

前田建設技術研究所 正 山田 一字
電力中央研究所 正 青柳 征夫
前田建設技術研究所 正 内田 明

1. まえがき せん断面を横切、て伝達されるせん断力の推定には、Mattock^①教授の方法により、せん断補強筋が終局時にすべて降伏するとして、摩擦理論により求めることができる。しかし着者の実験^②によれば、せん断補強筋がある程度以上に多くはると、最大荷重時にも、鉄筋が降伏しはじめることが確認されており、このような場合には、最大荷重時の鉄筋の応力を求める必要がある。一方、それらの実験によれば、せん断面にひびわれのある場合、ない場合では、若干差があるが、鉄筋比やコンクリートの強度に割合に終局耐力時には、ひびわれ中がほぼ一定になることが認められ、これにもとづいて、鉄筋の付着分布より、せん断面の鉄筋の応力を求める方法については、すでに報告した。本報告は、それらの式を拡張し、せん断面に鉄筋が斜交する場合についても耐力推定ができるように修正し、実験結果と比較し、その適用性について検討したものである。

2. せん断耐力式の誘導 push-off型 試験体による鉄筋のひびみ実験より求めた鉄筋の付着分布を3次元線に近似した場合、せん断面の鉄筋の応力 σ_s^x 及び鉄筋の定着長さ l が図式で表わされることは、すでに文献^③で述べた。

$$l = \sqrt{\frac{20 \delta_x E_s A_s}{9 U_s \tau_{max} (1 + \mu p)}} \quad \text{----- (1)}$$

$$\sigma_s^x = \frac{9 U_s f \tau_{max}}{16 A_s} \quad \text{----- (2)}$$

しかし、鉄筋が降伏しはじめる場合には、 σ_s^x の大きさはより付着応力のピーク値 τ_{max} の値が変化するはずである。

又、 τ_{max} は鉄筋比により変化するもの、鉄筋比にも依存するものとして(3)式が成立するものと仮定する。

$$\tau_{max} = k' p^m \sigma_s^x \quad \text{----- (3)}$$

(1), (2), (3) 式より求める(4)式が誘導される。

$$\sigma_s^x = K \frac{\delta_x E_s p^m}{D(1 + \mu p)} \quad \text{----- (4)}$$

μp が1に比べて小さいとして無視できるならば(4)式となる。

$$\log \sigma_s^x = \log K + \log \frac{\delta_x E_s}{D} + m \log p \quad \text{----- (4')}$$

σ_s^x : せん断面鉄筋の応力 (kg/cm²)

δ_x : ひびわれ中 (cm)

E_s : 鉄筋の弾性係数 (kg/cm²)

D : 鉄筋の直径 (cm)

p : 鉄筋比

K, m : 実験により求める定数

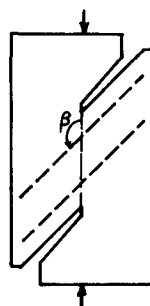


図-1 試験体

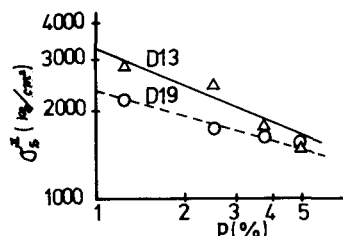


図-2 鉄筋の応力と鉄筋比の関係

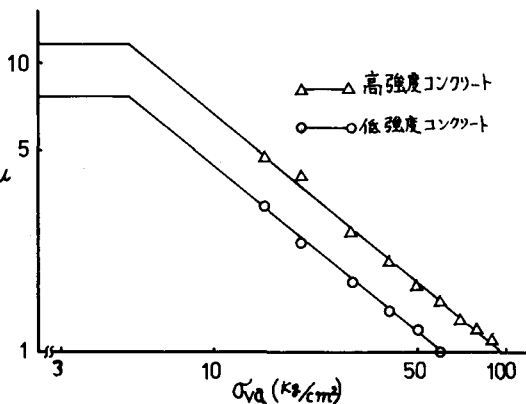


図-3 せん断面に作用する応力と μ の関係

図-2 は、せん断面にひびわれが入っている場合の $\sigma_s^x \sim p$ の試験結果であるが、これよりまず K の値を

求めると、D中19使用の場合、 $\log f_s^{\text{II}} = \log 2328 - 0.2790 \log p$ より $K = 0.0527$
D中13使用の場合、 $\log f_s^{\text{II}} = \log 3243 - 0.4088 \log p$ より $K = 0.0502$
となり、実用的には、 $K = 0.052$ が一定値とすることが出来る。

又、ひびわれの入った場合のすべての値を用いて、それら勾配を求めると、 $m = -0.3439$ となり、これはよりせん断面、鉄筋の応力 f_s^{II} は式次のようになり、

$$\log f_s^{\text{II}} = \log K \frac{\delta x E_s}{D} - 0.3439 \log p \text{ ----- (5)}$$

実験結果よりせん断面に垂直に作用する応力 σ_x とみかけ上の摩擦係数 μ との関係をコンクリート強度別に示すと、図-3のようになり、

斜交鉄筋の場合、せん断面のひびわれは、鉄筋とある角度をもって交叉してゐることで、鉄筋とひびわれが直交している場合に比べ、同一の鉄筋応力度に対し、ひびわれ中は大きくなり、CEBの規定によれば、鉄筋とひびわれのなす角が 45° のとき、交叉してゐるときひびわれ中の2倍とするよう規定されてゐる。一般的には、近似的にひびわれ中は $\frac{1}{\sin \beta}$ の比例で増大するものと考えることが出来る。

実験結果によれば、せん断面に垂直に鉄筋が配置される場合の最大耐力時のひびわれ中は、あらかじめひびわれが入っている場合、およびあらかじめひびわれが入っていない場合、それぞれ一定のひびわれ中に入るときに破壊することが明らかになり、また、両者の場合にも、破壊形態がせん断ひびわれに沿って滑り起るものと考えられ、力の釣合より式次のせん断耐力を算定することが出来る。

$$V = -T_s \cos \beta + \mu T_s \sin \beta + [\text{タボ力}] \text{ ----- (6)}$$

上式による耐力算定値をMattockの実験結果及び著者の実験結果と比較し表-1に示す。ただし、実験結果にもとづきあらかじめひびわれの入っていない場合、 $\delta_x = 0.05 \text{ cm}$ 入っている場合、 $\delta_x = 0.04 \text{ cm}$ とし、またタボ力については実験結果を使用し、

表-1 実験結果と計算値の比較

試験体番号	β	せん断面 の本数	f_s^{II}	μ	V_{cal}	V_{exp}	$V_{\text{exp}}/V_{\text{cal}}$
21-BH-90	90	0.13-2	2680	1.84	18.5	22.2	1.21
21-BH-105	112.5	"	3324	2.13	20.9	20.1	0.96
21-BH-135	135	"	1933	2.25	13.8	20.5	1.48
21-BH-150	150	0.19-2	687	11.6	26.2	34.9	1.44
22-BH-90	90	0.13-4	3045	1.20	21.1	24.7	1.17
22-BH-105	112.5	"	2619	1.42	25.3	24.5	1.12
22-BH-135	135	"	1533	2.25	22.0	25.6	1.16
21-BH-90	90	0.13-2	3092	1.20	18.2	17.6	0.97
21-BH-105	112.5	"	2628	2.25	19.3	21.4	1.11
21-BH-135	135	"	1546	2.0	17.1	20.2	1.18
21-BH-150	150	0.19-2	529	11.6	20.3	35.6	1.75
22-BH-90	90	0.13-4	2436	1.44	20.5	22.2	1.08
22-BH-105	112.5	"	2071	1.75	22.2	26.6	1.15
22-BH-135	135	"	1218	2.30	15.5	25.6	1.66
4.4	90	0.13-4	3511	2.30	24.3	20.8	0.86
4.5	112.5	"	3511	2.25	30.1	27.2	0.90
4.6	135	"	313	15.0	30.3	30.6	1.01
4.7	150	0.19-2	1425	7.6	0	11.4	1.43
5.1	90	0.13-4	3511	2.25	27.8	31.8	1.14
5.2	112.5	"	3511	2.25	30.1	34.0	1.13
5.3	135	"	3511	2.25	36.0	36.7	1.02
5.4	150	0.19-2	1728	7.6	10.9	22.2	2.09

1) 4.4-5.4 シリーズはMattockの実験結果

2) 4.4-5.4 シリーズはひびわれあり

3) * は計算上降伏応力より降伏応力より。

3. まとめ 表-1より上記の算定式によればMattock及び著者の実験結果と比較的良好に推定できるといわれるが β が 45° 近くになりせん断面に作用する応力度が小さいため、 μ の値に大きな誤差が生ずる。このため小さい耐力を推定することになり、又、 β が小さい場合には、破壊形態が異なり、また、その上上記算定式の適用範囲は $90^\circ \leq \beta \leq 140^\circ$ の範囲に限定すべきでありと考えられる。

参考文献

- (1) Mattock A. L. Shear transfer in reinforced concrete. PCI 1972.
- (2) 山田 青郎 鉄筋コンクリートのせん断伝達機構について昭和52年土木学会工学部講演会第5部 概要
- (3) 山田 青郎 鉄筋コンクリートのせん断伝達機構、特に鉄筋の配置分布について。昭和52年土木学会工学部講演会第5部