

論文 鋳鉄製カップラーで接合したRCはりの力学的性状

栖原健太郎*1・片平千朋*2・森田俊哉*3・辻幸和*4

要旨：鋳鉄製カップラーとアンカー筋とを組み合わせた接合具により接合したRCはりに対して静的載荷試験を行った。接合部を等曲げモーメント区間の中央あるいはせん断スパンの中央の何れかとし、RCはりで接合具のアンカー筋との定着方法を4種類に変化させた。その結果、等曲げモーメント区間内に接合部を設けた場合では、接合具のアンカー筋の定着を高めることで、接合面の開きを抑えることが可能となった。しかし、美観、水密性等に着目した場合、接着剤やシール等の兼用が必要である。一方、せん断スパンの中央に接合部を設けた場合、接合部にせん断キーを配置することで、その接合効果が期待できる。

キーワード：鋳鉄製カップラー、アンカー筋、接合具、接合部、接合面の開き、曲げ・せん断性状

1. はじめに

鋳鉄製カップラーとアンカー筋とを組み合わせ考案した接合具（以下、接合具と称す）は、2体のRC部材、主にプレキャスト製品の曲げモーメントとせん断力を受ける箇所の接合に適用できる。

接合具によるRC部材の接合の模式図を図-1に、接合状況を写真-1に示す。接合する2体のRC部材に、接合用のアンカー筋を予め埋め込んでおく。カップラーの雄ネジ部および雌ネジ部に、アンカー筋を通し、ナットで固定する。その後、両カップラーを締め付けることで、2体のRC部材の接合が可能となる。カップラーは、アンカー筋に直接固定していないため、カップラーとアンカー筋との間の遊びにより、RC部材のセット時の調整が容易となり、施工の省力化が期待できる。また、カップラー内部の空隙およびカ

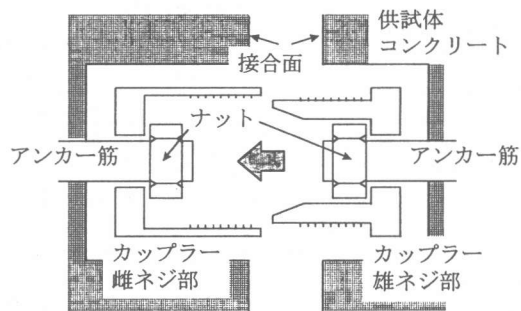
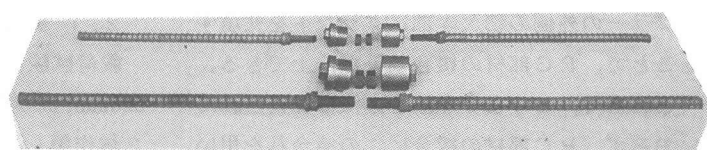
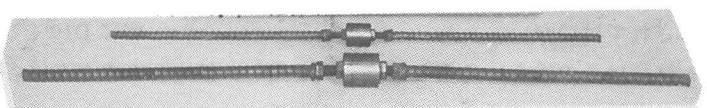


図-1. 接合具による接合模式図



a) 接続前の接合具



b) 接続後の接合具

写真-1 接合具の接合状況

*1 群馬大学大学院 工学研究科建設工学専攻（正会員）

*2 (株)カイエーテクノ開発部（正会員）

*3 (株)カイエーテクノ開発部部长（正会員）

*4 群馬大学教授 工学部建設工学科，工博（正会員）

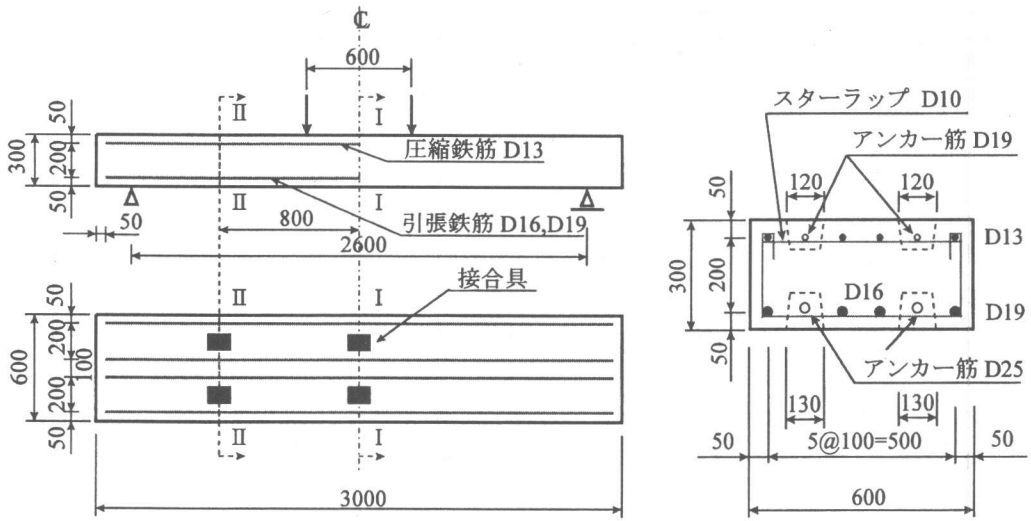


図-2 供試体の形状寸法および荷重方法

表-1 供試体の種別

供試体名称	接合部	アンカー筋の定着	せん断キー	備考
J0	無	—	—	一体型
J1-25D	等曲げ	2 5 D	無	分割型 I
J1-35D	モーメント 区間の中央 (I断面)	3 5 D	有	
J1-H		補助鉄筋		
J1-M	メッシュ			
J2-25D	せん断	2 5 D	無	分割型 II
J2-35D	スパンの 中央 (II断面)	3 5 D	有	
J2-H		補助鉄筋		
J2-M	メッシュ			

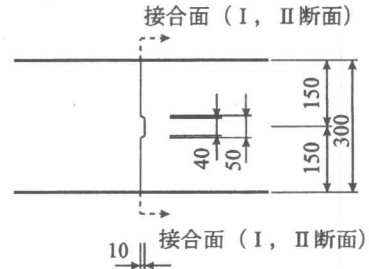


図-3 せん断キー

ップラーの外側の切欠き部にグラウトを充填することで、RC部材の接合効果が向上できる。

これまで、このような接合方法は提案されていないおらず、RC部材の接合にこの接合具を用いて、接合部に曲げモーメントとせん断力が作用する場合のRCはりの力学的性状についても報告されてはいない。

RCはりの接合に考案した接合具を用い、接合部を等曲げモーメント区間の中央あるいはせん断スパンの中央の何れかとし、接合具のアンカー筋とRCはり部材との定着方法を変化させ、その曲げ性状およびせん断性状を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体

荷重試験に用いたRCはり供試体は、幅が600mm、高さが300mmの矩形断面のRC部材を2体作製し、接合具によりこの2体のRC部材を接合して全長3000mmのはりとした。圧縮鉄筋にはD13を4本、引張鉄筋には供試体の側面側にD19を1本ずつの合計2本、内側にD16を2本とし、各供試体とも鉄筋量を一定とした。スターラップは150mm間隔で配置した。供試体の種別および形状寸法をそれぞれ表-1、図-2に示す。また、コンクリートの配合および鉄筋の力学的性質をそれぞれ表-2、表-3に示す。なお、鉄筋は複数のバッチのものをを用いたため、範囲で降伏点と引張強度を示した。

供試体は、接合部を持たない一体型、等曲げ

モーメント区間の中央に接合部を有する分割型Ⅰ、せん断スパンの中央に接合部を有する分割型Ⅱの3

表-2 コンクリートの配合

粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)					
					水	セメント	細骨材	粗骨材	減水剤	AE助剤
20	15.0	4.5	48	44	168	350	775	1023	2.45	3.9

種類とし、接合具のアンカー筋の定着方法をそれぞれ4種類に変化させた。定着方法は、アンカー筋の定着長をアンカー筋の公称直径の2.5倍とした25Dタイプ、3.5倍とした35Dタイプ、アンカー筋をこれとは直角方向に配置したD13の補助鉄筋に対して溶接をしたHタイプ、引張側および圧縮側のアンカー筋をそれぞれD13、D10の配力鉄筋に格子状に溶接をしたMタイプの4種類である。なお、35D、H、Mタイプの供試体の接合部には、せん断力を躯体コンクリートに分担させることを目的として、2体のRCはりの作製時に予め図-3に示すようなせん断キーを設置した。

接合具は、圧縮側に保証引張耐力が167kN級を2ヶ所、引張側に265kN級を2ヶ所とし、それぞれ147、196N・mのトルクでカップラーを締め付けた。また、カップラー内の空隙および接合具と供試体との間の切欠き部には、グラウトを充填した。グラウトは、無収縮性のものを使用し、載荷試験時の圧縮強度は、圧縮側で39～43N/mm²のものを、引張側で50～52 N/mm²のものとした¹⁾。

2.2 載荷方法

載荷は、等曲げモーメント区間600mm、せん断スパン1000mmの2点載荷とし、一次載荷と二次載荷の2段階に分けて行った。一次載荷は、供試体の引張鉄筋に作用する応力が196N/mm²に達するまでとした。除荷後、供試体を破壊まで導く二次載荷を行った。なお、接合部を有する分割型Ⅰおよび分割型Ⅱの各供試体の一次載荷は、一体型J0の一次載荷の荷重上限値までとした。

3. ひび割れ状況

表-3 鉄筋の力学的性質

	呼び名	降伏点 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
引張鉄筋	D19	362	518
	D16	363～381	532～538
圧縮鉄筋	D13	346～361	489～511
配力鉄筋	D10	346～379	485～524
	D13	346～359	489～511
スターラップ	D10	346～379	485～524
アンカー筋	D25	361	518
	D19	363	523

破壊後の各供試体の側面のひび割れ状況を図-4に示す。

分割型Ⅰの曲げひび割れは、接合面が開いた以外は等曲げモーメント区間には生じず、その外側に発生した。そして、曲げひび割れの分散は、各供試体ともほぼ同様な性状を示した。しかし、J1-25D、J1-35Dの接合部の圧縮鉄筋位置付近に生じた水平ひび割れ（以下、水平ひび割れと称す）は、接合具のアンカー筋に直角方向の鉄筋を溶接したJ1-H、J1-Mのものに比べ、顕著なものとなった。後述する接合面の開きが大きかったことによるものと考えられる。

分割型Ⅱでは、せん断キーの有無によりせん断ひび割れの進展状況に大きな違いが見られた。せん断力による両接合面のずれは、J2-35D、J2-H、J2-Mでは殆ど認められなかったのに対し、せん断キーの無いJ2-25Dでは、接合面に斜めひび割れが連続したこともあり大きなずれを生じた。

4. 破壊に至るまでの性状

各供試体の曲げひび割れ発生荷重、破壊荷重等をまとめて表-4に示す。なお、各ひび割れ発生荷重は、目視によりひび割れを確認したときの荷重である。

等曲げモーメント区間の中央に接合部を有す

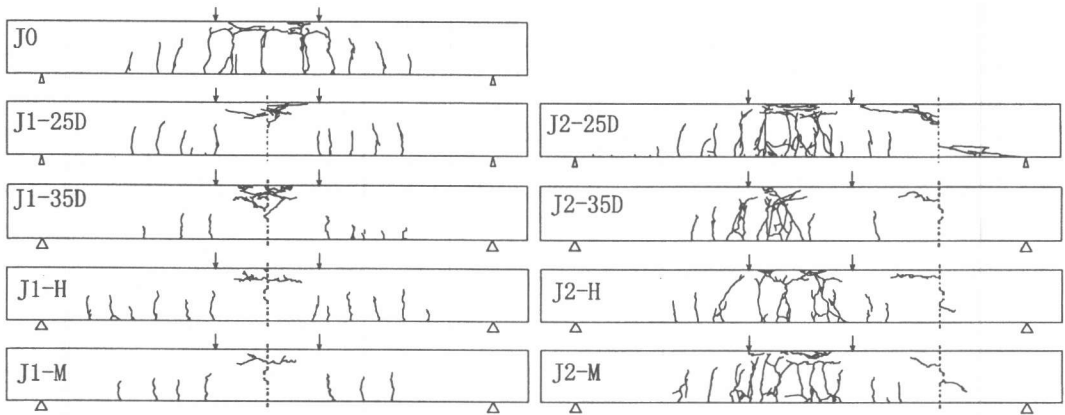


図-4 ひび割れ状況図

表-4 載荷試験結果

供試体 名称	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げひび割れ 発生荷重 (kN)	一次載荷上限値 $\sigma_s=196\text{N/mm}^2$ (kN)	水平ひび割れ [※] 発生荷重 (kN)	斜めひび割れ 発生荷重 (kN)	引張鉄筋降 伏時の荷重 (kN)	破壊荷重 (kN)
J0	33.0	49	78	—	—	157	236
J1-25D	35.8	78	78	78	—	※ ¹	236
J1-35D	32.4	78	78	108	—	※ ¹	250
J1-H	35.6	49	78	98	—	※ ¹	225
J1-M	32.9	78	78	93	—	※ ¹	211
J2-25D	34.3	29	78	69	186	※ ²	224
J2-35D	36.3	32	78	78	—	186	230
J2-H	27.8	39	78	137	—	138	235
J2-M	31.6	45	78	122	—	147	225

※¹: 接合部付近の引張鉄筋に貼付した一軸ゲージの値では、判定不能

※²: 引張鉄筋には、一軸ゲージの貼付を行わなかったため計測不能

※³: 水平ひび割れは、接合部の圧縮鉄筋位置付近に水平に生じたひび割れを指す

る分割型Ⅰの曲げひび割れ発生荷重は、J1-Hを除いて、一体型J0のものを大きく上回った。分割型Ⅰは、接合面が開くことにより、供試体コンクリートの引張縁に作用すべき引張応力が低減される。その後の荷重の増加に伴い供試体コンクリートに作用する引張応力がコンクリートの引張強度に達すると、曲げひび割れが発生する。すなわち、接合面が開くことにより、荷重の増加に伴うコンクリートの引張応力の立ち上がりに遅延が生じたものと思われる。しかし、同様の接合部を持つJ1-Hの曲げひび割れ発生荷重は、一体型J0と同様の値であった。これは、最初に生じた曲げひび割れの発生位置が、J1-Hでは等曲げモーメント区間内であったのに対し、J1-25D, J1-35D, J1-Mでは、等曲げモーメント

区間の外側であったことに起因するものと思われる。

水平ひび割れは、J1-25Dのみが、曲げひび割れの発生と同時に生じた。水平ひび割れの発生は、接合面付近の両供試体コンクリートに、高さ方向に対して引張力が作用したことを意味する。J1-25Dは、他の供試体に比べて接合面の滑りが大きかったためと思われる。

分割型Ⅱにおいて、接合具のアンカー筋に直角方向の鉄筋を溶接したJ2-H, J2-Mの水平ひび割れ発生荷重は、J2-25D, J2-35Dのもの二倍弱の値を示した。破壊形式は、接合部にせん断キーを設けたJ2-35D, J2-H, J2-Mでは、せん断キーの効果が十分に発揮され、曲げ引張破壊であったのに対し、せん断キーを設けなかった

J2-25Dでは、せん断破壊となった。せん断スパン内に接合部を設ける場合、せん断キーとの兼用が有効である。

破壊荷重は、各供試体とも一体型J0とほぼ等しい値となった。なお、分割型Iおよび分割型IIの接合具のアンカー筋に直角方向の鉄筋を溶接したH、Mタイプの供試体は、大きな音を伴い破壊に至った。载荷試験後の供試体内部の確認時に、溶接箇所アンカー筋あるいは引張鉄筋の破断が認められた。溶接箇所付近の鉄筋の伸びは小さく、溶接箇所において急激に破断したものであると思われる。溶接時の加熱による鉄筋耐力の低下が主原因と考えられる。

5. 最大曲げひび割れ幅

各供試体の側面の等曲げモーメント区間内に

おける最大曲げひび割れ幅と荷重の関係を図-5に示す。なお、最大曲げひび割れ幅は、等曲げモーメント区間内の引張鉄筋位置に連続して設けたゲージ長が100mmのパイ型変位計により計測したもののなかから、最大の値を示したものである。また、等曲げモーメント区間の中央に接合部を有する分割型Iは、接合面の開きが大きく、この開きを最大曲げひび割れ幅として扱った。分割型IのJ1-35D、J1-H、J1-Mの最大曲げひび割れ幅は、アンカー筋の定着力を最も小さくした同一荷重時のJ1-25Dのものに比べて小さな値を示した。アンカー筋の定着を確保することにより、接合面の開きを抑えることが可能である。しかし、分割型Iの各供試体の最大曲げひび割れ幅は、同一荷重時の一体型J0のもの2倍以上の値を示しており、接合面が大きく

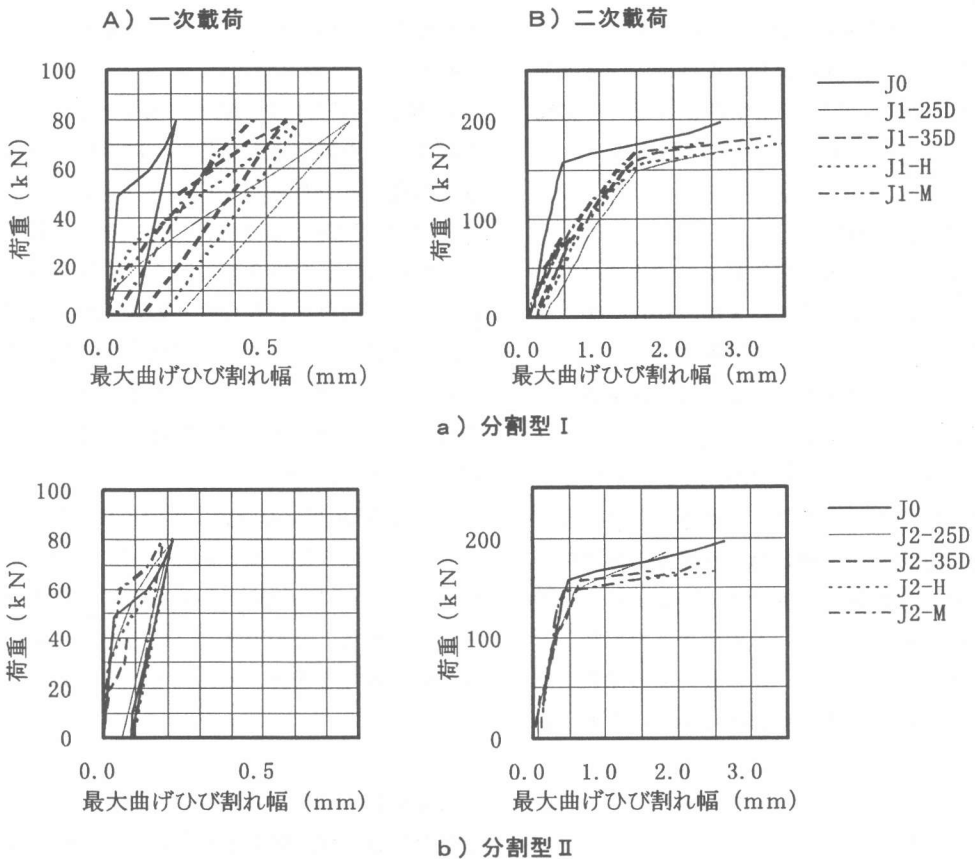
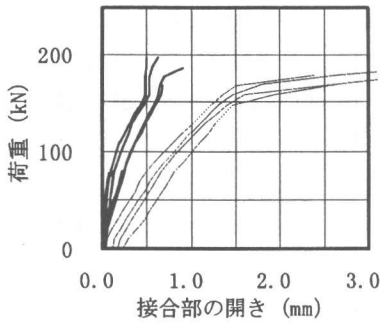
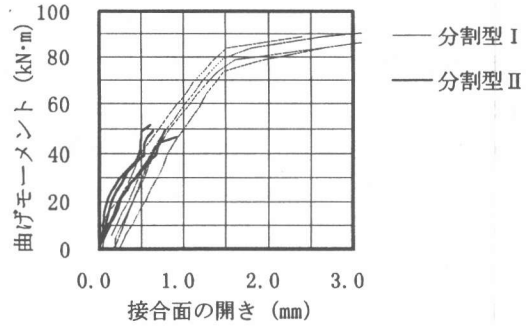


図-5 最大曲げひび割れ幅と荷重



a) 接合面の開きと荷重



b) 接合面の開きと曲げモーメント

図-6 接合面の開き

開いたことを意味する。接合部を設ける場合、アンカー筋の定着を高めること以外に、接合面の開きを最小限に抑える工夫が必要である。

せん断スパンの中央に接合部を有する分割型Ⅱの最大曲げひび割れ幅は、等曲げモーメント区間に生じており、何れも同一荷重時の一体型J0のものと同程度の値を示した。しかし、二次載荷において、分割型Ⅱの各供試体の最大曲げひび割れ幅は、引張鉄筋が降伏に近づくに従い、同一荷重時のJ0との差異が現れた。

6. 接合面の開き

図-6 a)に引張鉄筋位置における接合面の開きと荷重の関係を示す。また、b)に接合面の開きと曲げモーメントの関係を示す。

分割型Ⅱの接合面の開きは、同一荷重時の分割型Ⅰのもの約1/2であった。また、同一の曲げモーメントに対する分割型Ⅰと分割型Ⅱの接合面の開きは、ほぼ等しい値を示した。同一荷重時に分割型Ⅱの接合部に作用する曲げモーメントは、分割型Ⅰの接合部に作用するものの1/2であり、曲げモーメントの大きさを反映した結果である。すなわち、この接合面の開きに対するせん断力の及ぼす影響は小さいと考えられる。

7. まとめ

鋳鉄製カップラーとアンカー筋とを組み合わせ

せた接合具を等曲げモーメント区間の中央あるいはせん断スパンの中央の何れかに配置して接合したRCはりの静的載荷試験を行った。アンカー筋の定着方法を4種類に変化させた載荷試験の結果から、次の知見が得られた。

(1)接合具により接合したRCはりには、接合部を持たないRCはりと同程度の曲げ耐力を保持している。

(2)接合具のアンカー筋の定着を大きくとることにより、供試体コンクリートに引張応力を十分に伝達することができる。

(3)等曲げモーメント区間の中央に接合具を配置したRCはりの接合面の開きは、同一荷重時の接合部を持たないRCはりの最大曲げひび割れ幅の2倍以上であった。美観や水密性等に着目した場合、接合部に対し接着剤の塗布やシールを設けるなど、接合面の開きに対処する工夫が必要である。

(4)せん断スパンの中央においてRC部材を接合したRCはりには、接合面に作用するせん断力をせん断キーに分担させることで、両接合面のずれを抑えることができた。せん断スパン内に接合部を設ける場合、せん断キーとの組み合わせが有効である。

参考文献

1)土木学会：鉄筋継手指針，コンクリート・ライブラリー 第49号，pp.13-22