

V-4 R C部材の局部せん断破壊に対する曲げ応力の影響

北海道大学 学生員 児 玉 豊 治
北海道大学 正 員 角 田 与史雄

1. まえがき

鉄塔基礎フーチングの場合のように、引抜き力を受ける鉄筋コンクリート部材は少なくないが、その場合の破壊状況は、押抜きせん断破壊と似てはいるが、その設計耐力を押抜きせん断耐力の式で求めるのは必ずしも適当でなく、より適切な算定手法によるのが望ましい。しかし、引抜きせん断と押抜きせん断が、種々の類似性をもつことは予想される。そこで、本研究では、スラブの引抜きせん断を単純ばりにモデル化して一次元方向で実験を行うこととし、見かけ上は押抜きせん断の形態をとりながら検討していくものとする。最近、わが国では、せん断補強鉄筋を用いない鉄筋コンクリートのはりのせん断耐力の式が検討され¹⁾²⁾、コンクリート標準示方書に反映されている³⁾。また、RCスラブの引抜きせん断耐力に関する研究も行われており⁴⁾、示方書には極めて単純化した内容が盛り込まれている。しかし、この種の耐力の問題では、面内方向の応力(曲げ応力)も重要な影響をもたらす可能性があるが、この点についての研究は従来ほとんどみられない。そこで、本研究では、はり供試体をもちい、下縁から載荷位置までの距離を変えながらせん断耐力に対する曲げ応力の影響を検討していく。

2. 実験概要

せん断補強鉄筋を用いない鉄筋コンクリートのはりのせん断耐力に対する研究では、一般に図-1に示されるような実験が行われている。本研究で用いた供試体は図-2に示すように、2点支持の張り出しばりで供試体幅 $b=15\text{cm}$ 、および厚さ $h=20\text{cm}$ は一定とし、載荷用の埋め込み銅板からはり下縁までの距離 h' を10、15cmと変えている。

軸方向鉄筋は上縁側にSD35のD19、下縁側にSD35のD13を使用した。また、支点から自由端の方向に8cm間隔にスターラップを配置した。スターラップにはSD35のD10を使用した。有効高さは16cmである。コンクリートは細骨材率45%で、早強ポルトランドセメント、川砂および川砂利を使用した。

実験は材令7日に行い、埋め込み銅板位置の断面に

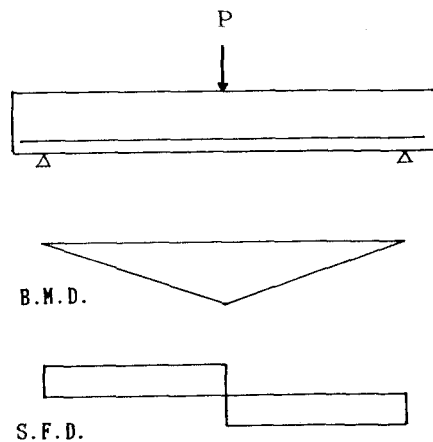


図-1 曲げモーメントおよびせん断力図

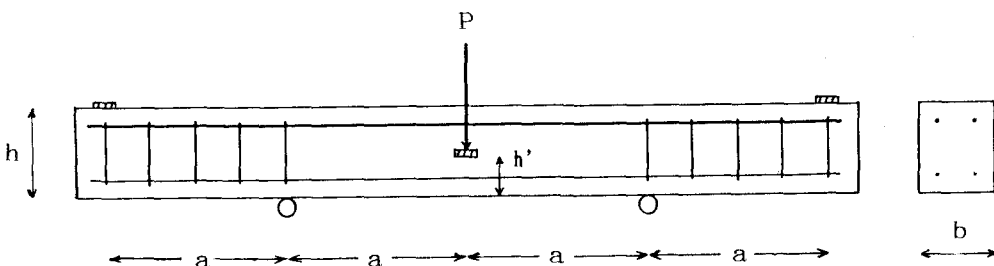


図-2 供試体寸法および形状

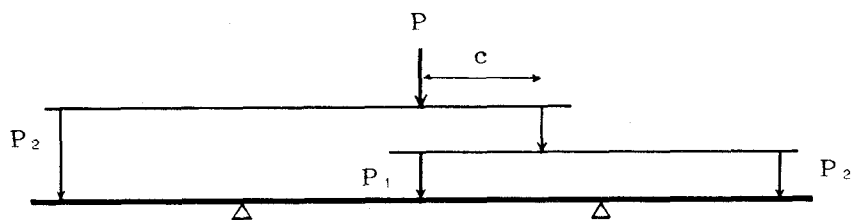


図-3 載荷方法

おける応力状態を変えるために図-3のような載荷方法をとった。埋め込み鋼板の上部には予め所定の長さの円筒を埋め込んでおき、その中に鋼丸棒を挿入して鋼板に荷重を加えることとした。図-3において、曲げモーメントの符号および大きさを変えるために c の値を変化させた。ここで、円筒の直径は約5cm、鋼板は15cm×5cmで厚さ1cmである。

また、 c の値を変えたときの曲げモーメント状態をしたものが図-4にあるもので、各供試体の埋め込み鋼板位置の断面での曲げモーメントとせん断力の比とせん断スパンの比を表してある。この図-4の(i)は、はりの下縁側が引張状態で、(ii)、(iii)、(iv)、(v)といくに従い、下縁側が圧縮状態になっていくことを示している。

3. 実験結果

各供試体の破壊荷重 P_1 は、表-1 に示すとおりである。ただし、 P_1 は破壊時の埋め込み鋼板位置での荷重の大きさを表す。また、コンクリート強度 f_c' ののばらつきの影響をある程度取り除くため、破壊荷重 P_1 に $\sqrt{350/f_c'}$ を乗ずることにより、 $f_c' = 350 \text{ kgf/cm}^2$ の場合に換算した値を以後、便宜上 P_1 として用いることにする。

供試体はほとんどせん断破壊をした。曲げモーメント状態を変えながら実験を行ったことにより、下縁が引張状態から圧縮状態になるにつれ、また h' の値を大きくすることにより破壊荷重は増加傾向を示した。

破壊性状は図-5 に示すとおりで、埋め込み鋼板から下側の部分が押し抜かれており、見かけ上は高さ h のはりのせん断破壊、または厚さ h' のスラブの押抜きせん断破壊に類似した破壊状況を示した。ひび割れは鋼板から支点に向かっているものがほとんどである。

4. 考察

4. 1 破壊面の形状

供試体の破壊状況の様子は前節に述べたが、ひび割れの形状との関係を初めに検討しておく。ここで断面

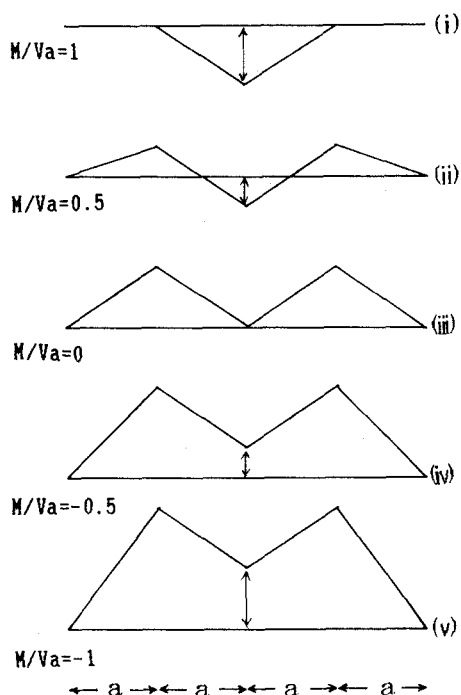


図-4 曲げモーメント分布

力変数 M/Va が正であれば、押抜かれる下縁側の曲げ応力が引張となり、負であれば圧縮となる。つまり M/Va が正から負に進めば押抜きにくくなるわけである。 $M/Va=1$ というのは単純支持のはりのせん断と同じ状態であり、直線的な山形に押抜ける形の破壊を示した。しかし、 M/Va が負に移行するに従い曲線状の破壊面となり、通常のせん断破壊と同様の破壊状況は得られなかった。一般のせん断とは異なる応力状態がコンクリートの内部に生じているためと考えられる。

4. 2 破壊荷重

埋め込み鋼板位置と支点との間のせん断スパンに作用する破壊時のせん断力を V とすると、見かけ上のせん断強度を $\tau = V/bh'$ として定義すれば、 τ と M/Va および h' との関係は図-6に示されるようである。この関係をみると M/Va の値が1~0の場合には、つまり図-4において(i)(ii)(iii)の場合であるが、これらはスパン中央での曲げ応力の影響を受け、せん断強度の分布は直線的な増加傾向を示すものと考えられる。しかし、 $M/Va=0$ 、つまり図-4の(iv)の場合にはスパン中央での曲げ応力の影響だけでなく、支点での曲げ応力の影響を受けていると考えられ、図-4の(v)、(v)に至ってはスパン中央というよりはむしろ、支点での曲げ応力の

No.	a (cm)	h' (cm)	c (cm)	M/Va	P _i (tf)	f _c ' (kgf/cm ²)
1	25	10	0.0	1.0	2.9	376
2	25	10	10.0	0.5	3.3	371
3	25	10	16.7	0.0	7.4	371
4	25	10	21.4	-0.5	6.6	366
5	25	10	25.0	-1.0	8.9	376
6	32.5	15	0.0	1.0	6.7	323
7	32.5	15	13.0	0.5	10.0	347
8	32.5	15	21.7	0.0	11.3	347
9	32.5	15	27.9	-0.5	13.9	373
10	32.5	15	32.5	-1.0	9.3	373
21	25	10	0.0	1.0	4.4	371
22	32.5	15	32.5	-1.0	11.0	371

表-1

破壊荷重

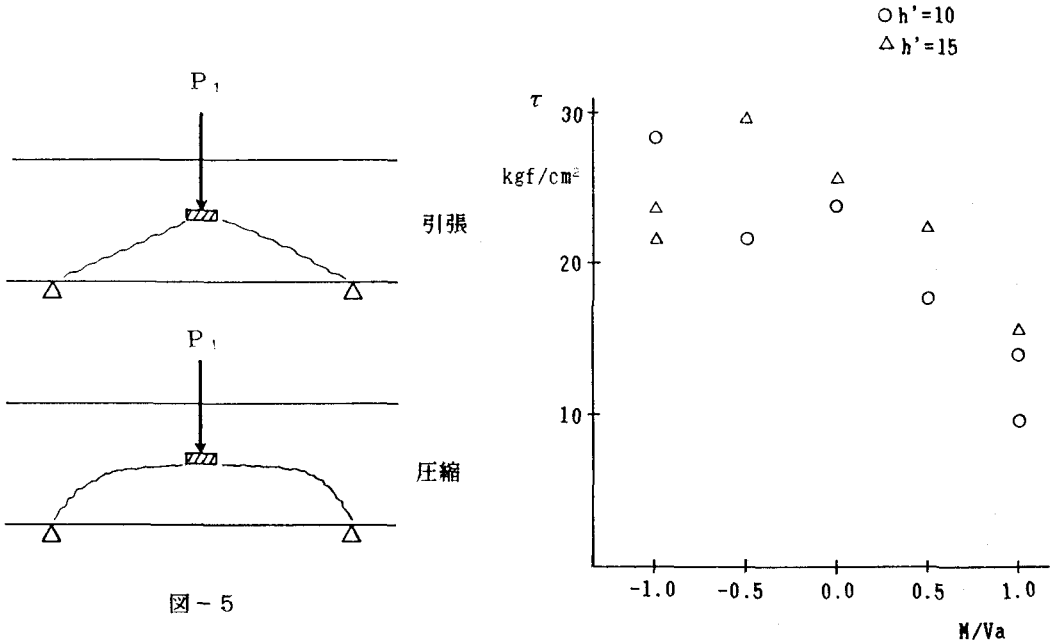


図-5

ひびわれ状況

図-6

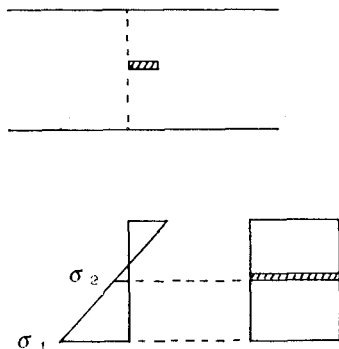


図-7 荷重位置の断面図

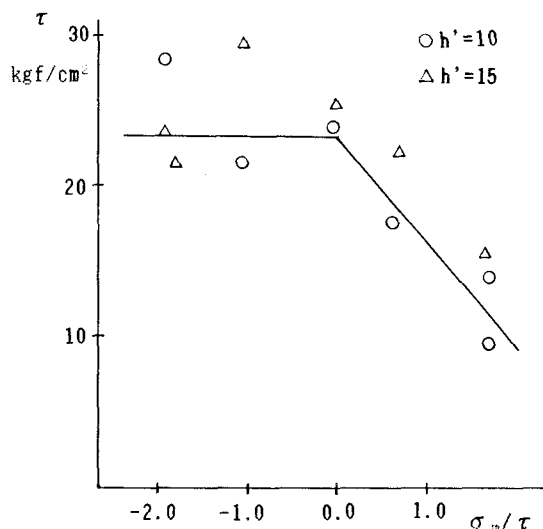


図-8

影響の方が強いと考えられる。このように実験上の断面力変数 M/Va を利用してせん断応力を求めてきたが、この M/Va がスパン中央での曲げ応力を明確に示しているわけではないことがわかる。

そこで、曲げ応力を表す指標として図-7に示す応力を用いることにした。すなわち全断面を有効とするときの破壊荷重時における下縁の曲げ応力を σ_1 、埋め込み鋼板下面位置での曲げ応力を σ_2 とし、その平均応力を σ_m とした。引張を正、圧縮を負とする。 σ_m/τ と τ の関係を図-8に示す。埋め込み鋼板位置の断面の応力状態によるせん断耐力への検討では、 M/Va よりも σ_m/τ のほうが曲げ応力の状態を明確にできるものと考えられる。ここで σ_m が引張状態にあるデータを用いて直線 $\tau = a + b \sigma_m/\tau$ に回帰解析してみると、相関係数 $\gamma = -0.85$ 、 $a = 23.29$ 、 $b = -6.70$ が得られた。引張、圧縮の状態における関係式は図-8に示してあるとおりである。式は次に示す。

$$\tau = 23.29 - 6.70 \sigma_m/\tau \quad : \quad \sigma_m/\tau \geq 0 \quad (\text{引張})$$

$$\tau = 23.29 \quad : \quad \sigma_m/\tau < 0 \quad (\text{圧縮})$$

5. まとめ

本研究では、スラブの引抜きせん断耐力に関する基本的な性質を得る目的で、はりの高さの中間部に鋼板を埋め込んで載荷する方法によりせん断破壊実験を行なった。その結果、埋め込み鋼板より下側のコンクリートの曲げ応力状態によりせん断耐力が影響を受けることが明らかになった。とくにその部分の曲げ応力が引張の場合には、曲げ応力の増加によりせん断耐力はほぼ直線的に減少することがわかった。しかし、曲げ応力が圧縮となる場合については、本実験のみからは明確な影響が示されなかった。

参考文献

- 1) 二羽、山田、横沢、岡村 ; せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断補強式の再評価, 土木学会論文第372号 1986
- 2) 岡村甫; コンクリート構造の限界状態設計法
- 3) コンクリート標準示方書 昭和61年制定
- 4) 前田; 送電用鉄塔基礎としての4本杭に支持されたRCスラブの設計法に関する研究, 土木学会論文第360号 1985