

I-127

スタッドジベルによる鋼・コンクリート継手構造の疲労強度と剛性低下について

大成建設株式会社 正員 蟹江俊仁 正員 池尻一仁
正員 大前 博
運輸省船舶技研 正員 松岡一祥

1. はじめに

本研究は、コンクリートと鋼とが、スタッドジベルにより一体化された継手部分を取りあげ、繰返し荷重作用下での耐力ならびに剛性の低下について実験及び検討を行ったものである。尚、繰返し荷重は、波浪等による荷重作用を考慮して両振り載荷を採用した。

2. 実験方法

2.1 供試体及び実験ケース

実験は、図1に示すようなPUSH OUT試験体を用い、静的強度試験及び疲労強度試験を行った。スタッド本数は、両試験共に1本、3本の2種類である。静的強度試験及び疲労強度試験の実験ケースを表1に示す。

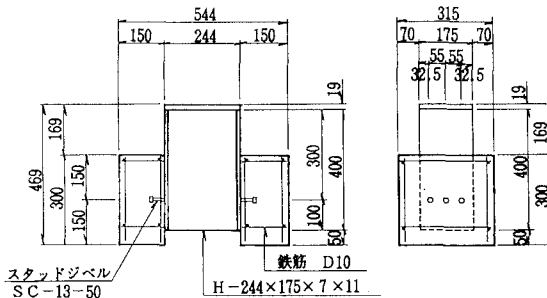


図1 供試体概要図

表1 実験ケース

試験種類	スタッド本数	供試体数	振動数 (Hz) (周期:sec)
静的強度試験	3本	3体	—
	1本	3体	
疲労強度試験	3本	5体	2 (0.5)
	1本	4体	

2.2 計測項目及び計測方法

計測項目及び計測方法を表2に示す。

表2 計測項目及び計測方法

計測内容	計測項目	計測方法・装置
載荷荷重	載荷荷重	ロードセル
鋼-コンクリートのずれ変形	ずれ変形	電気抵抗型変位計
ひびわれ状況	ひびわれの進展	目視

3. 試験結果

3.1 静的強度試験結果

スタッド3本の場合の荷重-ずれ変形関係を図2に示す。継手部の破壊は、スタッドの破断によるもので、コンクリートのひびわれは殆ど観測されなかった。図2より、ずれ変形量は荷重の増加に従い、当初は弾性的に増加するが降伏点をすぎると荷重増加に対して変形量が増

大していく。これは、スタッドのもつ高い靱性が十分に発揮された結果と考えられ、継手部の破壊がスタッドの破断によることを裏付けするものと判断できる。

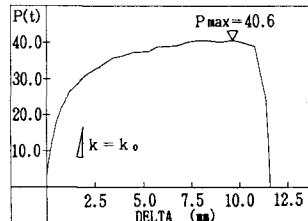


図2 荷重-ずれ変形
(スタッド3本 S3-2)

3.2 疲労強度試験結果

疲労強度試験結果を表3、図3に示す。疲労試験においても、継手部の破壊はスタッドの破断により起こり、コンクリートのひびわれは殆ど観測されなかった。また、スタッド本数の差異による継手部耐力の低下に対する影響は顕著でなく、ほぼ同等といえる。これに対し松井ら¹⁾の行った片振りの試験結果と比べると、両振り載荷の場合の耐力低下は顕著であり、繰返し回数 2×10^6 付近での両者の差は50%に達する。

表3 繰返し荷重及び破断回数

スタッド本数	静的強度 Q_u (t)	振動数 (Hz)	供試体名称	荷重振幅 S (t)	載荷重 (t)	1本当り荷重強度 (t)	繰返し回数 N (回)
3	42.9	2	D3-5	40	± 8.64	± 1.44	2.6×10^4
			D3-1	35	± 7.56	± 1.26	3.7×10^4
			D3-2	30	± 6.48	± 1.08	8.2×10^4
			D3-3	25	± 5.40	± 0.90	2.7×10^5
			D3-4	15	± 3.24	± 0.54	1.56×10^6
1	13.7	2	D1-1	35	± 2.42	± 1.21	4.0×10^4
			D1-5	30	± 2.08	± 1.04	8.7×10^4
			D1-3	25	± 1.72	± 0.86	3.0×10^5
			D1-4	15	± 1.04	± 0.52	3.5×10^6

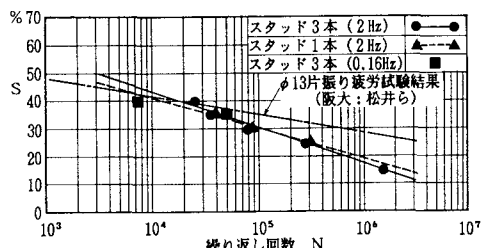


図3 S-Nカーブ

4. 剛性低下の評価

図4は繰返し試験時に計測した荷重-ずれ変形図の一例を示したものである。いずれの疲労試験においても荷重-ずれ変形については、図4と同様の関係が得られている。継手部の挙動の特徴は、載荷重方向が逆転する付近で大きく変形が進み、その変形量も繰返し回数を増すにつれ大きくなっていく。また、荷重レベルの高いところではずれ変形量の増加が小さくなり、継手部バネ定数（荷重/ずれ変形量）が見掛け上大きくなったかのように挙動する。この関係を模式的に示したものが図5である。すなわち、繰返しを重ねるにつれ、スタッド周辺にはコンクリートの支圧変形による隙間が生じ、載荷方向の逆転する付近では、スタッドの曲げ及びせん断変形が支配的となる。（図6 参照）しかし、スタッドとコンクリートとの接触がなされるとコンクリートの支圧変形が卓越するため荷重増加に対する変形量が小さくなる。図4中の破線は、静的強度試験における継手部バネ係数を示しており、繰返し回数が増加しても余り変化しない。このことから、継手部の剛性低下を繰返し回数により増加していく変形量 δ_p と、繰返し回数にかかわらず一定の値 k （＝静的強度試験での継手部バネ係数）の組み合わせで評価することとした。変形量 δ_p は次式により定義する。

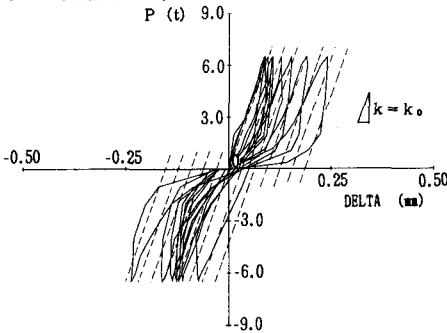


図4 荷重-ずれ変形曲線（D3-2）

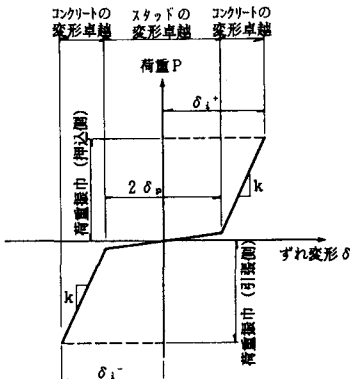


図5 荷重-変形履歴曲線模式図

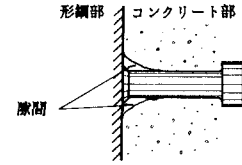


図6 繰返し載荷時のコンクリートの支圧変形

$$\delta_p = \frac{1}{2} \left\{ \left(\delta_i^+ - \frac{p^+}{k} \right) + \left(\delta_i^- - \frac{p^-}{k} \right) \right\}$$

p^+, p^- : 押込側, 引張側の繰返し荷重値。

δ_i^+, δ_i^- : p^+, p^- の時のずれ変形量。

k : 静的強度試験で求めた継手部バネ係数。

図7は、横軸を破壊くり返し回数で無次元化した時の換算 δ_c を表す。

$$\delta_c = \delta_p / S$$

S : 各実験ケースの荷重振幅と静的強度の比

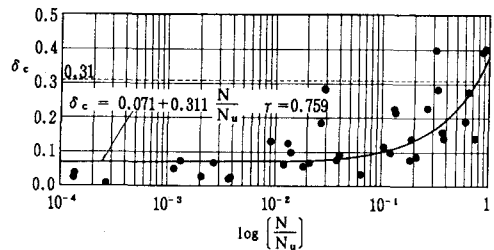


図7 繰返し回数-変形量の関係

5. まとめ

本研究におけるスタッドジベルによる鋼・コンクリート継手構造の疲労強度と剛性低下について実験及び検討を行った結果、以下の結論を得た。

- ①スタッド本数の差異による耐力低下は顕著でない。
- ②両振り試験は、片振り試験に比べ耐力低下が著しく、繰返し回数が100万回付近での差は50%程度に達する。
- ③継手部の剛性評価は、継手部バネ係数の弱い部分と強い部分の合成で評価することが可能である。この時、バネ係数の強い部分は静的強度試験で得られたバネ係数に近く、繰返し回数に依らずほぼ一定である。これに対し弱い部分での変形量は、繰返し回数が増えるにつれ大きくなる。

なお、本研究は（社）日本造船研究会SR 205研究部会での研究の一部として行われた。

（参考文献）

- 1) 松井繁之 他：合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，PP.91-98，1986
- 2) 平城弘一 他：合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，PP.81-89，1986
- 3) 赤尾親助 他：土木学会論文集，第380号，1987
- 4) 沢野 他：土木学会論文報告集，No.174，1970。