

斜め PC 鋼材を応用した外付け耐震補強構法

田中 恭哉 *1・荒木 玄之 *2・関口 智文 *3・林田 則光 *4

1. はじめに

鉄筋コンクリート造（以下、RC 造）の学校校舎等の耐震補強を行う場合、鉄骨枠付ブレースや耐震壁の増設・新設など、いわゆる在来工法が主に行われている。また、鉄骨枠付ブレースなどの耐震要素を設置する箇所によって、建物の内部補強と外部補強に分類される。建物を使用しながらの補強工事を考えると外部からの補強が望ましいが、補強後の景観や室内からの眺望や通風・採光を妨げるなどの問題点があげられる。

そこで、筆者らは外部からの補強に着目し、斜め PC 鋼材を応用した新しい外付け耐震補強構法（以下、パラレル構法）の開発を行い、学校校舎の耐震補強工事に初めて採用した。

本構法は、建物外側から補強を行うため、部屋内での作業も少なく、施工も比較的簡便なため工期短縮が図れる。また、鉄骨ブレースなどと比較し、径の細い PC 鋼材を用いるため、補強後の室内からの眺望や通風・採光を確保できるという特徴を有する。

本報告では、構法の概要、補強概要および施工状況について紹介する。今回の補強工事における補強前の建物外観を写真 - 1 に、補強後の建物外観を写真 - 2 に示す。

2. 構法概要

本構法は、RC 造骨組の外構面に、基礎梁とプレキャスト（以下、PCa）柱および斜め PC 鋼材からなる補強骨組（以下、パラレルフレーム）を新設して一体化するものである。

パラレルフレームは、図 - 1 に示す新設の基礎梁と PCa 柱・梁および斜め PC 鋼材で構成され、この斜め PC 鋼材と



写真 - 1 補強前の建物外観



写真 - 2 補強後の建物外観



*1 Kyoya TANAKA

(株)富士ピー・エス 技術本部
建築技術グループ



*2 Tsuneyuki ARAKI

鹿島建設(株) 建築設計エンジニア
アリング本部 構造設計グループ



*3 Tomofumi SEKIGUCHI

鹿島建設(株) 建築設計エンジニア
アリング本部 構造設計グループ



*4 Norimitsu HAYASHIDA

(株)富士ピー・エス 関東支店
技術部 建築技術チーム

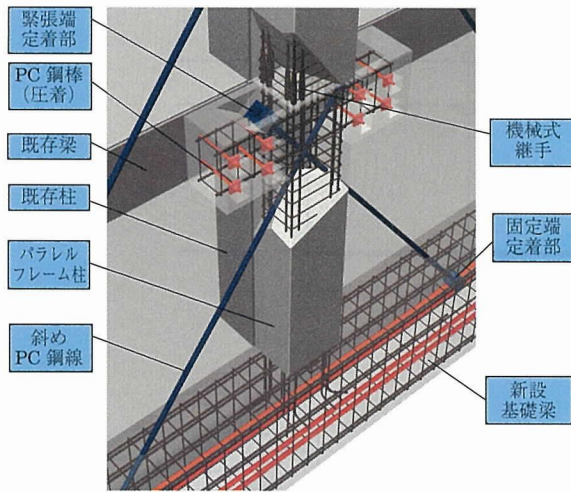


図-1 パラレルフレームの構成 (1本柱タイプ)

PCa柱が耐震要素となり地震力に抵抗する。

既存骨組とパラレルフレームは、上部構造ではPC鋼棒による圧着接合、基礎部はあと施工アンカーによる接合によって一体化され、外付け補強フレームを形成する。

パラレルフレームは1本柱、2本柱、多本数柱の3タイプに分類され、意匠性や補強耐力、施工性および経済性などを総合的に判断して選定する。図-2にパラレルフレームの分類を示す。

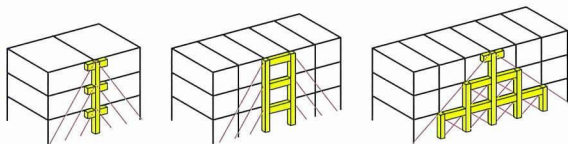


図-2 パラレルフレームの種類

3. 建物概要

以下に建物概要を示す。

工事名称：聖学院小学校校舎耐震補強工事

工事場所：東京都北区中里3-13-1

建物用途：学校

建物形式：RC造

建物規模：地上4階 塔屋1階

延床面積：3063.0㎡

基礎形式：直接基礎

4. 補強概要

本工事では、パラレル構法による補強以外にも建物内部の設備の入れ替えや壁の増打補強も含まれているが、ここでは、パラレル構法による耐震補強について述べる。

補強計画では、建物の敷地条件などを考慮し、桁行き方向南面に1本柱タイプのパラレルフレームを1基配置した。その配置を軸組図(図-3)、と平面図(図-4)に示す。

各層とも斜めPC鋼材の配置角度は45°に統一している。今回は庇があるため、パラレル柱部分は、庇に切り欠きを設け、PC鋼材が通る部分は貫通孔を設けている。また斜めPC緊張端部の柱形状は応力伝達や意匠性にも配慮している。固定端はパラレル基礎梁内に埋め込み、基礎梁上で斜めPC鋼材と接続する方法とした。図-5に柱配筋図、図-6に斜めPC鋼材の緊張端納まりと固定端納まりを示す。

補強設計の条件は、既存構造物の終局限界時層間変形角を $R = 1 / 250 \text{ rad}$ ($F = 1.0$) とし、強度抵抗型の補強をした。表-1に斜めPC鋼材に使用したケーブルと各層の斜めPC鋼材負担分の補強せん断力を示す。また、図-7にパラレル圧着PC鋼棒位置の詳細、図-8にパラレル柱と梁の納まりを示す。

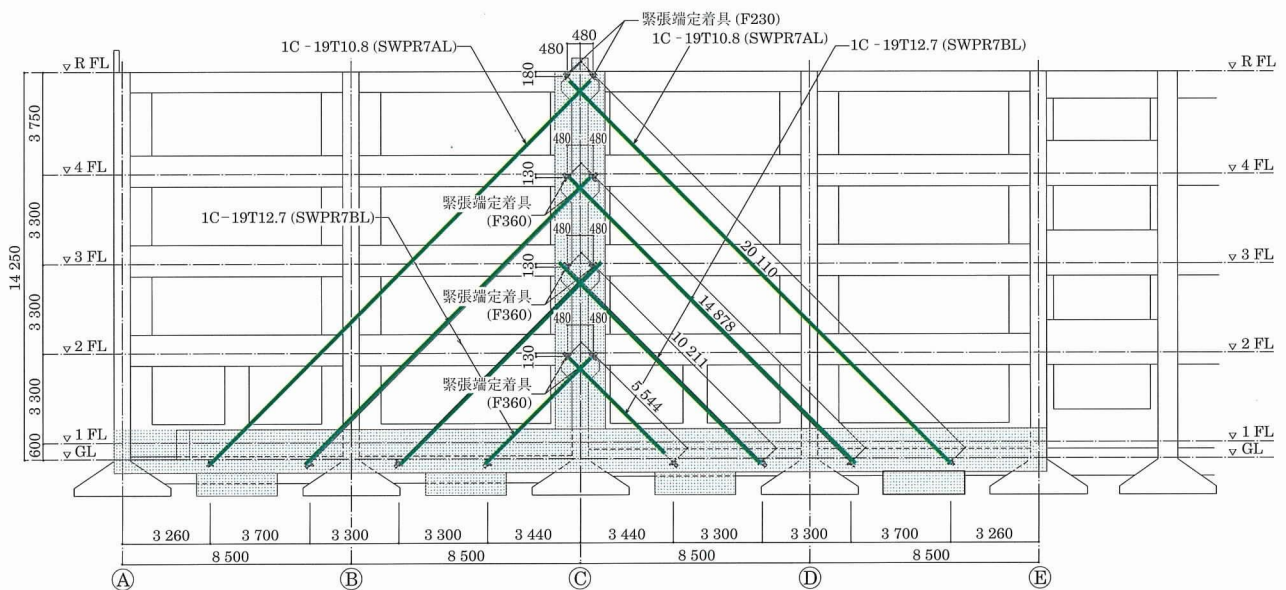


図-3 軸組図 (パラレルフレーム配置)

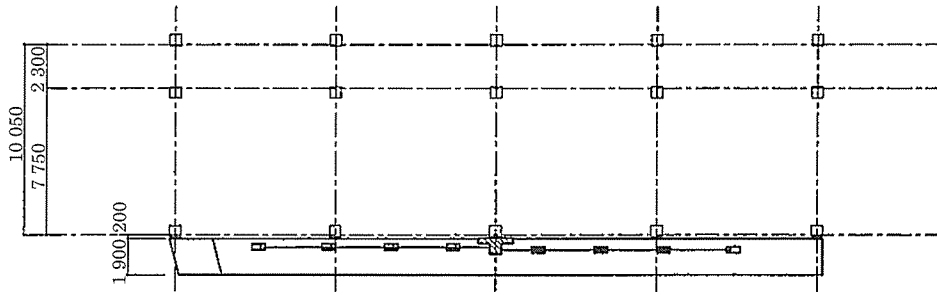


図 - 4 平面図 (平行フレーム配置)

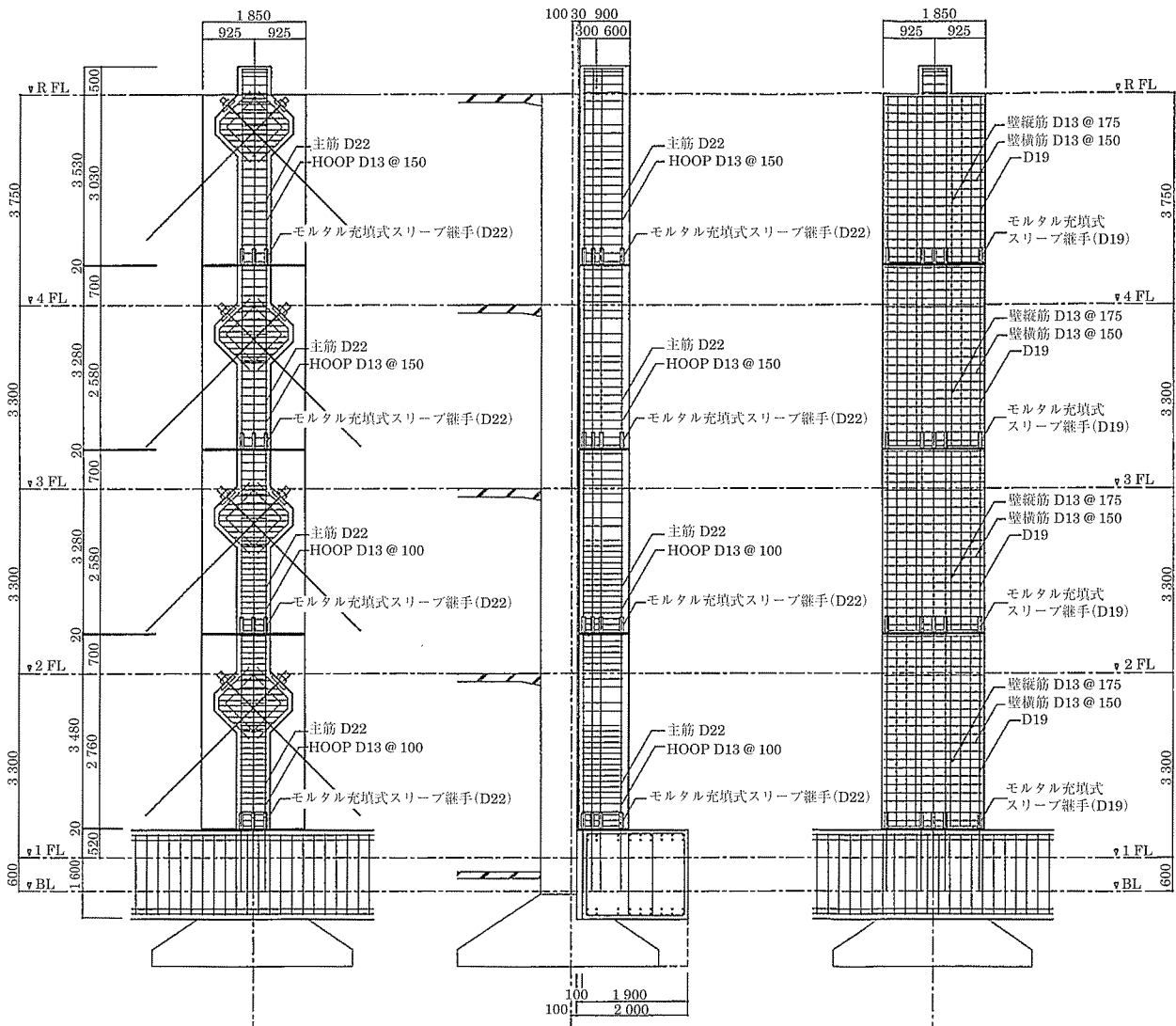


図 - 5 平行柱の配筋図

表 - 1 使用鋼材および補強せん断力

階	使用斜め PC 鋼材	補強せん断力
	呼び名 (構成)	Q_r (kN)
4	F 230 (19 × ϕ 10.8)	730
3	F 360 (19 × ϕ 12.7)	1 765
2	F 360 (19 × ϕ 12.7)	2 800
1	F 360 (19 × ϕ 12.7)	3 830

Q_r : 斜め PC 鋼材の張力によるせん断力

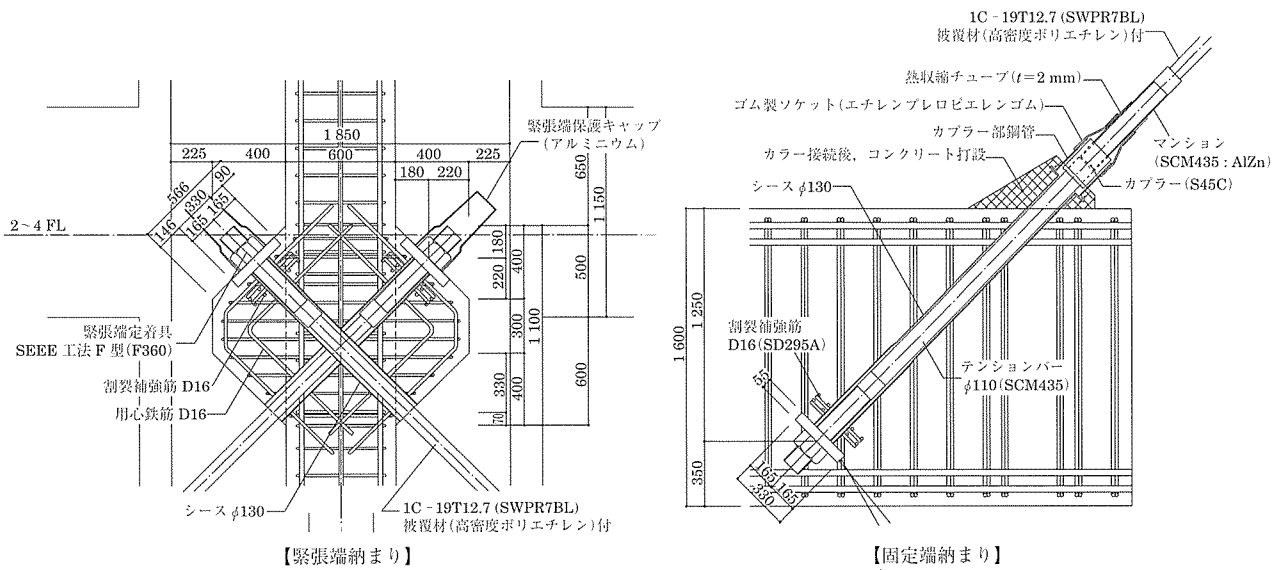


図 - 6 斜め PC 鋼材の緊張端および固定端の納まり

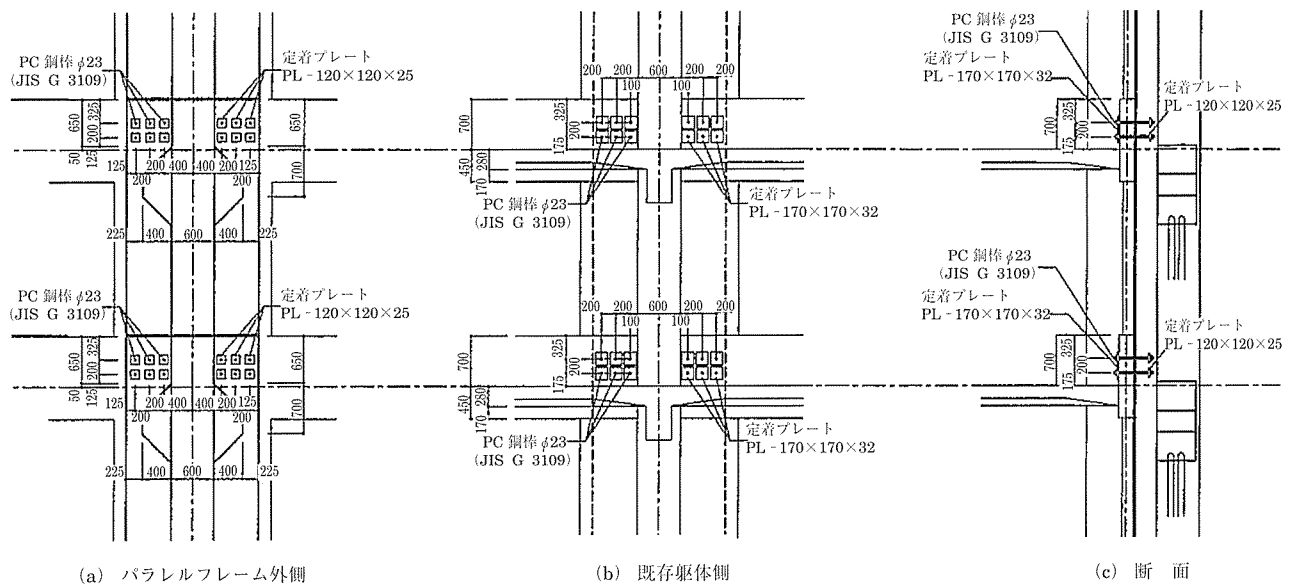


図 - 7 平行圧着 PC 鋼棒位置の詳細

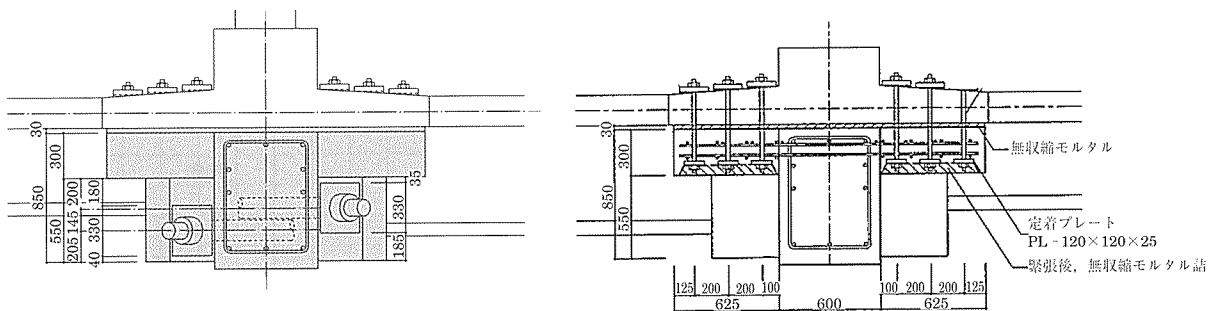


図 - 8 平行柱と梁の納まり

5. 施 工

5.1 施工計画

パラレル補強工事は、パラレルフレーム4層1本柱タイプ1基の設置である。本来ならば、今回のパラレル補強工事のみでは30日程度の工期で終了するが、在来工法の工事とも関係することから、基礎構造部と上部構造部をⅠ期工事（夏休み）とⅡ期工事（冬休み）とに分けて行なわれた。

Ⅰ期工事ではパラレルフレームの基礎部工事、Ⅱ期工事ではパラレルフレームを構成するPCa柱の建て込みから、斜めPC鋼材の配置・緊張、既存建物との一体化および仕上げを行った。

補強工事全体の内、パラレル補強工事は、以下の工期となり、基礎部工事20日、上部構造工事12日の32日間であった。パラレル柱のプレキャスト化や圧着接合を採用することにより工期短縮を図っている。

工 期：自平成16年8月6日
 至平成16年8月28日（Ⅰ期工事）
 自平成16年12月22日
 至平成17年1月6日（Ⅱ期工事）

表-2に主要工程を示す。

5.2 施工状況

本構法の施工フローを図-9に示す。主な施工手順は、①パラレルフレーム基礎梁の施工、②PCa柱の建て方、③斜めPC鋼材の配置・緊張、④既存建物への接合一体化からなる。施工状況を写真-3～写真-10に示す。

1) パラレルフレーム基礎梁の施工

パラレルフレーム基礎梁と既存基礎梁の一体化接合のために、既存梁の目荒らしとあと施工アンカー工を行い、斜めPC鋼材の固定端定着体をセットした。定着体は配置角度の精度を確保するため鋼製の治具を製作して用いた。基礎梁はプレストコンクリート（PC）造としている（写真-3、4）。

2) 既存梁の穿孔

上部構造はPC鋼棒による圧着接合を行うため、PC鋼棒を通す孔を既存梁に穿孔した。この際、鉄筋探査を行い既存梁のせん断補強筋を切断しないように確認してから行っ

た。

3) PCa柱の製作と建て方

PCa柱部材は、あらかじめ工場にて製作し、現場へ運搬した。PCa柱は1層ごとのピースとし、4ピースを製作した。この際、圧着接合のPC鋼棒用の孔位置は、既存梁の穿孔位置をもとに決定している。また、斜めPC鋼材の緊張側定着プレートを埋め込んで製作するため、斜めPC鋼

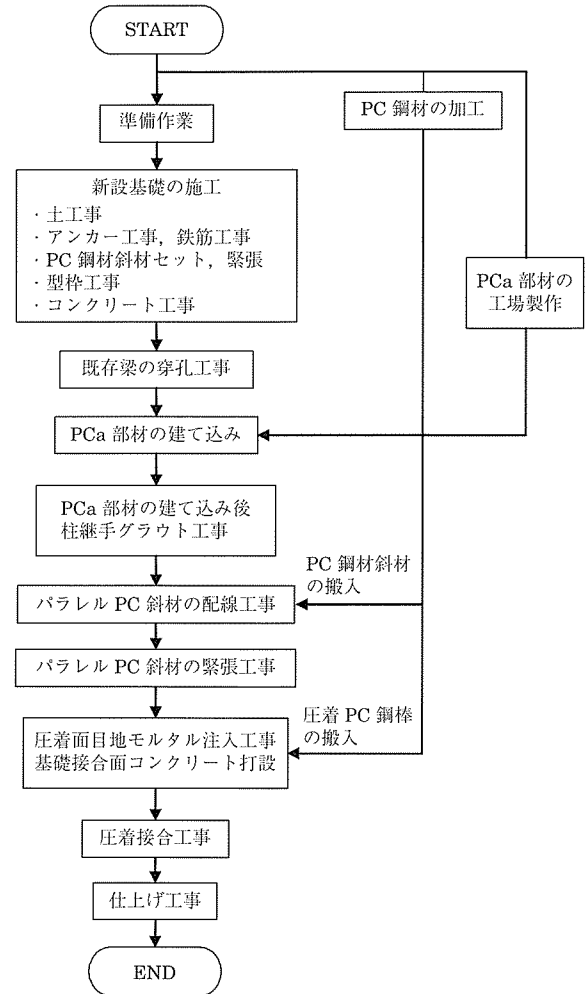


図-9 施工フロー

表-2 主要工程表

工場	種別	Ⅰ期工事（実働20日）			Ⅱ期工事（実働12日）	
		1週目	2週目	3週目	4週目	5週目
仮設工事	仮囲い他	●●			●●●	
	足場				●●	●●
土工事		●	●			
基礎工事	あと施工アンカー		●●			
	型枠・配筋・PC工・コンクリート		●	●	●	
PCa柱工事	建て方				●●	
	グラウト注入				●●	
斜めPC鋼材配線・緊張	固定端セット		●●			
	鋼材挿入				●●	●●
	緊張				●●	●●
圧着工事	コア抜き・PC鋼棒設置				●●	
	緊張					●●
仕上げ・片付け					●●	●●

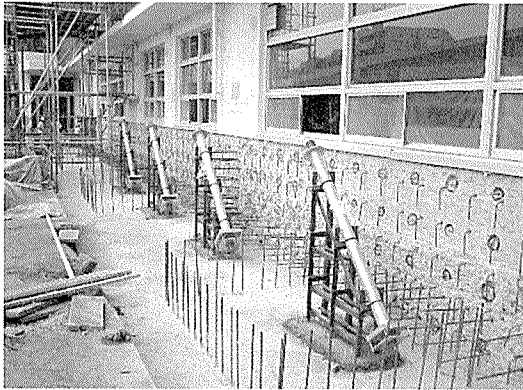


写真 - 3 斜め PC 鋼材固定用治具設置



写真 - 4 パラレル基礎梁コンクリート打設



写真 - 5 PCa 柱建て込み

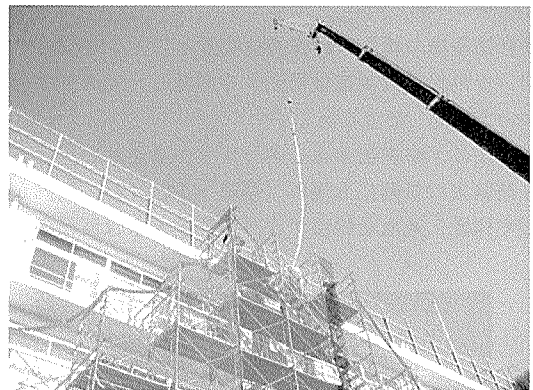


写真 - 7 斜め PC 鋼材配線



写真 - 6 圧着用 PC 鋼棒挿入

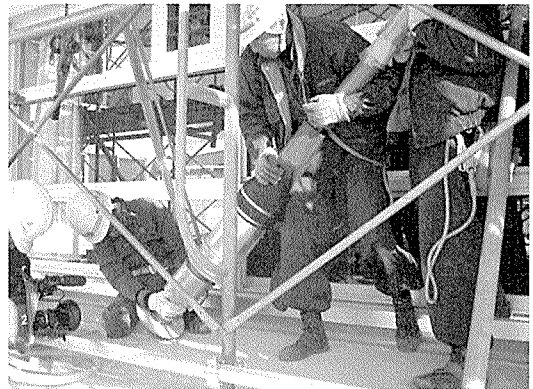


写真 - 8 斜め PC 鋼材の固定端の取付け

材の配置角度が狂わないよう、柱の配置精度を確保した。

PCa 柱の建て方は、1 層ごとの PCa 柱をクレーンで建て込み、圧着接合用 PC 鋼棒を通して倒れ防止とした。各層の PCa 柱は機械式鉄筋継手を用いグラウト注入を行った(写真 - 5, 6)。

4) 斜め PC 鋼材の配線および緊張

斜め PC 鋼材の配線は、クレーンを用いて緊張端側から挿入し、上階の底部開口位置を通しながら順に落とし込んだ。基礎梁側固定端まで引き込んだ後、基礎梁側定着体と斜め PC 鋼材の材端 (マンション) をカプラー (接続具) にて接続した。

緊張は二台のジャッキを用いて左右同時緊張とし、下層階の斜め PC 鋼材より順次行った。緊張管理は左右の斜め PC 鋼材の荷重計の示度が同様の値を示すように緊張作業を行い、所定の緊張力を導入したときの PC 鋼材の伸び実測量を計算値の $\pm 5\%$ 以内におさまるように行った(写真 - 7, 8, 9)。

5) パラレルフレームと既存骨組の一体化

上部構造では、PCa 柱の建て方時に通した PC 鋼棒をセットしなおし、圧着面に目地モルタルを注入して硬化後、所定の荷重まで PC 鋼棒を緊張した(写真 - 10)。基礎部は、あらかじめコンクリート打設時に設けた既存基礎梁とパラレルフレーム基礎梁の隙間にコンクリートを打設して一体化した。

6) 最後に、パラレル基礎梁上部に人が立ち入らないように、安全の処置としてフェンスを設けている。

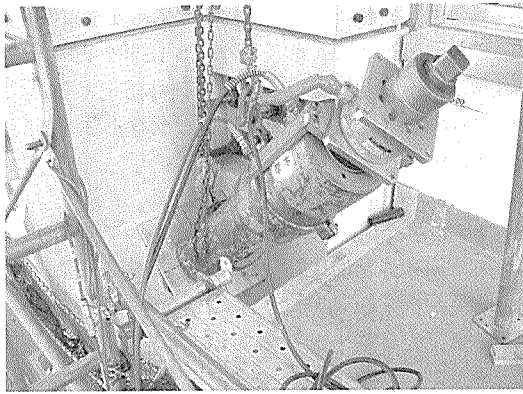


写真 - 9 斜ケーブル緊張



写真 - 10 PC鋼棒緊張

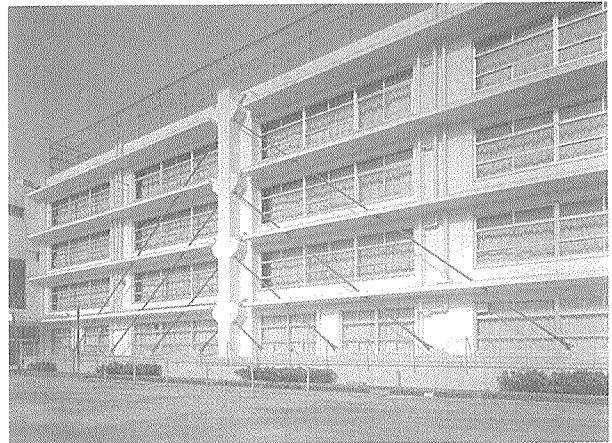


写真 - 12 補強後の建物外観



写真 - 13 補強後の室内からの眺望

6. ま と め

既存建築物の新しい耐震補強技術として、「斜めPC鋼材を用いた外付け耐震補強構法」を開発し、初めての適用例について紹介してきた。

本構法は、耐震補強のイメージを一新させた考え方であり、補強後の景観にも優れ（写真 - 11, 12）、室内からの眺望や採光、通風を確保でき、補強前とほぼ同様の室内環

境を提供することができた（写真 - 13）。

今後は、本構法の特徴を生かし、学校校舎や病院などの施設を中心に、積極的に普及・展開を図っていきたいと考えている。

謝 辞

本研究を行うにあたり多大なるご指導を頂きました京都大学大学院渡邊史夫教授、ならびにご協力頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

【2005年5月16日受付】

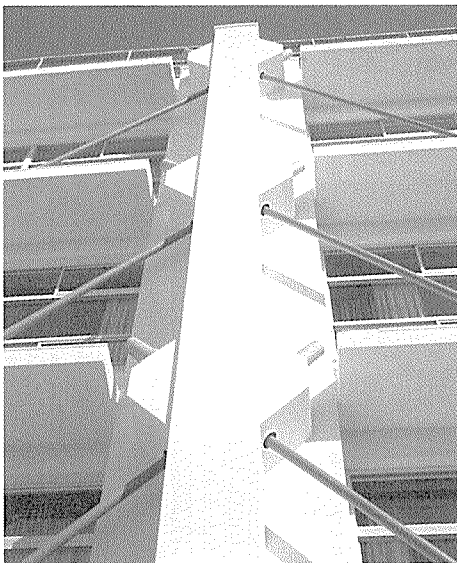


写真 - 11 パラレル柱緊張端部と斜めPC鋼材の納まり状況