

V-5

プレストレスを受けるスラブの押抜きせん断耐力に関する研究

北海道大学工学部

浅沼 芳雄

北海道大学工学部

木村 勉

北海道大学工学部

正員

上田 多門

北海道大学工学部

正員

角田 興史雄

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非常に複雑であり、特にプレストレスを受けるスラブ（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¹⁾。そこで今回、プレストレスの異なるPC2方向スラブを2体、プレストレスを与えないスラブ（RCスラブ）を1体作り、それらの押抜きせん断破壊の状況ならびに破壊耐力を実験によって比較、検討したのでここに報告する。

2. 実験概要

2-1 供試体及び使用材料

実験には図-1に示すような形状の供試体を3体用いることにした。その形状寸法、鉄筋間隔、鉄筋比、プレストレス等を表1に示す。供試体の大きさは115cm×115cm×15cmであり、鉄筋は熱間圧延異形棒鋼のSD35（D16）を10cm間隔で配置した。また、コンクリートは早強ポルトランドセメントを用い、 $w/c=45\%$ 、 $s/a=45\%$ 、粗骨材の最大寸法を25mmとし、目標圧縮強度を39.2MPaとした。鉄筋量は2方向とも同じとした。また、表-1中で有効高dは2方向の平均値として計算した。PC鋼材は鋼棒C種1号SBPR110/125（径17mm）を用いた。鉄筋とPC鋼棒の力学的特性は表-2に示す通りである。

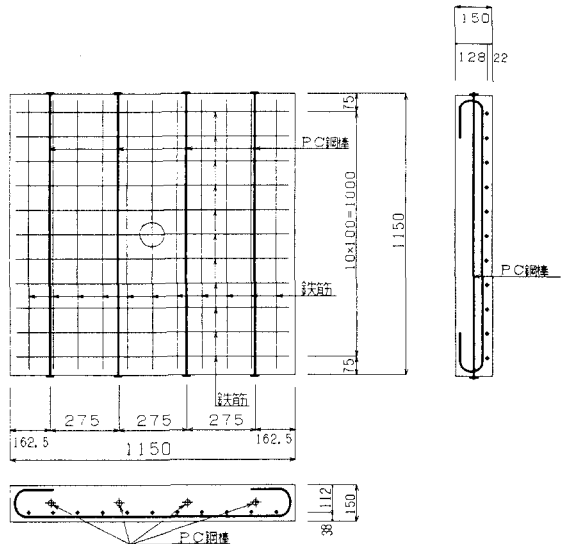


図-1 供試体配筋図

2-2 プレストレスの導入方法

PC鋼棒を供試体中央に貫通させ、反力板に定着したPC鋼棒をセンターホールジャッキで緊張することによって、ほぼ

表-1 供試体の諸元

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)-(cm)	鉄筋比p (%)	プレストレス (MPa)
A-1	115×115	15	100×100	12	D16-10.0	1.655	0
A-2	115×115	15	100×100	12	D16-10.0	1.655	0.98
A-3	115×115	15	100×100	12	D16-10.0	1.655	1.96

A Study on Punching Shear Strength of Prestressed Concrete Slabs,
by Yoshio ASANUMA, Tsutomu KIMURA, Tamon UEDA and Yoshio KAKUTA.

一様なプレストレスが供試体に得られるようにした。そのプレストレスは表-1に示す通りである。ただし、プレストレスは一方の軸方向にだけ加えることにした。どの供試体もPC鋼棒を緊張した後、グラウトを注入した。

表-2 鋼材の力学的特性

規格	公称直径 (mm)	公称断面積 (mm ²)	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	弾性係数 (MPa)
鉄筋	15.9	198.6	372.4	568.4	205800
PC鋼棒	17.0	227.0	1146.6	1293.6	186200

2-3 実験装置及び測定項目

実験はプレストレスを供試体に与えた後、アムスラー型試験機を用い、押抜きせん断破壊するまで荷重を加え、その破壊荷重を測定した。荷重を伝える載荷板は直径10cmの円形の鋼製円盤を用いた。支承は4辺単純支持とし、高さ30cm、幅30cm、長さ200cmのH型钢を土台とし、その上に4cm×95cmの丸鋼棒を支承として設置した。供試体と支承の間には5×95cmの鋼板を挟み、鋼板と支承の接合面には石膏を充填した。

ここに示す測定項目は以下の通りである。

- (1) スラブ下面のひびわれ性状
- (2) 破壊荷重及び破壊性状

表-3 実験結果

供試体	プレストレス (MPa)	圧縮強度 $f'c$ (MPa)	破壊荷重 P_{test} (kN)	補正破壊荷重 P'_{test} (kN)
A-1	0	49.5	333.2	296.9
A-2	0.98	50.3	362.6	320.5
A-3	1.96	49.1	372.4	333.2

3. 実験結果及び考察

3-1 補正破壊荷重 (P'_{test})

実験で得られたコンクリートの圧縮強度、破壊荷重その他を表-3に示す。ここで表-3中の補正破壊荷重 (P'_{test}) とはコンクリートの圧縮強度 $f'c$ のばらつきの影響を取り除くため、実際の破壊荷重 (P_{test}) に $(39.2/f'c)$ の平方根を乗ずることにより、 $f'c=39.2$ MPa の場合に換算した値である。換算式は以下の通りである。また、 P'_{test} とプレストレスのグラフを図-2に示す。

$$P'_{test} = (39.2 / f'c)^{1/2} \times P_{test}$$

3-2 スラブ下面のひびわれ状況

ひびわれはスラブの下面を見ることにより調べた。その各供試体のひびわれ図を図-2に示す。これを見るとプレストレスが0のスラブ (RCスラブ) では放射状ひびわれ、亀甲状ひびわれはともにプレストレス下図において→はプレストレスの方向を示す。

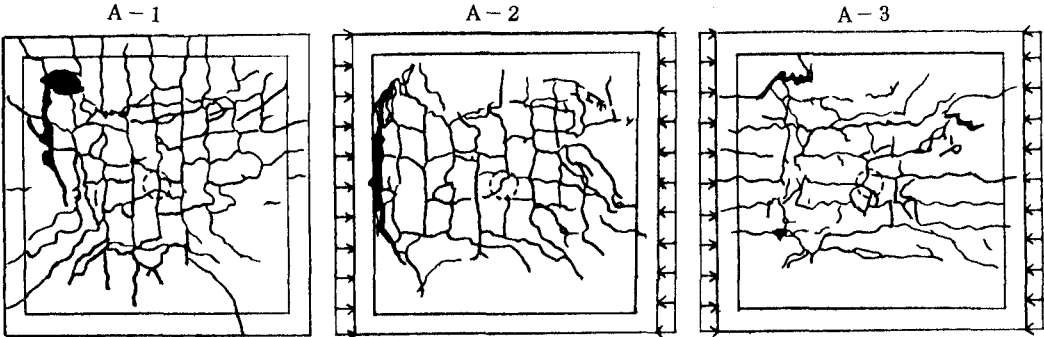


図-2 スラブ下面のひびわれ状況

がかかっている方向、かかっていない方向にかかわらずほぼ一様に発生しているのがわかる。しかし、プレストレスが0.98MPa、1.96MPaと大きくなるにつれて、プレストレスのかかっている軸方向と垂直な方向にのびるひびわれが消失している。これはプレストレスによって、プレストレスのかかっている軸方向の曲げひびわれ耐力が増加しているからだと思われる。

3-3 スラブの破壊状況

スラブの破壊はすべて押抜きせん断破壊であった。その破壊性状を比較してみると、プレストレスが0.98MPaのときにはプレストレスを加えた軸方向に破壊面がやや広がっていたが、プレストレスが1.96MPaのときにはプレストレスが0の時とあまり変化がなく、破壊面とプレストレスの関係は明確にはならなかった。

3-4 押抜きせん断耐力に及ぼすプレストレスの効果

図-3に示すようにプレストレスが増加するほど押抜きせん断耐力も増加し、プレストレスは押抜きせん断耐力を高める効果があるといえる。その増加する割合を評価するのに補正破壊荷重(P'test)をプレストレスが0のスラブ(RCスラブ)のP'testで除した値を用いることにした。その計算値を表-4に示す。またその値を図-4に示すように○の点で示した。

3-5 プレストレスの効果の理論式

プレストレスの効果を考慮する理論式としては、土木学会コンクリート標準示方書²⁾に採用されている式を用いることにした。その式の説明を以下に示す。

$$\beta_n = 1 + 2 M_0 / M_u$$

----- (1)

β_n : プレストレスの効果を

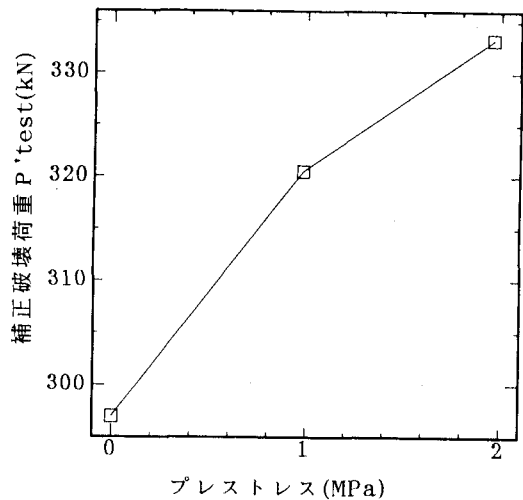


図-3 補正破壊荷重とプレストレス

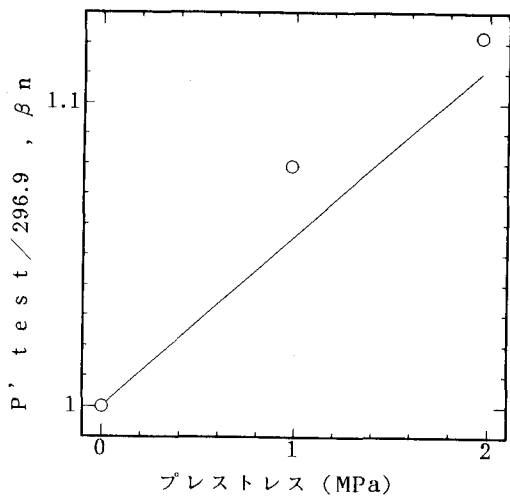


図-4 プレストレスの効果

表-4 プレストレスの効果

供試体	プレストレス (MPa)	補正破壊荷重 P'test (kN)	P'test / 296.9
A-1	0	296.9	1.000
A-2	0.98	320.5	1.079
A-3	1.96	333.2	1.122

表す係数

M_0 : 断面の引張縁において、

軸方向圧縮力（プレストレス）によって発生する応力を打ち消すのに必要な曲げモーメント（デコンプレッションモーメント）の2つの軸方向の平均値

M_u : 曲げ破壊耐力

表-5 β_n の計算結果一覧

供試体	プレストレス (MPa)	M_0 (Nm)	M_u (Nm)	β_n
A-1	0	0	85985	1.000
A-2	0.98	2352	85985	1.055
A-3	1.96	4704	85985	1.109

この式は示方書では棒部材のせん断耐力を評価するときに採用されているが、面部材であるスラブにも拡大して適用できないかと考えた。その式を用いて計算した結果を表-5に示す。ただし、表-5中の M_0 はスラブの2つの軸方向の平均値として計算した。また、図-4に β_n とプレストレスの関係を実線で示した。この図-4を見ると、プレストレスが0.98MPaのときには理論値である β_n と実験値とではやや差がみられるが、プレストレスが1.96MPaのときにはほぼ一致している。しかし、現段階では、データの数が少ないため、この β_n の式をスラブに適用できるとは判断しがたい。今後、実験を繰り返し、数多くのデータを得る必要があるといえる。

4. まとめ

- (1) プレストレスは押抜きせん断耐力を高める効果がある。
- (2) プレストレスをある軸方向に加えると、その軸方向の曲げひびわれ耐力を増加させ、その軸方向に垂直な方向に伸びるひびわれを消失させる。
- (3) プレストレスと押抜きせん断耐力の関係を表す式として、式(1)を提案したが、もっと多くのデータを解析してさらに検討する必要がある。

5. おわりに

式(1)の M_0 項、実験結果¹⁾からプレストレスを2方向に加えたほうがプレストレスの効果があると予想される。今回、プレストレスは一方の軸方向にしか加えなかったが、2方向にプレストレスを加えた実験も実施してみたいと思う。

また、プレストレスを2.94MPaにした実験を後に行う予定である。この実験が終了次第、そのデータを含めて報告したいと思っている。

<参考文献>

- 1) 末弘、石橋、佐藤、大庭：P Cスラブの押抜きせん断耐力に関する実験的研究、第11回コンクリート工学年次論文報告集、1989
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編（平成3年版）