

細径のスタッドをずれ止めに用いた合成スラブの押抜きせん断破壊について

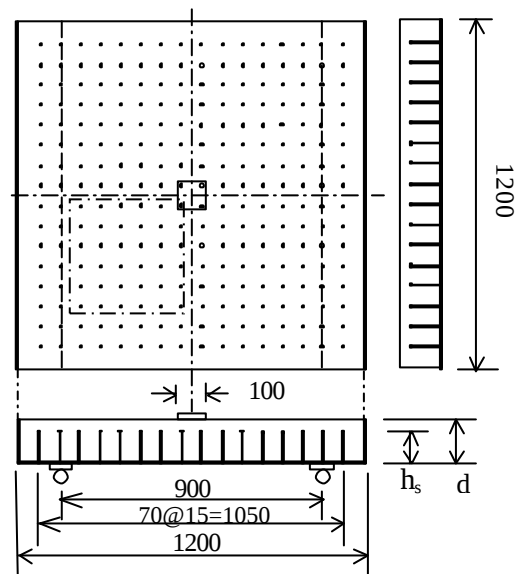
北海道大学大学院工学研究科 学生会員 ○野々山 純寛
 北海道大学大学院工学研究科 正 会 員 上 田 多門
 北海道大学大学院工学研究科 正 会 員 古 内 仁

1. はじめに 鋼コンクリート合成スラブは道路橋床版への適用が多いが、静的な集中荷重によって生じる押抜きせん断破壊に関する研究はほとんど行われていないのが現状である。既往の研究^{1),2)}では、市販されている軸径 13mm のスタッドを用いて押抜きせん断破壊に対する検討を行ってきた。しかし、スタッド径を細くした場合にはスタッド径が太い場合とは異なった破壊形式となることが想定される。そこで本研究では、細径のスタッドをずれ止めに用いた合成スラブの押抜きせん断破壊について実験的に検討したものである。

2. 実験概要 本研究で用いた供試体の形状寸法を図-1に示す。供試体は、ずれ止めとして軸径 4mm のスタッドジベルを厚さ 6mm の引張補強鋼板(SS400: 実降伏強度 312N/mm^2)に配置したロビンソン型合成スラブである。供試体数は、表-1に示すように3体用意し、実験変数はスタッド高さである。荷重は、供試体の中央で正方形($100 \times 100\text{mm}$)の鋼材を介して静的に作用させた。なお、供試体作成時の誤差により有効高さには多少のばらつきがある。各スタッドが分担するせん断力を明らかにするために、載荷点を中心に合成スラブを4等分し、4分の1の範囲内にある36本のスタッド(図-1中の点線に示した範囲内)にひずみゲージを貼り付け、スタッドの軸ひずみを測定した。供試体に用いたスタッドは $\phi 5.5$ (AISI-1080 材)を伸線加工後に幹部を焼きなまし熱処理を施し頭付スタッドと同等の規格(引張強さ 520N/mm^2)となるようにしたものを用いた。また、スタッドの先端部(焼きなまし熱処理なし: 引張強さ 780N/mm^2)はねじ加工し M4 ナットを取り付けて市販の頭付スタッドと同等の性能をもつようにした。

3. 実験結果および考察 すべての供試体は押抜きせん断破壊により終局を迎えた。実験結果を表-1に示す。各供試体の最大荷重はスタッド高さが大きいと増加する傾向にある。このことについて、スタッドに貼り付けたひずみゲージよりスタッドの引張力を計算し、その引張力に着目し検討を行うこととする。

細径のスタッドを用いた場合にはスタッドの降伏が押抜きせん断耐力に影響を与えると想定していたが、最大荷重時にスタッドの幹が全断面降伏したものは見られなかった。ただし、Y2とY3供試体においては最大荷重を迎えた直後では部分的に全断面降伏がおこり引張力が降伏耐力(4.29kN)まで達しているスタッドが観察された。図-2は、Y3供試体において最大荷重以降に引張力が増加したスタッドの分布を示したものである。その他のスタッドは、最大荷重以降では引張力が減少した。そこで、最大荷重以降に引張力が増加したスタッドが押抜きせん断ひび割れを拘束していると考え、図-2のように仮想ひび割れ面を想定した。このとき、作用引張力が増加したスタッド群が仮想ひび割れ面を横切るためには、角度を 35° 程度とする必要がある。なお、ひび割れは既往の実験結果²⁾によれば引張縁に近づく



図—1 供試体図 単位(mm)

表—1 供試体諸元および実験結果

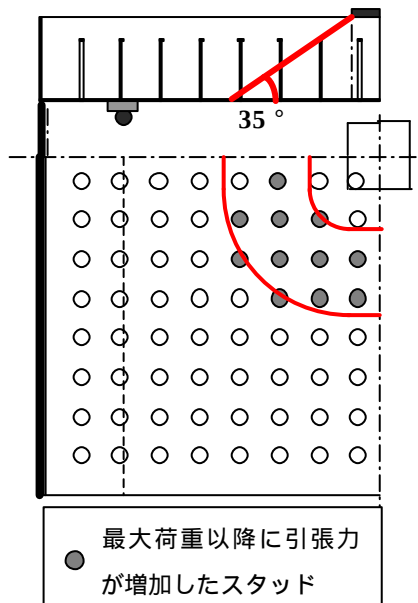
供試体	有効高さ d(mm)	スタッド		コンクリート 圧縮強度 (N/mm^2)	最大荷重 V_{tes} (kN)
		径 ϕ (mm)	高さ h_s (mm)		
Y1	159	4	50	36.5	431
Y2	158		80	37.5	504
Y3	161		110	39.2	513

キーワード 細径のスタッド, スタッドの伸び, 仮想ひび割れ面, せん断力

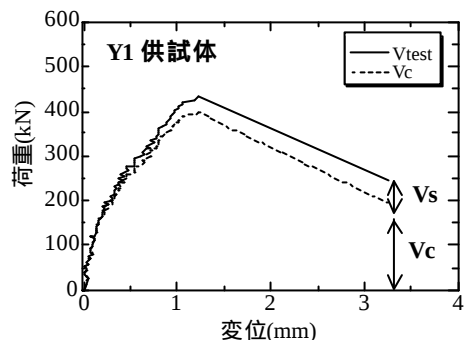
連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 TEL 011-706-6220 FAX 011-707-6582

にしたがって緩やかな傾斜となるようであるが、ここでは便宜的に直線を用いて仮想ひび割れを仮定している。仮想ひび割れ面を横切るスタッドは、スタッド高さにより異なることとなり、Y1 供試体では 20 本、Y2 では 36 本、Y3 では 40 本となる。

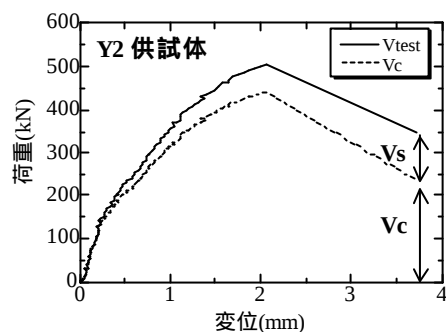
図—3, 4, 5 は、各供試体におけるスタッドが受け持つせん断力 V_s とコンクリートが受け持つせん断力 V_c の変動を最大荷重直後の荷重まで示したものである。 V_s は、仮想ひび割れ面を横切るスタッドの実測の引張力の総和として、 V_c は作用荷重から V_s を差し引いて求めた。これ



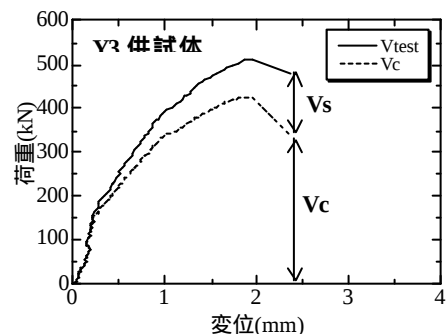
図—2 仮想ひび割れ面の定義



図—3 分担せん断力(Y1 供試体)



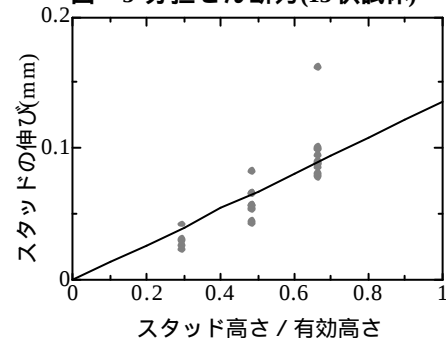
図—4 分担せん断力(Y2 供試体)



図—5 分担せん断力(Y3 供試体)

によると、最大荷重を迎えた後は V_c は減少し、 V_s は増加していることがわかる。これは、押抜きせん断ひび割れ面での開口幅が大きくなることにより骨材のかみ合わせ作用が急速に減少して V_c は低下するものと考えられる。一方、スタッドは全断面降伏するまでは余力があるため、 V_s は最大荷重以降も増加することができるものと考えられる。また、最大荷重時において V_c が、Y1 供試体が 397kN、Y2 が 439kN、Y3 が 425kN となっていることから、コンクリートが受け持つせん断耐力はスタッド高さによらずほぼ同じ値となることが明らかとなった。

次に押抜きせん断に対してひび割れを拘束しているスタッドの伸びが破壊に起因していると仮定して、最大荷重時におけるスタッドの伸びを調べた。スタッドの伸びは、仮想ひび割れ面を跨ぐ個々のスタッドの軸平均ひずみにスタッドの幹長を乗じることにより求めた。これらの関係を図—6 に示す。この結果、スタッド高さが大きくなるほど最大荷重時のスタッドの伸びが大きくなる傾向が得られた。スタッド高さが大きい場合にはスタッドがひび割れ面全体を拘束しているのに対して、スタッド高さが小さい場合にはひび割れ面の下側付近のみを拘束している。そのため、スタッド高さが小さい場合には、拘束されていない領域の開口変位が大きくなっており、スタッド高さが大きい場合に比べてひび割れ面での抵抗が小さくなっているものと考えられる。



図—6 スタッドの伸び(最大荷重時)

4. まとめ (1)細径のスタッドを用いた合成スラブの押抜きせん断破壊においてスタッド高さが大きいほど耐力は増加する。(2)最大荷重以降に作用引張力が増加したスタッドの領域を横切るひび割れ面を想定するとひび割れ面の角度はおおよそ 35° となる。(3)コンクリートが受け持つせん断耐力はスタッド高さによらずほぼ一定値となる。(4)スタッドの降伏は最大荷重には影響を与えず、スタッドの伸びが押抜きせん断破壊に起因すると考えられる。(5)押抜きせん断ひび割れ面を拘束しているスタッドの最大荷重時における伸びはスタッド高さが大きくなるほど大きくなる傾向がある。

参考文献 1) 古内仁, 中村琢弥, 上田多門: 合成版の押抜きせん断耐力に与えるスタッドジベルの影響, 第 55 会土木学会年次学術講演会講演概要集, CS, 2000 2) 立石晶洋, 高橋良輔, 古内仁, 上田多門: スタッドジベルの高さが合成版の押抜きせん断破壊に与える影響, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演概要集, CS, 2001