

付着性能に注目したプレストレスト鉄筋コンクリート (PRC) 柱梁十字形部分架構の復元力特性に関する研究 (その1 実験概要)

プレストレスト鉄筋コンクリート 柱・梁接合部  
付着指標 変形成分 破壊状況

正会員 ○北山 和宏\*1  
同 岸田 慎司\*2  
同 田島 祐之\*3  
同 宮崎 裕ノ介\*4

1. はじめに

RC構造とPC構造の中間的な性質を持つプレストレスト鉄筋コンクリート (PRC) 構造の耐震性能評価のためには、ひび割れ幅、残留変形、普通鉄筋およびPC鋼材の付着性能などの定量が必要である。

そこで、本研究ではPC鋼材とグラウト間の付着及び梁主筋とコンクリート間の付着が架構に与える影響特にエネルギー吸収を調べるために、6種類のPC鋼棒と7種類の鉄筋を組み合わせて終局プレストレス率 $\lambda_t$

$$\lambda_t = \frac{\text{PC鋼棒の降伏引張力}}{\text{PC鋼棒の降伏引張力} + \text{普通鉄筋の降伏引張力}} \quad (1)$$

に基づき10体の平面柱・梁十字形試験体を作成し、静的正負交番載荷実験を行い、梁主筋付着性能及びPC鋼棒付着力について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 試験体概要 図-1に試験体の形状と寸法を示し、表-1に試験体諸元、表-2に材料特性を示す。試験体は、中間階柱・梁接合部とこれに連なる柱・梁部材の仮想反曲点位置で切り出したものと考え、以前行われたPC接合部実験<sup>1)</sup>を参考に、試験体の柱断面を350mm×350mm、梁断面を250mm×400mm、柱芯から梁端支持までが1600mm、梁芯から上柱および下柱加力点までがそれぞれ1415mmと設定した。油圧ジャッキを用いてプレストレス力を導入し、その後シース管内にグラウトを注入した。

コンクリート強度 (60MPa)・グラウト強度 (普通強度) は各試験体共通とし、コンクリート打設は実現場と同様に縦打ちとした。梁PC鋼棒には異形PC鋼棒及び丸鋼を用い、緊張力としてPC鋼材降伏強度の0.7倍のプレストレス力を導入した。

試験体は、破壊モードを全試験体で梁曲げ降伏が先行するよう想定し設計した。その際の梁主筋・PC鋼棒の降伏強度は規格降伏点強度を使用した。また各試験体は、鉄筋コンクリート構造の付着指標<sup>2)</sup> $B_I$ に基づき様々な $B_I$ を示す梁主筋を選択した。付着指標 $B_I$ とは

$$B_I = \frac{u_{b,av}}{\tau_u} \quad (2)$$

で表される。

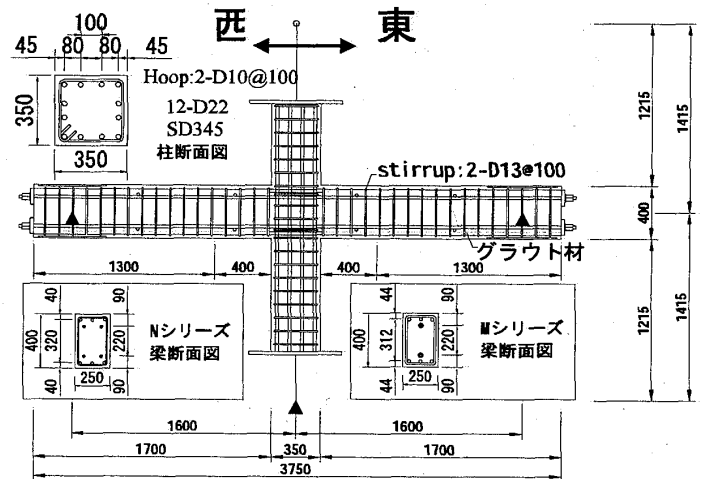


図-1 試験体概要図

ここで $u_{b,av}$  : 接合部内梁主筋が柱面の一端で引張降伏し他端ではコンクリートの負担圧縮力を0として断面での力の釣り合いから定まる圧縮力を負担するときの接合部内平均付着応力度、 $\tau_u$  : 梁主筋の柱梁接合部内での付着強度<sup>2)</sup>である。

各試験体の梁主筋の付着指標 $B_I$ と終局プレストレス率 $\lambda_t$ との関係を図-2に示す。実験因子は、PC鋼材と梁主筋の種類による梁断面配筋とした。

試験体は、NとMシリーズに二分した。Nシリーズの5体は、PC鋼材に共通のウルボン筋を4本、Mシリーズの5体は、形状・径の異なるPC鋼棒を2本使用した。Nシリーズ

表-1 試験体諸元

試験体名	N-1	N-2	N-3	N-4	N-5	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	
コンクリート強度	63.4MPa					58.8MPa					
コンクリート割裂引張強度	3.49MPa					3.76MPa					
グラウト材	56.4MPa										
梁PC鋼棒	4-φ10.7 (ウルボン筋)					2-φ17 (丸鋼)	2-φ9.2 (ウルボン筋)	2-φ19 (丸鋼)	2-D22 (異形PC)	2-φ12.6 (ウルボン筋)	
緊張力/降伏強度	0.7										
$\lambda_t$	0.33	0.39	0.41	0.49	0.72	0.39	0.29	0.46	0.66	0.32	
梁上端筋	3-D22	5-D13	2-D22	4-D13	2-D13	3-D22	3-D13	2-D22	4-D13	2-D19	
鉄筋材料	SD345	SD490	SD390	SD345	SD295A	SD345	SD345	SD345	USD685A	SD345	
梁下端筋	3-D22	5-D13	2-D22	2-D19	2-D13	3-D22	3-D13	2-D22	4-D13	2-D19	
鉄筋材料	SD345	SD490	SD390	SD345	SD295A	SD345	SD345	SD345	USD685A	SD345	
【共通因子】	・柱主筋 12-D22(SD345) ・フープ 2-D10@100(SD345) ・スターラップ 2-D13@100(SD345)										
・軸力比(軸力)	0.13(973kN)										
・柱断面	350×350mm										
・梁断面	250×400mm										

Restoring Force Characteristics of Prestressed Reinforced Concrete Interior Beam-Column Subassembly Focusing on Bond Performance along Beam Bars (Part1 Test Program and Results)

KITAYAMA Kazuhiro, KISHIDA Shinji, TAJIMA Yuji and MIYAZAKI Hironosuke

表-2 鉄筋・PC鋼材材料特性

	径	規格	降伏応力度 MPa	見かけのヤング係数(Gpa)	降伏ひずみ %
鉄筋	D10	SD345	400	184	0.228
	D13	SD295A	354	175	0.207
	D13	SD345	376	180	0.215
	D13	SD490	564	186	0.310
	D13	USD685A	724	190	0.419
	D19	SD345	380	182	0.259
	D22	SD345	373	186	0.213
	D22	SD490	468	188	0.273
PC鋼棒	φ9.2	SBPDL	1375	186	0.948
	φ10.7	SBPDL	1350	199	0.912
	φ12.6	SBPDL	1420	195	0.916
	φ17	B種1号	1050	205	0.724
	φ19	B種1号	1063	207	0.714
	D22	B種1号	1042	200	0.729

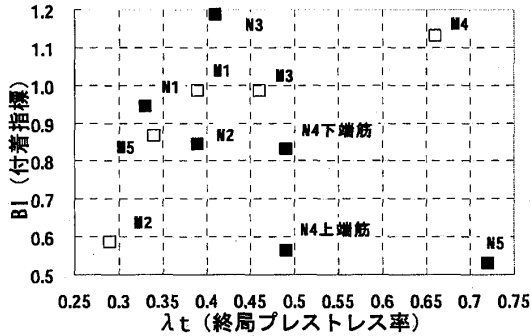


図-2 BI-λt関係

は梁主筋の径・強度・本数に変化を与えることで、 $\lambda_t$ を約0.3~0.7の範囲に設定した。Mシリーズは梁主筋の径・強度・本数、およびPC鋼棒の径・種類に変化を与え、Nシリーズと同等の $\lambda_t$ の範囲になるよう設定し、また同時に梁主筋付着性能の良好な試験体と不良な試験体が存在するように設計した。

**2.2 実験方法** 試験体の両梁端はピン・ローラー支持、下柱はピン支持とし、上柱加力点には3基のジャッキを取り付け柱には一定圧縮軸力(軸力比=0.13)を与えた後に、正負交番繰返し荷重を行った。試験体に東西に層間変形角 $R=0.25\%$ を1サイクル、 $0.5\%$ を2サイクル、 $1 \cdot 1.5 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4\%$ を3サイクルずつ行った後西側に押切を行った。

**3. 実験結果**

**3.1 ひび割れ状況**  $R=3\%$ 時のひび割れ状況を代表的な試験体として3体を図-3に示す。ひび割れの性状としては、全試験体で2種類存在した。試験体N-4,N-5,M-2,M-5は、梁危険断面のひび割れが拡幅し $R=3\%$ 時において3mm以上のひび割れになった。試験体N-1,N-2,N-3,M-1,M-3,M-4は、梁危険断面から計測して約100mmピッチで0.04mm~0.1mm程度の梁曲げひび割れが10本程度発生した。変形が大きくなると曲げからせん断ひび割れに発展し、接合部せん断ひび割れも目立って発生した。

**3.2 変形成分** 図-4に各試験体の最大耐力を迎えた加力方向のピーク時における層間変位構成要素の推移を示す。ただし測定治具の作動限界までの層間変形角4%までとした。試験体N-4(B型破壊)は、最大層せん断力以降も梁の変形割合が大きいままで、変形成分が他を上回った。しかし、試験体N-1(B-J1型破壊、後述)、M-1(B-J2型破壊、後述)では、梁の変形成分の割合が大きいものの最大層せん断力以降、柱・梁接合部の変形が増大した。

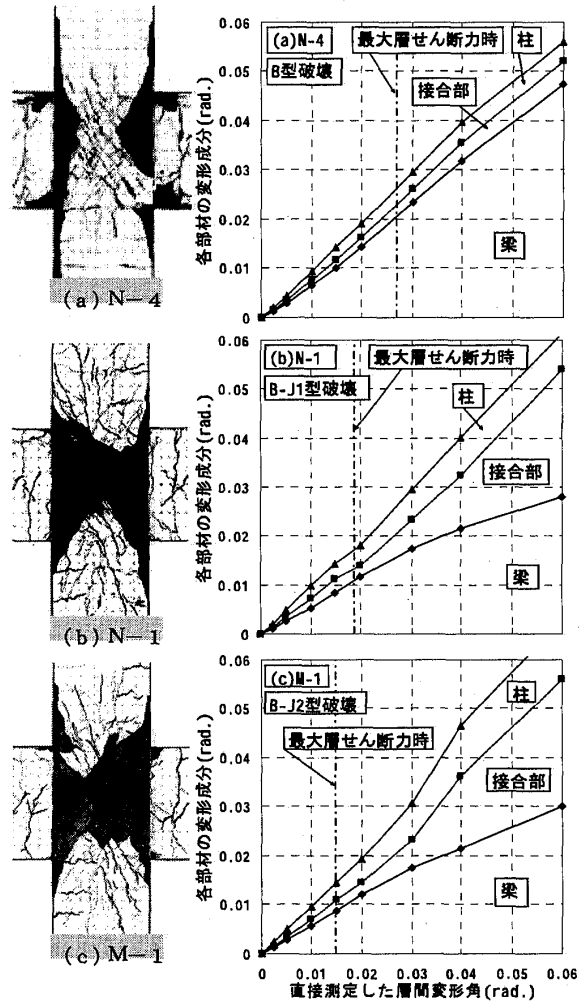


図-3 ひび割れ状況

図-4 変形成分

**3.3 破壊性状** 以下の3種類の破壊性状が見られた。梁主筋・PC鋼棒の降伏によって耐力が決まり、その後梁曲げ破壊したもの(B型破壊:試験体N-4, N-5, M-2, M-5)、梁主筋・PC鋼棒とも降伏したがその後の変形において接合部破壊で耐力が決まったもの(B-J1型破壊:試験体N-1, N-2, N-3)、梁主筋のみ降伏して最大耐力を迎え、その後の変形においてPC鋼棒は降伏したが、接合部破壊で耐力が決まったもの(B-J2型破壊:試験体M-1, M-3, M-4)、である。また、B型破壊の試験体4体は、すべて耐力低下直後にPC鋼棒破断が見られた。これは、梁危険断面に変形が集中した為であり、さらにウルボンPC鋼棒を使用したためグラウトとの付着も良好であったためと考える。

**4. まとめ**

梁曲げ破壊を生じた4体の試験体(PC鋼棒にウルボン使用)は耐力低下が始まった直後にPC鋼棒が破断した。

**参考文献** 1) 北山和宏, 岸田慎司ほか3名: 圧着接合されたプレストレスト・コンクリート柱梁接合部の力学性状に関する研究(その1~その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.613-618, 2002 2) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針(案)・同解説, 2004

\*1 首都大学東京大学院工学研究科助教授 工博  
\*2 芝浦工業大学建築学科助教授 博士(工学)  
\*3 首都大学東京大学院工学研究科 修士(工学)  
\*4 首都大学東京大学院工学研究科 大学院生

\*1 Associate Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr. Eng  
\*2 Associate Professor, Shibaura Institute of Technology, Dr. Eng  
\*3 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University  
\*4 Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University