

低強度コンクリート造建築物への 斜めPC鋼棒を用いた外付け耐震補強の計画と設計

(株)富士ピー・エス (株)富士ピー・エス (株)富士ピー・エス (株)富士ピー・エス	○有吉 徹郎 村田 奈穂 正会員 船川 武彦 正会員 林田 則光
--	---

1. はじめに

最近、学校施設や集合住宅など、多岐にわたる既存建築物への耐震補強が、大きな注目を集めている。その中でも、外付け耐震補強工法は、補強後の室内空間の使用環境にも影響がなく、工事期間中も居ながらの施工が可能という特徴があることからニーズが高く、補強工事の実績が多く見られる。

また一方で、既存建築物の中には、コンクリート強度が 13.5 N/mm^2 未満（低強度）であっても耐震補強が望まれる場合があることが実情として挙げられる。低強度建築物を外付け構法で補強する場合、既存フレームと補強フレームの接合方法について確認が必要である。

本報告では、外付け耐震補強技術の一つである、斜めPC鋼材を用いた耐震補強構法（パラレルユニットフレーム構法）による、低強度コンクリート造建築物への補強計画に際して、圧着接合部に関する性能確認試験結果およびその基本的な設計の考え方について述べる。

2. 本構法の概要

2.1 構法概要

本構法は、プレキャストの柱と梁部材から成るフレームの対角状に斜め PC 鋼材を配置・緊張した補強フレームを、圧着接合により既存建物と一体化するもので、フレーム内の斜め PC 鋼材水平力とフレーム柱のせん断力が地震力に抵抗する。

図-1 は、システムの概要を示したものである。新設の基礎・基礎梁を現場打ちで施工した後、上部の PCa 部材を建て込み、柱と柱は機械式継ぎ手による接合、柱と梁は PC 鋼材による圧着接合としてフレームを形成する。その後、斜め PC 鋼材を配置・緊張し、間詰め目地を打った上で、圧着接合により一体化を図る。

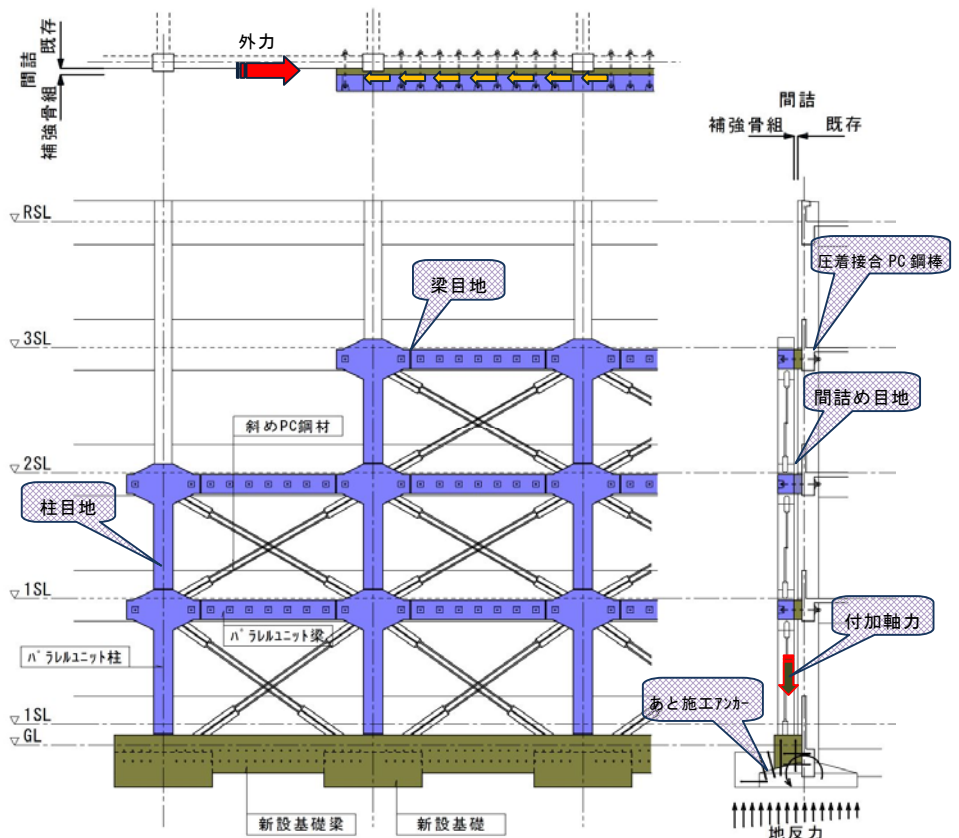


図-1 パラレルユニットフレームの骨組み概要

2.2 低強度建物に対する設計の考え方

補強対象建物が低強度建物の場合、以下の点に留意する必要があると考えられる。

- a) 補強建物に対して過大とならない適切な補強耐力を有する骨組を
- b) バランスよく、均等に
- c) できる限り低強度の影響を受けにくい方法で、安全率を考慮して取り付ける。

また、低強度建物の補強計画に際し、既存フレームと補強フレームの接合部分において、各部位に対し配慮する点を以下に示す。

1) 配置計画について

1 構面当たりの耐力を過大にせず、バランス良く配置し、できるだけ低強度の影響を受けにくい補強計画を立てる。

2) 面外力について

既存梁の面外せん断抵抗力に対し、低減係数 $k_r (=0.244+0.056 \cdot b_d)^{1)}$ を乗じて評価する。

3) 圧着接合 PC 鋼棒について

せん断実験により、摩擦係数に問題ないことを確認する。

圧着 PC 鋼棒端部のへりあきを十分確保する(最小へりあき寸法 $D/圧着鋼棒径 > 5/K_r)^{1)}$ 。

4) 既存骨組みでの制限について

1 構面最大耐力は、既存フレームの梁の圧縮強度から決定されるせん断耐力以下で、かつ上記面外力から決定される補強耐力以下とする。

5) 接合あと施工アンカーについて

外側耐震改修マニュアルによる。(有効埋め込み深さ、アンカー耐力)

3. 低強度コンクリートへの圧着接合性能確認試験

3.1 圧着接合部に関するせん断実験

(1) 試験体および実験概要

試験体は、寸法を $300 \times 300 \times 500\text{mm}$ 、実験要因を Fc05 調合、圧着導入力を 1 N/mm^2 、 1.3 N/mm^2 の2種類とした計6体について実施した (図-3)。

実験は反力架台に試験体を圧着接合し、架台から反力を取り、ジャッキで水平力を与え、せん断力を測定した (写真-1)。

低強度コンクリートの調合は参考文献²⁾を基に決定した (表-1)。低強度コンクリートの強度試験結果を参考文献の物性値と比較すると、ばらつきは見られるが強度およびヤング係数とも概ね一致した (表-2)。

表-1 試験練り調合

設計基準強度	水結合材比 W/B (%)	粗骨材最大寸法 Gmax (mm)	セメント C (kg/m ³)	水 W (kg/m ³)	細骨材 砕砂 S (kg/m ³)	粗骨材 2005 G (kg/m ³)	混和材 SM 2200 (kg/m ³)	AE 剤 (kg/m ³)	混和材 石粉 (kg/m ³)
Fc05	65	20	99	178	861	921	2.47	2.19	175

表-2 フレッシュ性状および圧縮強度試験結果

設計基準強度	スランプ (cm)	空気量 (%)	コン温度 ()	材令 7 日 (標準)		材令 28 日 (封かん)					
				7 (N/mm ²)		28 (N/mm ²)		Ec (N/mm ²)		ポアソン比	
Fc05	18.5	3.9	26.0	3.9	3.7	5.2	4.9	16800	13600	0.25	0.18
				3.6		4.9		11900		0.16	
				3.5		4.7		12100		0.13	

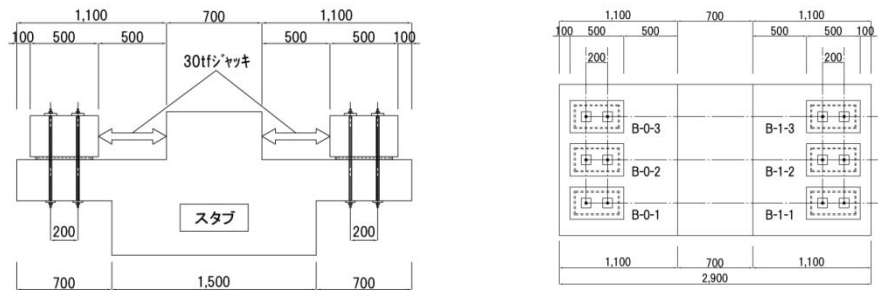


図-3 試験体形状

(2) 実験結果

今回の実験結果を表-3 に、参考文献³⁾に示されるせん断実験結果 (コンクリート圧縮強度 $B=9.3\text{N/mm}^2$) と合わせて図-4 に示す。圧着応力と最大せん断応力の関係から求めた摩擦係数 μ は、平均値 1.014、標準偏差 $=0.093$ 、5%不良率を考慮した場合 $X-1.65 = 0.86$ である。図中の□で示す前回の実験値に対しても摩擦係数の平均値、最小値とも同等の性能が確認された。また、支圧板は PC 規準による局部支圧の計算値から決定しており、実験時には陥没などの異常は観察されず、破壊モードはすべり破壊が見られた (写真-2)。

よって、今回の実験はコンクリート強度が $Fc05$ と小さい場合であるが、参考文献と合わせて 13.5N/mm^2 未満でも同様に扱うことができると考えられる。

表-3 試験結果一覧

供試体	最大せん断力 Q_{max} (kN)	初期導入力 P_o (kN)	摩擦係数 μ	A (mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	破壊モード		
Fc05	-1	204.4	218.0	平均	150,000	1.453	1.363	すべり破壊	
	-2	184.4	197.8		0.932	150,000	1.319		1.229
	-3	189.6	201.6		0.940	150,000	1.344		1.264
	-4	153.0	145.2		1.054	150,000	0.968		1.020
	-5	160.2	151.4		1.058	150,000	1.009		1.068
	-6	185.3	159.4		1.162	150,000	1.063		1.235

- $28=4.9\text{N/mm}^2$
- $E_c=1.36 \times 10^4\text{N/mm}^2$
- ホアソソ比 $=0.18$
- μ の標準偏差 $= 0.093$
- 平均 $\mu - 1.65^*$ (5%不良率考慮) $= 0.860$

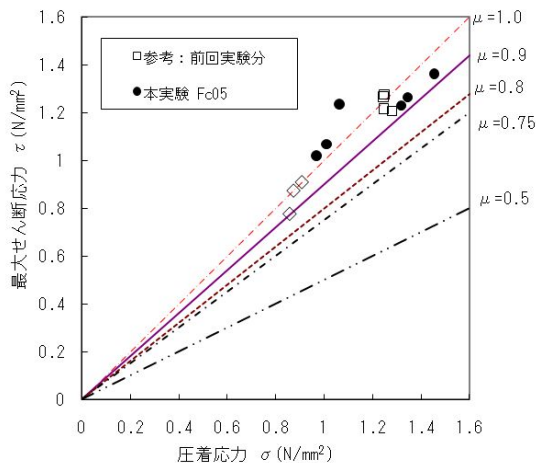


図-4 圧着応力と最大せん断応力の関係



写真-1 実験状況



写真-2 破壊面の状況

3.2 中性化が進んだコンクリート表層部の支圧応力について

(1) 実験概要

既存建物から採取したコアテストピースについて、圧着接合を想定したプレート直下の支圧応力が B となる支圧実験を行い、支圧応力に対する健全性を確認した。

また、低強度コンクリート Fc が 5N/mm^2 のテストピースについても同様に確認した。

試験は、3本のコア×2物件およびFc05のテストピースに対して以下のように行った。

- ・1本目で圧縮強度の確認を行う。
- ・2,3本目でプレート直下の支圧応力が B となるように支圧実験を行い、その後圧縮強度試験。支圧実験では、所定の荷重を5分(または10分)保持した状態で、コンクリートにめり込み等の変化がないかについて確認を行った。

(2) 実験結果

実験結果を表-4に示す。A工場のコアテストピース3本の圧縮強度は平均値13.6N/mm²、中性化深さの平均値は40.0mmであり、Bヤードのコアテストピース3本の圧縮強度は平均値13.9N/mm²、中性化深さの平均値は42.0mmであった。また、Fc05のテストピース3本の平均値は6.1N/mm²、中性化深さの平均値は0.0mmであった。

中性化したコアのテストピースの支圧試験結果より、1.0 Bおよび1.2 Bを各5分間載荷した保持した状態で、テストピースの上部と中央部に添付したひずみゲージ(変位計)測定値から、ひずみの進展はなく安定していたことを確認した。また、めり込み等は見られなかった。また、Fc05のテストピースについても同様にめり込み等は見られなかった。

(注: 圧着部は、支圧版直下の支圧応力度が1.0 B未満となるよう設計される。)

表-4 試験結果一覧

採取したテストピースの内容		A工場			Bヤード			実験用テストピース					
		1982.9竣工 経過27年			1972.2竣工 経過36年			目標5N/mm ² の5週水中養生					
		80φ-L160 n=3ヶ			80φ-L160 n=3ヶ			100φ-L200 n=3ヶ					
圧縮強度 (N/mm ²)	No.1	13.4	平均値	設計強度	11.2	平均値	設計強度	6.4	平均値	設計強度			
	No.2	11.7	X	X-σ	15.2	X	X-σ	5.9	X	X-σ			
	No.3	15.8	13.6	11.6	15.4	13.9	11.6	5.9	6.1	5.8			
中性化深さ (mm)	No.1	45	平均値		50	平均値		0	平均値				
	No.2	35	X		45	X		---	X				
	No.3	40	40		30	42		---	0				
チェック項目		歪変位	載荷跡	判定	歪変位	載荷跡	判定	歪変位	載荷跡	判定			
支圧試験(1)	No.2	◎	◎	問題なし	◎	◎	問題なし						
	No.3	◎	◎	問題なし	◎	◎	問題なし						
支圧試験(2)	No.2	◎	◎	問題なし	◎	◎	問題なし						
	No.3	◎	◎	問題なし	◎	◎	問題なし						
支圧試験(3)	No.2										○	◎	問題なし
	No.3										○	◎	問題なし
備考		支圧試験(1): 圧縮試験前に40φPLで直下の支圧応力13.5N/mm ² (1.0σB)を5分間載荷											
		支圧試験(2): 支圧試験(1)の後、PLで直下の支圧応力16.2N/mm ² (1.2σB)を5分間載荷											
		支圧試験(3): 50φPLで直下の支圧応力6.4N/mm ² (1.0σB)を10分間載荷											
		チェック判定: 歪、変位 ◎は載荷直後で安定 ○は直後やや増加はあるが数分で安定 載荷後 ◎は載荷直後でへこみ等の変形跡がない											

以上より、中性化したコアのテストピースでは1.0 B、1.2 Bの局部支圧応力を載荷、および低強度コンクリートのFc05のテストピースについても1.0 Bの局部支圧応力を載荷した試験の結果、ひずみの進展やめり込み等は見られず安定しており、局部支圧応力を健全に支持することができた。

4. おわりに

低強度コンクリートに対する補強に関して、圧着接合部のせん断実験、中性化部分の支圧試験を行い、低強度の性状について確認することができた。

本構法が低強度建物に適用された事例は数件であり、今後も低強度建物であって、耐震補強が望まれる場合の一助として、貢献できれば幸いである。

謝辞: 低強度コンクリートに関して、御指導を賜りました関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) (社) 建築研究振興協会: 既存建築物の耐震診断・耐震補強設計マニュアル 2003年版-増補版 2007年-
- 2) 市橋ら: 「低強度コンクリートに装着した接着系あと施工アンカー筋の挙動に関する実験的研究、その1. 低強度コンクリートの定義と実験概要」, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北), 2000年9月
- 3) (財) 日本建築総合試験所: 建築技術性能証明評価報告書・パラレルフレーム構法-斜張PC鋼材を応用した外付け耐震補強工法-(改定3) 2007年9月