

[93] 鉄筋コンクリートコーベルに及ぼすせん断補強筋の影響

正会員 ○原 忠 勝 (日本大学工学部)

正会員 北 田 勇 輔 (日本大学理工学部)

1. 緒 言

コーベル(或いはブラケット)は、橋台並びに橋脚の頭部、及びプレキャストコンクリート構造での柱と梁の接合部、などに用いられている構造である。これらは一般に a/d が小さく、荷重の伝達が主としてせん断によってなされる事から、ディープビームの一種として考えられている。

これら鉄筋コンクリートコーベルのせん断設計については現在のところ、許容応力度設計法^{1), 2), 3)}、せん断摩擦理論^{5), 6), 7)}及び経験式⁸⁾などによる提案がなされている。しかし、これらせん断補強筋の効果について具体的な検討を行った報告はなく、僅かに Mehmel と Freitag が⁴⁾許容応力度による方法^{1), 2), 3)}を比較した結果を報告しているだけである。この報告は⁴⁾破壊荷重及び経済性などについて比較したもので、せん断補強筋の性状を示すまでには至っていないように思われる。

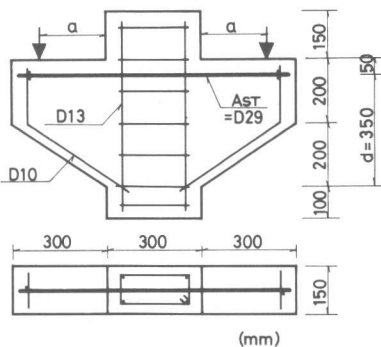
本研究はこれらせん断補強筋の補強効果について検討しようとするもので、水平、斜め、鉛直、及び水平と鉛直の組合せスターラップの4種のせん断補強筋を配置した試験体を作成し、載荷試験を行った。これより、ひびわれ、ひずみ及びたわみ、などの結果を用い、耐力に及ぼすせん断補強筋の影響について考察し、鉄筋コンクリートコーベルのせん断補強法について若干の知見を述べたものである。

2. 実験概要

試験体は $15\text{cm} \times 30\text{cm}$ の柱部材に台形コーベルを対称に有するもので、主鉄筋量及びせん断補強量の算定は設計せん断力を $S=15\text{ ton}$ とし、 $a/d=0.6$ を目安として行った。主鉄筋量には Franz らの単純トラス理論²⁾を用い、せん断補強筋量は通常のせん断設計法⁹⁾を用いた許容応力度設計法である。

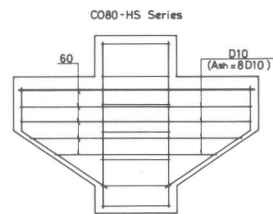
これより試験体は図-1に示す通りで、実験条件は a/d を、0.6と0.4の二種とし、せん断補強筋の種類を次の通りとした。

- 1) 無補強 (NO)
- 2) 水平スターラップ (HS)
- 3) 斜め " (DS)
- 4) 鉛直 " (VS)
- 5) 水平と鉛直の組合せスターラップ (COM)

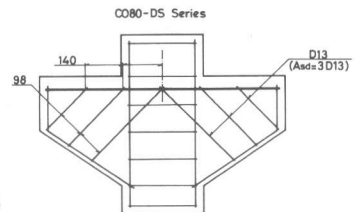


Concrete : $\bar{\sigma}_{cc} = 254.655 (1 \pm 0.048) \text{ kg/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_{ct} = 20.277 (1 \pm 0.124) \text{ "}$
 Steel : D29 $\bar{\sigma}_{sy} = 4290 (1 \pm 0.109) \text{ kg/cm}^2$
 D13 $\bar{\sigma}_{sy} = 3754 (1 \pm 0.012) \text{ "}$
 D10 $\bar{\sigma}_{sy} = 3842 (1 \pm 0.025) \text{ "}$

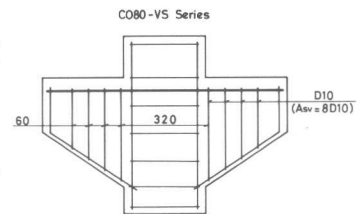
(a) 一般形状寸法



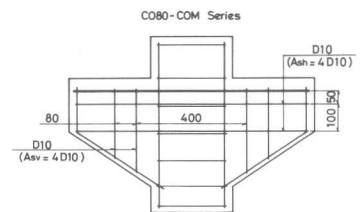
(b) 水平スターラップ (HS)



(c) 斜めスターラップ (DS)



(d) 鉛直スターラップ (VS)



(e) 組合せスターラップ (COM)

図-1 試験体の寸法及びせん断補強筋の配置

3. 実験結果及び考察

ひびわれ — 初期ひびわれの発生は、

図-2に示す如く、柱部材とコーベル境界部の隅角部より生じ、その後、柱部材中央部に向かって進展した。この曲げひびわれは $a/d=0.6$ で有効高さの40%程度、

及び $a/d=0.4$ の場合約60%程度まで進展 (a) 無補強 (NO, $a/d=0.6$)

し、補強筋の種類による違いは見受けられないように思われる。

斜めひびわれの発生は、隅角部より発生した曲げひびわれの進展が止まり、さらに荷重を増加させると載荷点と境界部下方を結ぶ線上の中間付近より生じた。その後は斜め上下方向に進展し、破壊はこの斜めひびわれの発生により形成されたリブのせん断圧縮破壊によるものと思われ、コーベル下方が圧壊しながらズレるような挙動を示して破壊した。

主鉄筋及び補強筋のひずみ — 補強筋のない試験体に於ける主鉄筋のひずみは、図-3に示す如く、載荷初期に於ては若干の弾性挙動を示すが、その後、曲げ引張を受けるコンクリートの塑性の影響¹⁰⁾を受けるためか、非線形の挙動を初期ひびわれが発生するまで示した。この初期ひびわれが発生すると、ひずみの変化率も変わる。これは図に示されるような直線変化で、この傾きを延長すると原点と交わるような傾向を示した。

図-3には主鉄筋のひずみ変化を、Franzの如く応力中心距離を $z=0.85d$ とした単純トラスの場合²⁾及び2ヒンジのタイドアーチとした場合¹¹⁾の関係を同様に示した。図に示す如く、境界部に於ける主鉄筋のひずみ度はひびわれの発生によりトラス又はアーチの挙動を示す。また、載荷点に於けるひずみは斜めひびわれの発生によって急激に増加し、境界部断面のひずみ値に近づく。破壊近くでは主鉄筋に載荷点から境界部にわたってほぼ均一な引張力が生ずるものと思われる。主鉄筋のひずみ変化は鉛直スタースラップの場合、ほぼ無補強の場合と同様の傾向を示すが、それ以外の補強筋の場合には補強効果があるためか、同一荷重に対するひずみ量が少ない結果が得られた。

補強筋のひずみ測定の結果を図-4に示す。水平スタースラップの場合、曲げひびわれの進展に応じて各位置でのひずみも増加したが、鉛直スタースラップの場合、斜めひびわれ発生前は圧縮の挙動を示した。これより鉄筋コンクリートコーベルに於ける補強筋のひずみ性状には次の二つの挙動が挙げられる。

第一は水平スタースラップの場合で、曲げひびわれの進展によってひずみが増加を続け、斜めひびわれ発生時には比較的大きなひずみとなる。

第二は水平スタースラップ以外の場合で、斜めひびわれ発生までは殆んど変化がなく、斜めひびわれ発生後に補強効果を発揮する。

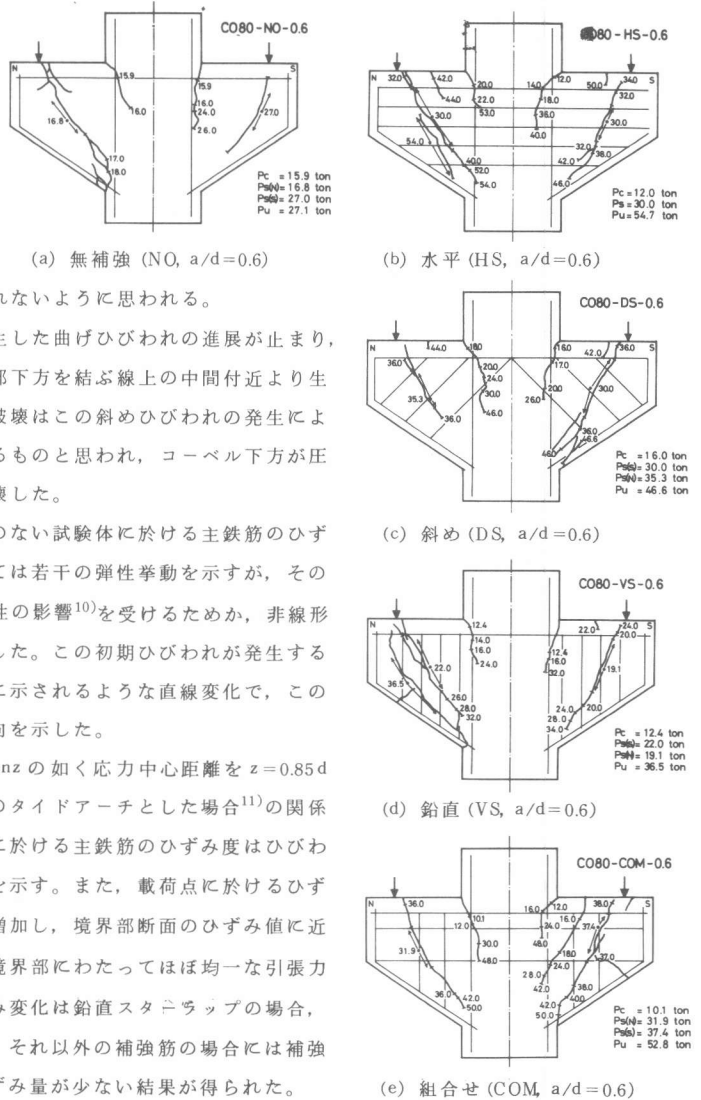


図-2 ひびわれ相模図

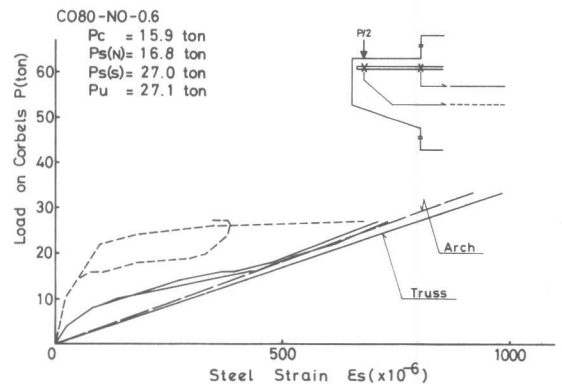


図-3 載荷重と主鉄筋ひずみの関係 ($a/d=0.6$)

補強筋の定着長さおよび応力

本実験に於ける主引張鉄筋の定着方法はACI318-77⁶⁾に準じて行った。この方法による場合、 $a/d=0.6$ での荷重と主鉄筋ひずみの関係は図-3に示す如くで、ACI 規準による載荷板外の長さ5 cm 付近(実験値6 cm, $a/d=0.6$)では若干定着長が足りないように思われる。

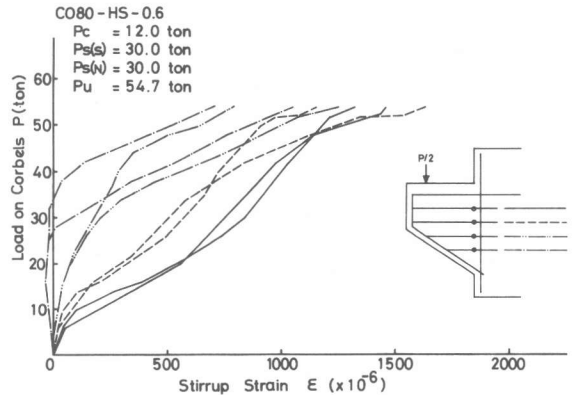
また $a/d=0.4$ の場合、終局荷重付近で、載荷点及び境界部のひずみはほぼ等しく、主鉄筋は有効に働いたものと思われ、ACI 規準による載荷板外の長さより多目にとるのが望ましいように思われる。

ここで定着長さは本実験の場合、破壊実験後のひびわれ様相図を用いて、斜ひびわれが補強筋の位置を通る点から短い方の長さを補強筋の定着長 l_{cr} とした。尚スターラップは閉鎖型である。

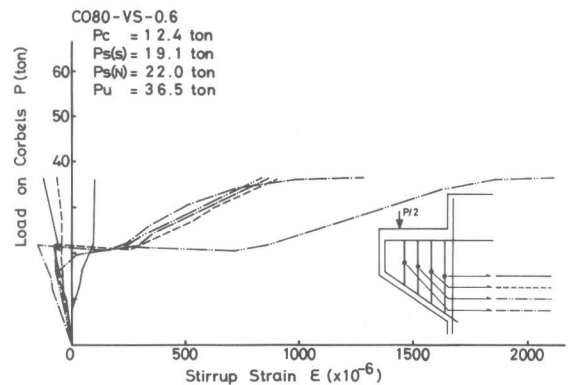
図-5に示す如く、 l_{cr} が長くなればスターラップの応力も大きくなる傾向が見られるので、コーベルの補強筋としては定着長を長くとするような配置にするのが望ましいように思われる。

耐力—せん断補強筋の種類と斜めひびわれ発生荷重の結果を図-6に示した。斜めひびわれ発生荷重は、 $a/d=0.6$ の場合には、組合せスターラップを用いたものが最も大きく、次に、斜め、水平及び鉛直スターラップの順序である。また $a/d=0.4$ の場合には、鉛直及び斜めスターラップを用いた試験体が大きい。しかし、水平及び組合せスターラップは無補強の場合とほぼ同程度であった。 a/d が小さい場合、スターラップの配置の方法を変えても、斜めひびわれ発生荷重には殆んど影響がないように思われる。

しかし本実験結果は一例を述べたものであり、今後、この種のデータの積み重ねが必要であると考えられる。他方、終局荷重については図-7に示す如く、 a/d にかかわらず水平スターラップが最も大きく、次いで、組合せ、斜め、及び鉛直スターラップの順であった。これはひびわれ様相図にも示される如く、斜めひびわれ面を



(a) 水平スターラップのひずみ変化 ($a/d=0.6$)



(b) 鉛直スターラップのひずみ変化 ($a/d=0.6$)

図-4 スターラップのひずみの変化

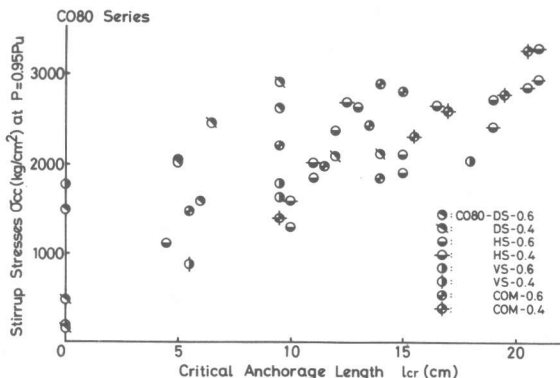


図-5 $P=0.95P_u$ に於けるスターラップ応力と定着長さ l_{cr}

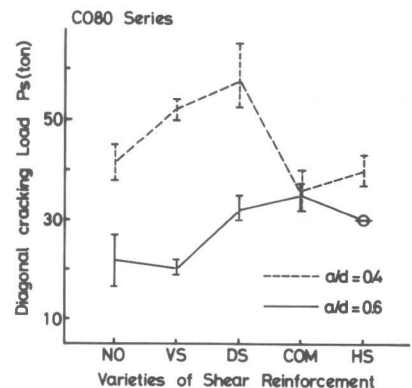


図-6 斜めひびわれ発生荷重と補強筋の種類

横切るせん断補強筋の本数が多かったためと思われる。

この性状について検討するために、補強量を表わすパラメーターとして、斜めひびわれ面に直角な成分として補強量を換算し、これをこのひびわれ面に対する比で表わしたのが図-8である。図に示す如く、 $a/d=0.4$ の場合にはこのパラメーターに対して良い相関を示すように思われる。しかし $a/d=0.6$ の場合、パラメーターがほぼ同量にもかかわらず、耐力には差が見られた。これは図-5にも示す如く、せん断補強筋の定着長さ l_{cr} が $a/d=0.4$ と比較して短いため、補強筋が十分に抵抗しなかったためと思われる。

4. 結 び

鉄筋コンクリートコーベルのせん断補強法を検討するために、各種スターラップを配置した試験体について実験を行った。これらの結果を要約すれば次の通りである。

1) 無補強の場合、主鉄筋はトラス又はアーチのタイ材としての挙動を示す。水平スターラップは曲げひびわれの影響を受けるため初期荷重から補強効果が期待できる。

しかし、 a/d が小さい場合、斜めひびわれ発生荷重に対する効果は少ないように思われる。

2) 終局耐力に対する補強効果は水平スターラップの場合、無補強の約2倍程度で、著者らのこれまでの結果^{12), 13), 14)}では、Franzら²⁾の範囲では10%~30%、ACI⁶⁾による補強量では20~80%とその効果が認められる。

3) 鉄筋コンクリートコーベルに対するせん断補強筋の補強効果は斜めひびわれ面に直角な成分に換算した補強筋比と良い相関々係を示した。しかしこれらは、補強筋の定着長さ l_{cr} にも影響されるように思われる。

これより鉄筋コンクリートコーベルのせん断補強筋の配置については、水平スターラップが定着長さも十分取れ、終局耐力に対する効果も期待できるが、斜めひびわれ発生荷重に対する効果は期待できない、などの一長一短の性状を有する。このため一種類の配置方法を用いるのではなく、二種程度の配置方法を組合せるのが良いように思われる。本実験の範囲より推察すれば、水平と斜めスターラップの組合せが良いように思われる。

参 考 文 献

- 1) E. Rausch, Der Bauingenieur, 38 (7), 1963, pp. 257-262
- 2) G. Franz et al., C&CA, pub. 61, 114, 17pp.
- 3) A. Mehmél et al., Der Bauingenieur, 40 (6), 1965, pp. 224-231
- 4) A. Mehmél et al., Der Bauingenieur, 42 (10), 1967, pp. 362-369
- 5) A. H. Mattock, Jour. of PCI, 21 (3), 1976, pp. 18-42
- 6) ACI Committee Report, ACI, 1979, 82pp.
- 7) J. G. MacGregor et al., ACI Jour., 74 (11), 1977, pp. 537-545
- 8) L. B. Kriz et al., Jour. of PCI, 10 (1), 1965, pp. 16-61
- 9) 例えば、後藤・尾坂、コンクリート工学 (II) 設計, 第8章, 彰国社, 昭和54年版, 第1版
- 10) 神山, 神山一博士論文集, 昭和53年12月
- 11) 北田, 原, 第32回土木学会年講, 昭和52年10月
- 12) T. Hara et al., 22nd Japan Cong. of Mat. Res., 1979, pp. 368-372
- 13) T. Hara et al., Trans. of the JCI, 1979, pp. 247-253
- 14) 原・北田, 第二回コンクリート工学年次講演会, 1980, pp. 497-500

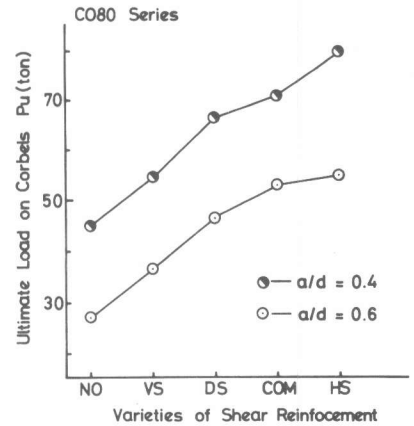


図-7 終局荷重 P_u と補強筋の種類

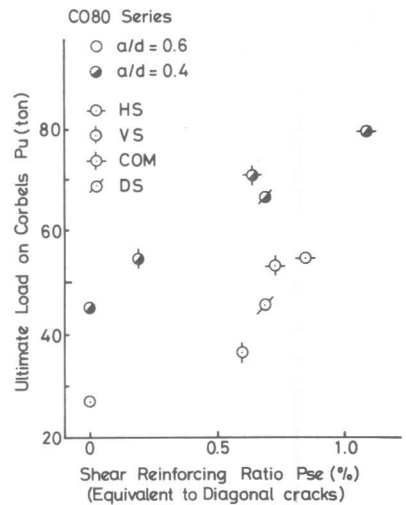


図-8 終局荷重 P_u と斜めひびわれ面に直角な換算補強筋比 P_{se} (%)