論文 梁せいの大きい接合部一体型高強度プレキャスト RC 造骨組に関す る実験的研究

竹中 啓之^{*1}·和泉 信之^{*2}·菊田 繁美^{*1}·濱田 聡^{*3}

要旨:梁と接合部を一体のプレキャスト部材とし,柱脚に機械式継ぎ手を設けた接合部一体型高強度プレキャスト鉄筋コンクリート造に関する実験的研究である。本論文では,建物外周部架構に見られる逆梁を想定した,梁せいの大きい柱梁接合部の模型試験体を用いて載荷実験を行い,接合部が比較的縦長になった場合のプレキャスト接合部の耐震性能等を評価した。本実験より,接合部の柱せいと梁せいの割合が梁降伏後の破壊形式に影響を与えることやプレキャスト目地部が復元力特性に与える影響はほとんど無いことなどがわかった。 キーワード:接合部一体型プレキャスト部材,高強度コンクリート,柱梁接合部,梁せい

1. はじめに

著者らは、超高層プレキャスト鉄筋コンクリ ート造建築物の研究を行っている。本研究は, 施工方法の更なる合理化、および躯体品質の向 上を目的とし, 梁と接合部を一体のプレキャス ト部材とする接合部一体型の高強度コンクリー トを使用したプレキャスト構造を対象としてい る (図-1(a))。 既報¹⁾では, 建物内部架構の接 合部一体型プレキャスト RC 造骨組の部分架構 について、接合部をプレキャスト化したことに よる耐震性能への影響を報告した。また、最近 の超高層 RC 造建物には,外周架構に比較的梁せ いが大きい架構が見られる(図-1(b))。このよ うな梁せいの大きな架構については、梁せいと 柱せいの比をパラメータとした一連の研究²⁾が 行われているが,既報¹⁾で報告したような接合部 一体型のプレキャスト構造を対象としている研 究例や、さらに高強度コンクリートを使用した 研究例はほとんど見られない。本報では高強度 コンクリートを使用した梁せいの比較的大きな 接合部一体型プレキャスト RC 造骨組の部分架 構試験体の載荷実験を行い,耐震性能の評価, グラウト材の注入による打ち継ぎ部が復元力特 性や破壊性状に及ぼす影響を検討する。

*1	戸田建設	(株)	技術研究所 工修 (正会員)
*2	戸田建設	(株)	構造設計部グループ長 工博 (
*3	戸田建設	(株)	構造設計部 工修 (正会員)



2. 実験計画

2.1 試験体概要

実験に用いる柱梁部分架構試験体の諸元およ び形状を表-1,図-2に示す。試験体は建物の 外周架構を想定した HRPC23,24 試験体の2体

(正会員)



図-2 試験体

表—1	試験体諸元
11 1	ロハ河大「十百日ノし

		HRPC23	HRPC24
	断面(B×Dmm)	400×400	400×400
柱	Fc(N/mm ²)	60	100
	柱主筋	12-D19(SD490)	12-D19(USD685)
	柱補強筋	4-D6@40(USD685)	4-D6@40(USD685)
	梁断面(B×Dmm)	275 × 550	275 × 550
	梁 $Fc(N/mm^2)$	42	60
梁	沙士笛	上端:4+2-D19(SD490)	上端: 4+2-D19(USD685)
	朱工版	下端:4+2-D19(SD490)	下端:4+2-D19(USD685)
	梁補強筋	4-D6@75,90(USD685)	4-D6@60,75(USD685)
接合部	$Fc(N/mm^2)$	60	100
	補強筋	$4-D6(USD685) \times 8$	$4\text{-}D6(\text{USD685}) \times 8$
	直交梁断面(B×Dmm)	300×400	300×400
	直交梁 Fc(N/mm ²)	42	60
直交梁	直交烫主笛	上端:4-D19(SD490)	上端:4-D19(USD685)
	世父朱工別	下端:4-D19(SD490)	下端:4-D19(USD685)
	梁補強筋	4-D6@75(USD685)	4-D6@75(USD685)
接合部グラウト充填法		接合部上面からの流し込み	下柱注入管からの圧入
トッピングコンフリート(N/mm ²)		36	42
軸力(kN)		一定軸力 3350kN (=0.3 σ _B ·Ac)	一定軸力 3600kN (=0.2 σ _B ·Ac)
		$\sigma_{\rm B}$ =69.8N/mm ²	$\sigma_{\rm B}$ =112.5N/mm ²

 $\sigma_B(N/mm^2)$: コンクリート圧縮強度, $A_c(mm^2)$: 柱断面積

である。HRPC23 試験体は,柱コンクリートに 60N/mm²,柱梁鉄筋に SD490 材を使用する。 HRPC24 試験体は柱コンクリートに Fc100N/mm², 柱梁鉄筋に USD685 材を使用する。試験体の製 作方法は,既報¹⁾と同様に柱,梁・接合部をプレ キャスト部材とし,梁接合部一体プレキャスト 部材には下層階の柱主筋を貫通させるためのシ ース管を埋め込んでおく。下柱の鉄筋を貫通さ せるシース管および接合部上下目地部にはグラ ウト材を充填する。上層階プレキャスト柱脚部 はネジ定着部とモルタル定着部を有する機械式 スリーブ継手とする。両試験体ともに,梁せい と柱せいの比は約 1.38 とし,既報¹⁾の試験体

鉄筋 (材料種別)		ヤング	降伏	引張
		係数	強度	強度
		$(\times 10^5 \text{N/mm}^2)$	(N/mm^2)	(N/mm^2)
D	019 (SD490)	1.88	517	683
D19 (USD685)		1.93	698	897
D6 (USD685)		1.96	715**	903
※0.2%オフセット				
		中山 4白 四山 4年	圧縮	割裂
	ノクリート	刮線剛性	強度	強度
・クラウト州		$(\times 10^{\circ} \text{N/mm})$	(N/mm^2)	(N/mm^2)
	柱・接合部	0.356	69.8	3.9
23	梁	0.349	57.1	3.4
PC	梁上	0.290	39.4	3.2
HR	下目地	0.379	122.9	5.7
	上目地	0.388	128.5	5.6
	柱・接合部	0.418	112.5	4.3
24	梁	0.349	71.7	3.9
HRPC	梁上	0.317	51.4	3.3
	下目地	0.475	171.3	5.4
	上目地	0.491	168.9	6.2

表--2 材料試験結果

(梁せいと柱せいの比は 0.94。本論文の HRPC23 試験体は既報の HRPC21 試験体と,また HRPC24 試験体は既報の HRPC22 試験体とほぼ同じ材料 強度のコンクリートおよび鉄筋を使用。)の約1.5 倍とした。両試験体ともに直交梁を設け,直交 梁の梁芯は載荷方向梁の梁芯より 225mm下げて いる。材料試験結果を表-2 に示す。

2.2 実験装置および加力スケジュール

実験装置を**写真**-1 に示す。試験体の梁端部 (梁反曲点位置)をピン・ローラ支持,柱上下 部(柱反曲点位置)をピン支持とし,柱上端部 に水平力と鉛直軸力を載荷する。

加力スケジュールを図-3 に示す。HRPC23 試



写真-1 実験装置



表-3 実験経過

	HRPC23	HRPC24
1/1000	梁曲げひび割れ	梁曲げひび割れ
1/200	梁せん断ひび割れ	梁せん断ひび割れ
	最大耐力	梁主筋降伏
1/100	(実験値 : 428kN・m,計算値 : 389kN・m)	接合部せん断ひび割れ
1/100	梁主筋降伏	
	接合部せん断ひび割れ	
1/75	梁端部コンクリート圧壊	梁端部コンクリート圧壊
1/50	接合部表面被りコンクリート一部剥落	最大耐力
1/50		(実験値:598kN・m,計算値:526kN・m)
1/25	接合部せん断補強筋降伏	接合部表面被りコンクリート一部剥落
1/25		接合部せん断補強筋降伏
1/20	接合部内柱主筋降伏	接合部内柱主筋降伏
破壊形式	梁曲げ降伏後の柱梁接合部せん断破壊	梁曲げ降伏後の柱梁接合部せん断破壊

実験値は最大耐力時の梁端部曲げモーメント値を、計算値は RC 規準略算式による梁降伏モーメント値を示す。



図-4 荷重-変形角関係



(a) HRPC23 (1/50rad.終了時)

験体は $0.3 \sigma_{B}A_{c}$ に相当する 3350kN, HRPC24 は $0.2 \sigma_{B}A_{c}$ に相当する 3600kN の一定軸力を与えて, 正負交番の繰り返し水平加力を行う。

3. 実験結果

3.1 実験経過および荷重変形関係

HRPC23,24 試験体について,実験経過一覧を 表-3に,荷重-変形角関係を図-4に,変形角 1/50rad.終了時の状況を写真-2 に示す。また, 梁端部曲げモーメント(左右平均値) -層間変 形角関係の包絡線と梁曲げ耐力計算値(RC規準 略算値³⁾)を図-5 に示す。両試験体ともに, 1/1000rad.で梁に曲げひび割れ, 1/400rad.で梁に 曲げせん断ひび割れが生じた。1/100rad.で梁主筋 が降伏し,接合部にせん断ひび割れが生じた。



(b) HRPC24 (1/50rad.終了時)

写真-2 ひび割れ状況(1/50rad.)

HRPC23 試験体は、1/100rad.で最大耐力となり 1/75rad.では梁端部に圧縮破壊、1/50rad.では接合 部のかぶりコンクリートの一部の剥落が見られ たものの、各変形角1回目のサイクルにおける ピーク時の耐力低下はほとんど無かった。1/50 rad.の繰り返し時以降、スリップ性状となる傾向 がみられ、繰り返しにおける荷重低下の割合も、 前のサイクルに比べてやや大きくなった。

HRPC24 試験体は、1/75rad.で梁端部が圧壊し、 1/25rad.で接合部のかぶりコンクリートの一部が 剥落した。1/50rad.で最大耐力となり-1/25rad.の ピーク時以降,履歴にスリップ性状となる傾向 が見られた。両試験体とも梁降伏の後、1/25~ 1/20rad.のサイクルで接合部のせん断破壊が進展 し耐力が大きく低下した。また、図-5より、梁 の耐力は両試験体とも梁曲げ降伏モーメント略 算値に対して約1.1倍となった。

3.2 接合部上下目地部について

接合部上下の目地部における水平方向のずれ 量を図-6に示す。上下目地部とも水平方向の ずれは極めて僅かなものであった。HRPC24では、 1/50rad.時に計測点間に縦ひび割れが生じて値が 増えた。目視による観察で、両試験体とも上目 地部分については 1/50rad.の段階で若干の開き が見られたものの、目地部グラウト材の圧壊や グラウト材とコンクリート面でのずれなどは見 られなかった。1/50rad.を越えると接合部のせん 断ひび割れの延長で目地部に縦割れが生じた。

3.3 鉄筋のひずみ

(1) 柱主筋

1/100~1/25rad.の各サイクルにおける最大時 の柱主筋のひずみ分布を図-7 に示す。1/25rad. では接合部のかぶりコンクリートの剥落等が見 られたが,最大値に至るまで接合部内の柱主筋 は降伏には至らなかった。1/20 rad.加力時に柱主 筋は接合部内で圧縮降伏した。

(2) 梁主筋

1/100~1/25rad.の各サイクルにおける最大時



の梁主筋のひずみ分布を図-8に示す。両試験体 ともに、1/100rad.で梁端部の主筋が降伏し、その 後 1/25rad.で接合部内梁主筋の降伏が見られた。

4. 考察

4.1 等価粘性減衰定数

等価粘性減衰定数の推移を図-9に示す。図中 には既報文献¹⁾で梁せいと柱せいの比が約 0.94 でコンクリート強度および鉄筋強度が HRPC23, 24 試験体とほぼ同じである HRPC21 (HRPC23 に対応) 試験体, HRPC22 (HRPC24 に対応) 試 験体の結果を併せて示す。1/25rad.までスリップ 性状がほとんど見られなかった HRPC22 試験体



と比べて, HRPC24 はほぼ同じ等価粘性減衰定数 を示していることがわかるが, HRPC23 試験体で は 1/50rad.でスリップ性状が顕著になったため HRPC21 試験体と差がでたものと考えられる。

4.2 接合部の挙動

柱せん断力と接合部のせん断変形角との関係 を図-10 に示す。梁降伏型で破壊した HRPC22 試験体¹⁾は 1/20rad.時の接合部せん断変形角が 8 ×10⁻³rad.であったのに対して,両試験体ともに 1/50rad.で接合部せん断変形の増加の割合が徐々 に大きくなり(12~15×10⁻³rad.), 1/25rad.で著し



く増加し,かぶりコンクリートの剥落とともに 接合部の破壊が進行していることがわかる。

今回の梁降伏後せん断破壊に至った HRPC23, 24 試験体と梁降伏型で破壊した HRPC21,22 試験 体¹⁾の接合部入力せん断力を図-11 に示す。図 中に参考として学会靭性保証型耐震設計指針³⁾ の梁降伏前に接合部が破壊するせん断強度推定 式を示す。HRPC22 と HRPC24 については,梁 曲げ降伏時の接合部せん断余裕度をほぼ同じ1.4 程度で設計しているが接合部の形状の違いで最 終破壊形式に影響を与えることがわかった。

5. まとめ

- (1) HRPC23,24 試験体とも安定した梁曲げ降伏型の履歴を示し、1/50rad.以降で接合部せん断変形の増加に伴い最終的には接合部せん断破壊に至った。
- (2) 接合部一体型プレキャスト構造に関して、各 試験体とも接合部上下の目地部のずれ量は少 なく、大変形に至るまで目地部が起因となる ような破壊は見られなかった。
- (3) 既報の試験体¹⁾ と比較して,梁曲げ降伏時 に対する接合部のせん断余裕度をほぼ同じに した場合でも,接合部の形状の違い(梁せい と柱せいの比)で柱梁接合部架構の最終破壊 形式に差が見られた。

参考文献

 竹中啓之,濱田聡,和泉信之,千葉脩:接合部 一体型高強度プレキャスト RC 骨組に関する実 験的研究,コンクリート工学,Vol.27,No.2, pp.631-636,2005.6
2)田中信也,小林宗悟,林靜英,上村智彦:鉄筋 コンクリート造内部梁・柱接合部の破壊性状へ の接合部アスペクト比の影響,コンクリート工 学,Vol.27,No.2,pp.433-438,2005.6
3)鉄筋コンクリート構造計算規準・解説,日本建 築学会,pp57,1999.11
4)鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設 計指針・解説,日本建築学会,pp245,1999.8