

高強度材料を用いた柱・梁接合部の付着性状に関する実験的研究

正会員○ 李 祥浩*¹
同 北山 和宏*²
同 小谷 俊介*³
同 青山 博之*⁴

1. 序 高強度コンクリートと太径の高強度鉄筋を用いたRC骨組の柱梁接合部では、接合部寸法に比べて終局時の応力レベルが高くなり、その結果、接合部のせん断破壊や接合部内での梁主筋の付着破壊などの危険性が高くなる。特に、梁主筋が通し配筋された内柱梁接合部では付着劣化が起りやすい。本研究では、梁主筋の付着性状を調べるために高強度材料を用いた平面柱梁接合部試験体の静的正負繰り返し実験を行い、既往の普通強度を用いた平面柱梁接合部試験体の実験結果と比較検討した。

2. 実験概要 試験体は実物の約1/2スケールの平面柱梁接合部2体(試験体名:15,16)で、パラメータは梁主筋径(D13、D19)である。形状は同一で、柱芯から梁支持点まで1350mm、梁芯から上柱加力点及び下柱支持点まで735mmである。試験体諸元を表1に、配筋を図1に示す。梁主筋の付着性状を主な検討対象とするため、接合部入力せん断応力度(接合部有効断面積は文献[1]による)を0.15F_c(F_cはコンクリートの設計基準強度)程度に抑えた。材料特性を表2に示す。コンクリートは、水セメント比28.5%、細骨材率42%、混和剤添加率3%とした。加力は一定の軸力(18tonf)を保持し、試験体の柱頭に取り付けたアクチュエータで水平方向正負繰り返し載荷した。加力方法は変位制御で、層間変形角1/200、1/100、1/75、1/50、1/33、1/25及び1/15radまで加力した。

3. 実験結果及び検討 試験体15、16とも、層間変形角R=1/200rad(以下R=1/200とする)で梁、柱部材に曲げひび割れ、R=1/100で接合部にせん断ひび割れが発生した。試験体15はR=1/50ピーク以前に、試験体16はR=1/50から始まりR=1/33ピーク以前に、梁主筋が降伏し、R=1/33程度で梁危険断面でのコンクリートが圧壊剥落した。試験体15は梁曲げ破壊、16は梁主筋降伏後の接合部破壊と判断した。層せん断力-層間変位関係を図2に示す。両試験体ともにR=1/33で最大耐力に達し、その後緩やかな耐力低下を示した。各試験体の梁主筋径の違いによる履歴性状の差はあまり見られなかった。接合部入力せん断応力度-接合部せん断変形角関係を図3に示す。両試験体ともにR=1/33で最大応力度に達し、その時の値は試験体15が0.142σ_B、16が0.159σ_B(σ_Bはコンクリートの圧縮強度)であった。梁主筋の付着が厳しい試験体(16)は最大耐力以降でせん断変形が大きくなった。平面保持を仮定した曲げ断面解析によれば、R=1/50まで圧縮側鉄筋は引張力を負担しない。しかし、試験体15はR=1/100から、16はR=1/200から、梁危険断面圧縮側の鉄筋歪が引張へ転化し、その位置での梁主筋が付着劣化したことを示す。梁主筋の付着性能評価:指針[1]では、付着性

表1 試験体諸元

試験体名	15	16
(a) 梁		
上端筋	6-D13	3-D19
p _t (%)	1.54	1.66
下端筋	3-D13	2-D19
p _t (%)	0.73	1.10
スタップ		2-D6
φ (mm)		40
p _w (%)		0.8
(b) 柱		
主筋		16-D16
p _g (%)		3.54
7-7		4-D6
φ (mm)		50
(c) 接合部		
7-7		4-5.5φ (3set)
p _w (%)		0.42
(d) 梁主筋付着指標(μ)		
上端筋	4.2	7.1
下端筋	5.6	8.5

注) μ = u_b / √σ_B
u_b: 式(1)による
σ_B: コンクリート圧縮強度 (kgf/cm²)

表2 材料特性
(a) コンクリート

圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	割線剛性 (kgf/cm ²)
870	44	416,000

注) 割線剛性は1/4強度時

(b) 鉄筋

呼び名	降伏強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)
5.5φ	2,550*	3,850
D6	4,030	5,270
D13	7,840	8,350
D16	5,440	6,980
D19	7,870	8,510

注) *: 0.2% offset 強度

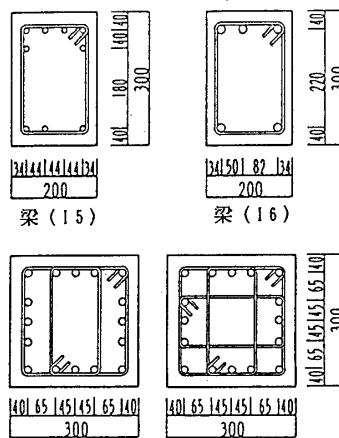


図1 試験体の配筋(単位:mm)

Experimental Study on Bond Characteristics of High-Strength R/C Beam-Column Joints

能を (1)層間変形角 $1/50 \text{ rad}$ における、(2)層せん断力-層間変形関係から、等価粘性減衰定数を用いて評価している。等価粘性減衰定数は梁主筋の降伏以前 ($R \leq 1/50$) では小さく、降伏後 ($R \geq 1/33$) に増大する性質があり、一率に層間変形角 $1/50 \text{ rad}$ の時の値を用いるのは問題である。また、試験体 I5、I6 の付着指標 $\mu (=u_b/\sqrt{\sigma_B})$ の値は 5.6、8.5 であるが、曲げ降伏後の等価粘性減衰定数は 10% 以上になり、履歴曲線には顕著な差はみられなかった。このことから、文献 [1] の付着に関する条件が高強度材料の範囲では適用できない。

梁主筋降伏時の平均付着応力度：梁主筋の上端筋が柱面の一端で引張降伏、他端で最大圧縮力か作用する時の接合部内平均付着応力度 u_b は次式 (1) で表わされる。下端筋の付着指標は上端筋と下端筋の鉄筋断面積を入れ変える。

$$u_b = (1 + \gamma) \cdot (\sigma_y / 4) \cdot (d_b / D) \quad (1)$$

ここで、 $\gamma = A_s' / A_s$ (ただし、 $\gamma \leq 1$)、 A_s ：梁主筋の引張鉄筋断面積、 A_s' ：圧縮鉄筋断面積、 σ_y ：梁主筋降伏強度、 d_b ：梁主筋径、 D ：柱せい。梁主筋が柱面の一端で降伏したときに実験 ($0.5 \leq \gamma \leq 0.75$) で得られた接合部内の平均付着応力度 τ_{av} 、コンクリート圧縮強度 σ_B および u_b の関係を図 4 に示す。梁主筋の付着指標が大きくなるほど、接合部内の降伏時付着応力度が低くなる傾向が見られる。高強度材料を用いた柱梁接合部実験結果 (●印) は普通強度を用いた実験結果より多少相関性が落ちるが、上端筋はコンクリートの圧縮強度で、下端筋はコンクリートの圧縮強度の平方根で基準化した付着指標が接合部内の梁主筋の付着状態を良好に表わしている。

4. 結論 接合部入力せん断応力度が $0.15\sigma_B$ 程度でも、梁主筋径の大小によって付着劣化が起こり、その結果、付着応力度が厳しい試験体 (I6) の接合部せん断変形が増大した。また、高強度材料を用いた時にも、上端筋あるいは下端筋の付着指標 μ は接合部内の梁主筋の付着性状を表わす指標として有効である。

5. 謝辞 本研究は藤田崇君 (新日本製鉄) が宇都宮大学卒業研究として担当した。試験体製作、実験実施にあたり御協力頂いた東京大学工学部助手 細川洋治、田才晃両先生、(株)大成建設技術研究所、神戸製鋼、宇都宮大学卒論生 福岡誠君 (岡設計) に厚く御礼申し上げます。

6. 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・同解説」、1990。

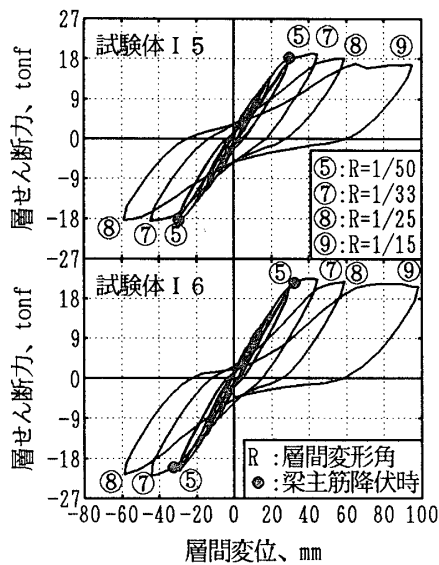


図2 層せん断力-層間変位関係

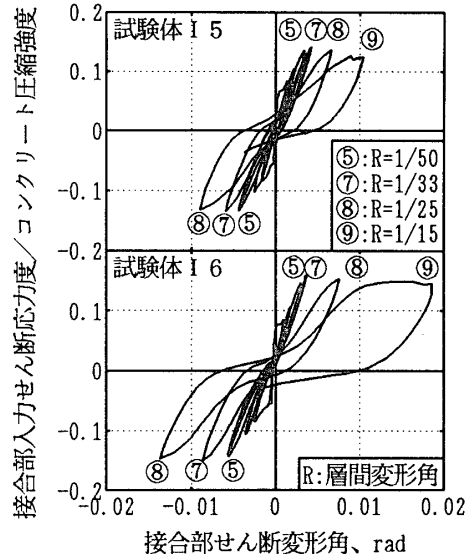


図3 接合部入力せん断応力度-接合部せん断変形角関係

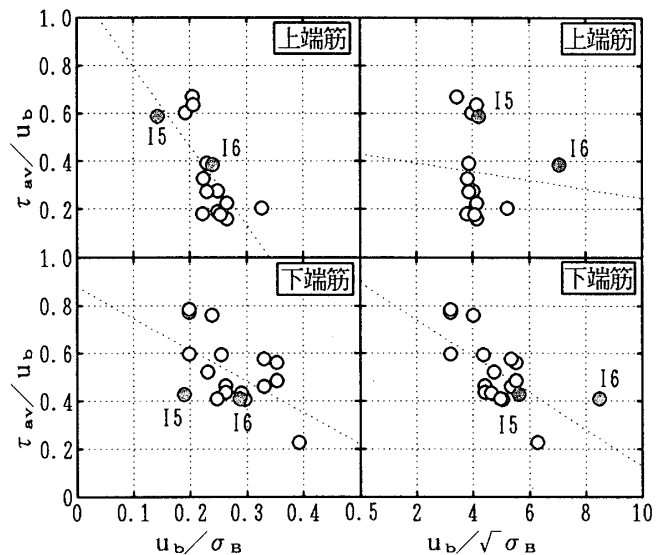


図4 接合部内の平均付着応力度-コンクリート圧縮強度関係