

摩擦面の状態が高力ボルト継手のすべり耐力に及ぼす影響

サクラダ 正会員 ○南 邦明
法政大学 正会員 森 猛
法政大学 学生会員 杉谷隆夫

1. はじめに

道路橋示方書では、すべり係数は黒革を除去した粗面状態および厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した状態において0.4としている．実際には、摩擦面の状態によっても異なるが0.4程度の小さい場合は少ない．一方海外では、摩擦面の状態によってすべり係数を変えており、例えばBS5400では、赤錆状態で0.45、ブラスト状態で0.50としている．我が国においても、摩擦面の状態ごとに設計上のすべり係数を設定し、0.4以上のすべり係数が適用できれば、高力ボルト摩擦継手の合理化を図ることができる．本報告は、摩擦面の表面処理状態がすべり係数に及ぼす影響を調べるため、9種類の摩擦面の異なる試験体を用いてすべり耐力試験を実施した．

2. 試験体

試験体形状および寸法を図-1に示す．試験体寸法は、設計上のすべり／降伏耐力比 β がおおよそ0.8となるように設定した．使用鋼材は、表-1に示すように、母板(22mm)にはSM490YB、連結板(12mm)にはSM490YAを使用し、ボルトはF10T-M22を用いた．これに、表-2に示す9種類の摩擦面が異なる表面処理を行い、1つのパラメータで各3体、合わせて27体の試験体を製作した．表-2には各試験体の表面粗さ計測および膜厚計測結果の平均値を示した．表面粗さはレーザー変位計で測定し、塗膜厚さの計測は、膜厚計(LE-900)を用いた．測定点数は、両者ともに、1つの試験体で母板(12ヶ所)、連結板(6ヶ所)合わせて18ヶ所計測し、1パラメータで54ヶ所を計測した．

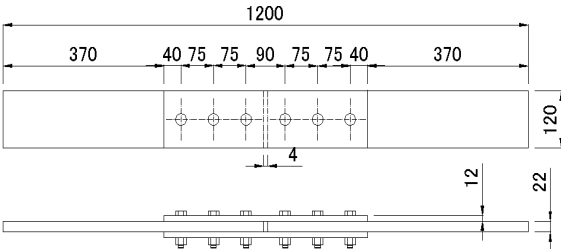


図-1 試験体形状

表-1 使用鋼材の機械的性質および化学成分

種類	機械的性質				化学成分(%)				
	材質	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000
母板	SM490YB	402	546	28	15	38	148	14	4
連結板	SM490YA	406	542	26	15	37	142	19	5

表-2 試験体の表面処理、表面粗さおよび膜厚

摩擦面処理	表面粗さ(μm)			膜 厚 (μm)
	Ra	Ry	Rz	
①ブラスト(標準:Sa2.5)	13.08	99.6	71.4	
②ブラスト(弱い:Sa2)	9.90	63.4	50.3	
③赤錆	9.13	62.6	47.4	
④無機ジंक(標準)	5.46	36.4	28.2	77.7
⑤無機ジंक(薄膜)	5.01	37.9	27.7	42.7
⑥無機ジंक(厚膜)	5.81	36.9	29.5	123.2
⑦有機ジंक(標準)	8.41	58.8	44.5	67.5
⑧有機ジंक(薄膜)	7.82	57.0	42.2	47.6
⑨異種ペイント	有機ジंक(母板)	8.54	66.7	46.3
	無機ジंक(連結板)	6.01	40.0	30.9

注) ブラスト : グリッドブラスト
赤錆 : ブラストSa2.5を使用後、赤錆を発生.
無機ジンク : 無機ジンクリッチペイント.
有機ジンク : 下地処理はブラストSa2.5を使用.
有機ジンク : 高摩擦有機ジンクリッチペイント
ジンクリッチプライマー鋼板に塗布.

3. 引張試験

(1)試験方法 引張試験には、荷重能力2000kNの万能試験機UH-200Aを用いた．引張荷重は、試験体のすべりと全断面降伏の双方が生じるまで徐々に載荷した．

(2)試験結果 表-3に引張試験で得られたすべり耐力、およびすべり係数を示す．すべり係数の平均値は、道路橋示方書で規定されている0.4を下回ったのは②ブラスト(弱い)だけであり、③赤錆と④無機ジンク(標準)では0.6以上、⑥無機ジンク(厚膜)と⑦有機ジンク(標準)では0.5以上の高いすべり係数が得られた．

4. すべり係数と表面処理状態との関係

高力ボルト継手の摩擦面に関する研究は、これまでに多くの研究が行われている．ここでは、本試験で得られたすべり係数と調査した既往の試験結果を合わせて比較検討した．

(1)表面粗さとの関係 図-2には、表面粗さ(Rz)とすべり係数の関係を示す．図中には既往の結果も含めている．図-2(a)はブラスト状態のデータであり、図中の直線群は平均、平均-標準偏差、平均-標準偏差×2の関係である．試験結果に大きなばらつきがあるものの、表面粗さが大きくなるに従ってすべり係数も大きくなる傾向が見られる．しかし、表面粗さとすべり係数に関する相関係数は0.687となり、強い相関があるとはいえない．また、本試験結果は既往の試験結果に比べてすべり係数は低い値を示しており、表面粗さが60μm以上ではすべり係数0.40は保証できるが、60μm以下では0.40を保証できないという結果となった．

表-3 引張試験結果(すべり耐力、すべり係数)

摩擦面処理	すべり耐力(kN)		すべり係数	
	範囲	平均値	範囲	平均値
①ブラスト(標準)	510.1~563.1	537.1	0.423~0.467	0.445
②ブラスト(弱い)	412.0~453.2	427.3	0.341~0.376	0.354
③赤錆	782.8~849.6	822.9	0.649~0.704	0.682
④無機ジンク(標準)	672.0~748.5	730.4	0.557~0.620	0.605
⑤無機ジンク(薄膜)	479.7~512.1	501.3	0.398~0.424	0.416
⑥無機ジンク(厚膜)	622.9~678.9	648.8	0.516~0.563	0.538
⑦有機ジンク(標準)	575.8~648.4	606.2	0.477~0.537	0.502
⑧有機ジンク(薄膜)	487.6~525.8	512.1	0.404~0.436	0.424
⑨異種ペイント	526.8~635.7	596.6	0.437~0.527	0.495

この原因としては、ブラストの使用条件(粒度,空気圧力,吹付け距離・角度)の違いが考えられる。図-2(b)に示す赤錆面においては、全ての試験結果ですべり係数が0.60以上となっている。本試験結果では平均で0.68が得られた。なお、粗さとすべり係数に関する相関係数は-0.156となり、両者の相関は認められない。

(3) 塗装膜厚との関係 図-3に、塗装膜厚とすべり係数の関係を示す。図-3(a)の無機ジंकの場合、すべり係数に大きなばらつきがあるが、塗膜厚が10～50 μm の範囲ですべり係数が小さくなる傾向が認められる。本実験結果の膜厚が60～90 μm の試験体では、すべり係数0.56～0.62と最も高い値を示しているが、同様に既往の研究結果も塗膜厚60～100 μm の範囲で大きいすべり係数が得られることが示されている。また塗膜厚が100 μm 以上の場合にはすべり係数0.42～0.77と広い範囲でばらつきを示している。同じ塗膜厚であっても、大きなばらつきが生じる原因として、無機ジंकの塗料の成分などが考えられる。しかし、塗膜厚60～120 μm の範囲で最大のすべり係数が得られており、この程度の塗膜厚であればすべり係数0.45～0.65は確保される。図-3(b)は、有機ジंकのデータである。本試験結果では全データで0.4は確保され、文献¹²⁾においてもC社,D社では0.4は確保されたが、A社,B社では0.4を下回っている。この原因として、塗料成分の影響であることが文献¹²⁾では述べられている。有機ジंकでは、塗膜厚とすべり係数の関係を比較するほどのデータが収集できていないが、本試験結果から、有機ジंकのすべり係数を判断すると、塗膜厚45 μm 以上で0.4、塗膜厚60～75 μm であれば0.45は確保できるといえよう。

5. まとめ

本試験結果から、各表面処理によるすべり係数は、ブラスト面の場合、表面粗さ(Rz)が70 μm 以上であればすべり係数0.4、赤錆を発生させれば0.6は保証される。また、無機ジंकリッチペイントの場合、塗膜厚80 μm 程度ですべり係数は0.55、高摩擦有機ジंक面の場合、塗膜厚60～75 μm ですべり係数は0.45を保証できる。また、高摩擦有機ジंकジंकリッチペイント100 μm と無機ジंकリッチペイント70 μm の組み合わせでも、すべり係数は0.4を保証できる。なお、本研究は、鋼橋技術研究会「施工部会」の研究の一環として行ったものである。

(参考文献)

- 辻岡：ショットブラスト摩擦面を有する高力ボルト接合のすべり荷重と進展特性,日本建築学会構造系論文集 No471,p173p179,1995.5.
- 北後,加村,尾上,岩本,寺門：高力ボルト摩擦接合に関する実験的研究-その1ブラストによる表面処理の適応性について-,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp925-926,1987.10.
- 北後,加村,野口,法貴：高力ボルト摩擦接合部の摩擦面に関する実験的研究(その1,その2),日本建築学会大会学術講演梗概集p.1549-1550,1990.10.
- 平井,福田,堀園：ジंकリッチペイントを施した高力ボルト摩擦接合部に関する研究,日本建築学会構造系論文集No492,pp131-137,1997.
- 山田,亀井,西村,秋山：ジंकリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手の引張試験,土木学会平成12年度関西支部年次学術講演会講演概要集 1-109,2000.6.
- 石原,松尾,菊川：各種表面処理をした高力ボルト摩擦継手の強度について,川崎製鉄エンジニアリングセンター
- 脇山,河野,菊川,池島：表面処理高力ボルト摩擦継手のすべり挙動,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp1479 - 1480,1983.9.
- 水野,宮地,額谷：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～,川田技報Vol.17, pp106-107,1998.
- 脇山,菊川,勘坂,八木：摩擦面にジंकリッチペイントを塗装した高力ボルト摩擦接合部のすべり実験及びびラクション実験(塗膜厚の影響について),日本建築学会大会学術講演梗概集,pp751-752,1985.10.
- 末廣,斎藤：高摩擦有機ジंकペイント『SDジंक500HF』塗料の研究NO.137,2001.10.
- 篠原,西川,田中：無機ジंकリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手すべり耐力実験と塗装仕様案,土木技術資料29-1, p37-42,1987.
- 市岡,藤原,中塚：高摩擦力を有する有機ジंकリッチペイントの高力ボルト接触面への適用に関する検討,第53回土木学会年次学術講演会講演概要集,pp134-135,1998.9.

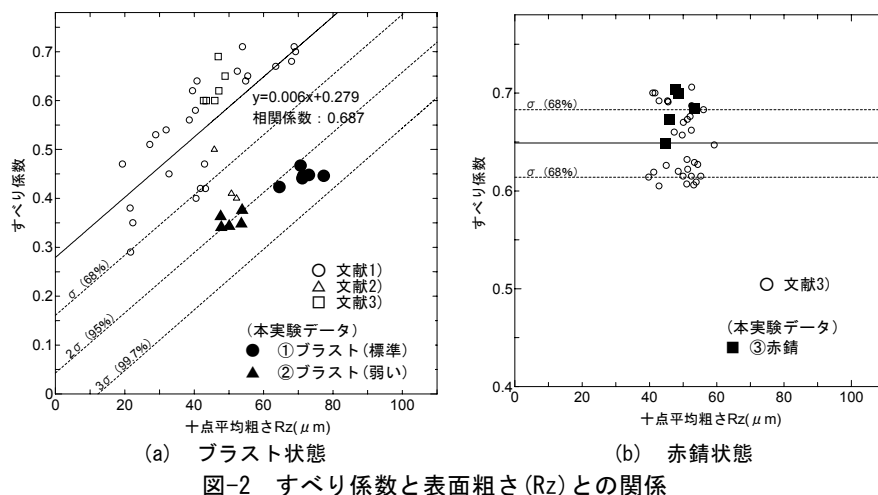


図-2 すべり係数と表面粗さ(Rz)との関係

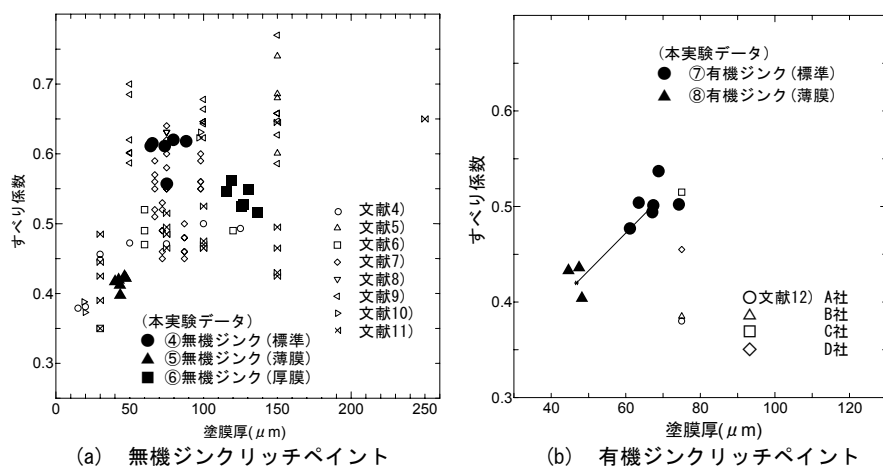


図-3 すべり係数と塗装膜厚との関係