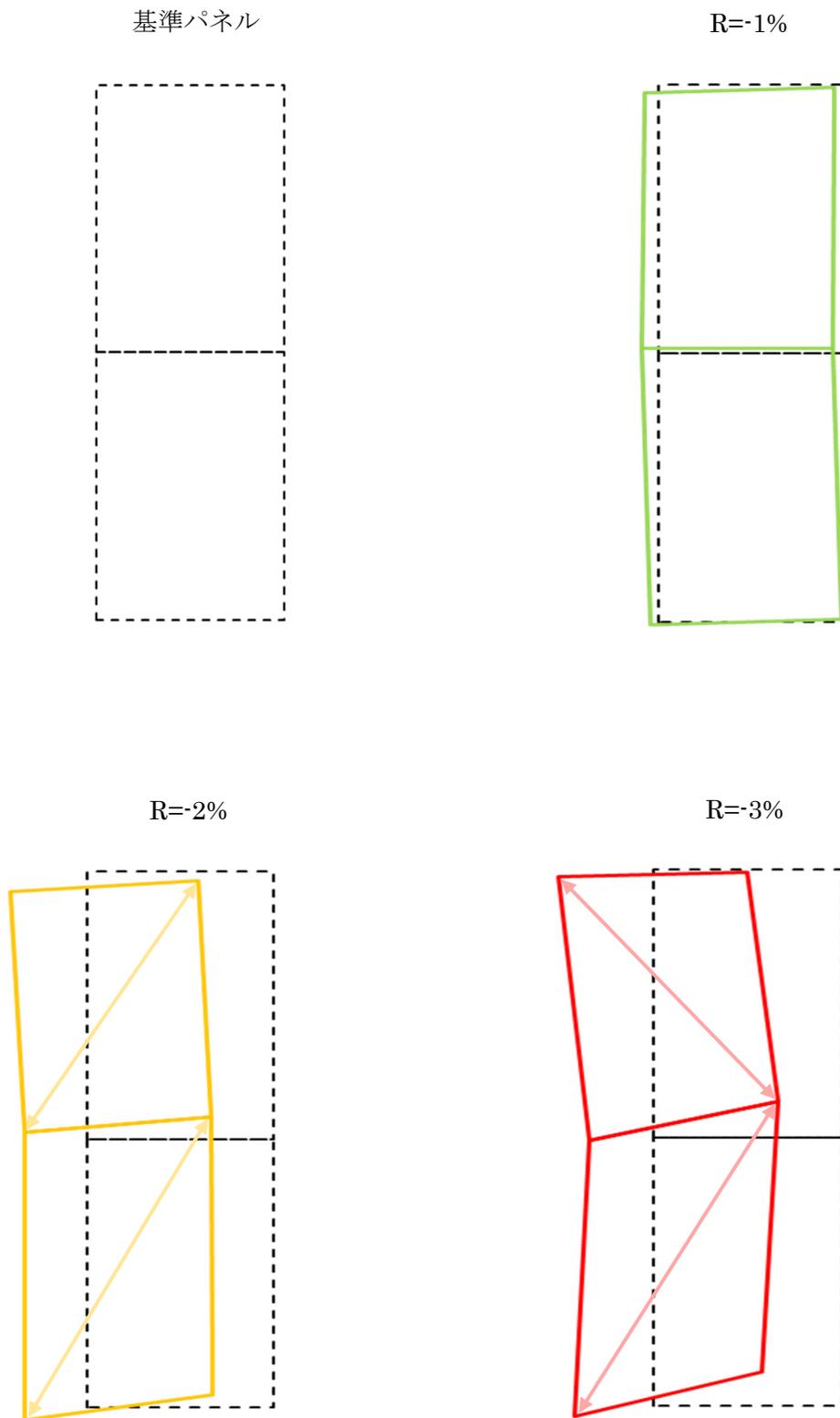
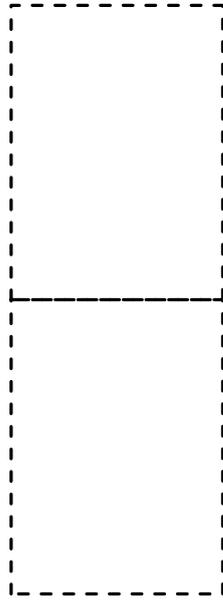


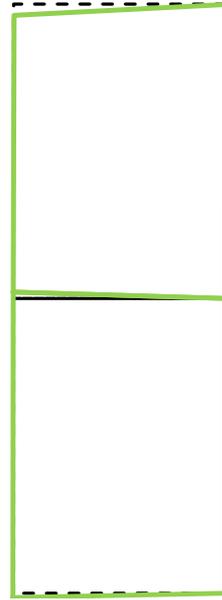
図 2.2.4-52 試験体 F-1 負荷荷時パネル変形

○ 試験体 A-9  
パネル変形(正載荷)

基準パネル

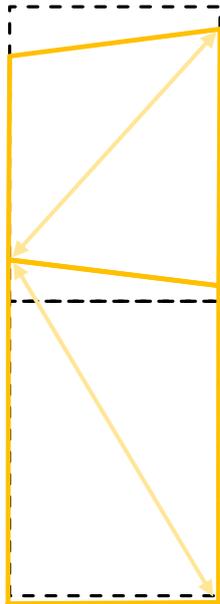


R=+1%

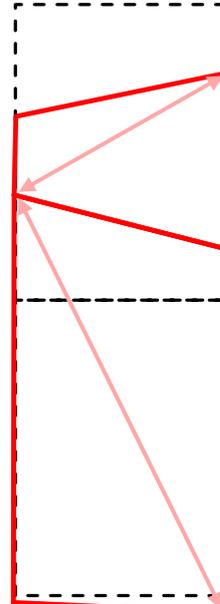


R=1%時までパネルの変形は小さい。

R=+2%



R=+3%



上コアは収縮する傾向が見られ、下コアは膨張する傾向が見られた。

図 2.2.4-53 試験体 A-9 正載荷時パネル変形

パネル変形(負荷荷)

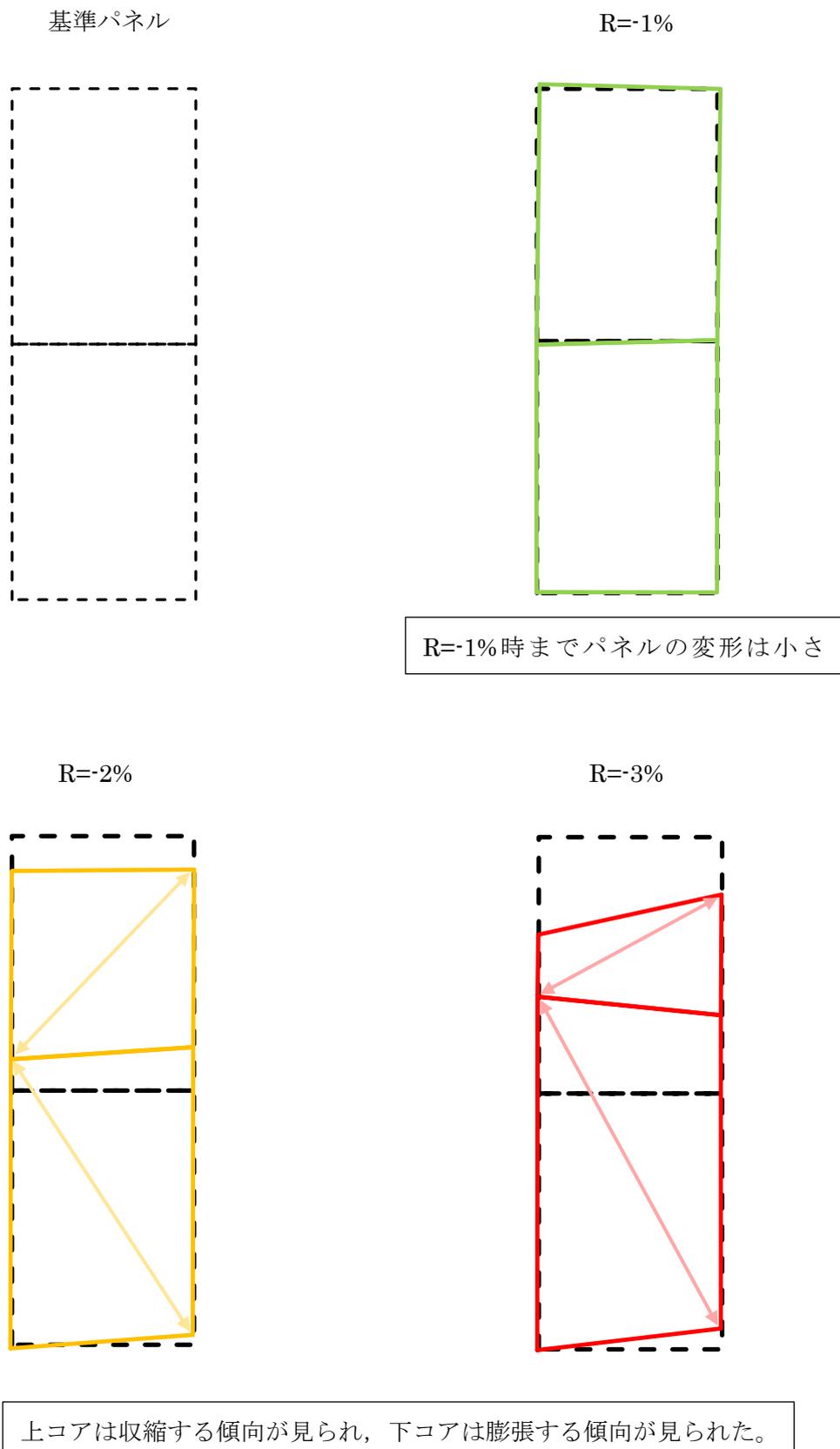


図 2.2.4-54 試験体 A-9 正載荷時パネル変形

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

### ○ 試験体 F-1

試験体 F-1 と試験体 A-9 を比較すると、試験体 A-9 が上下に収縮しているのに対し試験体 F-1 は「く」の字に変形している。これは試験体 A-9 が柱脚の圧壊によって柱に変形が集中したことが原因と考えられる。

(8) 鉄筋の付着強度

鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説<sup>[2-7]</sup>より、柱および梁部材では終局限界状態における主筋の付着強度が付着信頼強度を下回る事（付着強度の確保）を原則としている。

以下に試験体の付着信頼強度の算出方法及び付着強度の実験値の算出方法を示す。また、計算結果を表 2.2.4-12, 13 に示す。なお計算結果は引張側鉄筋（正載荷は下端筋，負載荷は上端筋）の中で最も大きい付着力となった鉄筋の値を示す。

1) 付着信頼強度

柱および梁の1段目主筋の付着信頼強度は、式(4.8.1)によることができる。

$$\tau_{bu} = \alpha_t \{ (0.086bi + 0.11) \sqrt{\sigma_B} + k_{st} \} \quad (\sigma_B \text{の単位は } N/mm^2 \text{ とする}) \quad (4.8.1)$$

ここで、 $\alpha_t$ は上端筋に対する付着強度低減係数で次式による。

$$\alpha_t = \begin{cases} 0.75 + \frac{\sigma_B}{400} & \text{(梁の上端主筋)} \\ 1 & \text{(上記以外の主筋)} \end{cases}$$

$b_i$ は、割裂線長さ比で次式による。

$$b_i = \min(b_{si}, b_{ci})$$

$$b_{si} = (b - N_1 d_b) / (N_1 d_b)$$

$$b_{ci} = \{ \sqrt{2}(d_{cs} + d_{ct}) - d_b \} / d_b$$

$b$ :部材の幅,  $N_1$ :1段目主筋の本数,  $d_{cs}$ :主筋の中心から側面までのかぶり厚さ,

$d_{ct}$ :主筋の中心から底面までのかぶり厚さ

$k_{st}$ は、横補強筋の効果で次式による。

$$k_{st} = \begin{cases} (56 + 47N_w/N_1)(b_{si} + 1)p_w & (b_{ci} \geq b_{si} \text{ のとき}) \\ 146A_w - (d_b s) & (b_{ci} < b_{si} \text{ のとき}) \end{cases}$$

$N_w$ :1組の横補強筋の足の数(= $N_s + 2$ ),  $p_w$ :横補強筋比,  $A_w$ :横補強筋1本の断面積

$s$ :横補強筋間隔,  $N_s$ :中子筋の本数

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

本試験体の基礎梁は多段配筋ではないので、2段目の計算は省略する。

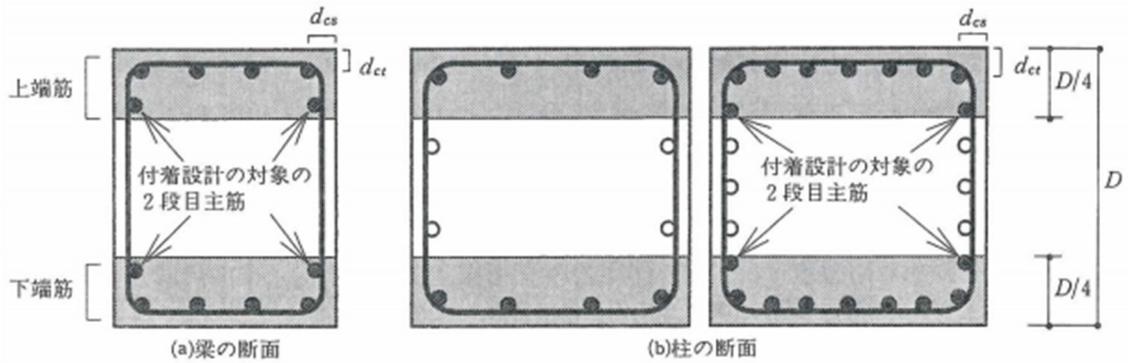


図 2.2.4-55 付着強度の確保の対象となる主筋

### 2) 付着強度の実験値

梁に貼り付けたひずみゲージにより測定されたひずみを用いて、応力度を算出する。

$$\tau = \frac{T_2 - T_1}{\pi D l}$$

$D$  : 基礎梁主筋直径  $l$  : ひずみゲージ間距離  $T$  : 鉄筋にかかる応力  
鉄筋にかかる応力は鉄筋ひずみに主筋断面積とヤング係数を乗した物とする。

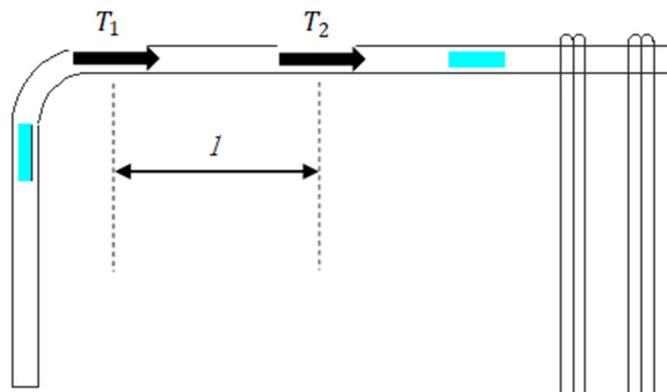


図 2.2.4-56 付着強度実験値の算出方法

表 2.2.4-12 計算結果（正載荷）

試験体	D-4	F-1	
部材	基礎梁下端	西基礎梁上端	東基礎梁下端
付着信頼強度	48.41		
+1	5.17	0.47	8.85
+2	5.63	4.32	12.07
+3	2.88	14.51	13.48
+4	2.62	14.73	12.33
+5	2.84	25.24	16.21
+6	2.26	23.64	13.53
+7	3.26	39.75	16.61
+8	5.32	33.05	12.71
+9	6.28	34.20	10.02
+10	6.94	26.04	7.65
+11	8.03		
+12	8.07		

表 2.2.4-13 計算結果（負載荷）

試験体	D-4	F-1	
部材	基礎梁上端	西基礎梁下端	東基礎梁上端
付着信頼強度	48.41		
-1	0.95	7.34	0.55
-2	3.19	7.32	1.29
-3	2.45	6.17	3.77
-4	2.34	5.86	3.64
-5	5.61	6.59	6.59
-6	5.32	5.88	6.01
-7	3.64	8.41	11.44
-8	2.91	7.90	10.07
-9	4.48	23.58	10.85
-10	5.72	21.11	9.03
-11	5.19		
-12	5.06		

以上より、十分な付着強度を有していたことから、両試験体付着破壊をしたとは考えられない。

(9) パイルキャップの鉄筋ひずみ分布

図 2.2.4-57 に試験体 F-1 のパイルキャップの縦筋ひずみゲージ位置を、図 2.2.4-58~67 に試験体 F-1 の縦筋のひずみ分布を示す。

○ 試験体 F-1

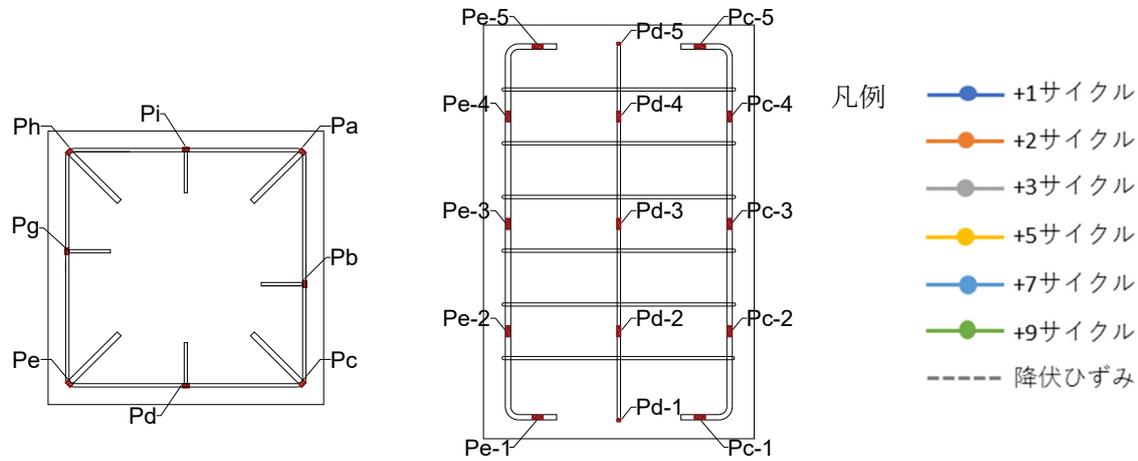


図 2.2.4-57 試験体 F-1 縦筋ひずみゲージ位置

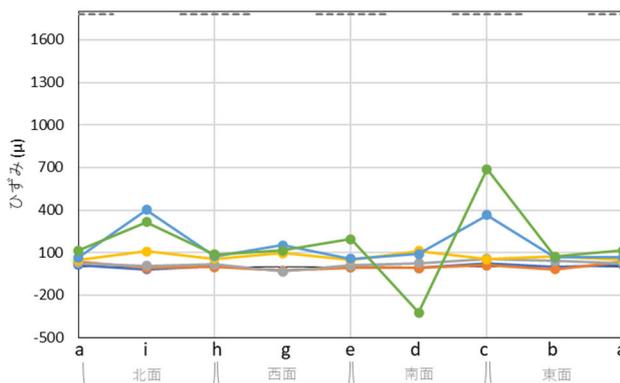


図 2.2.4-58 縦筋 1 分布(正載荷)

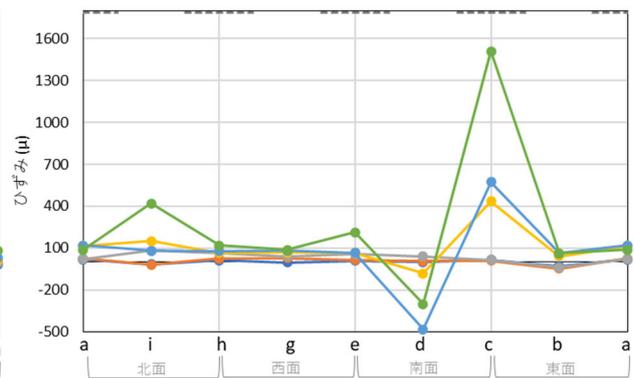


図 2.2.4-59 縦筋 1 分布(負載荷)

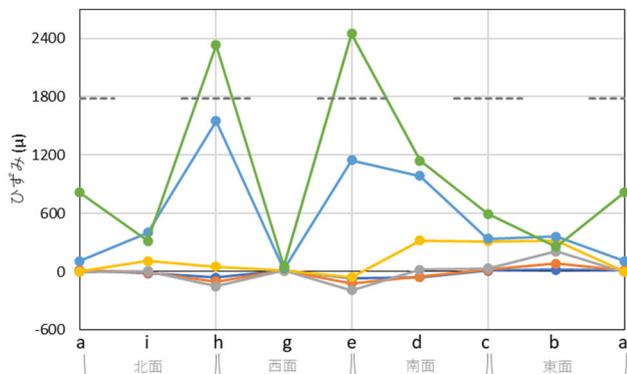


図 2.2.4-60 縦筋 2 分布(正載荷)

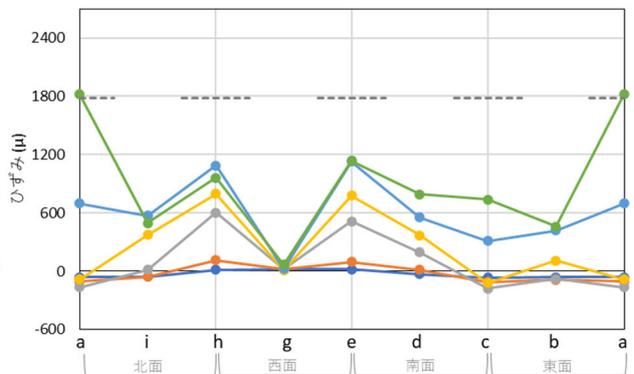


図 2.2.4-61 縦筋 2 分布(負載荷)

第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

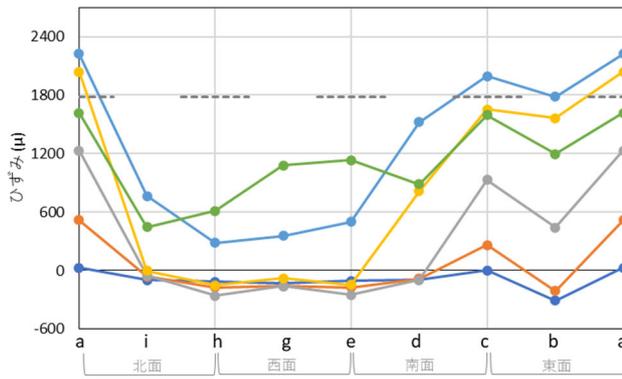


図 2.2.4-62 縦筋 3 分布 (正載荷)

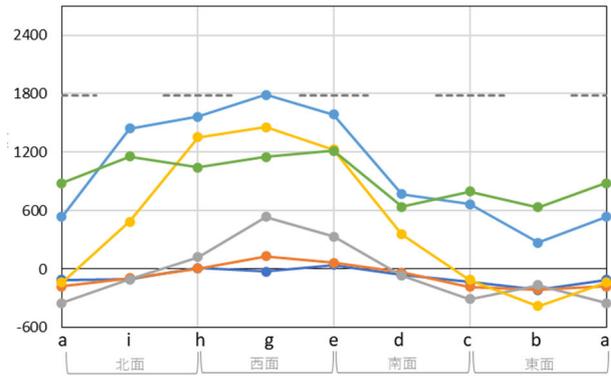


図 2.2.4-63 縦筋 3 分布 (負載荷)

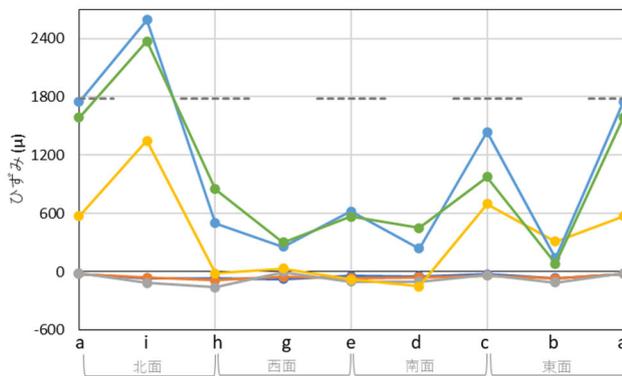


図 2.2.4-64 縦筋 4 分布 (正載荷)

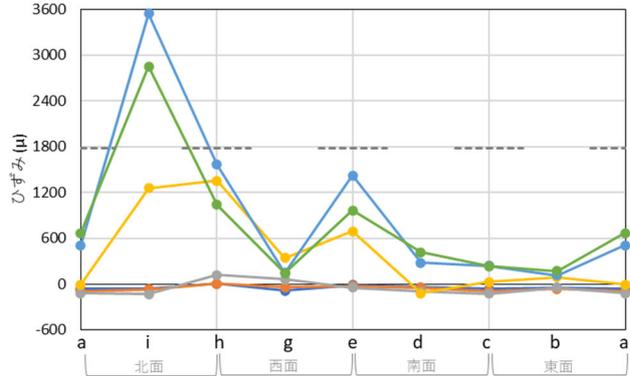


図 2.2.4-65 縦筋 4 分布 (負載荷)

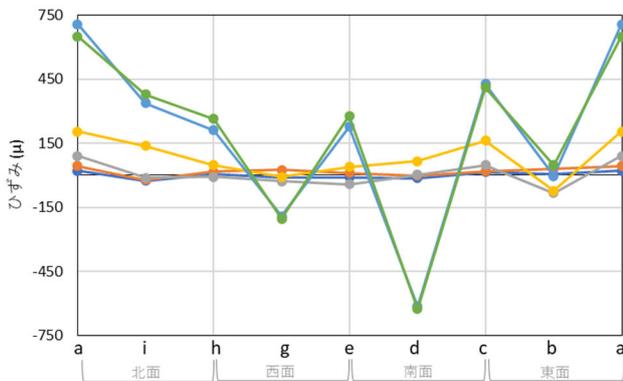


図 2.2.4-66 縦筋 5 分布 (正載荷)

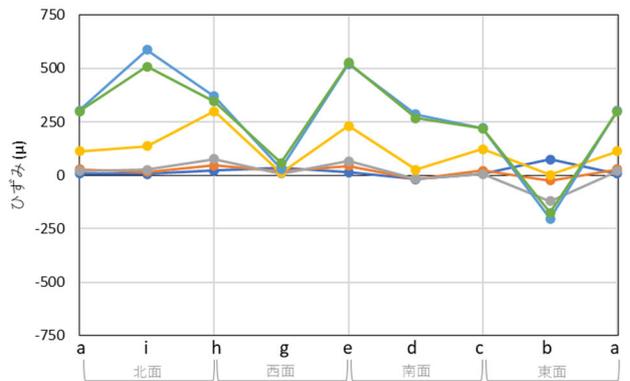


図 2.2.4-67 縦筋 5 分布 (負載荷)

(10) せん断強度式の検討

図 2.2.4-68 に各サイクルのピークにおける入力せん断力を示す。入力せん断力は基礎梁主筋のひずみの値が大きい危険断面位置のひずみの値により算出した。危険断面位置は基礎梁上端において柱と基礎梁の境界位置，下端においてパイルキャップと基礎梁の境界位置である。

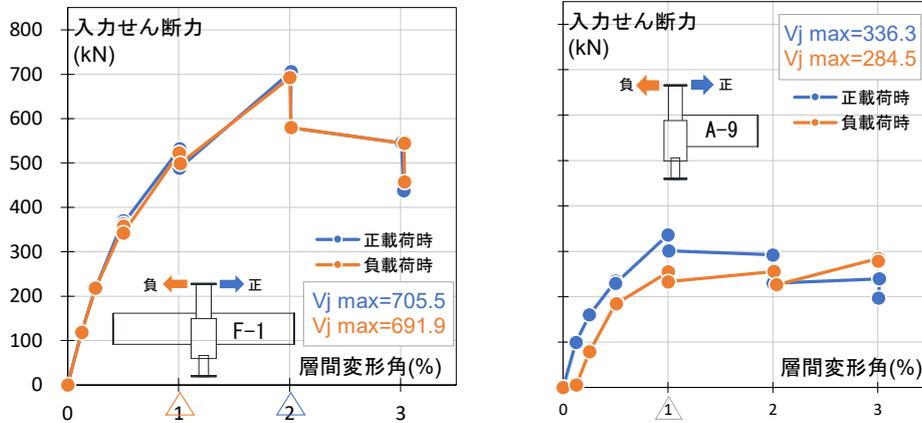


図 2.2.4-68 入力せん断力と層間変形角関係

a. 実験に基づく実験式

図 2.2.4-69 に実験式と実験値の比較を示す。

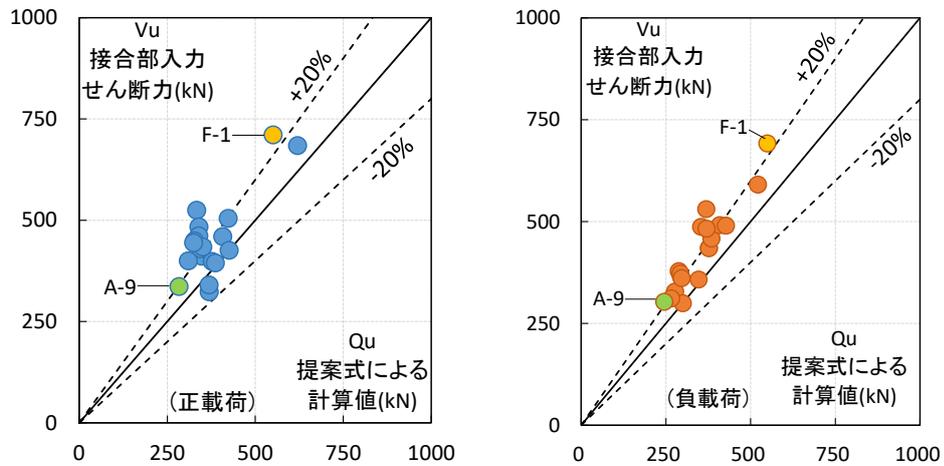


図 2.2.4-69 計算値と実験値の比較

入力せん断力は基礎梁主筋のひずみの値が大きい危険断面位置のひずみの値により算出した。危険断面位置は基礎梁上端において柱と基礎梁の境界位置，下端においてパイルキャップと基礎梁の境界位置である。入力せん断力は，正載荷では， $R=+2.0\%$ のサイクルで 705.5kN で最大となり，耐力低下は 77.3%であった。負載荷は  $R=-2.0\%$ のサイクルで 691.9kN で最大となり，耐力低下は 78.6%であった。正載荷は最大耐力と同じサイクルで入力せん断力の最大となったが，負載荷では最大耐力後に入力せん断力の最大を迎えた。図 2.2.4-69 に帯筋負担応力を考慮した場合の実験式による計算および実験値の比較を示す。図 2.2.4-69 の黄色の点が試験体 F-1，緑の点が試験体 A-9，他の点がト形の過去試験体を示す。試験体 F-1 の余裕度（入力せん断力/実験式）が正載荷では 1.3 倍，負載荷では 1.5 倍となり，実験式と入力せん断力に大きな差があった。しかし，阿

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

部<sup>[2-13]</sup>によるパイルキャップせん断強度式の検討より，せん断強度の実験値と実験式から求めた計算値の適合性があると同時に，安全側に評価できる。試験体 A-9 の余裕度は両載荷とも 1.2 倍であった。

(11) 破壊性状の決定

○ 試験体 F-1

表 2.2.4-14 最大耐力の要因・最終破壊性状

試験体F-1	最大耐力の要因	最終破壊性状
正・負荷荷	パイルキャップのせん断破壊	パイルキャップ上部のせん断破壊 パイルキャップ下部の杭頭接合部破壊

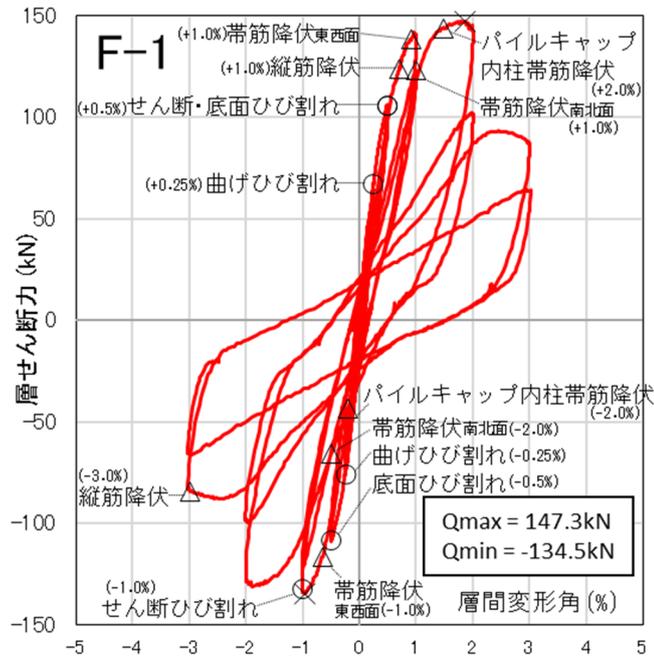
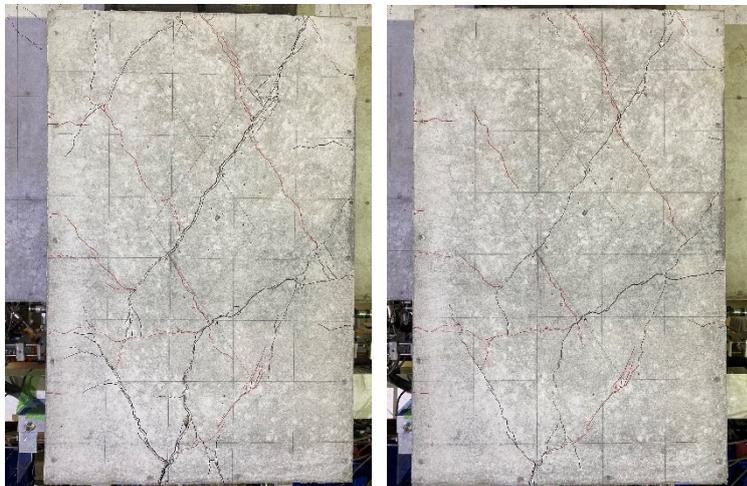


図 2.2.4-70 Q-R 図

- 最大耐力の要因

写真 2.2.4-1, 図 2.2.4-70~73 より, R=±2%時にパイルキャップのせん断ひび割れ幅が拡がり, せん断ひび割れが入った位置のパイルキャップ帯筋が降伏して最大耐力を迎えた。また, 図 2.2.4-74, 75 より, 表面より中心部の帯筋のひずみの値が先に急増したことからパイルキャップにせん断力が働いている。これらから, 最大耐力はパイルキャップせん断破壊できたと判断した。



第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験



写真 2.2.4-1 最大耐力時ひび割れ状況  
(左 : R=+2.0%, 右 : R=-1.0%)

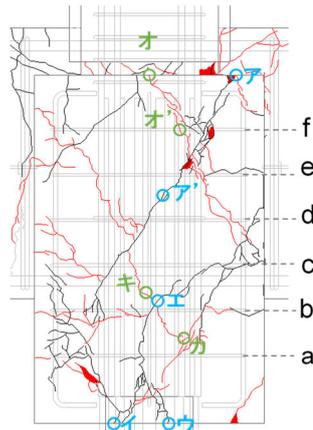


図 2.2.4-71 ひび割れ測定位置

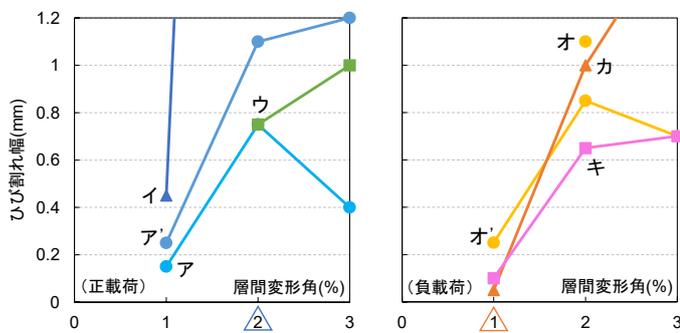


図 2.2.4-72 ひび割れ幅

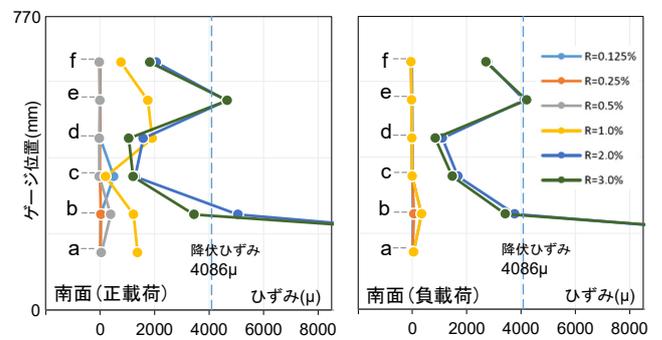


図 2.2.4-73 パイルキャップ帯筋ひずみ分布

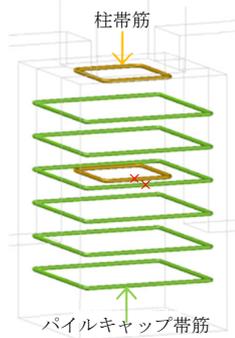


図 2.2.4-74 パイルキャップ内帯筋配筋図

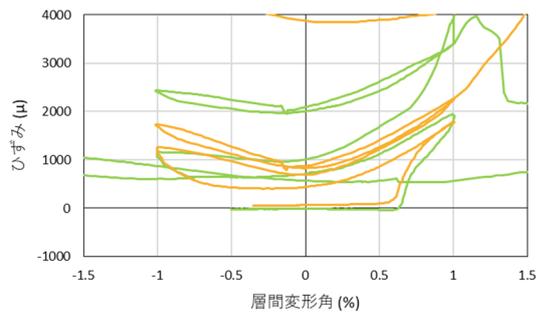


図 2.2.4-75 ひずみ分布図

## 第2章 パイルキャップのせん断終局強度評価式の検証実験

- 最終破壊性状

写真 2.2.4-2 より、せん断ひび割れおよび杭頭接合部のひび割れ幅がさらに広がった。図 2.2.4-76 より、 $R=\pm 1.0\%$ 以降パイルキャップに対する杭の変位が大きくなり始め、図 2.2.4-77 のように杭パイルキャップに対し杭が変形した。これは杭頭面のコンクリートが圧壊し、杭頭接合部のひび割れ幅がさらに広がったと考えられることから、最終破壊性状はパイルキャップ上部のせん断破壊および杭頭接合部破壊と判断した。

なお、柱、基礎梁に大きなひび割れはみられず、柱、基礎梁の鉄筋も降伏しなかった。

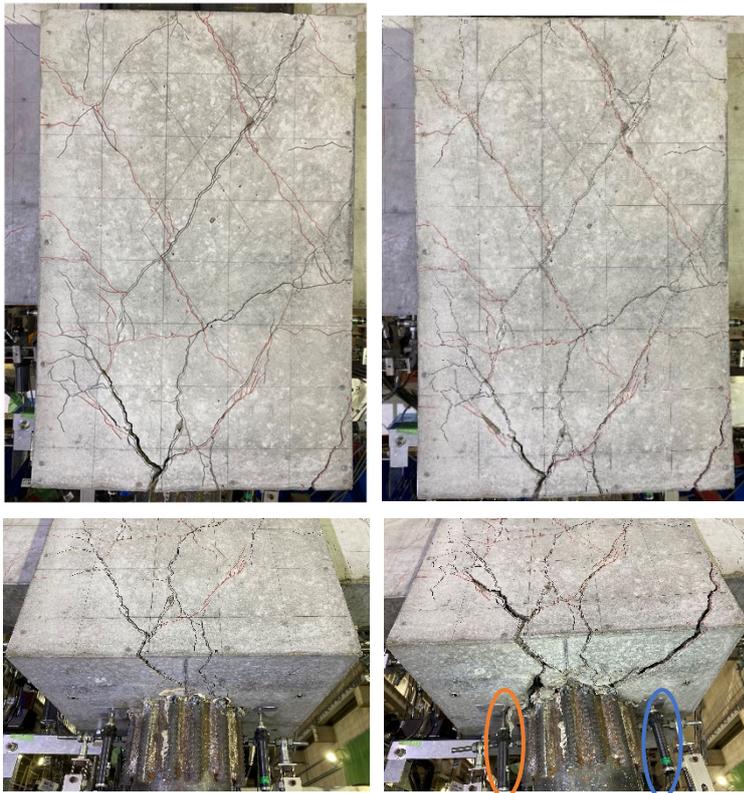


写真 2.2.4-2 最大変形時ひび割れ状況  
(左 :  $R=+3.0\%$ , 右 :  $R=-3.0\%$ )

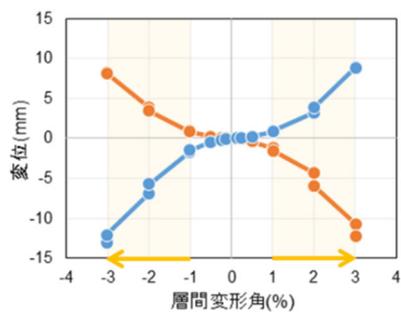


図 2.2.4-76 杭-パイルキャップ変位

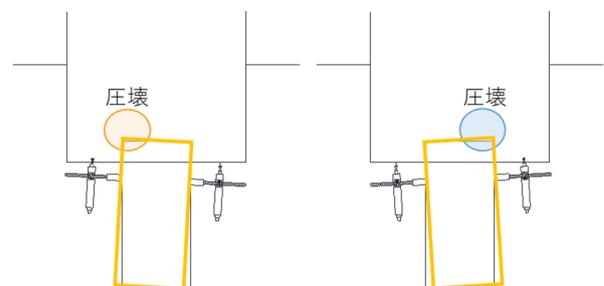


図 2.2.4-77 杭-パイルキャップ変形状況  
(左 :  $R=+3.0\%$ , 右 :  $R=-3.0\%$ )

(12) パイルキャップの軸方向変形

軸方向の変形の求め方については、2.1.4項(11)に記述されている。

図2.2.4-78, 79に試験体A-9およびF-1のパイルキャップの軸方向変形の分布を示す。

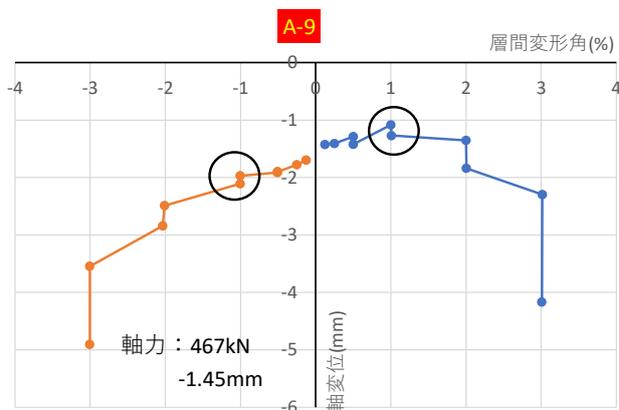


図 2.2.4-78 試験体 A-9 の軸方向変形

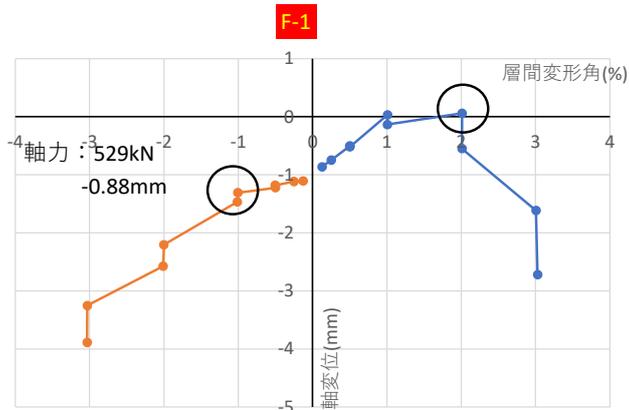


図 2.2.4-79 試験体 F-1 の軸方向変形

図より、正載荷時においては最大耐力時（図中○）以降、伸び量から縮み量に変化している。両試験体ともに負側の軸方向の変形量は層間変形角が大きくなるにしたがって縮み量も大きくなった。試験体 A-9 においては、 $R=3.0\%$ 時において、正側で 2.2 mm～4.1 mm程度変形し、負側で 3.5 mm～5.0 mm程度変形した。一方、試験体 F-1 においては、 $R=3.0\%$ 時において、正側で 1.5 mm～2.8 mm程度変形し、負側で 3.2 mm～3.9 mm程度変形した。

この結果だけを見ると、十字形とト形の架構の違いによる傾向は同様であると言える。

### 2.2.5 結論

#### (1) まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 試験体 F-1 の最大耐力はパイルキャップのせん断破壊により決定され、破壊性状は基礎梁に接続している部分と接続していない部分で異なり、最終破壊性状はパイルキャップ上部でせん断破壊、パイルキャップ下部で杭頭接合部破壊と判断した。
- 2) パイルキャップ底面の杭周りのコンクリートが圧壊し、繰返し载荷によって杭が抜け出たり、めり込むことで、杭頭接合部が損傷したと考えられる。
- 3) 実験式について、余裕度（入力せん断力/実験式）が両载荷で 1.3 倍となり、実験式と入力せん断力に差があったが、十字形パイルキャップにおいても計算値との適合性があると同時に、安全側に評価できた。

#### (2) 今後の課題

- 1) 今回の十字形の実験において、最大耐力時はせん断破壊となったが、最終変形時にはパイルキャップ上部がせん断破壊となり、下部は杭頭埋込部の破壊となった。この原因が何に影響しているか現段階では不明である。しかし、基礎梁の下端とパイルキャップ底面の位置関係が破壊性状や耐力に影響していると考えられる。架構形状に関係なく基礎梁位置の違いが破壊性状にどのように影響するのかを詳細に検討する。
- 2) せん断破壊した試験体で、破壊性状を説明できるメカニズムを解明する。
- 3) 今回の実験では、杭埋込部に補強筋を配筋しなかったために杭頭部でのひび割れがパイルキャップ耐力に影響を与えたと考えられる。そこで、せん断終局強度の精度を高めるためにも、杭頭接合部を強化した十字形試験体で、ト形部分架構により導かれたせん断強度式が十字形部分架構に適用できるかを検討する。

## 参考文献

- [2-1] 岸田慎司, 向井智久ほか, 大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 (その 25 既製杭を用いたト形部分架構におけるパイルキャップせん断終局強度式の再検討), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.595-596, 2018.9
- [2-2] 日本建築防災協会: 2001 年度改定版既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説
- [2-3] M.P.Collins : response2000, トロント大学, <http://www.ecf.utoronto.ca/~bentz/r2k.htm>
- [2-4] Collins, M.P. and Mitchell, D., : "Prestressed Concrete Structures", Prentice-Hall 1991, pp.760
- [2-5] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート基礎構造部材の耐震設計指針 (案)・同解説, 2017.3
- [2-6] 岸田慎司, 向井智久ほか: 大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 (その 29 既製杭を用いたト形部分架構におけるパイルキャップのトラス・アーチ機構による影響), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp. 221-222, 2019.9
- [2-7] 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建築物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999
- [2-8] 郡司大裕, 向井智久ほか, 大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 (その 16 変動軸力を受ける SC 杭を有するト形部分架構実験に関する実験結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.577-578, 2018.9
- [2-9] 桑原亮, 岸田慎司, 向井智久, 伊藤宏亮: 既製杭を用いたト形部分架構パイルキャップのせん断強度式の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 38, No.2, 2016.7
- [2-10] 郡司大裕, 岸田慎司, 向井智久, 毎田悠承: 既製杭を用いたト形部分架構パイルキャップの破壊性状の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, pp.271-276, 2019.7
- [2-11] 岸田慎司, 向井智久, 毎田悠承: 偏心した柱を有するト形部分架構パイルキャップの破壊性状に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.2, pp.265-270, 2019.7
- [2-12] 松本玄德, 岸田慎司, 酒井慎二, 林静雄: ト形部分架構を有するパイルキャップの耐震性能評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 367-368, 2009.8
- [2-13] 阿部航, 岸田慎司, 向井智久, 渡邊秀和: ト形部分架構パイルキャップにおける補強筋の効果に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.42, No.2, pp.247-252, 2020.7