

超高強度鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部の梁主筋付着性能
に関する実験的研究

正会員○柏崎 隆志*¹
同 北山 和宏*²
同 野口 博*³

1. 研究目的

鉄筋コンクリート(RC)建物を靱性のある梁降伏型の全体降伏機構に設計する場合、内柱・梁接合部内梁通し筋の過度な付着劣化を防止することが、建物全体のエネルギー消費能を良好に保つために必要である。このため、文献[1]では付着劣化の制限として付着指標 μ が提案されているが、高強度材料を用いた(NewRC)内柱・梁接合部に対しての適用について不明確な点が多い。本研究では、NewRC内柱・梁接合部の梁曲げ降伏後の梁通し筋の付着劣化性状について実験的に検討を行う。

2. 研究方法

試験体は、梁主筋付着劣化が顕著となるように、文献[1]の付着指標 μ を16程度、また、文献[2]の付着設計指標 τ_u/τ_f を1以下となるように設計を行った。試験体は、階高が147cm、スパンが270cmで、実大の約1/3スケールの平面十字型接合部4体である。柱、梁部材断面は、それぞれ30cm×30cm、20cm×30cmである。試験体の配筋図を図-1、試験体諸元を表-1、材料特性を表-2に示す。主なパラメータは、コンクリート強度(F_c800 、 F_c1100)、梁曲げ降伏時接合部せん断入力レベル(中レベル: $\tau_{py}=3\sqrt{F_c}$ 、高レベル: $\tau_{py}=4.5\sqrt{F_c}$)である。

3. 実験結果

3.1 破壊モード

表-3に実験結果一覧を示す。全試験体とも層間部材角 $R_s=1/50\text{rad}$ で、梁の曲げ降伏が確認され、その後、 $R_s=1/33\text{rad}$ で最大耐力となった。接合部せん断変形は、せん断耐力余裕度 τ_{py}/τ_{max} ($\tau_{max}=6\sqrt{\sigma_B}$)が0.5~0.75程度のせん断入力レベルにも関わらず、 $R_s=1/50\text{rad}$ 以降から増大し、 $R_s=1/25\text{rad}$ では接合部変形成分も20%程度となっているので、全試験体を梁曲げ降伏後の接合部破壊型(B・J型)と判断する。

3.2 履歴特性

図-2に層せん断力-層間変位関係を示す。各試験体の履歴ループは、MKJ-1に代表されるように、梁曲げ降伏($R_s=1/50\text{rad}$)以降からの逆S字化が激しく、エネルギー消費能力の低い形状となっている。梁主筋の付着劣化が、履歴特性に与える影響を検討するために等価粘性減衰指標 h_e を図-3に示す。また、文献[3]で破壊モードが接合

表-1 試験体諸元

試験体名	MKJ-1	MKJ-2	MKJ-3	MKJ-4	
梁	上端主筋 下端主筋	2-D19 2-D19	3-D19 3-D19	2-D22 2-D22	
	ステー ラップ	□2-D6@90 $p_w=0.36\%$	□2-D6@60 $p_w=0.53\%$	□2-D6@70 $p_w=0.46\%$	□2-D6@50 $p_w=0.63\%$
柱	主筋	12-D10	12-D16	12-D13	12-D19
	フープ	□2-D6@80 $p_w=0.27\%$	□2-D6@50 $p_w=0.43\%$	□2-D6@65 $p_w=0.33\%$	□2-D6@40 $p_w=0.53\%$
接合部	フープ □4-D6×3 π 70@50 $p_w=0.54\%$				
コンクリート強度 F_c	800		1100		
梁曲げ降伏時接合部 せん断入力レベル τ_{py} (kgf/cm ²)	91.7 =0.11 F_c =3.2 $\sqrt{F_c}$	137.6 =0.17 F_c =4.8 $\sqrt{F_c}$	107.7 =0.10 F_c =3.2 $\sqrt{F_c}$	154.6 =0.14 F_c =4.7 $\sqrt{F_c}$	
梁主筋付着指標 μ	16.5		16.2		

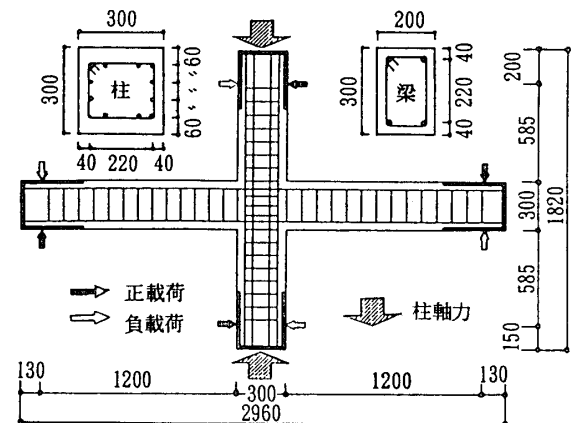


図-1 試験体の形状・寸法(MKJ-1)

表-2 材料特性

*: 0.2% off set

コンクリート	圧縮強度 (kgf/cm ²)	強度時歪 (μ)	1/4 F_c 割線剛性 (kgf/cm ²)	割裂強度 (kgf/cm ²)
$F_c 800$	860	3070	392000	57.0
$F_c 1100$	1004	2880	422000	51.0
鉄筋	降伏応力度 (kgf/cm ²)	降伏時歪 (μ)	最大応力度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 (kgf/cm ²)
D6 (SD80)	6880	*6350	8940	1430000
D10 (SD70)	6570	3880	7970	1890000
D13 (SD70)	8100	3740	10550	2390000
D16 (SD70)	7320	*5740	10430	2160000
D19 (SD70)	7860	3870	9600	2030000
D22 (SD70)	7570	5340	8500	1800000

表-3 実験結果一覧

試験体	接合部せん断応力度 τ_p (kgf/cm ²)						破壊 モード
	接合部せん断ひび割れ発生時			最大荷重時			
	実験値 ¹⁾	計算値 ²⁾	1)/2)	実験値 ¹⁾	計算値 ²⁾	1)/3)	
MKJ-1	72.8	79.2	0.92	93.7	176.0	0.53	B・J
MKJ-2	58.6	79.2	0.74	130.3	176.0	0.74	B・J
MKJ-3	65.0	85.8	0.76	110.0	190.1	0.58	B・J
MKJ-4	67.9	85.8	0.79	149.2	190.1	0.78	B・J

1) $\tau_p = 2Q_p / (D_c \times (b_c + b_b))$, 2) $\tau_p = Ft \sqrt{(1 + \sigma_B / Ft)}$, $Ft = 1.6 \sqrt{\sigma_B}$, 3) $\tau_p = 6 \sqrt{\sigma_B}$
 Q_p : 接合部せん断力, D_c : 柱せい, b_c : 柱幅, b_b : 梁幅, σ_B : 柱軸応力度, σ_B : コンクリート強度

Experimental study on the bond performance of beam main bars of
R/C interior column-beam joints with ultra high-strength materials

部せん断破壊先行型(J型)となったOKJ-5を比較のために、図-3に追加する。文献[1]では、『 $R_s=1/50$ radでの $h_{e,q}$ を10%以上確保すること』を付着劣化の限界として、付着指標 μ を12.5以下と規定している。本実験の4体は全て $\mu=16$ 程度で、梁主筋の付着劣化が予想される。各試験体の $R_s=1/50$ radでの $h_{e,q}$ は、MKJ-1が $h_{e,q}=10\%$ を確保しているが、他の3体は $h_{e,q}=7\%$ 程度とエネルギー消費量の少ない履歴性状を示している。

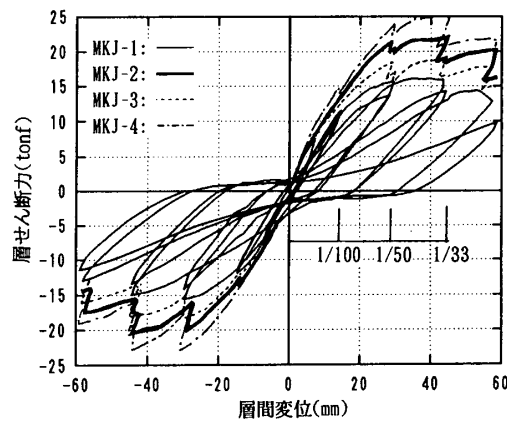


図-2 層せん断力-層間変位関係

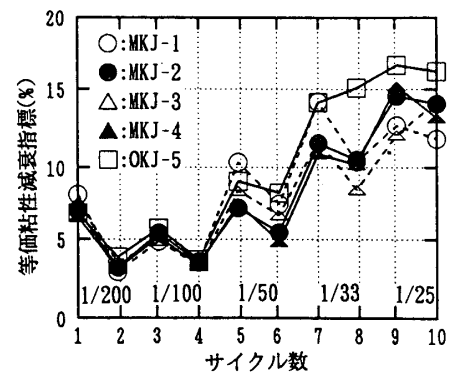


図-3 等価粘性減衰指標

3.3 せん断入力レベルの影響

図-4に、梁曲げ降伏時の接合部内平均付着応力度 τ とせん断入力レベル $\tau_{pv}/\sqrt{\sigma_B}$ の関係を示す。文献[4]では、高強度材料を用いた場合、梁通し筋の平均付着応力度はせん断ひび割れの影響を受けることが指摘されているが、本実験では、平均付着応力度は、約130~200kgf/cm²の範囲に分散しており、せん断ひびわれ、すなわち、せん断入力レベルと平均付着応力度との間には、有意な関係は認められない。

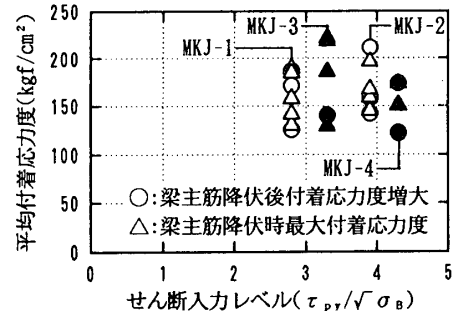


図-4 せん断入力レベルの影響

3.4 破壊モードの判別

文献[5]で提案されている接合部破壊判定指標Jと文献[1]の付着指標 μ による破壊モードの判別について、本実験結果の検討を図-5で行う。本実験では、 $J=2.5\sim 2.8$ であったにも関わらず、梁曲げ降伏以降で接合部破壊の進行がみられた。すなわち、B・J型破壊ゾーンは、 $\mu=10$ 以上から付着劣化を考慮した線に沿って、右上がりの傾向を示した。この原因として、付着劣化に伴う接合部コンクリート・ストラットへの応力集中と高強度材料使用によるコンクリート有効係数 ν の低下が考えられる。

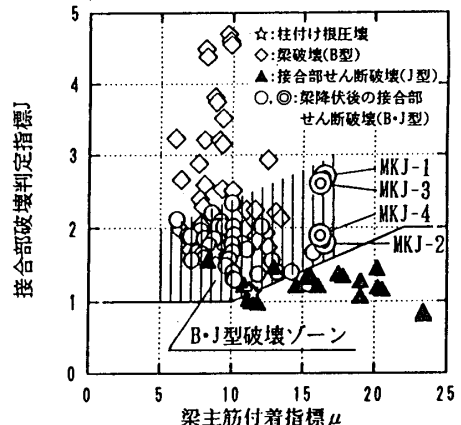


図-5 破壊モードの判別

4. まとめ

1. 超高強度材料を用いた接合部では、せん断耐力余裕度 τ_{pv}/τ_{max} ($\tau_{max}=6\sqrt{\sigma_B}$)が0.5~0.75程度のせん断入力に対しても、梁曲げ降伏後の梁主筋付着劣化に伴う接合部コンクリート圧縮ストラットへの応力集中と普通強度接合部以上のコンクリート有効係数 ν の低下により、接合部破壊が進行する。
2. 本実験では、せん断入力レベルと梁曲げ降伏時平均付着応力度との間に、有意な関係は認められなかった。
3. 接合部破壊判定指標Jと付着指標 μ による破壊モードの判別では、B・J型破壊ゾーンが、 $\mu=10$ 以上から付着劣化を考慮した線に沿って、右上がりの傾向を示している。

【謝辞】

本研究は、建設省NewRC総プロ(委員長:青山博之東京大学教授、構造性能分科会主査:小谷俊介東京大学助教授)の一環として行われ、接合部・梁構WG(主査:野村設郎東京理科大学教授)では、貴重な御助言を戴きました。ここに厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- [1]日本建築学会:鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・解説、1990
- [2]村上ほか:高強度鉄筋コンクリート柱・梁接合部における梁通し筋の付着性状、コンクリート工学年次論文報告集、13-2、pp.483~488、1991
- [3]柏崎ほか:超高強度鉄筋コンクリート造内柱・梁接合部のせん断性能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.475~478、1991
- [4]北山ほか:高強度RC柱・梁接合部の梁主筋の付着特性に関する基礎実験、コンクリート工学年次論文報告集、13-2、pp.479~482、1991
- [5]小河原ほか:高強度鉄筋を主筋に用いた高強度鉄筋コンクリート造接合部の耐震設計法、日本建築学会学術講演梗概集、構造Ⅱ、pp.601~602、1991