

V-18 支点モーメントを有するRCはりのせん断耐力について

北海道大学	正員	古内 仁
北海学園大学	正員	高橋 義裕
北海道大学		山田 安秀
小松製作所		石原 伸敏

1. まえがき

鉄筋コンクリートはりのせん断耐力および破壊形態についての研究は数多く、近年十分満足すべき成果が挙げられており、それらの成果は土木学会『コンクリート標準示方書』に反映されている。しかし、従来の実験は単純ばりの場合に集中しており、連続はりのように支間正曲げモーメントと支点負曲げモーメントが同時に作用する場合のせん断耐力に関する研究は極めて少ない。

本研究は、このような場合のせん断耐力について検討を行ったもので、実験は支点曲げモーメントと同時にスパン内一点荷重および四点荷重を作用させて行う二種類の載荷方法によって行った。

2. 実験概要

本研究では、図-1に示すような張り出しを有する鉄筋コンクリートはりの供試体を用い、二種類の載荷方法により実験を行った。供試体には予め破壊予定位置を決め、破壊予定位置以外はスターラップにより補強を行った。シリーズIは、図-2(a)に示すようなスパン内一点載荷で、せん断スパン a と曲げモーメント比 M_p/M_n を変数とした。シリーズIIは、図-2(b)に示すようにスパン内四点載荷で、変数は M_p/M_n とした。

コンクリートは、目標強度 300kgf/cm^2 および 270kgf/cm^2 で早強ポルトランドセメントおよび天然骨材を使用した。主鉄筋は2D25であり、せん断補強を行う場合には、D10 スターラップを使用した。これらの鉄筋はいずれも異形棒鋼SD35である。試験材令は原則として7日とし、試験前日まで湿布養生を行った。

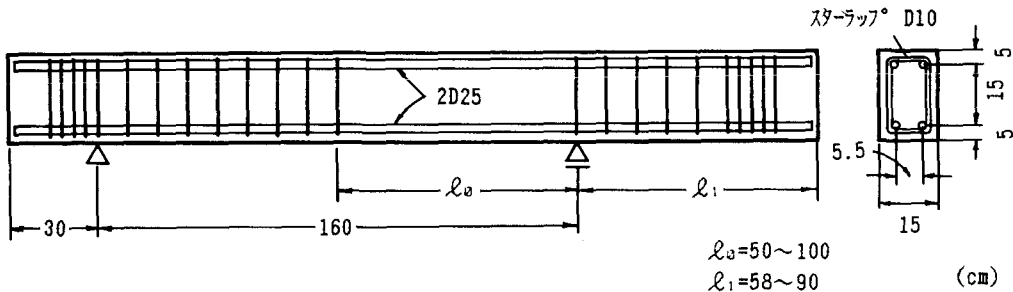


図-1 供試体寸法および形状

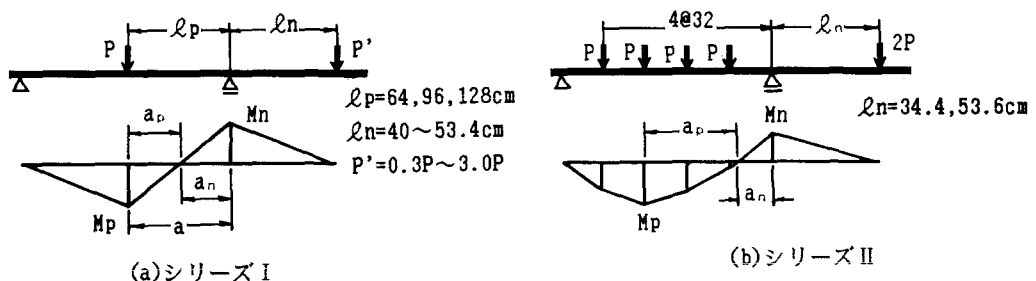


図-2 載荷方法および曲げモーメント分布

3. 実験結果および考察

『コンクリート標準示方書』に採用されているせん断補強鉄筋を持たない棒部材のせん断耐力式は、二羽ら¹⁾の提案式に基づくもので、その原式は次のようである。

$$V_o = 0.94(p_w \cdot f_o')^{1/3} \cdot (d/100)^{-1/4} \cdot [0.75 + 1.4/(a/d)] b_w d \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 V_o : 終局せん断耐力(kgf) a : せん断スパン(cm) d : 有効高(cm) b_w : ウェブ幅(cm)
 f_o' : コンクリート圧縮強度(kgf/cm²) A_s : 引張鉄筋断面積(cm²)
 $p_w = 100 \cdot A_s / (b_w d)$

また、ディープビームのせん断耐力算定式として二羽²⁾は次式を提案している。

$$V_o = 0.53(f_o')^{2/3} \cdot (1 + \sqrt{p_w}) (1 + 3.33r/d) b_w d / [1 + (a/d)^2] \quad \dots\dots (2)$$

ただし、 r : 載荷板幅(cm)

池田ら³⁾は、はりのせん断耐力に対する曲げモーメントの影響について研究し、単純ばりのせん断耐力に対する a/d の影響を、 M/Sd の影響に置きかえることにより、評価できることを示している。

図-3は、シリーズIの実験におけるひびわれ状況と曲げモーメント図を示している。曲げモーメント図からわかるように、反曲点の左側と右側部分は単純ばりの曲げモーメント分布と同じであり、反曲点は間接支持の役目を果たしている。また、ひびわれ図からせん断スパンには通常二本の大きなせん断ひびわれが観察される。これらのひびわれは、各々正曲げモーメントと負曲げモーメントによるものと考えられ、せん断耐力を算定する場合、せん断スパン a を曲げモーメントせん断力比と仮定すれば算定式中の a/d を M_p/Sd または M_n/Sd に置き換えることにより、それぞれの耐力を算定することができる。その場合、

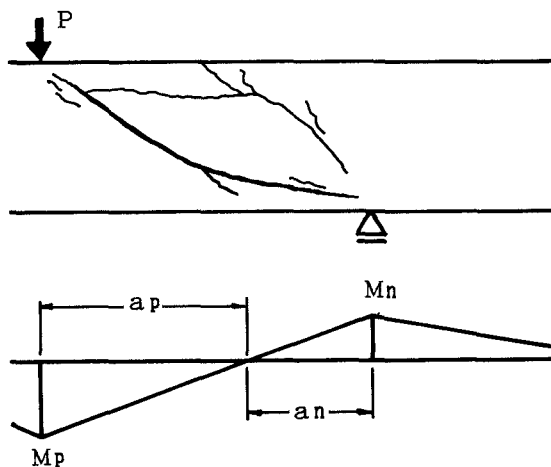


図-3 シリーズIのひびわれ状況および曲げモーメント

はり自体のせん断耐力はこれらの二つの計算結果の小さいほうを選択することによって求めることができる。実験の破壊状況からも、破壊を起こすひびわれは M_p 、 M_n の大きい方によるひびわれとなっており、その裏付けとなっている。すなわち、上下の鉄筋比が同量で両せん断スパンにおいてせん断補強をおこなっていないければ、せん断耐力は算定式中の a を a_p または a_n の大きいほうに置き換えて算定することができる。

図-4は、これらの仮定に基づく計算結果と実測値を比較したものである。実線が(1)式および(2)式による計算値を示しており、○印、△印は実測値を示している。ただし、△印は非補強区間 l_o を狭くし破壊位置を支点付近に限定しているため、実測値は若干大きくでている。そのことを考慮すれば、両者は比較的良好な対応を示していることが認められる。

シリーズIIは、支点モーメントを有するはりの多点荷重を受ける場合を取り扱ったもので、それぞれ M_p/Sd

Mn が1.0, 0.5の二通りの実験を行った。破壊形態は、図-5に示すようにシリーズIに比べるとせん断ひびわれが細かい数本のものからなっており、複雑な様相を示している。

最近の研究において、組合せ荷重によるせん断破壊に対して計算を行う場合、線形被害則の考え方が取り入れられている。また、破壊位置を取り入れた研究¹⁾^{4) 5)}では、通常の耐力式における a/d の影響は、せん断スパン a の中で最も弱い位置で破壊するときに対応しており、 $a/2$ の位置で破壊を起こすという仮定をしている。このとき、破壊位置が $a/2$ の位置から遠ざかるに従って耐力は大きくなる傾向にあり、石橋らは破壊位置の影響による耐力の算定法として次のような方法をとっている。例えば、図-6に示すように破壊が $a/2$ 点で起こらなかった場合、耐力は算定式中の a/d を $2x_1/d$ および $2x_2/d$ に置き換え、求められた耐力の平均をとっている。以上のことを考慮し、シリーズIIでは次のような試算を行った。

図-7(a)(b)に示すように a 区間、 a 区間の全範囲について各々計算を行う。区間に対して任意の破壊点 x をとり、その点に及ぼす各せん断力成分に対して耐力との比 V_i/V_{ci} (せん断力/せん断耐力)をとり和を求める。その結果本実験における二本のはりに対して、これらの累積値の中で最大となる点とはともに a 区内であった。線形被害則では、通常最大値をとる点が破壊位置であり、その値が1に達することによって破壊が生じるとされている。しかし、(a)のはりに対しての累積値は0.975と妥当な値を得ているが、(b)のはりにおいては1.70と大きく、計

算値は実験値に対して過少な評価を与えている。上記の手法による計算は破壊位置を一点に限定して行っているが、ひびわれ形状からわかるように破壊を一個所と考えることに難点があると思われる。また、線形被害則では、破壊位置に対して個々のせん断力を別々に考えて累積損傷をとるため、各荷重の相互作用や外力の近傍で起こる破壊に対しての拘束の影響などの要因が含まれていないことにも問題点があると思われる。

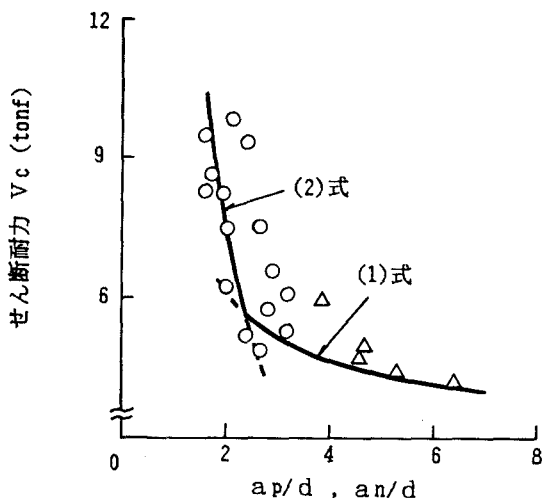


図-4 せん断耐力(シリーズI)

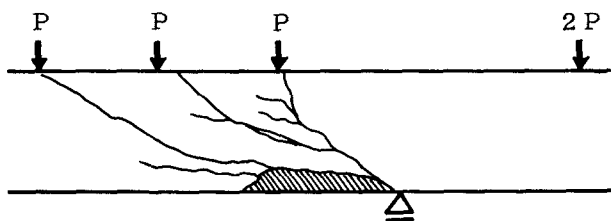


図-5 シリーズIIのひびわれ状況

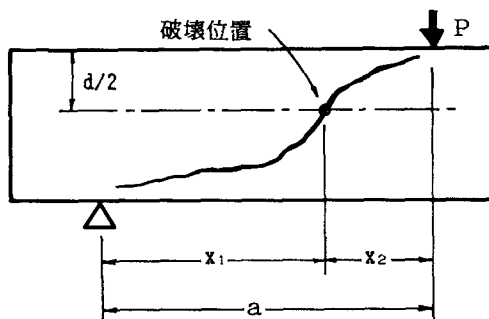


図-6 せん断ひびわれの破壊位置

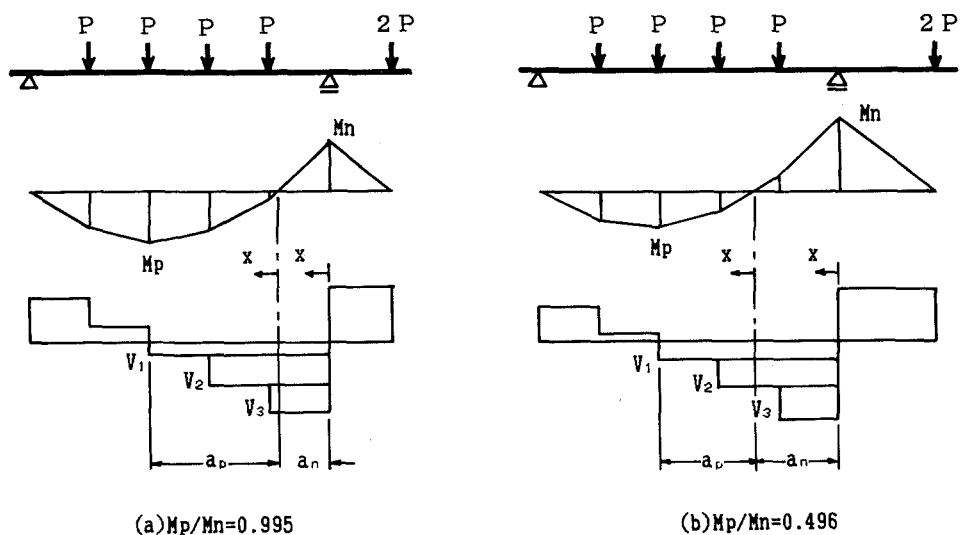


図-7 シリーズⅡの曲げモーメント分布およびせん断力分布

4. まとめ

- 1) 支点曲げモーメントを有するはりのスパン内一点載荷の場合のせん断耐力算定法として、(1)式および(2)式中の a/d を a_p/d または a_n/d の大きい方に置き換えて算定する方法が有効である。
- 2) スパン内四点載荷のせん断耐力算定法の一例として、線形被害則を導入した計算を示したが、破壊位置のとり方、各せん断力成分による影響の累積方法などに問題点を残している。

謝辞：本研究は、北海道大学の木村 勉技官の多大な助力を得た。ここに深く謝意を表します。

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はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集 第372号 1986
- 2) 二羽; FEM解析に基づくディープビームのせん断耐力算定式, 第2回せん断コロキウム論文集 1983
- 3) 池田, 山口, 野川; 鉄筋コンクリートはりのせん断抵抗に対する曲げモーメントの影響について, 第39回土木学会年講, 1984
- 4) 石橋, 斉藤, 丸山; 多点荷重を受けるはりのせん断耐力に関する一考察, 第7回コンクリート年講論 1985
- 5) 松貝; 等分布荷重を受ける鉄筋コンクリートはりのせん断強度の解析, 第39回土木学会年講 1984