

V-2 R C面部材の引抜きせん断強度に関する基礎実験

北海学園大学 正員 高橋 義裕

北海道大学 正員 角田 与史雄

1. はじめに

鉄筋コンクリート(RC)スラブ、フラットスラブ、フーチングなどの面部材のせん断設計では、はりや柱などの棒部材における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。土木学会昭和61年制定「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押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押抜きせん断に準じて行う”，としている。特に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。このような各種の問題については、現在のところケーススタディに依存せざるを得ないが、共通的な法則性を見いだしておくことができれば便利である。本論文は、これらの問題について引抜きせん断を部材内部に埋め込んだ載荷板を通しての押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)を変数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 $l=70$ cmは一定とし、部材厚 $h=15$ cm, 20 cmの二種類とし、供試体幅 B は 15 cm~ 90 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 6 cm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。実験は、材令 7 日で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 $B=90\text{cm}$ 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、引抜きせん断を押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。

3. 実験結果および考察

各供試体の破壊荷重 P_{test} を表-1に示す。ただし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 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載荷の場合、部材幅 B が小さい供試体では、はり型せん断破壊を示したが、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

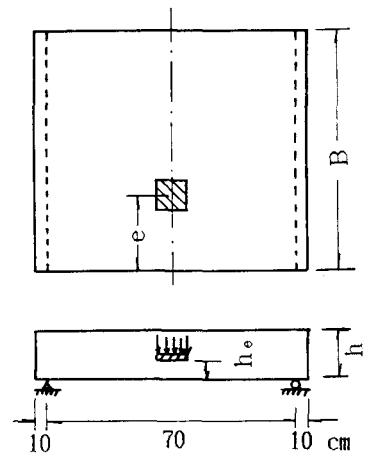


図-1

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。表面載荷、埋込み載荷の両者において、破壊荷重 P_{test} が供試体幅 B にほぼ比例している領域が存在している。これは、はり型せん断破壊の特徴である。部材厚15cm、20cmの両者において、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破壊荷重 P_{test} に対する影響を調べたものである。縦軸には部材厚15cmにおける埋込み載荷時の破壊荷重 P_{test15} に対する部材厚20cmにおける埋込み載荷時の破壊荷重 P_{test20} との比 P_{test20}/P_{test15} を、横軸には部材幅 B をとり示したものである。部材幅 B がある程度大きくなると両者にはそれほど大きな差は見られないが、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、曲げ引張り応力が支配的と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 B 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面に大きく影響されることになり、 h_e が同一であればその臨界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。

著者らは¹⁾、破壊荷重が部材幅にほぼ比例する領域に対しては通常のはり型せん断耐力 V_0 に $\propto h_e$ 。

表-1

No.	B (cm)	h (cm)	e (cm)	h_e (cm)	P_{test} (tf)	No.	B (cm)	h (cm)	e (cm)	h_e (cm)	P_{test} (tf)
1	15	15	7.5	15	5.7	30	15	20	7.5	20	12.5
2	15	15	7.5	10	4.8	31	15	20	7.5	15	10.6
3	15	15	7.5	5	2.7	32	15	20	7.5	10	7.4
4	30	15	15.0	15	12.4	33	30	20	15.0	20	21.0
5	30	15	15.0	10	8.0	34	30	20	15.0	15	13.2
6	30	15	15.0	5	5.4	35	30	20	15.0	10	12.1
7	45	15	22.5	15	16.7	36	45	20	22.5	20	34.1
8	45	15	22.5	10	12.7	37	45	20	22.5	15	22.3
9	45	15	22.5	5	5.8	38	45	20	22.5	10	18.0
10	60	15	30.0	15	23.8	39	60	20	30.0	20	41.9
11	60	15	30.0	10	13.2	40	60	20	30.0	15	25.5
						41	60	20	30.0	10	18.0
12	75	15	37.5	15	25.4	42	75	20	37.5	20	38.2
13	75	15	37.5	10	14.8	43	75	20	37.5	15	28.6
14	75	15	37.5	5	7.6	44	75	20	37.5	10	15.4
15	75	15	18.75	15	23.7	45	75	20	18.75	20	37.0
16	75	15	18.75	10	10.8	46	75	20	18.75	15	25.6
17	75	15	18.75	5	8.0	47	75	20	18.75	10	17.0
18	75	15	5.0	15	22.4	48	75	20	5.0	20	18.1
19	75	15	5.0	10	10.7	49	75	20	5.0	15	15.8
20	75	15	5.0	5	5.9	50	75	20	5.0	10	12.6
21	90	15	45.0	15	29.5	51	90	20	45.0	20	45.3
22	90	15	45.0	10	17.5	52	90	20	45.0	15	30.3
23	90	15	45.0	5	7.9	53	90	20	45.0	10	18.4
24	90	15	30.0	15	27.2	54	90	20	22.5	20	32.7
25	90	15	30.0	10	16.3	55	90	20	22.5	15	23.3
26	90	15	30.0	5	8.6	56	90	20	22.5	10	14.6
27	90	15	5.0	15	12.0	59	90	20	5.0	20	19.2
28	90	15	5.0	10	11.6	60	90	20	5.0	15	17.6
29	90	15	5.0	5	3.9	61	90	20	5.0	10	11.6

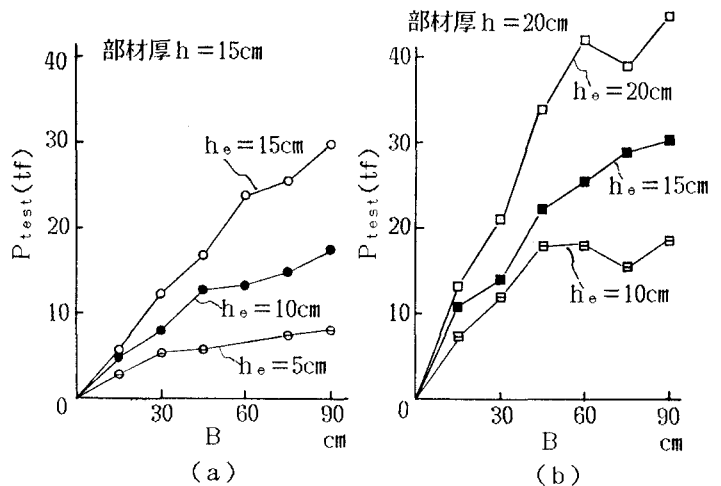


図-2

α/h (ここで $\alpha=1+0.45(1-h_e/h)$) を乗じたせん断耐力 V で評価できることを示した。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れる。しかし、部材幅 B の増加により直ちにはり型せん断破壊から押抜きせん断破壊へ移行するのではなく、ある過渡的な領域が存在することを意味している。そこで、これらのデータに対して、自由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、著者らの提案式²⁾

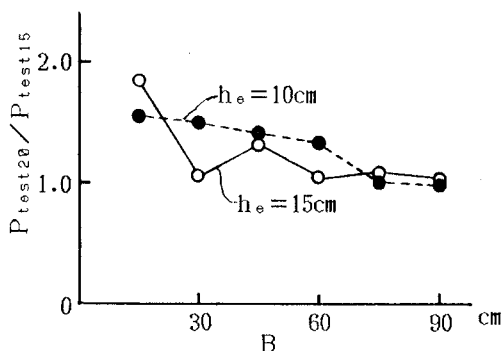


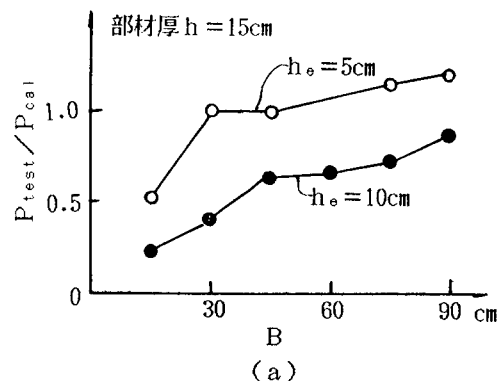
図-3

$$P_{cal} = 0.674 (b_0 + 3\pi d) d \sqrt{f'_c} (1 + 0.5 \frac{p f_y}{\sqrt{f'_c}}) / (1 + \frac{d}{20cm}) \quad (1)$$

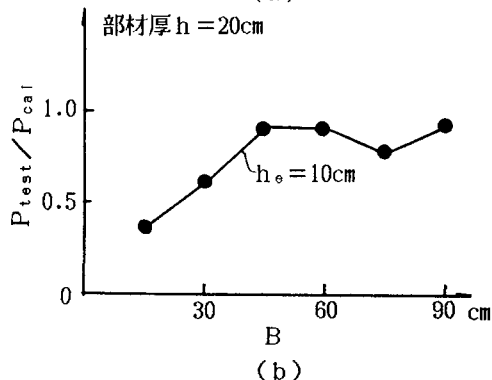
ここで d = 荷重載荷面より下での有効高さ, $p = A_s/Bd$, b_0 = 荷重周長 (ここでは40cm), f'_c = コンクリートの圧縮強度 (ここでは300kgf/cm²), f_y = 鉄筋の降伏強度, $p f_y / \sqrt{f'_c} > 3.33$ のときは $p f_y / \sqrt{f'_c} = 3.33$

を用いて検討してみる。図-4 (a), (b) は、それぞれ部材厚 $h=15cm$, $20cm$ における $h_e=10cm$, $5cm$ に関し、実験で得られた P_{test} の (1) 式による計算値 P_{cal} に対する比 P_{test}/P_{cal} を縦軸に、部材幅 B を横軸と示したものである。これらの図から部材厚 $h=15cm$ の部材においては、 $h_e=5cm$ に対しては $B=30cm$ から、 $h_e=10cm$ の部材に対しては $B=45cm$ 付近より、又部材厚 $h=20cm$ の部材においては $h_e=10cm$ に対しては $B=45cm$ 付近から押抜きせん断に移行しているのが分かる。

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。図-5 (a) は部材幅 $B=75cm$, 図-5 (b) は部材幅 $B=90cm$ に対するものである。図-5 (a) より、部材厚 $15cm$ の場合には、荷重が自由縁に近付いてもそれほど大きな耐力の低下が見られないが部材厚 $20cm$ においては自由縁の影響がかなりみられる。また図-5 (b) より、部材厚 $20cm$, $15cm$ と自由縁の影響による耐力低下があることが分かる。



(a)



(b)

図-4

ただし、 $h_e=20\text{cm}$ 、 15cm の供試体では載荷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、 $h_e=10\text{cm}$ 、 5cm の供試体では、載荷位置の移動による耐力低下は見られるが $h_e=20\text{cm}$ 、 15cm ほど急激ではない。このことから h_e 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、埋込み載荷実験を行い、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) 表面載荷、埋込み載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するはり型せん断破壊である。
- 2) 部材幅が上記限界値を越えるときには、過渡的領域をへて押抜きせん断破壊へと移行していく。
- 3) 同じ h_e に対しても h_e/h の破壊荷重への影響は、部材幅が狭いほど大きく、部材幅がある程度大きくなるとその影響はほとんどない。
- 4) 埋込み載荷の場合にも載荷位置が自由縁に近付ければ耐力低下が起きる。

参考文献

- 1) 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
- 2) 角田，井藤，藤田：鉄筋コンクリートスラブの押抜きせん断耐力に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第226号，1974，9，pp.105-115

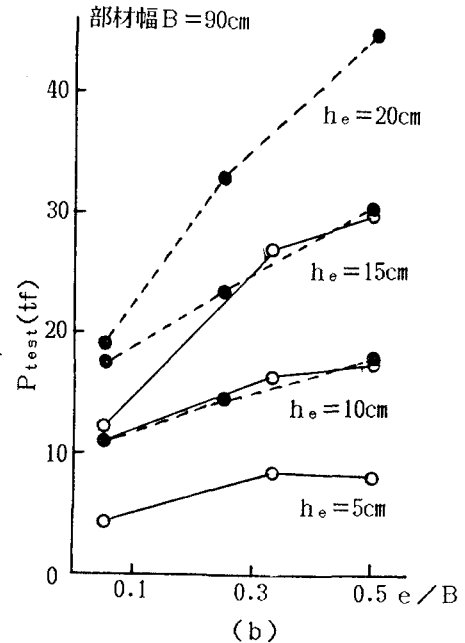
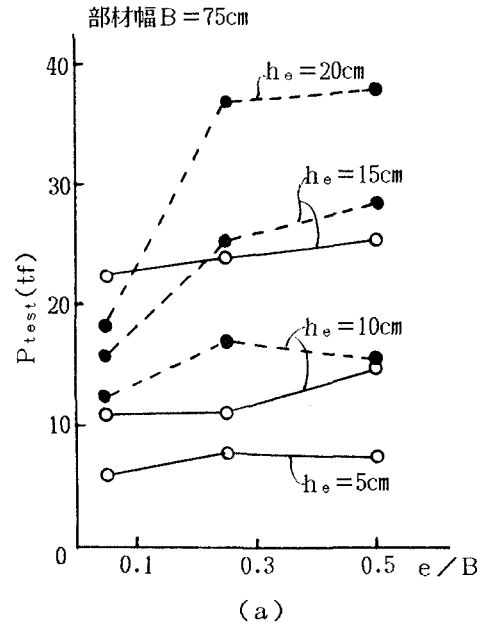


図-5