

# PC アウトフレームによる耐震補強の設計・施工

## — 宮城県佐沼高等学校・群馬大学工学部 —

高橋 正治 \*1・山田 孝義 \*2・町井 章 \*3・染谷 俊章 \*4

### 1. はじめに

兵庫県南部地震の教訓をもとに、1995年に耐震改修促進法が施行されすでに10年以上が経過している。この間耐震補強は学校を中心に進められてはいるが、まだ耐震化率は十分であるとはいえない状況である。今年（2006年）1月には改正耐震改修促進法が施行され、平成27年までに住宅や特定建築物の耐震化率を90%以上とする目標設定がされるなど、早急な耐震化が望まれている。

現在、耐震補強工法には、強度型、じん性型、免震や制振を利用したものまでさまざまな工法が提案されており、補強箇所についても室内補強や外部補強等さまざまである。

本稿では、外側補強工法であるPCアウトフレーム工法が採用された2件の校舎に関し、その補強概要と施工について報告する。

### 2. 工法概要

PCアウトフレーム工法は、既存建物の外側にプレキャストプレストレストコンクリート（PCaPC）構造による新設フレームを設置し、既存フレームと新設フレームとを現場打ち新設スラブやPC鋼棒による圧着力により接合し、水平力の伝達を図ることにより新設フレーム分の耐力を増加させる補強工法である。工法概念図を図-1に示す。

新設フレームは、現場打ち新設基礎とプレキャスト柱（以下PCa柱）およびプレキャスト梁（以下PCa梁）によって構成され、PCa柱は鉄筋コンクリート造、PCa梁はプレストレストコンクリート造として設計される。

また、基礎-PCa柱およびPCa柱-PCa柱の接合はモルタル充てん式継手とし、PCa柱-PCa梁の接合はプレストレストによる圧着接合としている（図-2）。

既存フレームと新設フレームとの接合方法は、せん断力の伝達機構の違いによりスラブタイプと圧着タイプの2タ



写真-1 宮城県佐沼高等学校校舎棟



写真-2 群馬大学工学部4号館

イブに分類される。

#### 1) スラブタイプ（図-3）

スラブタイプは、新設フレームと既存フレームの接合を新設スラブにより行うタイプである。既存フレーム側の接合はあと施工アンカーで行うため、内部作業は不要である。

外部に既存バルコニー等の突起物があり、新設フレーム



\*1 Masaji TAKAHASHI

(有)冠設計 代表取締役



\*2 Takayoshi YAMADA

(株)勝山工務所 代表取締役



\*3 Akira MACHII

(株)建研 工務部 生産設計グループ



\*4 Toshiaki SOMEYA

(株)建研 第一設計部

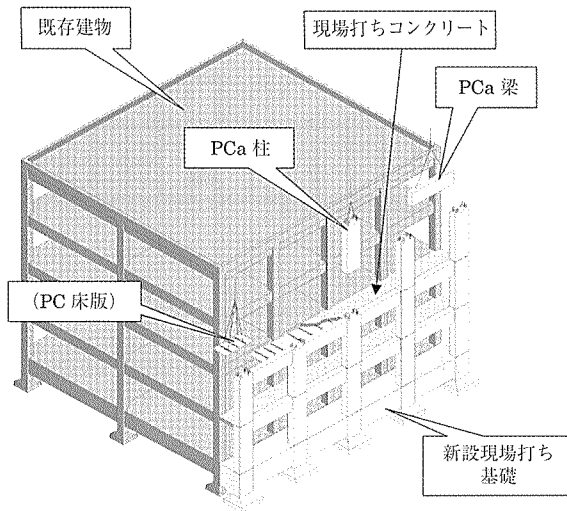


図 - 1 工法概念図

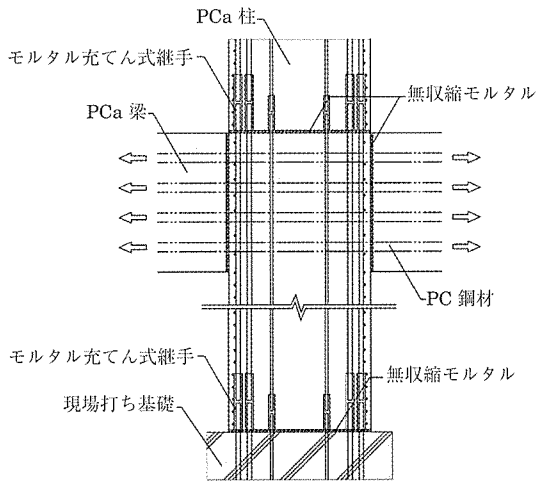


図 - 2 柱 - 梁接合部

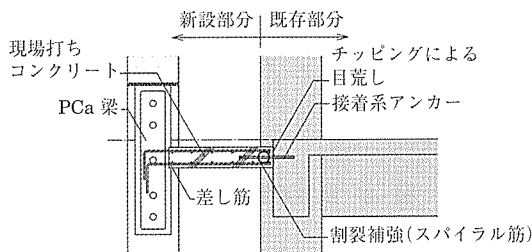


図 - 3 既存フレームとの接合 (スラブタイプ)

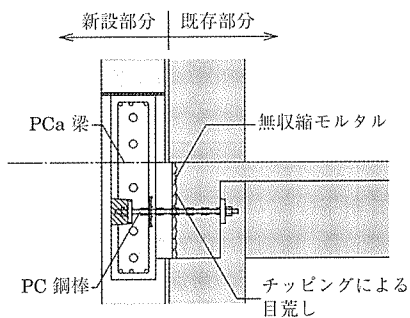


図 - 4 既存フレームとの接合 (圧着タイプ)

を隣接することができない場合や、既存基礎の耐力に余裕がない場合等に適している。

2) 圧着タイプ (図 - 4)

圧着タイプは、新設フレームを既存フレームに隣接させ、PC 鋼棒により圧着するタイプである。既存梁に貫通孔を設け PC 鋼棒を配置するため、若干の室内作業が発生する。

敷地に余裕のない場合に適しているが、既存基礎の耐力により制約がある。

本工法のメリットは、

- ① 外側補強なので居ながら施工が可能
  - ② 既存建物の耐震性能に応じて強度型～じん性型の補強が可能
  - ③ 外観リフォームの兼用が可能
  - ④ フレーム形式なので採光や視覚に有利
  - ⑤ PCa 部材の利用により高耐久、高品質
  - ⑥ 在来工法に比べ工期短縮が可能
- があげられる。

3. 施工例 1 - 宮城県佐沼高等学校校舎

3.1 建物概要

工事名称：16 教 106-001 号

佐沼高校舎耐震補強工事 (戦略)

工事場所：宮城県登米郡迫町佐沼字末広 1

発注者：宮城県

設計者：有限会社冠設計

施工者：上田建設株式会社

PC 工事：株式会社建研

工期：平成 17 年 3 月～平成 17 年 12 月

既存建物

構造種別：鉄筋コンクリート造

規模：地上 4 階建

延床面積：6 475 m<sup>2</sup>

基礎形式：杭基礎

補強方法

南側：PC アウトフレーム

北側：RC 増設壁

その他：耐震スリットによる極脆性柱の解消

3.2 補強計画

本既存建物は、昭和 40 年～昭和 44 年の 5 年間に 6 期にわたり竣工した高校の校舎である。平面形状は 156 m × 10 m と非常に扁平な形状をしているが整形な建物であり、構造形式は鉄筋コンクリート造 4 階建、基礎形式は杭基礎となっている。図 - 5 に 2 階梁伏図を示す。

診断の結果、Y 方向の  $I_s$  値は 0.741 ～ 1.316 と耐震性を満足しているが、X 方向は北側廊下の柱が極脆性柱となっており、1 ～ 4 階の各階で  $F$  値は 0.8、 $I_s$  値は 0.324 ～ 0.485 と耐震性を満足していなかった。

補強計画の策定にあたり、空き教室がないことや夏休み中も教室を使用することを考慮し、居ながら施工が可能な外部補強が最適であると考えた。そのため南側の補強は、既存バルコニーを残したまま施工可能であり、採光や外観も有利な PC アウトフレーム工法を採用した。また北側の

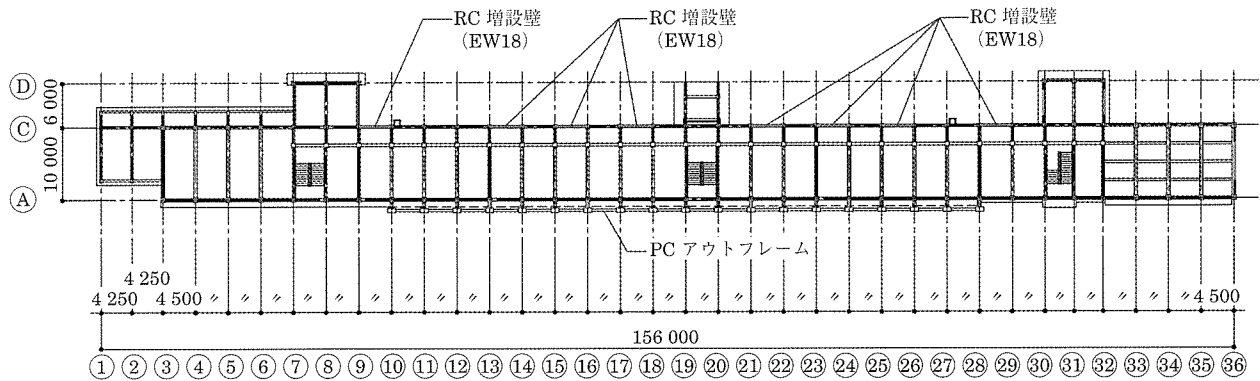


図 - 5 2階梁伏図 (見上げ)

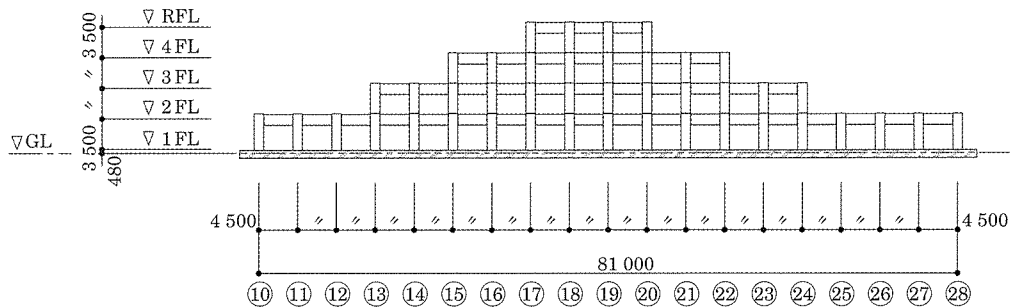


図 - 6 PC アウトフレーム補強立面図

補強は、耐震スリットおよびRC増設壁により、極脆性柱の解消と耐力の増強を行っている。図-6にPCアウトフレーム補強立面図、図-7に断面リストを示す。

PCアウトフレームは、既存基礎およびバルコニーと干渉しないように既存建物から1,600mmの位置に配置した。接合部は既存側にあと施工アンカー、新設側は機械式継手を使用し、既存バルコニー下部に新設スラブを打設した。また耐力には考慮していないが、バルコニー下部にもあと施工アンカーを配置し、一体化を図っている。図-8に既存建物との接合詳細を示す。

PCアウトフレームは柱降伏型の崩壊形を想定し、柱耐力は $F=1.0$ で4階1,800kN、3階2,000kN、2階2,000kN、1階1,500kN程度を目標として設計した。補強前の診断結

果および補強結果を表-1に、補強前および補強後の外観を写真-3、4に示す。

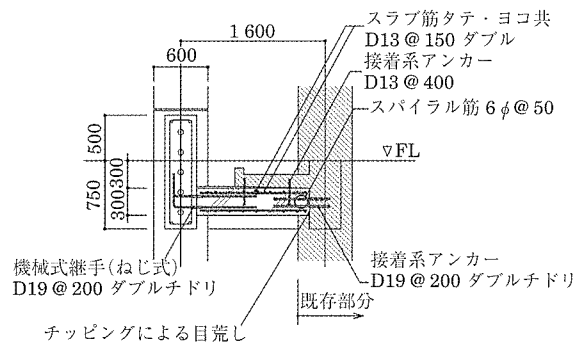


図 - 8 既存建物との接合詳細

	PCa 柱(PC1)	PCa 梁(PG1)
断面		
B×D	1 100 × 600	350 × 1 250
主筋	14-D32 + 4-D19	上、下端共：2-D22
せん断補強筋	■-D13 @ 100	□-D13 @ 100
PC鋼材		5c-7-SWPR7B-12.7 mm
備考		腹筋：6-D10

図 - 7 断面リスト

表 - 1 補強前診断結果および補強結果

階	補強前				補強後	
	SD	T	F	Is	F	Is
4	0.950	0.992	0.8	0.485	1.0	0.780
3	0.950	0.992	0.8	0.373	1.0	0.720
2	0.950	0.992	0.8	0.336	1.0	0.730
1	0.950	0.992	0.8	0.324	1.0	0.710

### 3.3 施工計画

本工事の概要は、南側にPCアウトフレーム4層39構面、北側にRC増設壁23箇所、耐震スリット96箇所、開口閉塞9箇所である。工期は3月末から12月初旬の実質8箇月強の期間であった。



写真 - 3 補強前外観



写真 - 4 補強後外観

本校は進学校のため、夏休み中も授業を行うなどの特徴があり、施工にあたっては学校行事への配慮や授業中の騒音の制約などさまざまな条件があった。全体工程の概略を図-9に示す。

また新設スラブの施工は、充てん性に関する入念な検討を行い、既存スラブにコンクリート打設用孔を設け行った。

### 3.4 PCa 部材の製作

PCa 部材の製作は宮城県内の JIS 認定工場で行った。製作に先立ち、既存建物の柱間隔・階高等を実測し、既存躯体と設計図との整合性を確認した。部材の製作は、取付け

1.5 箇月前である 6 月中旬から始め、約 2.5 箇月で終了した。部材の概要を表-2に示す。

表 - 2 部材概要

	PCa 柱	PCa 梁
コンクリート強度	50 N/mm <sup>2</sup>	50 N/mm <sup>2</sup>
PC 鋼材	—	5c - 7 - SWPR7B 12.7 mm
部材数	4 階	19 ビース
	3 階	12 ビース
	2 階	8 ビース
	1 階	4 ビース
	合計	43 ビース
ボリューム	118 m <sup>3</sup>	65 m <sup>3</sup>

### 3.5 PC 工 事

PC 工事のフローチャートを図-10に示す。

PCa 部材の建て方は 1 層ごとに行い、PCa 柱・PCa 梁の建て方終了後、柱-梁間の目地工事を行い、目地モルタルの強度発現後 PC 鋼材の緊張を行った。柱脚部の目地工事は緊張終了後に行い、その後上階の建て方を行っている。

本工事では 1 階部分が 4.5 m × 18 スパン = 81 m、2 階部分が 4.5 m × 11 スパン = 49.5 m と長く、プレストレス導入時に大きな軸縮みが予想されたため、柱の建て方位置を調整したり機械式継手のサイズアップを行う等の工夫を行った。各層ごとに変形量を確認しながら施工した結果、建

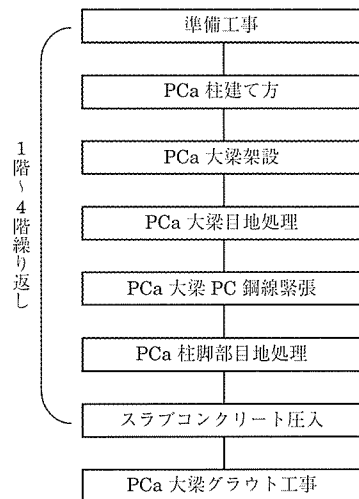


図 - 10 PC 工事フローチャート

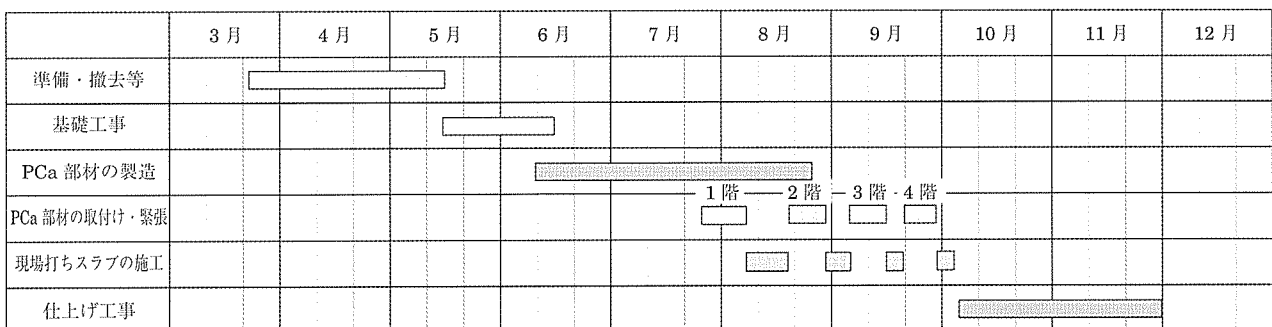


図 - 9 概略全体工程

方精度を±5 mm 以内に納めることができた。  
 施工時の状況を写真 - 5 ～ 7 に示す。

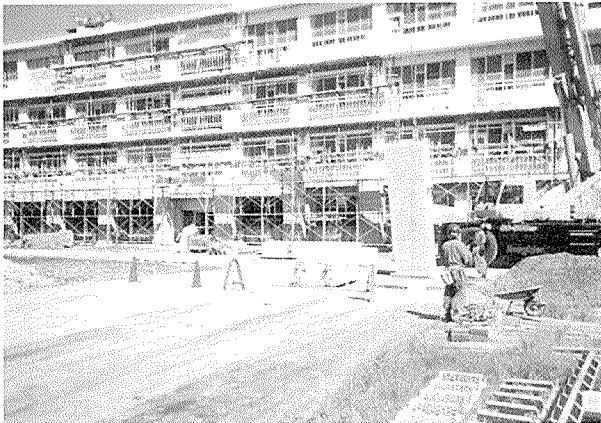


写真 - 5 PCa 柱建て方状況



写真 - 6 新設スラブの配筋状況



写真 - 7 PC 鋼材の通線状況

## 4. 施工例 2 - 群馬大学工学部 4 号館

### 4.1 建物概要

工事名称：群馬大学（工）4号館改修その他工事  
 工事場所：群馬県桐生市天神町一丁目5番1号  
 発注者：群馬大学施設運営部  
 設計者：株式会社勝山工務所  
 施工者：小野里工業株式会社  
 PC工事：株式会社建研  
 工期：平成17年7月～平成18年2月

#### 既存建物

構造種別：鉄筋コンクリート造  
 規模：地上6階，塔屋1階  
 延床面積：5140 m<sup>2</sup>  
 基礎形式：直接基礎

#### 補強方法

X 方向：PC アウトフレーム（南側・北側）  
 Y 方向：RC 増設壁の新設，壁の増打ち  
 その他：耐震スリットによる下階壁抜けの解消

### 4.2 補強計画

本既存建物は，群馬大学工学部敷地内に昭和45年に竣工した化学系研究室棟である。平面形状は，中廊下を挟み両側に研究室が配置されており，Y方向14.15 m，X方向60 mの整形な建物である。構造形式は鉄筋コンクリート造6階建，基礎形式は直接基礎となっている。図 - 11 に3階梁伏図を示す。

診断の結果，X方向の $I_s$ 値は0.22～0.47，Y方向の $I_s$ 値は1階～4階で0.38～0.60，5階0.75，6階1.15であり，Y方向の5，6階を除き $I_{so} = 0.65$ を満足していなかった。

本工事は耐震補強と全面改修を兼ねているため，屋上防水の仕様をアスファルト防水からシート防水に変更し，シンダーコンクリートを撤去することにより荷重の低減を図り，全面改修による経年指標の改善も考慮した。

その結果，X方向6階，Y方向4階で $I_s$ 値が0.65以上となったため，X方向1～5階，Y方向1～3階に関し補強を行った。補強前と補強後の診断結果を表 - 3 に示す。補強後はX方向，Y方向共各階で $I_{so} = 0.65$ を満足している。

補強工法に関しては，既存建物がウォールガーダーであることから構面内の補強が困難であるため外側補強を考え，採光をもっとも重視する要望と，建物の配置が正門から斜め正面にあることから外観にも配慮し，南面と北面でPCアウトフレーム工法の圧着タイプを採用した。またY方向に関しては，部屋の間仕切り位置へ耐震壁の新設や耐震壁の増打ちを行うとともに，下階壁抜けを解消するために，耐震スリットの新設も行っている。

図 - 12 に南側PCアウトフレーム補強立面図を，図 - 13 に断面リストを示す。

本工事では圧着タイプを採用していることから，施工性や既存躯体の精度を考慮して，PCa柱と既存柱のクリアランスは50 mm，PCa梁と既存梁のクリアランスは45 mmを設定した。

新設フレームと既存フレームの接合は，PCa梁から突出

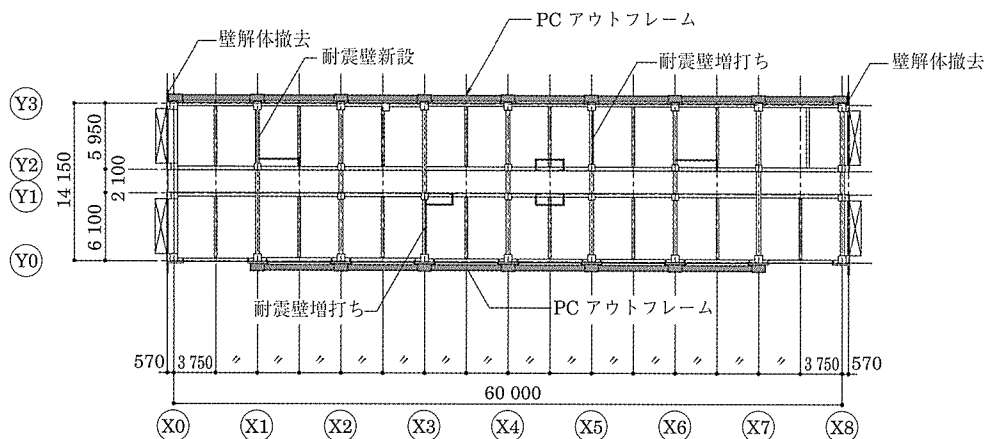


図 - 11 3階梁伏図 (見上げ)

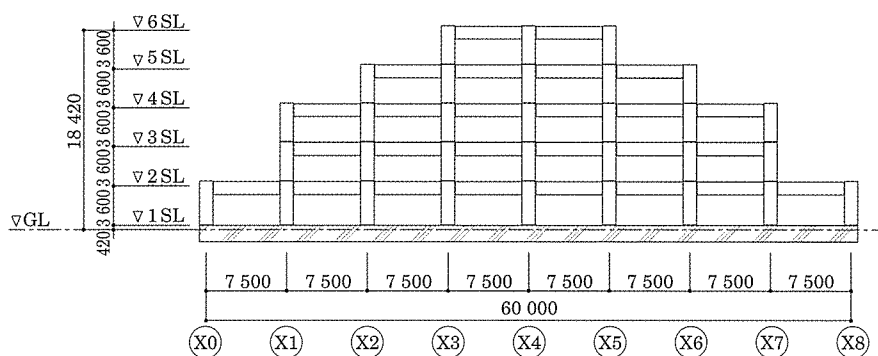


図 - 12 PC アウトフレーム補強立面図 (南側)

表 - 3 補強前診断結果および補強結果

方向	階	補強前		補強後		
		$I_s$	$SD$	$T$	$F$	$I_s$
X方向	6	0.47	0.90	1.00	1.00	0.74
	5	0.35	1.00		1.00	0.71
	4	0.28	1.00		1.00	0.70
	3	0.22	1.00		1.00	0.71
	2	0.27	1.00		1.00	0.71
	1	0.30	1.00		1.00	0.72
Y方向	6	1.15	1.00	1.00	1.00	0.84
	5	0.75	1.00		1.00	0.67
	4	0.60	1.00		1.00	0.69
	3	0.38	1.00		1.00	0.67
	2	0.39	1.00		1.00	0.68
	1	0.56	1.00		1.00	0.73

	PCa 柱(PC2)	PCa 梁(PG1)
断面		
B × D	1 250 × 650	550 × 1 200
主筋	14-D29 + 4-D19	上, 下端共: 3-D22
せん断補強筋	□-D13 @ 100	□-D13 @ 100(中央部: □-D13 @ 200)
PC 鋼材		4c-10-SWPR7B-12.7 mm
備考		腹筋: 6-D10

図 - 13 断面リスト

した部分と既存梁間に無収縮モルタルを充てんし、PC 鋼棒 32 φ (SBPR 1080 / 1230) を 7 本 / 1 スパン (5 階のみ 8 本 / スパン) を配置しプレストレスを導入することにより圧着した。接合部の詳細図を図 - 14 に示す。基礎部は、新設フレームの自重を支持するため、ベース部分を増打ちし補強している。

補強前と補強後の外観を写真 - 8, 9 に示す。

### 4.3 施工計画

本工事は、工事期間中建物の使用を中止し、耐震補強と全面改修を同時に行った。アウトフレームの工事内容は、

南側に 5 層 26 構面、北側に 5 層 28 構面である。北側は隣接する棟との間隔が狭く重機を設置することが不可能だったため、南側に重機を据え、南側、北側の両面の架設を行った。概略の全体工程を図 - 15 に示す。

### 4.4 PCa 部材の製作

PCa 部材の製作は群馬県内の JIS 認定工場で行った。製作に先立ち、既存建物の柱間隔・階高等を実測し、既存躯体と設計図との整合性を確認するとともに、既存大梁の鉄筋探索も行い、既存躯体との接合用 PC 鋼棒が鉄筋と干渉しないように位置決定を行った。部材の製作は、取付け 1

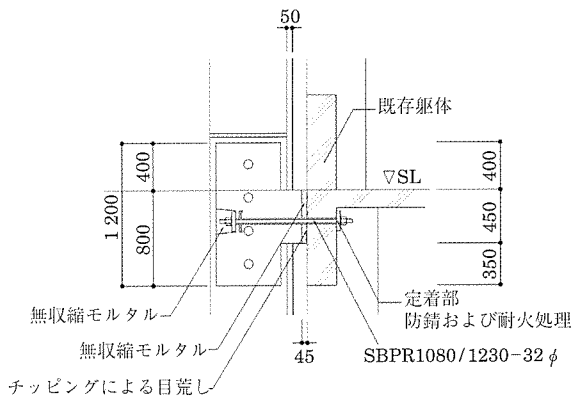


図 - 14 接合詳細図



写真 - 8 補強前外観



写真 - 9 補強後外観

箇月前である 10 月下旬から始め、約 2 箇月で終了した。部材の概要を表 - 4 に示す。

4.5 PC 工事

PC 工事のフローチャートを図 - 16 に示す。

施工は北面から行い 1 層ごとに北面、南面を交互に繰り返し行った。各層の工程は、PCa 柱・PCa 梁の建て方に 2 日、柱-梁の目地モルタルおよび緊張を 4 日で施工した。

施工状況を写真 10 ~ 11 に示す。

表 - 4 部材概要

コンクリート強度	PCa 柱		PCa 梁		
	50 N/mm <sup>2</sup>		50 N/mm <sup>2</sup>		
PC 鋼材	—		4c - 10 - SWPR7B 12.7 mm		
部材数	南面	北面	南面	北面	
	5 階	3 ピース	3 ピース	2 ピース	2 ピース
	4 階	5 ピース	5 ピース	4 ピース	4 ピース
	3 階	7 ピース	7 ピース	6 ピース	6 ピース
	2 階	7 ピース	9 ピース	6 ピース	8 ピース
	1 階	9 ピース	9 ピース	8 ピース	8 ピース
	合計	31 ピース	33 ピース	26 ピース	28 ピース
ボリューム	192 m <sup>3</sup>		242 m <sup>3</sup>		

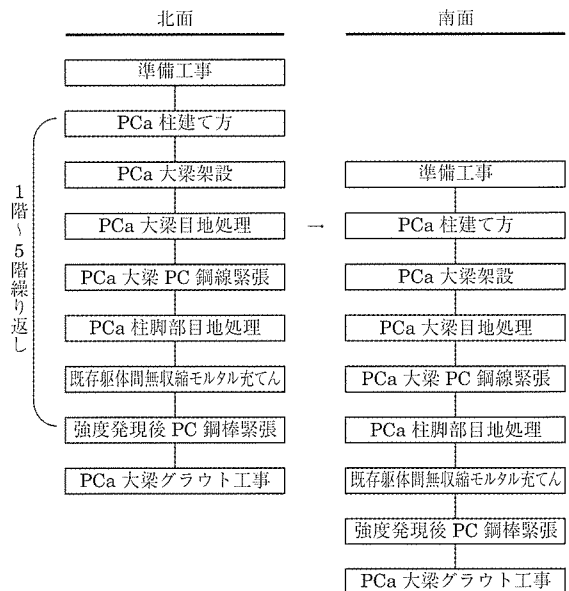


図 - 16 PC 工事フローチャート

	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
準備・撤去等		[Bar]						
基礎工事				[Bar]				
PCa 部材の製造					[Bar]			
PCa 部材の取付け・緊張					[Bar]			
仕上げ工事								[Bar]

図 - 15 概略全体工程

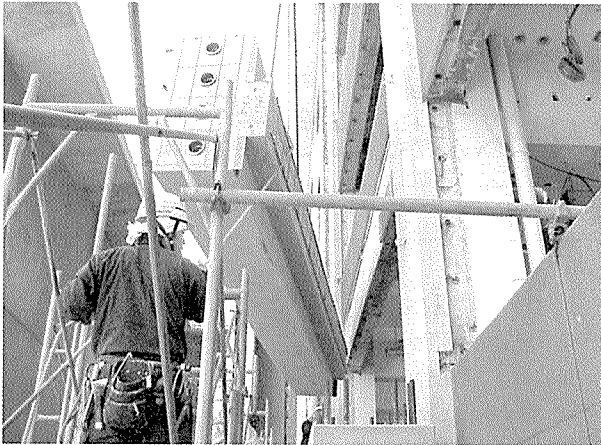


写真 - 10 PCa 梁の架設状況

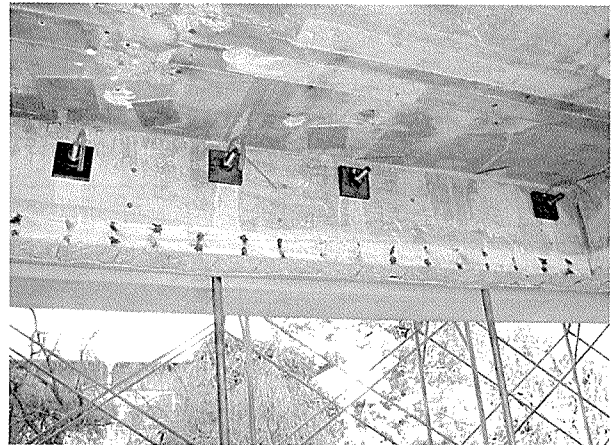


写真 - 11 既存躯体との接合用 PC 鋼棒

## 5. おわりに

本稿では、居ながら施工が可能な耐震補強工法の 1 例として、PC アウトフレーム工法の概要と施工例について紹介した。早急な耐震化率の向上が望まれるなか、居ながら施

工の需要はますます向上されることが予想される。本工法が耐震化率の向上の一助となれば幸いである。

最後に、佐沼高校および群馬大学の工事に御協力をいただいた多数の皆様にご心より御礼申し上げます。

【2006 年 5 月 19 日受付】



図書案内

## 付着が拓く PC 構造の近未来

— 構造性能評価における鋼材付着の役割 —

2005 年 6 月

頒布価格：会員特価 3 000 円（送料 500 円）

：非会員価格 4 000 円（送料 500 円）

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会  
鋼材付着制御による PC 構造性能改善研究委員会