

鋼繊維で補強した鉄筋コンクリートコーベルの一性状について

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・コーベルは柱部材に短いスパンの片持梁よりなるもので、設計は単純化したトラスとし、さらにスターラップを $A_{st} = (1/3 \sim 1/4) A_{st}$ の範囲で用いるのが通例である¹⁾²⁾。しかし、これら鉄筋コンクリート・コーベルの破壊は曲げモーメントに比べてせん断力の影響を大きく受けるため、破壊は斜めひびわれ発生によるせん断破壊型に属する事が多い。このため破壊機構が複雑となり、せん断破壊先行型の部材に対する設計方法の確立が望まれる。

本報告に於ては、これらコーベルを単純トラス理論¹⁾²⁾で設計し、その補強方法に通常のスターラップを用いた場合と、鋼繊維補強コンクリートを用いた場合について検討を行うため、その耐力をばいひわれ性状について比較したものである。

2. 実験概要

試験体は Fig. 1 に示す如く、柱部材に對称なコーベル部を有するものである。主鉄筋量は、設計除重 25 ton とし、単純トラス理論¹⁾²⁾による方法を用いた。ここで、主鉄筋には SD30 を使用するものとし、 $\sigma_{sa} = 2000 \text{ kg/cm}^2$ とした³⁾。

実験は次の二つのシリーズについて行った。

シリーズ ~ 1 ; 主鉄筋量を一定とし、アスペクト比を変える。

シリーズ ~ 2 ; 主鉄筋量が鋼繊維混入率を変える。

シリーズ ~ 1 は鋼繊維による補強が柱の種部材について有用であるかの基礎資料を得るために行ったもので、鋼繊維は平形のものを用い、混入率は梁部材の結果より $V_f = 1.0 \text{ vol. \%}$ とした。

またシリーズ ~ 2 については、CP110 (1972) に於て定められている鉄筋量の範囲 ($0.004 \leq \rho_{st} \leq 0.013$) を目安にし、 $\rho_{st} = 0.5, 1.25, 2.0 \%$ の三種とした。鋼繊維には両端鋭形のものを用い、シリーズ ~ 1 の結果より $l/d_f = 60$ のものを用い、混入率を、 $V_f = 0, 0.5, 1.0, 1.5 \text{ vol. \%}$ と変化した。

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、次に示す条件とした。

単位セメント量	$C = 400 \text{ kg/m}^3$
水セメント比	$w/c = 60 \%$
細骨材率	$s/a = 70 \%$
粗骨材の最大寸法	$M_s = 13 \text{ mm}$

さて試験体は、 $a/d \approx 0.6$ の一辺とし、水平スターラップの有無、主鉄筋量、アスペクト比は混入率を組合せた各 12 体 (シリーズ ~ 1)、及び 16 体 (シリーズ ~ 2) を作成し、載荷試験を行った。

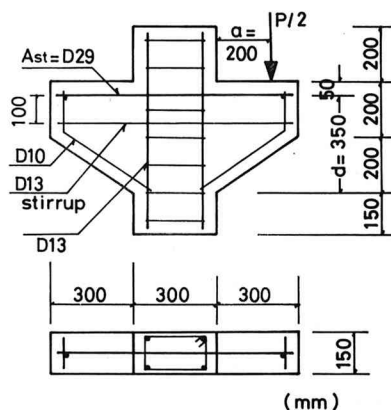


Fig. 1 Test Corbel

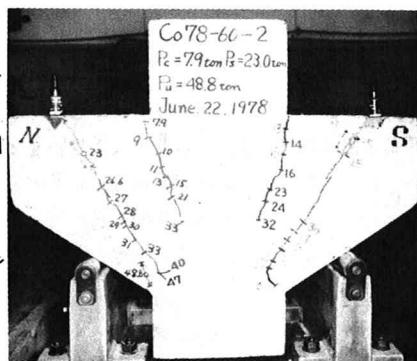


Photo 1 Tested Corbel

$V_f = 1.0 \text{ vol. \%}$, $l/d_f = 60$
(Flat Type Fiber)

3. 実験結果の考察

破壊性状—計26試体のうち、1体(シリーズ2, $P_c = 0.5$, $V_d = 1.5$ vol.%) は寸法が曲げ破壊で、残りは全て 載荷点とコーベル下方を結ぶストラット線上に於て発生した斜めひびわれによる破壊であった。(Photo-1参照)

これらコーベルの破壊耐力については、種々の算定式が提案されており、統一されていないのが現状であると思われるが、ここでは大別して、i)割裂モード^{5), 6)} ii)せん断摩擦⁷⁾ iii)経験式による場合⁸⁾ により計算を行った。これらのうちシリーズ1の結果はTable-1に示す通りで、補強なしの場合、破壊様相からも示される如く、割裂による算定式^{5), 6)} と良く一致した結果が得られた。一方、せん断摩擦⁷⁾ による場合は、いずれも、多目に算定される。これは、本実験の場合、柱とコーベルのコンクリートを同時に打設し、且つ、力の分担がストラット上で生じたためと思われる。また、Kriegerの経験式⁸⁾ による場合、鋼繊維を用いても、その材料強度はひび割れ断面が与えられると、これら部材の耐力が推定出来るように思われ、本実験の範囲内に於ては、実験結果を満足する算定値が得られた。

最大ひびわれ幅—鋼繊維がひびわれ抑制に初果のある事はこれまでの報告にも見られ、本実験の如く、曲げに比べてせん断力の影響が大きい部材でも、Fig-3に示す如くである。本実験の場合、特に $W_{max} = 0.3$ mm 以下に於て顕著なひびわれ抑制の初果が見受けられる。これはFig-2に示す如く、主鉄筋のずれにもその傾向が見られ、鋼繊維が部材全般にわたって配向しているため、特にその付着抵抗はあり、このような補強初果が表れたものと思われる。

補強初果—さて、鋼繊維はコーベルの曲げ部材に於ても耐力並びにひびわれ抑制等に初果がある事が示されたが、これら鋼繊維による補強因子は、鉄筋コンクリート部材の場合、未だ明確にされていないのが現状のようと思われる。本実験に於ても同様に、既往の強化則との間には明確な関係は見られなかった。

そのためここでは、ギニービームに於ける南延ら⁹⁾の算定式との比較を参考のために記した。(Fig-4)

参考文献

- 1) G. Franz, C. & CA, 61, 114, 1964
- 2) 土木学会, 国鉄構造標準解説1974
- 3) 土木学会, コンクリート標準示方書, S-50, 昭和50
- 4) 北田原, SFRCシンポジウム, 1977
- 5) G. Brock, ACI, Rec., 1964
- 6) Ramakrishnan et al., ACI, Feb., 1968
- 7) Mast, ASCE, ST6, 1968
- 8) Krieger et al., PCI, Feb., 1965
- 9) 南延ら, 第33回土木学会論議, 1977, 9月

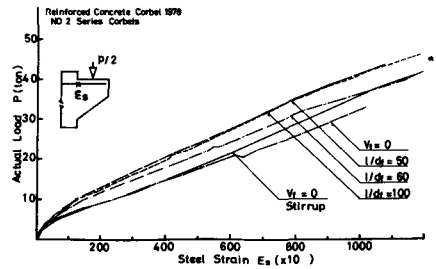


Fig-2 Results for Load and Steel Strain

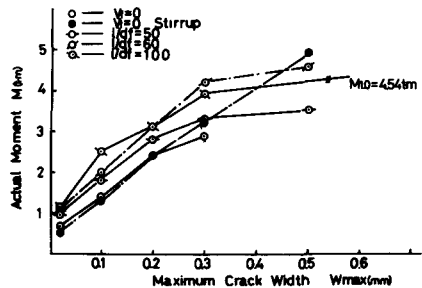


Fig-3 Results for Moment and Max. Crack Width

Table 1 Comparison of Corbel Strength

Specimen No.	actual Su (ton)	Su1 (ton)	Su Su1	Su2 (ton)	Su Su2	Su3 (ton)	Su Su3
Co78-0-1	17.00	15.739	1.080	23.125	0.735	32.252	0.527
2	16.30	18.096	0.901	23.834	0.684	32.272	0.505
0-51	20.45	16.116	1.269	24.115	0.847	32.255	0.634
S2	24.40	17.718	1.377	24.975	0.981	32.272	0.756
50-1	19.65	21.206	0.927	20.931	0.939	32.207	0.610
2	21.70	19.604	1.107	21.400	1.014	32.139	0.675
60-1	23.35	23.656	0.987	21.721	1.075	32.198	0.725
2	24.40	24.410	1.000	23.241	1.050	32.139	0.759
100-1	23.00	27.992	0.822	25.704	0.895	32.112	0.716
2	23.20	27.520	0.843	24.021	0.966	32.117	0.722

$$Su = \frac{\pi}{2} Oc bh$$

$$Su2 = 1.711 \frac{Occ}{b^2} (1 - 0.5 \%) (1000 Pi)^{1/2}$$

$$Su3 = 1.4 Pi \phi y b d$$

Splitting (Brock⁵⁾ Ramakrishnan et al⁶⁾

Empirical⁸⁾

Shear Friction (Mast⁷⁾)

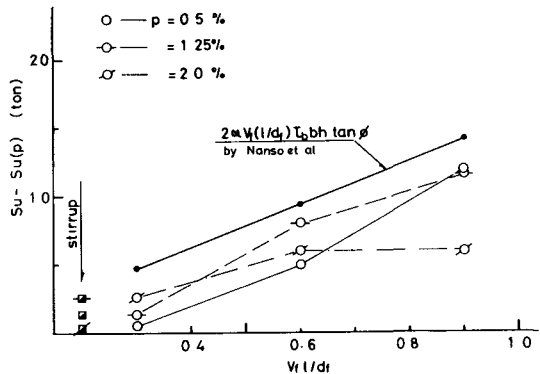


Fig-4 Reinforcing Effect and $\bar{V}_d/d$