

アングルジベルの水平せん断ずれ性状および疲労強度に関する実験的研究

日本道路公団試験研究所 正会員 井ヶ瀬 良則

日本橋梁建設協会 正会員 ○鈴木 俊光

日本道路公団試験研究所 正会員 鈴木 永之

日本橋梁建設協会 正会員 谷中 聡久

1. はじめに

鋼桁とコンクリート床版の接合構造としてはスタッドジベルを用いる構造が一般的であるが、近年この接合構造の一つとして耐荷力に優れるとされるアングルジベル方式の採用が検討されつつある。しかしながら、実設計においてアングルジベル方式を採用するにあたっては、その耐荷力・疲労特性を十分に把握する必要がある。本研究では、アングルジベル接合構造の合理的な設計法を提案するための基礎データの構築を目的とし、橋軸方向静的押抜きせん断試験および疲労試験を実施したのでその結果について報告する。なお比較のため、スタッドジベル接合構造についても押抜きせん断試験および疲労試験を併せて実施している。

2. 実験概要

アングルジベル試験体図を図-1 に、試験体諸元および種類を表-1,2 に示す。表-2 のコンクリート強度は、数多く実施した材料試験結果の対数近似曲線から求めた値であり、各々の試験実施日における強度である。試験は押抜きせん断試験 15 体、疲労試験 18 体の合計 33 体について実施した。各試験体のパラメータとしては、1)補強 U 字鉄筋の有無、2)引抜き力作用の有無、3)破壊性状の違い を設定した。疲労試験においては上記 1)、2)をパラメータとし、押抜きせん断試験においては 1),2)に加え 3)としてアングル溶接脚長を 9mm から 4mm とした供試体を 3 体準備した。引抜き力については、U 字筋なしアングルジベル試験体の静的引抜き試験¹⁾より得られた結果から、129.7kN(最大引抜き耐力 T の 50%)、64.9kN(最大引抜き耐力 T の 25%)を設定した。引抜き力は、両コンクリートブロック間をねじで拘束し、PC 鋼棒に圧縮力を導入することで与えた。なお、スタッドジベル試験体ではφ22 の頭付きスタッドを 90mm 間隔で 4 本打設している。

3. 実験結果

(1) 静的載荷試験（押抜きせん断試験）

試験は文献 2)に従い、漸増繰返し載荷法にて実施した。試験より得られた結果を図-2 の棒グラフに示す。図中の折れ線(右縦軸)は、スタッド 1 本に対する比率を示している。なお、降伏せん断耐荷力および弾性ずれ剛性の算出においても文献 2)に従っている。同図より、すみ肉溶接サイズの違い (LANN-4mm, LANN-9mm) を比較すると、最大せん断耐荷力の差異は小さく、耐荷力がアングル溶接脚長により決定されていないと考えられる。また、U 字筋の有無 (LANN-9mm, LAUN) を比較すると、最大せん断耐荷力、降伏せん断耐荷力ともに、U 字筋あり試験体 (LAUN) の方が 1 割ほど大きくなっているものの、弾性ずれ剛性は逆に U 字筋なし試験体の方が 1 割ほど大きくなっている。さらに、引抜き力導入の効果 (LANN-9mm と LANH, LANF, もしくは LAUN と LAUH, LAUF) を比較すると、最大せん断耐荷力、降伏せん断耐荷力ともにほぼ差異の無い結果となった。これは、漸増繰返し中の除荷時において、常に引抜き力を再導入し続けたものの、試験体は鋼フランジ

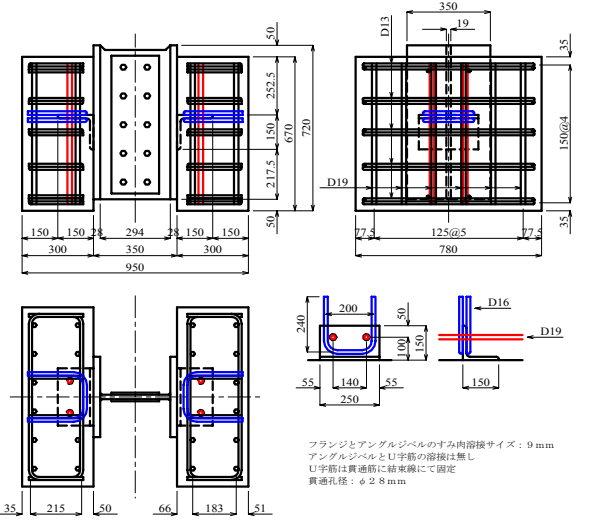


図-1 試験供試体図

表-1 試験体諸元

	材質、規格	材質・強度
コンクリート	普通コンクリート	$\sigma_{ck}=40\text{N/mm}^2$
軸方向鉄筋	D19	SD345
配力筋	D13	SD345
アングルジベル	L-150×150×15×250	
貫通筋	D19	SD345
U字筋	D16	SD345
スタッドジベル	φ22×200	SS400
フランジ鋼板	t=28mm or 22mm	SM490
ウェブ鋼板	t=19mm or 16mm	SM490

表-2 試験体の種類および試験体数

ずれ止め構造	引抜き作用力	供試体数		試験体名称	コンクリート強度 (N/mm ²)
		静的	疲労		
U字筋無 アングルジベル	なし	3	0	LANN-4mm	50.2
		4	5	LANN-9mm	51.8
	0.25T	1	2	LANH	57.9
	0.50T	1	2	LANF	58.0
U字筋有 アングルジベル	なし	3	3	LAUN	52.6
	0.25T	1	2	LAUH	57.9
	0.50T	1	2	LAUF	58.0
スタッドジベル	なし	1	2	LSNN	52.9

キーワード:アングルジベル, 橋軸方向せん断耐力, 疲労強度, 引抜き力
連絡先:三菱重工業(株) 横浜製作所(〒231-8715 横浜市中区錦町 12 TEL 045-629-1387 FAX 045-629-1398)

とコンクリートブロック間に関きを生じながら破壊に至り、最大せん断耐力付近では、ほとんど引抜き力が作用していなかったことに起因する。しかし弾性ずれ剛性は、引抜き力の大きさとともに低下する結果となっており、初期荷重域では引抜き力が有効に作用していたことを示す結果であると考えられる。一方、スタッドジベル試験体（LSNN）とアングルジベル試験体の最大せん断耐力を比較すると、アングルジベル 1 個あたりの最大せん断耐力は、 $\phi 22$ スタッドジベルのおよそ 8 本分に相当する結果となった。アングルジベル試験体の破壊形態はすべてコンクリートの圧壊であった。ただし、最大耐力到達後も載荷を続行した試験体においては、アングルジベルのウェブ根元での破断が観察された。また、スタッドジベル試験体は、スタッドの破断により破壊に至った。

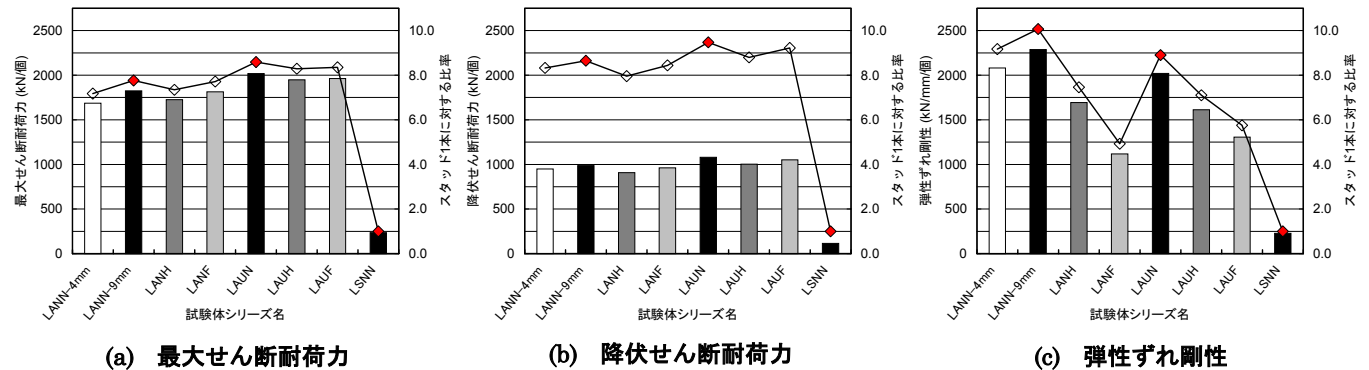


図-2 橋軸方向押抜き試験体の静的載荷試験結果

(2) 疲労試験結果

静的載荷試験終了後、疲労試験を実施した。試験は片振り圧縮とし、下限荷重を 10kN として、上限荷重を試験体ごとに設定した。荷重は正弦波で与え、周波数は 3.0~5.0Hz とした。疲労試験により得られた結果を図-3 に示す。図中には、U 字筋なしアングルジベル試験体（LANN）について近似曲線を示した。なお、縦軸のせん断力振幅は、1 面あたりに作用したせん断力振幅とし、荷重振幅の 1/2 としている。

これより、引抜き力を導入しないアングルジベル試験体（LANN, LAUN）においては、U 字筋の有無による明確な差異は確認できない。また、引抜き力を導入した LANH, LANF, LAUH, LAUF の各シリーズが、引抜き力を導入しない試験体よりも、同等の荷重振幅で破壊までの繰返し回数が多い結果となっている。これは、実際の応力振幅が載荷荷重と引抜き力による発生応力の和で与えられるのに対して、作用引抜き力が常時一定ではなく、上限荷重時よりも下限荷重時に卓越していたために、実際の発生応力振幅が引抜き力なしの試験体と比べて小さくなっていたためと考えられる。また、スタッドジベル試験体（LSNN）については、アングルジベル試験体よりも、同等のせん断力振幅に対する破壊までの繰返し回数は少ないという結果になった。ただし、スタッドジベル軸部の断面積がアングルジベルの有効断面積よりも小さいと仮定をすると、応力振幅で評価した場合、スタッドジベルの方が破壊までの繰返し回数は多くなることが予想される。

なお、アングルジベル試験体では、疲労亀裂はアングルジベルコーナー部のフランジ側 R 部に発生し、アングルジベル背面のすみ肉溶接部に進展して、鋼フランジ部にアングルジベルの底部のみ残存させるように破壊に至った。また、スタッドジベル試験体では、疲労亀裂はスタッド根元部に発生した。

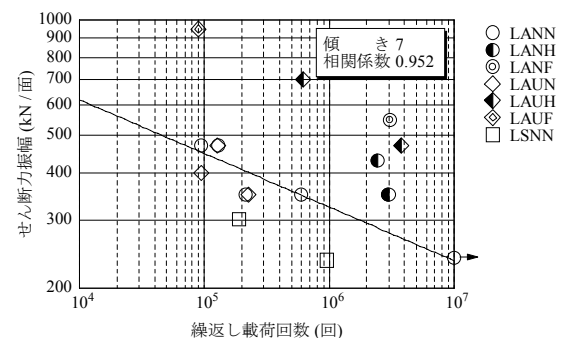


図-3 せん断力振幅—繰返し回数

4. まとめ

- (1) アングルジベル 1 個あたりの最大せん断耐力は $\phi 22$ スタッドジベルの約 8 本分であると考えられる。
- (2) アングルジベルの単独および引抜き力の有無による疲労特性については、破壊形態および発生応力度等の観点より、スタッドジベルの疲労特性との比較検討を加えながら検証を行っていく必要がある。

本試験は、日本道路公団試験研究所と（社）日本橋梁建設協会による共同研究「鋼橋の接合部に関する研究」の一環として行われたものであり、委員各位に貴重なご意見をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 井ヶ瀬ら：引抜き力を受けるずれ止め構造についての実験的研究，土木学会第 57 回年次学術講演会，2002.9.，2) 頭付きスタッドの押抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状，JSSC テクニカルレポート，No35,1996.11.，3) 鋼構造物の疲労設計指針・同解説，（社）日本鋼構造協会，1993.4.