

I-254

長締め高力ボルト引張接合による梁継手に関する研究

櫻田機械工業（株） 正員 山中和明 櫻田機械工業（株） 正員 利守尚久
同 上 正員 遠藤秀臣 同 上 正員 渡部鐘多朗

1. 試験目的

本研究は、橋梁のブラケット部の継手や脚の隅角部の継手などに実施例がある、長締め形式でエンドプレート型の高力ボルト引張接合部を対象として、その基礎的な性状を調べようとするものである。エンドプレート接合部に作用する外力のうち支配的なものは曲げモーメントとせん断力であり、これらが作用したときの接合部の性状が最も重要となる。本試験では、梁-梁継手に関して、せん断試験と曲げ試験を行ない、前者は摩擦耐力に関し、後者は主として離間荷重に関して、接触面の仕上げ状態とボルト配置をパラメータにとり、調査することを目的とした。

2. 試験概要

試験体は、H-244×175×7×11(SS41)を母材とした図-1に示すような構造である。継手部を構成する板要素は、板厚19mmのEnd Plate（以後E・Pと略す）とBase Plate（B・Pと略）および板厚12mmのRib Plate（R・Pと略）などである。ボルトは4本対象配置とし、せん断試験時にM16(F10T)を用い、曲げ試験ではM20(F10T)を使用した。

本試験でのパラメータは、継手形状（主としてボルト配置）と接触面の状態である。継手部の形状は、図-2に示すように（1）リブをフランジ間の中央に配置したAタイプ、（2）ボルトをフランジ側に寄せリブを2枚配置したBタイプ、（3）ボルトをフランジの外側に配置したCタイプの3種類である。また、接触面の状態は（1）機械仕上げを行ない接触面の密着性を良くしたFタイプ、（2）サンダーがけしたのち放置して赤錆状態にしたRタイプ、（3）ショットブラスト処理したSタイプの3種類とした。

せん断試験は、Aタイプの試験体を用いて、接触面の仕上げ状態が異なるF・R・Sタイプの3種類について、図-3に示す載荷方法により行なった。曲げ試験は、継手形状の異なるA・B・Cの3タイプに対して、接触面を仕上げたFタイプと仕上げないRタイプについて、純曲げ載荷により行なった。BとCタイプでは、ボルト全数（4本）に張力を導入した場合と引張側の2本のみに張力導入した場合についても比較した。荷重載荷は静的繰返し載荷とした。せん断試験と曲げ試験時の試験体の種類とボルト初張力等の試験条件を表-1にまとめて示した。

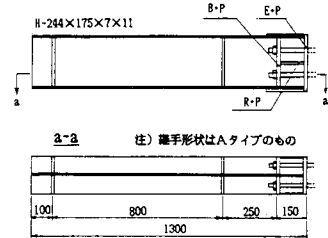


図-1 試験体の形状

表-1 試験体の種類と試験条件
せん断試験

試験体名	継手形状	接触面状態	接触面粗さ	接触面積比	ボルト初張力
A-F	Aタイプ	Fタイプ	Ra=30μm	100%	11.2t
A-R	Aタイプ	Rタイプ	Ra=98μm	3.2%	6.2t
A-S	Aタイプ	Sタイプ	Ra=93μm	1.7%	6.2t

曲げ試験

試験体名	継手形状	接触面状態	張力導入 ボルト本数	ボルト初張力
A-F-4	Aタイプ	Fタイプ	4	17.3t
A-R-2		Rタイプ		
B-F-4		Fタイプ	4	
B-F-2			2	
B-R-4	Bタイプ		4	
B-R-2			2	
C-F-4	Cタイプ	Fタイプ	4	
C-F-2		2		
C-R-4		Rタイプ	4	
C-R-2			2	

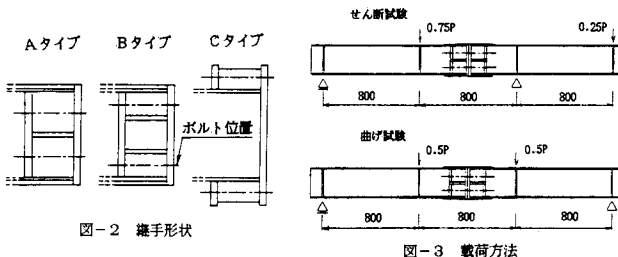


図-2 継手形状

図-3 載荷方法

3. 試験結果および考察

3.1 すべり係数

せん断試験から得られたすべり係数値を図-4に示した。接触面を仕上げた試験体A-Fでは、緩速なすべりを生じ、すべり係数は0.14~0.16であった。これに対して他の2体では、すべり音を伴う急激なすべりを生じ、すべり係数は試験体A-Rで0.53~0.69、試験体A-Sで0.46~0.59と高く、既往の摩擦接合継手の実験結果にほぼ匹敵する値であった。

3.2 初期圧縮歪の分布

ボルト初張力導入時の継手断面の歪分布を図-5に示す。ここで着目している断面はB・PとE・Pの中間部である。Aタイプの継手形状の場合、文献1)の結果と同様に、R・Pに応力が集中するためフランジ部の歪は小さい。フランジ部にも均等に圧縮歪を発生させるべく配慮したBタイプでは、ボルトによって導入される圧縮力がフランジ側とリブ側に分配されていた。ボルトをフランジの外側に配置したCタイプでは、初期圧縮歪はさらに継手部の下縁に確実に導入され、最も大きな圧縮歪を生じていた。

3.3 作用モーメントとボルト付加張力

離間前の弾性的挙動範囲において、引張側のボルト張力Bと作用モーメントMの関係式は次式で与えられる。2)

$$\frac{B}{B_0} = 1 + \alpha \cdot \frac{M}{B_0 \cdot b}$$

ここで B_0 : ボルト初張力 b : ボルト間隔 α : 付加張力係数
 $= I_B / I$ I : 継手部の断面2次モーメント
 I_B : ボルトの修正断面2次モーメント

図-6に示した計算値²⁾および試験結果からわかるとおり、

作用モーメントとボルト付加張力の関係は、離間前では直線関係にあるが、接触面に離間を生じるとボルト付加張力は急激に増加する。

ボルト付加張力係数はAタイプの場合で2~4%程度とその値は小さく、かつボルト初張力の減少率は離間前において0.5%未満であった。文献3)の報告と同様に、ボルト付加張力やボルト初張力の減少率には接触面の仕上げ状態による影響が表れていた。しかし、その値は僅かであり、曲げモーメントを受ける長締め引張ボルト接合部に関しても、離間前の弾性的挙動範囲ではボルト張力の変化はほとんどない。

3.4 離間荷重

ボルト付加張力が急激に増加し始めるときの荷重から求めた離間荷重と、文献2)で示された計算上の離間荷重を比較して表-2に示した。ここで、計算値は初期圧縮応力が断面内に一様に分布すると仮定し、継手部の下縁でその応力が解除されるとき荷重として求めた値である。

表-2からわかるとおり、離間荷重はボルト間隔が大きいくほど増加し、接触面を仕上げない方が仕上げた場合より大きい。また、引張側のみにボルト張力を導入した場合の離間荷重は、全ボルトに張力を導入したときの値と大差なかった。離間荷重は、主として継手部下縁に導入される初期圧縮応力の大きさと継手部の有効断面2次モーメントに左右されるが、初期圧縮歪が確実に継手部下縁に導入された試験体での離間荷重は、計算値より大きくなっていた。

〔謝辞〕本研究にあたって種々の有益なご助言をいただいた武蔵工業大学の西脇教授に深く感謝致します。

=== 参考文献 ===

- 1) 仲・加藤・他：高張力鋼ボルト結構材の実験，日本建築学会関東支部第35回学術研究発表会，1964.5
- 2) 吉本：高張力ボルトによる新しい接合—引張接合について—，櫻田研究報告第4号，1965.9
- 3) 西脇・増田・皆川・他：高力ボルト引張接合・長締め形式に関する研究（その1~4），土木学会第39~42回年次学術講演会概要集，1984~1987

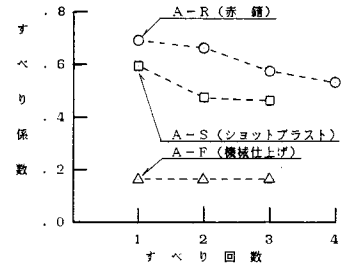


図-4 すべり係数

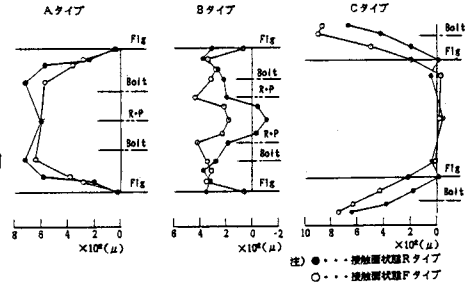


図-5 初期圧縮歪の分布

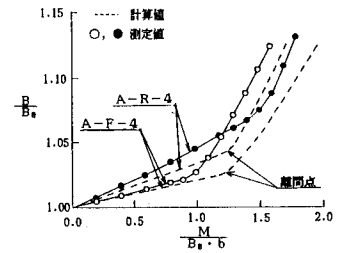


図-6 作用モーメントとボルト付加張力の関係

表-2 離間荷重

試験体名	離間荷重P (t)	
	実測値	計算値
A-F-4	9	14.2
A-R-2	14	
B-F-4	9	13.0
B-F-2	9	
B-R-4	16	
B-R-2	16	
C-F-4	24	17.1
C-F-2	25	
C-R-4	26	
C-R-2	26	