高強度ねじ付きスタッドのずれ止め挙動に関する実験的研究

大阪市立大学大学院　学生会員　○奥原　大貴　　大阪市立大学大学院　正 会 員　山口　隆司
川田工業㈱　正 会 員　吉田　賢二　　日本スタッドウェルディング㈱　非 会 員　尾籠　秀樹

1. 研究背景および目的

合成床版は型枠材を兼ねた底鋼板とコンクリート床板を合成させた床板形式で，頭付きスタッドによりこれらを合成したものであるが，底鋼板継手部（図-1）では所要の合成効果を確保できない可能性がある．

この課題に対して，著者らが考えている高強度ねじ付きスタッド（以下，スタッドボルト）摩擦接合 [1]を底鋼板の接合部に用いる場合には，ずれ止め性能の解明とさらなる合成効果が期待できる接合構造の提案が必要となる．

本研究では，スタッドボルトのずれ止め性能の解明および新接合構造の提案を目的に，底鋼板継手部を模した供試体による押し抜き試験を実施した．

2. 実験概要

供試体の形状，寸法は押抜き試験方法（案）[2]を参考にした．試験ケースは，呼び径 M22 のスタッドボルトを使用したケース S と，合成効果を期待し，ケース S の添接板に φ16mm の頭付きスタッドを溶植したケース HS（図-2）の 2 ケースで各 3 体作製した．なお，H 鋼のフランジ板厚は，底鋼板の板厚に合わせて 8mm とし，フランジ上面に無機ジンクリッチペイントを 75μm 塗布した．文献 1)を参考に，スタッドボルトには 110kN の軸力を導入した．材料特性は表-1 に示す通りである．

試験方法について，各ケース単調載荷を 2 体，漸増載荷を 1 体行った．本研究では，荷重，相対変位を計測した．相対変位は図-3 のように，スタッドボルト位置のコンクリート–鋼板間の相対変位を計測した．

3. 試験結果および考察

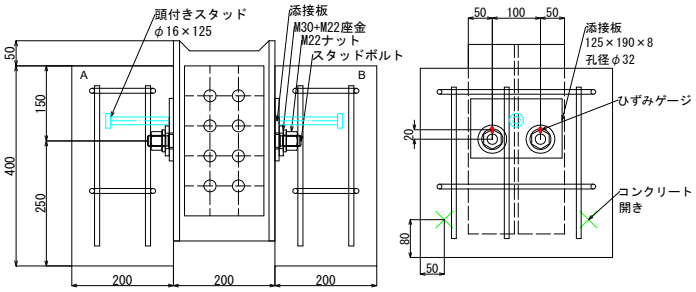
3. 1. 荷重–相対変位関係

単調載荷試験より得られた荷重-相対変位関係を図-4 に示す．図中に示す赤点線は設計すべり荷重 P_{SLd} を表しており，式(1)より 180kN とした．

$$P_{SLd} = \mu \cdot n \cdot m \cdot N_d \qquad 式(1)$$

ここで，μ はすべり係数(=0.45)，n はボルト本数，m は接合面数，N_d は設計軸力(= 100kN)を表す．図-4 より，

図-1　底鋼板の継手部（底鋼板上面から撮影）



ケース HS（スタッドボルト+頭付きスタッド）

図-2　押抜き供試体（単位：mm）

表-1　材料特性

(a)　鋼材

	鋼種	降伏点 [N/mm²]	引張強度 [N/mm²]	伸び [%]
H鋼	SS400	320	443	31
添接板	SS400	301	424	32
スタッドボルト	HT570	577	643	25
頭付きスタッド	SS400	388.3	472.3	30

(b)　コンクリート

種類	ヤング率 [N/mm²]	ポアソン比	圧縮強度 [N/mm²]	引張強度 [N/mm²]
30-8-25N	3.54E+04	0.21	42.5	3.79

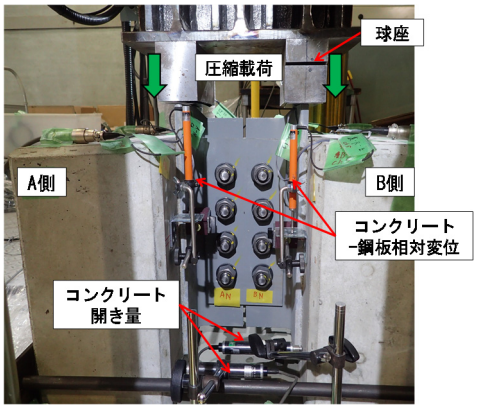


図-3　変位計および載荷治具設置状況

キーワード　スタッドボルト，摩擦接合継手，押抜き試験
連絡先　〒558-8585　大阪市住吉区杉本 3-3-138　大阪市立大学大学院　工学研究科　都市系専攻 TEL&FAX06-6605-2765

© Japan Society of Civil Engineers

すべりが生じるまでは両ケースともに相対変位がほとんど生じず，剛性も大きい．これは母板-添接板間の摩擦接合の影響によるものである．その後，すべりにより急激に相対変位が生じ，スタッドボルトが添接板の孔縁に接触して支圧状態となって荷重が上昇する．なお，急激に相対変位が増加しない箇所もみられるが，これはスタッドボルトと添接板孔縁の初期の片当たりの影響と考えられる．ここで，すべりは図-4 の相対変位が 0.01mm に達した点と定義した．すべり荷重ならびにすべり係数を表-2 に示す．ケース S において設計すべり荷重を下回る供試体が見られるが，この原因については次節で説明する．

3. 2. 最大荷重および初期剛性

各供試体の最大荷重を表-2 に示す．最大荷重はいずれの供試体もスタッドボルトの破断によって決まった．ケース HS の最大荷重が平均で 1.34 倍高くなった．これについて，図-5(a)の破断面を見ると，ケース S ではスタッドボルトの断面にカップ・アンド・コーンがみられ，延性破壊していることがわかる．つまり，本実験の供試体にはコンクリートと H 鋼が開く方向に力が作用しており，この影響でケース S のすべり荷重が低下した．対して，図-5(b)のケース HS ではスタッドボルトがせん断破壊しており，ケース HS の添接板に溶接した頭付きスタッドにより，コンクリートと H 鋼間の開きが抑えられており，これによりケース HS はすべり荷重，最大荷重が増加したと考えられる．

ずれ定数について，最大荷重の 1/3 までの荷重-相対変位関係の初期割線の勾配からそれぞれ求まるずれ定数[2)]を表-2 に示す．ケース S，HS の平均ずれ定数はそれぞれ 1.3×10^3kN/mm, 2.2×10^3kN/mm であり，これはφ19，スタッド高さ 100mm，3 行 1 列配置の頭付きスタッド 1 本あたりのずれ定数 224kN/mm[3)]に比べ 6～10 倍高い値となった．また，ケース HS のずれ定数はケース S の約 1.6 倍となることがわかった．

4. 結論

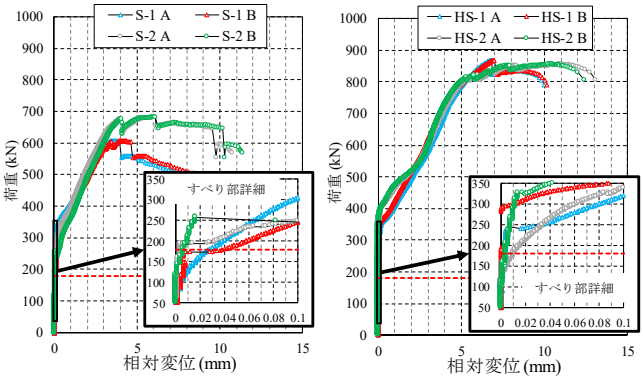
本研究より得られた結果を以下に示す．

1) 合成床板底鋼板のスタッドボルト摩擦接合において，すべりが生じるまでは，コンクリート–鋼板間の相対変位は小さく，すべり後も頭付きスタッドのみのずれ定数よりも 6～10 倍高いずれ定数を示した．
2) すべり後はケース S，HS ともに，スタッドボルトが添接板の孔壁と支圧状態になることで荷重が増加し，スタッドボルトの破断により，終局に至った．
3) 添接板に設置した頭付きスタッドの影響により，コンクリート–H 鋼間の開きが抑えられ，ケース HS はケース S と比較して，最大荷重が 1.34 倍，初期剛性が 1.6 倍高くなった．

本試験では，コンクリート–H 鋼間の開きが生じたが，実構造ではこの開きは生じない．今後は，より実物に近い接合部挙動を再現するために，はり供試体の曲げ載荷試験により，底鋼板継手部の検討を行う．

参考文献

1)奥原大貴，吉田賢二，山口隆司，吉見正頼，尾籠秀樹：薄鋼板に高強度ねじ付きスタッドを溶接した摩擦接合継手の導入軸力とすべり挙動に関する研究，構造工学論文集 Vol.65A，2019.3.
2)日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜き試験方法（案），JSSC テクニカルレポート，1996.8.
3)保坂鉄矢，平城弘一，小枝芳樹，橘吉宏，渡辺ひろし：鉄道用連続合成桁に用いるずれ止め構造のせん断特性に関する実験的研究，構造工学論文集 Vol.44A, 1998.3.

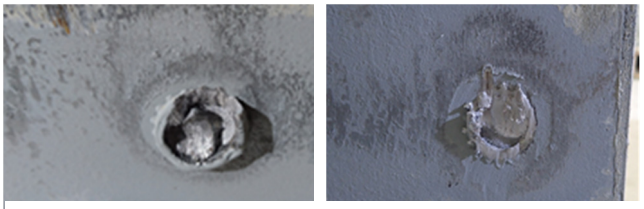


(a) ケース S　　(b) ケース HS

図-4 荷重－相対変位関係

表-2　最大荷重およびすべり荷重

試験体名		載荷方法	すべり			最大荷重		スタッドボルト1本あたりのずれ定数[2)]	
			各供試体(kN)	平均(kN)	すべり係数	各試験体(kN)	平均(kN)	各試験体(kN/mm)	平均(kN/mm)
S	1	単調	141.1	184.8	0.462	609.6	649.0	1016.00	1344.64
	2		225.8			682.7		1673.28	
	3	漸増	187.4			654.6		-	
HS	1	単調	216.0	211.4	0.529	868.1	902.1	2009.49	2152.33
	2		230.9			853.8		2295.16	
	3	漸増	187.3			984.4		-	



(a) ケース S　H 鋼側　　(b) ケース HS　H 鋼側

図-5　スタッドボルトの破断状況

© Japan Society of Civil Engineers