

論文

[2081] 鉄筋コンクリート梁の付着破壊強度

正会員○前田 匡樹（東京大学大学院）

同 小谷 俊介（東京大学工学部）

同 青山 博之（東京大学工学部）

1. はじめに

せん断を受ける部材では、材軸に沿う曲げ応力の変化により、あるいはせん断抵抗機構の1つであるトラス作用により、主筋の応力度は主筋に沿って変化し、その変化分は付着によりコンクリートに伝達される。異形鉄筋では付着応力度が大きくなると主筋に沿う割れひび割れが生じ、ひび割れ幅が広がると、主筋の応力をコンクリートに伝達する性能が劣化し、付着割れ破壊を起こす。主筋に直交方向に配筋される横補強筋（あばら筋および帯筋）は、割れひび割れの発生を防ぐことはできないが、ひび割れ幅の拡大を抑え、付着強度を高め、付着割れ破壊を遅らせる効果が知られている。

本研究では、梁部材を対象として、付着破壊する主筋の直交方向のコンクリートの応力状態に破壊力学を適用したモデル化を行い、付着強度を支配するパラメータを検討し、付着強度算定式を導いた。

2. 異形鉄筋の付着応力伝達

付着応力には、主筋とコンクリートの接着面での膠着作用と、異形鉄筋の節とコンクリートのかみ合い作用によるものがある。膠着作用による付着応力は比較的小さく、初期の段階で失われると言われる。すなわち、異形鉄筋の付着応力は、主として、節とコンクリートの噛み合いにより負担され、その破壊のモードには、節頂部を結ぶせん断ひび割れ、節頂部からのロート状のひび割れ、節前面のコンクリートの圧縮破壊、主筋軸に沿った割れひび割れ、等がある。異形鉄筋の節の内法間隔  $c'$  と節高さ  $h$  の比が小さい場合には節頂部を結ぶせん断破壊が生じやすく、逆に  $c'/h$  が大きくなると節斜面のコンクリートの圧縮破壊が起こりやすい。節の鉄筋軸に対する傾斜角が緩いとき、あるいは鉄筋のかぶり厚さが小さいと割れひび割れが生じやすくなることなどが知られている。このように、異形鉄筋の形状により、コンクリートの圧縮、せん断、割れ応力度が変化し、付着破壊における破壊モードが影響を受ける。

ここでは、問題を簡単にするため、節の斜面の法線方向（鉄筋軸に対する角度  $\alpha$ ）に一樣な圧縮応力度  $\sigma_{\perp}$  が作用している状態（図1）を考え、鉄筋の主筋軸方向成分を  $\sigma_n (= \sigma_{\perp} \cdot \sin \alpha)$ 、垂直方向を  $\sigma_v (= \sigma_{\perp} \cdot \cos \alpha)$  とする。節中央における半径を  $r$  とし、鉄筋中心で微小角  $d\theta$  で囲まれる節の微小面積  $dS$  ( $dS = h \cdot \cos \alpha \cdot r \cdot d\theta$ ) とすれば、主筋軸

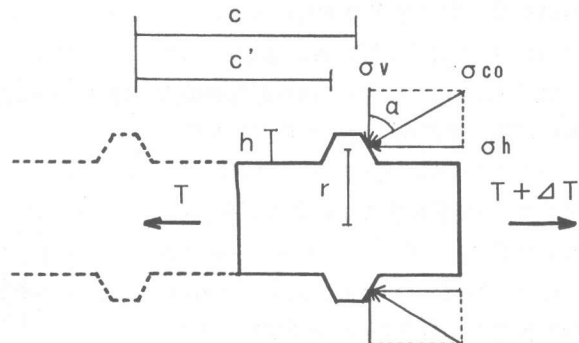


図1 鉄筋に作用する応力

方向に作用する付着力Hは、

$$H = \int_0^{2\pi} \sigma_n \cdot h \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot r \cdot d\theta$$

$$= \sigma_{co} \cdot h \cdot 2\pi r$$

となる。また、主筋直交方向の成分 $\sigma_v$ の反力は、鉄筋周囲のコンクリートを押し広げる円周方向の引張力（リングテンション）を生じさせ（図2）、コンクリートを割裂こうとする。あるひび割れ方向を想定し、その割裂力をVとすると、

$$V = \int_0^{\pi} \sigma_v \cdot h \cdot \operatorname{cosec} \alpha \cdot r \cdot \sin \theta \, d\theta$$

$$= \sigma_{co} \cdot h \cdot \cot \alpha \cdot 2r$$

となる。ここで、 $2\pi r \equiv \phi$ （公称周長）、 $2r \equiv d_b$ （主筋公称径）とし、H、Vが節中心間隔cに一樣に分布すると仮定すると、単位表面積に対する付着応力度 $\tau_b$ とひび割れ面の平均的な割裂応力度 $\tau_v$ は、

$$\tau_b = H / \phi \cdot c = \sigma_{co} \cdot (h / c)$$

$$\tau_v = V / d_b \cdot c = \sigma_{co} \cdot (h / c) \cdot \cot \alpha$$

となる。本研究では、梁部材で付着強度に対して割裂応力度 $\tau_v$ が支配的となり、主筋に沿いに割裂して付着破壊に至る場合を想定し、割裂応力度 $\tau_v$ 、節傾斜角 $\alpha$ 、などをパラメータとして検討し、付着強度の評価を行った。

### 3. 付着破壊強度を支配するパラメータ

#### 3.1 ひび割れ幅と割裂応力度 $\tau_v$

引張を受けるコンクリートは、ひび割れ先端部ではマイクロクラックの発生により、塑性域を伴う複雑な応力状態となる。岸谷ら[1]は、中点荷重試験における切り欠け曲げ供試体について、ひび割れ近傍の応力状態に破壊力学を用いた非線形問題を設定し、ひび割れ先端の塑性域を図3のDugdaleモデル[2]で表わすことにより、弾性問題として解いている。すなわち、主筋の部分を幅 $d_b$ のひび割れとし、割裂によるひび割れを含めた長さ $2a$ のひび割れとその外側に塑性域 $p$ がある応力状態（図3-I）を考える。

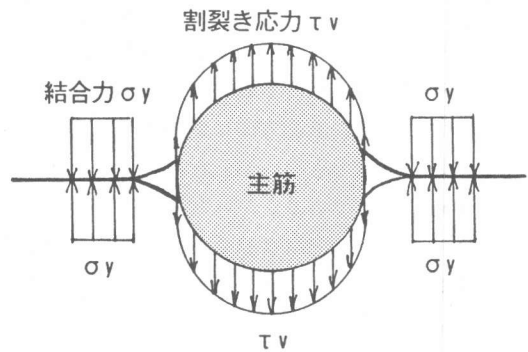
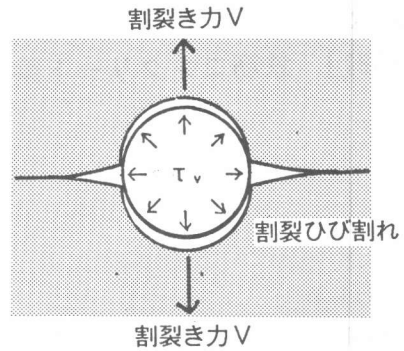


図2 主筋直交方向の割裂き力

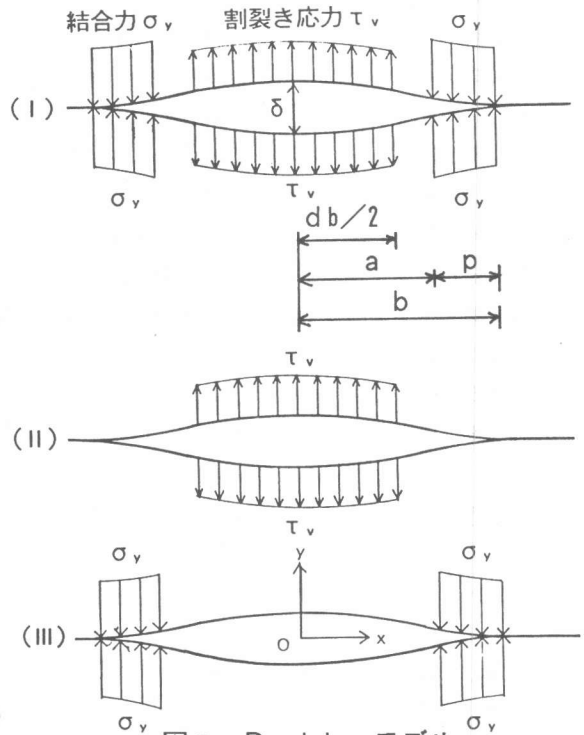


図3 Dugdale モデル