

V-15 R C 面部材の埋込み載荷に対するせん断強度について

北海学園大学 正員 高橋 義裕
 北海道大学 正員 角田 史雄
 北海道大学 木村 勉

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材のせん断挙動は、鉄筋コンクリートの基本的概念を形成しており、ひびわれや破壊状態が鉄筋コンクリートとして独特の挙動を示す。従って現在まで多くの内外の研究者により様々な角度からの研究が進められその研究成果は示方書、設計基準等に反映されつつある。しかし、鉄筋コンクリート部材のせん断挙動は、部材の形状と寸法、鉄筋量、コンクリート強度等の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、鉄筋コンクリートスラブや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と同様に部材幅全長にわたって破壊が生ずるはり型せん断と、荷重直下のコンクリートが局部的に破壊する押抜きせん断破壊の両者について検討が行われている。また、フーチングの内部に定着力をもつ引抜きせん断破壊では、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、鉄筋コンクリートスラブやフーチングなどの面部材におけるせん断強度について、片持スラブ形式の供試体を用いて載荷実験を行い、その実験結果を考察したものである。

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RCスラブで、荷重はトーナメント方式により載荷し、力学的には片持スラブ状態になるようにした。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。スラブ幅 $B=100\text{cm}$ およびスラブ厚 $h=15\text{cm}$ は一定とし、部材長 l は、40cm, 35cm, 30cmと変化させた。

使用鉄筋は、SD35のD10とD13を使用し、両方向にそれぞれ6cm間隔、10cm間隔で上下二段に配筋した。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は 300kgf/cm^2 とした。

荷重は、 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ の正方形鋼板(厚さ32mm)を介し作用させた。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($h_e = h = 15\text{cm}$, 表面載荷と呼ぶ)のみでなく、厚さの中間部に作用させる場合($h_e = h/3 = 5\text{cm}$ 及び $h_e = 2h/3 = 10\text{cm}$, 埋込み載荷と呼ぶ)についても実験を行った。厚さの中間部に荷重を作用させる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。

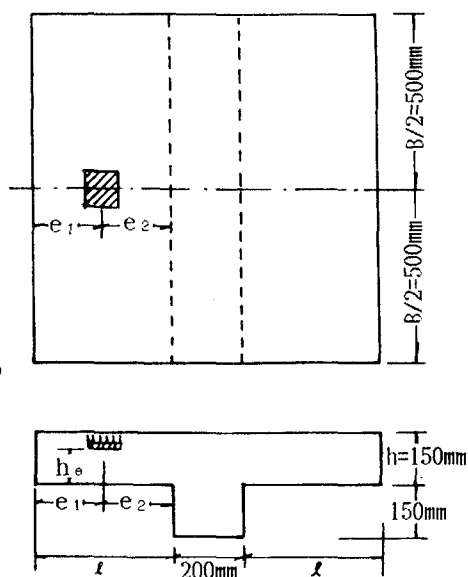


図-1

3. 実験結果及び考察

表-1

No.	e_1 cm	e_2 cm	h_e cm	配筋	P'_{test} tf	P'_{test} tf
01	10	30	15	D10,6cm	16.6	17.2
02	10	30	10	ビッド	14.1	13.0
03	10	30	5		9.2	8.5
04	15	25	15	D10,6cm	17.9	17.7
05	15	25	10	ビッド	12.4	11.9
06	15	25	5		6.8	6.5
07	20	20	15	D10,6cm	30.9	29.5
08	20	20	10	ビッド	14.2	13.4
09	20	20	5		6.7	6.3
10	10	25	15	D10,6cm	20.2	19.3
11	10	25	10	ビッド	12.6	11.8
12	10	25	5		9.1	8.5
13	10	20	15	D10,6cm	27.2	26.3
14	10	20	10	ビッド	15.5	15.7
15	10	20	5		8.9	8.0
16	20	20	15	D13,6cm	28.8	27.7
17	20	20	10	ビッド	14.7	14.2
18	20	20	5		7.6	7.4
19	20	20	15	D10,10cm	17.7	18.4
20	20	20	10	ビッド	14.8	13.6
21	20	20	5		6.9	6.4

各供試体の破壊荷重 P'_{test} を表-1 に示す。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} をコンクリート強度 $300\text{kgf}/\text{cm}^2$ に換算した値である。供試体はすべてせん断破壊した。

図-2 は、部材長 $l=40\text{cm}$ 一定とし、各 h_e に対する荷重位置と破壊荷重 P'_{test} との関係を示したものである。表面荷重において、 e_1 (張出し長) が 15cm まで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 P'_{test} の値の約 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、荷重面から下の部分のコンクリートが押抜かれる形での破壊を示した。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った。

図-3 は、部材長 $l=40\text{cm}$ 一定で、各荷重位置における埋込み位置パラメータ h_e の破壊荷重 P'_{test} への影響を示したものである。同図より、破壊荷重 P'_{test} は、各荷重位置においてほぼ直線的に増加している。このことは、破壊荷重 P'_{test} は埋込み位置を与えるパラメータ h_e にほぼ比例していることを示している。しかし、図-3 (c) における $h_e=15\text{cm}$ においては、破壊荷重 P'_{test} の増加割合は急激になっており、その応力状態が変化していることがわかる。

図-4 は、 e_2 (せん断スパンと呼ぶ) を一定とし、張出し長 e_1 の破壊荷重 P'_{test} への影響を調べたもの

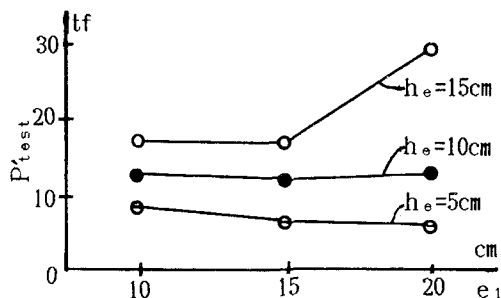
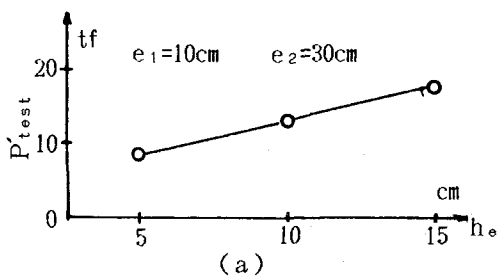
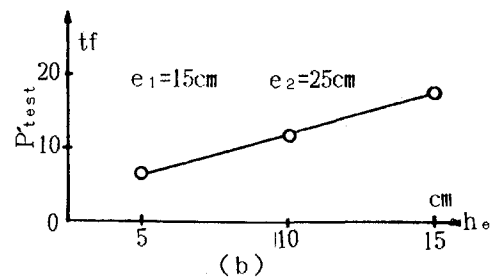


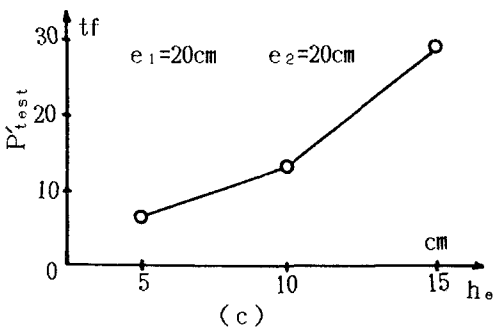
図-2



(a)



(b)



(c)

図-3

である。図-4 (a) は、せん断スパン $e_2=20\text{cm}$ ，
 図-4 (b) は、せん断スパン $e_2=25\text{cm}$ とした場合
 である。図-4 (a) より表面載荷において、張出し
 長 e_1 の破壊荷重 P'_{test} への影響は若干見られるが、
 全体的に見て、張出し長 e_1 の破壊荷重 P'_{test} への影
 響は、それほど見られない。また、図-4 (b) の場
 合も $h_e=5\text{cm}$ の場合張出し長 e_1 の増加に伴いその破
 壊荷重 P'_{test} は、若干下降傾向になっているが、全体的
 に見て張出し長 e_1 の破壊荷重 P'_{test} への影響はそ
 れほど見られない。

図-5 は、表面載荷 $h_e=15\text{cm}$ 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、せん断スパン比の小さい領域で
 は、その破壊荷重 P'_{test} はかなり増大することが認め
 られた。このことは、図-3 (c) の $h_e=15\text{cm}$ にお
 ける破壊荷重 P'_{test} の増加にも対応しており、この領
 域では、はり型せん断破壊をしているものと思われる。

図-6 は、 $e_1=e_2=20\text{cm}$ について、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
 埋込み載荷に関しては、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
 載荷 $h_e=15\text{cm}$ については、鉄筋比 p の低い領域で破
 壊荷重 P'_{test} に大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。

以上の結果より、本実験の範囲においてはその破壊
 荷重が埋込み位置のパラメータ h_e とほぼ直線関係が
 見られるので、その基本式として押抜きせん断耐力の
 式²⁾を用い、 h_e/h による補正項 α を乗ずること
 によりその破壊荷重を求める式を求める。すなわち

$$V = \alpha \beta_d \beta_p \beta_r \sqrt{f'_c} u_p d \quad (1)$$

$$\beta_d = \sqrt[3]{100/d} \quad (d : \text{cm})$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100p} \quad (p : \text{鉄筋比})$$

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

$$u = \text{載荷周長}, d = \text{有効高}$$

$$f'_c = \text{コンクリートの圧縮強度}$$

$$u_p = \text{載荷面から } d/2 \text{ 離れた位置での断面周長}$$

とおく。図-3 の実験結果を直線近似すれば係数 α は
 ほぼ次式で表すことができる。

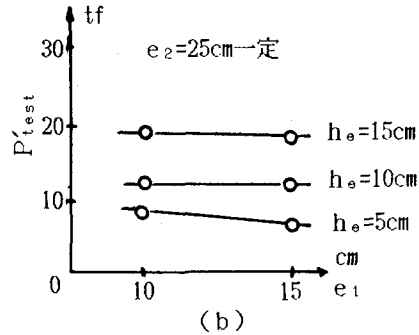
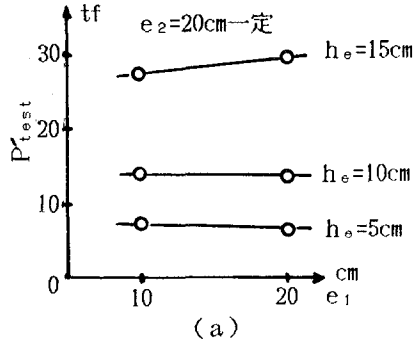


図-4

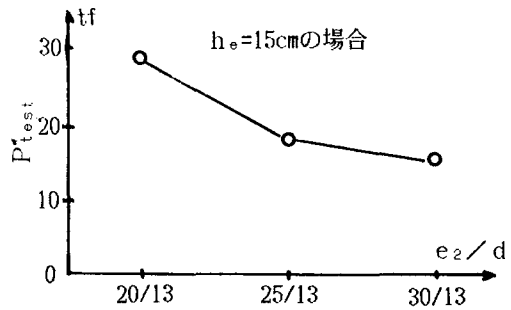


図-5

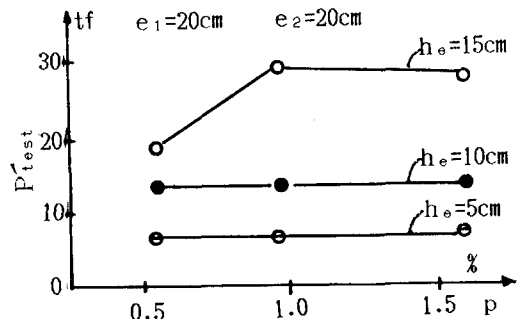


図-6

$$\alpha = 0.68 - 0.32 h_o / h$$

(2)

(1) 式より求めた計算耐力 V_{cal} と破壊荷重 P'_{test} との比 P'_{test} / V_{cal} を表-2に示す。一部の表面載荷においては、若干のばらつきが見られ明確なことは言いがたいが、 h_o / h をパラメータにとることにより、埋込み載荷の場合についてもその破壊荷重がある程度推定できることが分かった。

図-7は、No. 01、No. 02とNo. 03の各供試体の破壊されたコンクリートを取り去った後の破壊面の形状を示したものである。破壊面の形状は押抜きせん断破壊に近似している。

表-2

No.	P_{test} / V_{cal}	No.	P_{test} / V_{cal}
01	1.03	13	1.57
02	0.99	14	1.19
03	1.20	15	1.30
04	1.05	16	1.66
05	0.91	17	1.08
06	0.94	18	1.07
07	1.76	19	1.10
08	1.02	20	1.04
09	0.91	21	0.93
10	1.15		
11	0.90		
12	1.23		

4. まとめ

本研究は、RC面部材の埋込み載荷に対するせん断強度について片持スラブ形式の供試体を用いて、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) 部材長一定・埋込み深さ一定の載荷状態においては、その破壊荷重は載荷位置（平面的位置）によらずほぼ一定値を示した。しかし、一部の表面載荷試験においては、荷重が支点付近に近づくにつれ増加する傾向がみられた。

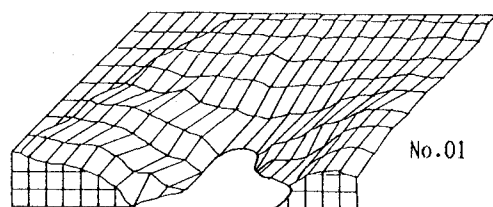
2) 張出し長、鉄筋比の破壊荷重への影響はそれほど見られなかった。

3) 載荷板の埋込み深さとその破壊荷重との間には、ほぼ直線関係が認められたので、慣用の押抜きせん断耐力式に h_o / h をパラメータにとる直線式を乗ずることにより、破壊荷重はある程度推定できる。

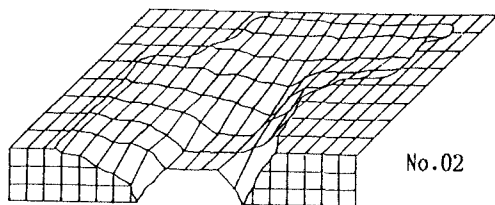
4) 破壊されたコンクリートを取り除いた破壊面はスラブ等にみられる押抜きせん断破壊に近似していた。

参考文献

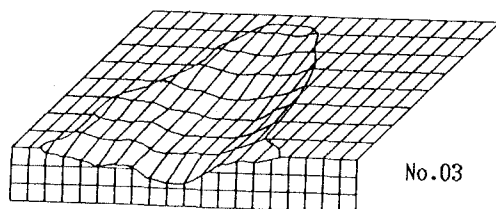
- 1) 前田 弘：送電用鉄塔基礎としての四本杭に支持されたRCスラブの設計法に関する研究，土木学会論文集，第360号/V-3，pp.105-110,1985,8
- 2) 昭和61年度制定 コンクリート標準示方書（設計編），土木学会，1986



(a)



(b)



(c)

図-7