

# PCaブレース耐震補強工法の設計と施工

小山内 裕\*1・浅川 弘一\*2・山本 光一\*3・谷本 政隆\*4

## 1. はじめに

兵庫県南部地震以来、既存建物の耐震補強として鉄筋コンクリート壁の増設・枠付き鉄骨ブレースの増設・外付け鉄骨ブレースの増設等各種工法が積極的に開発施工されている。わが社においてもプレストレストコンクリート造耐震ブレース（以下、PCaブレースという）とプレキャストコンクリート造耐震壁を開発してきた。

今回オリエンタル建設(株)滋賀工場において事務所棟をプレキャストプレストレストコンクリート造で新築するにあたり上記2工法を構造の一部として採用した。本報告は、そのうちのPCaブレースの設計・製造・施工について報告するものである。

## 2. 建物概要

### 2.1 建物概要

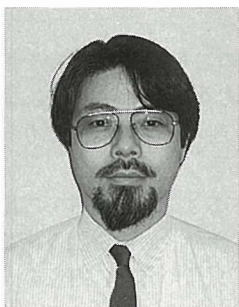
工事名称：オリエンタル建設(株)滋賀工場事務所棟 新築工事  
 建築場所：滋賀県犬上郡甲良町大字小川原多賀渡1080  
 構造：プレキャストプレストレストコンクリート造  
 階数：地上2階  
 規模：敷地面積 38 395 m<sup>2</sup>  
           建築面積 270 m<sup>2</sup>  
           延床面積 540 m<sup>2</sup>

### 2.2 PCaブレース概要

製造工場：オリエンタル建設(株) 滋賀工場  
 工期：平成10年12月1日～平成10年12月22日  
 （上記工期は部材の製造・取付け・圧着まで）



写真-1 建物全景



\*1 Yutaka OSANAI

オリエンタル建設(株) 技術部



\*2 Hirokazu ASAKAWA

オリエンタル建設(株) 大阪支店  
 建築部 設計チーム



\*3 Kouichi YAMAMOTO

オリエンタル建設(株) 大阪支店  
 滋賀工場 製造課



\*4 Masataka TANIMOTO

オリエンタル建設(株) 大阪支店  
 工事部 工事チーム

表-1 主要材料表

使用部分	コンクリート		PC鋼材		鉄筋
	設計基準強度	導入時圧縮強度	使用鋼材	導入緊張力	
PC床版	50N/mm <sup>2</sup>	35N/mm <sup>2</sup>	SWPR7A φ12.4	11.12 t	D16以下 SD295A D19以上 SD345
PC柱	50N/mm <sup>2</sup>	30N/mm <sup>2</sup>	SBPR1 080/1 230 φ23	30.00 t	
PC梁	50N/mm <sup>2</sup>	30N/mm <sup>2</sup>	Y方向梁:9-SWPR7A φ9.3 X方向梁:9-SWPR7A φ9.3	55.44 t 45.00 t	
PCa耐震壁	50N/mm <sup>2</sup>	30N/mm <sup>2</sup>	耐震壁:9-SWPR7A φ9.3	45.00 t	
PCaブレース	50N/mm <sup>2</sup>	30N/mm <sup>2</sup>	表-2参照		
場所打ち部	24N/mm <sup>2</sup>	—	—	—	
目地モルタル	50N/mm <sup>2</sup>	30N/mm <sup>2</sup>	—	—	



写真-2 PCaブレース設置状況

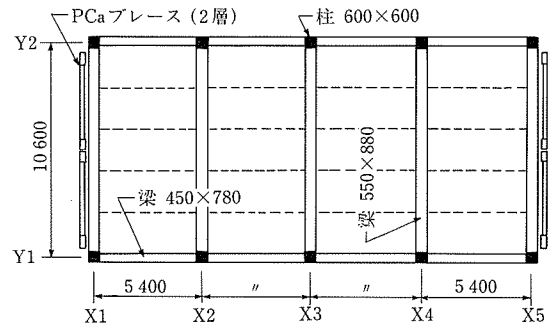


図-1 PCaブレース平面配置図

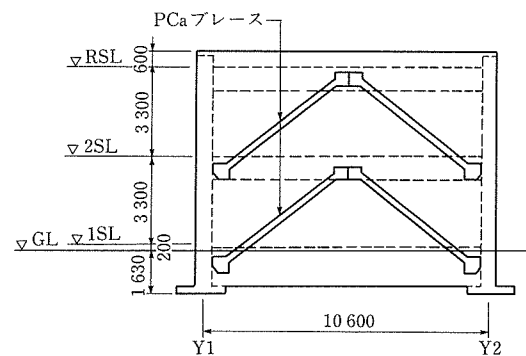


図-2 PCaブレース立面配置図

仕様：プレキャストプレストレストコンクリート造  
 構造：摩擦制御型圧着工法  
 部材数：8ピース  
 部材重量：1ピースあたり約1.2t  
 写真-1に建物全景、写真-2にPCaブレース設置状況を示す。また、建物全体の主要材料表を表-1に、PCaブレースに使用したPC鋼棒のリストを表-2に示す。

### 3. 設計

#### 3.1 設計概要

本建物は、21.6m×10.6m×2層の小規模で整形な新築建物である。構造形式は基礎部を除いてすべてプレキャストプレストレストコンクリート造である。

本来PCaブレースは、既存建物の耐震補強部材として開発されたものであり、今回は施工性の確認のために新築建物への使用となった。

PCaブレースは、平面的に偏芯が生じないようにX1とX5通りの2構面に配置することにした。

図-1, 2にPCaブレースの平面・立面配置を図-3にPCaブレースの標準形状を示す。

#### 3.2 摩擦係数

PCaブレースは、昨年の本誌上 (Vol.40, No.4) で研究報告を行った摩擦制御型のブレースである。

下部接合部は、無収縮モルタルを介して固定となるよう圧着し、上部接合部は、摩擦材として御影石を採用し、それを介して圧着している。表-3に設計に用いるせん断力伝達係数 (自社実験値より) を、図-4にPCaブレースの納まりを示す。

表-2 PC鋼棒リスト

配置箇所	鋼材仕様	導入緊張力
2階	上部圧着用 φ23-SBPR1 080/1 230 (1本)	32.27 t
	斜材用 φ23-SBPR 930/1 080 (1本)	31.00 t
	下部圧着用 φ23-SBPR1 080/1 230 (1本)	36.00 t
1階	上部圧着用 φ26-SBPR1 080/1 230 (1本)	40.27 t
	斜材用 φ23-SBPR 930/1 080 (1本)	31.00 t
	下部圧着用 φ23-SBPR 930/1 080 (2本)	25.00 t×2

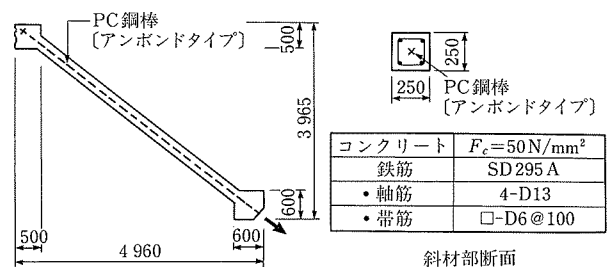


図-3 PCaブレース標準形状図

#### 3.3 PCaブレース耐力 (設計用せん断力) の設定

PCaブレース耐力の設定は以下の手順で行った。

- ① PCaブレース剛性は、断面寸法 B×D=250 mm×250

mm,  $F_c=50\text{N/mm}^2$ ,  $E_c=36\text{kN/mm}^2$ とした。

- ② PCaブレース剛性を考慮し、1次設計レベル( $C_0=0.20$ )の弾性解析を行った。
- ③ 弾性解析結果のPCaブレース負担せん断力をPCaブレース設計用せん断力とした。

以上よりPCaブレース設計用せん断力は、斜材1本あたり1階用13.69t、2階用10.97tとなった。

表-4に弾性解析結果を示す。

### 3.4 PCaブレースの設計

設計せん断力に対する相対変位は1mm以下であるので、それに対応する滑り面のせん断力伝達係数は、 $\mu_1=0.40$ を採用した。PCaブレース斜材については、 $\mu_2$ に対しひび割れ耐力を満足し、 $\mu_3$ に対し引張耐力を満足することとした。例-1に1階PCaブレースの設計を示す。

### 3.5 周辺部材への影響

2階大梁・基礎梁の端部では、PCaブレースの軸方向力の鉛直方向成分は下部圧着部において梁に伝達されると付加せん断力となる。梁のせん断耐力不足の場合は補強が必要となる。しかし今回は、2階大梁・基礎梁とも耐力に余力があり補強の必要はなかった。

また、PCaブレース取付け後の荷重(仕上げ・積載荷重)についても念のため解析を行った。その値はPCaブレース・周辺部材に対し十分小さく、構造安全上の問題はなかった。

## 4. PCaブレースの製造

PCaブレースの製造は、オリエンタル建設(株)滋賀工場で行った。今回は部材数が8ピースと少ないが、部材の出来型管理と製品自体の見栄えを考慮して型枠は鋼製とした。型枠数は1基で、左右対称である接合部の部分型枠のみ種類別に作成し、斜材部の型枠は兼用とした。

製造については、形状寸法を管理することも重要であり、PCaブレースについては圧着用スリーブの位置管理がと

表-3 せん断力伝達係数

無収縮モルタル目地		$\mu_m=1.00$
御影石(摩擦材)	滑り初め(相対変位:10mm未満)	$\mu_1=0.40$
	安定時(相対変位:10mm以上)	$\mu_2=0.65$
	PCaブレース安全性検討用上限値	$\mu_3=0.85$

例-1 1階PCaブレースの設計

設計せん断力:  $Q_D=13.69\text{t}$

斜材角度:  $\theta=38.21^\circ$

上部圧着力  $P_T = \frac{Q_D}{\mu_1} = 34.23\text{t}$

[導入力]  $\rightarrow P_{T0} = \frac{P_T}{\gamma} = 40.27\text{t}$

斜材 斜材の設計用軸力は、

ひび割れ時:  $N_{cr} = Q_D \times \frac{\mu_2}{\mu_1} \times \frac{1}{\cos\theta} = 28.31\text{t}$

引張耐力時:  $N_u = N_{cr} \times \frac{\mu_3}{\mu_2} = 37.02\text{t}$

$\phi 23\text{-SBPR } 930/1080 P_o = 31.0\text{t} \left[ \frac{\gamma P}{A} = 42.16\text{kg/cm}^2 \right]$

$A N_{cr} = \gamma P + B \cdot D \cdot \sigma t = 48.23\text{t} > 28.31\text{t}$

$A N_u = p_c P_y + a t \cdot r \cdot \sigma t = 54.71\text{t} > 37.02\text{t}$

(圧縮応力度)  $\sigma_n = \frac{\gamma P}{A} + \frac{N_u}{A} = 101.39\text{kg/cm}^2 > 333.3$

下部圧着力  $P_B = \frac{N_u}{\mu_m} = 37.02\text{t}$

[導入力]  $\rightarrow P_{B0} = \frac{P_B}{\gamma} = 43.55\text{t}$

滑り部ルーズホール

ルーズホールには、1/150程度の層間変位を考えた。

$\delta_h = 3625/150 = 24.2\text{mm} \rightarrow 25\text{mm}$

ホール径は、 $\phi = 25 + 30 + 25 = 80\text{mm}$ とした。

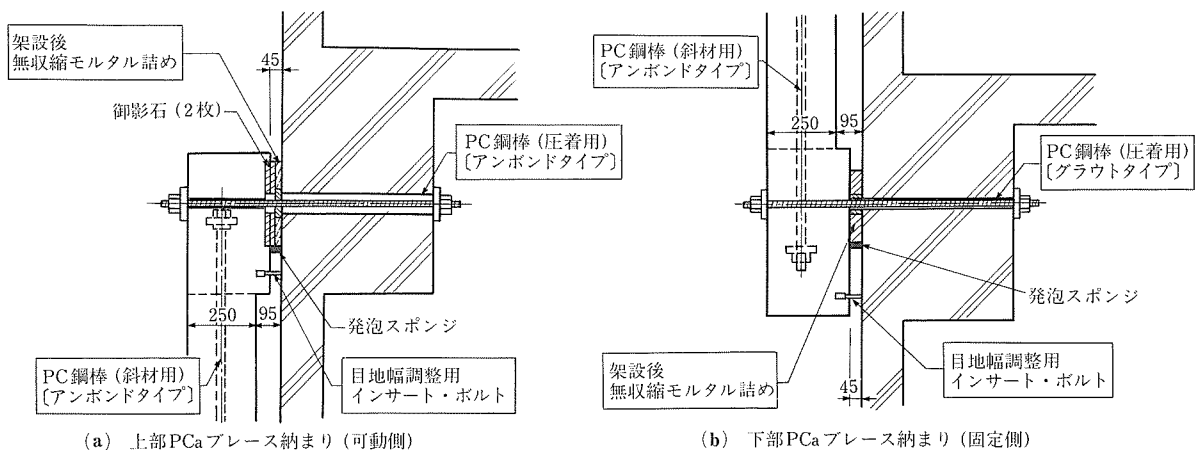


図-4 PCaブレース納まり図

表-4 弾性解析結果

階	柱	水平力負担率			層間変位 $\delta (\delta/h)$	
		PCaブレース	合計	PCaブレースあり	PCaブレースなし	
2F	14.53 t (39.9%)	21.93 t (60.1%)	36.46 t (100%)	0.406 mm (1/8 128)	0.993 mm (1/3 323)	
1F	31.88 t (53.8%)	27.38 t (46.2%)	59.26 t (100%)	0.577 mm (1/6 282)	1.206 mm (1/3 006)	



くに重要である。よって、スリーブ位置を最重点管理項目として±3mmの許容値にて管理を行った。

摩擦材として用いる御影石は、2枚をプラスチックボルトM6で一對にし、部材にあらかじめ座掘りしてある正規の位置にエポキシ系接着剤で貼り付けた。また、斜材部に配置されているPC鋼棒φ23-SBPR930/1080の緊張作業は、工場で行い現場へ搬入した

写真-3にPCaブレースの製造状況を、写真-4に御影石貼付け状況を示す。

## 5. 現場施工

### 5.1 PCaブレースの施工方法

PCaブレースの施工は躯体工事および外壁・サッシュ等の取付けが完了した後に行った。施工方法および順序を以下に記す。

#### (1) 架設位置の墨出し

部材の架設に先立って架設位置の墨出しを行う。このときに躯体側の圧着用スリーブ位置の確認をしておく。

#### (2) 部材搬入(写真-5)

部材を工場内のストックヤードより現場内に移動搬入する。

#### (3) 発泡スポンジの貼付け

搬入された部材に、目地モルタルの型枠として、また、注入する無収縮モルタルが圧着用スリーブ内に侵入するのを防ぐために、発泡スポンジを貼り付ける。

#### (4) 部材の吊上げ

部材(重量約1.2t)をだいたいの取付け角度になるようにチェーンブロックで調整しながら25tトラッククレーンで吊り上げる。

#### (5) 部材の取付け(写真-6)

吊り上げた部材は、躯体と外部足場の50cm程度の間を通して徐々に降下させ正規の位置に取り付ける。躯体との空き寸法は部材に埋め込まれたボルトで微調整を行い、高さ方向の調整はサポートを利用して行った。

#### (6) 無収縮モルタルの注入

圧着用スリーブに所定のPC鋼棒をセットした後に、躯体と部材の隙間に無収縮モルタルを注入する。無収縮モルタルは部材と同強度(50N/mm<sup>2</sup>)のものを使用した。

#### (7) 躯体への圧着(写真-7)

無収縮モルタルのプレストレス導入時強度(30N/mm<sup>2</sup>)を

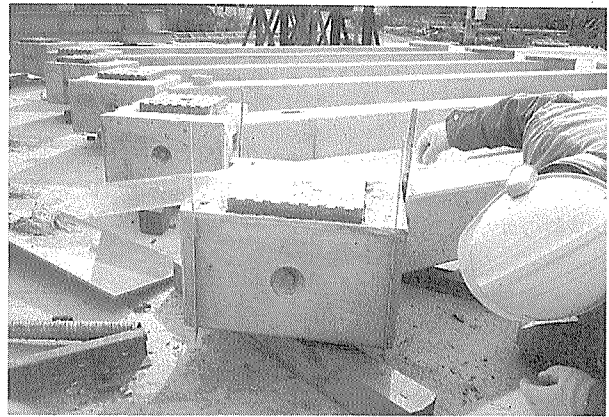


写真-4 御影石貼付け状況

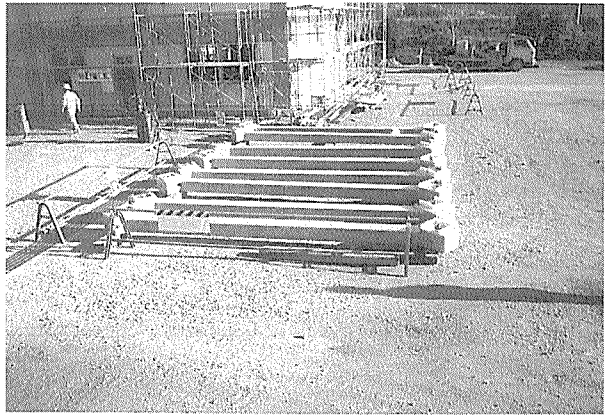


写真-5 部材搬入状況



写真-6 部材吊上げ状況



写真-3 PCaブレース製造状況



写真-7 部材取付け状況

確認後、圧着用PC鋼棒の緊張作業を行う。上部接合部にはアンボンドタイプを、下部接合部にはグラウトタイプを使用している。緊張作業については後に詳しく記す。

(8) 仕上げ(写真-8)

躯体と部材の隙間にはシーリングを行い、その後仕上げの吹付け作業を行った。最後に外部側の定着端にはステンレス製のカバーを、内部側には後打ちコンクリートで防錆処置を行った。

5.2 短尺鋼棒の試験緊張

1000mm以内の短尺PC鋼棒の施工実績および管理データが少ないため、今回工事においては、本緊張に先立って試験緊張を行い、必要導入緊張力に対する施工時緊張力を決定することとした。

試験緊張の方法は、試験緊張用PC鋼棒(φ23-SBPR930/1080・φ23-SBPR1080/1230・φ26-SBPR1080/1230各1本)を用意し、図-5のようにロードセルとひずみゲージを取り付けて緊張箇所セットする。所定の緊張力で通常の導入作業を行い、定着ナットを締め付けて定着作業を完了し、ロードセルとひずみゲージにより導入されている緊張力を測定する。測定値が所定の緊張力より低い場合は、再緊張を行い、所定の導入力を満足する施工時緊張力を決定する。

試験緊張は各PC鋼棒についてそれぞれ3回ずつ行い、それぞれの平均値を施工時緊張力として採用した。

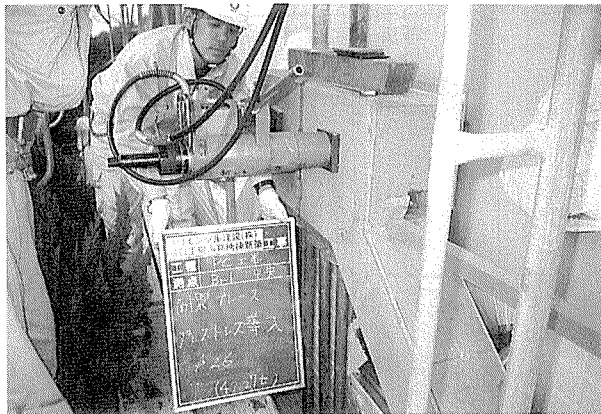


写真-8 現場緊張状況

表-5にφ26-SBPR1080/1230の試験緊張管理表を示す。

5.3 緊張作業

試験緊張により決定した施工時緊張力により、各PC鋼棒の緊張作業を行った。本緊張ではロードセルをセットできないので、緊張油圧ポンプの圧力を標準ゲージで管理し慎重に作業を行った。また、後で記す6本のPC鋼棒にはひずみゲージを2枚ずつ貼り付けてあるので、それにより導入力の確認ができた。

5.4 導入後の緊張力の測定

今回は自社の工事であるので、自由に長期的に緊張力の変化を測定できる。そのため、図-6に示す西面の6本のPC

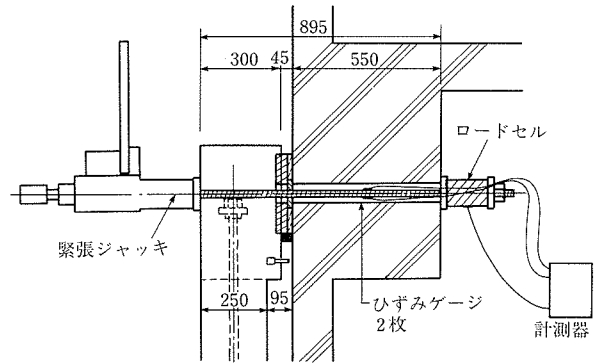
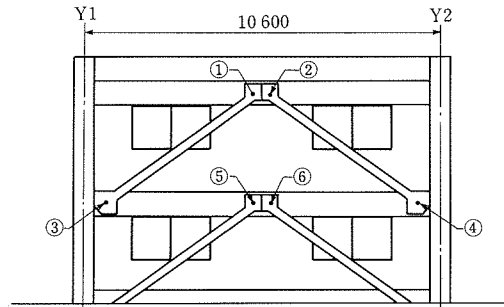


図-5 試験緊張要領図



計測位置	鋼材種	導入緊張力
①, ②	φ23-SBPR 1080/1230	32.27t
③, ④	φ23-SBPR 1080/1230	36.00t
⑤, ⑥	φ26-SBPR 1080/1230	40.27t

図-6 ひずみゲージ貼付け位置

表-5 試験緊張管理表

(試験日:平成10年12月18日)

PC鋼棒φ26-SBPR1080/1230 導入緊張力(40.27t)									
緊張力	ロードセル	1回目		2回目		3回目			
		ひずみゲージ①	ひずみゲージ②	ロードセル	ひずみゲージ①	ひずみゲージ②	ロードセル	ひずみゲージ①	ひずみゲージ②
		平均			平均			平均	
40.27t	40.26t	3684μ		40.26t	3756μ		40.29t	3778μ	
		3783μ			3630μ			3635μ	
		3734μ			3693μ			3707μ	
ナット定着時	41.29t	3777μ		40.82t	3809μ		41.06t	3836μ	
		3875μ			3682μ			3693μ	
		3826μ			3746μ			3765μ	
緊張解放時	38.26t	3506μ		38.19t	3572μ		38.32t	3594μ	
		3607μ			3451μ			3454μ	
		3557μ			3512μ			3524μ	
決定した作業緊張力 (40.27t → 42.27t)									

鋼棒にはひずみゲージを2枚ずつ貼り付けてあり、1ヵ月に1回程度の割合で導入緊張力を測定し、短尺PC鋼棒のデータをまとめることにしている。

## 6. おわりに

工事着工以来工程どおりに順調に進んでいた現場も、年が改まった1月は雨と雪のため外装工事等に多少の遅れも生じたが、予定どおり平成11年2月28日には工事完了となっ

た。無事に工期どおりに竣工できることは最上の喜びであり、関係者各位に心から感謝する次第である。

なお、PCaブレースは(社)建築研究振興協会に研究を委託し、技術的検討は委員会〔委員長：渡邊史夫 京都大学 教授、委員：岡本 伸、岡本隆之祐、小幡 学、加藤博人、世良耕作、立花正彦、勅使川原正臣(敬称略、五十音順)〕を設置して行われた。また、本耐震補強工法は、(財)日本建築防災協会にて審査を受け、今年3月4日に技術評価を終了した。

【1999年3月16日受付】

### ◀ 刊行物案内 ▶

## 第 8 回 プレストレストコンクリートの 発展に関するシンポジウム 論 文 集

(平成10年10月)

本書は、平成10年10月に松山で開催された標記シンポジウムの講演論文集です。

頒布価格：10 000円(送料600円)

体 裁：B5判、箱入り

内 容：特別講演2編(22頁)、講演論文集160編(828頁)