

せん断補強材としての鋼繊維の鉄筋コンクリートコーベルへの利用について

日本大学 工学部 正員 原 忠勝

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材は、曲げモーメントに比べせん断力の影響の多い領域に亘ると、破壊がせん断破壊先行型となり易く、特に $a/d < 1.0$ の領域では応力分布が非線形を有するなど、解析工不利な条件が加わってくる。

さて、これらの複雑な破壊に於ては、ランダムに配向される鋼繊維が有用であるとの観点から、この種のせん断補強材の適合性について検討を行ってきた^(1,2)。本報告に於ては、単純トラス理論³⁾で設計されたコーベルについて、破壊機構の解析の主眼となる a/d を変化させ、通常のスターラップの補強効果との比較から鋼繊維混入率の影響について実験を行い、せん断補強材としての鋼繊維の利用について検討したものである。

2. 実験方法

試験体は図-1に示す形状・寸法のもので、主鉄筋量の算定は単純トラス理論³⁾に基づき、 $a/d = 0.6$ に於て、設計せん断力 $V = 1.5 \text{ ton}$ に対するものを $A_{st} = D29$ ($\sigma_{sy} = 3550 \text{ kg/cm}^2$, $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$) とした。また、通常のせん断補強方法として水平スターラップを用い、 $A_{sv} = 3D13$ ($\sigma_{sv} = 3560 \text{ kg/cm}^2$, $E_s = 1.9 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$) を図-1に示す如く、主鉄筋より5cmオフ離して配置した。水平スターラップの量は、通常、 $A_{sv} = (1/3 \sim 1/4) A_{st}$ ³⁾ を用いられているが、この点の結果^(1,2) では余り効果が顕著でなかったため、ここでは $A_{sv} \geq 0.5 A_{st}$ とした。

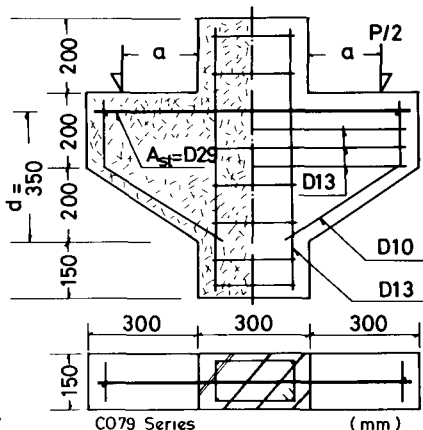


Fig.-1 Dimension and Shape of Reinforced Concrete Corbels
Table-1 Concrete Strength of Specimen

鋼繊維は正方形 ($0.5 \times 0.5 \times 30 \text{ mm}$, $l/d_s = 60$) のものを用い、混入率を $V_f = 0.5, 1.0, 1.5 \text{ vol.}\%$ とした。コンクリートの配合は早強ポルトランドセメントを用い、 $w/c = 65\%$ の $s/a = 90\%$ ($M_s = 13 \text{ mm}$, $C = 400 \text{ kg/m}^3$) とした。

さて試験体は、 $a/d = 0.6, 0.4, 0.2$ の三種、水平スターラップの有無及び混入率三種の条件を組合せて16体を作成し、載荷試験を行った。

実験の経緯、約60日で行い、同時に打設した試験体によるコンクリートの各種強度は表-1に示す通りである。

3. 実験結果の考察

初期のひびわれ及び斜めひびわれ発生時のせん断力と a/d の関係を示した図-2に示す。

初期のひびわれは軽部材とコーベル境界部より発生するが、比較的短い長さのものであった。これらは図-2に示す如く、補強方法及び混入率による影響が明確に表われていないように思われる。

斜めひびわれ発生は、図-3に示す如く、 $a/d = 0.2$ の場合、 $V_f = 1.0 \text{ vol.}\%$ 以下では斜めひびわれに対する鋼繊維の効果は

Test Corbel C079 Series	d (cm)	a/d	σ_{c1} (kg/cm ²)	σ_{c2} (kg/cm ²)	σ_{c3} (kg/cm ²)	σ_{c4} (kg/cm ²)
0.6-0-0	35.5	0.592	238.54	20.723	24.096	36.623
0.4-0-0	34.5	0.405	288.67	21.341	24.530	39.988
0.2-0-0	34.4	0.204	279.18	22.631	21.428	44.966
0.6-0-S	34.1	0.617	282.31	21.188	24.033	34.518
0.4-0-S	34.1	0.411	293.46	21.213	23.105	35.583
0.2-0-S	34.7	0.202	277.74	20.828	21.932	33.226
0.6-1.0-0	34.6	0.606	309.81	26.149	26.081	38.915
0.4-1.0-0	34.0	0.411	335.018	27.998	45.889	26.123
0.2-1.0-0	34.7	0.202	325.01	27.949	26.568	44.465
0.6-1.0-0	33.6	0.624	338.59	30.587	25.673	45.706
0.4-1.0-0.1	35.2	0.398	339.11	26.875	26.541	44.440
1.0-0.2	34.2	0.409	320.19	29.118	24.740	47.278
0.2-1.0-0	34.5	0.203	251.423	27.709	27.348	51.316
0.6-1.5-0	34.1	0.615	319.88	38.134	29.029	68.954
0.4-1.5-0	34.1	0.411	313.04	35.576	29.203	61.351
0.2-1.5-0	33.8	0.207	294.26	34.610	29.072	56.096

notes Shear Span $a = 21\text{cm}(a/d=0.6)$, $14\text{cm}(a/d=0.4)$, $7\text{cm}(a/d=0.2)$
Corbel Width $b = 15 \text{ cm}$

スターラップ補強と比較して、余り期待出来ないように思われる。これは a/d が小さい場合、せん断力の影響が大きいため地せん断の挙動を示し、付着長さが定着長さの寸分とれるスターラップの方が光の力を発揮したものと考えられる。また、破壊時の耐力も同様の傾向を示したが、図-4に示す如く、耐力的にはスターラップ補強の場合に述べたものとなった。スターラップの場合、 $a/d = 0.6$ 付近では補強量に乏しい余り見られる一方で、 a/d がさらに小さい領域の方が効果的であるように思われる。

本実験の場合、単体トラス理論³⁾に乏しい設計では、水平スターラップ量を増しても設計耐力には至っておらず、鋼繊維による補強の方がせん断補強材としての効果は期待出来るように思われる。これはせん断補強材としての鋼繊維の強化則⁴⁾については殆ど報告されていないが、斜め筋が寸法の開口型⁵⁾が中央で一番大きく、端部で閉じるような傾向を示している事から、鋼繊維は比較的、割裂試験結果と類似した補強性状を示すものと仮定し、ここでは図-6に示す如く、複合材料混合則⁶⁾により表示を行った。図に示す如く、これらの関係は a/d にも乏すが、ほぼ直線的な関係で表示される。

さて、せん断補強材としての鋼繊維はスターラップと同様又はそれ以上の効果を期待する事が出来、先の補強効果は複合材料混合則⁶⁾を説明出来るように思われる。

参考文献

- 1) T. Hara et al., 22nd Japan Cong. of Mat. Res., 1979, pp.368 ~ 372
- 2) T. Hara et al., Trans. of the J.C.I., 1979, pp.242 253
- 3) 例え、土木学会、鋼鉄建造物設計標準解説
- 4) ACI 318-77, American Concrete Institute, 1977
- 5) R.N. Swamy et al., ACI SP-44, 1977, pp.1-28

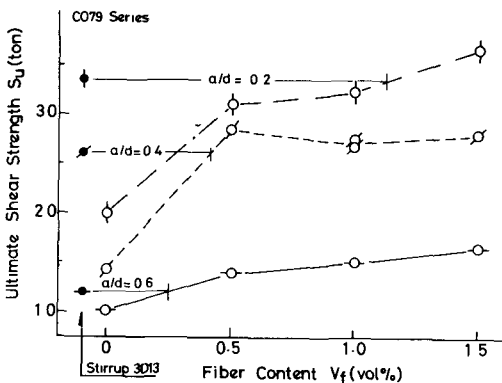


Fig. 4 Ultimate Shear Strength and a/d

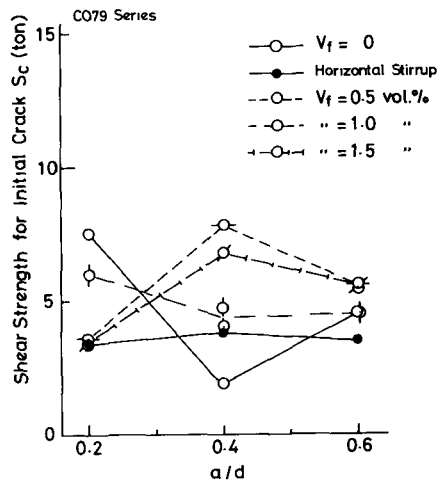


Fig. 2 Shear Strength of Initial Crack

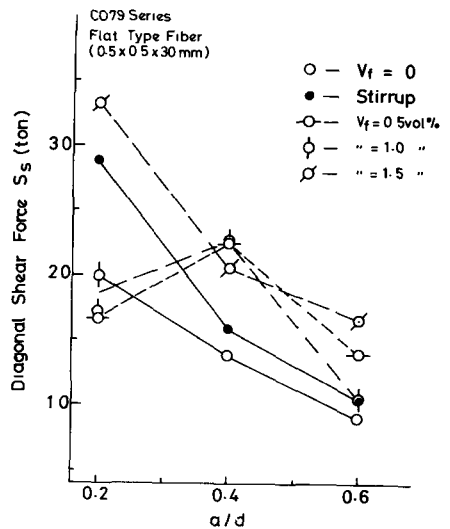


Fig. 3 Diagonal Shear Strength and a/d

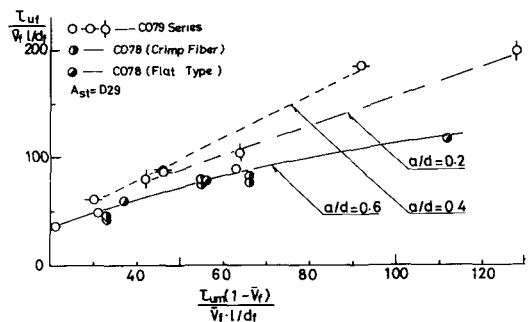


Fig. 5 Reinforcing Effect of Steel Fibers