

V-9

RC部材の局部せん断破壊に
関する実験的研究

北海学園大学 正員 高橋 義裕

北海道大学 正員 角田與史雄

北海道大学 正員 古内 仁

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) 部材のせん断耐荷挙動は、鉄筋コンクリートの基本をなす複合機構の破壊に結びつき、かつひびわれや破壊の状態が鉄筋コンクリートとしての独特の挙動を示す。従って現在まで内外の多くの研究者によって種々の角度から研究が進められてきた。その結果、鉄筋コンクリート部材のせん断に関する多くの事実が明かにされ、これらの成果が設計示方書や設計基準の中に反映されて合理的な設計が行われる用になりつつある。しかしながら、鉄筋コンクリート部材のせん断耐荷挙動は、部材の形状と寸法、鉄筋量、コンクリートの強度等、多くの因子に影響され複雑なものとなり不明な点も多い。この様なことより、スラブやフーチングなどの設計においては、曲げ破壊及びせん断破壊の両者に対して所定の安全性を確保する必要がある。後者は一般に、はりや柱などの棒部材におけると同様に部材全幅にわたって破壊が生ずるはり型せん断破壊を想定した安全性の検討と、荷重の周囲の局部的な破壊を想定した押抜きせん断破壊に対する安全性の検討とが行われている。また、これらの面材材では内部に定着力をもつ引抜きせん断作用を受けるものも少なくないが、その耐荷性状は多くの因子が影響をもつ非常に複雑な性質を示すことが知られている¹⁾。この様なことより、本研究では、RC部材の局部せん断破壊について静的載荷実験を行い実験的に検討したものである。

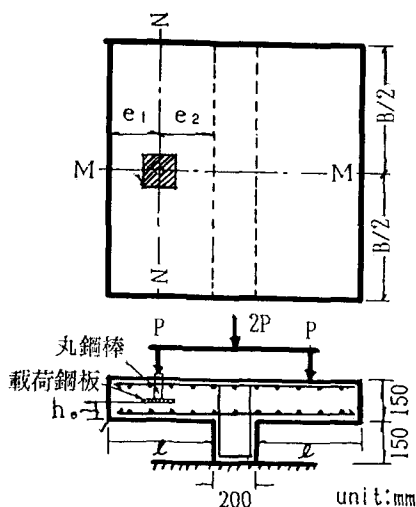


図-1 実験供試体

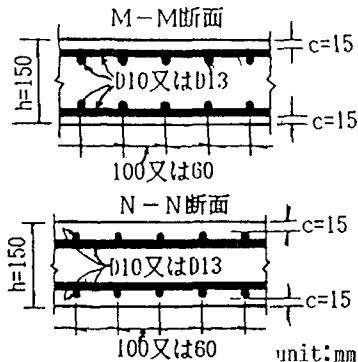


図-2 配筋状況

2. 実験方法

実験供試体は、図-1に示す両側に対称な張出しをもつT型断面部材で、荷重は同図中に示される方法で載荷し、力学的には片持スラブ形式となる様にした。載荷に際しては、破壊させる側と非破壊側とをうまく制御するために十分な配慮をした。ここで部材長 $l = 40\text{cm}$ 、部材厚 $h = 15\text{cm}$ は一定とした。

使用鉄筋は、D10 (SD30A) 及びD13 (SD35) を使用し、配筋状況は図-2に示す通りである。また、一部の実験供試体では、鉛直方向の補強鉄筋を載荷

鋼板下面より45度に伸びるせん断面を想定し、この面を横切る様にと配置した。鉛直補強鉄筋としてD10 (SD30A) を使用した。かぶり c は全ての供試体で15mmとした。コンクリートは水セメント比50%，細骨材率45%で早強ポルトランドセメント，海砂及び川砂利を使用した。実験は材令7日で行い，その時のコンクリートの目標圧縮強度を300kgf/cm²とした。

荷重は，10cm×10cmの正方形鋼板（厚さ32mm）を介して作用させた。載荷位置は供試体幅 B の1/2線上とした。また，荷重は供試体上面に作用させる場合（以下表面載荷と呼ぶ）のみでなく，引抜きせん断破壊を想定した厚さの中間部に荷重を作用させる場合（以下埋込み載荷と呼ぶ）についても実験を行った。埋込み載荷においては，実験供試体の所定の位置に予め載荷鋼板を埋め込んでおき，その上面を直径42mmの丸鋼棒を介して荷重を作用させた。鋼棒とコンクリートとの付着を除くため鋼棒表面にグリースを塗った。

3. 実験結果及び考察

図-3は，部材幅 $B=100\text{cm}$ の供試体における各 h_o に対する自由縁から荷重中心までの縁端距離 e_1 と破壊荷重 P'_{test} との関係を示したものである。ただし， P'_{test} はコンクリートの圧縮強度 f'_c のばらつきの影響をある程度取り除くため，実際の破壊荷重 P_{test} に $\sqrt{300/f'_c}$ を乗じ， P'_{test} をコンクリートの圧縮強度300kgf/cm²に換算した値である。表面載荷において，縁端距離 e_1 が15cmまでは，破壊荷重 P'_{test} はほぼ一定値を示しているが， $e_1=20\text{cm}$ では， $e_1=15\text{cm}$ までの破壊荷重の約1.7倍の値を示している。この場合，破壊状況からして外見上は全幅有効のはり型せん断破壊をしていた。破壊荷重 P'_{test} がほぼ一定の領域では，載荷面からの下の部分のコンクリートが押抜かれる形での破壊をしめした。この破壊形態は，引抜きせん断破壊のときに見られる破壊形態と同様なものである。

図-4は，部材幅 $B=100\text{cm}$ の供試体における表面載荷について，そのせん断スパン比 e_2/d と破壊荷重 P'_{test} との関係を示したものである。同図より，片持スラブ形式の供試体においても，はりと同様にせん断スパン比の小さい領域では，その破壊荷重

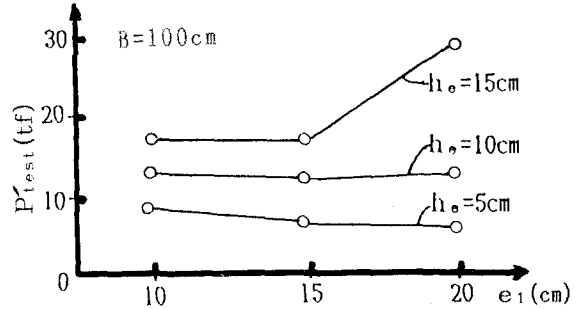


図-3 破壊荷重と縁端距離との関係

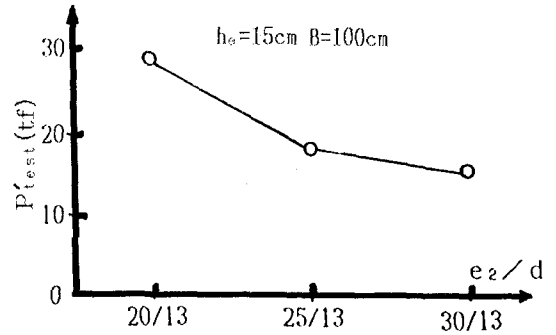


図-4 破壊荷重とせん断スパン比との関係

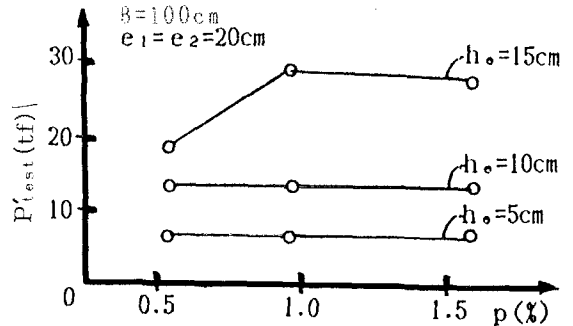


図-5 破壊荷重と鉄筋比との関係

P'_{test} はかなり増大することが認められた。

図-5は、部材幅 $B=100\text{cm}$ の供試体において、縁端距離 $e_1=20\text{cm}$ 一定とし、鉄筋比 p と破壊荷重 P'_{test} との関係を示したものである。同図より埋込み载荷に関しては、鉄筋比 p の破壊荷重 P'_{test} に対する影響は、ほとんど認められない。しかし、表面载荷においては、鉄筋比 p の低い領域で破壊荷重 P'_{test} におおきな影響を与えているが、鉄筋比 p がある値を越えるとその影響は殆どみられず破壊荷重 P'_{test} はほぼ一定値を示している。

図-6は、縁端距離 $e_1=15\text{cm}$ 一定の供試体において、部材幅 B と破壊荷重 P'_{test} との関係を示したものである。同図より、表面载荷の場合では、部材幅 B が 60cm 付近まで破壊荷重 P'_{test} は供試体幅 B にほぼ比例していることが分かる。これは、はり型せん断破壊の特徴である。一方、埋込み载荷の場合についても部材幅 B が 45cm 付近までは、破壊荷重 P'_{test} は供試体幅 B にほぼ比例していることが分かる。このことは、埋込み载荷においてもはりせん断とみなせる領域が存在していることを意味している。ただし、その領域は表面载荷の場合にくらべて狭くなっている。

図-7は、前述の図-6において比例関係が成立する領域のデータのみについて载荷面より下側コンクリートが受ける破壊時の平均せん断応力度 $f = P'_{test} / (B h_e)$ を求め、 h_e と平均せん断応力度 f との関係を示したものである。これらの結果は相対する二辺が単純支持、他の二辺が自由の長方形スラブの場合²⁾と同様に h_e が小さくなるほど平均せん断応力度 f は大きくなっている。これは h_e が小さいほど引張鉄筋の寄与率が相対的に高まること、およびコンクリート部材のせん断耐力には、寸法効果があることなどによるものとかがえられる。

図-8は、鉛直補強鉄筋本数 n と破壊荷重 P'_{test} との関係を部材幅 $B=75\text{cm}$ と 90cm について示したものである。同図より今回の鉛直補強鉄筋の配置及び本数に関しては、必ずしも全てにおいて、その補強効果は

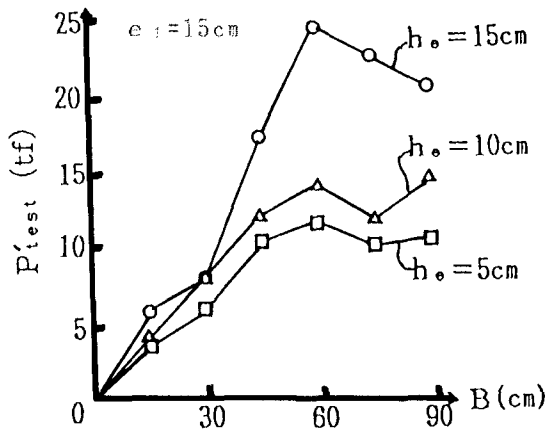


図-6 破壊荷重と供試体幅との関係

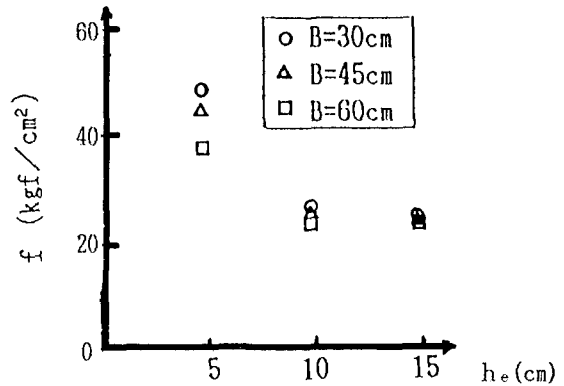


図-7 破壊時の平均せん断応力度

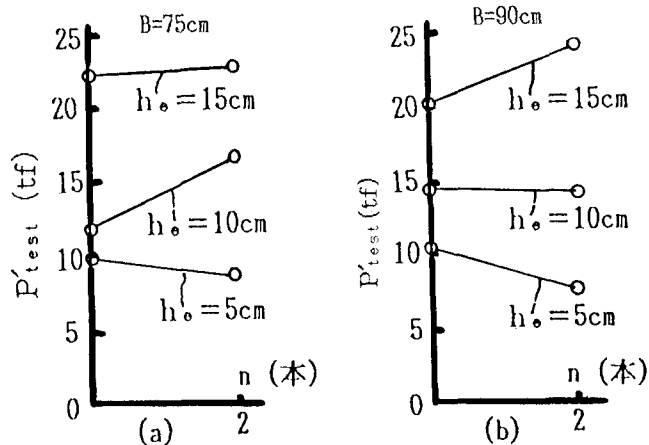


図-8 破壊荷重と補強鉄筋数との関係

見られなかった。

図-9は、上段主鉄筋のひずみ ϵ と載荷荷重 P との関係を示したものである。中央位置における主鉄筋ひずみ測定は載荷鋼板の埋込みの関係で測定できなかったため中央より6cm左よりの主鉄筋で測定した。同図より主鉄筋は降伏ひずみに達せず供試体は破壊していた。

図-10は、鉛直補強鉄筋のひずみ ϵ と載荷荷重 P との関係を示したものである。同図よりある荷重段階より急激なひずみの増加が見られる。これはコンクリートが受け持っていた荷重がひび割れを境に急激に補強鉄筋に移行したものと考えられるが、図-8よりこのひずみ増加が部材の耐力増加に必ずしも対応していないことより、このひずみ増加は、鉛直鉄筋のフックのかかかっている鉄筋を引き上げようとするダウエル作用的な働きによる可能性がある。破壊荷重付近でのひずみは全て降伏点以下であった。

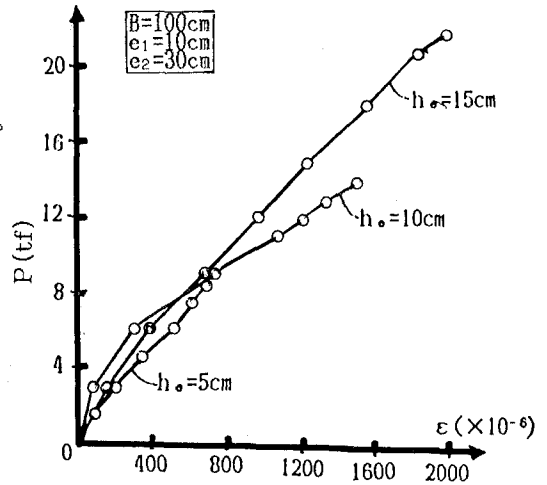


図-9 荷重と主鉄筋ひずみとの関係

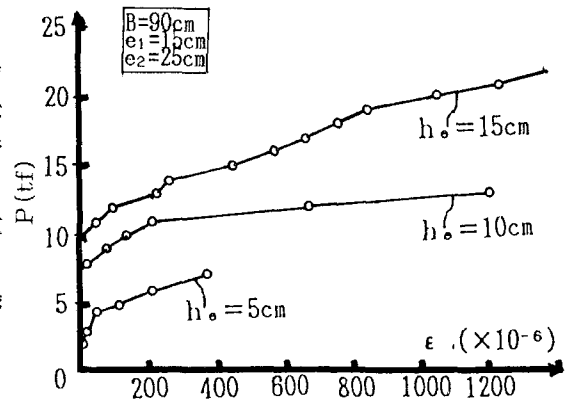


図-10 荷重と補強鉄筋ひずみとの関係

4. あとがき

本研究は、RC部材の局部せん断破壊について両側に対称な張出しを持つT型断面部材の実験供試体を用いてそのせん断挙動について実験的に検討を行った。得られた結果を列挙すれば次の通りである。

- 1) 部材長・埋込み深さ一定の場合、その破壊荷重は荷重縁端距離によらずほぼ一定値をしめした。しかし、一部の表面載荷供試体においては、荷重縁端距離が大きくなる（支点付近に近づく）につれて増加する傾向が見られた。
- 2) せん断スパン比の小さい領域では、その破壊荷重はかなり増大することが認められた。
- 3) 鉄筋比の破壊荷重への影響はそれほど顕著には見られなかった。
- 4) 表面載荷、埋込み載荷とも供試体幅がある限界値以下では、破壊荷重が供試体幅に比例するはり型せん断破壊であった。
- 5) 破壊荷重が供試体幅に比例する領域における平均せん断応力度は h_0 が小さくなるほど大きくなっている。
- 6) 破壊荷重付近での主鉄筋及び鉛直補強鉄筋ひずみは、全て降伏点以下であった。

参考文献

- 1) 前田 弘：送電用鉄塔基礎としての四本杭に支持されたRCスラブの設計法に関する研究，土木学会論文集，第360/V-3，pp. 105-110，1985，8
- 2) 高橋・角田：RCスラブの局部せん断破壊に関する基礎実験，コンクリート工学年次論文報告集9-2，pp. 597-602，1987