

[80] S R C構造に用いられるスタッドの静的強度

正会員 〇平 城 弘 一 (撰 南 大 学 工 学 部)
 三 好 栄 二 (日 本 ス タ ッ ド ウ エ ル デ ィ ン グ)
 正会員 栗 田 章 光 (大 阪 工 業 大 学)
 赤 尾 親 助 (大 阪 工 業 大 学)

1. まえがき

近年、鉄骨鉄筋コンクリート構造（以下S R C構造と略記）は、耐火、耐震、耐腐蝕、騒音、維持補修面など、数多くの立地条件に有利な構造として認められ、都市構造物、海洋構造物など、とくに特殊構造物への応用が注目されている。

本研究の目的は、S R C構造の鉄骨部に適切なスタッドを配置し、鉄筋コンクリート部との合成効果を積極的に活用するための基礎データを得ることにある。本文は、スタッドの寸法ならびにコンクリート強度を変化させた場合の押抜試験結果より、S R C構造に用いられるスタッドの静的耐荷挙動を明らかにし、静的強度式を提案するものである。

2. 供試体の種類および製作方法

S R C構造にスタッドを用いる場合、

従来の合成桁のようにスタッドのせん断方向に対し、コンクリートの打設方向が一方だけとは限らず、種々変わると考えられる。本研究では、代表的なコンクリートの打設方向を4種類選び、図1.に示すような方法で供試体を製作した。なお、本試験ではコンクリートの打設に先だって、従来の試験に見られるようなH形鋼のフランジ表面にグリースなどの剥離剤を塗布せず、むしろ、アセトンでもって表面から油類を取り除き、自然の付着が働くようにした。さらに、

表 1. スタッドの寸法

Series	H (mm)	d (mm)	H/d
1	40	19	2.11
2	70	19	3.68
3	100	19	5.26
4	100	19	5.26
5	100	19	5.26

コンクリートの品質・材令を均一にするため、A、Bタイプは図1.のように腹部切断形とし、各シリーズごとの供試体を一度に製作した。

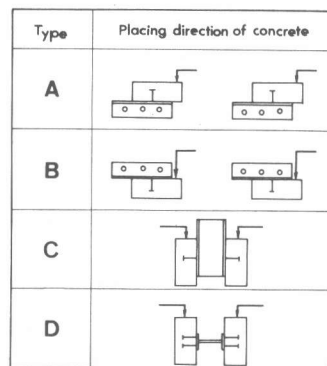


図 1. コンクリートの打設方向

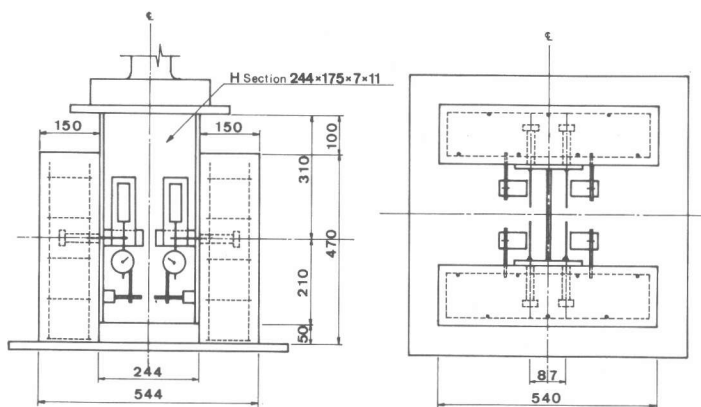


図 2. 供試体の形状寸法

表 2. コンクリートの配合と実測値

Series	Max. aggre. (mm)	Air content (%)	w/c (%)	s/a (%)	Unit weight (kg/m ³)				Average slump (cm)	Average strength (kg/cm ²)
					Water	Cement	Fine	Coarse		
1	15	4	51	45.3	198	388	756	951	16	342
2	15	4	51	45.3	198	388	756	951	18	322
3	15	4	51	45.3	198	388	756	951	17	313
4	15	4	40	41.3	205	513	640	945	15	377
5	15	4	33	40.6	200	606	604	918	12	460

供試体数は5シリーズ各タイプとも2体ずつ総計40体であり、その形状寸法は図2.に示す。

H形鋼はJISの規格品で、スタッド素材は平均降伏強度27.5 kg/mm^2 のものを用いた。表1.にスタッドの寸法を示す。スタッドは全シリーズ同一条件にてH形鋼両フランジに4本溶植した。なお、本研究のスタッドはSRC構造に用いられる場合を対象としているので、鉄骨のかぶりをあまり大きくとれないことを予想してスタッドの高さを極端に短くしたものも含まれている。

表2.にコンクリートの配合と実測値を示す。なお、本研究ではプレストレスされるSRC構造（たとえば、プレフレックス梁など）も対象としているので、コンクリート強度が高いものについても実施した。また、コンクリート中には所要の鉄筋を入れ、載荷時において両側のコンクリートの間隔を一定に保つため、両端のコンクリートの上下2ヶ所をボルトでつないだ。

3. 試験方法

載荷試験には100t耐圧試験を用いた。載荷方法は静的反復荷重法とし、最初、スタッド1本当たり250 kg に相当するピッチで荷重を徐々に反復増加させ、荷重がスタッド1本当たり7 t を越えるか、またはH形鋼とコンクリート間の付着がなくなったと判断される時点で、500 kg ピッチに変えて、さらに載荷を続け破壊時まで進めた。

H形鋼とコンクリートとの相対ずれは、ダイヤルゲージ（1/1000 mm ）と4ゲージ式変位計（1/100 mm ）を併用し、4ヶ所で計測した。

4. 試験結果および考案

各シリーズのスタッド1本当たりの荷重と相対・残留ずれの関係を図3.に示す。これらより明らかなように、Cタイプの相対・残留ずれはスタッドの支圧面に対するコンクリートのブリージングの悪影響のため、各シリーズとも載荷の初期からかなり大きく現われることが確認された。

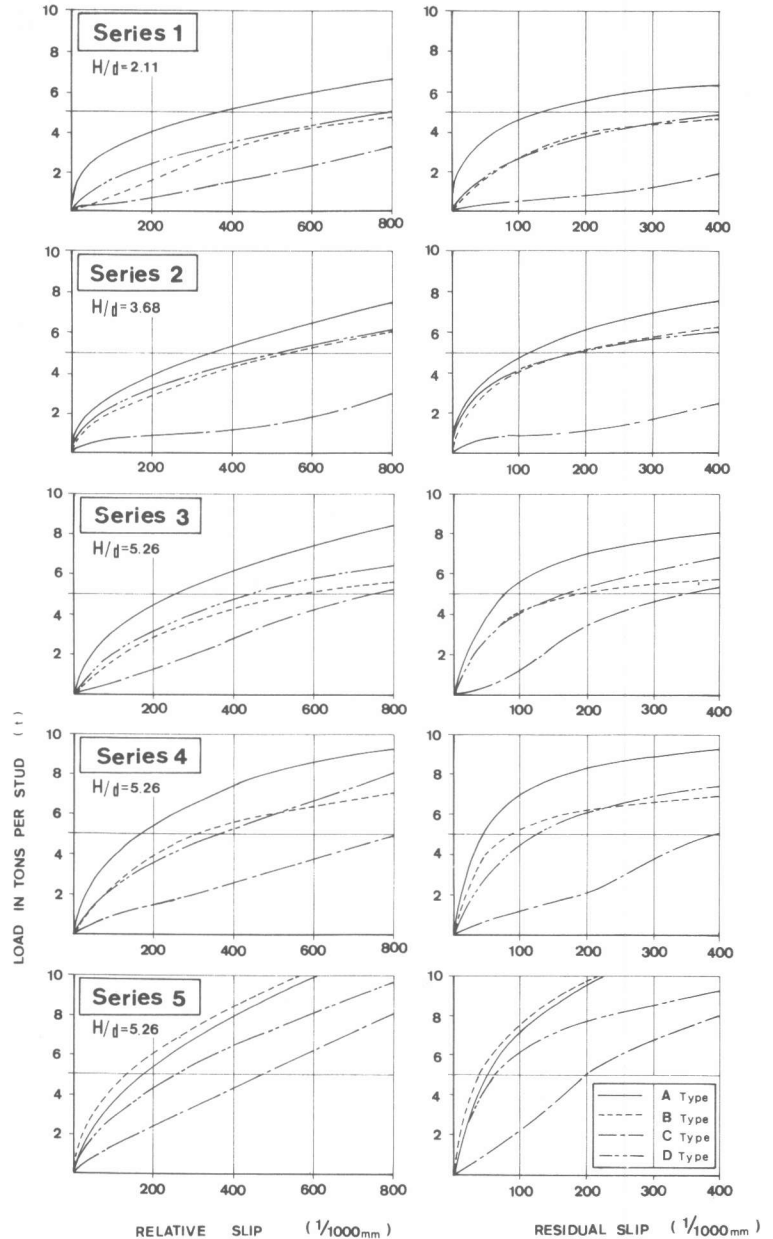


図3. スタッド1本当たりの荷重—相対・残留ずれの関係

本研究で用いたスタッドの H/d は、前述の理由により小さくとったため、供試体の破壊形式はスタッドのせん断破壊とコンクリートの支圧破壊の両形式が見られた。シリーズ1 ($H/d=2.11$) の全タイプとシリーズ2 ($H/d=3.68$) のCタイプのみがコンクリートの支圧破壊を、シリーズ2のCタイプ以外とシリーズ3~5 ($H/d=5.26$) の全タイプがスタッドのせん断破壊を示した。なお、わが国の道路橋示方書では $H/d=5.5$ を上記の両破壊形式の境界としている。

表3.にスタッド1本当たりの破壊荷重および限界荷重(残留ずれが 0.075mm 生じた時の荷重)の測定値と、主要各国の設計規準に規定されている設計値とを比較した結果を示す。なお、シリーズ1と2の設計値は、わが国の日本道路橋示方書の設計値を除いて、各国が定める条件(H/d)に該当しないもの、あるいは適用範囲外であったが、拡大解釈をし、中間直線補間あるいは直線延長上にあるものと仮定し求めたものである。表3より破壊荷重については、シリーズ1のBタイプがDINの設計値に、他のタイプがBSIの設計値に、シリーズ2のBタイプがBSIの設計値に、他のタイプがAASHTO、12版の設計値に、シリーズ3~5の全タイプがAASHTO、12版の設計値に最も近いことがわかる。また、限界荷重については、全シリーズともCタイプが極端に低いことがわかる。

日本道路橋示方書による許容荷重は破壊に対し、各シリーズ・各タイプとも7~11の安全率を有し、また各シリーズのCタイプを除いて限界荷重に対しては2~3(示方書では3以上と規定している)の安全率をもってゐるものと考えてよい。

図4.において、シリーズ1~3に着目すれば、コンクリートの配合を一定とした時のスタッドの高さとスタッド1本当たりの破壊・限界荷重の関係を示す。また、同図において、シリーズ3~5に着目すれば、スタッドの形状寸法を一定とした時のコンクリート強度とスタッド1本当たりの破壊・限界荷重の関係を示す。図4.より明らかなように、破壊荷重は各タイプともコンクリート強度の変化による影響より、スタッドの高さの変化による影響の方が顕著に現われた。しかし、限界荷重においては同程度の影響を示し、その差異が認められなかった。とりわけ、Bタイプはコンクリート強度の平方根に対し、破壊・限界荷重ともほぼ直線関係を示した。また、図4.の中には、本試験で得られた測定値と直接に比較するため、わが国ならびに主要各国の設計式で求めた関係を線で

表3. 設計値と測定値との比較

Series	Type	Ultimate load Q_c (t)	Q/Q_A^*	Q/Q_A^{**}	Q/Q_B	Q/Q_D	Q/Q_J	Critical load Q_C (t)	Q_C/Q_A^{***}	Q_C/Q_J
1	A	9.20	0.56	0.65	1.14	1.26	11.95	4.21	0.72	5.47
	B	7.53	0.46	0.53	0.93	1.03	9.78	2.07	0.35	2.69
	C	8.23	0.50	0.58	1.02	1.13	10.69	0.50	0.09	0.65
	D	9.02	0.55	0.64	1.11	1.23	11.71	2.48	0.42	3.22
	Design Value (t)	16.46	14.13	8.09	7.31	0.77		5.84	0.77	
2	A	14.08	0.88	1.05	1.49	1.59	10.75	4.36	0.77	3.33
	B	9.68	0.61	0.72	1.02	1.10	7.39	3.63	0.64	2.77
	C	14.15	0.89	1.05	1.49	1.60	10.80	0.73	0.13	0.56
	D	13.06	0.82	0.97	1.38	1.48	9.97	3.45	0.61	2.63
	Design Value (t)	15.98	13.46	9.48	8.84	1.31		5.67	1.31	
3	A	16.65	1.06	1.25	1.52	1.79	8.93	5.05	0.90	2.73
	B	13.56	0.86	1.02	1.24	1.46	7.34	3.78	0.68	2.04
	C	15.34	0.97	1.16	1.40	1.65	8.30	0.87	0.16	0.47
	D	14.91	0.95	1.12	1.36	1.61	8.07	3.47	0.62	1.88
	Design Value (t)	15.74	13.27	10.98	9.28	1.85		5.59	1.85	
4	A	16.02	0.93	1.06	1.36	1.52	7.89	6.04	0.99	2.98
	B	14.59	0.85	0.97	1.25	1.38	7.19	4.95	0.81	2.44
	C	15.37	0.89	1.02	1.31	1.46	7.57	1.05	0.17	0.52
	D	15.64	0.90	1.04	1.33	1.48	7.71	3.76	0.62	1.85
	Design Value (t)	17.29	15.10	11.75	10.55	2.03		6.13	2.03	
5	A	17.23	0.90	0.98	1.35	1.41	7.67	6.02	0.87	2.63
	B	17.32	0.91	0.99	1.36	1.42	7.74	6.77	0.98	2.96
	C	17.13	0.90	0.98	1.34	1.40	7.65	1.63	0.24	0.71
	D	16.13	0.84	0.92	1.26	1.32	7.20	5.51	0.80	2.41
	Design Value (t)	19.09	17.52	12.78	12.24	2.24		6.78	2.24	

Q_A^* : AASHTO, 10版~AASHTO, 11版の設計値

Q_A^{**} : AASHTO, 12版の設計値

Q_B : BSI; BS5400, Part 5 の設計値

Q_D : DIN; ドイツ鋼合成桁指針の設計値

Q_C : Viestが定義した限界荷重(残留ずれが 0.075mm 生じた時の荷重)

Q_A^{***} : AASHTO, 7版~9版の設計値

Q_J : 日本道路橋示方書の設計値

示しておいた。実線は設計式の適用範囲の関係を、破線は適用範囲外であるが拡大解釈した関係を示す。

以上の試験結果より、SRC構造に用いられるスタッドの静的強度式を次のように提案する。ただし、 $H/d \leq 5.0$ とする。

(1) 許容応力度設計において、ずれを限界条件として決めるスタッドの許容せん断力

① A、B、Dタイプは、

$$Q_a = 5.5 d H \sqrt{\sigma_{c\#}} \quad (1)$$

(通常の合成桁の設計式)

② Cタイプは、

$$Q_a = 0.85 d H \sqrt{\sigma_{c\#}} \quad (2)$$

(安全率を3にとった)

(2) 限界状態設計におけるスタッドの終局耐力(全てのタイプについて)

$$Q_u = 4.0 d H \sqrt{\sigma_{c\#}} \quad (3)$$

なお、過大なずれの発生等の使用限界状態の照査に用いられるスタッドの設計耐力については検討中である。

ここで、 Q_a : スタッドの許容せん断力 (kg)

Q_u : スタッドの終局耐力 (kg)

d : スタッドの軸径 (cm)

H : スタッドの全高 (cm)

$\sigma_{c\#}$: コンクリートの設計基準強度 (kg/cm²)

5. 結論

本試験によって得られた結果を要約すると、次のようになる。

- (1) スタッドの支圧面に対するコンクリートのブリージングによる悪影響はCタイプのみに見られる。
- (2) 終局耐力については、図4.で明らかなように、提案式(3)で求めた値とよい一致を示す。
- (3) Cタイプの限界荷重のみが、日本道路橋示方書による許容せん断力より低く危険側の値となるため、新しい設計式{提案式(2)}を採用する必要がある。

あとがき

著者らは、SRC構造に用いられるスタッドの静的試験に引き続き、疲労試験についても実施しているので、いずれまとめて報告する予定である。

謝辞

本研究に際し、大阪工業大学と摂南大学の両学部卒研生の協力を得たことを記して、謝意を表する。

文献 1) 日本道路協会: 道路橋示方書 (1980)

2) A A S H T O: Standard Specification for Highway Bridges, 7th ed. (1957) ~ 12th ed. (1977)

3) B S I: B S 5 4 0 0, Part 5, The Design of Composite Bridges, (1976)

4) D I N: Richtlinien für Stahlverbundträger (1980)

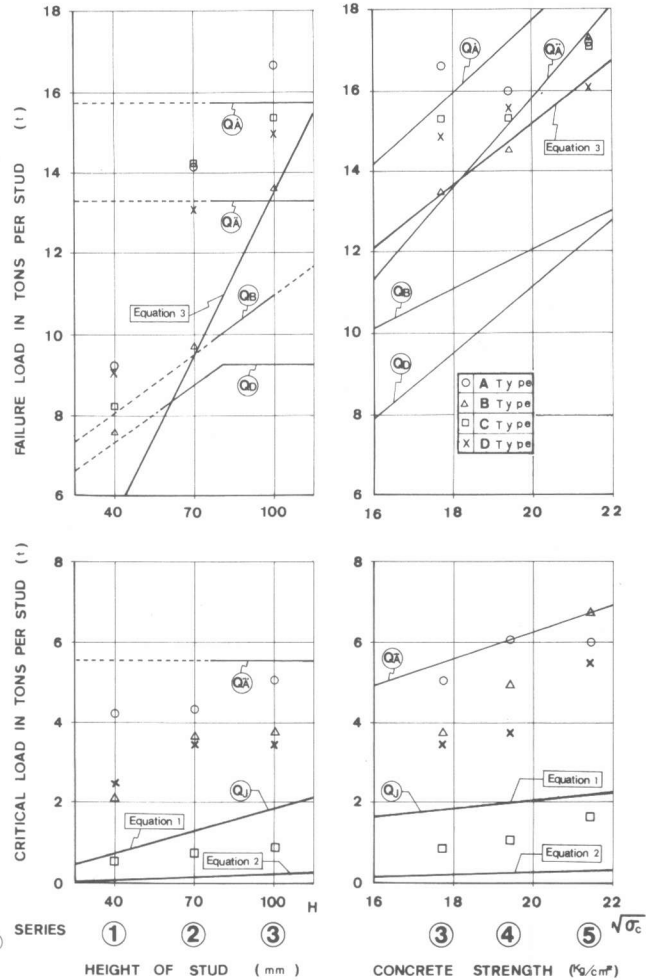


図4. スタッド1本当たりの破壊・限界荷重とスタッドの高さおよびコンクリート強度との関係