

パネル展示
プレキャスト超高強度繊維補強コンクリート袖壁を
用いた耐震改修技術の開発

国際地震工学センター
主任研究員

向井 智久

構造研究グループ
研 究 員

諏訪田 晴彦

構造研究グループ
上席研究員

福山 洋

プレキャスト超高強度繊維補強コンクリート 袖壁を用いた耐震改修技術の開発

向井 智久, 諏訪田晴彦, 福山洋

1. はじめに

筆者らは、これまでに超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）材料によるプレキャスト（以後 Pca）壁部材を用いて、既存鉄筋コンクリート（以下 RC）造躯体に対する耐震壁・袖壁・方立壁としての利用を目指した高性能型耐震補強工法の実現のための一連の研究を行ってきた。ここでは、PcaUFC 袖壁(以後、袖壁)と既存 RC 柱部材を緊結して袖壁付き柱として大きな水平耐力が得られる工法と、あと施工アンカーを用いず柱部材と袖壁の分離を許容し、施工が容易かつ補強効果が得られる工法の 2 種類の補強工法に着目する。本論は、構造実験から得られた補強効果と想定される破壊モードから得られる耐力式について検討した。

2. 実験計画概要

2.1 試験体概要

試験体は無補強の柱部材 1 体とその柱部材を袖壁で補強した試験体 2 体の計 3 体である。試験体パラメータは、補強の有無と袖壁の接合方法である。接合方法は図 1 に示すように柱部材と袖壁の一体性確保を意図した試験体と、袖壁が分離して抵抗し、かつ施工が容易な試験体である。試験体寸法は実大の 1/2 スケールとした。

i) C-0.68 (せん断破壊先行型柱)

補強対象となるせん断破壊先行型となる柱部材である。

ii) UWW-HV-0.68 (UFC を充填材料に用いた一体型補強)

接合部での引張抵抗性能を向上させることを目的に開発した間接接合法（現場打ち UFC を充填材として使用）を用いて袖壁を接合した補強試験体である。袖壁と既存柱部材が一体として挙動できるようあと施工アンカーを用いて接合（図 1 左）し、大きな強度向上効果を期待した試験体である。

iii) UWW-E-0.68 (接着剤を充填材に用いた簡易補強)

簡易な接合に関する施工法として、接合部に接合筋を配さないエポキシ樹脂による接着工法（図 1 右）を採用した。袖壁が柱と分離して挙動することを許容し、それによる補強

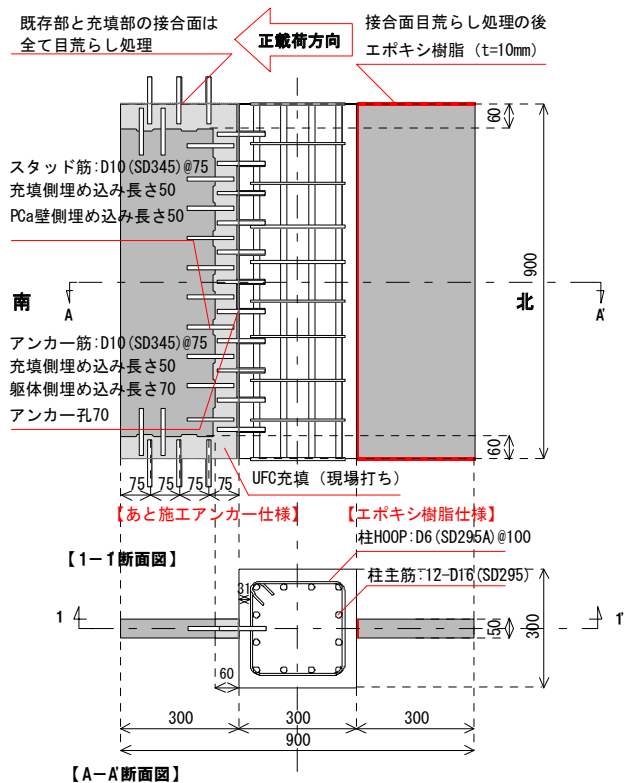


図 1 袖壁の接合方法

効果を期待した試験体である。

iv) 接合部の詳細

共通して充填部と接する袖壁面には、充填部とのせん断伝達性能を向上させる目的でコッターを設けた。UWW-HV-0.68 は充填部に UFC を現場打設し、既存 RC 躯体の表面は目荒らしを施した。また UFC が鋼繊維を含むことでせん断伝達性能が高いため、充填部にスパイラル筋は配していない。UWW-E-0.68 は UFC 袖壁と既存 RC 躯体とのクリアランス（10mm）にパテ状エポキシ樹脂を注入し接着した。既存躯体の表面には目荒らしを施した。

2.2 加力計画

試験体には長期軸力（軸力比 1/6 相当（約 375kN））並びに逆対称モーメント形式による水平力を作用させた。変形制御には、加力芯位置で計測した相対変形角（R）を用いた。

3. 実験結果

3.1 補強効果

UWW-HV-0.68 は、柱部材と袖壁が一体性を維持し $R=+1/100rad$. で最大耐力を迎え、それ以降は鉛直接合部の損傷が顕著になるにつれ、耐力が低下し $R=+1/50rad$. 以降一定の値に収束した。UWW-E-0.68 は、 $R=+1/200rad$. で最大耐力を迎え、それ以降は鉛直接合部の損傷が顕著になるにつれ、耐力は緩やかに低下し、 $R=+1/50rad$. 以降一定の値に収束した。柱部材にはせん断破壊時に見られるひび割れが生じたが、 $R=+1/200\sim+1/100rad$. にかけて袖壁が斜材として働き、柱部材単体で見られた急激な耐力低下は見られなかった。

せん断壁やせん断柱の $F=1.0$ に相当する $R=1/250rad$. 時点での C-0.68 に対する強度補強効果は、UWW-HV-0.68 では約 2.5 倍、UWW-E-0.68 では約 2.0 倍であった。せん断柱の $F=1.27$ に相当する $R=1/150rad$. 時点での C-0.68 に対する強度補強効果は UWW-HV-0.68 では約 2.4 倍、UWW-E-0.68 では約 1.6 倍であった。以上のことから、袖壁とせん断柱が一体性を保てず分離する場合でも、 $R=1/250rad$. 程度で大きな強度向上効果が得られた。

3.2 破壊モードと耐力式

図 2 に示す抵抗機構のうち、袖壁分離型となる UWW-E-0.68 試験体で起こりうる破壊モードは、「袖壁（トラス材）圧縮破壊」、「柱全主筋の軸引張降伏」、「袖壁水平接合部滑り破壊」の 3 つが考えられる。実験結果より、柱全主筋の軸引張降伏は確認されていない。既往の研究より接着剤とコンクリートとの摩擦係数を既往の実験結果を元に 1.0 と仮定すると、今回の袖壁に生じた圧縮ストラットの角度では滑り現象は生じないことになる。よって、本実験では、袖壁の圧縮破壊が起きたものと考えられる。

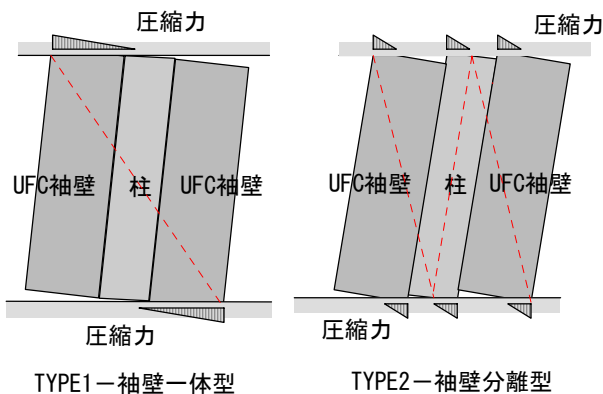


図 2 抵抗機構

i) 袖壁の圧縮破壊

最大耐力は、柱部材の負担せん断力 Q_c と 1 枚の袖壁が負担するせん断力 Q_{ww} の和で求まる。

$$Q_u = Q_c + 2Q_{ww} \quad (1)$$

$$Q_{ww} = \alpha_B \cdot t \cdot \sigma_b \cdot \sin\theta \quad (2)$$

θ : 圧縮ストラットの角度, α_B : 有効斜材幅比, t : 袖壁厚さ (mm), σ_b : PcaUFC 袖壁の圧縮強度 (N/mm^2)

式 (1) により耐力を算定する場合は、式 (2) の有効斜材幅比 α_B を決める必要がある。そこで、UWW-E-0.68 試験体の実験結果を基に α_B を算定する。ここで、せん断柱の Q_c は、C-0.68 試験体の最大耐力を、曲げ柱の Q_c は、曲げ降伏耐力算定時の変形レベルにおいて柱が負担した引張応力を求め、その軸力を用いて柱の負担せん断力を算定した。その結果、柱せん断型の場合は $\alpha_B=0.56$ 、柱曲げ型の場合は $\alpha_B=0.67$ であり、現行基準解説に示される値に比べ小さいが、これは袖壁の回転変形が卓越し形成されるトラス幅が狭くなったためと考えられる。

また袖壁分離型の抵抗機構の場合、ここで示した袖壁の圧縮破壊以外に、前述した「柱全主筋の軸引張降伏」、「袖壁水平接合部滑り破壊」に加え、「袖壁の座屈破壊」、「袖壁と接する梁のパンチングシア破壊」なども想定される。なお、一体型の耐力式については、鉛直接合部での滑り耐力が算定されれば、袖壁付き柱として負担するせん断力と、柱部材として負担するせん断力の和で算定可能であろう。

4. まとめ

PcaUFC 袖壁を用いて既存 RC 造柱を補強した試験体を対象に構造実験を行い、以下の知見を得た。

1) 充填材に現場打ちの UFC を用いて柱部材と PcaUFC 袖壁の一体性を高めた試験体は、高い強度補強効果を示した。また、充填材をエポキシ樹脂として袖壁が柱部材と分離する試験体は、小さい変形で鉛直接合部が損傷し一体性は失われるが、袖壁が回転変形し、柱部材の負担応力の軽減および軸力保持能力を高めることに加え、斜材としての強度補強効果に寄与できる。

2) 柱部材と PcaUFC 袖壁が分離する場合の抵抗機構は、袖壁がトラス材として、柱部材が引張応力を負担する材として抵抗するモデルにより本実験結果を説明できる。また上記の抵抗機構に基づき実験で見られた破壊モードに対して最大耐力式を提案した。