

論文

[2033] 鉄筋コンクリート部材の付着割裂破壊に対する設計

前田匡樹*1、小谷俊介*2、青山博之*3

1. 研究の目的

筆者等は、単純梁の付着実験を行い、サイドスプリット型の付着割裂強度式を提案し、既往の付着実験の主筋の付着割裂強度を良く評価することが出来た[1]。日本建築学会刊行の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[2]（以下、指針と略す）では、6章の「せん断と付着に対する設計」において、アーチ機構とトラス機構に基づいたせん断強度式が示されている。付着に関しては、主筋の付着割裂強度が付着応力度を上回る様にすることが設計の条件とされている。部材としての付着割裂耐力式は示されていない。

そこで本研究では、主筋の付着割裂強度に筆者等の提案した付着割裂強度式を用い、アーチ機構とトラス機構に基づき、部材としての付着割裂耐力を求め、既往の部材実験結果と比較検討し、RC部材の付着割裂破壊に対する設計法について検討した。

2. 部材の付着割裂耐力

指針[2]では、塑性理論の下界定理に基づき、アーチ機構とトラス機構の重ね合わせとして、せん断耐力式を示している。指針のせん断耐力式のトラス機構では、付着強度が無限大であると仮定し、せん断補強筋が降伏強度に達していることと、トラスおよびアーチ機構の重ね合わせによるコンクリート圧縮応力度がコンクリートの有効圧縮応力度 $\nu \cdot \sigma_B$ に達していることからせん断耐力を導いている。

本研究では、RC部材の付着割裂耐力式を、せん断補強筋の強度が無限大で降伏しないものと仮定し、主筋の付着応力度が付着割裂強度に達していることと、トラスおよびアーチ機構の重ね合わせによるコンクリート圧縮応力度がコンクリートの有効圧縮応力度 $\nu \cdot \sigma_B$ に達していることから、付着割裂耐力式を導いた。

2.1 主筋の付着割裂強度

筆者等は、単純梁の実験結果に基づき主筋の付着割裂強度式を提案している[1]。図1に、提案した付着割裂強度式による計算値 τ_{bu} と既往の実験の実験値 τ_{max} との比較を示す。図2に、 τ_{bu}/τ_{max} の度数分布を示す。 τ_{bu} と τ_{max} の相関係数 r は0.922、 τ_{bu}/τ_{max} の平均値 \bar{x} および標準偏差 σ は、それぞれ1.06、0.170となり、計算値 τ_{bu} は、既往の実験結果を、高強度コンクリートの範囲まで良く評価することが出来た。ここで、設計式として、実験値のほぼ下限を取るように、 $(\bar{x}-2\sigma)\tau_{bu}$ を設計用付着割裂強度 τ_b とすると、実験結果に対して、不合格率2.3%となる。すなわち、

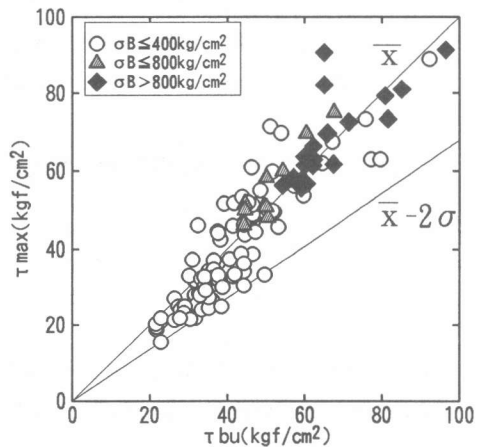


図1 付着割裂強度

*1 東京大学大学院、工学系研究科建築学専攻、工修（正会員）

*2 東京大学助教授、工学部建築学科、Ph.D 工博（正会員）

*3 日本大学教授、総合科学研究所、工博（正会員）

設計用付着割裂強度式は、式(1)～(3)となる。

$$\tau_b = \tau_{co} + \tau_{st} \quad (1)$$

$$\tau_{co} = (0.270 b_t + 0.375) \cdot \sqrt{\sigma_B} \quad (2)$$

$$\tau_{st} = (0.806 + 0.706 \frac{n}{N}) \frac{b \cdot p_w}{N \cdot j_t} \times 10^4 \quad (3)$$

ただし、 $b_t = b / (N \cdot d_b) - 1$ 、 $p_w \leq 1.2\%$

$$\tau_{st} \leq (0.263 + 0.232 \frac{n}{N}) \frac{b \cdot p_w \cdot \sigma_{wy}}{N \cdot d_b}$$

上端筋には、 $\lambda = 0.803 + 1.52 \times 10^{-4} \sigma_B$ を τ_b に
乗じる。

ここに、 σ_B ：コンクリート強度(kg/cm²)、 b ：
梁幅(cm)、 j_t ：主筋中心間距離(cm)、 p_w ：横補
強筋比、 N ：主筋本数、 n ：一組の横補強筋の足
数、 d_b ：主筋径(cm)、 σ_{wy} ：横補強筋降伏強度(kg/cm²)

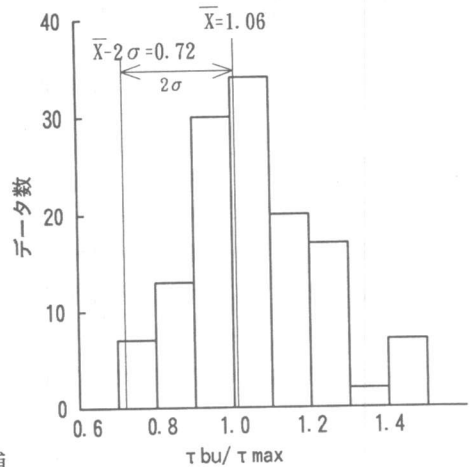


図2 τ_{bu} の精度検証

2.2 RC部材の付着割裂耐力

トラス機構が負担するせん断力 V_t は、図3に示すように主筋の付着応力度を、引張側端部の d （有効せい）の範囲で0、それ以外の範囲で付着割裂強度 τ_b に達していると仮定すると、式(4)で与えられる。

$$V_t = \tau_b \cdot \sum \Psi \cdot j_t \cdot (L-d) / L \quad (4)$$

$$\text{ただし、} \frac{\tau_b \cdot \sum \Psi}{b} \leq 0.5 \nu \cdot \sigma_B$$

ここに、 $\sum \Psi$ ：主筋周長合計(cm)、 L ：せん断スパン(cm)、 d ：有効せい(cm)

この時のコンクリート圧縮束の応力度 σ_{ct} は、式(5)となる。

$$\sigma_{ct} = \frac{2 \tau_b \cdot \sum \Psi}{b \cdot \sin 2\phi} \quad (5)$$

$\nu \cdot \sigma_B > \sigma_{ct}$ の場合には、 $\nu \cdot \sigma_B - \sigma_{ct}$ がアーチ機構に対するコンクリート圧縮束応力度となる。従って、アーチ機構が負担するせん断力 V_a は、指針のせん断強度式と同様に、式(6)で与えられる。

$$V_a = (\nu \cdot \sigma_B - \sigma_{ct}) \tan \theta \cdot b (D/2) \quad (6)$$

$$\tan \theta = \sqrt{\{(L/D)^2 + 1\}} - L/D \quad (7)$$

付着耐力 V_b は、トラス機構が負担するせん断力 V_t とアーチ機構が負担するせん断力 V_a の和として、

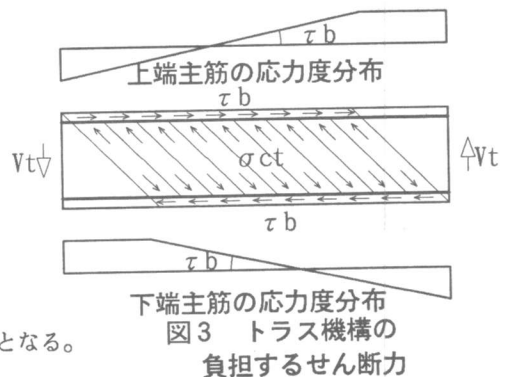


図3 トラス機構の負担するせん断力