

高力ボルト摩擦接合引張継手の変形能

駒井鉄工（株） 正員 播本章一 大阪大学工学部 正員 西村宣男
駒井鉄工（株） 正員 秋山寿行 大阪大学工学部 正員○亀井義典

1. はじめに

現在、鋼構造物の設計書式が、従来の許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行しようとしている。限界状態として終局限界状態を考える場合、構造物の終局耐力および変形能力が重要な問題であると考えられており、特に、地震大国の我国においては、部材が塑性化した後、その延性によりエネルギーを吸収し構造物の倒壊を防ぐという観点から、変形能に対する研究が注目されている。しかし、我国における変形能に関する研究は、鋼構造の主要な構成要素である板や梁柱等の部材に重点がおかれており、これら部材間の連結部については、十分な配慮が成されているとは考えにくい。

既往の高力ボルト摩擦接合引張継手に関する研究は、主としてすべり耐力に着目したものが多く、しかし、継手部はすべり以後も大きな耐荷力及び変形能力を有しており、すべり現象が必ずしも構造物に対し致命的な損傷を与えるとは限らない。本報告は、継手を含む部材の弾性限界以後の挙動に着目し、主として弾性限界と終局耐力の関係および変形能について考察を試みるものである。

2. 継手モデル

本報告で対象とした継手は、大阪大学で実施された高力ボルト摩擦接合引張継手試験で使用した供試体に準じている。継手タイプとしては、母材および添接板が弾性状態において、接触面のすべりが発生するAタイプ、すべりが発生する以前に添接板が降伏に達するBsタイプ、同様に、母材が降伏に達するBsタイプ、そして、母材及び添接板の降伏強度とすべり耐力が設計上等しいCタイプの4タイプを考えている。供試体の概要および実験結果については、文献1)を参照されたい。

3. 変形能に関する考察

図-1にA、Bfタイプの継手及び継手を含まない部材の応力-ひずみ関係、図-2に継手を含む部材の応力-ひずみ関係、表-1に図-2に対応した、部材の見かけの弾性係数、降伏比、靱性率（以下、見かけを略して称す）を示す。なお、図表中の l は継手長、 L は部材全長を表し、 l/L の算出においては継手長を各タイプで一定とした。継手形式は何れも片側6本配置の高力ボルト摩擦接合引張継手であり、Aタイプのみは少列側を4本配置とした。また、部材一般部は継手部の母材と等しい鋼種、断面とした。

Aタイプは、母材、添接板間のすべりによって弾性限界が定まり、ボルトの破断により崩壊に至る。ボルトの破断強度は継手のすべり耐力に対しかなり大きな値を有しており、そのため降伏比は小さな値を呈す。しかし、継手を構成する鋼板は継手崩壊後も健全となるよう設計されており、継手の弾性限前後における剛性の変化は微小である。一様伸びに対する初期剛性及び主すべりの影響は、部材長に対して継手部の占める割合が大きくなる程大きくなるが、破壊時における鋼板の伸びが期待されないため部材全体の変形能は小さい。

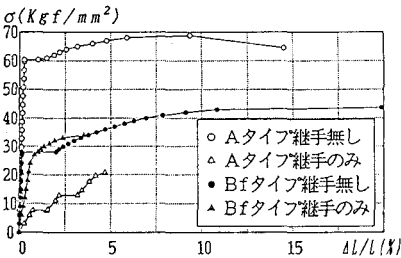


図-1 継手および継手を含まない部材の応力-ひずみ関係

表-1 継手を含む部材の変形能

タイプ	l/L	弾性係数	降伏比	靱性率
		$E(x10^4 \text{ kgf/cm}^2)$	σ_y/σ_u	$\mu = \epsilon_y/\epsilon_u$
A	0.05	1.124	0.370	4.708
	0.10	0.740	0.370	5.335
	0.15	0.549	0.370	5.642
	0.20	0.437	0.370	5.824
Bf	0.05	1.772	0.750	25.842
	0.10	1.514	0.744	22.114
	0.15	1.321	0.732	19.575
	0.20	1.172	0.735	17.191
Bs	0.05	1.455	0.754	2.992
	0.10	1.113	0.746	3.920
	0.15	0.902	0.746	4.450
	0.20	0.758	0.746	4.807
C	0.05	1.485	0.640	16.822
	0.10	1.205	0.640	14.907
	0.15	1.104	0.640	13.605
	0.20	0.876	0.640	12.663

Shoichi HARIMOTO, Hisayuki AKIYAMA, Nobuo NISHIMURA and Yoshinori KAMEI

B s タイプは、添接板の降伏および破断によって弾性限界、終局限界が定まる。弾性限界、終局限界共に添接板の強度に依存するため、降伏比は添接板の最小断面が有する値とほぼ等しくなる。一樣伸びに対する初期剛性及び主すべりの影響は、Aタイプ同様、継手の割合が大きくなる程助長され、添接板の伸びもある程度は期待できるが、添接板破断時における母材及び部材一般部の伸びは極めて小さく、局所的現象である添接板の降伏が部材全体の変形能に及ぼす影響は小さい。

B f タイプは、母材の降伏および破断によって弾性限界、終局限界が定まる。継手部のボルト孔による断面欠損は、弾性限荷重に対しあまり寄与しないが、終局時においてはその影響が著しく、部材の終局耐力が低下するため、降伏比は大きな値となる。しかし、弾性限以後の勾配は材料のひずみ硬化勾配とほぼ等しい値を呈しており、比較的変形能が確保される。

本報告で採用したCタイプの継手は、すべりによって弾性限界が定まり、母材の破断によって終局時に至る。B f タイプと同様に母材破断型ではあるが、鋼板降伏によるポアソン効果の影響でボルトの軸力抜けが促進されるため弾性限界においてすべりが先行するかたちとなり、B f タイプよりも降伏比が小さな値となる。このタイプの継手では母材、添接板双方の伸びが期待でき、部材降伏後の見かけのひずみ硬化勾配も小さな値となる。そのため部材全体の一樣伸びは比較的確保されるが、継手の占める割合が小さくなる程、すべり棚の影響が緩和されるため、一樣伸びにバラツキが生じる。本報告では、 l/L の値が0.15以下の部材で、一樣伸びがB f タイプよりも劣っている。

4. まとめ

継手を含む部材において変形能を確保するためには、母材破断で終局時に至るB f、Cタイプの様に、継手の終局強度が母材総断面の降伏強度を上回る必要がある。その場合、部材一般部の伸びがある程度期待できるため部材全体の変形能が比較的確保される。しかし、A、B s タイプの様に継手破壊時において部材一般部の伸びが期待できない場合、継手自身が大きな変形能を有していたとしても、部材全体の変形能には反映されない。また、A、B s タイプの継手は、部材全長に占める割合が小さくなるほど部材の変形能を減少させる傾向にあり、変形能が要求される構造では一般的ではない。

一般に構造用鋼材では、降伏比を低減する事により一樣伸びを確保するという考えがあるが、継手を含む部材では降伏比の低減が、一概に一樣伸びを助長するとはいえない。むしろ、見かけのひずみ硬化率との兼ね合いが問題になるかと思われる。また、部材の伸びに継手部の主すべりが関与する場合、継手が部材全長に占める割合によって、一樣伸びにバラツキが生じる傾向があり、部材が有する変形能を評価する際には、留意する必要がある。

参考文献

1) 西村他：高力ボルト摩擦接合引張継手の強度に関する実験，平成4年度関西支部年次学術講演会講演概要

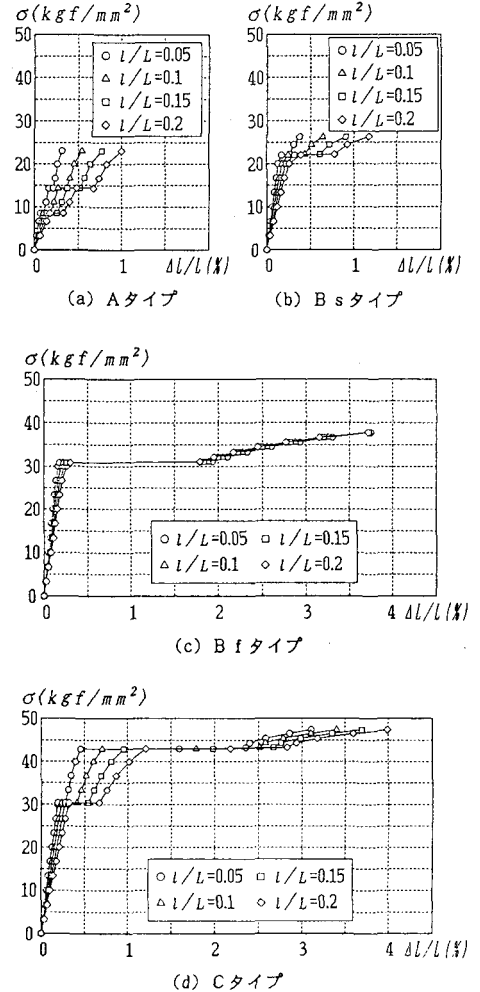


図-2 継手を含む部材の応力-ひずみ関係