

(28) PCaコンクリートブレースによる耐震補強 その2 振動試験結果

オリエンタル建設(株)	技術部	正会員	小山内 裕
同上	建築支店	正会員	大島 幸
同上	建築支店	正会員	木村 義男
同上	技術部	非会員	森山毅子彦

1. 概要

本研究ではプレキャスト(PCa)プレストレストコンクリート(PC)造ブレースの構造特性のうち、振動載荷時のブレースの構造性能、既存梁との接合部を圧着による摩擦制御型接合部の挙動、接合部の構造性能を確認することを目的として実験を行った。試験体は、K型PCaブレースとし、柱はせん断力を負担しない構造とするために上下端ともピン構造とした。圧着接合部は、滑り変位が生じることを前提として、モルタルなど付着のある構造とせず、天然石を摩擦材として用い、PC鋼棒により圧着接合した。試験は、接合部の圧着力をパラメーターとして、実構造物の1/2スケールの模型を2体製作して、振動実験を実施し、所定の構造性能を確認した。

2. 試験の目的

本試験はプレキャストコンクリートブレースの摩擦制御型接合部の構造性能および部材の安全性の確認を目的として実施した。検討項目は次のとおりである。

(1) せん断力伝達係数

滑り始め ($\mu = 0.4$)、設計荷重用 ($\mu = 0.65$ 、滑り量 $\delta > 10\text{mm}$)、部材の安全性検討用上限値 ($\mu = 0.85$) とした。これらの値の妥当性を確認する。せん断力伝達性能はせん断力伝達係数と圧着力の積で定まる。せん断力伝達係数は圧着力と応答加速度より求められる慣性力の比とする。

(2) 部材の安全性

ブレースにひび割れが発生したときのブレースの軸力に対しひび割れ耐力を確認する。

(3) 圧着用PC鋼棒の応力変動の把握

圧着力は接合用PC鋼棒の応力度を、ロードセルにより計測する。ブレースにプレストレスを導入するアンボンドPC鋼材の応力はPC鋼棒に貼付けたゲージで測定する。

3. 試験体

1) 構造

試験体は、上部接合部の滑りにおけるせん断力伝達係数の確認を目的とした摩擦制御型の試験体（低圧着力型：BR4）、ブレースのひび割れ耐力の確認を目的とした試験体（高圧着力型：BR5）の2体を製作して試験を実施した。概要は以下のとおりで図-1に構造図を示す。

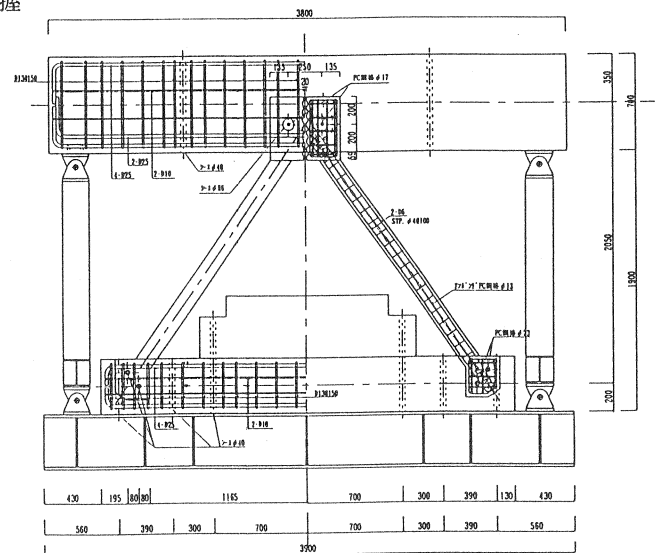


図-1 試験体構造図

上部接合部の圧着力を変数として、14tonf(低圧着力型:BR4)と37tonf(高圧着力型:BR5)とした。

スケール:実構造の1/2 スパン:3.4m(1フレーム) 柱:S造、上下端ヒンジ構造

ブレース:スパン=1.325m、高さ=1.900m、部材軸長さ=2.316m

2) 材料

試験体の材料を表-1、2、3に示す。

表-1 材料試験結果

材 料	コンクリート			グラウト	
	圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 (kgf/cm ² ×10 ⁵)	引張強度 (kgf/cm ²)	ブレース目地 圧縮強度 (kgf/cm ²)	摩擦材固定用 圧縮強度 (kgf/cm ²)
1回目試験	705	3.91	45.5	447	711
2回目試験	771	3.93	40.1	497	774

表-2 鉄筋の機械的性質

径	種 別	公称断面積 (kgf/cm ²)	弾性係数 (×10 ⁶ kgf/cm ²)	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
φ 4	SWRMK	0.13	2.10		5765
D 6	SD295A	0.32	2.10	3876	5582
D 1 0	SD295A	0.71	2.10	3827	5357
D 1 3	SD295A	1.27	2.10	3795	5408
D 1 6	SD245A	1.99	2.10	3694	5286
D 2 5	SD245A	5.07	2.10	4082	5684

表-3 PC鋼材の機械的性質

径	種 別 (C種)	公称断面積 (kgf/cm ²)	弾性係数 (×10 ⁶ kgf/cm ²)	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
φ 1 3	SWPR1080/1230	1.327	2.05	12755	13143
φ 1 7	SWPR1080/1230	2.270	2.05	12133	13214
φ 2 3	SWPR1080/1230	5.155	2.05	11857	13112

4. 載荷試験

RC造の上梁はブレースの剛性に比べて質量が小さく、応答慣性力が不足するので付加質量として重錘(5.4tonf)を上梁の下面に取付けた。

1) 載荷計画

載荷は、試験体を振動台に設置して、振動台を実地震波入力を含む動的な載荷を実施した。実施した振動台ではブレースにひび割れが入るような応答加速度が得られないので、高圧着型では共振周波数の17Hzで入力し、共振により所定の応答加速度を得ることとした。低圧着型は通常の地震波の卓越周期が1~3Hzなので3HzのSIN波入力とした。

・入力地震波

(1) ランダム波

(2) SIN波: 低圧着型: 周波数=3Hz、入力加速度=500~1200(gal)

高圧着型: 周波数=17Hz、入力加速度=15~1000(gal)

2) 測定計画

載荷実験では次の項目について測定する。測定間隔は1/200秒で測定した。

- (1) 梁の応答加速度。
- (2) 梁とブレースの相対変位置。
- (3) 圧着用PC鋼材の応力変化。

5. 試験結果と考察

(1) せん断力伝達係数

SIN波入力加速度1200(gal)の振動試験の結果として、水平力(梁の応答加速度×梁の質量)を圧着力で除した値を図-2に示す。これは、せん断力伝達係数の変化を表わす。

設定した各せん断力伝達係数および実験値を表-5、図-3に示す。

- ・滑り始めは $\mu = 0.40$ 以上であった。
- ・設計用せん断力伝達係数は滑り変位 $\delta > 10\text{mm}$ では $\mu = 0.65$ を下回ることにはなかった。
- ・最大せん断力伝達係数は $\mu = 0.73$ で、上限値 $\mu = 0.85$ を上回ることにはなかった。

表-4 低圧着型試験体(BR4)のせん断力伝達係数

入力加速度(gal)	600	700	800	900	1000	1100	1200
応答加速度(gal)	660	720	810	900	1000	1100	1200
相対変位置(mm)	0.12	0.16	0.17	2.2	2.27	12.10	15.80
せん断力伝達係数	0.41	0.46	0.54	0.55	0.60	0.70	0.73

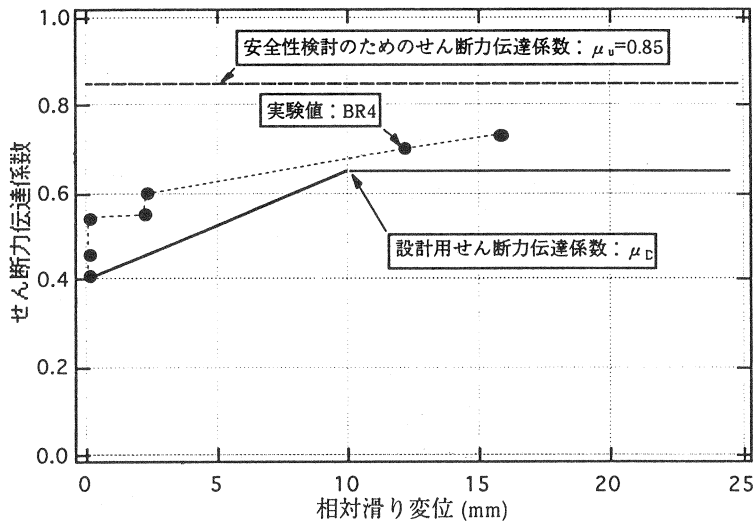


図-3 せん断力伝達係数の設計値と実験値

(2) ひび割れ耐力

ひび割れは、高圧着力型試験体において応答加速度1600(gal)後は観測されず、最大応答加速度2460(gal)の加振終了後に観測された。ブレースに作用した軸力の計算値は次のとおりである。

梁の最大応答加速度: 1600(gal)、せん断力 $Q_1 = 12.94$ (tonf)、軸力 $T_1 = 11.31$ (tonf)

梁の最大応答加速度: 2460(gal)、せん断力 $Q_2 = 19.92$ (tonf)、軸力 $T_1 = 17.41$ (tonf)

計算値 $T_{br}=13.61(\text{tonf})$

$T_1 < T_{br} < T_2$ であり、計算値は妥当な数値である。

(3) 圧着用PC鋼棒の応力変動の把握

・接合部のPC鋼材の応力

低圧着力型：PC鋼材 ϕ 13mm、 $P_{pre}=7.94+7.93=15.8(\text{tonf})$

入力波SIN1200(gal) において相対変位量5.7mm、圧着力増分=0.19(tonf)

高圧着力型：PC鋼材 ϕ 17mm、 $P_{pre}=18.52+18.73=37.25(\text{tonf})$

入力波SIN1200(gal) において相対変位量2.1mm、圧着力増分=0.20(tonf)

実験値ではいずれも大きな応力増分はなかった。

・ブレース用PC鋼材の変化

低圧着力型は130(μ)以下、高圧着力型は200(μ)以下の増加で、変化量は小さかった。

6. まとめ

本試験の結果以下の構造性能が確認された。

- (1) せん断力伝達係数：設定した滑り始め時、設計荷重用、上限値の各値は妥当であった。
- (2) ひび割れ耐力：ひび割れ耐力の実験値を特定することはできなかったが、計算値は実験値と比較して妥当な値であった。
- (3) 圧着力：圧着接合部のPC鋼棒およびブレースのアンボンドPC鋼棒の応力変動はわずかであった。

謝辞

本研究では(社)建築研究振興協会に設置された「PC耐震壁の性能検討委員会(委員長：渡邊史夫 京大教授)の方々に多くの貴重なご意見を頂きました。また試験体の製作においては、高周波熱錬(株)からPC鋼材を提供して頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート終局強度設計に関する資料(日本建築学会)
- 2) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説(日本建築学会)
- 3) プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説(日本建築学会)
- 4) 建築技術1997.10「特集 既存建物の耐震診断と耐震改修(P88~P197)