

V-70 鉄筋コンクリートスラブの押抜きせん断破壊に関する実験および考察

九州大学 エ学部

正 員 石川達夫

〃 〃

学生員 〇平田登基男

三井共同建設コンサルタント 正 員 太田正彦

1.はじめに 集中荷重を受けるコンクリートスラブや基礎のフーチングはその破壊形式において、曲げモーメントによる破壊の場合と斜引張力による破壊(これをパンチングシア破壊とよんでいる)による場合とがある。前者はかなり広く研究され、理論的にも明らかにされて来ている⁽¹⁾。しかし後者の場合はその破壊が急激におこるため予測が困難であり、また理論的計算法もまだ完成していない現情である。筆者等はパンチングシア破壊の性状を究明すべく大型模型コンクリートスラブについて載荷実験を行なったのでここに報告する。

2.コンクリート配合および供試体 供試体は図-1に示すごとく、70×70 cmの正方形二方向鉄筋および無筋コンクリートスラブで、その周囲に補強ばりを設け両者は一体にコンクリート打設してある。周辺補強ばりの高さは30 cm、10 cmとの2種類とし、周辺剛度の違いが破壊強度に及ぼす影響を調べた。スラブの主鉄筋はφ6 mmを格子状に配置し、ピッチ間隔を3, 5, 7, 10 cmと変化させた。使用した供試体は全部で17個でそのうち12個に普通コンクリートを用い、残りの5個に造粒型人工軽量骨材使用の軽量コンクリートを用いた。普通コンクリートスラブは6個ずつ2回に分けて打設され、これらをC_r1~6, C_l1~6と記号であらわし、軽量コンクリートスラブ5個は、L1~5であらわすことにする。供試体C_r3には主鉄筋のほかに計算上の中立面にφ6 mmの鉄筋を5 cmピッチで格子状に配置した。供試体C_r5, 6にはφ6 mmの曲上げ鉄筋を図-2のように配置した。供試体打設に使用したコンクリートの示方配合を表-1に、強度試験結果を表-2に示す。

3.実験方法 集中荷重の載荷板として図-1に示したように7×7 cmの立方体のコンクリートブロックを使用し、供試体C_r3, 4は偏に載荷、残り全部の供試体はスラブ中央に載荷した。実験はコンクリート打設後30日前後で油圧ジャッキにより載荷試験を行なった。

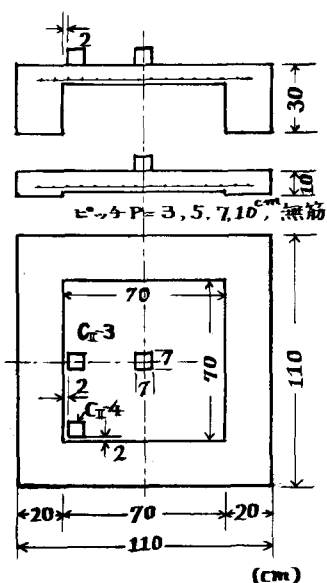


図-1 供試体寸法図

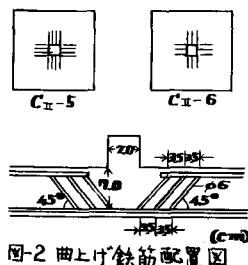


図-2 曲上げ鉄筋配置図

表-1 コンクリートの配合

コンクリートの種類	水セメント比 w/c (%)	空気量 (%)	細骨材率 5分目法 (%)	骨材の最大寸法 (mm)	単位量 (kg/m ³)					打設時のスランプ ^o (cm)	
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	ガング M		
C _r C _l	56	4	43.3	20	177	316	781	1165	0.126	7.5 (C _r)	11.9 (C _l)
L	50	4	47.8	15	172	344	846	467	0.103	19.8	

4.結果および考察 供試体はすべてパン

表-2 コンクリートの強度試験結果

供試体の種類	圧縮強度(MPa)			引張強度(MPa)			弾性係数(MPa)	
	σ_c	σ_{c28}	$\sigma_{c試験}$	σ_{t1}	σ_{t28}	$\sigma_{t試験}$	E_{28} ($\times 10^4$)	$E_{試験}$ ($\times 10^4$)
C-1	190	—	202	144	—	22.0	—	2.05
C-2	162	226	240	110	198	223	1.97	2.08
L-1	136	199	202	106	144	15.4	1.40	1.41

その破壊は生じた。そしてこの曲げモーメントによるキレツがかなり大きくなってもなお荷重に耐え、最終的にパンチングシアでこわれたことは曲げ付加抵抗モーメントとして周辺補強ばりの水平方向に対する抵抗により、いわゆるアーチ効果なるものが働いていると考えられる。よって筆者等は表-3に示すように実験による破壊荷重とMoeの提案した計算式⁽³⁾でアーチ効果を考慮した場合とそうでない場合との計算による破壊荷重を求めて比較検討した。

また表-4に示すように中央点載

表-3 Moeの算定式を用いた理論値と実測値との比較

スラブ番号	有効高 (in)	鉄筋比 P (%)	破壊荷重 P_{test} (lb)	終局曲げ荷重 P_{flex} (lb)	アーチ効果を考慮した 終局曲げ荷重 P_{flex} (lb)	P_{test} P_{shear}	P_{test} (P_{shear})
C-1	1.93	1.16	14969	13510	16480	1.413	1.265
C-2	2.22	1.01	19356	15600	19460	1.573	1.400
C-3	2.09	1.07	17416	14720	18280	1.500	1.338
C-4	1.97	1.89	16094	21250	21840	1.331	1.243
C-5	1.93	0.58	18960	7150	13680	2.295	1.694
C-1	2.87	0.55	25485	15220	34580	1.621	1.196
C-2	2.91	0.55	25265	15640	33620	1.575	1.180
C-3	2.76	0.58	31349	14720	—	2.075	—
C-4	2.91	0.55	41182	15640	—	2.566	—
C-5	2.91	0.55	30423	15640	—	1.896	—
C-6	2.91	0.55	30159	15640	—	1.880	—
L-1	2.13	1.05	17990	15020	17990	1.519	1.366
L-2	1.85	1.20	16579	12810	15190	1.647	1.485
L-3	1.89	1.18	14903	13170	15550	1.443	1.303
L-4	2.99	0.53	23589	16820	30790	1.482	1.175

(C-6, L-5は無筋の為省く)

考慮にいれない場合のセン断荷重 P_{shear} 、考慮にいれた場合のセン断荷重(P_{shear})を求めて破壊荷重 P_{test} との比、 P_{test}/P_{shear} と $P_{test}/(P_{shear})$ の値とを一緒に示す。この表において有効高さは実測値である。アーチ効果を考慮しない場合は P_{test}/P_{shear} の比が1.3~2.3となり周辺補強ばりのあるスラブに対してはMoeの式はあまりに安全側をとりすぎるので利用には適当でない。しかしアーチ効果を考慮すると $P_{test}/(P_{shear})$ の比が1.2~1.7となりかなり一致してくる。またスラブ厚が7cmのもの(C-1, 2, L-4)に対する精度とスラブ厚が5cmのもの(上のものをのぞく他全部)に対する精度では、前者の方がよく1.18~1.20で非常に一致してくる。したがってスラブ厚が大きくなると精度が良くなっていく傾向があるといえよう。表-4において周辺補強ばりの剛度の違いによる破壊荷重の変化を見てみると周辺剛度の大きいほどスラブの破壊荷重は増加するといえよう。またC-3のスラブには中立軸にセン断補強を目的とした格子状の鉄筋を配していたがその効果はほとんどみられない。

5.むすび 以上のことを要

約するとつぎようになる。

・スラブのせん断破壊開口部形状はほぼ円形となる。

・曲上げ鉄筋はかなりのせん断補強効果を示すので静的な集中荷重が作用する個所には有効な補強方法といえよう。

・軽量コンクリートスラブと普通コンクリートスラブの間にはコンクリートの強度を考慮すると破壊荷重にはあまり差異はないと思われる。

・周辺補強ばりの剛度が大きいほどスラブの破壊荷重は増加する。

・周辺補強ばりのあるスラブに対してはアーチ力を考慮すると、Moeの式より算定した(P_{shear})の値は P_{test} の値にかなり一致してくる。この傾向はこの実験結果よりみれば板厚が大きくなるほど精度がよくなるようである。

表-4 スラブの諸元および試験結果

供試体 番号	スラブ寸法諸元					コンクリートの性質			破壊荷重			開口部形状	
	スラブ厚 (cm)	スラブ幅 (cm)	周辺補強 はり長さ (cm)	鉄筋間隔 (cm)	備考	圧縮強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	弾性係数 (kg/cm ²)	P_{test} (kg)	最大直径 (cm)	最小直径 (cm)	最大直径 (cm)	最小直径 (cm)
G-1	5	65	10	5		202	22.0	2.05×10^5	6790	48	40		
G-2	5	72	30	5					8780	50	40		
G-3	5	69	30	5	偏心配筋				7900	40	40		
G-4	5	68	30	3					7300	45	40		
G-5	5	65	30	10					8660	50	45		
G-6	5	66	30	無筋					6500	50	35		
G-1	7	92	30	7		240	15.7	2.08×10^5	11560	45	35		
G-2	7	90	30	7					11460	45	45		
G-3	7	86	30	7	偏心配筋				14220				
G-4	7	90	30	7	偏心配筋				18680				
G-5	7	90	30	7	偏心配筋				13800	60	60		
G-6	7	90	30	7	偏心配筋				13680	50	50		
L-1	5	70	30	5		202	15.4	1.41×10^5	8160	55	45		
L-2	5	66	30	5					7520	55	45		
L-3	5	64	30	5					6760	50	40		
L-4	7	92	30	7					10700	50	45		
L-5	7	91	30	無筋					8220	70	45		

参考文献

- (1) たびは Johansen, K.W., "Yield-Line Theory", English translation published by Cement and Concrete Association, London, England, 1962
- (2) Christiansen, K.P., "The Effect of Membrane Stresses on the Ultimate Strength of the interior Panel in a Reinforced Concrete Slab" [The structural Engineer Aug. 1963]
- (3) Moe, J., "Shearing Strength of Reinforced Concrete Slabs and Footing under Concentrated load." P.C.A., Research and Development Laboratories April 1961