

### 3方向プレストレスを導入したL型断面柱の健全性の検証

オリエンタル建設(株)                      ○白井奈津子  
 (株)ジェーエスディー                      徐 光  
 オリエンタル建設(株) 正会員 木村 義男  
 オリエンタル建設(株)                      石川 晃

#### 1. はじめに

本報告の対象となる建物は、柱、梁、スラブ、壁をすべてプレキャスト・プレストレストコンクリート（以下 Pca・PC）部材とし、柱梁接合部を圧着接合とした7F建て事務所兼住居ビルである。この建物に用いられた柱は、「L型」の断面形状であり、柱梁ともに圧着接合のため3方向よりプレストレスが作用する。このL型柱のパネルゾーンは密な鋼材配置であり、シースによる空隙が多く、また、断面に対するプレストレス量が一般的な梁より大きい。そこで、特に施工時において、定着板のめり込みや柱隅角部の3方向圧縮によるひび割れや欠け落ちが生じずに部材が健全であることを確認するため、L型断面柱の柱梁接合部の実物大実験を行い、あわせて3次元有限要素法による線形解析による検討を行った。

#### 2. 建物概要

対象とした建物の平面図および軸組図を図-1に、実構造物に使用した材料と導入緊張力を表-1に示す。本建物は梁間方向13m、桁行き方向6.65m+5.3m+7.15m、基準階高2.75mのラーメン形式の7階建て事務所兼

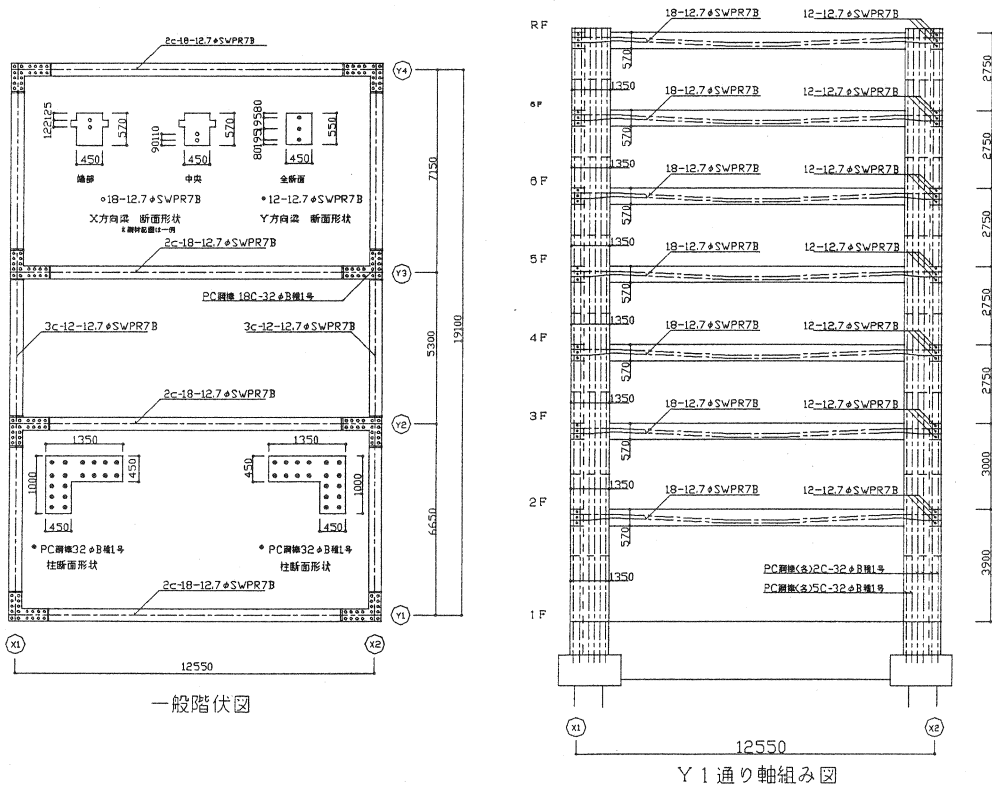


図-1 建物概要

表-1 実構造物の使用材料と導入緊張力

使用材料		コンクリート設計基準強度		Fc=60N/mm <sup>2</sup>			
補強鉄筋		SD295					
使用鋼材と導入緊張力	降伏耐力 Py (KN/c)	緊張力		ΣPe (KN)	部材 断面積 A (cm <sup>2</sup> )	軸圧縮応力度	
		施工時 P0 (KN/c)	設計時 Pe (KN/c)			施工時 σs (N/mm <sup>2</sup> )	設計時 σe (N/mm <sup>2</sup> )
X方向梁	2c-18-12.7φ SWPR7B	2808	1800	1530	3060	2565	14.04
Y方向梁	3c-12-12.7φ SWPR8B	1872	800	680	2040	2475	9.70
柱	18-32φ B種1号	947	500	425	7650	8550	10.53

(ただし、X・Y方向梁緊張時の柱の緊張力は200KN×8cとし、梁架設終了後に全鋼棒の緊張を行った。)

住居ビルである。梁の断面形状はスパン方向 45×57cm、桁行方向 45×55cmで、使用 PC 鋼材はスパン方向 2c-18-12.7φ SWPR7B、桁行方向 3c-12-12.7φ SWPR7B である。柱断面は L 型の形状をしており、各階中央で PC 鋼棒 18c-32φ B 種により圧着接合される。壁、スラブとともに、PCa 部材であり、特に壁は、柱とスリットを設けた間仕切壁としており、構造部材ではない。また、本建物では、目地モルタルを使用するのみで、場所打ちコンクリートはほとんど使用していない。

3. 実験概要

実験概要を以下に示す。実験は、L 型柱のパネルゾーンを対象とし、施工時緊張力およびスパン方向梁に鋼材の許容緊張力相当の緊張力が導入されたときの部材の健全性を確認することを主目的とした。

3-1 試験体概要

試験対象範囲を図-2、使用したコンクリートの材料試験結果を表-2 に、使用した PC 鋼材の機械的性質を表-3 に示す。実験対象は、緊張用の定着具が 3 方向必要になり、断面欠損が多く、最も厳しい応力状態になると考えられる最上層隅角部の L 型柱の一部 (梁間方向 1.35m、桁行き方向 1.0m、高さ 1.8m) を試験体とした。コンクリートは、設計基準強度 Fc=60 (N/mm<sup>2</sup>) とし、打設後に蒸気養生を行った。

3-2 試験方法

試験体および試験方法を図-3 に示す。試験体には、

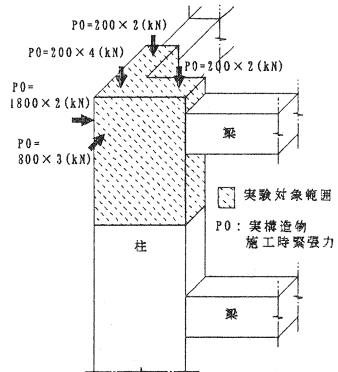


図-2 試験対象範囲

表-2 使用コンクリートの材料試験結果

材料の種類	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (KN/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	61.2	32.5

表-3 使用鋼材と機械的性質

種類	断面積 (mm <sup>2</sup> )	降伏点荷重 (KN)	引張荷重 (KN)
φ32B 種 1号	804.2	748	868
φ36B 種 1号	1018.0	947	1100
18-12.7φ SWPR7B	1776.8	2808	3294

表-4 試験時緊張順序

順序	緊張方向	緊張力
1	鉛直方向	4c×200 (KN)
2	桁行方向	3c×800 (KN)
3	スパン方向 (施工時導入緊張力)	2c×1800 (KN)
4	スパン方向 (許容緊張力相当)	2c×2350 (KN)

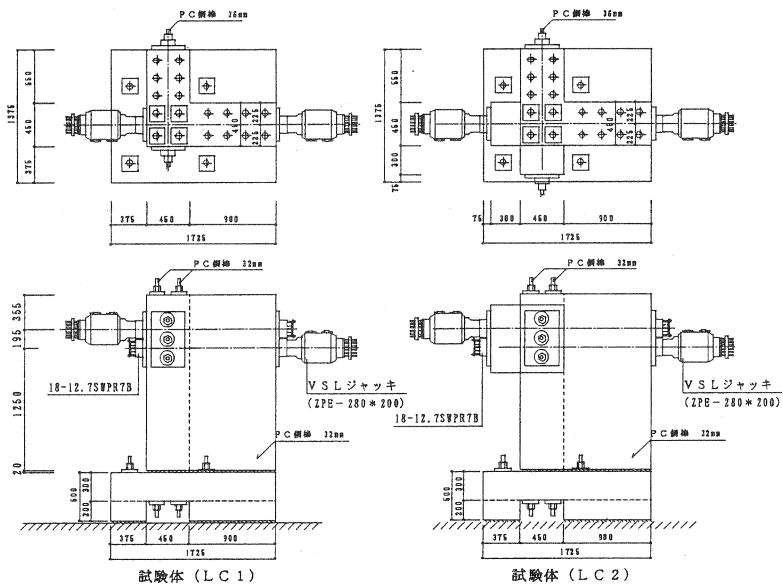


図-3 試験方法

定着具を①柱梁接合部内としたタイプ (LC1) と②柱梁接合部外としたタイプ (LC2) の2タイプとした。加力方法としては施工順序に従い、①柱軸方向②桁行き方向③スパン方向の順序で緊張した。

柱軸方向の緊張は、柱頭より 350KN センターホールジャッキにて片引きとした。実構造物の柱軸方向の緊張力は 9000KN(18c×500KN)であり、全体架構形成後に、全層にわたり緊張を行うが、実験では梁架設時を対象としたため、1次緊張分のうち隅角部緊張力のみ与えることとした(隅角部1次緊張力 800KN=4×200KN)。桁行方向の緊張は 1000KN センターホールジャッキを用い、PC鋼棒 36φにて行った。実際の桁方向鋼材には、PC鋼より線 12-12.7φを使用するが、短尺であるなどの理由によりPC鋼棒を使用した。スパン方向の緊張は、柱外面より 2800KN VSL ジャッキにて行った。スパン方向の加力では、施工時緊張力を導入し、部材の健全性を確認した後、2350KN/c まで緊張を行った。

荷重の測定は、柱軸方向および桁行方向はロードセルにより、スパン方向は、キャリブレーションを行った油圧計を用いて行った。また、ひずみゲージによりコンクリートの表面ひずみ(3方向ゲージを使用) および鉄筋ひずみ変化を測定した。図-4にコンクリートゲージ位置を示す。ひび割れは目視により確認した。

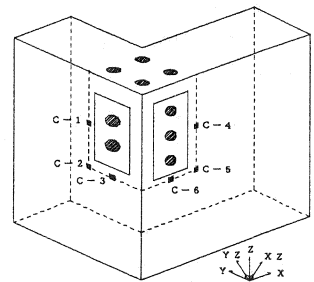


図-4 試験体コンクリートゲージ位置

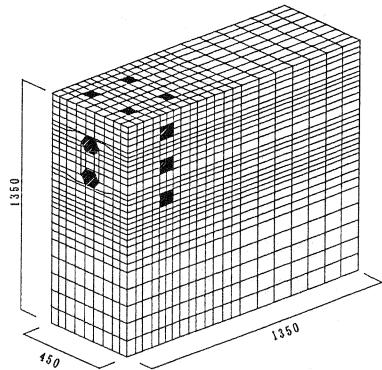


図-5 メッシュ分割図

表-5 解析に使用した材料のヤング係数

材料種類	ヤング係数(KN/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	33.5

#### 4. 解析概要

##### 4-1 解析対象モデル

緊張時の表面および内部の応力状態を確認するため、コンクリートをソリッド要素として有限要素解析を行った。解析に使用したモデルのメッシュ分割図を図-5に、解析に使用したコンクリートのヤング係数を表-5に示す。解析は、「LC1」試験体を対象とし、L型形状の桁行き方向の突出部を省き、450×1350×9350の立方体モデルに簡素化した。メッシュ分割の大きさは、一要素を細分割部で一辺 3~5cm、粗分割部では一辺 5~10cmの直方体とした。シーす穴部分は、モデル簡素化のため等断面積となる多角形に置換した。

##### 4-2 緊張力

解析に用いた荷重と支持条件を図-6に示す。柱側面については 35mm 厚の支圧板に分布荷重を入力し、部材との接合面は、全面に分布荷重を入力した。解析は施工段階ごとに、①柱軸方向②桁行き方向③スパン方向について行った。境界条件は底面を全面固定とした。

##### 4-3 解析結果

解析により得られた引張主応力分布を図-7に示す。解析の結果、部材表面の応力状態は定着部近傍および隅角部に引張強度をやや上回る過大な引張応力が見られた。そのため、隅角部および定着部周辺にメッシュ筋を配した。また、断面内部にもやや過大な応力状態も見られたが、シーす外周部表面であり、多角形断面に置換した影響が考えられる。

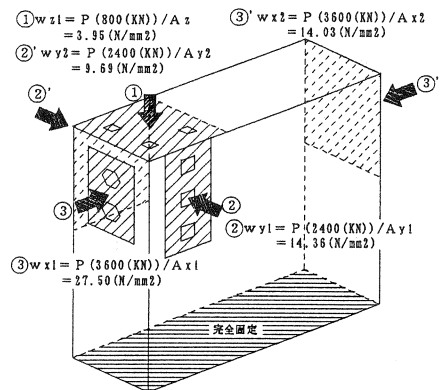


図-6 荷重と支持条件

5. 実験結果

5-1 実験結果の検討

各段階のコンクリートひずみおよび鉄筋ひずみを表-6~9に示す。計測結果は緊張方向と平行な測定箇所のみ記した。計測値では、鉛直方向緊張時の柱スパン方向側面(表-6)、桁方向緊張時の柱桁方向側面(表-7)のひずみは、解析値よりかなり小さい値となった。これは、FEM解析ではL型断面を矩形断面としたことにより桁方向断面の幅が小さく、応力が分散しなかったためと思われる。その他の計測値は、解析値と比較的一致しているが、応力状態は解析結果より一様な傾向を示している。また、両試験体の比較では、ややLC2のひずみが小さい傾向にあるが、ほとんど応力状態は変わらない結果となった。

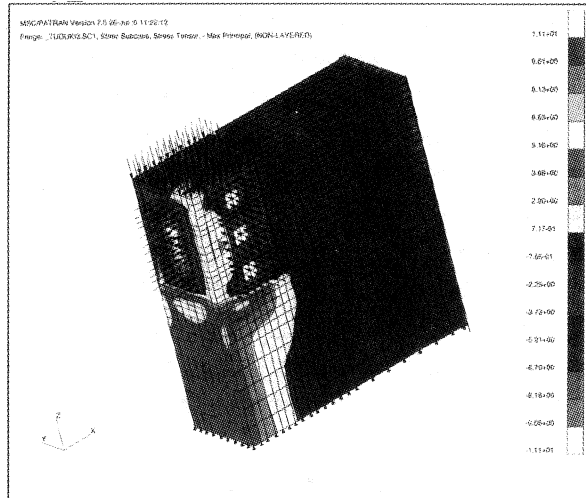


図-7 引張主応力分布

表-6 鉛直方向緊張時ひずみ

コンクリートひずみ	柱桁方向側面(μ)						
	c-1z	c-2z	c-3z	c-4z	c-5z	c-6z	
解析値(LC1)	-53	-58	-97	-168	-138	-129	
実験値	-61	-61	-72	-58	-57	-76	
	LC2	-41	-56	-94	-42	-60	-98

5-2 定着部周辺のコンクリート応力

スパン方向施工時緊張力導入時の定着部周辺のコンクリート応力を表-10に示す。解析では引張強度(4.2N/mm<sup>2</sup>)をやや越えるが、実験では、計測値 1.9 (N/mm<sup>2</sup>) と下回る結果となった。

鉄筋ひずみ	柱軸方向筋(μ)						
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	
解析値(LC1)	-136	-167	-139	-159	-79	-91	
実験値	-101	-136	-98	-53	-89	-71	
	LC2	-68	-86	-68	-58	-72	-54

(全表において引張+ 圧縮-)

5-3 ひび割れの有無

柱軸方向、桁方向、スパン方向の施工時緊張力導入後、また、スパン方向緊張力 P=4700(KN)導入後に、それぞれ目視にてひび割れの確認を行った。試験体「LC1」「LC2」ともに定着部近傍、隅角部などに全くひび割れは発生せず、部材が健全な状態であることが確認できた。

6. まとめ

実験の結果より確認できた項目を以下に示す。施工物件の確認実験であったが、これらの結果を今後の設計に役立て、さらに検討を進めたい。

- 1) 定着板近傍のひび割れ、柱隅角部のひび割れや欠け落ちはなく、施工時の部材の健全性を確認できた。
- 2) 解析では定着板周辺にやや過大な引張応力が見られたが、実験では引張強度以内に抑えることができ、柱外周部に配置したメッシュ筋の配置が適切であったといえる。
- 3) 実験では解析結果ほどの過大な応力集中はなく、一様な応力状態が確認できた。

謝辞 本実験・解析にあたり(株)ジェーエスディー、(株)倉田裕之/建築・計画事務所、佐伯建設工業(株)およびオリエンタル建設(株)の関係者に多大な御協力頂きました。ここに記し、感謝の意を表します。

【参考文献】1) コンクリート構造物の設計にFEMを適用するためのガイドライン、日本コンクリート工学会(1989.3)

2) 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(1987.9)

表-7 桁方向緊張時ひずみ

コンクリートひずみ	柱スパン方向側面(μ)			
	c-1y	c-2y	c-3y	
解析値(LC1)	-268	-36	-27	
実験値	LC1	-188	-65	-18
	LC2	-244	-91	-76

表-8 スパン方向緊張時ひずみ (P=360KN 施工時緊張力導入時)

コンクリートひずみ	柱スパン方向側面(μ)			
	c-4x	c-5x	c-6x	
解析値(LC1)	-318	-99	-82	
実験値	LC1	-208	-109	-81
	LC2	-257	-124	-78

表-9 スパン方向緊張時ひずみ(P=470KN)

コンクリートひずみ	柱スパン方向側面(μ)			
	c-4x	c-5x	c-6x	
実験値	LC1	-320	-158	-99
	LC2	-387	-181	-128

表-10 定着部周辺の応力とひずみ (P=360KN 施工時緊張力導入時)

コンクリートひずみ	定着部周辺の表面ひずみ(μ)			
	c-2z	c-3z	c-6z	
解析値(LC1)	98	164	134	
実験値	LC1	11	51	55
	LC2	-14	-54	-17

コンクリート応力	定着部周辺の表面応力(N/mm <sup>2</sup> )			
	c-2z	c-3z	c-6z	
解析値(LC1)	3.28	5.49	4.49	
実験値	LC1	0.37	1.71	1.84
	LC2	-0.47	-1.81	-0.57