

V-52

オープンサンドイッチスラブの押抜きせん断破壊に対するスタッド配置間隔の影響

○北海道大学工学部 学生員 中村 琢弥
 北海道大学大学院 学生員 高橋 良輔
 北海道大学大学院 正 員 古内 仁
 北海道大学大学院 正 員 上田 多門

1. はじめに

鋼コンクリートオープンサンドイッチスラブ(以下、オープンサンドイッチスラブ)は、引張補強鋼板がそのまま型枠になることから施工性に優れており、また、鉄筋コンクリートスラブ(以下、RCスラブ)に比べて同じ鉄筋比で床版厚を薄くできる、片面を鋼板で覆うため耐候性に優れるなどのメリットを持っている。このようなメリットを活かし、オープンサンドイッチスラブは海洋構造物や道路橋床版等に使用されている。

橋梁の床版やフーチングなどでは局所的に大きな荷重を受けると、その部分がコーン状に押し抜かれる押抜きせん断破壊を起こすが、オープンサンドイッチスラブの押抜きせん断破壊に対する研究は少ない。そこで本研究では、オープンサンドイッチスラブの押抜きせん断に対して基本的な性状を調べるためにスタッドの配置間隔をパラメータとして押抜きせん断実験を行い、検討を行うものである。

2. 実験概要

この実験に用いた供試体にはずれ止めにスタッドを用いた正方形ロビンソンスラブである。供試体数は2体で、スタッドの配置間隔のみ140mm、210mmと変えている。また、スタッドは頭つきとし、軸径13mmで高さ50mmのものを使用した。その他、供試体寸法等を表-1に示す。鋼板は鋼板厚6mmのものを使用している。載荷方法は静的載荷で、荷重は床版の中央部表面に10cm×10cmの正方形鋼板を介して作用させた。また支持条件は図-1に示すように相対する二辺を支持、他の2辺が自由で、載荷中における支持端部での浮き上がりを自由としている。供試体にはコンクリート打設時に型枠として機能するように支間直角方向に側板を設けているが、荷重作用時に端部の定着が大きくなり実験結果に影響を与える恐れがあるため、厚さ4mmのスチロール製のシートを2枚重ねて側板の内側に張りつけ、側板に応力を伝えないようにした。測定項目は、載荷点直下の変位とスラブ下面の鋼板の中央点を通る支間方向にS1供試体では3点、S2供試体では4点のひずみを測定した。ひずみ測定位置を図-2に示す。

表-1 供試体寸法

	スタッド間隔(mm)	総数(本)	f'_c (MPa)
S1	140	64	30.4
S2	210	36	24.0

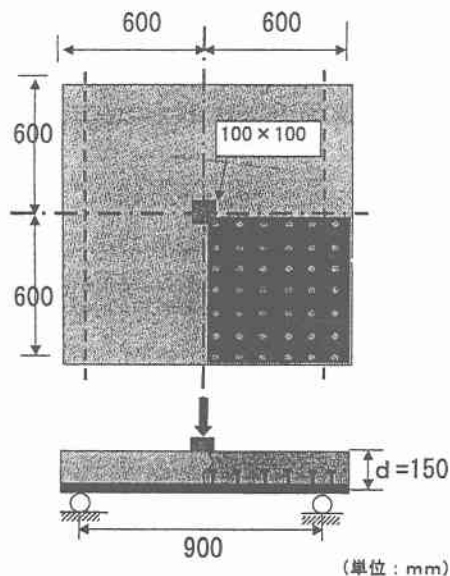
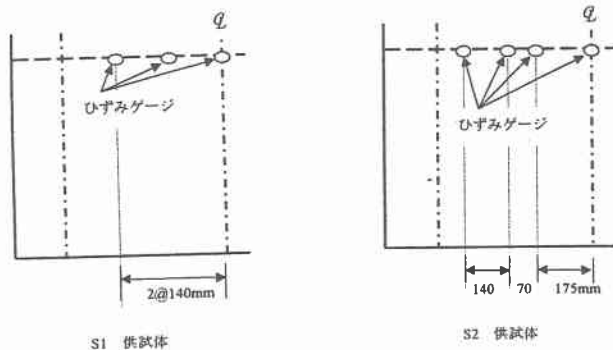


図-1 供試体図

Effect of Spacing of Studs to Punching Shear Failure observed in Open Sandwich Slabs
 Takuya NAKAMURA, Ryosuke TAKAHASHI, Hitoshi FURUUTHI and Tamonn UEDA



図－２ ひずみ測定位置

3. 実験結果

この実験によって得られた結果を表－２に示す。

表中の P_{test} 破壊荷重（押抜きせん断耐力）で、 P'_{test} はコンクリート圧縮強度 f'_c のばらつきを考慮し、 $(25.0/f'_c)^{1/2}$ を P_{test} に乗じてコンクリート圧縮強度25.0にMPaに換算した値

である。また P_{cal} は、以下に示すコンクリート標準示方書¹⁾の面部材の押抜きせん断耐力式を用いて計算した値である。ただし、この式で用いられている鉄筋比は引張鋼板比（鋼板の厚さを有効高さで除した値）に変えて計算している。

表－２ 実験結果

	P_{test}	P'_{test}	P_{cal}	P'_{test}/P_{cal}
S 1	353	320	561	0.57
S 2	265	240	561	0.43

$$V_{pcd} = \beta_d \beta_p \beta_r f_{pcd} u_p d / \gamma_b$$

$$f_{pcd} = 0.20 (f'_c)^{1/2}$$

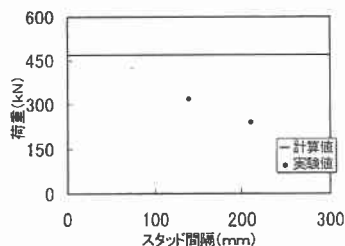
$$\beta_d = (1/d)^{1/4} \quad (d : m) \quad \text{If } \beta_d > 1.5 \text{ then } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = (100p)^{1/3} \quad \text{If } \beta_p > 1.5 \text{ then } \beta_p = 1.5$$

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

u : 載荷面の周長

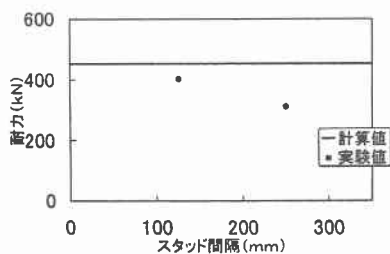
u_o : 設計断面の周長



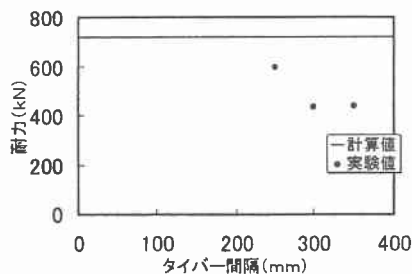
図－３

表－２で示した結果をグラフに表したものが図－３である。

これより、スタッド間隔が小さくなるにつれて耐力は増加する傾向にある。



図－４．スタッドと耐力の関係(鬼頭らの実験)



図－５．タイバーと耐力の関係(古内らの実験)

同様にスタッド配置間隔をパラメータにとった鬼頭らの研究¹⁾と、フルサンドイッチ合成床板でタイバーの間隔をパラメータにとった古内らの研究²⁾から破壊荷重と配置間隔の関係を図にしたものがそれぞれ図-4、図-5である。ここでも同じく、ずれ止めの配置間隔が狭いほど耐力が増加していることがわかる。なお、図中の実線は、計算値 P_{cal} を示しているが、実験値はいずれも計算値を大きく下まわっている。したがって、オープンサンドイッチスラブの押抜きせん断耐力に対して、鉄筋コンクリートの設計押抜きせん断耐力式をそのまま準用することは、危険側の評価を与えることになる。

図-6は載荷点直下のたわみと、載荷荷重をコンクリート圧縮強度 25MPa の場合に換算した値 P' の関係である。いずれの供試体も、初期荷重レベルでは、たわみ荷重はそれぞれ直線的な関係を示しており、スタッド間隔の狭い S1 供試体の方が傾きは大きく、剛性が大きいことがわかる。

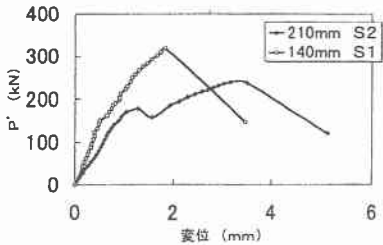


図-6 荷重変位曲線

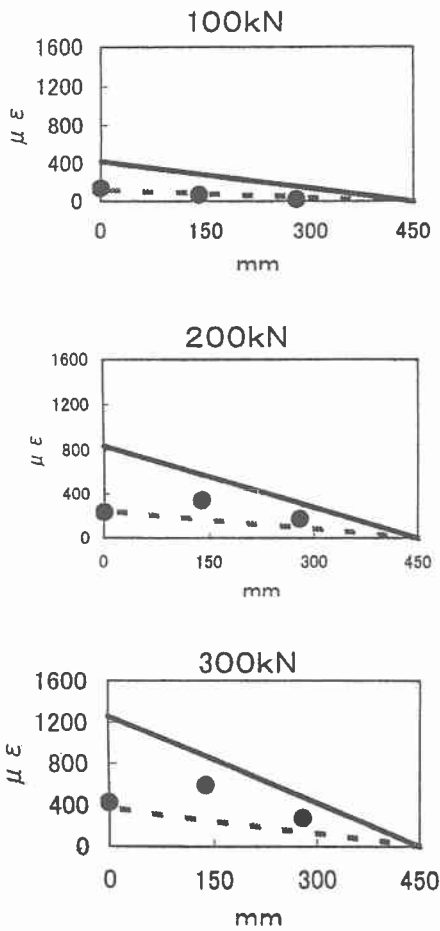


図-7 S1 供試体のひずみ分布

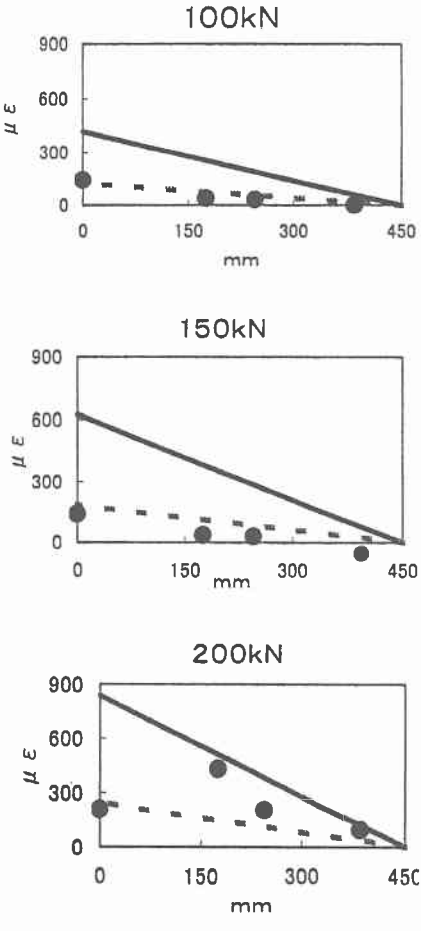


図-8 S2 供試体のひずみ分布

次に、スラブの引張鋼板におけるひずみについて図-7、8に示した。図は、横軸にスラブ中央からの距離をとりひずみ分布を表した。S1供試体では100kN増加ごとに、S2供試体では100kNから50kN増加ごとに記したものを示している。図中で、プロットした点は実験値、実線は計算値によるひずみである。計算値は、供試体をコンクリート標準示方書に示されている有効幅の梁とみなし、梁理論を用いてひずみと載荷荷重の関係を求めたものである。また、有効幅を用いたもののほかに全幅を用いて、完全に梁としてとしての計算も行った。実線が有効幅計算値、破線を全幅計算値とした。ここで、鋼板のヤング係数は206kN/mm²として計算している。図からわかるように、実験値は各供試体とも載荷後から押抜きせん断破壊に至るまで比較的、全幅計算値に近い値を示した。また、各供試体とも押抜きせん断破壊荷重の直前から、スラブ中央からの距離150mm付近でグラフ上、突出した大きなひずみを測定した。これは、2体とも有効高さが150mmであるため、その近傍でちょうど押し抜けようとするコアコンクリートによって、鋼板が局部的な変形を生じたためだと考えられる。

4. まとめ

- 1) オープンサンドイッチスラブの押抜きせん断耐力は、スタッド間隔が大きくなるにつれて低減する傾向にある。
- 2) オープンサンドイッチおよびフルサンドイッチスラブの押抜きせん断耐力はRC部材の押抜きせん断耐力式による算定値より小さくなる。
- 3) オープンサンドイッチスラブにおいてスタッドの配置間隔が狭いほど部材剛性は大きくなる。
- 4) 本実験の供試体において、引張鋼板のひずみ分布は全幅を有効な梁とした計算値に近い値を示す。
- 5) せん断破壊直前の荷重でスラブ中心から支間方向に150mm付近のひずみが大きくなるのは、押し抜けようとするコアコンクリートによって鋼板が局部的な変形を生じたためだと考えられる。

<参考文献>

- 1) 土木学会 コンクリート標準示方書[平成8年制定] 設計編
- 2) K. Sonoda and H. Kitoh : Failure Modes and Loading Capacities of Steel Plate and Concrete Composite Slabs with Different Composite Slabs with Different Arrangement of Stud Connectors , PROCEEDINGS of the Third International Conference on Steel-Concrete Composite Structures , p. 509-514 , 1991
- 3) 古内 仁・上田 多門・温泉 重治・佐藤 政勝 : タイバーを用いたフルサンドイッチ合成床版の終局耐力について , コンクリート工学年次論文報告集 vol.21 No.3 1999