

主筋付着性能を向上させた鉄筋コンクリート造
内柱・梁接合部の破壊性状に関する研究

正会員 ○森田真司*1
同 北山和宏*2
同 岸田慎司*3
同 西川孝夫*4

鉄筋コンクリート 柱・梁接合部 主筋付着
接合部入力せん断力 圧縮ストラット 層せん断力

1. はじめに

鉄筋コンクリート造柱・梁接合部のせん断性状は主筋の付着性状により変化すると考えられるため、現在までに主筋の付着を絶縁した試験体^{[1],[2]}及び付着性能を向上させた試験体^[3]を作成し実験的検討を行ってきた。本研究では、柱・梁主筋付着性能の向上を主な実験因子とした試験体を対象に、接合部入力せん断力を算出し、主筋付着性状と接合部破壊性状との関係について検討した。

2. 実験概要

対象とした試験体は柱幅と梁幅の等しい平面十字型4体^[3]である。主要な因子を表-1に示す。試験体形状(柱断面 300mm×350mm, 梁断面 300mm×400mm)及びコンクリート設計基準強度(18N/mm²)は共通とした。試験体M1を基準試験体とし、試験体M2及びM3は接合部内の梁主筋の付着性能を向上させるために、通し梁主筋を挟む形で上下に柱せいと同長のD25鉄筋を溶接して抱合せ、主筋表面積を増大させた。試験体M2とM3は同一配筋の試験体で、試験体M2は正負交替載荷、試験体M3は単調載荷した。試験体M6は接合部内の柱主筋の付着性能を向上させるために、通し柱主筋を挟む形で両側に梁せいと同長のD22鉄筋を溶接して抱合せた。全試験体とも柱・梁の曲げ降伏前に接合部せん断破壊した。層せん断力-層間変形角の包絡線を図-1に示す。最大層せん断力はV_{c,max}=118~140kNの範囲にあった。

3. 接合部入力せん断力

柱・梁危険断面のコンクリート歪み分布の測定結果をもとに柱・梁危険断面の応力状態を図-2のように仮定した。東西梁及び上下柱危険断面のコンクリート応力分布形状は合同とした。また層間変形角2%以降、危険断面コンクリートに圧壊現象が見られたことを考慮し台形とした。コンクリート圧壊領域の応力度はACI318規準^[4]より平均応力度0.85σ_Bとした。x, y: コンクリート圧壊領域のせい, T_{et}: 東上端鉄筋力, T_{eb}: 東下端鉄筋力, T_{wt}: 西上端鉄筋力, T_{wb}: 西下端鉄筋力, C_{ce}: 東梁コンクリート圧縮合力, C_{cw}: 西梁コンクリート圧縮合力, T_{te1}, T_{te2}, T_{tm}, T_{tw2}, T_{tw1}: 上柱鉄筋力, T_{be1}, T_{be2}, T_{bm}, T_{bw2}, T_{bw1}: 下柱鉄筋力, C_{ct}: 上柱コンクリート圧縮合力,

表-1 試験体諸元

| 試験体名 | M1 | M2 | M3 | M6 |
|-------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|
| σ _B (N/mm ²) | 17.1 | 18.2 | 18.8 | 19.4 |
| 柱軸力 | ゼロ | | | |
| 柱の配筋 | 主筋: 16-D22, 帯筋: 4-D10@60 | | | |
| 梁の配筋 | 主筋: 上・下端とも4-D25, 筋筋: 4-D10@60 | | | |
| 接合部 横補強筋 | 2-D6@80, 2sets | | | |
| 主筋抱合せ | - | 梁主筋 | 柱主筋 | |
| 載荷履歴 | 繰り返し | | 単調 | 繰り返し |

σ_B: コンクリート圧縮強度

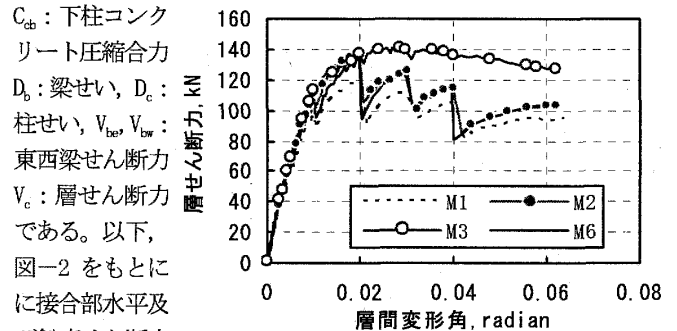


図-1 層せん断力-層間変形角関係

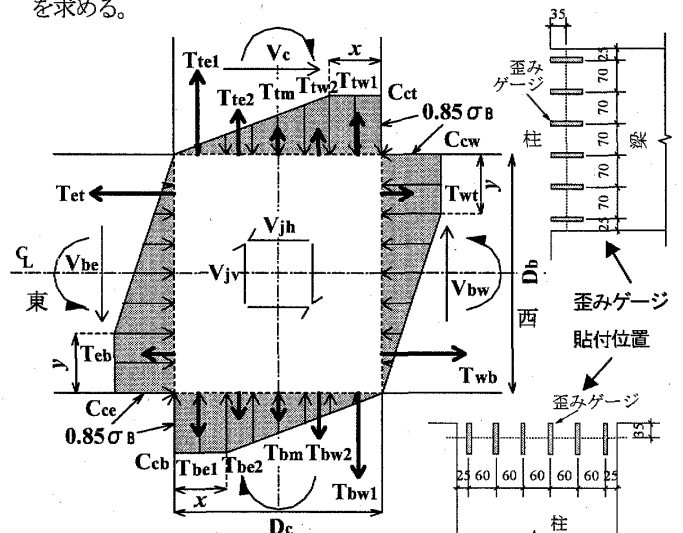


図-2 接合部周りの応力状態

3.1 接合部水平せん断力 接合部水平せん断力は、接合部の中心軸で切断した断面で数学的に最大となる。接合部中心軸における接合部水平せん断力V_{jh}は式(1)となる。

$$V_{jh} = T_{et} + \alpha_b \cdot C_{cw} - \beta_b \cdot C_{ce} - T_{wt} - V_c \quad (1)$$

係数α_bは西側梁中心軸より上のコンクリート圧縮合力が全圧縮合力C_{cw}に占める割合、係数β_bは東側梁中心軸より上のコンクリート圧縮合力が全圧縮合力C_{ce}に占める割合である。両係数は梁主筋付着性能が反映される係数である。東西の応力形状の対称性よりα_b+β_b=1である。係数α_b, β_bは式(2)となる。

$$\beta_b = \begin{cases} \frac{D_b^2}{4(D_b^2 - x^2)} & \text{for } 0 \leq x < \frac{D_b}{2} \\ \frac{x}{x + D_b} & \text{for } \frac{D_b}{2} \leq x < D_b \end{cases} \quad (2a)$$

$$\alpha_b = 1 - \beta_b \quad (2b)$$

Study on Failure Mechanism of Reinforced Concrete Interior Beam-Column Joints Provided Good Bond along Beam and Column bars

MORITA Shinji, KITAYAMA Kazuhiro, KISHIDA Shinji and NISHIKAWA Takao

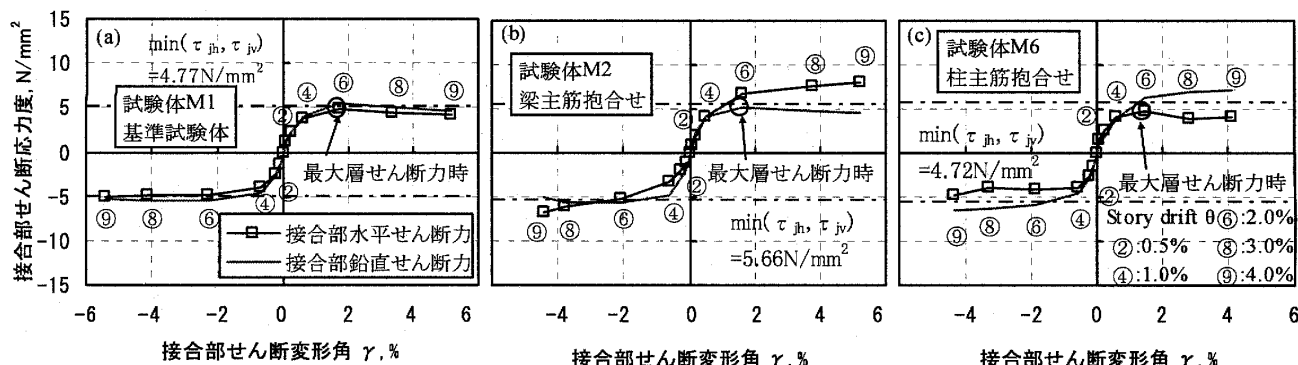


図-3 接合部せん断応力度-接合部せん断変形角関係

3.2 接合部鉛直せん断力 接合部鉛直せん断力は、接合部の中心軸で切断した断面で数学的に最大となる。接合部中心軸における接合部鉛直せん断力 V_{jv} は式(3)となる。

$$V_{jv} = T_{e1} + T_{e2} + \alpha_c \cdot C_{cb} - T_{be1} - T_{be2} - \beta_c \cdot C_{ct} - V_{be} \quad (3)$$

係数 α_c は下柱中心軸より東側のコンクリート圧縮合力が全圧縮合力 C_{cb} に占める割合、係数 β_c は上柱中心軸より東側のコンクリート圧縮合力が全圧縮合力 C_{ct} に占める割合である。両係数は柱主筋付着性能が反映される係数である。上下の応力形状の対称性より $\alpha_c + \beta_c = 1$ である。係数 α_c 、 β_c は式(2)において D_b を D_c に、 x を y に置き換えた式となる。

試験体 M1, M2 及び M6 の接合部水平せん断応力度 τ_{jh} 及び接合部鉛直せん断応力度 τ_{jv} と接合部せん断変形角 γ との関係を図-3 に合わせて示す。また接合部パネル内に形成される斜め圧縮ストラット角度の推移を図-4 に示す。圧縮ストラットの角度は $\tan^{-1}(\tau_{jv}/\tau_{jh})$ で求めた値とした。 τ_{jh} 及び τ_{jv} は式(1)及び(3)の値を接合部のせん断抵抗断面積^[5]で除して求めた。コンクリート圧壊領域のせい x , y は測定した危険断面コンクリート歪み分布において、材料試験によるコンクリート圧縮強度時歪みを超える点を線形補完して求めた。柱・梁鉄筋力は危険断面位置に貼付した歪みゲージの出力を Ramberg-Osgood モデルにより応力変換して求めた。コンクリート圧縮合力は危険断面の力の釣合いから求めた。図中の一点破線は靱性指針^[5]における接合部せん断強度の下限値(平均値の0.85倍)である。

梁主筋の付着性能が低下した試験体 M1 及び M6 の接合部水平せん断応力度は、最大層せん断力時以降に低下する傾向を示した。試験体 M1 及び M6 の式(1)による最大値は、靱性指針による接合部せん断強度の下限値とほぼ等しくなった。梁主筋の付着性能が良好であった試験体 M2 及び M3 の値は、靱性指針による下限値を越えて緩やかに増加し続ける傾向を示した。柱主筋の付着性能が低下した試験体 M1, M2 及び M3 の接合部鉛直せん断応力度は、最大層せん断力時以降に低下する傾向を示した。試験体 M1, M2 及び M3 の式(3)による最大値は、靱性指針による接合部せん断強度の下限値とほぼ等しくなった。柱主筋の付着性能が良好であった試験体 M6 の値は、靱性指針による平均値を越えて緩やかに増加し続ける傾向を示した。接合部水平または鉛直せん断力の最小値を取ることで決定した接合部せん

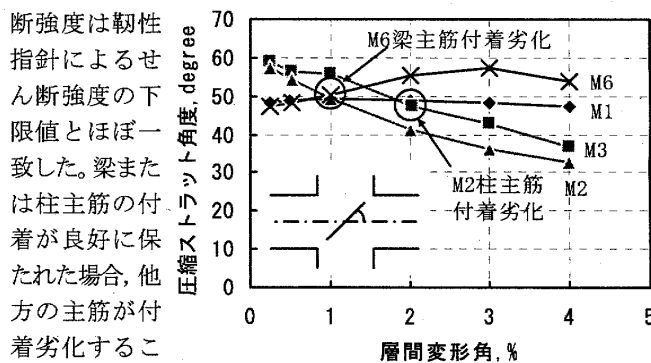


図-4 斜め圧縮ストラット角度

断強度は靱性指針によるせん断強度の下限値とほぼ一致した。梁または柱主筋の付着が良好に保たれた場合、他方の主筋が付着劣化することで圧縮ストラット角度が変化すると考えられる。試験体 M1 の柱・梁主筋は同時期に付着劣化し、付着強度もほぼ同一であったため圧縮ストラット角度がほぼ一定に推移した。試験体 M2 及び M3 の柱主筋は付着劣化したが、梁主筋の付着力は低下せず上昇し続けたため、圧縮ストラット角度がほぼ一定割合で減少した。全試験体において最終的に斜め圧縮ストラット中央のコア・コンクリートが圧壊し、接合部水平または鉛直せん断力が低下することで、層せん断力が低下した。

4. まとめ

- (1) 梁主筋付着が良好である場合、接合部水平せん断力は低下しなかった。同様に柱主筋付着が良好である場合、接合部鉛直せん断力は低下しなかった。
- (2) 接合部水平せん断力と接合部鉛直せん断力の小さい方を選ぶことで求めた接合部せん断強度は、靱性指針による接合部せん断強度の下限値によって評価可能であった。
- (3) 接合部内の梁または柱主筋の付着力が低下することにより接合部水平または鉛直せん断力が低下し層せん断力が低下した。

【参考文献】

[1] 田島, 北山, 奥田, 岸田: RC 内柱・梁接合部の破壊と柱・梁通し筋の付着性状との関係, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, pp.697-702, 2000. [2] 森田, 北山, 岸田: RC 造柱・梁接合部の変形性状と入力せん断力に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, pp.361-366, 2001. [3] 森田, 北山, 岸田, 西川: 主筋付着性能の向上が RC 造内柱・梁接合部のせん断性状に与える影響(その1)(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, C-2, pp.483-486, 2003. [4] ACI Committee 318: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, ACI318-95, 1995. [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, 1999.

*1 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 COE 研究員 修士(工学)
 *2 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 助教授・工博
 *3 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 助手・博士(工学)
 *4 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻 教授・工博

*1 COE Researcher, Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., M. Eng.
 *2 Assoc. Prof., Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.
 *3 Research Assoc., Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.
 *4 Prof., Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.