

コンクリートのせん断伝達力に及ぼす 補強筋の影響に関する検討

日本大学工学部 学生員 ○子田 康弘

日本大学工学部 正会員 原 忠勝

1. はじめに

せん断伝達は、T型梁のフランジとウェブの境界や梁とスラブの接合部など、せん断力が卓越して作用する部分に見られる性状である。これらせん断伝達に関しては、これまでに種々のアプローチがなされているが、解析的なものは少ないのが現状である。

本研究は、補強筋がせん断面に任意の角度で配置されている時のせん断伝達性状について、塑性論に基づく解析的な検討を行おうとするものである。ここでは、上界定理を基本概念として、コンクリートの破壊基準に着目したせん断耐力算定式を誘導し、日大、および山田^[1]が行ったPush-off試験体による間接一面せん断試験結果との比較検討を行ったものである。

2. 解析モデル

2.1 コンクリートの内部塑性仕事量 W_{IC} の決定

本検討では、上界定理を適用してコンクリートの内部塑性仕事量 W_{IC} を求めるために、コンクリートの最大主圧縮応力度 f'_{2c} を圧縮強度 f'_c の0.85倍とし、最大主引張応力度 f_{1t} に岡村の2/3乗則が成立するとして、図-1に示すようなコンクリートの破壊基準を用いた。即ち、

$$f_{1t} = 0.58f'_c{}^{2/3} \quad (1), \quad f'_{2c} = 0.85f'_c \quad (2)$$

となる。ここで、内部塑性仕事量 W_{IC} は、 $W_{IC} = (f_1 \varepsilon_1 + f_2 \varepsilon_2) \delta$ で示されことより、式(1)、式(2)の関係を代入すると、以下の様になる。

$$W_{IC} = V \left\{ \frac{1 - \sin \alpha}{2} \cdot 0.85f'_c + \frac{\sin \alpha - \sin \phi}{1 - \sin \phi} \cdot 0.58f'_c{}^{2/3} \right\} \quad (3)$$

2.2 せん断耐力算定式の誘導

せん断耐力算定式は、Push-off試験体のせん断破壊時の外部と内部の仕事量の釣合方程式より求めた。そこで、図-2(a)に示すPush-off試験体の作用力と変位方向を図-2(b)の様にモデル化した。

図-2(b)より、外的仕事量 W_E および鉄筋の仕事量 W_{IR} は、

$$W_E = PV \cos \alpha \quad (3), \quad W_{IR} = -A_s f_y \cos(\alpha + \theta) \quad (4)$$

となる。ここで $W_E = W_{IR} + W_{IC}$ より、せん断変位方向 α の条件別のせん断耐力算定式は、以下に示した。

(1) $\alpha = 0^\circ$ のとき

$$\frac{V}{f'_c} = \frac{0.85}{2} - \beta_y \cos \theta \quad ; \quad \beta_y \geq \frac{0.85}{2 \sin \theta}$$

(2) $0^\circ \leq \alpha \leq \phi$ のとき

$$\frac{V}{f'_c} = -\beta_y \cos \theta + \sqrt{\beta_y \sin \theta \cdot (0.85 - \sin \theta)} \quad ; \quad \frac{0.85(1 - \sin \alpha)}{2 \sin \theta} \leq \beta_y \leq \frac{0.85}{2 \sin \theta}$$

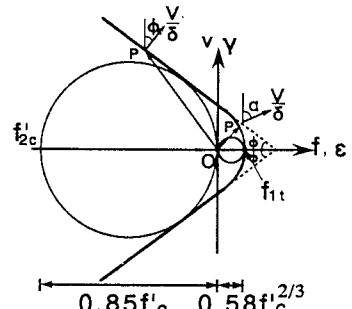


図-1 コンクリートの破壊基準

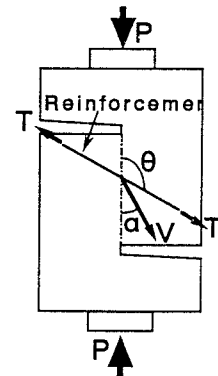


図-2(a) 作用力と変位方向

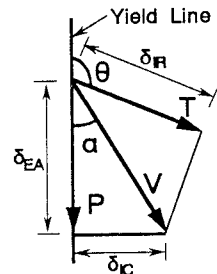


図-2(b) 力のモデル化

(3) $\alpha = \phi$ のとき

$$\frac{v}{f_c} = \frac{0.85(1 - \sin \alpha)}{2 \cos \alpha} - \beta_y \cos \theta + \beta_y \tan \alpha \sin \theta : \frac{-\left(0.85 + 2 \frac{0.58 f_c^{2/3}}{f_c'}\right) \sin \phi - 2 \frac{0.58 f_c^{2/3}}{f_c'} + 0.85}{2 \sin \theta} \leq \beta_y \leq \frac{0.85(1 - \sin \alpha)}{2 \sin \theta}$$

(4) $\phi \leq \alpha \leq 90^\circ$ のとき

$$\frac{v}{f_c} = -\beta_y \cos \theta + \sqrt{\left(\beta_y \sin \theta + \frac{0.58 f_c^{2/3}}{f_c'}\right) \cdot \left[\frac{0.85 - 0.85 \sin \phi - 2 \frac{0.58 f_c^{2/3}}{f_c'} \sin \phi}{1 - \sin \phi} - \left(\beta_y \sin \theta + \frac{0.58 f_c^{2/3}}{f_c'}\right)\right]}$$

$$\beta_y \leq \frac{-\left(0.85 + 2 \frac{0.58 f_c^{2/3}}{f_c'}\right) \sin \phi - 2 \frac{0.58 f_c^{2/3}}{f_c'} + 0.85}{2 \sin \theta}$$

$$\beta_y = \frac{A_s \cdot f_y}{b h \cdot f_c} : \text{力学的鉄筋比}$$

ϕ : 内部摩擦角 37°

3. 解析結果および考察

日大、山田の実験結果とせん断耐力算定式を用いた計算結果を図-3に示した。ここでは、 β_y の適用範囲を満たす計算値のみプロットした。図より、日大の実験では、計算値と実験値が同じ様な傾向で示された。また、山田の実験では、 $\theta = 110^\circ$ 付近まで計算値と実験値は同じ様な傾向で示されているが、それ以降、計算値の整合性が悪くなった。これは、せん断耐力算定式の中では、最大耐力に達するまで、補強筋とコンクリートが外力に対して抵抗するように仮定されているが、実際は補強筋角度が大きくなるとダウエル作用や鉄筋の引抜けが生じているためと考えられた。

次に、計算値と実験値の比較を図-4に示した。なお、 v/f_{cexp} は実験値、 v/f_{cal} は計算値を示す。図より、日大の実験では計算値が若干大きい、実験値に近似した値を示した。山田の実験では計算値が実験値よりも大きな値を示しているが、直線的な傾向があることより、実験値との相関関係があると考えられた。

4. まとめ

本研究は、補強筋がせん断面に任意の角度で配置されている時のせん断伝達性状を上界定理を基本としたせん断耐力算定式による検討を行った。その結果を以下に述べる。

- (1) 従来、塑性論的な手法では、有効係数 ν を用いているが、ここでは、コンクリートの終局圧縮強度、及び引張強度をコンクリートの破壊基準に適応した。その結果、有効係数 ν を用いなくとも、せん断耐力の算定が可能であった。
- (2) 今後は、補強筋角度が大きい場合のせん断伝達性状を検討し、理論式に適応させたい。

【参考文献】

- [1] 山田 一宇：面内力を受ける鉄筋コンクリートのせん断伝達機構および耐力、変形に関する実験的研究、東京大学学位論文、1981

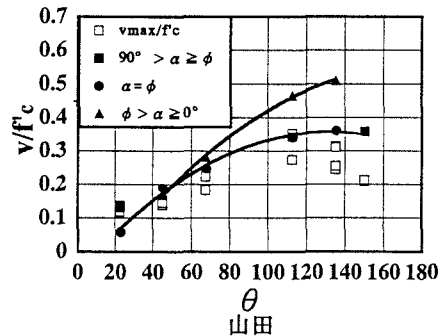
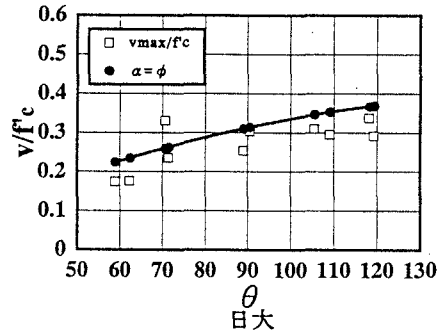


図-3 せん断強度比-補強筋角度関係

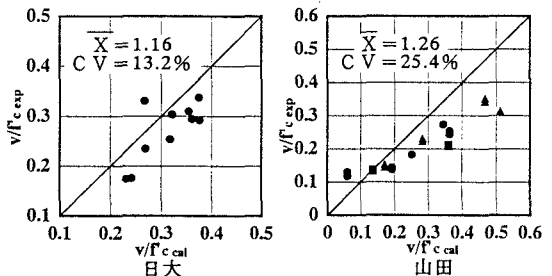


図-4 計算値と実験値の比較