

軸引張力を同時に受けるスタッドのせん断耐力に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○石井暢治
 松尾橋梁(株) 正会員 西 克幸
 山口大学工学部 正会員 高海克彦
 山口大学工学部 正会員 濱田純夫

1. はじめに

鋼とコンクリートの合成および複合構造において、両部材には接合材として頭付きスタッドジベルが用いられる。しかしこの接合部における力の伝達機構、力学性状あるいは破壊性状についてはいまだ十分に解明されるに至っていない。一般的にこの接合部に作用する力は主としてせん断力であるが、現在では床版支間の長大化などに伴い、引張力を考慮にいれなければならない。そのことをふまえて本研究では、軸引張力を同時に受ける頭付きスタッドのせん断耐力に関して、その力学特性を検討するものである。

2. スタッドの種類および供試体

スタッドの種類は、JIS 規格 (JIS B 1197) に則った計 6 種類 (直径 13, 16, 19mm, 長さがそれぞれ 80, 100mm) を用いて H 形鋼フランジプレート部に片側横に 2 本ずつ溶接したものを用意し、供試体は各タイプにつき 8 体計 48 体作製した。ここで各供試体の呼び方について「直径 16mm, 長さ 100mm」ならば【1600】と記述する。また導入引張力の小さいものから順に Grade I ~ V とする。

表-1 引張力導入量 1998 年度
単位: kN/本

grade 供試体	I	II	III	IV	V
【1380】	0	13.7	-	-	27.4
【1300】	0	21.6	-	-	43.1
【1680】	0	13.7	-	-	27.4
【1600】	0	21.6	-	-	43.1
【1980】	0	13.7	-	-	27.4
【1900】	0	21.6	-	-	43.1

3. 試験概要

スタッドのせん断試験は 100tf 万能試験機を用いて、押抜きせん断試験を行った。スタッドに作用させる引張力は、供試体の両コンクリート間に挿入した水平油圧ジャッキで、コンクリートブロックを押し開く力の反力をスタッドに負担させることにより導入した。ジャッキは、4 本のスタッドに均等に引張力がかかるように 4 本配置した。引張力の導入量は表-1、表-2 に示すとおりである。載荷方法としては、変位制御による載荷・除荷の漸増繰返し載荷法を用いた。

4. 実験結果および考察

4.1 接合面のずれ

「ずれ」とはコンクリートブロックと H 型鋼の荷重作用方向の相対変位である。結果が顕著に現れている【1600】シリーズについて、接合面のずれ性状を図-1、図-2 に示す。図-1 より、Grade I から Grade V というように引張力が増加するにつれ最大荷重点が小さくなるのが判る。図-2 より、同一の荷重レベルでは、引張力の導入が小さいほど残留ずれが小さい、すなわち、ずれの回復力が大きいということがいえる。

4.2 破壊状況

表-3 に本実験の押抜きせん断耐力試験の結果を示す。既往の研究からスタッドの静的押抜き試験では、通常スタッドの軸部破断とコンクリートの支圧破壊の 2 種類の破壊形式が観察されている。

表-2 引張力導入量 1999 年度
単位: kN/本

grade 供試体	I	II	III	IV	V
【1380】	0	13.7	17.6	21.6	25.5
【1300】	0	17.6	23.5	29.4	35.3
【1680】	0	13.7	18.6	22.5	27.4
【1600】	0	19.6	25.5	31.4	37.2
【1980】	0	13.7	18.6	22.5	27.4
【1900】	0	19.6	27.4	33.3	41.2

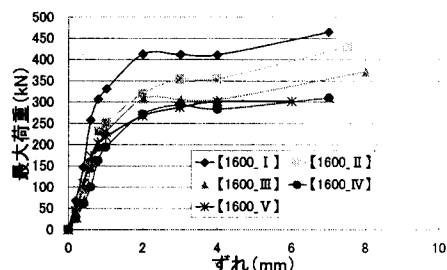


図-1 最大荷重-ずれ曲線

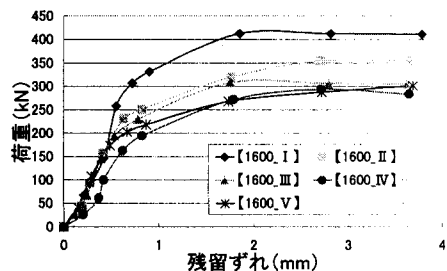


図-2 荷重-残留ずれ曲線

1998年度試験分の【1680_V】と【1900_V】に関しては、以上に述べた2種類の破壊形式とは異なり、コンクリートの引抜破壊を生じた。なお、破壊形式は引張力が加わるとスタッドの破断からコンクリートの破壊へと移行することが判った。

4.3 軸引張力を受ける静的せん断強度評価式の検討

本研究では、平城らが提案しているせん断耐力を推定の基本式(1)として採用し、実験値との比較を行った。その結果を図-3に示す。

$$S_u = 0.0313A_s \sqrt{(h_s/d_s)f'_c} + 9.806 \quad [\text{kN}] \quad (1)$$

図-3より従来の算定式(1)と比較して、引張力を加えた実験値の方が著しくせん断耐力が低下していることが判断できる。そこで本研究では軸引張力を同時に受けるスタッドの静的せん断耐力を、式(1)の純せん断耐力式で得られている値の低減で求めることが良いと判断した。そこで導入引張力に伴ったスタッドの耐力算定を可能にするために、平城らの式(1)に修正を加えた。既往の強度式から判断して、静的強度は指数型の重回帰モデルによって表されると仮定し、次のような修正式を考えた。

$$S_{um} = a \cdot 0.0313A_s \sqrt{(h_s/d_s)f'_c} \cdot (1 + \sigma_s)^{-b} + 9.806 + c \quad (2)$$

以上の式(2)とせん断耐力の実験値とから最小二乗法によって定数 $a \sim c$ を求めた結果、式(3)が得られた。適合係数は1.03であった。

$$S_u = 0.0351A_s \sqrt{(h_s/d_s)f'_c} \cdot (1 + \sigma_s)^{-0.05} + 9.458 \quad (3)$$

本実験における全データについての実験値 S_{ue} と式(3)による計算値 S_{um} とを比較した結果を図-4に示す。この式(3)の妥当性について考察すると、図-5においてこの相関関係から、式(4)を得た。この場合の相関係数は0.858であった。

$$S_{ue} = 0.9019S_{um} + 9.8177 \quad (4)$$

式(4)の係数および相関係数より判断して、式(3)はスタッドの終局耐力に関する評価式として妥当であるといえる。

5. まとめ

- 1) スタッドに引張力を加えるとせん断耐力は低下し、破壊形式はスタッドの破断からコンクリートの破壊へ移行する。
- 2) せん断耐力の低下度は、スタッドに与えた引張力に比例しない。
- 3) 本論文で誘導した式(3)は、実験値と良好な整合性が確認され、スタッドに軸引張力とせん断力が同時に作用する場合にも用いることが可能であり、合理的な式であると考えられる。

表-3 押抜きせん断耐力試験結果

供試体の 記号	スタッド1本当たりの 最大せん断耐力		破壊形式	
	99年度	98年度	99年度	98年度
	S_{um} (kN)	S_{um} (kN)		
(1380_I)	70.3	79.4	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1380_II)	69.3	74.7	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1380_III)	73.8	-	スタッドの軸引断	-
(1380_IV)	75.5	-	スタッドの軸引断	-
(1380_V)	66.5	67.2	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1300_I)	80.8	78.4	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1300_II)	66.8	76.5	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1300_III)	71.8	-	スタッドの軸引断	-
(1300_IV)	64.0	-	スタッドの軸引断	-
(1300_V)	52.0	47.1	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1680_I)	103.5	107.9	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1680_II)	101.0	111.8	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1680_III)	99.5	-	スタッドの軸引断	-
(1680_IV)	94.5	-	コンクリートの支圧破壊	-
(1680_V)	90.5	*****	スタッドの軸引断	コンクリートの引抜破壊
(1600_I)	116.8	106.4	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1600_II)	107.5	98.6	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1600_III)	93.3	-	スタッドの軸引断	-
(1600_IV)	77.5	-	コンクリートの支圧破壊	-
(1600_V)	75.3	74.2	コンクリートの支圧破壊	コンクリートの支圧破壊
(1980_I)	137.8	139.9	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1980_II)	107.8	131.9	コンクリートの支圧破壊	スタッドの軸引断
(1980_III)	107.5	-	コンクリートの支圧破壊	-
(1980_IV)	92.3	-	コンクリートの支圧破壊	-
(1980_V)	91.8	80.9	コンクリートの支圧破壊	スタッドの溶接部破断
(1900_I)	169.5	140.2	スタッドの軸引断	スタッドの軸引断
(1900_II)	120.8	127.0	コンクリートの支圧破壊	スタッドの軸引断
(1900_III)	93.0	-	コンクリートの支圧破壊	-
(1900_IV)	112.5	-	コンクリートの支圧破壊	-
(1900_V)	99.5	*****	コンクリートの支圧破壊	コンクリートの引抜破壊

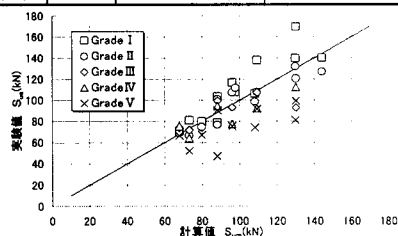


図-3 実験値と計算値の比較①

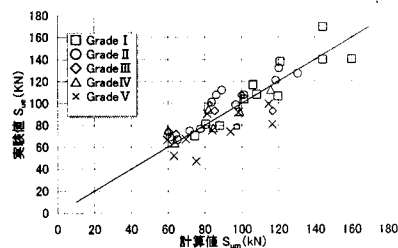


図-4 実験値と計算値の比較②

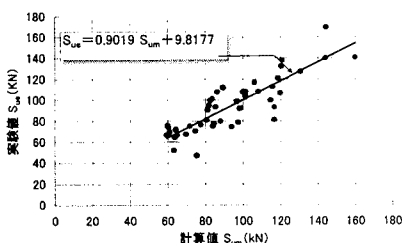


図-5 式の妥当性