

# PCa 柱梁接合部における梁通し筋の付着性状に関する実験的研究

## Experimental Study on Bond Characteristics of Beam Reinforcement Passing through Precasted RC Beam-Column Joints

田野 健治 KENJI TANO

建築生産計画部 菅谷 和人 KAZUHITO SUGAYA

蓮尾 孝一 KOUICHI HASUO

小坂 英之 HIDEYUKI KOSAKA

本報告は、梁主筋の貫通孔を有するプレキャスト柱梁接合部における、梁通し筋の付着性状に関するものである。この新しいプレキャスト工法の実現性を検討することを目的として、柱梁接合部内の応力状態を模擬した加力実験を実施した。その結果、本プレキャスト工法の付着性状に及ぼす影響は小さく、コンクリートが一体に打設された在来工法と同等の性能を有することが確認された。

キーワード：プレキャスト、柱梁接合部、通し筋、貫通孔、シース、付着

This report describes the bond characteristics of main reinforcements of beam passing through precasted RC beam-column joint with opening. To verify the feasibility of applying this new construction method, the loading tests of the beam-column joint were conducted. As a result, it was confirmed that, there were no difference between the bond characteristics of this precasted method and that of conventional method with cast-in-placed joint.

**Key Words:** Precast, Beam-Column Joint, Main Reinforcement, Opening, Sheath, Bond

### 1. はじめに

当社では、鉄筋コンクリート造建物の省力化施工を目的として、さまざまなプレキャスト工法の開発を行ってきた<sup>1),2)</sup>。また、さらなる施工の合理化を目的として、図-1に示すように、梁主筋の貫通孔を有するプレキャスト柱梁接合部を用いるプレキャスト工法を考案し、十字形架構の加力実験を行っている<sup>3)</sup>。

本報告では、図-1に示すプレキャスト工法において、特に、柱梁接合部内梁通し筋の付着性能を確認することを目的として、藤井らの実験<sup>4)</sup>と同様に柱梁接合部内の応力状態を模擬した加力実験を実施したので、その結果を報告する。

### 2. 実験概要

#### (1) 試験体

表-1に試験体一覧を、表-2に材料試験結果を示す。また、図-2に本プレキャスト工法における試験体の取り出し位置を、図-3に貫通孔の孔型枠を、図-4に試験体図を

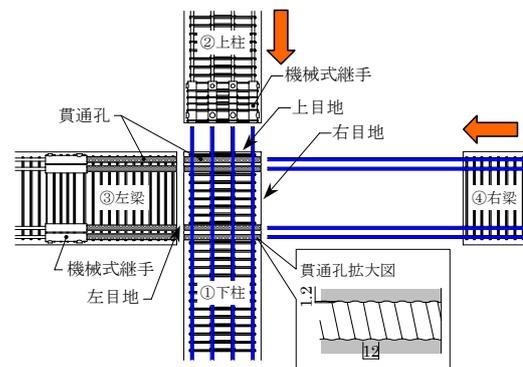


図-1 架構の組立て概要図

示す。試験体は、図-2の網掛け部分に示すように、柱梁接合部中心から上部柱の曲げモーメントの反曲点位置までを取り出したほぼ実大の形状である。試験体の幅は、梁主筋 D41 (SD490) 1本当たりの負担幅であり、柱の左右両側には、梁の曲げ圧縮部に相当するコンクリートブロックが取り付けられている。在来工法であるNo.1の梁主筋は、柱に通し配筋されており鉄筋の周囲はコンクリートであるが、プレキャスト工法のNo.2からNo.4は、図-3

表-1 試験体一覧

試験体	コンクリート設計基準強度 $F_c$ ( $N/mm^2$ )	孔型枠の種類	柱軸力比 $\sigma_0/F_c$
No.1	60	—	0.2
No.2		リップ付きエア加圧式ゴムバッグ	
No.3		鋼製シース管(＃3060)	
No.4	30	リップ付きエア加圧式ゴムバッグ	

※ $\sigma_0$ : 柱軸応力度( $N/mm^2$ )

表-2 材料試験結果

試験体	コンクリート			
	材齢(日)	圧縮強度 $N/mm^2$	弾性係数( $\times 10^4 N/mm^2$ )	割裂強度 $N/mm^2$
No.1	60	74.9	3.68	4.9
No.2	63	73.9	3.58	4.7
No.3	54	73.3	3.58	4.6
No.4	48	41.5	2.79	3.2
試験体	モルタル			
	材齢(日)	圧縮強度 $N/mm^2$	弾性係数( $\times 10^4 N/mm^2$ )	割裂強度 $N/mm^2$
No.1	—	—	—	—
No.2	43	151.8	4.12	6.3
No.3	34	150.3	4.13	5.9
No.4	28	160.9	4.20	5.7
試験体	鉄筋			
	材齢(日)	圧縮強度 $N/mm^2$	弾性係数( $\times 10^4 N/mm^2$ )	割裂強度 $N/mm^2$
D41(SD490)	532	713	1.98	2830
D25(SD390)	437	602	1.98	2290
D13(SD785)	969*	1140	1.92	7120*
D13(SD295)	350	480	1.85	1900

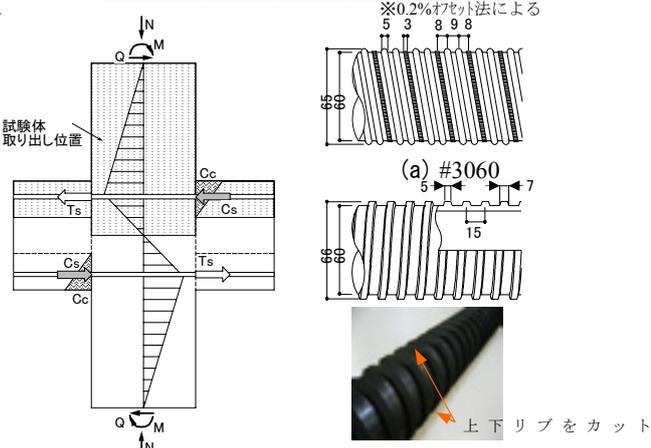


図-2 試験体の取り出し位置

図-3 貫通孔の孔型枠

に示す孔型枠により成形された貫通孔の中に鉄筋を配し、その周囲にはモルタルを充填している。No.2, No.4では図-3の(b)に示すリップ付きのエア加圧式ゴムバッグを用いて貫通孔を成形しており、試験体のコンクリート硬化後には孔型枠を除去しているので、貫通孔の内面は凹凸のあるコンクリート素地の状態となっている。一方、No.3では図-3の(a)に示す鋼製のシース管を用いており、その内部にモルタルを充填している。なお、No.1~No.3のコンクリート設計基準強度は $F_c60$ であり、No.2との比較のために、No.4は $F_c30$ とした。

(2) 加力方法

図-5に加力装置図および加力ルールを示す。加力は、柱に軸力比 0.2 相当の一定軸力を与え、梁主筋の一端に引張力  $P_1$  を、他端のコンクリートブロックに  $P_1$  と同

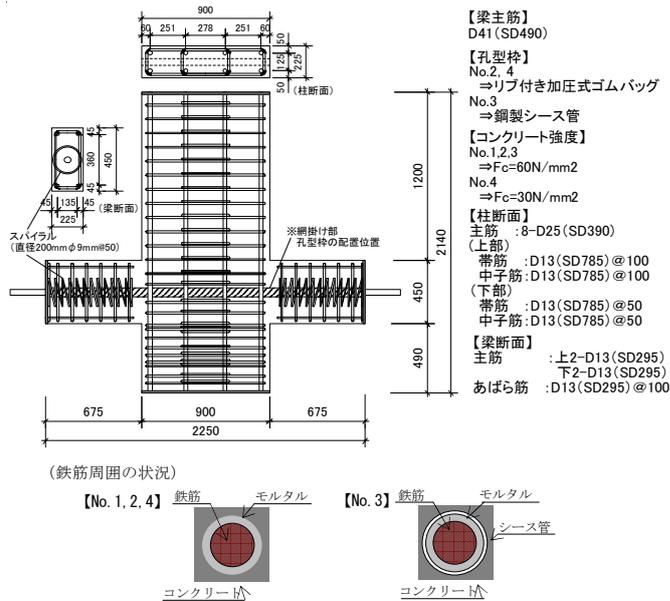


図-4 試験体図

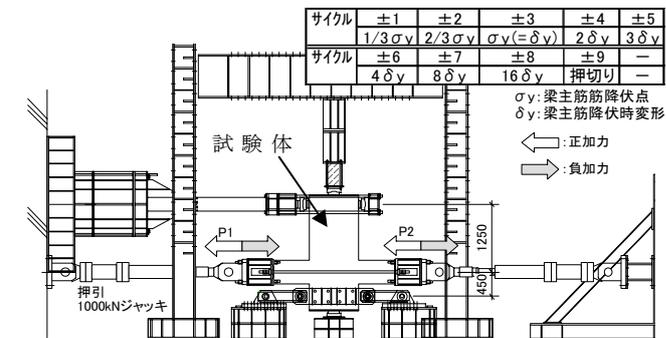


図-5 加力装置図および加力ルール

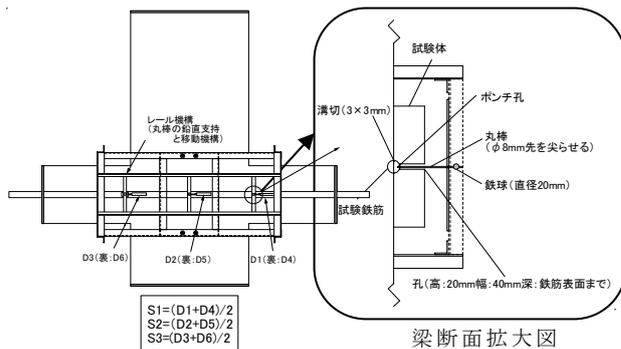


図-6 変位計測位置図

じ大きさの圧縮力  $P_2$  を同時に加えた。載荷履歴は、梁主筋の降伏まで荷重漸増載荷とし、降伏後は降伏時変位 ( $\delta_y$ ) を基に変形漸増載荷とした。

(3) 計測方法

図-6に変位計測位置図を示す。図に示すように、柱フェイス位置 ( $S_1, S_3$ ) と柱中心位置 ( $S_2$ ) のかぶりコ

変形	No.1(Fc60,一体施工)	No.2(Fc60,ゴムバッグ)	No.3(Fc60,鋼製シース管)	No.4(Fc30,ゴムバッグ)
$2/3 \delta y$				
$\delta y$				
$2 \delta y$				
$4 \delta y$				
$8 \delta y$				

図-7 各変形時での接合部ひび割れ状況

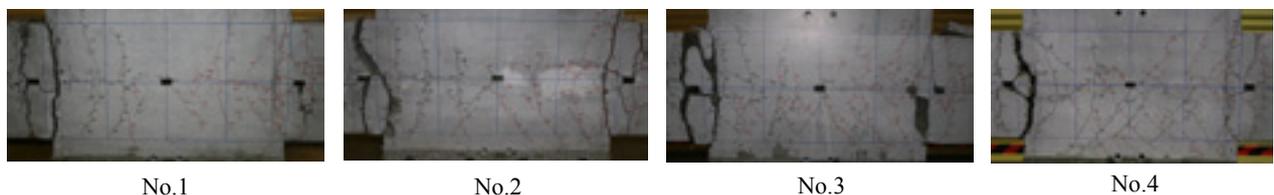


写真-1 最終破壊状況

ンクリート部に  $20 \times 40 \text{mm}$  の計測孔をあらかじめ開けておき、鉄筋表面に設けたポンチ孔の動きを計測することによって、梁主筋のすべり量を計測した。

### 3. 実験結果

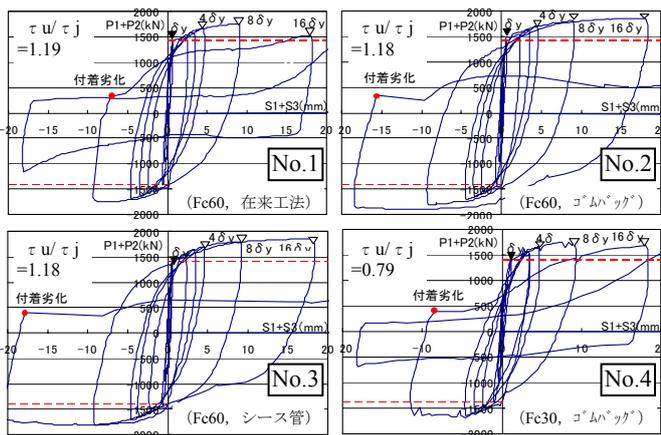
#### (1) ひび割れ状況

図-7に各変形時での接合部ひび割れ状況を、写真-1に最終破壊状況を示す。梁主筋が降伏していない  $2/3 \delta y$  時では、全試験体ともに柱フェイス位置に垂直なひび割れが発生しているが、柱梁接合部内にはひび割れの発生は見られない。梁主筋が降伏した  $\delta y$  時では、コンクリート強度がFc60のNo.1,2,3は、柱梁接合部内に垂直なひび割れのみが発生しているが、コンクリート強度がFc30のNo.4は、垂直なひび割れとともに斜めひび割れも発生している。以降の変形では、コンクリート強度が高い

No.1,2,3は、 $6 \delta y$ 時まで斜めひび割れの発生は見られず垂直なひび割れのみが増加し、 $8 \delta y$ 時に柱梁接合部中央に斜めひび割れが発生している。一方、コンクリート強度の低いNo.4は、変形の増加とともに斜めひび割れの数が増えており、他の3試験体と比較して柱梁接合部の損傷が進んでいる様子が窺える。これらの状況より、同一なコンクリート強度では、一体打ちの試験体とプレキャスト工法試験体のひび割れ性状に大きな差異はなく、同一なプレキャスト工法では、モルタル周囲のコンクリート強度の差異により、ひび割れ性状が異なることがわかった。

#### (2) 荷重－変形関係

図-8に荷重－変形関係を示す。縦軸は引張側と圧縮側のジャッキ荷重の和 ( $P1+P2$ ) であり、横軸は左右柱フェイス位置での梁主筋のすべり量の和 ( $S1+S3$ ) であ



【付着余裕度算定式】  
 $\tau_u$ : 付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)     $\tau_j$ : 設計用付着応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\tau_u = 0.7 \cdot \left(1 + \frac{\sigma_a}{\sigma_B}\right) \cdot \sigma_B \cdot 2/3$      $\tau_j = \frac{(1 + \gamma) \cdot \sigma_y \cdot d_b}{4D}$   
 $\sigma_y$ : 材料試験による主筋の降伏点 (N/mm<sup>2</sup>)     $d_b$ : 主筋径 (mm)     $D$ : 柱せい (mm)  
 $\sigma_B$ : コンクリート圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)     $\sigma_a$ : 軸応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

図-8 荷重-変形関係 (P1+P2 と S1+S3 の関係)

る。なお、図中には、文献5の設計用付着強度を設計用付着応力度で除した付着余裕度 ( $\tau_u / \tau_j$ ) を合わせて示す。コンクリート強度が同一で付着余裕度が1.18～1.19のNo.1～No.3 (Fc60) は、孔型枠の種類に関わらず  $\pm 8 \delta y$  時までは、ほぼ同様な履歴形状を示している。 $\pm 8 \delta y$  以降の変形では、在来工法のNo.1が  $\pm 8 \delta y$  終了直後に付着が劣化して剛性が大きく変化しているのに対して、孔型枠にゴムバッグを用いたNo.2、シース管を用いたNo.3は  $\pm 16 \delta y$  終了直後に付着が劣化した。

一方、コンクリート強度が低く付着余裕度が0.79のゴムバッグを用いたNo.4 (Fc30) は、コンクリート強度の高い他の3試験体と比べて梁主筋降伏後の履歴形状が若干細くなっている。本実験のプレキャスト工法においても、在来工法と同様にコンクリート強度を用いて算定した付着余裕度が大きいほど、梁主筋降伏以降の付着性状は大変形時まで安定した挙動を示すことが確認できた。

(3) 梁主筋のひずみ分布

図-9に梁主筋のひずみ分布および計測位置図を示す。ひずみ計測では、付着への影響を考慮して、鉄筋に幅3mm×深さ3mmの溝加工を行い、溝内にひずみゲージおよびリード線を埋設した。溝はゲージ貼付後、エポキシ樹脂で埋め戻している。降伏以前のひずみ分布 ( $2/3 \delta y$  時) では、コンクリート強度の低いNo.4 (Fc30) が、コンクリート強度の高い他の3試験体 (Fc60) に比べて、若干大きな値となっており、降伏時のひずみ分布 ( $\sigma_y$  時)、降伏時以降のひずみ分布 ( $2 \delta y$  時) でも同様な傾向である。このことは、コンクリート強度の低いNo.4が、コンクリート強度の高い3試験体に比べて、

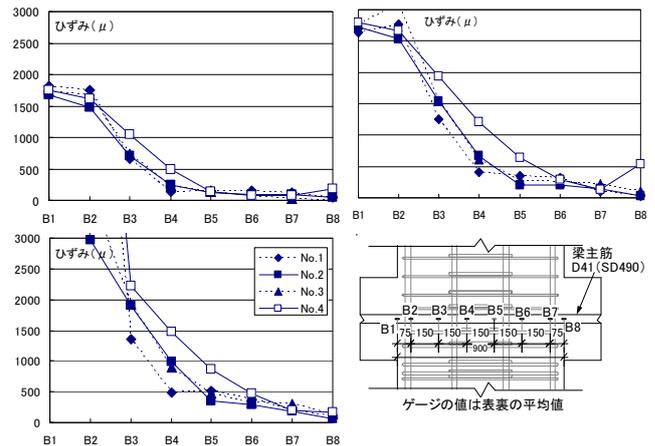


図-9 梁主筋のひずみ分布 (正加力)

梁通し筋の接合部からの抜け出しが早い段階から生じており、その後も抜け出し量が多いことを示している。その結果、No.4の荷重-変形関係の履歴形状は細くなり、付着劣化に至る変形が小さくなっている。また、No.4を除くコンクリート強度の高い3試験体は、どの変形時においてもほぼ同様なひずみ分布形状を示しており、孔型枠の違いによる大きな差異は見られなかった。

4. まとめ

新しいプレキャスト工法の実現性を検討することを目的として、柱梁接合部内の応力状態を模擬した加力実験を実施し、梁主筋の貫通孔を有する柱梁接合部一体型プレキャスト工法と在来工法との比較を行った結果、本実験の範囲では、両工法による大きな差異は見られず、新しいプレキャスト工法の実現性が高いことを確認した。

参考文献

- 1) 山中久幸, 新上 浩 ほか: 柱梁接合部一体型のプレキャスト梁を用いた RC 造架構の加力実験 (その1) 実験概要および破壊状況, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.869-870, 2004.8
- 2) 小坂英之, 新上 浩 ほか: 柱梁接合部一体型のプレキャスト梁を用いた RC 造架構の加力実験 (その2) 各部の変形とシース管内の柱主筋のひずみ性状, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.871-872, 2004.8
- 3) 新上 浩, 山中久幸 ほか: 梁主筋の貫通孔を有する柱梁接合部一体型プレキャスト柱を用いた RC 造架構の加力実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.871-872, 2004.8
- 4) 藤井 栄, 村上秀夫 ほか: 高強度鉄筋コンクリート柱・梁接合部における梁通し筋の付着性状, コンクリート工学年次論文報告集, 13-2, pp.483-488, 1991
- 5) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999