

長周期地震動に対するCFT造超高層建築物の耐震安全性に関する研究(1)



独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員 長谷川 隆

1. はじめに

現在の鉄骨系の超高層建築物では、柱をCFT構造としている場合が多いが、このようなCFT造超高層建築物が長周期地震動を受けた場合のCFT柱及び梁端部の多数回繰り返し変形時の疲労性能は明らかにされていない。

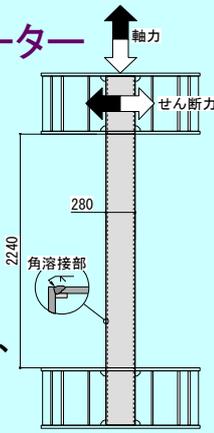
本研究では、長周期地震動を受けるCFT造超高層建築物の保有性能を明らかにするために、CFT柱部材及びCFT柱梁接合部の梁端部を対象に、多数回繰り返し载荷実験を行った。また、CFT柱の载荷実験に基づいてCFT柱の保有性能曲線を提示し、超高層建築物のCFT柱の損傷を評価する方法を検討した。

2. CFT柱部材の多数回繰り返し载荷実験

(1) 载荷方法と実験パラメーター

定振幅繰り返し载荷時の耐力低下までの繰り返し数に着目して、合計24体のCFT柱の曲げせん断実験を行った。

実験パラメーターは、载荷振幅、幅厚比(20, 31)、径長比(8, 12, 15)、軸力比(0.3(一定)、0~0.6(変動)、0~0.45(変動))である。



CFT柱载荷方法

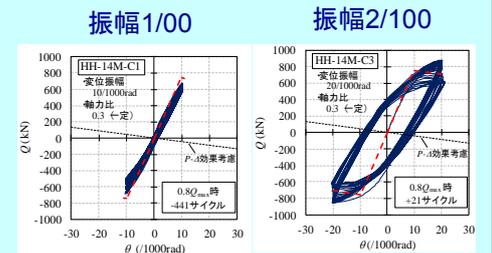
CFT柱試験体一覧(100N級コンクリート)

試験体名	材質		形状		加力形式				
	鋼管 鋼種	コンクリート 強度 N/mm ²	コンクリート ヤング率 × 10 ⁴ N/mm ²	鋼管 板厚 t (B/t)	柱長さ L (L/D)	加力 方向	N/N _o	θ_h /1000 rad	
HH-14M-C	CK460	104	4.39	14 (20)	2240 (8)	0°	0.3	漸増	
HH-14M-C1		104	4.39					10	
HH-14M-C2		109	4.55					15	
HH-14M-C3		109	4.55					20	
HH-14M-CH1		103	4.34					10	
HH-14M-V0		111	4.67					6	
HH-14M-V1		111	4.67			10			
HH-14M-V2		110	4.26			15			
HH-14M-VL1		105	4.41			10			
HH-14M-VL2		102	4.34			15			
HH-14MU-V1		105	4.31			10			
HH-14MU-V2		105	4.31			15			
HH-14L-V1		105	4.24	10					
HH-9M-V0		103	4.38	9	0°	0.0~0.6	10		
HH-9M-V1		103	4.05	(31)	2240 (8)	0°	0.0~0.6	6	
HH-14M-V0D		103	4.38	14 (20)	2240 (8)	45°	0.0~0.6	10	
LH-9M-V1		SN400B	105	4.41	9 (31)	2240 (8)	0°	0.0~0.6	10

※鋼管外形は全て□-280x280
 ※試験体名は(材質)-(形状)-(加力形式)
 (材質) HH: 590N級鋼+100N級コン, LH: 400N級鋼+100N級コン
 (形状)=(板厚, 径長比) 板厚 14:14mm, 9:9mm 径長比 M:8, MU:12, L:15
 (加力形式) 無印: 漸増载荷, 0: 6/1000rad, 1:10/1000rad, 2:15/1000rad, 3:20/1000rad, OD: 6/1000rad(45° 方向)

(2) 実験結果

試験体の耐力低下の原因として、仕口破断、局部座屈、コンクリート損傷の3つに分類された。



定振幅载荷による荷重-変形関係の例



フランジ破断



局部座屈

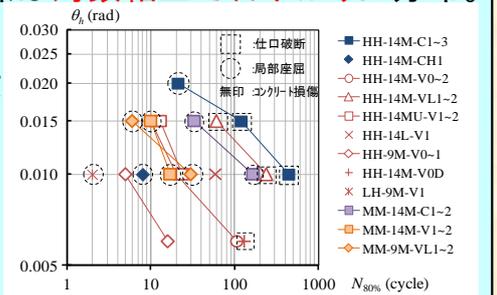


充填コンクリートの損傷

(3) 限界繰り返し回数

・ 漸増载荷を除く全ての試験体の部材角振幅と繰り返し数の関係は対数軸上で右下がりに分布。

・ 最大導入軸力が大きいほど、また、変動よりも一定軸力の方が繰り返し数は少ない。



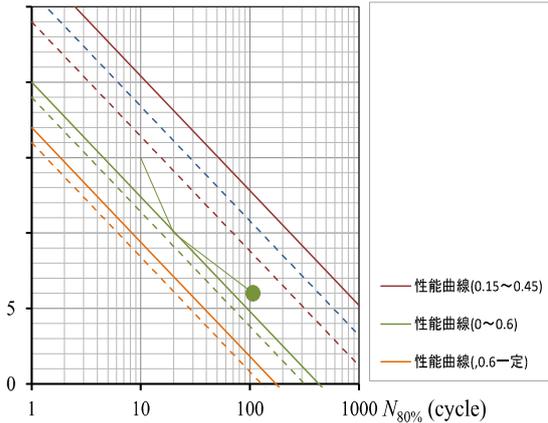
CFT柱部材角振幅-繰り返し数の関係

長周期地震動に対するCFT造超高層建築物の耐震安全性に関する研究(2)

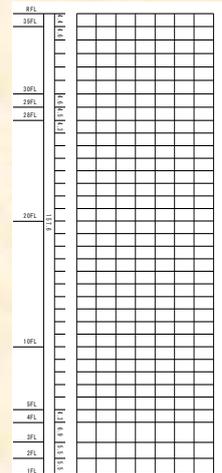


独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ 主任研究員 長谷川 隆

3. 超高層建築物のCFT柱部材の保有性能と損傷評価



CFT柱保有性能曲線



35層モデル建物

CFT柱の実験から、柱部材角振幅 θ と繰り返し回数は、**コンクリート強度と軸力比**毎に分類するとほぼ同一の傾きとなるため、図のような分類で**CFT柱の性能曲線**を提示した。この性能曲線を用いて、35層モデル建物の応答解析から得られる柱部材角の振幅頻度分布により**損傷**を評価した。中柱では**損傷度D**が1以上となり、この部材で耐力低下が生じる可能性がある。

CFT柱損傷評価結果

柱位置	長期軸圧比	最大軸圧比	軸圧区分	損傷度D
隅柱	0.05	0.46	0~0.6	0.12
中柱	0.52	0.65	0.6一定	1.29
内側構面隅柱	0.24	0.38	0.15~0.45	0.06

4. CFT柱梁接合部梁端部の多数回繰り返し載荷実験

CFT柱を有する柱梁接合部で、梁端部が**水平ハンチ梁**の場合(CHシリーズ)と**ノンスカラップ梁**の場合(CNシリーズ)について、表及び図に示す4体について多数回繰り返し載荷実験を行った。

4体の試験体の塑性率と破断までの繰り返し回数(破断寿命)を、既往の研究で得られている鉄骨造梁端部の性能曲線にプロットした。CHシリーズとCNシリーズは、**スカラップ無し梁端の設計式で安全側に評価**できることがわかった。

梁端部試験体一覧

試験体	断面	接合形式	スカラップ	変位振幅
CH-2	梁:(SN490B) BH-600×200~300×12×19	現場溶接形式	複合円 35R+10R	±2 δp
CH-4	(梁端水平ハンチ)			±4 δp
CN-2	梁:(SN490B) BH-600×200×12×19	工場溶接形式	ノンスカラップ	±2 δp
CN-4				±4 δp

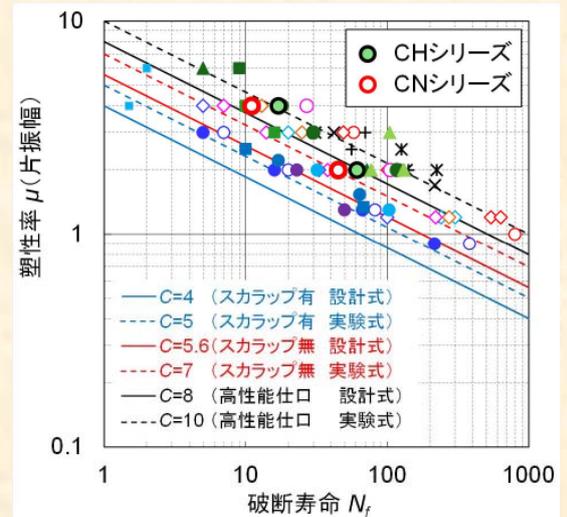
※ δp: 梁全塑性耐力(水平ハンチ無視)に対応する梁弾性変位計算値



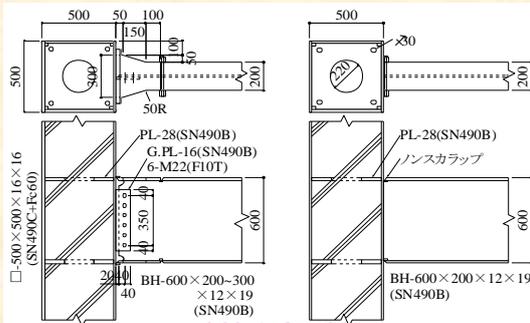
最終破壊状況(CH-4)



最終破壊状況(CN-4)



梁端塑性率-破断寿命関係



梁端接合部詳細

本検討は、平成25年度の国土交通省建築基準整備促進事業の調査項目「S10.長周期地震動に対するCFT造柱部材等の安全性検証方法に関する検討」の事業主体(竹中工務店、大成建設、小堀鐸二研究所、大林組、鹿島建設、清水建設)と(独)建築研究所との共同研究の一環として行われたものです。