

高力ボルト継手部の合理化設計に挑戦！

～すべり試験結果の概要と今後の課題～

Slip-strength Test of Bolted Joint on the Plate Girder Connections

水野 浩
Hiroshi MIZUNO

川田工業㈱橋梁事業部技術部大阪技術部

宮地 真一
Shin-ichi MIYACHI

川田工業㈱技術開発本部技術研究室係長

額谷 啓司
Keiji NUKATANI

川田工業㈱生産本部富山工場
生産技術課係長

検討の背景

鋼橋の高力ボルト摩擦接合部の継手設計において、現行の道路橋示方書（以下、道示と記す）は継手部のすべり耐力にかなりの余裕を与えるものとなっています。その要因として、まず設計に用いるすべり係数や安全率が比較的安全側に設定されていることが挙げられます。実際、AASHTOやBS、あるいはDINなどの海外の設計仕様と比較すれば、わが国の現行道示ではすべり係数がやや小さめに、かつ、安全率が大きめに設定されていることがわかります。さらに、現行道示の設計法では曲げ作用力に対してフランジ継手と腹板継手を個別に設計するものとしていますが、実際の鋼 I 桁の継手ではそれらは独立したものでなく、相互補助的な協同作用が期待できます¹⁾。つまり、ここでも設計で想定したすべり耐力に対し、若干の余裕が見込まれることになります。すなわち、上記のすべり係数や安全率、さらには協同作用の問題等が十分整理されれば、現行道示の設計法と比較して、ボルト本数の低減や連結構造のさらなる合理化（スリム化）が可能になるものと思われます。

ところで、最近では高力ボルト継手部と断面変化点を一致させた 1 部材 1 断面構造が普及しつつあり、この場合、フランジ継手には母材の板厚変化に対応すべくフィラープレートが設置されます。したがって、今後、高力ボルト継手部の合理化設計法を検討するにあたっては、フィラープレートの影響を含めた議論が不可欠となります。

以上の観点から、フィラープレートを有する高力ボルト継手のすべり試験（引張試験）が、当社でも過去に一部実施されています。その試験は摩擦面を無塗装（プラスト後赤錆発生状態）とした条件で、すべり係数値を確認するものでした。今回、新たにすべり面の表面処理、およびフィラープレートの板厚や材質を種々変化させた条件のもと、同様にフィラープレートを有する高力ボ

ルト継手のすべり試験（引張試験）を実施する機会を得たので、ここにその結果の概要を報告します。また、最近、新宝高架橋東（鋼上部工）工事（日本道路公団名古屋建設局）の一環として、主にフランジ継手と腹板継手の協同作用に着目した実験（鋼 I 桁モデルによるすべり耐力試験）を実施する機会にも恵まれたことから、その結果についても簡単に紹介します。

すべり試験（引張試験）による検討

本すべり試験では、標準試験体（試験体長=1.0m）を用い、摩擦面の表面処理、およびフィラープレート厚による影響を把握するため、下表に示す 8 種類の試験体（各 3 体）で検討を行いました。

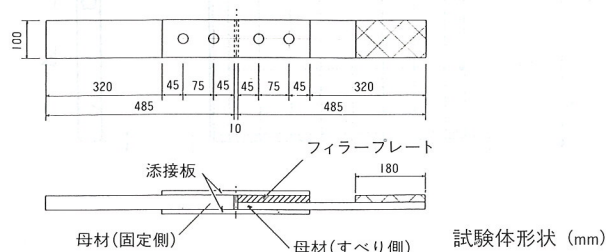
試験体種類の一覧および摩擦面の表面処理

タイプ	母 材	添 接 板	フィラープレート	員数	備考
A-1	t=38+38 (SM490Y) 表面処理：B1	t=12 (SM490Y) 表面処理：B1	無し	3	表面処理の影響
A-2	t=38+38 (SM490Y) 表面処理：B2	t=12 (SM490Y) 表面処理：B2	無し	3	
A-3	t=38+38 (SM490Y) 表面処理：P	t=12 (SM490Y) 表面処理：P	無し	3	
B-1	t=38+19 (SM490Y) 表面処理：P	t=12 (SM490Y) 表面処理：P	t=19 (SS400) 表面処理：P	3	質・P の影響
B-2	t=38+19 (SM490Y) 表面処理：P	t=12 (SM490Y) 表面処理：P	t=19 (SM490Y) 表面処理：P	3	
C	t=38+25 (SM490Y) 表面処理：P	t=12 (SM490Y) 表面処理：P	t=13 (SS400) 表面処理：P	3	影響 F・P の板厚の
D	t=38+32 (SM490Y) 表面処理：P	t=12 (SM490Y) 表面処理：P	t=6 (SS400) 表面処理：P	3	
E	t=64+32 (SM490) 表面処理：P	t=16 (SM490) 表面処理：P	t=32 (SM490) 表面処理：P	3	
計				24	

※ F・P=フィラープレート

B1：プラスト処理（錆無し）、B2：プラスト処理（赤錆発生）

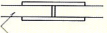
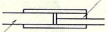
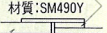
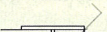
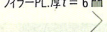
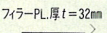
P：低無機ジंकプライマー→プラスト処理→厚膜型無機ジंक（目標膜厚75μm）



すべり係数の測定結果（すべり面の表面処理の影響）

タイプ	すべり面の表面処理	No.	すべり係数 μ	すべり係数 μ			
				0.4	0.5	0.6	0.7
A-1	無塗装 (プラスト直後)	1	0.451	●			
		2	0.473	●			
		3	0.446	●			
		平均値	0.457				
A-2	無塗装 (赤錆状態)	1	0.679			●	
		2	0.694			●	
		3	0.705			●	
		平均値	0.693				
A-3	厚膜型 ジクリッチペイント 膜厚75 μ m	1	0.631			●	
		2	0.631			●	
		3	0.613			●	
		平均値	0.626				

すべり係数の測定結果（フィラープレートの影響）

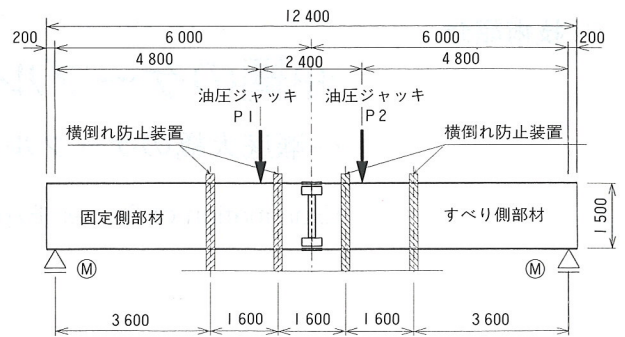
タイプ	継手部の フィラーPL厚	No.	すべり係数 μ	すべり係数 μ			
				0.4	0.5	0.6	0.7
A-3	フィラーPL無し 	1	0.631			●	
		2	0.631			●	
		3	0.613			●	
		平均値	0.625				
B-1	母材板厚38mm フィラーPL厚t=19mm 	1	0.600			●	
		2	0.608			●	
		3	0.634			●	
		平均値	0.614				
B-2	母材板厚38mm フィラーPL厚t=19mm 材質:SM490Y 	1	0.608			●	
		2	0.598			●	
		3	0.584			●	
		平均値	0.597				
C	母材板厚38mm フィラーPL厚t=13mm 	1	0.676			●	
		2	0.598			●	
		3	0.621			●	
		平均値	0.631				
D	母材板厚38mm フィラーPL厚t=6mm 	1	0.677			●	
		2	0.659			●	
		3	0.650			●	
		平均値	0.662				
E	母材板厚64mm フィラーPL厚t=32mm 	1	0.644			●	
		2	0.654			●	
		3	0.637			●	
		平均値	0.645				

本すべり試験で得られた結果は以下のとおりです。

- ① すべり面に塗装（厚膜型無機ジクリッチペイント膜厚75 μ m）を施したA-3タイプのすべり係数値は、すべり面を無塗装（赤錆発生状態）としたA-2タイプの値を若干下回る程度であり、平均で $\mu=0.63$ と比較的高い値が確保される結果となった。
- ② 摩擦面に厚膜型無機ジクリッチペイントを塗布する条件のもと、フィラープレートの板厚・材質変化は継手のすべり耐力にほとんど影響を及ぼしておらず、フィラープレートの無い場合とほぼ同等のすべり係数値（ $\mu=0.6$ 程度以上）が確保される結果となった。

鋼 I 桁モデルによるすべり耐荷力試験

前述したように、現行道示の設計法では曲げ作用力に対してフランジ継手と腹板継手を個別に設計するものとしています。これに対し、今回、主にフランジ継手と腹板継手の協同作用を確認するため、比較的大型の実橋想定鋼 I 桁モデル（試験体長 $l=12.4$ m、腹板高 $h=1.5$ m）で高力ボルト継手部のすべり耐荷力試験を実施しました。試験体の概略形状と載荷方法は次のとおりです。



試験体の概略形状と載荷方法

試験体中央部の継手形状（フランジ継手と腹板継手のボルト列数）を種々変化させ、継手部のすべり挙動や抵抗モーメントを確認しました。試験結果の詳細については別の機会で報告するものとして、ここでは得られた結果の要点のみを概説します。

- ① 母材が降伏する前に添接板のすべりが発生するような、いわゆるすべり先行型ボルト継手では、フランジ継手と腹板継手はすべり直前まではほぼ一体となって挙動しており、協同作用を十分期待できると思われる。その結果、すべり抵抗モーメントは継手全体としての総すべりモーメント近くまで増大しており、現行道示の設計法による継手強度を大きく上回るものであった。
- ② フランジ継手の母材孔引き断面で引張降伏が先行するようなケースでは、部分すべりの影響で協同作用の効果が十分に発揮されず、継手全体としてのすべり抵抗モーメントが少なからず低下する結果となった。
- ③ フランジ継手にフィラープレートを挿入したケースでは、引張側フランジで母材と添接板のずれが比較的大きく発生しており、すべり抵抗モーメントは現行道示の設計法による継手強度を若干上回る程度まで低減される結果となった。すなわち、ここでも部分すべりの影響で、協同作用の効果が十分に発揮されない状況であったものと思われる。

本試験はモデルがかなり大型で実施期間も短かったことから、各ケースで1体ずつと限られた試験データが得られたのみでした。しかし一方で、本試験の結果より部分すべり現象と協同作用の関係、さらにはその要因としての母材降伏やフィラープレートの影響など、今後解明していくべき技術的課題がある程度明らかになりました。今後は、上記の問題点の解明に向けて、さらに詳細な検討を実施していきたいと考えています。

参考文献

- 1) 秋山・西村：曲げを受ける鋼 I 桁高力ボルト継手部のすべり機構と限界状態の評価，鋼構造年次論文報告集第4巻，1996年11月。