

論文 開孔を有する RC 扁平ヒンジリロケーション梁の構造実験

鳥居 太樹*1・丸田 誠*2・中澤 春生*3・安達 一喜*4

要旨： RC 造柱梁接合部内の塑性化を防ぎ、梁プレキャスト化部分を拡大することを目的とするヒンジリロケーション機構（以下、HR）研究の一環として、やや扁平な断面の RC 梁に逆対称曲げモーメントを与える梁実験を実施した。試験体は、端部及び一般部の設備用開孔の有無、コンクリート強度、上下異配筋、スパン長を実験因子とした 6 体である。実験結果から、全ての試験体で安定した履歴性状を示し、HR 成立を確認した。短スパン・片側 HR 試験体でも付着余裕度を上げれば付着割裂破壊せず、曲げ破壊することを確認した。HR 梁降伏耐力のトラス機構を鑑みた曲げ強度評価法は、既往実験を含め、概ね安全側に評価できた。

キーワード： ヒンジリロケーション、扁平梁、プレキャスト、機械式継手、カットオフ、有孔梁、短スパン梁

1. はじめに

著者らは、高層鉄筋コンクリート（以下、RC）架構において、梁降伏先行型に基づく柱梁接合部の塑性化防止を目的として、梁主筋降伏位置（ヒンジ位置）を梁端部から梁中央部に移動させるヒンジリロケーション（以下、HR）梁の研究^{例として 1)~3)}・開発を行っている。既往研究¹⁾では HR 機構において、ヒンジ計画位置を継手先端とし、梁端部（スタブからヒンジ計画位置まで）は高強度主筋、梁一般部（ヒンジ計画位置間）は普通強度主筋としている。結果として、曲げ余裕度（端部曲げ終局強度/一般部曲げ終局強度）を 1.25 程度、入力せん断応力レベル（曲げ終局強度時における応力度 τ_u /コンクリート圧縮強度 σ_B ）を 0.040 程度、とすれば扁平断面および HR を有する梁では、曲げ破壊型の安定した履歴性状を確認した。ただし、短スパン・片側 HR では曲げ降伏後に付着割裂破壊となった。

本研究では、HR 機構および扁平断面梁への入力せん

断応力レベルを 0.050 に上げ、設備配管用の開孔を設けた試験体、短スパン・片側 HR の試験体（付着検討用）など計 6 体の加力実験を行った。また、文献 1) による HR 梁降伏時耐力の評価方法で既往の HR 梁の検討も行った。以下にその結果を報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

有孔梁試験体形状（B2-1~B2-4）を図-1に、試験体断面図（B2-1, B2-5）を図-2に、試験体諸元を表-1に、鉄筋材料試験結果を表-2に示す。高層建築物における梁の約 1/2 縮尺の逆対称梁実験を行った。梁の断面寸法は梁幅 B を 400mm、梁せい D を 360mm とした若干の扁平断面であり、ヒンジ計画位置（スタブ面から継手先端まで）を 300mm（約 0.83D）一定とした。梁端部主筋を SD490（HD と略記）、梁一般部主筋を SD390（SD と略記）として機械式継手で接合すると共に、先端に機械

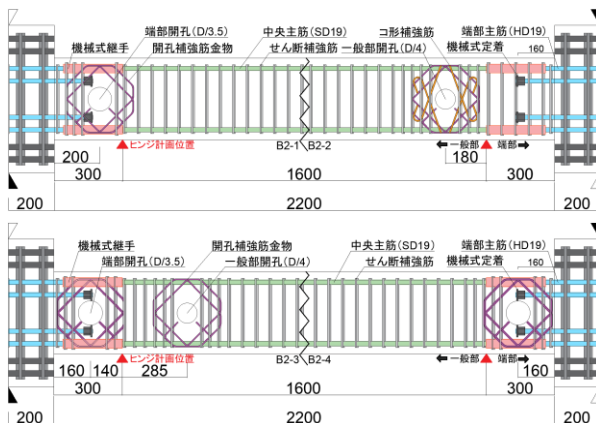


図-1 有孔梁試験体形状 (B2-1~B2-4)

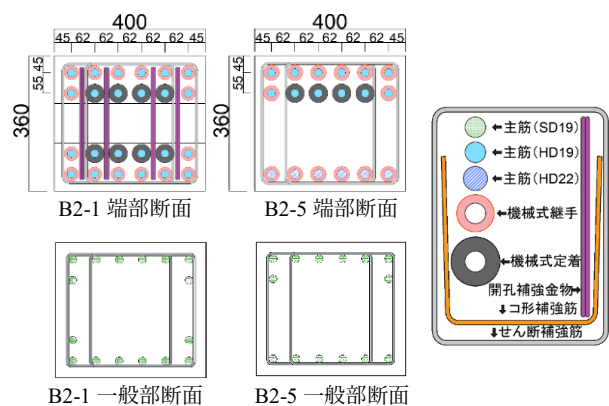


図-2 試験体断面図 (B2-1, B2-5)

*1 静岡理科大学大学院 理工学研究科 システム工学専攻 (学生会員)

*2 静岡理科大学 工学部 建築学科 教授 博士 (工学) (フェロー会員)

*3 清水建設 (株) 技術研究所 建設基盤技術センター 博士 (工学) (正会員)

*4 清水建設 (株) 名古屋支店 構造設計部 修士 (工学)

表－1 試験体諸元

試験体名	B2-1	B2-2	B2-3	B2-4	B2-5(上端)	B2-5(下端)	B2-6	
パラメータ	有開孔	有開孔	連続有開孔	有開孔	無開孔		無開孔	
	Fc42	Fc42	Fc42	Fc30	Fc42		Fc42	
	D/3.5(端部)	D/4(一般部)	D/3.5(端部)	D/3.5(端部)	(上端二段, 下端一段)		片側 HR 短スパン	
梁幅×梁せい	B×D mm 400×360							
内法スパン	L mm 2200 (1600) ^{※1}						1600 (1300) ^{※1}	
せん断スパン	M/Q mm 1100 (800) ^{※1}						800 (650) ^{※1}	
開孔径	端部 ^{※2}	一般部 ^{※2}	h mm	106(D/3.5)	--	106(D/3.5)	106(D/3.5)	
設計強度	Fc	N/mm ²	42	42	42	30	42	
コンクリート強度	σ _B	N/mm ²	47.2	47.8	47.2	34.7	47.2	
端部	主筋	配筋 ^{※3※4}	(6+2)-HD19	(6+2)-HD19	(6+2)-HD19	6-HD19	(6+2)-HD19	
		降伏強度	σ _y	N/mm ²	532.3	532.3	530.7	530.7
	カット オフ筋	配筋 ^{※4}	4-HD19	4-HD19	4-HD19	3-HD19	4-HD19	--
		降伏強度	σ _y	N/mm ²	532.3	532.3	530.7	530.7
一般部	主筋	配筋 ^{※3※4}	(6+2)-SD19	(6+2)-SD19	(6+2)-SD19	6-SD19	(6+2)-SD19	
		降伏強度	σ _y	N/mm ²	441.8	441.8	441.8	448
	引張鉄筋比	p _t	%	2.99	2.99	2.99	2.17	2.99
せん断補強筋	配筋 ^{※4}	降伏強度	σ _y	N/mm ²	908.7	908.7	908.7	300.1
		補強筋比	p _w	%	0.53	0.53	0.53	0.53
	開孔補強金物	配筋 ^{※4}	4-S6	4-S6	4-S6	4-S6	--	--
コ形補強筋	配筋 ^{※4}	--	上下各 6-IIS6	--	--	--	--	

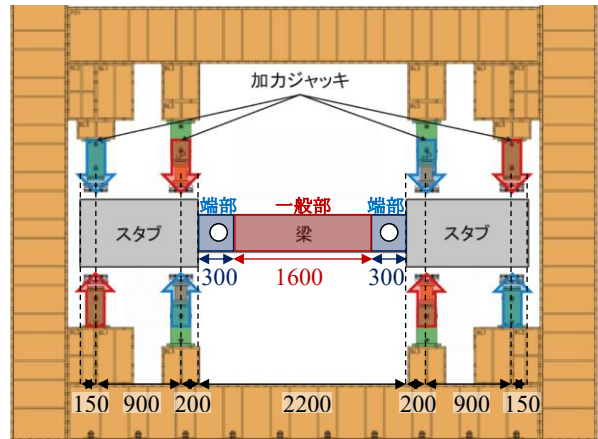
※1 括弧内はヒンジ計画位置内の値
 ※2 開孔の中心位置 端部：梁端から 200mm(B2-1.4の左端),160mm(他), 一般部：梁端から 480mm(B2-2),585mm(B2-3)
 ※3 配筋の括弧内は左側を一段筋, 右側を二段筋の本数とする
 ※4 SD:(SD390),HD:(SD490),S:(KSS785),D:(SD295)

式定着具を取り付けた二段筋をスタブ面から 160mm (約 0.44D) でカットオフし, 梁端部の曲げ強度と剛性を上げ, 継手先端で降伏する計画とした。内法スパン L は B2-6 試験体を 1600mm とし, その他試験体は 2200mm とした。曲げ曲げ余裕度を 1.25 程度, 入力せん断応力度レベルを 0.050 程度とした。有孔梁は 4 体 (B2-1, B2-2, B2-3, B2-4), 無開孔梁は 2 体 (B2-5, B2-6) の計 6 体とした。有孔梁は開孔補強金物と孔際補強筋を全てで用いている。B2-1, B2-4 試験体は開孔を端部に設け, 開孔中心位置は左右で異なり, 左側をスタブ面から 200mm (約 0.55D), と右側をスタブ面から 160mm (約 0.44D) とした。B2-2 試験体は, 一般部に開孔を設け, 開孔中心位置はスタブ面から 480mm (ヒンジ計画位置から 0.5D) とした。B2-3 試験体は連続開孔を設け, 端部の開孔中心位置は, スタブ面から 160mm (約 0.44D), 一般部の開孔中心位置は, スタブ面から 585mm (ヒンジ計画位置から約 0.79D) とした。開孔径は端部開孔で約 D/3.5 (106mm), 一般部開孔で約 D/4 (89mm) とした。B2-1~B2-4 では, 端部に開孔を設けた B2-1 試験体を基準試験体とした。B2-2 試験体は, B2-1 試験体に対し, 開孔を一般部のリロケータッドヒンジ領域に移動させ, コ形補強筋を配筋した試験体である。B2-3 試験体は, B2-1 試験体に対し, 一般部にも開孔を設けた連続開孔試験体である。B2-4 試験体は B2-1 試験体に対し, コンクリート圧縮強度を 42N/mm² から 30N/mm² に下げた試験体である。B2-5 試験体は, 無開孔の上下異配筋 (上端: 8-SD19, 下端: 6-SD19) とした試験体である。B2-6 試験体も無開孔の試験体で, 内法スパンを 1600mm, 片側のみ HR 機構を有した試験体であり, 付着割裂破壊防止のため横補強筋比 P_w を 0.79% と

表－2 鉄筋材料試験結果

鋼種		降伏強度 σ _y (N/mm ²)	ヤング係数 E _s (N/mm ²)	引張強さ σ _{max} (N/mm ²)	備考 (使用試験体)
D6 ^{※1}	SD295 (D6)	300.1	212300	499.2	横補強筋(B2-4)
	KSS785 ^{※2} (S6)	908.7	192900	1145.0	横補強筋 B2-4を除く全試験体 開孔補強金物 (B2-1,B2-2,B2-3,B2-4) コ形補強筋(B2-2)
D19	SD390 (SD19)	441.8	173500	607.9	一般部主筋 (B2-1,B2-2,B2-3)
		448.0	195000	622.5	一般部主筋 (B2-4,B2-5,B2-6)
	SD490 (HD19)	530.7	185100	692.6	端部主筋 (B2-3,B2-4,B2-5)
		532.3	192300	691.7	端部主筋 (B2-1,B2-2,B2-6)
D22	SD490 (HD22)	537.0	186500	693.1	端部主筋(B2-5)

※1 降伏ひずみを 0.2% オフセット法により算定
 ※2 KSS785 は高強度鉄筋



図－3 加力装置

した。

2.2 荷重方法

加力装置を図－3 に示す。荷重は逆対称曲げ形式の正負交番漸増繰返し荷重とした。荷重履歴は変形制御とし、

部材角 $R=\pm 1/800, 1/400, 1/200, 1/100, 1/50, 1/33, 1/25, 1/20\text{rad}$ において $R=\pm 1/800, 1/25, 1/20\text{rad}$ では1サイクル、その他は2サイクルの繰返し載荷とした。

3. 実験結果

3.1 破壊経過および破壊性状

実験結果一覧を表-3に、計算結果を表-4に、試験体の最終破壊状況(部材角 $R=-50\times 10^{-3}\text{rad}$)を図-4に示す。計算値における曲げ終局強度はRC規準略算式⁴⁾に基づき、断面を端部と一般部それぞれ算定した。せん断力に変換する際の内法スパンは端部で $L/2=1100$ (B2-6は950) mm、一般部で $L/2=800$ (B2-6は650) mmを用いた。せん断終局強度および開孔部せん断終局強度のせん断スパンも同様の扱いとし、有効せい d も端部と一般部それぞれ算定した。一段筋設計用付着強度は靱性指針⁵⁾に従い、上記と同様に内法スパン $L=2200$ (B2-6は1600) mmにより算定した τ_r と、ヒンジ計画位置間 $L'=1600$ (B2-6では1300) mmにより算定した τ_r' の両方を示している。

全試験体とも部材角 $R=\pm 1/800\text{rad}$ をピークとする第一サイクルで端部およびヒンジ計画位置に曲げひび割れが発生し、部材角 $R=\pm 1/400\text{rad}$ までに開孔部せん断ひび割れが発生した。その後、ヒンジ計画位置の曲げひび割れがせん断ひび割れに進展し、端部の開孔部せん断ひび割れにつながった。大変形時には負側時の開孔部せん断ひび割れが進展し、正側の端部曲げひび割れにつながった。部材角 $R=\pm 1/50\text{rad}$ 付近でヒンジ計画位置のひび割れ幅が拡大し、同サイクルにB2-4, B2-6試験体の上端一段筋中央に沿ってひび割れが発生する付着割裂の様相を呈した。B2-3試験体も部材角 $R=1/25\text{rad}$ 付近で同様の様相を呈した。その後B2-4試験体では部材角を追うごとに付着割裂のひび割れ幅が拡大した。B2-3, B2-6(短スパン・片側HR)試験体では、上端筋およびヒンジ計画位置付近のひび割れ幅が拡大した。これは、付着余裕度の τ_r が1.63~1.11, τ_r' が1.11~0.85を示し、B2-4試験体が $\tau_r'=0.85$, その他試験体が $\tau_r'=1.00$ 程度となったことが要因であると考えられる。また、開孔部せん断余裕度が端部開孔では1.17~1.04を示し、一般部開孔(ヒンジ領域内)では1.09を示しており、付着割裂破壊したB2-4試験体を除き、破壊性状に開孔の影響は少なかったと思われる。全

表-3 実験結果一覧

試験体名	ひび割れ強度			主筋降伏耐力		最大耐力		最大耐力時部材角	
	曲げ	開孔部せん断		一段	二段	正側	負側	正側	負側
		端部	一般部						
	Q_{fc}	Q_{sc1}	Q_{sc2}	Q_{y1}	Q_{y2}	Q_{max}	Q_{min}	R_{max}	R_{min}
(kN)	(kN)		(kN)		(kN)		$(\times 10^{-3}\text{rad})$		
B2-1	32.6	41.0	--	329.6	335.2	374.5	-364.4	30.0	-40.2
B2-2	33.0	--	53.4	306.8	316.3	375.7	-365.7	40.1	-40.1
B2-3	33.0	49.5	50.2	321.8	335.7	374.6	-365.7	20.1	-30.0
B2-4	33.0	49.2	--	241.7	--	286.8	-272.2	20.0	-20.0
B2-5	33.0	--	--	256.5	288.0	344.7	-341.3	50.1	-30.1
B2-6	36.8	--	--	302.4	--	389.3	-377.6	40.3	-38.3

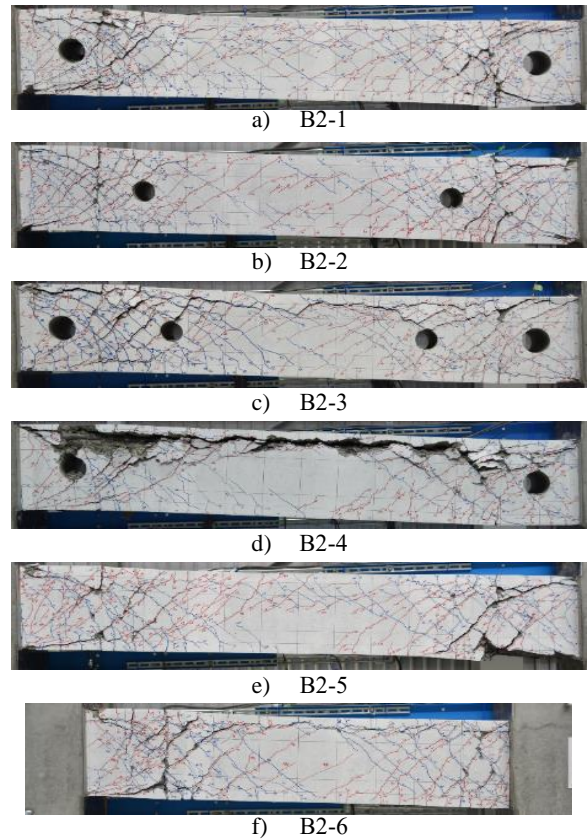


図-4 試験体最終状況

ての試験体で計算値の一般部曲げ終局強度 Q_{fu2} に対する実験値の最大耐力 Q_{max} の比が1.18~1.07の値を示し、曲げ破壊した。

3.2 せん断力 Q - 梁部材角 R 関係

各試験体のせん断力 Q - 部材角 R 関係を図-5に示す。付着割裂破壊した試験体のうち、B2-3試験体は部材角 $R=1/25\text{rad}$ サイクル、B2-4試験体は部材角 $R=1/50\text{rad}$ の一回目までは安定した履歴を示したものの、その後は耐力低下とスリップ型履歴が見られた。その他の試験体

表-4 計算結果

試験体名	曲げ終局強度			せん断終局強度		開孔部せん断終局強度		設計用付着応力度		付着割裂強度	余裕度						整合性	破壊形式	
	端部	一般部	τ_{fu}	端部	一般部	端部	一般部	端部	一般部		曲げ	せん断		開孔		付着			
												Q_{su1}	Q_{su2}	Q_{H1}	Q_{H2}	τ_r			τ_r'
	Q_{fu1}	Q_{fu2}	σ_B	Q_{su1}	Q_{su2}	Q_{H1}	Q_{H2}	τ_r	τ_r'		τ_{bu}	Q_{ru1}	Q_{su1}	Q_{su2}	Q_{ru2}	Q_{H1}			Q_{H2}
(kN)		(kN)	(kN)		(kN)		(N/mm^2)		(N/mm^2)										
B2-1	429.2	343.2	0.050	371.3	391.5	356.1	-	2.22	3.25	3.20	1.25	1.08	1.14	1.04	-	1.44	0.98	1.09	F
B2-2	405.2	343.2	0.050	371.3	391.5	-	373.2	2.22	3.25	3.22	1.25	1.08	1.14	-	1.09	1.45	0.99	1.09	F
B2-3	429.2	343.2	0.050	371.3	391.5	356.1	373.2	2.22	3.25	3.20	1.25	1.08	1.14	1.04	1.09	1.44	0.99	1.09	FB
B2-4	332.2	269.1	0.055	253.6	277.5	320.1	-	2.27	3.33	2.83	1.23	0.94	1.40	1.17	-	1.25	0.85	1.07	FB
B2-5(上端)	429.2	343.2	0.051	373.0	393.3	-	-	2.25	3.29	3.20	1.25	1.09	1.15	-	-	1.42	0.97	1.00	F
B2-5(下端)	321.4	269.1	0.040	387.2	404.4	-	-	2.27	3.33	3.69	1.19	1.44	1.50	-	-	1.63	1.11	1.28	F
B2-6	422.0	331.2	0.049	414.4	494.0	-	-	3.33	4.34	4.23	1.25	1.25	1.49	-	-	1.11	0.97	1.18	F

※1 せん断終局強度は荒川 mean 式により算定 ※2 F: 曲げ破壊, FB: 曲げ降伏後付着割裂破壊 ※3 開孔部せん断終局強度は修正広沢式により算定

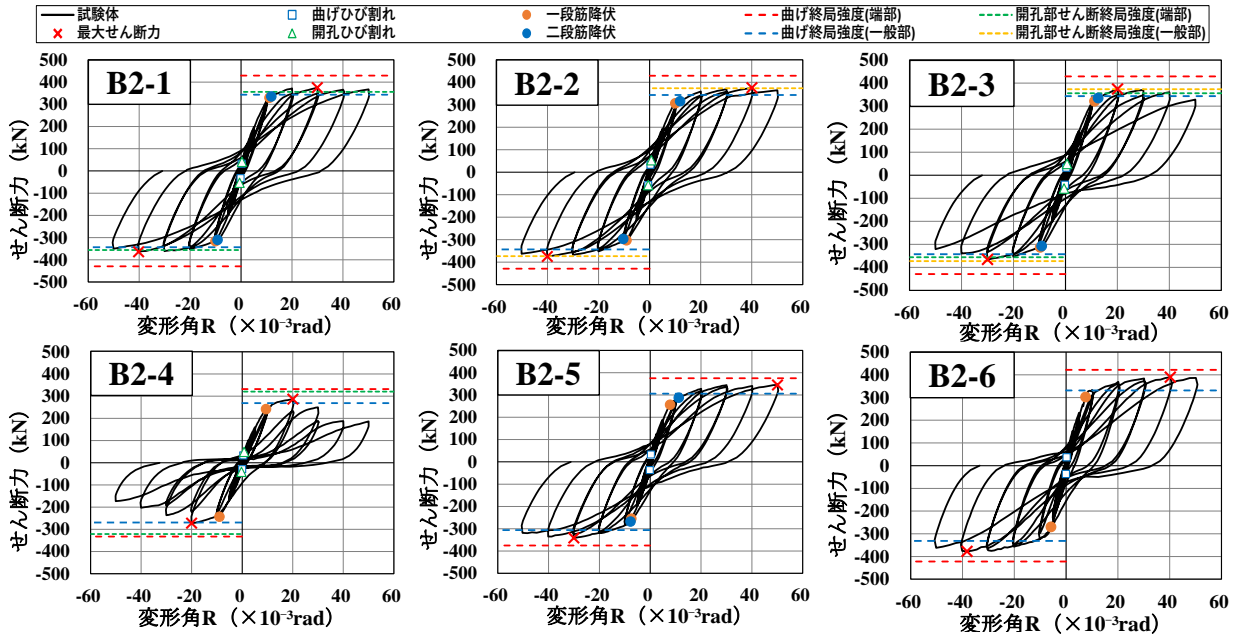


図-5 せん断力Q-部材角R

は載荷終了まで顕著な耐力低下のない紡錘型の履歴ループを描いた。部材角 $R=1/100\text{rad}$ サイクル時に B2-2, B2-4, B2-5, B2-6 試験体の一段筋が降伏し、部材角 $R=1/50\text{rad}$ サイクルまでに全ての試験体で一段筋および二段筋が降伏した。付着剥離破壊した B2-3, B2-4 試験体では、部材角 $R=1/50\text{rad}$ 時に最大耐力を迎え、その他試験体は部材角 $R=1/33\sim 1/20\text{rad}$ で最大耐力を迎えた。さらに B2-4 試験体は、最大耐力を迎えた後の耐力低下が著しく、最終サイクルの部材角 $R=1/20\text{rad}$ 時には最大耐力の 65% 程度に低下した。上下の配筋が異なる (上端筋: 8-SD19, 下端筋: 6-SD19) B2-5 試験体は、コンクリートの圧壊等による損傷が大きかったが耐力の低下は見られなかった。

3.3 主筋ひずみ分布

各試験体の主筋降伏時サイクルのピーク (B2-1, B2-3: $1/50\text{rad}$, その他: $1/100\text{rad}$) の主筋ひずみ分布を図-6 に示す。図中の降伏ひずみは主筋の降伏強度に至ったひずみを、黒範囲 (-50~0, 2200~2250mm) はスタブ内部を、赤範囲 (0~300, 1900~2200mm) は継手部を、黒破線 (300, 1900mm) はヒンジ計画位置を示している。全ての試験体においてヒンジ計画位置近傍で一段筋および二段筋の主筋ひずみが大きくなり、降伏ひずみに至った。引張側の二段目カットオフ筋は全試験体で 1000μ 前後を示しており、大差はなかった。よって、スタブ面から 160mm (約 $8.38d_b$) の定着長でも十分であることを確認した。一般部に開孔を有する B2-2 試験体 (スタブ面から 480mm), B2-

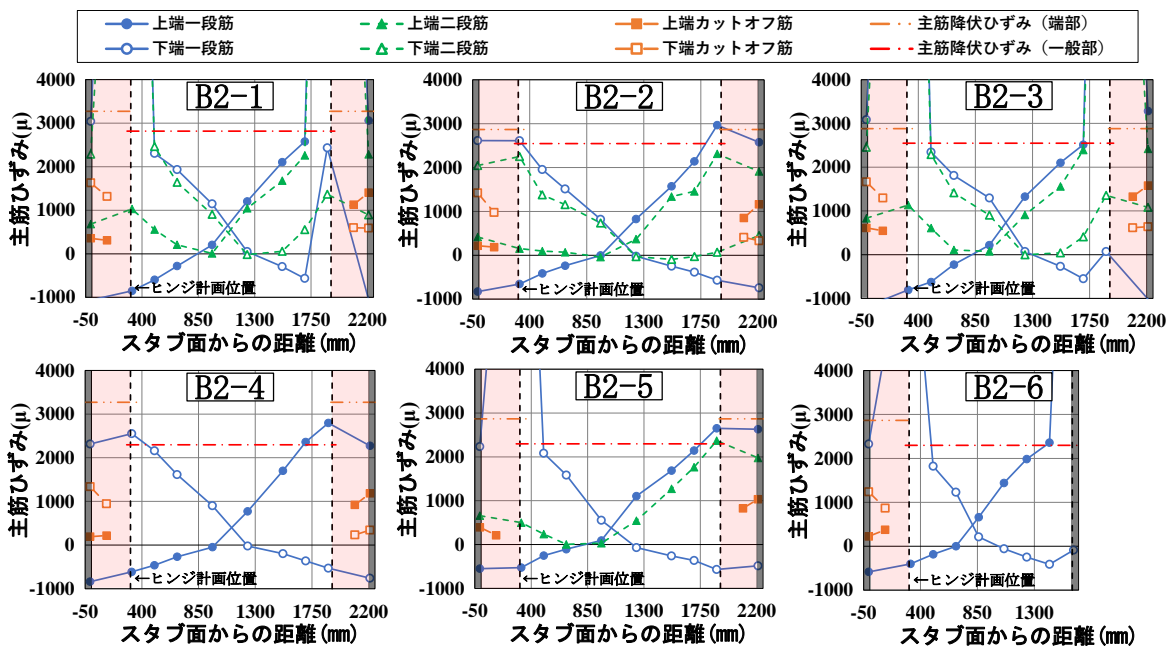


図-6 各試験体の主筋ひずみ分布

3 試験体（スタブ面から 585mm）の開孔近傍では主筋ひずみが相対的に低い値を示している。これは開孔補強金物（B2-2 はコ形補強筋を含む）により剛性が高まったことが起因していると考えられる。図に表示していないが、端部開孔（左：スタブ面から 200mm，右：スタブ面から 160mm）を有した B2-1, B2-4 試験体も同様に開孔付近の主筋ひずみが左右と比較し、僅かに低い値を示したことを確認した。

3.4 開孔補強ひずみ

開孔補強金物のひずみ履歴を図-7に示す。左開孔を実線，右開孔を破線で示す。全ての試験体で降伏ひずみに達していないが，曲げ破壊した B2-1 試験体と付着割裂の様相を示す前の B2-3 試験体の端部開孔が降伏ひずみ付近の値を示した。概して部材角を追うごとにひずみが増すが，付着割裂の様相を示した試験体（B2-3, B2-4）はその部材角以降でひずみが減少した。一般部（ヒンジ領域内）に開孔を設けた B2-2 試験体のひずみが B2-3 試験体と比較して小さいのは，コ形補強筋を配筋しているためであると考えられる。また，端部開孔が一般部開孔を比較して大きい値を示しているのは，ヒンジ計画位置による曲げひび割れが曲げせん断ひび割れとして進展したことが原因であると考えられる。端部開孔の B2-1, B2-3 試験体のように開孔せん断ひび割れ方向と異なる方向（図では左下，右上）にひずみの値が大きくなるのは，負側時の開孔せん断ひび割れが正側の端部曲げひび割れとつながることが起因していると考えられる。

4. HR 梁の降伏時耐力の比較・検討

HR 梁の実験降伏時曲げ耐力が計算耐力に達しない報告が多くある。文献 1)による材端の力のつり合いによるトラス機構を基にした HR 梁の降伏時耐力の評価方法は，端部と一般部で降伏強度が異なる文献 1), 2)の試験体の曲げ耐力を概ね評価できたていた³⁾。この方法で，主筋量による HR 梁を含め，主筋が曲げ降伏した既往実験の RC 架構における HR 梁試験体 79 体^{1-3),6-18)}の曲げ耐力を検討する。HR 梁の降伏時耐力の評価式は文献 1)を参照されたい。縦軸を HR 降伏時耐力の評価式に対する実験値の比，横軸を曲げ強度式に対する実験値の比とした。曲げ強度式には AIJ 略算式(=0.9aσ_yd)を採用し算定した。実験値は最大耐力の正負平均耐力とした場合と R=1/50rad 時強度とした場合を図-8に示す。文献中に最大耐力および R=1/50rad 時強度が明記されていないものは，Q-R 関係から判断した。

文献 1)により算定した HR 梁の降伏時耐力計算値に対する実験値の最大耐力とした左図では約 1.1~1.35 の範囲，実験値を R=1/50rad 時強度とした右図では 1.1~1.3 の範囲で分布が集中している。AIJ 略算式で 1.0 未満の試

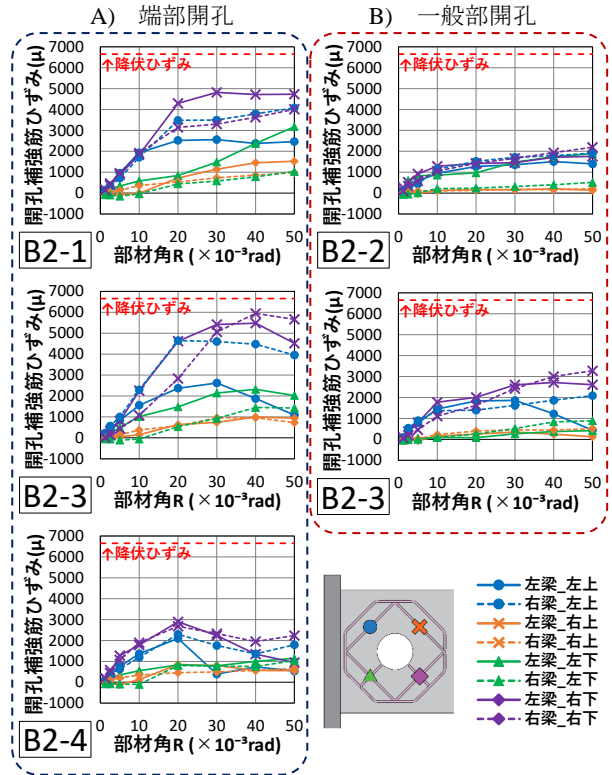


図-7 開孔補強金物のひずみ履歴

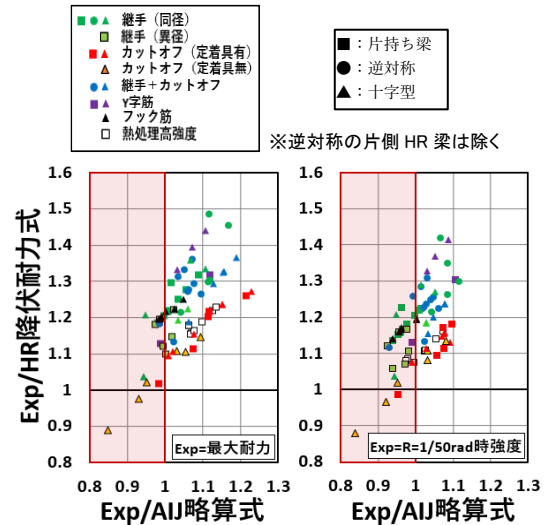


図-8 HR 梁の降伏時耐力の評価式比較

験体でも，3 体を除き全ての試験体で文献 1)の方法は，安全側に評価できている。逆対称加力の方が，片持ち梁加力（十字形含）より実験耐力が高い傾向がみられる。

5. 付着破壊モードの評価

本研究及び既往研究²⁾における破壊モードとせん断余裕度および付着余裕度による関係を図-9に示す。付着余裕度はヒンジ計画位置間で算定した τ_{bu}/τ_f' を用いた。縦軸を付着余裕度 τ_{bu}/τ_f' ，横軸をせん断余裕度 Q_{su2}/Q_{fu2} とした。連続開孔試験体（B2-3）を除き，ヒンジ計画位置間で算定した付着余裕度が 0.9 を下回る試験体（B1-4, B2-4）は曲げ降伏後付着割裂破壊をした。その他試験体

は、曲げ破壊したことから、付着余裕度はヒンジ計画位置間で算定した値で破壊モード性状を概ね評価できることが分かった。

6. まとめ

本研究では、HR機構および開孔を有する扁平断面の逆対称型加力の梁実験を実施し、以下の知見が得られた。

- (1) 全試験体において、継手先端曲げに対する梁端曲げの余裕度が 1.25 程度あればヒンジ計画位置で主筋が降伏する。
- (2) 開孔のせん断余裕度が 1.0 程度、入力せん断応力度レベルが 0.050 程度で、有孔梁はせん断破壊せず、曲げ破壊することを確認した。
- (3) 短スパン・片側 HR 機構の試験体 (B2-6) でも付着余裕度が 1.0 程度で付着割裂破壊せず曲げ破壊した。
- (4) 既往の HR 梁実験を含むデータ分析から、文献 1) による HR 梁の降伏時耐力評価法で、ほぼ全ての試験体において安全側で評価できた。
- (5) ヒンジ計画位置間で算定した付着余裕度は、実験結果の破壊モードを概ね推定できた。

参考文献

- 1) 中澤春生, 澤口香織, 遠藤芳雄, 安達一喜: 機械式継手を用いた梁ヒンジロケーション構法に関する実験研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.44, No.2, pp.487-492, 2022
- 2) 鳥居太樹, 丸田誠, 中澤春生, 安達一喜: ヒンジロケーション機構を有する RC 扁平梁の構造実験, コンクリート工学年次論文集, Vol.45, No.2, pp.403-408, 2023
- 3) 鳥居太樹ほか: ヒンジロケーション機構および開孔を有する RC 扁平梁の構造実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.283-284, 2023.9
- 4) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2018
- 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, 1990
- 6) 安田稜太, 赤井冬来, 金川基, 丸田誠: 梁端部に開孔を有するヒンジロケーション梁に関する実験的研究, コンクリート工学会年次論文集, Vol.44, No.2, pp.433-438, 2022
- 7) 安田稜太, 赤井冬来, 金川基, 丸田誠: 梁端開孔を有するヒンジロケーション梁の逆対称加力実験, コンクリート工学会年次論文集, Vol.45, No.2, pp.409-414, 2023
- 8) 小寺直幸ほか: 梁端部を高強度鉄筋で補強したヒンジロケーション接合部に関する研究(その7~8),

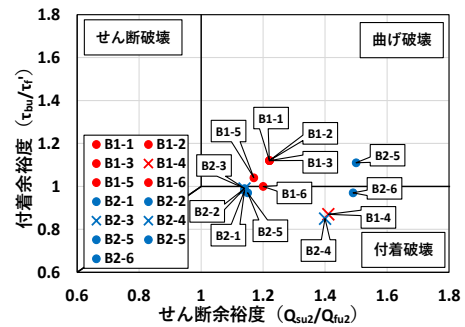


図-9 破壊モードの検討

日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.411-414, 2020.9

- 9) 高桑遼ほか: 部分的に高強度化した鉄筋を用いた鉄筋コンクリート有孔梁に関する実験研究(その4~6), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.63-64, 2017, pp.179-180, 2018, pp.453-454, 2019
- 10) 太田行孝ほか: Y字筋を用いた梁端ヒンジロケーション RC 造梁に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.65B, pp.365-373, 2019.3
- 11) 山本裕太ほか: Y字筋を用いた梁端ヒンジロケーション RC 梁骨組に関する実験的研究(その1~5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.417-422, 2020.9, pp.453-456, 2023.9
- 12) 辰濃達ほか: 塑性ヒンジ発生位置を制御した実大鉄筋コンクリート梁の構造性能(その1~3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.277-282, 2023.9
- 13) 阪井由尚ほか: 梁塑性ヒンジ発生位置を制御した鉄筋コンクリート十字形部分架構の構造性能(その1~3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.383-388, 2021.9
- 14) 石川裕次ほか: 梁2段筋に機械式定着を用いたヒンジロケーション柱梁接合部(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp.745-746, 2013.8, pp.375-378, 2014.9
- 15) 川野翔平, 石川裕次, 麻生直木, 中根一臣: 鉄筋コンクリート造ヒンジロケーション柱梁接合部の耐震性能, コンクリート工学年次論文集 Vol.37, No.2, pp.271-276, 2015
- 16) 米澤健次ほか: 材端開口を可能とする RC 梁工法の開発, 大林組技術研究所法報 No.82, pp.1-8, 2018
- 17) 日向大樹ほか: 簡易な曲げ補強による RC ヒンジロケーション梁工法, 鹿島技術研究所年報, 第 66 号 pp.55-62, 2018.12
- 18) 永井覚, 丸田誠, 高谷真次, 山本幸正: 梁端部でスリーブ補強された主筋を有する梁部材の構造性能, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.3, pp.1753-1758, 2007