

V-24 異形鉄筋の横ふし間コンクリートのせん断破壊時における局部付着特性

高松高専	正会員	○長友	克寛
豊橋技術科学大学	正会員	角	徹三
高松高専		松原	三郎

1. 研究目的 鉄筋横ふしの頂面を連ねる円筒面でのコンクリートのせん断破壊は、鉄筋の付着特性がフルに発揮される状態である。本研究では、これを付着せん断破壊と呼ぶことにする。この破壊時における局部付着応力－すべり曲線は、様々な付着破壊時に対する曲線の上界を与えるものであり、そのモデル化はRC部材のFEM解析等において重要な意味をもつ。著者等¹⁾は、既往の研究において付着せん断破壊時の付着強度式を提案した。本研究の目的は、この研究の一環として、付着せん断破壊時における局部付着応力－すべり関係モデルを提案することにある。

2. 試験体 表-1 に主要実験変数の一覧、図-1 に引抜試験体の形状・寸法をそれぞれ示す。

試験体は330×300×180mmの直方体である。コンクリート断面内には、10×150mmの中空部を設け、この中空部と供試筋表面との距離を変えることにより、かぶり C を変化させた。本研究では、 C を鉄筋公称径 d_b で除したものを無次元化かぶり C_o で定義し、各 d_b に対して C_o を4種類に変化させた。供試筋は、直角横ふしをもつSD295Aの市販鉄筋である。これをコンクリート断面の中央に埋め込み、試験体軸方向の中央位置（載荷面から90 mmの位置）から自由端側に2ふし分の領域のみを定着させ、それ以外の部分はパイプを挿入することによって付着を断った。なお、本研究では、割裂ひび割れの存在の影響を検討するためステンレス板を中空部と供試筋との間のかぶり部分に挿入することによってスリットを設けた実験も実施したが、今回はスリットの無い場合の実験結果のみについて報告する。使用したコンクリートは、粗骨材最大寸法13mmのAEコンクリートであり、圧縮強度は $f_c' = 19 \sim 22$ MPa と若干変動した。無次元化かぶりが $C_o \approx 4.0$ の試験体については、水セメント比を $W/C = 40, 50, 60\%$ の3種類に変えることによって f_c' を変化させてその影響をみた。載荷には手動中空油圧ジャッキを用い、そのテンションバーと鉄筋端部とをカップラーで連結することにより引拔力 P を加えた。その反力は、載荷端側コンクリート面の4辺に沿う幅50mmの領域に圧縮力として作用させた。

3. 付着応力 τ —すべり S 関係

図-2に、D22鉄筋を供試筋に用いた試験体を例にとり、その付着応力—すべり関係を示す。ここに、縦軸は付着応力 τ を付着強度 τ_u で、横軸はすべり S を付着強度時のすべり S_u でそれぞれ無次元化して表示してある。同図より、付着強度到達以前については S/S_u を用いることにより各実験曲線はほぼ一つの曲線として表示可能であるが、それ以降については S/S_u による無次元化では不適切であることが分かる。図示はしていないが、検討の結果、付着強度到達以後については S/d_b を用いた方が望ましいこ

図-2に、D22鉄筋を供試筋に用いた試験体を例にとり、その付着応力—すべり関係を示す。ここに、縦軸は付着応力 τ を付着強度 τ_u で、横軸はすべり S を付着強度時のすべり S_u でそれぞれ無次元化して表示してある。同図より、付着強度到達以前については S/S_u を用いることにより各実験曲線はほぼ一つの曲線として表示可能であるが、それ以降については S/S_u による無次元化では不適切であることが分かる。図示はしていないが、検討の結果、付着強度到達以後については S/d_b を用いた方が望ましいこ

変数名	変数値
水セメント比 W/C (%)	40, 50, 60
鉄筋公称径 d_b (mm)	15.9, 19.1, 22.2, 25.4, 28.6, 31.8
無次元化かぶり $C_o = C/d_b$	約1.0, 約2.0, 約3.0, 約4.0
定着区間におけるスリット	有り、無し

1

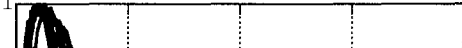


表-1 実験変数

変数名	変数値
水セメント比 W/C (%)	40, 50, 60
鉄筋公称径 d_b (mm)	15.9, 19.1, 22.2, 25.4, 28.6, 31.8
無次元化かぶり $C_o = C/d_b$	約1.0, 約2.0, 約3.0, 約4.0
定着区間におけるスリット	有り、無し

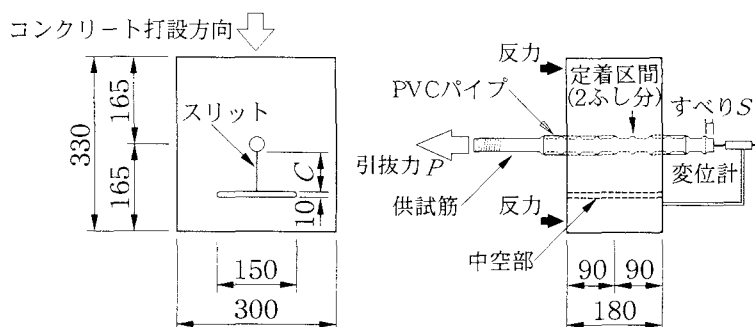


図-1 試験体形状・寸法 (単位mm)

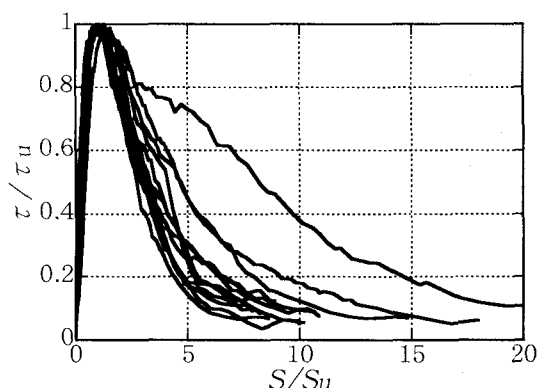


図-2 無次元化付着応力 τ/τ_u -すべり S/d_b 関係の一例 (D22鉄筋の場合)

とが分かった。そこで、本研究では、 $\tau-S$ 関係を図-3のようにモデル化し、モデル中の各変数の定量化を行った。

4. 付着強度時すべり S_u 図-4に、かぶりが $C_0 \cong 4.0$ と大きい場合について、 S_u/db と f_c' との関係を示す。 S_u/db は f_c' の増加に伴いほぼ直線的に減少し、この傾向への db の影響は明確では無い。実験結果を直線近似すると、

$$S_u/db = -0.05 \cdot (f_c'/30) + 0.15 \quad (1)$$

次に $C_0 \leq 4.0$ のデータについて S_u/db と C との関係を調べたところ、 S_u/db は C の増加に伴いわずかに増大傾向にあり、この傾向への db の影響は明確では無かった。結果を直線近似すると、

$$S_u/db = \text{式(1)} \times (0.58 + 0.0029 \cdot C) \quad (2)$$

5. 無次元化付着応力-すべり関係 付着強度到達前の付着応力-すべり関係を次式で近似する。

$$\tau/\tau_u = (S/S_u)^\alpha \quad (3)$$

かぶりが $C_0 \cong 4.0$ と大きい場合について係数 α を求めると、 α への f_c' の影響は明確では無く、その平均値は $\alpha = 0.65$ であった。

図-5に、 $C_0 \leq 4.0$ のデータについて α と C との関係を示す。 α は C の増加に伴いわずかに増加傾向にあり、この傾向への db の影響は明確では無い。結果を直線近似すると、

$$\alpha = 0.41 + 0.0016 \cdot C \quad (4)$$

参考までに、全データの平均値は $\alpha = 0.52 \cong 0.5$ となった。

6. 付着せん断破壊に伴う抜け出し開始すべり S_r

いま、横ふし間のコンクリートが横ふし頂面を連ねる面で削り取られてしまうことによってずるずると抜け出しを始めるすべりを S_r と表示する。これを無次元化した S_r/db と、 f_c' および C にとの関係を検討した結果、 S_r/db への f_c' および C の影響はともに明確では無かった。その平均値は $S_r/db = 0.42 \cong 0.4$ となり、この値は従来よく採用されている横ふし頂部間隔ではなく、横ふし付け根位置での純間隔にほぼ相当するものであった。

7. 残存付着応力 τ_r 図-6に、かぶりが $C_0 \cong 4.0$ と大きい場合について、 S_r 到達後の抜け出し状態における無次元化残存摩擦抵抗 τ_r/τ_u の平均値と f_c' との関係を示す。 τ_r/τ_u は f_c' の増加に伴い減少し、この傾向への db の影響は明確では無い。結果を直線近似すると、

$$\tau_r/\tau_u = -0.067 \cdot (f_c'/30) + 0.216 \quad (5)$$

$C_0 \leq 4.0$ のデータに対する τ_r/τ_u と C との関係について検討すると、 C の増加に伴い τ_r/τ_u はわずかに増大する傾向にあった。そして、この傾向への db の影響は明確では無かった。全ての C に対する平均値は $\tau_r/\tau_u = 0.147 \cong 0.15$ となった。

8. 結論 本研究では、異形鉄筋が引抜き力を受け、その横ふし間のコンクリートが削り取られながら抜け出す破壊における局部付着応力-すべりモデルを提案し、モデル中に含まれる特性値の定量化を行った。

参考文献 1) 長友 克寛ほか：異形鉄筋の横ふし間コンクリートのせん断破壊挙動に関する実験的研究，土木学会四国支部第9回技術研究発表会講演概要集，pp.257 - pp.258，平成15年5月。

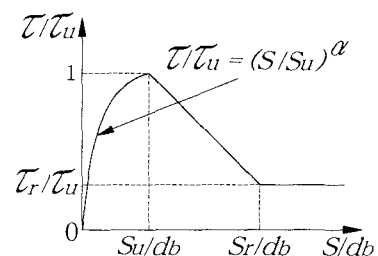


図-3 付着応力-すべりモデル

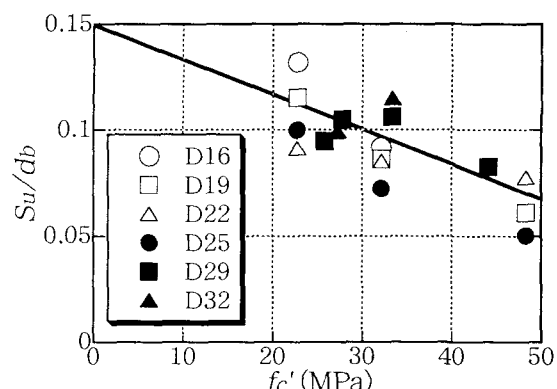


図-4 付着強度時すべり S_u/db -コンクリート圧縮強度 f_c' 関係

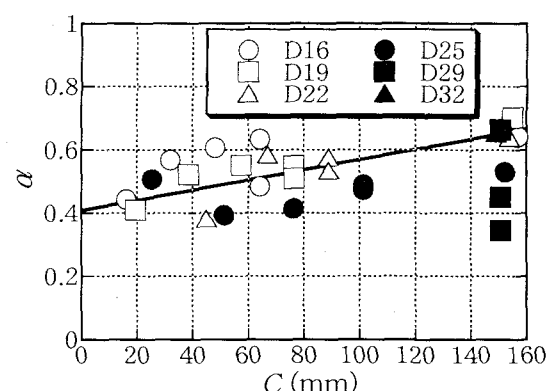


図-5 係数 α -かぶり C 関係

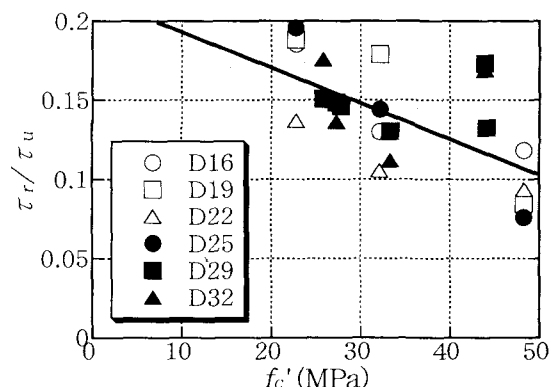


図-6 無次元化残存付着応力 τ_r/τ_u -コンクリート圧縮強度 f_c' 関係