高すべり係数を有する有機ジンクリッチペイントの開発研究

㈱横河ブリッジ　　正会員　　○小池　洋平，春日井　俊博，一宮　充

1. はじめに

鋼橋の合理化構造形式の代表例である少数主桁橋の高力ボルト継手部では，多主桁橋に比べて厚板となるため，高力ボルト本数が増加するという課題がある．この課題に対する対策のひとつとして，道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編 [1]（以下，道示）に規定されている接触面の処理状態を変更することにより，すべり係数や接触面の処理効率を向上させることが考えられる．**表－1**に示すように，諸外国の設計基準では既に，接触面の処理状態に応じて種々のすべり係数が規定されているが，道示に規定されている2種類の接触面のすべり係数は，一律0.4であり，その値は諸外国に比べて相対的に小さい．

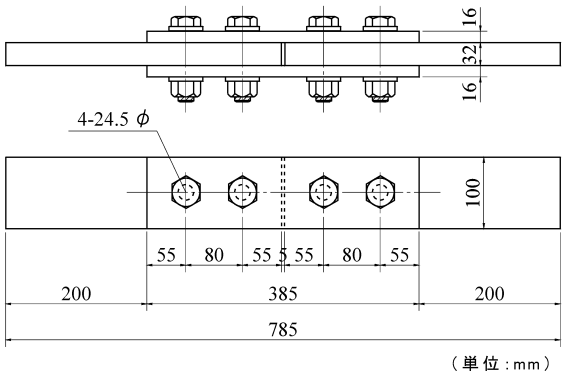
そこで，本研究では，主に塗装効率の向上を目的とし，防食性などの塗膜性能を低下させず，0.6 程度と高いすべり係数を有する有機ジンクリッチペイント（以下，高摩擦型有機ジンク）の開発を行い，性能確認試験を実施した．

表－1 すべり係数の国際比較

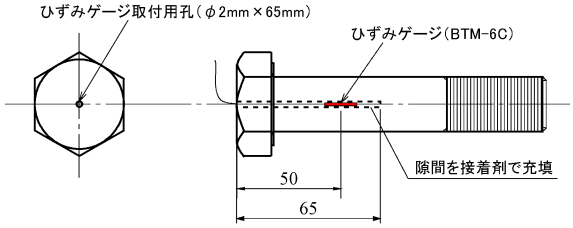
設計基準	すべり係数	接触面の処理または状態
道示 (2002)	0.40	黒皮を除去した粗面状態
	0.40	厚膜型無機ジンクリッチペイント塗装
Eurocode[2] (1997)	0.50	ショットまたはグリッドブラスト処理
	0.50	ショットまたはグリッドブラスト処理後，少なくとも0.50のすべり係数を保証する亜鉛系金属溶射
	0.30	ワイヤブラシまたはフレームクリーニング処理によりきれいにし，浮き錆を除去した面
	0.20	無処理
AASHTO[3] (1994)	0.33	清浄な黒皮状態
	0.50	ブラストの後，ClassAのコーティング
	0.50	ブラスト処理
	0.40	ブラストの後，ClassBのコーティング
	0.40	亜鉛めっきされた粗な面

2. 高摩擦型有機ジンクの開発

高摩擦型有機ジンクの開発にあたり，すべり係数向上の影響因子を検討するため，樹脂，顔料，亜鉛末含有量などを変化させた塗料を試作し，**図－1**に示す小型試験体を用いて，計19ケースの引張試験を実施した．小型試験体は，片側1行2列のボルト配置とし，膜厚は片面75 μmとした．高力ボルトにはM22（F10T）を用い，すべり係数のばらつきを考慮し，各ケース3体とした．試験の結果，すべり係数の向上に最も効果があるのは，モース硬度7を有する針状の硬質顔料であるホウ酸アルミニウムの添加であり，道示のすべり係数0.4と比較し，0.62（締付け時導入軸力225.5kN（=205×1.1）を用いて算出）の高いすべり係数が得られた．本塗料を高摩擦型有機ジンクとし，以下に示すリラクセーション計測やボルト本数を増加させた中型および桁モデルすべり耐荷力試験を実施し，その性能を確認した．



図－1 小型試験体



図－2　高力ボルトのひずみ計測位置

3. 長期リラクセーション計測

高摩擦型有機ジンクの塗膜のクリープによる軸力抜けを検討するため，高力ボルト軸力のリラクセーションを計測した．**図－1**と同様の試験体を用い，**図－2**に示すように，高力ボルト軸部にひずみゲージを埋め込み，ボルト軸力を計測した．各塗料の高力ボルト締付け5ヶ月後の軸力比較を**表－2**に示す．これより，高摩擦型有機ジンクの5ヵ月後の軸力残存率は約90％であり，従来の無機ジンクリッチペイントと同程度の

表－2　各接触面処理状態による5ヶ月後の軸力一覧

試験体接触面の塗装	試験体数	ボルト軸力 (kN)		軸力残存率
		締付け時 N_0	5ヶ月後 N_1	N_1 / N_0
高摩擦型有機ジンク	10	227.0	203.1	0.895
従来無機ジンク	4	227.4	203.3	0.894
従来有機ジンク	5	230.1	212.3	0.923

キーワード　高力ボルト継手，すべり係数，有機ジンクリッチペイント
連絡先　　〒273-0026　千葉県船橋市山野町27番地　㈱横河ブリッジ　TEL：047-435-6161

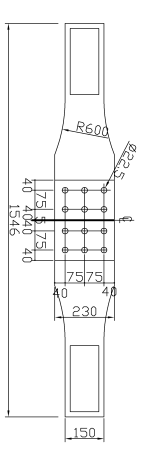
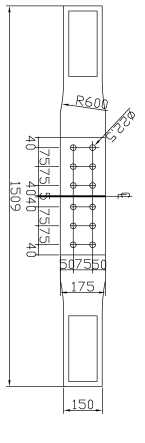
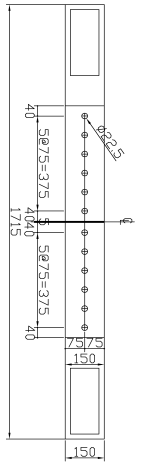
リラクセーション特性を有していることが分かった．なお，本計測は，1年間継続して計測する予定である．

4. 中型すべり耐荷力試験

高摩擦型有機ジンクを塗布したボルト本数片側 6 本の試験体の引張試験を実施した．試験ケースは，ボルト配列を変化させた計 3 ケース(**表－3**)で，各ケース 3 体とした．高力ボルトは，試験機の載荷能力から M20 (F10T)を用い，すべり側のボルト群を明らかにするため，片側のボルト群は締付けトルクを 20%増しとした．

表－3 にすべり試験結果を示す．表中の μ_2 は，前述のリラクセーション計測より，締付け後から試験実施までの軸力抜け(9.1%)を考慮して算出したすべり係数である．全試験体で μ_2 は 0.6 を上回り，全試験体平均は，0.685 と小型試験同様，高いすべり係数が得られた．また，ケース 3 は片側 6 列と多列配置であるが，今回の試験では，すべり耐荷力の低下は無かった．

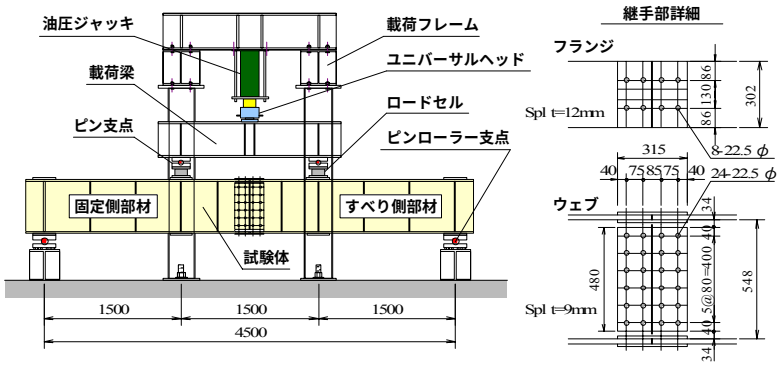
表－3　中型すべり耐荷力試験結果

ケース	ケース1			ケース2			ケース3		
ボルト配列	3行2列			2行3列			1行6列		
板厚	母材：38mm，添接板：19mm								
試験体寸法（単位：mm）									
すべり荷重(kN)	1432	1336	1268	1296	1251	1278	1508	1396	1439
すべり係数 μ_1（下段：平均値）	0.657	0.613	0.582	0.595	0.574	0.587	0.692	0.641	0.661
	0.618			0.585			0.665		
すべり係数 μ_2（下段：平均値）	0.723	0.675	0.640	0.654	0.632	0.645	0.761	0.705	0.727
	0.679			0.644			0.731		

※　μ_1は締付け時導入軸力，μ_2はリラクセーションを考慮した軸力ですべり係数を算出

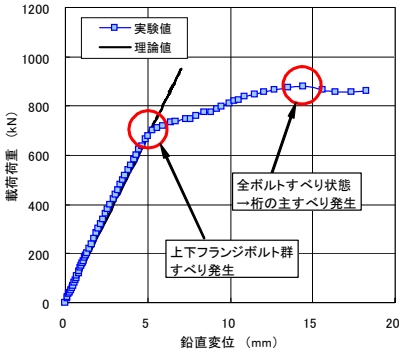
5. 桁モデルすべり耐荷力試験

曲げモーメントを受ける高力ボルト継手に対する高摩擦型有機ジンクの適用性を確認するため，桁モデルのすべり耐荷力試験を実施した．試験は，**図－3** に示すように，単純支持した支間長 4.5m の上下対称断面鋼 I 桁（H594×302×14/23）を 4 点曲げ方式で載荷した．ボルト配置は，上下フランジで片側 2 行 2 列，ウェブで片側 6 行 2 列とし，高力ボルトは，M20(F10T)を用い，中型すべり耐荷力試験と同様，片側のボルト群は締付けトルクを 20%増しとした．試験は，すべり係数のばらつきを考慮し，4 体実施した．



図－3　桁モデルすべり耐荷力試験概要

図－4に荷重－継手位置鉛直変位関係，**表－4**にすべり係数一覧を示す．すべり荷重は，上下フランジボルト群にすべりが発生した時の荷重とし，ここでは，**図－4**の変曲点と定義した．**表－4**より，道示設計法から逆算したすべり係数は，μ_2の平均値で0.6程度と，高いすべり係数が得られた．



図－4　荷重－継手位置鉛直変位関係

6. まとめ

針状の硬質顔料であるホウ酸アルミニウムを添加することにより，すべり係数0.6程度の高摩擦型有機ジンクを開発し，その性能を確認した．本塗料を実橋の一般部および接触面に適用する場合，以下のような効果があると考えられる．

① すべり係数の向上により，高力ボルト本数，塗装量をそれぞれ 3 割程度減少させることができる．

② 接触面の無機ジンクリッチペイントと一般部の有機ジンクリッチペイントの塗り分けおよび添接板表裏の塗り分けが無くなり，下地処理や塗装作業の簡素化が図れる．

表－4　すべり係数一覧

ケース	すべり荷重 (kN)	すべり係数 μ_1	平均	すべり係数 μ_2	平均
B1	719.3	0.556	0.546	0.601	0.589
B2	679.8	0.525		0.567	
B3	716.9	0.554		0.598	
B4	709.3	0.548		0.591	

※　μ_1は締付け時導入軸力，μ_2はリラクセーションを考慮した軸力ですべり係数を算出

【参考文献】1)（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編，丸善株式会社，2002.3.　2) prENV1993-1:(Eurocode3:Design of steel structures-Part 1:General rules and rules for buildings) , 1997.　3)AASHTO:Standard Specifications for Highway Bridges, 1994.