

高強度鋼用の複半月テーパ充填ボルト接合法に 関する基礎的実験

高松 隆夫*・玉井 宏章**・尾川 勝彦***

(平成24年10月31日受付)

Fastener using half moon shaped bolts for high-strength steel member

Hiroyuki TAMAI, Takao TAKAMATSU and Katsuhiko OGAWA

(Received Oct. 31, 2012)

Abstract

A new bolt is named the half-moon shaped bolt, and it is cut diagonally in a half-moon shape and fills up a hole by fastening a nut. The bolt resists a shearing force as the bearing bolt. An experimental study was carried out to clarify the maximum strength of the bolted joint. The end-off fracture of the middle plate occurred in the case of short end distance of the plate. The bearing fracture of the plate occurred together with the fracture at the smallest area of the bolt in the case of long end distance of the plate.

Key Words: bearing, bearing joint, high-tension bolt

1. はじめに

建築構造で利用するための普及型高強度鋼が開発され、その利用技術に関する研究が著者等を含めて行われている¹⁾。高強度鋼部材の接合では、超高力摩擦ボルト接合を行っても、かなり多くのボルト本数を必要とすることが既往の研究(図1)で明らかとなっている。提唱する乾式組立材¹⁾を普及させるためには、接合方法をより耐力が高かつ簡便にすることが必要と考えられる。著者らは、溶接を行わない場合の接合方法、特にボルト接合のせん断力伝達に関して、この問題を解決する新たな接合形式として、複半月テーパ充填ボルト接合法を提案した²⁾。この接合法を用いると高力摩擦接合よりも少ない本数で接合可能になることが予想されている。この接合法について、高強度材を使った試作ボルトを作製して荷重試験を行なったので、その結果について報告する。なお、今回は中板、ボルトが破壊するまで荷重を行い接合部の破壊性状についての報告を行う。

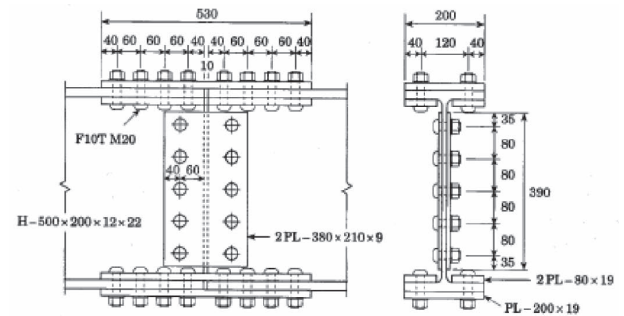


図1 高力ボルト接合部の例

2. 充填ボルト接合の概要

複半月ボルトを用いた充填ボルト接合法と、そのボルトを図2に示す。この接合方法は、半月形断面のボルト(鋼種は14T)が、ボルト孔を荷重方向にギャップをなくすように充填するので、複半月テーパ充填ボルトと呼んでいる。鋼種に関しては14Tを使用することで、ボルトの遅れ破壊の心配がなくなり、ボルト1本当たりの許容耐力と最大耐力が摩擦ボルト接合に比べて高くできる。よって、ボ

* 広島工業大学工学部建築工学科

** 長崎大学工学部工学科

*** 広島工業大学大学院工学系研究科建設工学専攻

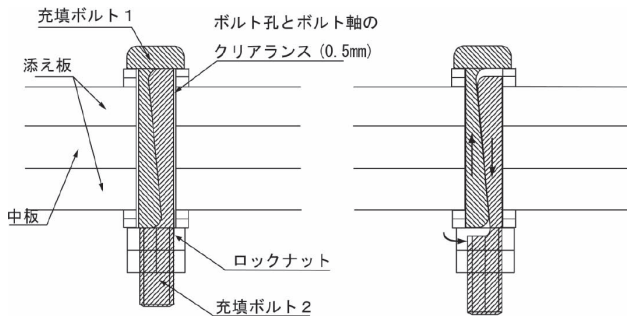


図2 複半月テーパ充填ボルトの概要

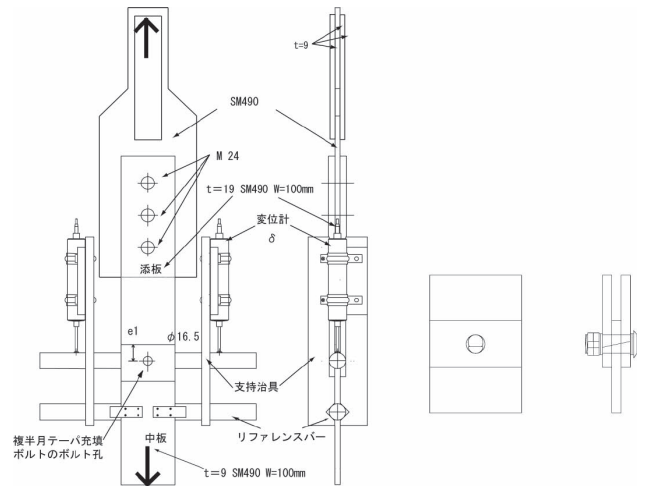


図3 試験装置

ルトの本数を減らしコンパクトな設計が期待できる。

4枚のワッシャーはボルトの締付力によって軸方向に弾性変形で縮んでいる。繰り返し荷重に対して、ボルトねじとナットには緩みは生じることはなく、ずれが生じてボルト孔が拡張されても、ワッシャーの弾性変形が復元され、充填ボルト2が入り込むため、せん断方向にボルトの緩みは生じない。

以上のことから、この自己充填機能を複半月充填ボルトは有している。複半月テーパ充填ボルト接合は、リベット接合と同等程度(0.2mm以内)にギャップは解消されるため、従来の高力ボルト支圧接合の問題点を解決でき、かつ、ボルト鋼種を14Tとしているので高強度性能をボルトせん断耐力として発揮できるので、板厚が厚く、高強度の鋼材に対して効率のよい接合が期待できる。

今回の試験体ではテーパ部の付け根は応力集中が起きないようにRがとってあり、テーパ角度は1枚のワッシャー厚に対して1mmの勾配としている。板厚が厚い鋼材に対して接合を行う際には、ボルトのテーパ部分を長く確保することで、長い傾斜を確保できるのでより厚い鋼材での接合が期待できる。また、設置の際には充填ボルト1、2の接触面は、荷重作用方向と直交するようにセットする。

3. 載荷試験

複半月テーパ充填ボルト接合の可能性を検討するために、複半月テーパ充填ボルトを試作しはし抜け破壊あるいは支圧破壊を生じるように設計されたボルト1本の載荷実験を行った。

○試験方法

支圧ボルト接合部の載荷装置を図3に示す。複半月テーパ充填ボルトの性能を調べるため、中板のはし抜け破壊あるいは支圧破壊が発生するように設計したボルト1本タイプの継手の載荷実験を行った。

上部接合治具と添板は、十分な強度を持つようSM490で作られている。

上部治具は板厚9mmの鋼板の両面に9mmの鋼板を隅肉溶接して、つかみ部を増厚している。この上部接合治具

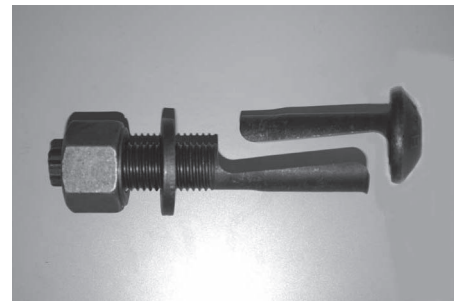


写真1 複半月テーパ充填ボルト

と2枚の添板は、F10T M22 高力摩擦ボルト3本で接合されている中板には、φ16.5mmの孔がけられており幅W=100mm、板厚9mm、はしあき距離e=20, 50, 80mmで鋼種はSM490とした。この中板を添板に挿入し複半月充填ボルト(写真1)を差し込んで締付力を導入した。複半月テーパ充填ボルトの締付力に関しては、最小断面部の降伏軸力の約4割程度の張力を与えた。載荷は1000kN容量のアムスラー試験機で行う。計測方法は、荷重はアムスラー試験機から荷重Pを変位δは添板と中板との50mm区間のずれ変位を図3に示す変位計測治具で、試験体左右位置で計測して平均して求めた。

載荷プログラムは、静的単調載荷とした。載荷はボルトか中板が破壊するまで続けた。荷重P-変形δ関係から、初期剛性K、剛性が初期剛性の1/3にまで低下した時の荷重(降伏荷重と定義する)Pyと最大耐力Pu、最大耐力時変位δuと破壊性状(はし抜けせん断破壊S、支圧破壊R、ボルト破壊B)を調査する。

4. 試験結果

試験結果を、図4、表1に示す。図4は複半月テーパ充填ボルトとSM490の中板について、支圧耐力^{4),5)}で無次元化した引張荷重、 $P/(3d \cdot t \cdot \sigma_u)$ (d:ボルト軸(16mm), t:板厚,(9mm), σ_u :板の最大耐力)と、計測区間で無

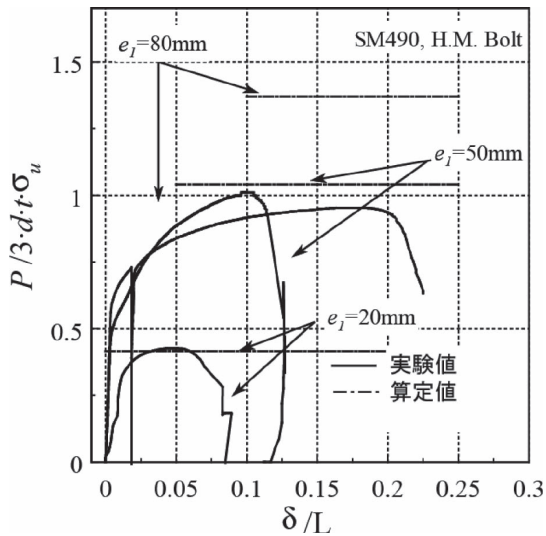


図4 実験結果（支圧耐力で無次元化）

表1 実験結果

種類		実験値				
ボルト種類	e1	K	Py	Pu	δu	FP.
H/O	mm	kN/mm	kN	kN	mm	—
H	20	55	68.9	100.8	4.9	S
H	50	239	122.2	224.9	17.8	S
H	80	393	106.8	238.3	10.2	R, B

S: はし抜け破壊, B: ボルト破壊, R: 支圧破壊
 K: 初期剛性, Py: 降伏荷重, Pu: 最大荷重
 δu: 最大変形ひずみ, FP: 破壊モード

次元化した変形 δ/L (δ : 変位量, L : 長さ) との関係を示す。実験値 (実線), はし抜けモードの最大耐力の算定値³⁾ (破線) とともに示す。尚, 実験の降伏荷重は接線勾配が初期剛性の1/3以下に低下したときの荷重値として求めた。また, 写真2, 3では $e=80\text{ mm}$ の時に支圧破壊が発生した

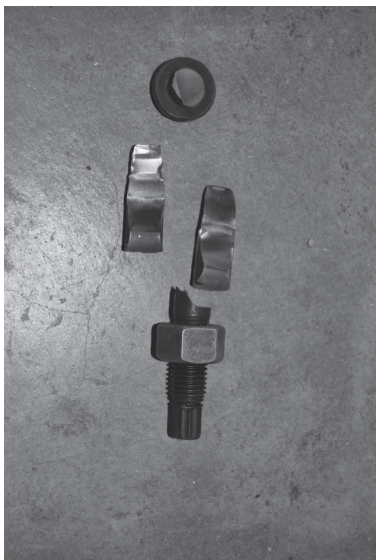


写真2 実験後の複半月テーパ充填ボルト



写真3 実験後の中板の様子

時の中板と複半月テーパ充填ボルトの様子を示す。図4の試験結果の内, $e=20\text{ mm}$ 以外の試験体は初期の状態から支圧状態になるように設置し実験を開始している。これらの結果から以上のことがわかる。

- 1) はし抜け破壊が生じた場合, 局所的な変形は生じていなかった。
- 2) 楔状切欠部も R を取っているため, 初期締付力によっても損傷は生じず, 加载中, その機能を維持した。
- 3) 図4から無次元化した値の1.0を超えたときに支圧破壊が発生し耐力が下がったことがわかる。
- 4) $e=80\text{ mm}$ の試験片では, 中板に支圧破壊が生じ, それに伴い中板が増厚したことにより添え板が開き複半月



写真4 実験後の試験装置の様子

テーパ充填ボルトの最小断面部にせん断力が働かせん断破壊が発生した（写真4）。それにより、算定値（はし抜け破壊）と実験値の数値が大きく異なり耐力が急激に低下しボルトの軸部の最小断面で破壊が発生した。

以上のことから、本ボルト接合部は、支圧ボルトの高い耐力を有しつつ、かつ初期の剛性を十分に確保しうる可能性があることがわかる。また、中板に支圧破壊が生じた際には、添え板が開くことにより引張りが加わり破壊する。

5. 結論

- 1) 複半月テーパ充填ボルトはせん断力に対しては十分な力を発揮するが、引張りに対しては弱いため設計する際は中板が支圧破壊するときを最大と定める。
- 2) 試作結果から、精度の良い締付が行われれば、充填ボルト接合部に初期スリップは生じず、初期剛性が確保できることがわかる。また、ボルトは高い耐力を有しているため、はし抜け破壊の際には局部変形は見られない。
- 3) 今回の実験では複半月テーパ充填ボルトが最小断面部でのボルト破壊が生じたため、添え板が曲げ変形を起こさないような状態で、ボルト破壊が発生するように実験を行う必要がある。

6. 今後の予定

今回は、一方向の単調荷重だったため十分な支圧状態となり有効な結果となったが、負方向を考慮した繰り返し載荷の時の挙動についても検討する必要があるため、今後実際に梁継手に使用した際の繰り返し載荷実験を行う。

文 献

- 1) 佐藤篤司, 吹田啓一郎, 井上一朗, 建築構造用高強度鋼材 H-SA700A を用いた柱梁材を弾性に留める乾式接合法の開発, 日本建築学会構造系論文集, 第74巻, 第646号, pp. 2355-2363, 2009.12.
- 2) 玉井宏章, 高松隆夫, 尾川勝彦, 高強度鋼用の複半月テーパ充填ボルト接合法に関する基礎的研究, 鋼構成年次論文報告集, 第19巻, pp. 201-208, 2011.11.
- 3) 日本建築学会, 鋼構造接合部設計指針, 技報堂, pp. 41-61, 2006年.
- 4) American Institute of Steel Construction: Specification for Structural Steel Buildings, 2005.3.
- 5) 佐藤篤司, 吹田啓一郎, 多田裕一, 支圧を考慮した高力ボルト接合部の最大耐力評価, 日本建築学会構造系論文集, 第76巻, 第662号, pp. 845-853, 2011.4.