

# 梁端部に開孔を有するヒンジリロケーション部材に関する研究

学籍番号 1815059 安田 稜太  
指導教員 丸田 誠

ヒンジリロケーション プレキャスト化 高強度鉄筋  
機械式継手 梁端開孔

## 1. はじめに

超高層鉄筋コンクリート造を建設する際、柱梁接合部をプレキャスト(PCa)化することで躯体工事の大きな省力化が可能である。しかし、従来の柱梁接合部では継手を柱面(ヒンジ位置)から梁せい以上離す必要があり、運搬上の制限からPCa化が困難である。そこで、梁端部主筋を梁一般部より高強度化し、機械式継手を設けることによるヒンジリロケーション(HR)図1をし、接合部の損傷低減を図り、損傷が少ない梁端部に開孔を設けた場合の構造性能の評価を目的とした。

## 2. 実験計画

### 2.1 試験体概要

試験体諸元を表1に、試験体形状・配筋の一例を図2に、開孔部周囲の形状・配筋を図3に示す。試験体は超高層集合住宅における基準階大梁の約1/2スケールを想定し、梁幅  $B$  を300mm、梁せい  $D$  を450mm、せん断スパン  $M/Q$  を1125mmとした。開孔の径は  $D/4$  とし、水平位置は継手中央(スタブ面から  $0.39D$ )である。スタブ面から継手末端までの距離  $x$  は、45mm( $0.1D$ )とした。梁部材としての限界部材角の確認の為に、曲げ破壊型を8体、曲げ降伏後せん断破壊型を2体の合計10体を計画した。パラメータは開孔の有無、入力せん断応力度レベル、せん断余裕度、補強筋の有無、孔上下補強方法である。開孔補強としては、孔際せん断補強筋、開孔補強筋、コ型補強筋、かんざし筋とし、その組合せを因子とした。

### 2.2 荷重方法

セットアップ状況を図4に示す。荷重は、水平変形制御による正負交番増繰り返し荷重とした。荷重サイクルは部材

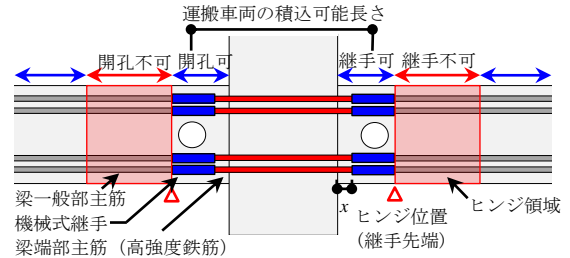


図1 機械式継手を用いたHR接合部の概念

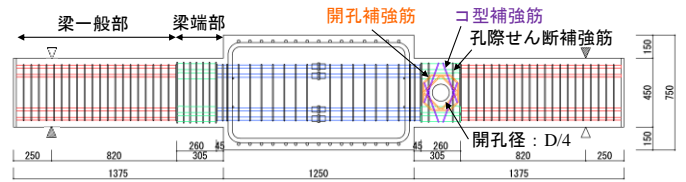


図2 試験体形状・配筋の一例 (左:PB-N, 右:PB-1)

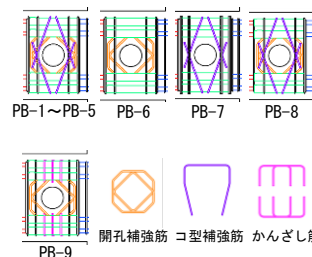


図3 開孔部周囲の形状・配筋

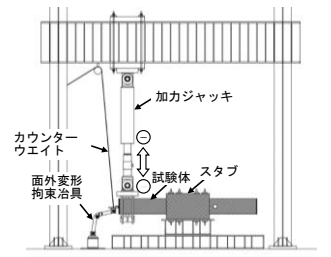


図4 セットアップ状況

角  $R=\pm 1/800, 1/400, 1/200, 1/100, 1/50, 1/33, 1/20$ rad. とし、各々2サイクル行った。試験体先端には、面外変形拘束治具およびカウンターウエイトを設置した。

表1 試験体諸元

試験体	PB-N	PB-1	PB-2	PB-3	PB-4	PB-5	PB-6	PB-7	PB-8	PB-9
設計基準強度 $F_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]	42.0		36.0							
コンクリート強度 $\sigma_B$ [N/mm <sup>2</sup> ]	39.2	40.2	34.6	34.9	35.1	36.6	37.0	36.7	37.2	38.2
梁端部主筋	6-D19 (SD590)		8-D19 (SD590)		6-D19 (SD590)		6-D19 (SD590)			
引張鉄筋比 $p_t$ [%]	1.53		2.10		1.53		1.53			
梁一般部主筋	6-D16 (SD490)		8-D16 (SD490)		6-D16 (SD490)		6-D16 (SD490)			
引張鉄筋比 $p_t$ [%]	1.06		1.45		1.06					
梁端部せん断補強筋	2-S6@45 (KSS785)		4-S6@45 (KSS785)		2-S6@45 (KSS785)	2-D6@45 (SD295)	2-S6@45 (KSS785)	4-S6@45 (KSS785)	2-S6@45 (KSS785)	
せん断補強筋比 $p_w$ [%]	0.47		0.95		0.47	0.47	0.47	0.95	0.47	
梁一般部せん断補強筋	2-S6@50 (KSS785)		4-S6@50 (KSS785)		2-S6@50 (KSS785)	2-D6@50 (SD295)	2-S6@50 (KSS785)	4-S6@50 (KSS785)	2-S6@50 (KSS785)	
せん断補強筋比 $p_w$ [%]	0.43		0.85		0.43	0.43	0.43	0.85	0.43	
コ型補強筋	—		2-D6 (SD295)		—		2-D6 (SD295)		—	
開孔補強筋	—		2-S8 (KSS785)		2-S6 (KSS785)		2-S8 (KSS785)		2-S6 (KSS785)	2-S8 (KSS785)
孔際せん断補強筋	—		6-S6 (KSS785)		12-S6 (KSS785)		6-S6 (KSS785)		12-S6 (KSS785)	4-S6 (KSS785)
入力せん断応力度レベル $\tau_{in}/\sigma_B$	0.050	0.049	0.057	0.073	0.056	0.054	0.053	0.054	0.053	0.051
想定破壊モード	曲げ破壊			曲げ降伏後せん断破壊	曲げ破壊	曲げ降伏後せん断破壊	曲げ破壊			

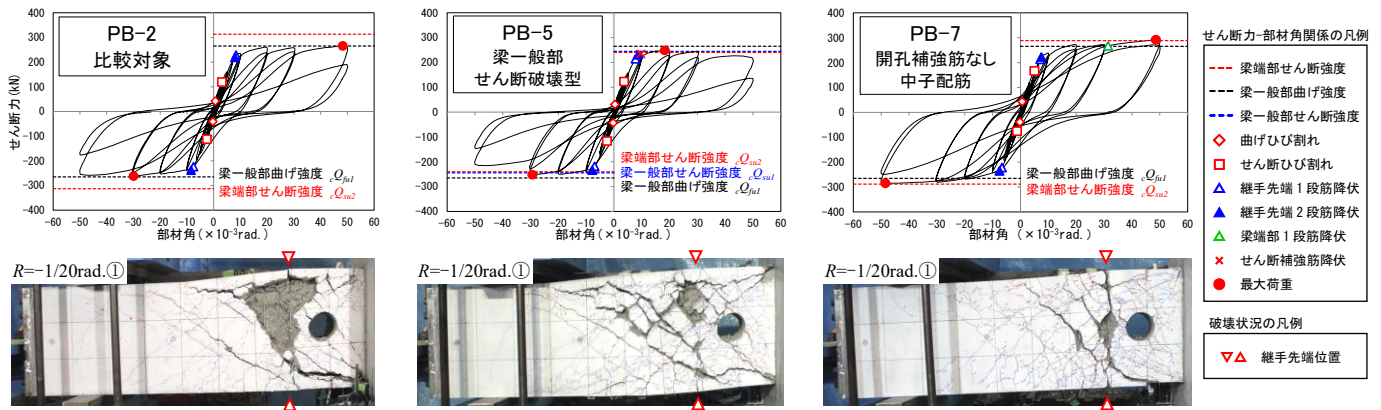


図5 せん断力-部材角関係および最終部材角破壊状況 (PB-2, PB-5, PB-7)

### 3. 実験結果・考察

#### 3.1 せん断力-部材角関係および破壊性状

せん断力-部材角関係および最終部材角の破壊状況を図5に、実験結果と計算値を表2に示す。全ての試験体で  $R=1/100\text{rad}$  時に、継手先端の1段筋および2段筋が降伏し、梁一般部における曲げ降伏が確認された。梁端部に開孔を設けたPB-1からPB-9では、 $R=1/20\text{rad}$ の1サイクル目まで安定した復元力特性が得られ、開孔部周囲の損傷は比較的抑制されている。2サイクル目では、PB-7を除いて、圧壊や梁一般部主筋1段筋の座屈による応力中心間距離の減少に伴い、せん断力が低下したと考えられる。PB-5では  $R=1/100\text{rad}$  時に継手先端主筋に加え、梁一般部および梁端部のせん断補強筋が降伏し、その後  $R=1/20\text{rad}$  時に緩やかにせん断力が低下したが、ピークまで最大強度  $eQ_m$  の約80%以上を保持した。中子筋を配筋したPB-7では継手先端付近の圧壊を抑制し、 $R=1/20\text{rad}$ の2サイクル目まで最大強度の80%以上を保持した。これは、中子配筋による梁端部上下の拘束がより強固となり、ひび割れ等による損傷が抑制された為、耐力の低下が抑えられたと考えられる。また、表2の破壊モードより、梁端部せん断余裕度を1.0以上確保すれば、梁一般部における曲げ破壊が先行することを確認した。

#### 3.2 主筋ひずみ分布

上端筋1段筋および2段筋のひずみ分布を図6に示す。梁

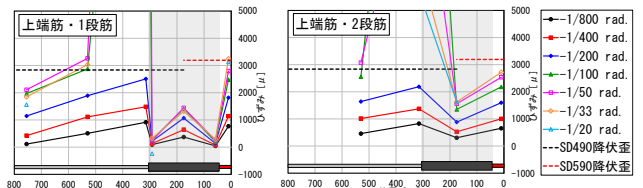


図6 主筋ひずみ分布 (PB-1)

端部に開孔を設けた場合においても梁端部は降伏せず、継手先端が先行して降伏していることを確認した。

### 4. まとめ

- (1) せん断力-部材角関係、破壊状況および主筋ひずみ分布より、梁端部に開孔を設けた場合においても梁端部は降伏せず、無開孔と同様にHRが成立し、優れた変形性能を実現できる。
- (2) 中子筋による梁端部継手先端上下の拘束は、継手先端位置から開孔部にかかるひび割れの拡大や開孔部の損傷を抑制する。
- (3) 梁端部せん断余裕度を1.0以上確保すれば、梁一般部における曲げ破壊が先行することを確認した。

#### 【参考文献】

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2018
- 2) 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

表2 実験結果と計算値

試験体	実験値		終局強度計算値										破壊モード <sup>※2</sup>
			曲げ			せん断							
	最大強度 $eQ_m$ (kN)	最大強度 部材角 $eR_m$ ( $\times 10^{-3}\text{rad}$ )	梁一般部 曲げ強度 <sup>1)</sup> $eQ_{fu1}$ (kN)	梁端部 曲げ強度 <sup>1)</sup> $eQ_{fu2}$ (kN)	$eQ_m/eQ_{fu1}$	梁一般部 せん断強度 ( $R_p=0.02$ ) <sup>2)</sup> $eQ_{su1}$ (kN)	$eQ_m/eQ_{su1}$	梁端部 せん断強度 <sup>1)※1</sup> $eQ_{su2}$ (kN)	$eQ_m/eQ_{su2}$	梁端部 せん断強度 (=型考慮) <sup>1)</sup> $eQ_{su2}$ (kN)	$eQ_m/eQ_{su2}$	梁端部 せん断余裕度 $eQ_{su2}/eQ_{fu1}$	
PB-N	305	49.7	265	329	1.15	379	0.80	285	1.07	—	—	1.08	F
PB-1	306	47.9	265	329	1.15	385	0.79	319	0.96	327	0.94	1.20	F
PB-2	266	48.3	265	329	1.00	350	0.76	313	0.85	320	0.83	1.18	F
PB-3	359	48.8	344	428	1.04	400	0.90	354	1.01	361	1.00	1.03	F
PB-4	270	49.5	265	329	1.02	353	0.76	281	0.96	289	0.94	1.06	F
PB-5	253	29.3	265	329	0.95	245	1.03	240	1.05	250	1.01	0.91	FS
PB-6	261	48.8	265	329	0.98	366	0.71	316	0.83	—	—	1.19	F
PB-7	292	48.6	265	329	1.10	413	0.71	288	1.01	297	0.99	1.09	F
PB-8	271	49.7	265	329	1.02	367	0.74	263	1.03	272	1.00	1.00	F
PB-9	273	49.7	265	329	1.03	373	0.73	317	0.86	—	—	1.20	F

※1：無開孔試験体PB-Nは荒川min式<sup>1)</sup>，その他試験体は修正広沢式<sup>2)</sup>により算出。 ※2：曲げ破壊をF，曲げ降伏後せん断破壊をFSとする。