

I-A 436 スタッドの強度特性に及ぼす応力履歴の影響

摂南大学工学部 正員 平城弘一

大阪大学工学部 正員 松井繁之 日本スチールヘルシグ 正員 三好栄二

1. まえがき 合成桁橋のスタッドは、供用開始後、活荷重により生じる応力履歴を受けた状態にある。スタッドの設計せん断強度は、一般に多くの既往の押抜き試験結果に基づいて決められている。しかし、その時の押抜き試験は、いずれもスタッドに予め応力履歴を与えないで試験されたものばかりである。ここで、スタッドは柔なずれ止めに属している。そのため、供用中に鋼とコンクリートとの接触面にずれが発生することも予想される。近年、わが国においても設計方法が、諸外国に倣って限界状態設計法への移行に向けて検討しつつある。そして、スタッドのような柔なずれ止めが合成桁に適用された場合、ずれを認めた合成理論の方が、より現実に近い挙動を把握するのに有利な解析法であるとの認識が定着しつつある。そこで、既設橋梁に想像される鋼とコンクリートとの合成度の経年変化を考慮した設計を行うには、スタッドの強度特性、特にずれ性状に及ぼす応力履歴の影響を明らかにしておく必要がある。

本研究では、静的押抜き試験に先立って、スタッドに応力履歴（繰返しせん断力+繰返し回数）を与え、スタッドの強度特性（せん断耐荷力およびずれ性状）に及ぼす影響度を明らかにした。

2. 試験体の種類および試験方法 試験体は、スタッドの全高の違いでAとBの2シリーズに分類される。なお、スタッドの軸径は、両シリーズとも $\phi 19\text{mm}$ とし同一のものを使用した。試験体の種類と強度特性を表-1に示す。押抜き試験体の形状寸法および試験要領は、現在、日本鋼構造協会で検討中の「頭付きスタッドの標準押抜き試験方法」に合致させている。そして、本研究で得られた試験データの活用は、JSSCが構築する予定の「スタッドに関するデータベース」の蓄積に役立てることを念頭においている。

今回、予めスタッドに与える応力履歴として、繰返し回数はすべて 200万回とし、作用せん断力範囲は道路橋示方書で規定されている許容せん断力(Q_a)の係数倍(0.0, 0.8, 1.0, 1.2および1.3)で変化させた。応力履歴は油圧サーボ形疲労試験機を用いて、下限荷重1.0tonfを一定に保ち、上限荷重を種々変化させて作用させた。載荷速度は、5.0Hzを標準とした。静的押抜き試験は、変位を制御して、漸増繰返し載荷法と単調増加載荷法で行った。

表-1 試験体の種類と強度特性

シリーズ	スタッド (mm)		コンクリート (kgf/cm ²)	
	直径d	全高H	圧縮強度 σ_c	ヤング係数E _c
A	19	100	393	2.34×10^5
B	19	130	300	2.27×10^5

3. 試験結果および考察

Aシリーズに対するスタッド1本当たりのせん断力(Q)と相対ずれ(δ)の関係を図-1に示す。この図から明かなように、応力履歴が $1.0 \cdot Q_a$ 以下の場合、ずれ曲線がほとんど相違がないことが分かる。しかし、応力履歴が $1.0 \cdot Q_a$ 以上になると、その増加に伴い、ずれ性状に大きく影響を与えることが分かる。このことより、スタッドは許容せん断力以下で、200万回の繰返し回数の応力履歴を受けても、ずれ性状への影響が小さいことが分かった。

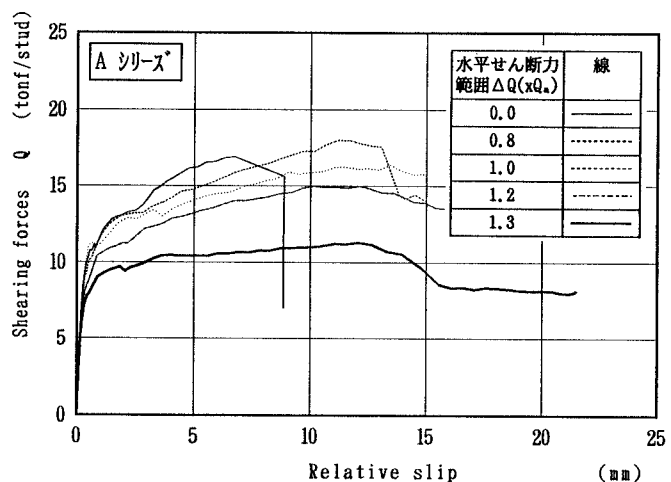


図-1 スタッドのせん断力と相対ずれの関係 (Aシリーズ)

表-2にスタッドのずれ定数を示す。なお、ずれ定数は $Q-\delta$ 関係における $Q_{max}/3$ 荷重点の初期割線剛性から求めたものである。これより明らかなように、A, Bシリーズとも応力履歴が $1.0 \cdot Q_a$ 以上となると、ずれ性状が急激に低下することが分かる。

図-2に本試験で観察されたスタッドの破壊形式を示す。破壊形式として、2種類に大別できる。1つはこれまで応力履歴を受けない静的押抜き試験で見られた形式で、溶接余盛りを残し、その上部でスタッド軸部がせん断破壊するもので、ここでは「静的」と称する。

もう1つは通常、疲労試験で観察できる破壊形式で、母材側熱影響部に沿って疲労クラックが進展するものである。この破壊形式を詳細に観察すると、クラックの始点が違っている。ここでは、初期クラックがスタッド側止端部から入り、クラックがスタッド側の熱影響面に沿って進展するものを「疲労①」と、同じく母材側止端部から入り、クラックが母材側の熱影響面に沿って進展するものを「疲労②」と称する。

表-3に、各シリーズ・応力範囲の破壊荷重および破壊形式を示す。これより、両シリーズとも応力履歴が $1.0 \cdot Q_a$ 以上になると、ずれ性状の場合と同様に、破壊荷重も大きく低下することが分かる。破壊形式に注目すると、応力履歴を受けていない試験体では「静的」を示していた。しかし、応力履歴を受けた試験体では、静的押抜き試験であっても、ほとんどが「疲労①」と「疲労②」であった。

図-3は、スタッドのずれ定数($K_{st}^{0.0}$)とせん断力範囲(ΔQ)との関係を示したものである。この図より明らかなように、スタッドのずれ定数は、応力履歴が $1.0 \cdot Q_a$ 以上になると、急激に低下していることが分かる。また、応力履歴が $1.0 \cdot Q_a$ の結果も、 $0.0 \cdot Q_a$ の結果に比較して、約10%程度低下することが確認できた。

本研究において、元摂南大学の丸山啓一君と宮崎貴士君のご協力があったことを記し、謝意を表します。

表-2 スタッドのずれ定数

シリーズ	応力履歴	ずれ定数 $K_{st}^{0.0}$ (tonf/cm)
	水平せん断力範囲 $\Delta Q(xQ_a)$	
A	0.0	220.0
	0.8	234.0
	1.0	214.2
	1.2	136.6
	1.3	120.8
B	0.0	198.0
	0.8	204.0
	1.0	175.0
	1.2	116.4

$K_{st}^{0.0}$: $Q-\delta$ 関係の $Q_{max}/3$ 荷重点の初期割線剛性(折戻数)

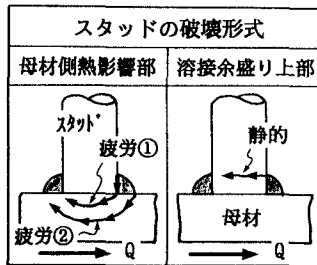


図-2 スタッドの破壊形式

表-3 応力履歴、破壊荷重および破壊形式

シリーズ	応力履歴(Q_a):許容せん断力)		破壊荷重 Q_u (tonf/本)	破壊形式
	水平せん断力範囲 $\Delta Q(xQ_a)$	繰返し回数 $N(x10^4)$		
A	0.0	200	16.75	静的
			15.65	静的
			16.85	静的
	0.8	200	16.42	静的
			18.35	疲労①
			18.63	疲労②
			15.38	静的
			17.45	疲労②
	1.0	200	19.08	疲労②
			17.40	疲労②
			16.18	静的
	1.2	200	17.55	疲労②
			15.43	疲労②
			9.80	疲労①
B	0.0	200	17.28	疲労②
			14.17	疲労②
			11.85	疲労②
	0.8	200	16.18	疲労②
			14.73	静的
			11.13	静的
			14.01	静的
			14.10	静的
	1.0	200	16.85	疲労②
			14.78	静的
			15.24	疲労②
	1.2	200	14.08	疲労②
			16.05	静的
			14.30	疲労②

*) Aシリーズ: $Q_a=2072\text{kgf}(Q_a=5.5d_s h_s \sqrt{\sigma_c}(h_s/d_s=5.26))$;
Bシリーズ: $Q_a=1876\text{kgf}(Q_a=30d_s^2 \sqrt{\sigma_c}(h_s/d_s=6.84))$

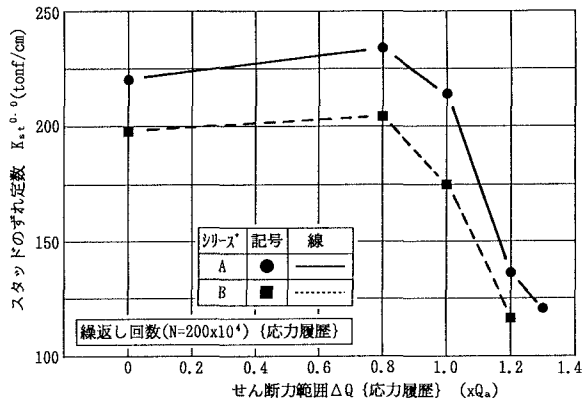


図-3 ずれ定数とせん断力範囲の関係