

# 外付けフレーム補強の適用範囲拡大実験と技術評価の改定

技術本部                      技術部                      渡邊一弘  
 技術本部                      技術部                      浜田公也  
 技術本部                      技術部                      福井 剛

## 1. はじめに

これまでの「ピーエス三菱 PCaPC 外付けフレーム耐震補強工法」では、主な適用範囲が、既存建物コンクリート強度  $F_c \geq 18\text{N/mm}^2$ 、補強適用変形  $F \leq 1.27$  ( $F$  は変形能力を表す靱性指標) となっている。耐震診断・補強設計時にコア抜きによる既存コンクリート強度の確認を行なうと、 $\sigma_B \leq 18\text{N/mm}^2$  となるケースが少なくない。また、既存建物は一部が SRC 造となっている場合や、設計年代が 1971 年以降で比較的変形能力を有している場合がある。このような建物にも当社の外付けフレーム補強工法による補強設計を可能とするために、低強度コンクリートへの適用、補強適用変形の拡大を目的に構造実験を行った。さらに実験結果の検討により、日本建築防災協会より取得している技術評価の改定を行なった。

## 2. 実験概要

試験体は、外付けフレームの補強効果が直接評価できるように、既存フレームのみの試験体 (試験体名 EF)、外付けフレームのみの試験体 (試験体名 R3F)、既存フレームと外付けフレームを増設スラブ、増設直交梁で接続した補強試験体 2 体 (ER3F, ER2F) とした。既存フレームおよび外付けフレームとも 1 層 1 スパンの門形フレームである。

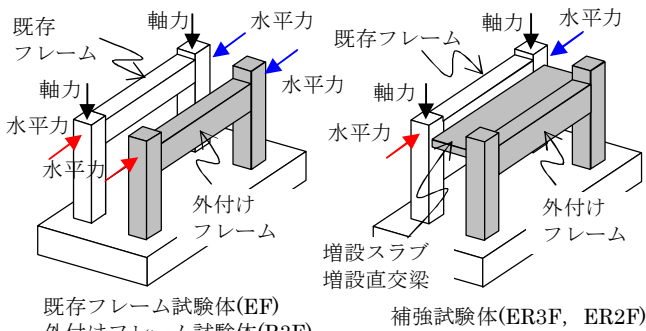


図-1 試験体概要

試験体 EF および ER3F, ER2F の既存側フレームは、柱内法高さ  $h_0$  と柱せい  $D$  の比が  $h_0/D=3.0$  で共通である。実験期間中のコンクリート強度は平均で  $\sigma_B=13.7\text{N/mm}^2$  であった。試験体 R3F および ER3F の外付けフレームは  $h_0/D=3.0$ 、ER2F の外付けフレームは  $h_0/D=2.0$  である。既存フレームと外付けフレームを接合する増設スラブは厚さ 110mm である。増設スラブ内法区間のあと施工アンカーでせん断力を伝達し、直交梁断面内のあと施工アンカーで外付けフレームによる偏心モーメントの引張力を伝達するように、あと施工アンカーは日本建築防災協会「耐震診断基準・耐震改修指針」を用いて必要本数を設計した。外付けフレームのコンクリート強度

は  $\sigma_B=55.8\text{N/mm}^2$ 、増設スラブ、増設直交梁のコンクリート強度は  $\sigma_B=24.1\text{N/mm}^2$  であった。いずれのフレームも柱降伏となるように設計した。あと施工アンカーの有効埋め込み長さは  $12d_a$  ( $d_a$  : 呼び名の数値) である。試験体配筋を図-2、試験体緒元を表-1 に示す。

試験体 EF および R3F ではそれぞれの梁軸心位置に水平力を載荷した。補強試験体では既存フレーム側の梁軸心位置に水平力を載荷し、ねじれ変形を拘束するために、既存フレーム柱頭に面外変形拘束装置を取り付けた。軸力は既存フレーム側の方に  $N=0.1 \cdot B \cdot D \cdot F_c$  を載荷した。

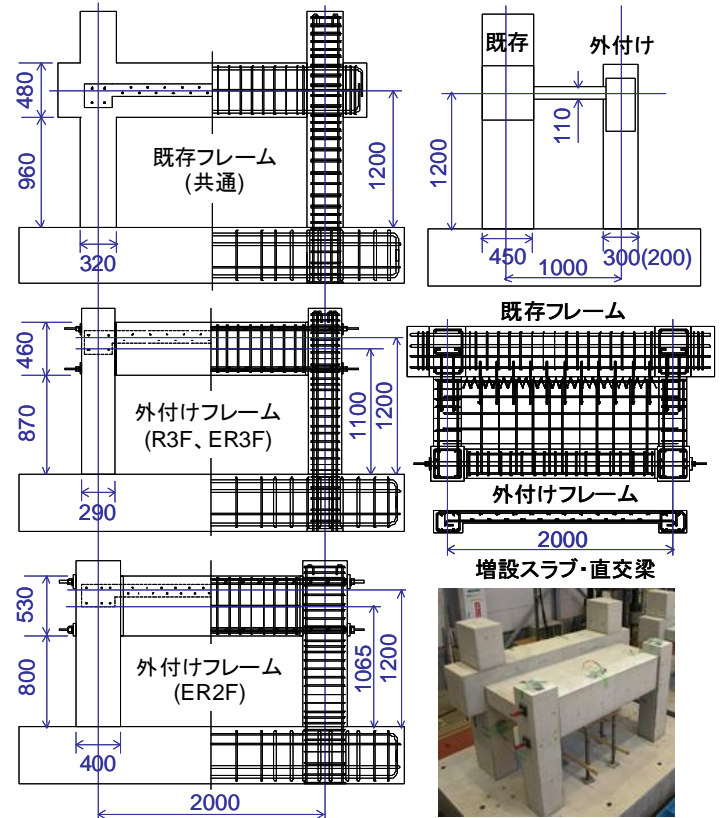


図-2 試験体配筋 (単位:mm)

表-1 試験体諸元

試験体	既存側 (共通)		外付け側		
	EF	R3F, ER3F	ER2F		
柱	B x D	mm	450 x 320	300 x 290	200 x 400
	主筋	本	6-D16	12-D13	8-D13
	帯筋	本	3-D10@100	2-D10@75	2-D10@75
梁	B x D	mm	450 x 480	250 x 460	175 x 530
	主筋	本	8-D19	—	—
	PC鋼棒	本	—	2-17φ	2-23φ
増設スラブ	肋筋	本	2-D10@100	2-D10@100	2-D10@100
	厚さ	mm	—	110	110
	あと施工アンカー	本	—	22-D10	26-D10
増設直交梁	スラブ筋	本	—	22/10-D10	26/12-D10
	B x D	mm	—	250 x 200	290 x 200
	主筋	本	—	4-D13	6-D13
直交梁	肋筋	本	—	2-D10@100	2-D10@100

### 3. 実験結果

図-3 に補強試験体の荷重  $cQ$ -層間変形角  $R$  関係を示す。図中には既存フレームのみの試験体 EF の  $cQ$ - $R$  関係および補強架構としての柱曲げ終局耐力計算値を示した。既存フレームは  $R=0.45\sim 1.20\%$  で柱頭・柱脚の柱主筋が降伏した。両試験体とも柱降伏以前の荷重において試験体 EF に比べて剛性が増大し、外付けフレームが小変形時から補強強度を発揮している。終局耐力は既存フレームと外付けフレームの終局強度の累加強度に達しており、 $R=3.3\%$  まで強度低下を生じておらず、外付けフレームが大変形まで追従することが確認できた。

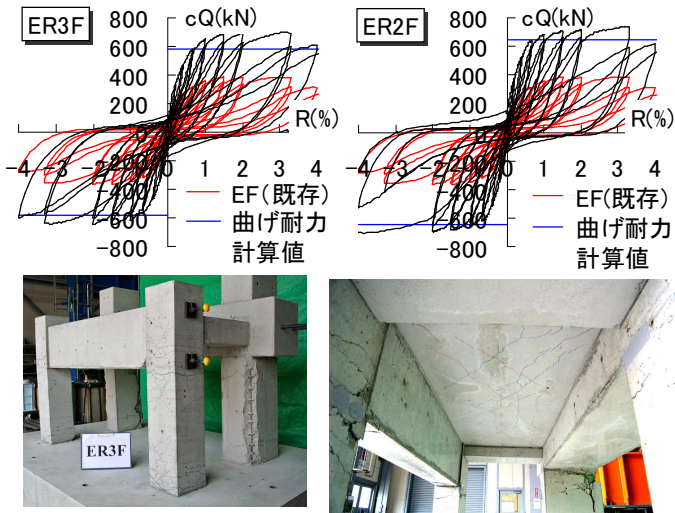


図-3 補強試験体の  $cQ$ - $R$  関係とひび割れ状況

既存フレームと増設スラブには相対ずれ変形  $\delta_a$  が生じ、増設スラブにはせん断変形  $\delta_s$  が生じる。さらに外付けフレームは偏心により回転変形  $\delta_m$  が生じ、これらの和  $s\delta$  が既存フレームと外付けフレームの変形の差となる。変形の測定から  $\delta_a$ ,  $\delta_s$ ,  $\delta_m$  を算出し、全体変形  $R$  に対する  $s\delta$  の推移を示したのが図-4 である。 $\delta_a$  の成分は始終少なく、荷重が進むにつれて  $\delta_m$ ,  $\delta_s$  成分が増大している。診断基準で仮定されている曲げ降伏変形角  $R_{my}=0.67\%$  時では ER3F が  $s\delta=0.43\text{mm}$ , ER2F が  $s\delta=0.67\text{mm}$  で、既存架構の水平変位は  $\delta=6.43\text{mm}$  なので、外付けフレームは既存フレームに比べて 7~10% 程度水平変形の差が生じている。

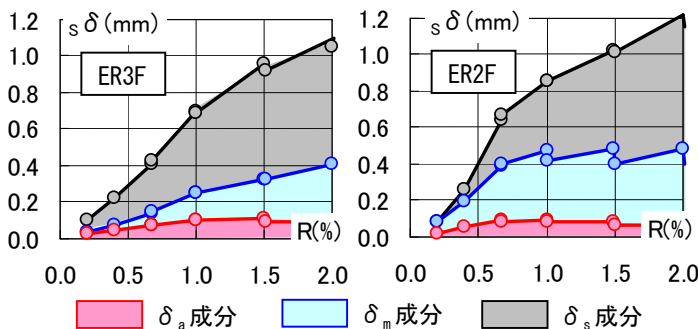


図-4 既存フレームと外付けフレームの変形差

外付けフレーム補強を診断基準に準じて行う場合、強度寄与係数を評価する必要がある。強度寄与係数とは、既存建物がある変形に達したときに、外付けフレームが発揮する補強

強度の終局強度に対する割合である。既存フレーム試験体 EF に対して補強試験体 ER3F および ER2F の荷重増加分  $\Delta Q$  が増設スラブにより伝達されたせん断力として、 $\Delta Q$  を増設スラブの断面積で除して平均せん断応力度  $s\tau$  とし、前述の  $s\delta$  と  $s\tau$  の関係を図-5 に示した。図中には現状の設計指針の増設スラブ平均せん断応力度の上限値  $f_s$  ( $f_s$  は増設スラブコンクリートの短期許容せん断応力度) およびその 1.5 倍のラインを記入している。 $s\tau$  が  $f_s$  程度までは弾性的な挙動を示すが、それ以上になると剛性が低下している。外付けフレームが降伏したのは  $s\tau \approx 1.5f_s$  のときで、それ以降は既存フレームと外付けフレームの終局耐力の累加が確認されている。実験結果より、増設スラブの平均せん断応力度の上限を  $s\tau=1.5f_s$  とし、 $s\delta$  を考慮して外付けフレームの強度寄与係数を評価した。

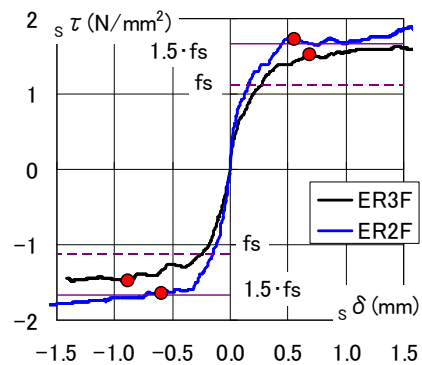


図-5  $s\tau$ - $s\delta$  の関係

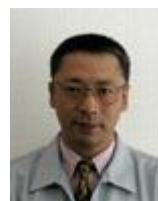
### 4. 技術評価の改定

実験結果の検討より、現状の外付けフレーム補強工法の設計方法の見直しを行い、日本建築防災協会より取得している技術評価内容を改定した。主な改定は、

- ・ 既存建物のコンクリート強度の適用範囲を、現状の  $\sigma_B \geq 18\text{N/mm}^2$  から  $\sigma_B \geq 13.5\text{N/mm}^2$  に拡大した。
- ・ 補強適用変形を現状の  $F=1.27$  から最大  $F=2.0$  まで拡大した。
- ・ 増設スラブのせん断応力度  $s\tau$  の上限値を、現状の  $s\tau \leq f_s$  から  $s\tau \leq 1.5 \cdot f_s$  とした。
- ・ 強度寄与係数の算定式を修正した。

技術評価書は平成 25 年 4 月 19 日付で発行され、技術評価番号は「建防災発 13019 号」、技術評価書の有効期限は 5 年間 (平成 30 年 4 月 18 日まで有効) である。

Key Words : 耐震補強, 外付けフレーム, 構造実験



渡邊一弘



浜田公也



福井 剛