

V-30 セン断補強筋を有するスラブの押し抜きせん断耐力

北海道大学工学部	学生員	名 内 慎 助
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 與史雄

1 はじめに

鉄筋コンクリート（RC）スラブの押し抜きせん断破壊におけるせん断補強鉄筋の影響は、現在、土木学会の規準では考慮されていない。そこで今回、せん断補強鉄筋のないスラブを1体、せん断補強筋比の異なるスラブ（RCスラブ）を2体作り、それらの押し抜きせん断破壊の状況並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 実験の概要

2.1 供試体及び使用材料

実験に用いた供試体は、辺長120cm×120cm、支間100cm×100cm、部材厚 $h=20$ cmの3体で、引張鉄筋と組立鉄筋として用いた圧縮鉄筋の配置はいずれも同じであり、図-1に示す。また、せん断補強筋については、供試体A-1には配置しておらず、供試体A-2、供試体A-3は図-2に示すように放射状に配置した。せん断補強筋の形状は、図-3に示す。

使用鉄筋は、引張鉄筋にはSD345のD13、圧縮鉄筋にはSR245のR6、せん断補強筋にはSD295のD10を使用した。かぶりCについては、上かぶりは全ての供試体で17mmとし、下かぶりは供試体A-1では27mm、供試体A-2、A-3では17mmとした。

コンクリートは供試体A-1のみ普通ポルトランドセメントを使用し、その他は早強ポルトランドセメントを使用した。実験は、供試体A-1のみ材令14日で残りは材令7日で行った。

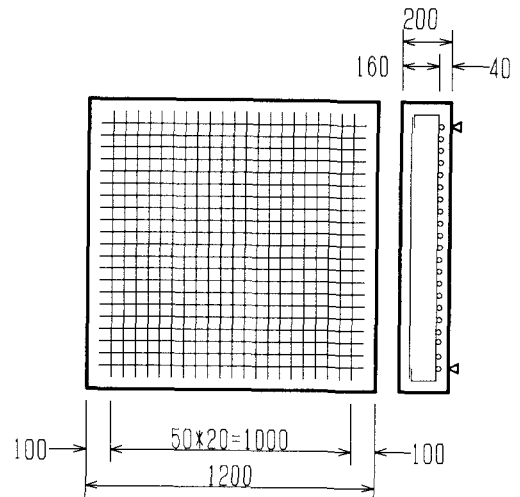


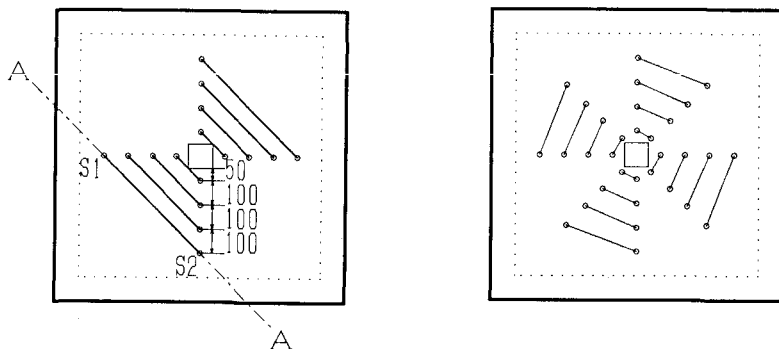
図-1 供試体の配筋図

2.2 実験方法

実験は、アムスラー型試験機を用い押し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には厚さ3cm、辺長10cm×10cmの正方形鋼板を用い、支承は四辺単純支持として設置した。

Punching Shear Strength of R.C.Slabs with Shear Reinforcement

by Shinsuke NAUCHI, Tamon UEDA and Yoshio KAKUTA



(a) 供試体 A-2

(b) 供試体 A-3

図-2 せん断補強筋の配置

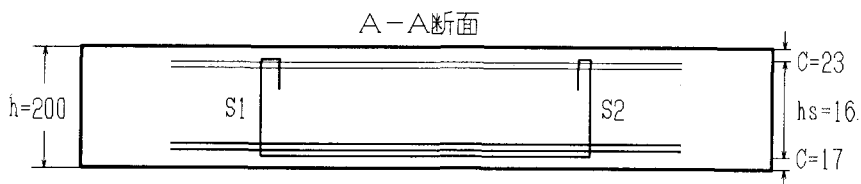


図-3 せん断補強鉄筋の形状

3 実験結果及び考察

3.1 補正破壊荷重

各供試体の破壊荷重を表-1に示す。ただし $P'_{t,est}$ 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実験で得られた破壊荷重 $P_{t,est}$ に $(28.6/f'_c)$ の平方根を乗じコンクリートの平均圧縮強度28.6MPaに換算した値である。

表-1 補正破壊荷重

	f'_c (MPa)	$\overline{f'_c}$ (MPa)	$P_{t,est}$ (kN)	$P'_{t,est}$ (kN)
A-1	26.2	28.6	411.6	430.2
A-2	30.4		470.4	456.7
A-3	29.4		578.2	570.4

$\overline{f'_c}$: 平均圧縮強度

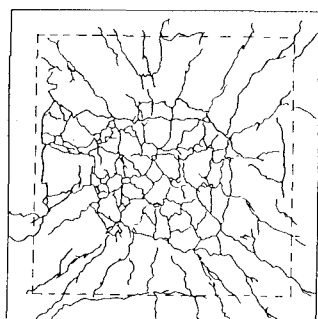
3.2 スラブ下面のひび割れ状況

ひび割れはスラブの下面を見る事により調べた。その各供試体のひび割れ図を図-4に示す。これらを見ると、供試体A-1に比べて供試体A-3の方が亀甲状のひび割れが広がっている。

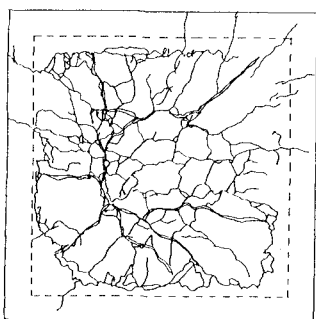
3.3 耐力における実験値と計算値との比較

本実験における実験値と計算値を図-5に示す。計算値の算定には、CEB/FIPのモデルコード (First Draft) ¹⁾ に採用されている式を用いた。以下にその式の説明を示す。

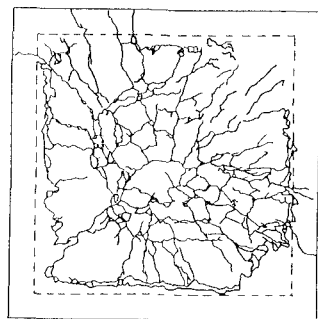
CEBの規準では、せん断補強鉄筋を有するスラブのせん断耐力は、次の3つの領域において照査する。



(a) 供試体 A - 1



(b) 供試体 A - 2



(c) 供試体 A - 3

図-4 供試体下面のひび割れ図

1) 載荷面に接する領域

$$P_{s,d} < u_0 d (0.5 \alpha_2 f_{ck})$$

u_0 : 載荷面の周長

$$\alpha_2: 0.70 \alpha_1$$

$$\alpha_1: 0.85(1 - f_{ck}/250)$$

2) セン断補強鉄筋を設置している領域

$$P_{s,d} < 0.09 \xi (100 \rho \cdot f_{ck})^{1/3} u_1 d + \Sigma A_{s,w} f_{yw} \sin \alpha \quad (1)$$

ρ : 鉄筋比

$$\xi: 1 + (200/d)^{1/2}$$

u_1 : 載荷面から $2d$ 離れた周長

$\Sigma A_{s,w}$: d および $2d$ 離れた周長におけるスラブの中央平面を横切るセン断補強鉄筋断面積

α : スラブの平面とセン断補強鉄筋のなす角度

3) セン断補強鉄筋設置範囲外の領域

$$P_{s,d} < 0.12 \xi (100 \rho \cdot f_{ck})^{1/3} u_{n,e,r}$$

$u_{n,e,r}$: セン断補強鉄筋が設置されている範囲の外周から $2.0d$ 離れた位置の有効周長

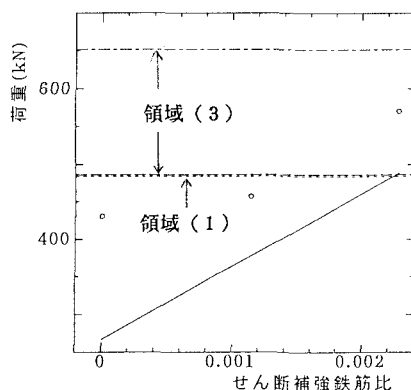


図-5 荷重-セン断補強鉄筋比

これによると、 $\Sigma A_{s,w}$ が増加するようにセン断補強鉄筋を増やしていくと耐力も増加していくが、一定量を越えて補強筋を配置しても1)または2)の領域で破壊してしまうので、それ以上の耐力の増加は望めない。

本研究の供試体では、セン断補強鉄筋比を0.00223(0.223%)以上に増やしても1)の領域で破壊が起こり、それ以上耐力が増加しないことになる。

これらの計算値と実験値とを比較してみると、実験値が計算値を上回っており、特にセン断補強鉄筋比が0の場合その差が顕著である。このことより、CEBの規準ではコンクリートによる耐力を過小に見積もっているのではないかと考えられる。

3-4 セン断補強鉄筋の効果

セン断補強鉄筋の効果を評価するため、式(1)の第2項のみの計算値と、各実験値と供試体A-1の実験値430.2kNとの差をとった値のグラフを図-6に示す。

実験による破壊荷重は、供試体A-3では供試体A-1に比べ1.3倍となり、セン断補強鉄筋を入れること

により耐力が増加しせん断補強効果があったと思われる。

また、CEBの基準によるせん断補強鉄筋の受け持つ耐力は、式(1)の第2項で算定されるが今回の実験値と比べ過剰に評価しているようである。

(1)式の第2項では、載荷面からの距離dから2dまでの領域内のせん断補強鉄筋が全て降伏応力まで達するとして計算しているが、図-7に示すように、今回の実験によると全てのせん断補強鉄筋が降伏しているとは言えず、 f_{ywd} として鉄筋の降伏強度を用いることによって、せん断補強筋の効果を過大に評価してしまっているのではないと思われる。そこで、鉄筋の降伏強度の代わりに、実験で得られた領域内（CEBの規準で用いられている図-7の2本の一点鎖線で囲まれた領域）のせん断補強筋の破壊時の応力の平均を用いた値を図-6に――線で表す。これもやや過剰に評価してしまっている。また、CEBの規準で用いられている領域外にも有効に作用していると思われるせん断補強筋がみられるので、全てのせん断補強筋の破壊時の応力を平均し、これにせん断補強筋の断面積を乗じてせん断補強筋の効果としたグラフを図-6に----線で表す。これではせん断補強筋の効果を非常に過大評価してしまう。

以上より、せん断補強筋の応力に断面積をかけて耐力とするという評価の方法自体に問題があるのではないと思われる。

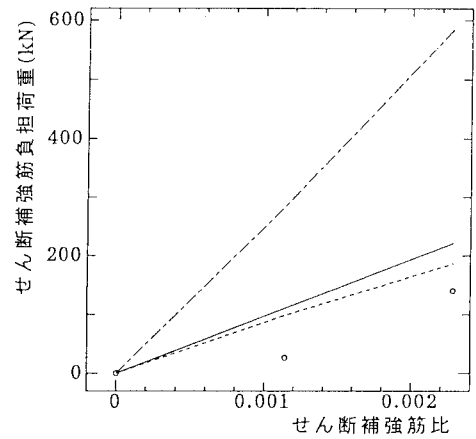
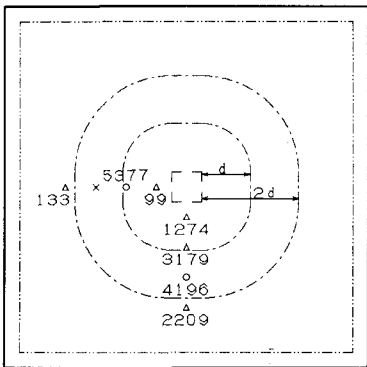
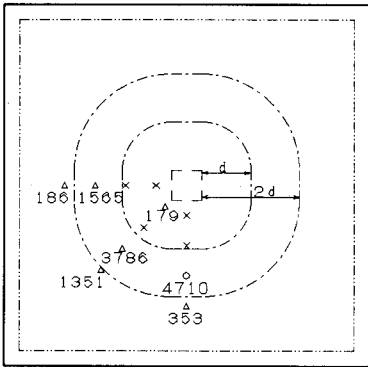


図-6 せん断補強筋の効果



(a)供試体A-2



(b)供試体A-3

単位：MPa

図-7 破壊時のせん断応力分布

- △：降伏していない補強筋
- ：降伏している補強筋
- ×：測定不能な補強筋
(降伏しているとみなす)

4 まとめ

- 1) スラブにせん断補強筋を入れることによって、押し抜きせん断耐力が増加する。
- 2) CEBの規準による押し抜きせん断耐力の算定式は、コンクリートの負担する耐力を小さく見積もっているため全体としては過小に評価しているが、せん断補強筋の効果については過大に評価している。

参考文献

1) CEB-FIP:CEB-FIP MODEL CODE 1990 First Draft,CEB BULLETIN No.195,MARS 1990