

論文

[2023] PCスラブの押抜きせん断耐力に関する実験的研究

正会員 ○末弘 保 (JR東日本 東北工事事務所)
 正会員 石橋忠良 (JR東日本 東北工事事務所)
 正会員 佐藤春雄 (JR東日本 建設工 事 部)
 正会員 大庭光商 (JR東日本 東北工事事務所)

1. はじめに

プレストレストコンクリート部材のせん断破壊機構は曲げ破壊と比べると非常に複雑であり、特にPCスラブの押抜きせん断に関しては未だ不明な点が多いのが実情である。

昨年、PCスラブ供試体の押抜きせん断破壊実験を行い、その破壊状況ならびに破壊耐力について報告した¹⁾。今回は、昨年のPCスラブと同一形状のRCスラブの押抜きせん断破壊実験を行ったので、これらを合わせてPCスラブの押抜きせん断耐力に対するプレストレスの影響について検討したので報告する。

2. 実験概要

供試体は図-1に示すような形状の12体を用いた。それぞれの形状寸法、鉄筋配置、プレストレス等を表-1に示す。何れも正方形で、鉄筋量・プレストレスはスパン2方向で同じとした等方性スラブである。プレストレスはコンクリートの軸方向圧縮応力度が表-1に示す値となる緊張力を後述のPC鋼材に与えることによって導入した。なお、プレストレス0とはRCスラブのことである。

供試体に使用したコンクリートの配合を表-2に示す。セメントはいずれも早強ポルトランドセメントを用いた。

PC鋼材は鋼棒B種SBPR95/120φ17mmを、鉄筋は熱間圧延異形棒鋼SD35を用いた。鋼材の材料特性は表-3に示す通りである。なお、PC鋼材は緊張後モルタルグラウトを注入した。

実験方法は図-2に示すようにPC鋼棒を供試体中央に貫通させ、反力ビームに定着したPC鋼棒をセンターホールジャッキで緊張

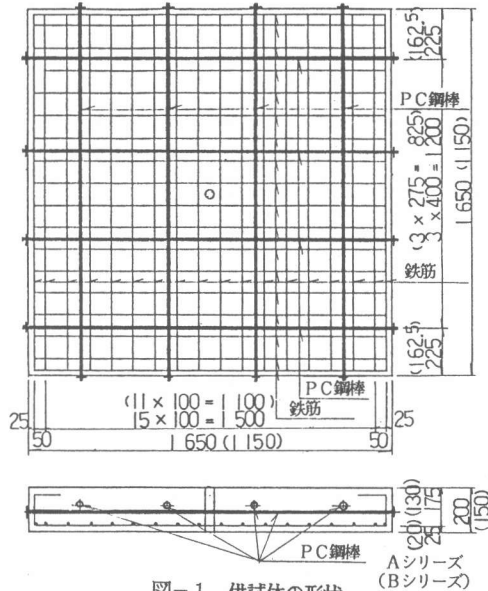


図-1 供試体の形状

表-1 供試体スラブの諸元

供試体	辺長 (cm×cm)	厚さh (cm)	スパンℓ (cm×cm)	有効高d (cm)	鉄筋径-間隔 (mm)	鉄筋比ρ (%)	カストリス (kg/cm)
A-1	165×165	20	150×150	16.2	D13-10.0	0.782	0
A-2	"	"	"	"	" - "	"	10
A-3	"	"	"	"	" - "	"	20
A-4	"	"	"	"	" - "	"	40
A-5	"	"	"	15.6	D19-10.0	1.837	0
A-6	"	"	"	"	" - "	"	10
A-7	"	"	"	"	" - "	"	20
A-8	"	"	"	"	" - "	"	40
B-1	115×115	15	100×100	12.0	D10-10.0	0.594	0
B-2	"	"	"	"	" - "	"	10
B-3	"	"	"	"	" - "	"	20
B-4	"	"	"	"	" - "	"	40

注1) 有効高さdは、2方向の鉄筋の平均値を用いて計算した。
 2) 鉄筋量とプレストレスは、2方向同じとした。

し、破壊に至るまで荷重を加え、破壊荷重及び破壊性状を測定した。荷重を伝える載荷板は、外

径10.0cm、内径 4.0cm、厚さ 4.5cmの鋼製円板とし、支点部は2方向とも感圧硬化ゴム板を敷いた上で、丸鋼棒をはさんだ単純支承とした。

3. 実験結果及び考察

(1) 最大荷重

実験で得られた最大荷重 P_{max} を表-4 に示す。供試体のコンクリート圧縮強度の影響を取り除くために、最大荷重 P_{max} は載荷時の圧縮強度 f_c の立方根に比例するとし、 P_{max} を式(1)によって f_c が 400 kg/cm^2 の場合に換算した値を破壊荷重 P'_{max} として表-4 に合わせて示す。また、 P'_{max} とプレストレスの関係を図-3 に示した。なお、プレストレスは設定値であり、以下同様である。

$$P'_{max} = (400 / f_c)^{1/3} P_{max} \quad (1)$$

(2) 押抜きせん断耐力に及ぼすプレストレスの影響

プレストレスの押抜きせん断耐力に与える影響をみるために、押抜きせん断耐力の増加割合として、破壊荷重 P'_{max} を同一形状のRCスラブの破壊耐力 V_{RC} (つまりプレストレス0の P'_{max}) で除したものを表-5 に示した。また図-4 にプロットで示した。

これによると、プレストレスの増加にともない押抜きせん断耐力も増加するが、プレストレスがある程度以上になると耐力は余り増加しなくなることが分かる。これは従来のPCばりのせん断耐力実験の結果^{2) 3)}と同様の傾向を示している。また、プレストレスが増加しても耐力が増加しなくなった時に P'_{max} / V_{RC} が示す一定の値は引張鉄筋量により異なり、鉄筋量が少ないほど

表-2 コンクリートの配合

供試体	粗骨材の最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)			
						W	C	G	S
Aシリーズ	25	8±2.5	4.5	35.5	36	152	428	1,146	611
Bシリーズ	20	8±2.5	2.0	34.8	36	147	421	1,104	641

表-3 鋼材の材料特性

規格	公称径 (mm)	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)
鉄筋	10	42.0	58.0	26
	13	41.0	59.0	25
	19	39.0	61.0	23
PC鋼棒	17	116.0	124.0	13

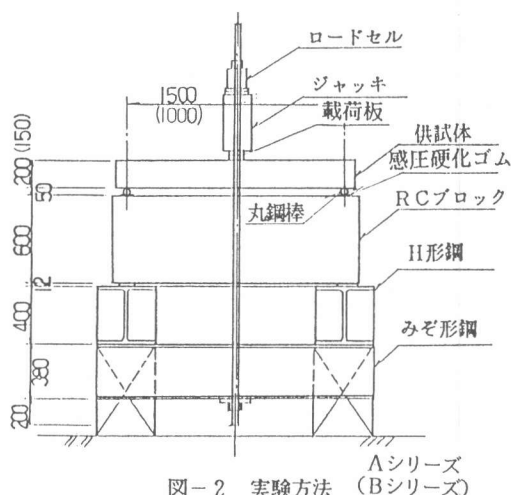


図-2 実験方法 (Aシリーズ、Bシリーズ)

表-4 実験結果

供試体	鉄筋比 p (%)	カストリス (kg/cm ²)	圧縮強度 f_c (kg/cm ²)	最大荷重 P_{max} (t)	破壊荷重 P'_{max} (t)
A-1	0.782	0	532	44.2	40.2
A-2	"	10	456	59.0	56.5
A-3	"	20	449	60.0	57.7
A-4	"	40	441	65.0	62.9
A-5	1.837	0	534	57.5	52.2
A-6	"	10	479	65.0	61.2
A-7	"	20	456	63.5	61.0
A-8	"	40	498	65.0	60.4
B-1	0.594	0	522	27.3	25.0
B-2	"	10	512	37.7	34.7
B-3	"	20	529	45.5	41.0
B-4	"	40	536	45.3	40.9

プレストレスによる耐力の増加割合が大きく、鉄筋量が多いほどプレストレスの効果が小さいことが分かる。

4. プレストレスの効果の評価式

押抜きせん断耐力に及ぼすプレストレスの影響を検討する。この場合、前項によりプレストレスと鉄筋量を影響因子として考えなければならないことが分かっている。

まずプレストレスの評価は、PCばりのせん断耐力に対するプレストレスの影響として、CEB/FIPモデルコード⁴⁾や土木学会コンクリート標準示方書⁵⁾に採用されているデコンプレッションモーメント M_0 を用いた M_0/M_u をパラメータとした。ここで M_0 及び M_u は、供試体が等方性スラブであるので荷重中心点におけるスパン2方向の平均値とした。

つぎに引張鉄筋量の評価は、引張鉄筋比の逆数 $1/p$ をパラメータとした。

表-5 プレストレスの影響

供試体	鉄筋比 p (%)	カスレス (kg/cm ²)	破壊荷重 P' _{max} (t)	RCスラブ耐力 V _{RC} (t)	P' _{max} /V _{RC}
A-1	0.782	0	40.2	40.2	1.00
A-2	"	10	56.5	"	1.41
A-3	"	20	57.7	"	1.44
A-4	"	40	62.9	"	1.57
A-5	1.837	0	52.2	52.2	1.00
A-6	"	10	61.2	"	1.17
A-7	"	20	61.0	"	1.17
A-8	"	40	60.4	"	1.16
B-1	0.524	0	25.0	25.0	1.00
B-2	"	10	34.7	"	1.39
B-3	"	20	41.0	"	1.64
B-4	"	40	40.9	"	1.64

これらのパラメータを用いて求めたプレストレスの効果の評価式が式(2)である。

$$\beta_n = 1 + 2 \frac{M_0}{M_u} \quad \text{----- (2)}$$

ただし、 $\beta_n \leq 1 + 0.35(1/p)^{1.2}$

ここに、 β_n :プレストレスの効果の係数

M_0 :荷重中心点の下縁において、プレストレスを打ち消すのに必要なスパン2方向の曲げモーメント(デコンプレッションモーメント)の平均値

M_u :荷重中心点におけるスパン2方向の曲げ破壊耐力の平均値

p:引張鉄筋比(%) [$p=100A_s/(b \cdot d)$]

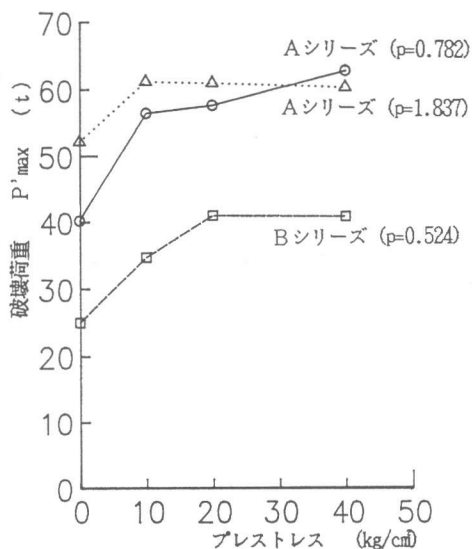


図-3 破壊荷重とプレストレス

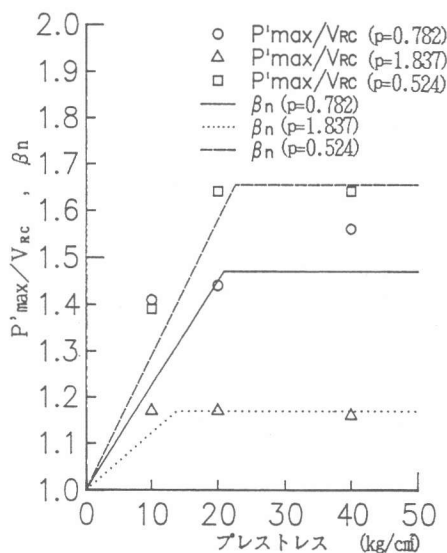


図-4 プレストレスの影響

表-6に今回の実験について式(2)により求めたプレストレスの効果 β_n をまとめた。また図-4に線で示した。今回の場合ではプレストレスの効果の実験値である P'_{max}/V_{rc} と計算値である β_n の比は図-5のようになり、平均値=1.038, 標準偏差 $\sigma=0.0488$, 変動係数 $Cv=4.70\%$ となった。ただし、プレストレス $10\text{kg}/\text{cm}^2$ ではやや誤差が大きかった。

5. まとめ

今回の等方性正方形PCスラブの押抜きせん断破壊実験及びその考察で、明らかになった点は次の通りである。

- (1) プレストレスが $10\sim 20\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下では、プレストレスの増加にともなって押抜きせん断耐力は増加する。
- (2) プレストレスが $10\sim 20\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上では、押抜きせん断耐力は一定値を示す。その値は引張鉄筋比が小さいほど大きい。
- (3) これらの耐力の増加割合について式(2)を提案した。

6. おわりに

今後は、適用範囲を拡大して検討していきたいと考えている。

表-6 押抜きせん断耐力に対するプレストレスの効果

供試体	鉄筋比 p (%)	プレストレス (kg/cm^2)	M_o (t m)	M_u (t m)	β_n
A-1	0.782	0	0.00	6.89	1.00
A-2	"	10	0.78	"	1.23
A-3	"	20	1.55	"	1.45
A-4	"	40	3.10	"	1.47
A-5	1.837	0	0.00	14.16	1.00
A-6	"	10	0.86	"	1.12
A-7	"	20	1.73	"	1.17
A-8	"	40	3.45	"	1.17
B-1	0.594	0	0.00	2.90	1.00
B-2	"	10	0.42	"	1.29
B-3	"	20	0.84	"	1.58
B-4	"	40	1.67	"	1.65

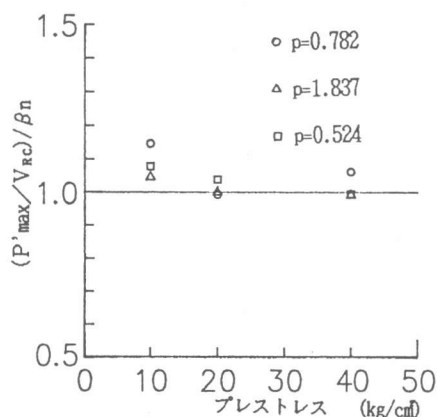


図-5 実験値と計算値の比較

<参考文献>

- 1) 石橋, 佐藤, 大庭: PCスラブの押抜きせん断耐力に関する実験的研究, 第10回コンクリート工学年次論文報告集, 1988
- 2) 山下, 石橋: PC部材のせん断耐力, 構造物設計資料 NO. 87, 1986
- 3) 佐藤, 山住, 渡辺: プレストレストコンクリートはりのせん断強度, 鉄道総研報告 Vol.2 NO. 8, 1988
- 4) Comite Euro-International de Beton: CEB-FIP Model Code for Concrete Structures, 1978
- 5) 土木学会: コンクリート標準示方書設計編, 1986