

L 形 RC 柱はり接合部における帯鉄筋による補強効果に関する一考察

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○中田 裕喜, 西村 脩平, 渡辺 健, 田所 敏弥

1. はじめに

柱はり接合部（以下、接合部）に関する照査の前提では、接合部の帯鉄筋は柱の塑性ヒンジ部と同量を配置することとしているが^{1),2)}、耐震設計で考慮すべき地震力の増大による柱の塑性ヒンジ部の帯鉄筋量の増加に伴い、接合部では過密な配筋が余儀なくされている。今後、様々な制約条件の下、高強度材料や繊維補強コンクリートなど高機能材料の適用が想定される土木分野において、本研究では、これまであまり明確となっていなかった帯鉄筋の補強効果について³⁾、L 形接合部の実験および非線形有限要素解析により検証した。

2. 実験および解析概要

表－1 および図－1 に実験の概要を、図－2 に解析モデルを示す。実験は、過年度に実施した 3 体⁴⁾に加え、No.4 を追加したものであり、外側の軸方向鉄筋の曲げ内半径 r は 3ϕ (ϕ : 軸方向鉄筋径)、接合部の帯鉄筋比 p_w は 0.57% である。解析は、三次元の非線形有限要素解析とし、正側（開く側）と負側（閉じる側）のそれぞれに対し、一方向載荷とした。また、No.1～4 の再現に加え、水平・鉛直部材に対して接合部を先行して破壊させるために軸方向鉄筋は弾性とした解析を実施した。さらに、軸方向鉄筋は弾性で、接合部の高さ H と幅 B の比 $H/B=1.6$ としたケースも実施した。なお、軸方向鉄筋を弾性とした解析では、コンクリートの圧縮強度は 27N/mm^2 、引張強度は 2.6N/mm^2 、弾性係数は 25.9kN/mm^2 、帯鉄筋の降伏強度は 345N/mm^2 、鉄筋の弾性係数は 200N/mm^2 に統一している。モデル化の詳細は、文献^{4),5)}を参照されたい。

3. 帯鉄筋の補強効果の検証

図－3 に、水平荷重と水平変位の関係を示す。実験結果では、 r が 3ϕ または 10ϕ のいずれの場合においても、帯鉄筋を配置すると、水平荷重の最大値 P_{max} にはあまり影響を与えないが、変形性能が向上することがわかる。なお、 r が小さくなると、負荷荷時において、 P_{max} は低下する^{4),5)}。図－4 に実験における接合部のひび割れ性状を、図－5 にパイゲージで計測した変位を示す。帯鉄筋を配置することで、ひび割れは分散する傾向にあるが、主たる斜めひび割れが発生するときの水平荷重や発生箇所、変位に顕著な差はみられない。

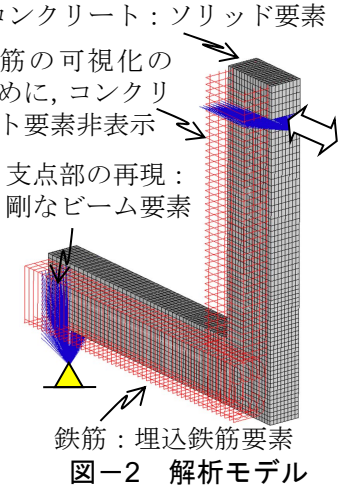
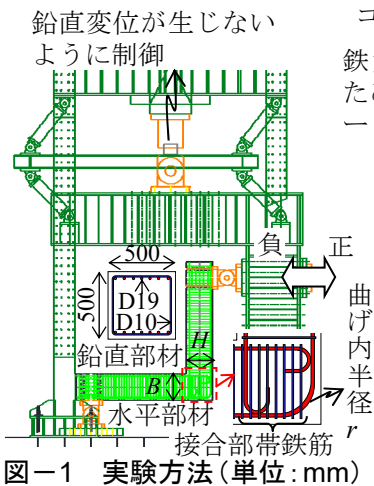
図－6 に、解析で得られた No.1, 2 ($r=10\phi$) の P_{max} における最大主ひずみの分布を示す。なお、解析で得られた水平荷重と水平変位の関係を図－3 に併記している。解析は概ね実験結果を再現しており、解析においても帯鉄筋を配置することで、ひび割れは分散して発生する傾向にあった。No.3, 4 ($r=3\phi$) の解析結果も同様であった。図－7 に、接合部の主たる斜めひび割れが発生した要素に着目し、コンクリートの最大主ひずみの最大値の履歴を示す。正載荷時には最大主ひずみが抑制される傾向にはあったが、帯鉄筋による拘束の効果は顕著ではなかった。

図－8 に、水平荷重の最大値 P_{max} に対する帯鉄筋の有無による比較を示す。帯鉄筋を配置することで、 $H/B=1.6$ における正載荷時で、やや P_{max} が増加する傾向にあったものの、 $H/B=1.0$ で平均 1.04、 $H/B=1.6$ で平均 1.12 であり、

表－1 供試体諸元

供試体名	f'_c (N/mm^2)	軸方向鉄筋		柱、はりの帯鉄筋		柱はり接合部	
		f_{sy} (N/mm^2)	p_t (%)	f_{wy} (N/mm^2)	p_w (%)	$p_w^{※1}$ (%)	曲げ内半径 ^{※1}
No.1	26.1	530	0.89	367	0.57	0.57	10 ϕ
No.2	27.0					0.00	10 ϕ
No.3	23.9					0.00	3 ϕ
No.4	21.9	527		370	1.59	0.57	3 ϕ

f'_c : コンクリートの圧縮強度, f_{sy} , f_{wy} : 降伏強度,
 p_t : 引張鉄筋比, p_w : 帯鉄筋比
※1: $p_w=A_w/(b_w\cdot s_s)$ で算定
 A_w : 区間における帯鉄筋の総断面積, b_w : 水平部材の腹部の幅, s_s : 帯鉄筋の配置間隔



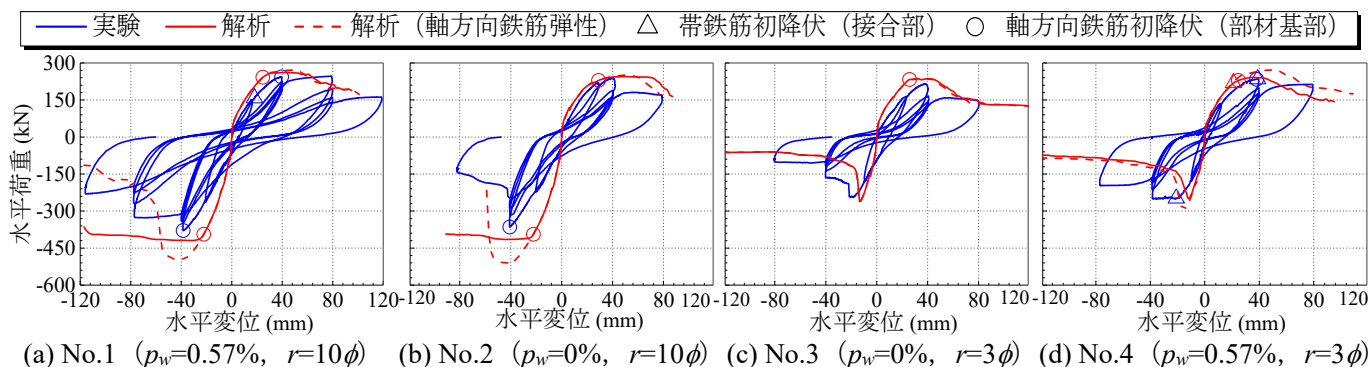


図-3 水平荷重と水平変位の関係

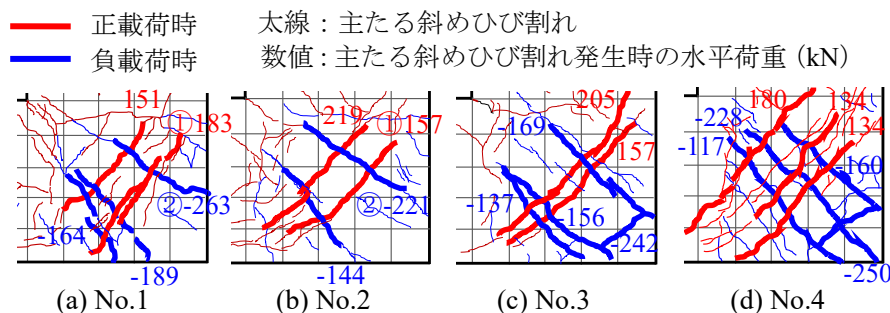


図-4 ひび割れ性状（コンクリートがはく落する直前）

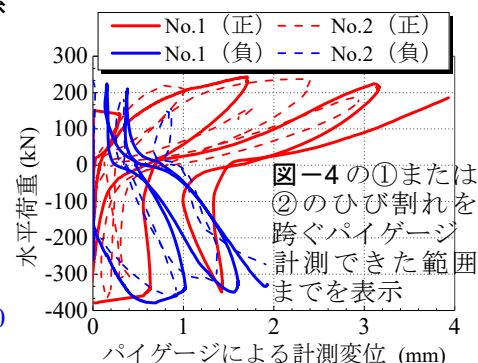
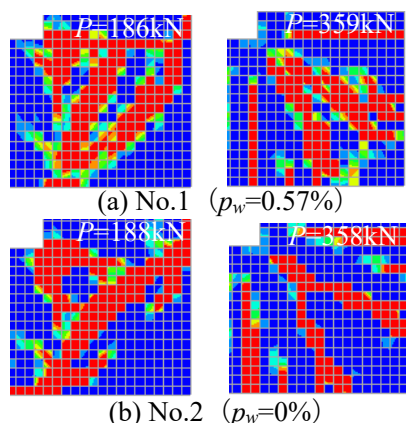
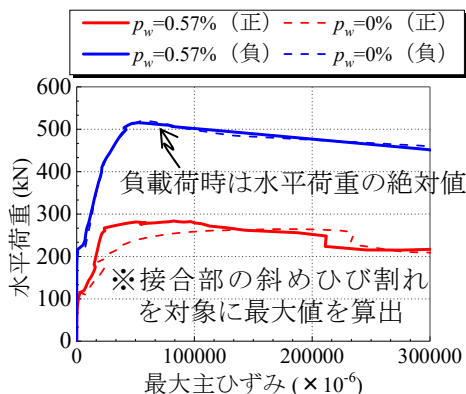
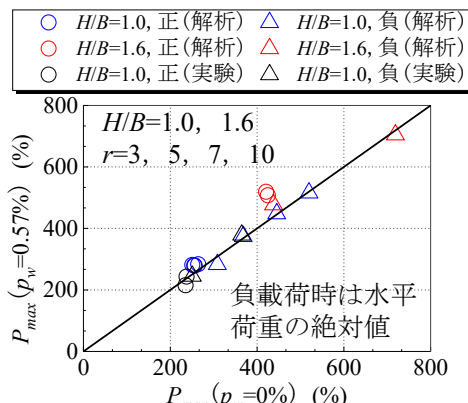


図-5 パイゲージによる計測変位

図-6 最大主ひずみ分布 ($r=10\phi$)図-7 最大主ひずみの最大値の履歴（軸方向鉄筋弾性, $H/B=1.0$, $r=10\phi$ ）図-8 P_{max} に対する p_w の影響（軸方向鉄筋弾性）

P_{max} の増加はわずかであった。

接合部は補修が困難であることなどから、柱や梁といった隣接する部材の破壊を先行させることが一般的である。このような設計思想の場合、帯鉄筋は接合部の P_{max} には顕著な効果がないこと、照査の前提¹⁾が設定された検討²⁾における接合部の帯鉄筋量を踏まえると、接合部には、柱の塑性ヒンジ部に配置されている現行の帯鉄筋量と同量の帯鉄筋を必ずしも配置する必要がないと考えられる。ところで、T 形や十字形の接合部は、L 形の接合部の開く側と類似した耐荷機構が想定されるが、L 形接合部を通して得られた本研究の知見は、こうした接合部形状にも適用できると考えられる³⁾。

4. おわりに

L 形柱はり接合部における帯鉄筋は、接合部の変形性能を向上させるが、水平荷重の最大値 P_{max} やひび割れ性状に及ぼす影響は小さいことがわかった。

参考文献：

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），丸善，2004.，2) 渡辺ら：鉄道ラーメン式高架橋における柱・はり接合部が部材じん性に及ぼす影響に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文報告集，13-2，pp.525-pp.530，1991.，3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建造物の靱性保証型耐震設計指針・同解説，丸善，1999.8.，4) 草野ら：接合部内の配筋諸元が L 形 RC 柱梁接合部の破壊性状に及ぼす影響，第 15 回日本地震工学シンポジウム，pp.51-60，2018.，5) 草野ら：L 形柱梁接合部における圧縮ストラットの形成と耐力に関する検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.41，No.2，2019.