

[2018] RC スラブの厚さ中間部載荷によるせん断強度について

正会員 ○高橋 義裕 (北海学園大学工学部)

正会員 角田與史雄 (北海道大学工学部)

1. はじめに

鉄筋コンクリート (RC) 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引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、これらの面部材では引抜きせん断作用を受けるものも少なくないが、その耐荷性状は著しく複雑なものとなっている。土木学会「コンクリート標準示方書 (設計編)」において、“引抜きせん断に対する検討においては、その破壊メカニズムが引抜きせん断のそれに近いということで、引抜きせん断耐力を引抜きせん断に準じて行う”，としている¹⁾。従って引抜き力の作用位置が自由縁に近い場合には、自由縁から荷重中心までの縁端距離の減少に伴う耐力低下が大きいことが予想される。このように部材の内部に定着力を受けるときの引抜きせん断破壊では、多くの因子が複雑に影響し合っている。このような問題に対しては、現在のところケーススタディに依存せざるを得ない。著者らはすでに部材厚を一定とした場合のせん断破壊について実験を行い、はり型せん断をもとにその結果を検討し報告した²⁾。本論文は、これらのせん断破壊に対し、RC部材の厚さ中間部に埋込んだ載荷板を通しての引抜きせん断にモデル化し、部材厚、部材幅、載荷位置 (埋込み深さと縁端距離) をパラメータにとり実験を行ったので、その結果について述べるものである。

2. 実験方法

実験供試体は、図-1に示す相対する二辺が単純支持、他の二辺が自由な長方形部材で、スパン長 $l = 70\text{cm}$ は一定とし、部材厚は 15cm 、 20cm の二種類、供試体幅 B は $15\text{cm} \sim 90\text{cm}$ の間で変化させた。鉄筋はSD35のD13を使用し、スパン方向およびスパン直角方向とも 6cm 間隔で配筋した。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。実験供試体は打設後一日で脱型し、湿布養生を行い材令7日で実験を行い、その時のコンクリート目標圧縮強度は 300kgf/cm^2 とした。荷重は $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の正方形鋼板を介して作用させた。載荷位置は大部分の供試体では、中央位置としたが、供試体幅 $B = 90\text{cm}$ 及び 75cm の供試体では自由縁方向へ偏心した位置での載荷実験も行った。また、引抜きせん断を引抜きせん断にモデル化し、そのせん断耐力を検討するため、部材の厚さ中間部に予め載荷鋼板を埋込んでおき、その上部を直径約 5cm の鋼棒を介して荷重を作用させた。その際、

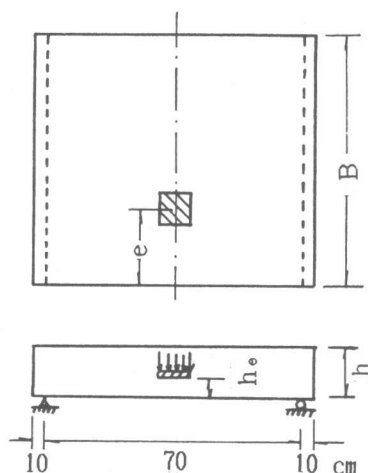


図-1 実験供試体

鋼棒とコンクリートとの付着を除く鋼棒にビニールフィルムを巻いた。

3. 実験結果および考察

各供試体の破壊荷重 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、実際の破壊荷重に $\sqrt{300/f'_c}$ を乗ずることにより、 $f'_c = 300\text{kgf/cm}^2$ の場合に換算した値を便宜上 P_{test} としている。

供試体はすべてせん断破壊した。供試体中央位置での表面荷重の場合は、部材幅 B が小さい供試体では、はり型せん断破壊を示し、部材幅 B が大きい場合は外見上押抜きせん断破壊形態を示した。厚さの内部に載荷した（以下埋込み載荷と呼ぶ）供試体では載荷面から下の部分のコンクリートが局部的に押抜かれる形で破壊が生じた。これは引抜きせん断破壊のときに見られるそれと同様なものであった。

図-2は、供試体中央位置に載荷した場合の破壊荷重 P_{test} と供試体幅 B との関係を示したものである。図-2(a)は、部材厚15cmに対するもので、図-2(b)は部材厚20cmに対するものである。同図より表面載荷、埋込み載荷両者において、破壊荷重 P_{test} が供試体幅 B にほぼ比例する領域が存在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。埋込み載荷の場合には表面載荷に比べてその領域は、 h_e が小さくなるほど狭くなっていることが分かる。

図-3は、埋込み載荷における載荷板の上部にあるコンクリート層の厚さの影響を調べたものである。

縦軸には部材厚15cmにおける破壊荷重 P_{test15} に対する

部材厚20cmにおける破壊荷重 P_{test20} との比 P_{test20}/P_{test15} を、横軸には部材幅 B をとっている。部材幅 B がある程度大きくなると h_e/h の影響はそれほど見られないが、部材幅 B が小さい場合には、同じ h_e の値に対しても、その破壊荷重は最大で1.8倍にも達している。これは、部材幅 B の小さい領域、つまりはり理論の適用できる領域においては、せん断破壊に対して曲げ引張り応力の影響が大きくなるためと思われる。この曲げ引張り応力は、同一荷重に対し部材幅が一樣であればその部材厚に大きく影響を受けることから予想される。しかし、部材幅が大きくなると押抜きせん断となりその作用荷重をとり囲む臨界断面に大きく影響されるため、 h_e が同一であればその臨界断面は同一になるので、ほぼ同一の破壊荷重となっているものと思われる。

前述の図-2(a)(b)において部材幅 B がある限界値をこえれば破壊荷重 P_{test} は部材幅 B との比例関係が成り立たず、はり型せん断耐力よりも低い耐力となることが示されている。その原因としては、部材幅 B の増加によりはり型せん断破壊から押抜きせん断破壊への移行が考えら

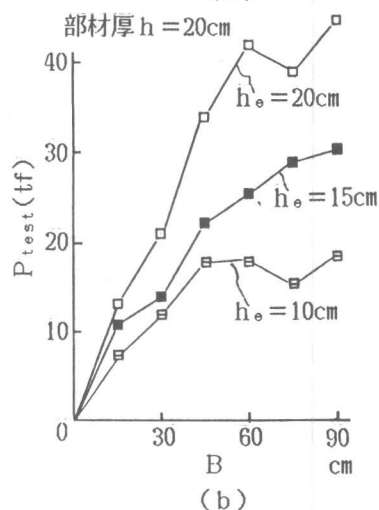
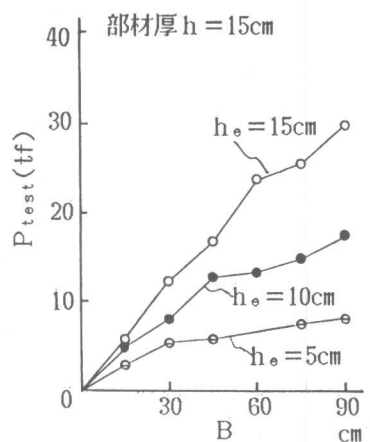


図-2 破壊荷重と供試体幅との関係

れる。しかし、部材幅Bの増加により直ちに部材幅Bに比例するはり型せん断破壊から部材幅Bに関係しない押抜きせん断破壊へ移行すのではなく、ある過渡的な領域が存在することを示している。そこで、これらのデータに対して、自縁の影響がないときのスラブの押抜きせん断耐力算定式として、土木学会「コンクリート標準示方書（設計編）」の下式²⁾を用いて検討してみる。

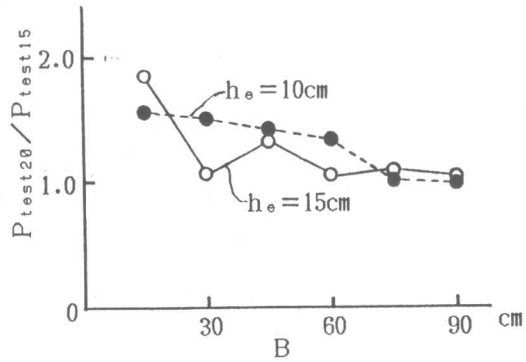


図-3 部材厚の破壊荷重への影響

$$P_{cal} = 0.6 \beta_d \beta_p \beta_r \sqrt{f'_c} u_p d \quad (1)$$

ここで $\beta_d = \sqrt[4]{100/d}$ (d: cm, $\beta_d > 1.5$ のとき $\beta_d = 1.5$)

$\beta_p = \sqrt[3]{100p}$ ($\beta_p > 1.5$ のとき $\beta_p = 1.5$)

$\beta_r = 1 + 1 / (1 + 0.25 u / d)$

f'_c = コンクリートの圧縮強度

u = 載荷面の周長

u_p = 設計断面長

d = 有効高さ; p = 鉄筋比

図-4 (a), (b) は、それぞれ部材厚15cm, 20cmにおける $h_e = 10$ cm, 5cm に関し、(1) 式による計算値 P_{cal} に対する実験で得られた P_{test} の比 P_{test}/P_{cal} を縦軸に、部材幅Bを横軸にとり示したものである。これらの図から部材厚 $h = 15$ cm の部材においては、 $h_e = 5$ cm に対して $B = 30$ cm から、 $h_e = 10$ cm の部材に対しては $B = 45$ cm 付近より、又部材厚 $h = 20$ cm の部材にお

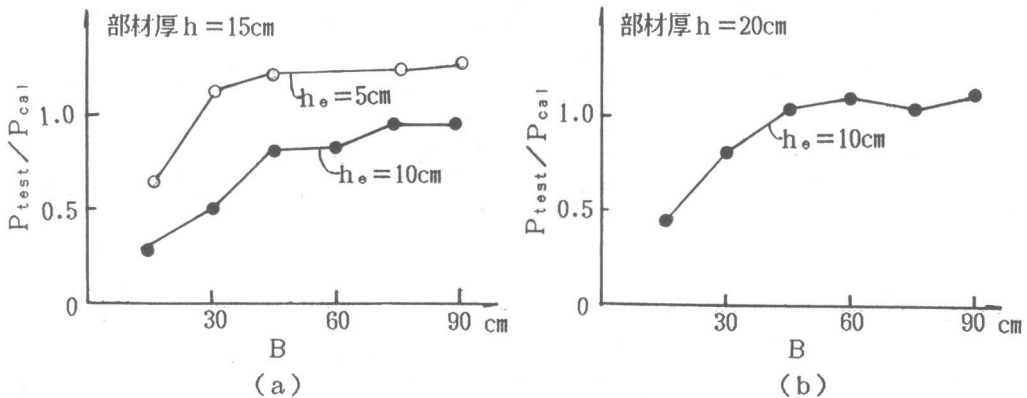


図-4 破壊荷重/押抜きせん断耐力と供試体幅との関係

いては $h_o = 10\text{cm}$ に対しては $B = 45\text{cm}$ 付近から押抜きせん断に移行しているのが認められる。

図-5は、破壊荷重に対する縁端距離の影響を示したものである。縦軸は破壊荷重 P_{test} 、横軸には自由縁から荷重中心までの縁端距離 e と部材幅 B との比 e/B をとり示した。部材厚 20cm 、 15cm とともに自由縁の影響による耐力低下があることが認められる。ただし、 $h_o = 20\text{cm}$ 、 15cm の供試体では荷重位置が中心から自由縁に向かってわずかにずれてもすぐ耐力の低下が急激に発生しているのに対して、 $h_o = 10\text{cm}$ 、 5cm の供試体では、荷重位置の移動による耐力低下は見られるが、 $h_o = 20\text{cm}$ 、 15cm ほど急激ではない。このことから h_o が小さいほど自由縁が破壊荷重に影響を及ぼす範囲が狭くなっていると考えられる。

4. まとめ

本研究は、RC部材の引抜きせん断などの局部せん断破壊における基本性状を明らかにするため、RC部材の厚さ中間部荷

(埋込み荷) 実験を行い、実験的に検討を行ったものである。得られた主な結果を列挙すれば次の通りである。

- 1) 表面荷、埋込み荷とも部材幅がある限界値以下では、せん断耐力が部材幅に比例し、はり型せん断破壊となる性状が示された。
- 2) 部材幅が上記限界値を越えるときには、過渡的領域を経て押抜きせん断破壊へと移行する性状が示された。
- 3) 同じ h_o に対しても h_o/h の破壊荷重への影響は、部材幅が狭いほど大きく、部材幅ある程度大きくなるとその影響はほとんどなくなる性状が示された。
- 4) 埋込み荷の場合にも荷重位置が自由縁に近付けば耐力低下が生ずる性状が示された。

参考文献

- 1) 土木学会 昭和61年制定コンクリート標準示方書(設計編)
- 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, 1987, pp.597-602

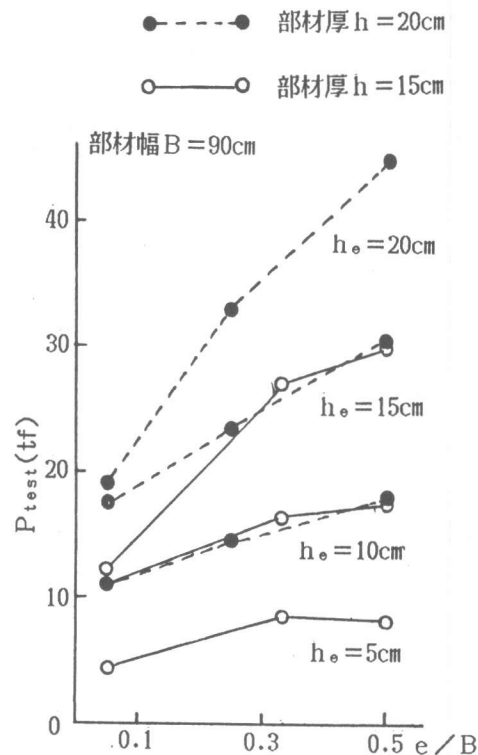


図-5 破壊荷重に対する自由縁の影響