摩擦面処理に関する実験
Part1
実験の目的とすべり試験

新潟県鉄骨工業組合
技術委員会
2014.12.19（金)

1．テーマとしての摩擦面処理

① 鋼構造建築物に於ける接合部は、**建築物の性能を支配する重要な部位**であり、適切な設計と施工がつねに求められる。

②接合方式

a.溶接接合

b.高力ボルト接合

③ 高力ボルト接合部の性能を決定する要因

a. 高力ボルト接合部の設計
　設計者（鋼構造接合部設計指針2001.11）

b. 高力ボルトの品質
　ボルトメーカー（JIS B 1186 −1995, JSS Ⅱ 09）

c. 高力ボルト接合部摩擦面の状態
　鉄骨製作工場（JASS 6）

d. 高力ボルトの締付け施工
　施工者（ゼネコン）（JASS 6）

④ 高力ボルト接合部摩擦面の状態

JASS6 4.10　摩擦面の処理（p16）抜粋

a.　摩擦面の処理

（1）　自然発せいさせた赤さび

（2）　ショット/グリッドによるブラスト処理（R≧50μmRz）

b.　摩擦面処理の留意事項　（5項目）

（1）、（2）、（4）は摩擦面の状態について

（3）は仮ボルトの油分について

（5）は軽量形鋼のすべり係数について

c.　すべり試験

（1）　上記a.(1),(2)の場合、すべり試験は必要ない。

（2）　上記以外の場合、すべり試験は特記による。

高力ボルト接合設計施工ガイドブック(p.78)

3.5 摩擦面の処理

1. 摩擦力を低下させる黒皮・浮き錆・塵埃・油・塗料・溶接スパッタなどは取り除く
2. 摩擦接合に必要なすべり係数0.45を確保する方
   a. 自然発生による場合
   b. ブラスト処理による場合
   c. 薬剤処理による場合
      （やむを得ない処置、質疑書で監理者の承諾を得る必要が有る）
3. すべり試験
   すべり計数値を確認する手段

高力ボルト接合設計施工ガイドブック(p.78)

3.5.1 自然発錆による場合

1. 自然発生の赤さび面：安定的に適用できる摩擦面
2. 黒皮の除去：デスクサンダ＃24グラインダ除去
3. ブラストによる黒皮除去：作業能率・品質が良い
4. 黒皮除去の範囲：座金径の2倍＝摩擦面全体
5. グラインダの掛方：接触面を凹ませない。
   （孔バリ処理時、孔の縁を削り過ぎないこと）
6. グラインダを掛ける方向：応力の方向と直交
   （グラインダの目はすべり係数に影響を与えないと言う報告有り）
7. 錆の程度：摩擦面が一様に赤く見えるぐらいが適当
8. 浮きさびは除去する
9. 赤さび面となるまでの工程に余裕を見る
10. 人為的に水を掛けるときは裏面も発錆させる

高力ボルト接合設計施工ガイドブック(p.79)

3.5.2 ブラスト処理による場合

1. 表面粗さを50μmRz以上とすればショットブラストまたはグリッドブラスト面で良い
2. サンドブラスト処理面は認められない
3. 粗さ表示：中心線平均粗さ（Ra）が望ましいが簡便なのでJASS6は最大高さ（Rz）で定義
4. 表面粗さは安全を考慮し70～80μmRzを推奨
5. JASS6で想定しているブラストの作業条件

研削材	粒度	使用条件	空気圧力	吹付け距離	吹付け角度
ショット グリッド	S40～S100 G50～G100	単体又は複合	0.5～0.7 N/MPa	300～500 mm	90°　±3°

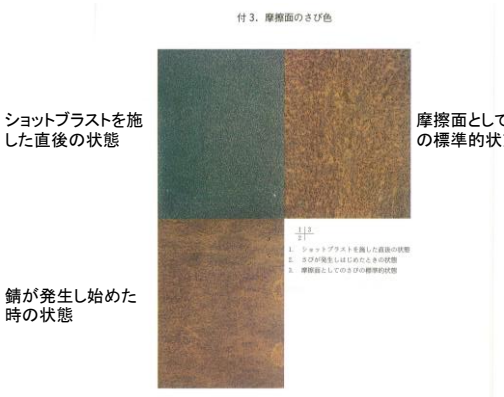
高力ボルト接合設計施工ガイドブック(p.80)

3.5.3 薬剤処理による場合

1. JASS6では認めてないがかなり利用されている
2. 薬剤タイプ
   a. 黒皮除去後に発錆を促進させるもの
      ① 原液のままのタイプと
      ② 希釈するタイプが有る
      （原液タイプを希釈して使用すると安定錆となるのに時間がかかる）
   b. 黒皮のまま塗布して発錆させるもの（現在用いられていない）
3. 黒皮除去と摩擦面の取扱いは他と同等
4. 薬剤メーカーの研究結果
   a. 所定のすべり係数は温度･湿度に依存する
   b. 塗布後養生時間は48時間を推奨
   c. 塗布後24時間は雨に当てない

高力ボルト接合設計施工ガイドブック(p.145)

付3. 摩擦面のさび色



高力ボルト接合設計施工ガイドブック(p.81)

3.5.4 すべり試験

1. 特殊な摩擦面処理の採用(薬剤処理等)
   ⇒ すべり計数値の確認が必要 $\mu \geqq 0.45$である事
2. 2面摩擦の標準試験片(通常一般的に行なわれている)
3. すべり試験の摩擦面は採用する方法と同じ処理
4. すべり係数 μ

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N}$$

P:すべり荷重(実験値)
m:摩擦面の数(2)
n:締付けボルトの本数(2)
N:導入ボルト軸力(張力)(下記の方法)

導入ボルト張力:
①原則はボルト軸部に歪ゲージを貼付し計測
②簡便法としてキャリブレーションテストを併用し，トルクコントロール法または、ナット回転法による締付けを行ない、初期導入ボルト張力を推定
③簡便法として軸力計によるボルト張力の計測
④ミルシートに記されている締付軸力値(トルシア型高力ボルトの場合)

⑤ 鉄骨製作業者としての摩擦面処理に関する問題点

a. 手間とコストが掛かる
   - さび出しが容易でない
   - ブラスト設備に場所と費用を要する

b. 判断基準が明確でない
   - さび出しの程度が判りにくい
   - ブラスト処理の程度が判りにくい

c. 品質要求度が高い
   - 製品検査で指摘を受ける項目

⑥ 摩擦面処理をテーマにした理由

a. 摩擦面の処理方法を理解し、

b. 合理的に手間とコストの削減を図り、

c. 要求品質を満足させたい。

というのが理由の発端

2. 摩擦面の状態を評価する手段

すべり試験

a. すべり係数試験

すべり係数は各種の要因によって影響を受けるため、摩擦面の状態とすべり係数の関係を確かめるために行なう。（摩擦面の比較をするのに有効）

b. すべり耐力試験

高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力を直接確認する方法。

日建連／鉄骨専門部会　B-2-17「http://www.nikkenren.com/kenchiku/sekou/steel_frame_Q&A/B-2-17.pdf」

Q. 高力ボルトの「すべり耐力試験」と「すべり係数試験」の違いは？

A. 「すべり耐力試験」は、

$$P_{slip} \geq 1.2 \times \mu \times m \times N_0 \times n$$

書き換えると

$$1.2 \leqq P_{slip} \,/\, \underbrace{(\mu \times m \times N_0 \times n)}_{\text{設計すべり耐力}}$$

すべり耐力比

引張試験により求める　右辺のパラメータには全て定数を代入する

ここに　P_{slip}：すべり荷重　μ：すべり係数　m：摩擦面の数　N_0：設計ボルト張力　n：ボルト本数

を満足するかを確認できれば十分とするものです。

この場合、高力ボルトの場合はμ=0.45、溶融亜鉛めっき高力ボルトの場合はμ=0.4を代入する

一方、「すべり係数試験」は、

右辺を計算して求める　引張試験により求める

$$\mu = P_{slip} \,/\, (m \times Ni \times n)$$

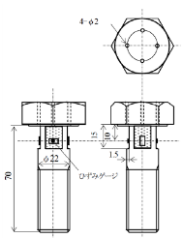
ここに　μ：すべり係数　P_{slip}：すべり荷重　m：摩擦面の数　Ni：初期締付け力　n：ボルト本数

の式をもとにすべり係数を求めるものです。**高力ボルトの場合は0.45以上、溶融亜鉛めっき高力ボルトの場合は0.4以上**のすべり係数値が必要となります。このすべり係数を求めるために は、導入ボルト張力（初期締付け力）を測定する必要があります。原則としてボルト軸部（円筒 部）にひずみゲージを貼ってひずみを検出する必要があり、非常にコストと手間のかかる方法といえます。

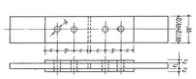
「すべり耐力試験」または「すべり係数試験」のどちらを実施するかに関しては、設計者および 工事監理者に相談し、試験の目的を十分に確認してどちらを選択すべきかを判断してください。

出典：高力ボルト接合設計施工ガイドブック、鋼構造接合部設計指針（日本建築学会）

溶融亜鉛めっき高力ボルト接合　設計施工指針　2010　改定　（溶融亜鉛めっき高力ボルト技術協会）



すべり係数試験用にひずみゲージを貼った高力ボルトの例



すべり試験用標準試験体の形状・寸法例

標準試験体の寸法等（SN400およびSS400の場合）

ボルトの等級	呼び	部材の有効断面積 (mm²)	孔径 d (mm)	中板厚 t_1 (mm)	側板厚 t_2 (mm)	板幅 W (mm)	はしあき e (mm)	標準ピッチ p (mm)
F 10 T	M 12	576	14	16	9	50	30	50
	M 16	1083	18	19	12	75	40	60
	M 20	1716	22	22	12	100	50	70
	M 22	2128	24	28	16	100	55	80
	M 24	2528	26	32	19	105	60	90
	M 27	3200	30	32	19	130	70	100
	M 30	3852	33	36	19	140	80	110

標準試験体の寸法等（SN490およびSM490の場合）

ボルトの等級	呼び	部材の有効断面積 (mm²)	孔径 d (mm)	中板厚 t_1 (mm)	側板厚 t_2 (mm)	板幅 W (mm)	はしあき e (mm)	標準ピッチ p (mm)
F 10 T	M 12	432	14	12	9	50	30	50
	M 16	832	18	16	9	70	40	60
	M 20	1292	22	19	12	90	50	70
	M 22	1562	24	22	12	95	55	80
	M 24	1850	26	25	16	100	60	90
	M 27	2380	30	28	16	115	70	100
	M 30	2944	33	32	19	125	80	110

標準試験体の寸法等（400N/mm²級鋼材の場合：めっき高力ボルト）

ボルトの等級	ボルトの呼び径	部材の有効断面積 mm²	孔径 d mm	中板厚 t_1 mm	側板厚 t_2 mm	板厚 W mm	はしあき e mm	ピッチ p mm
F 8 T	M 16	912	18	16	9	75	40	60
	M 20	1387	22	19	12	95	50	70
	M 22	1672	24	22	12	100	55	80
	M 24	1975	26	25	16	105	60	90
	M 27	2660	30	28	16	125	70	100
	M 30	3264	33	32	19	135	80	110

高力ボルト接合設計施工ガイドブックp.82

すべり試験用標準試験体の形状・寸法

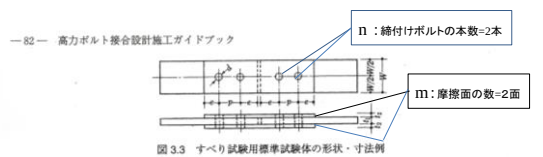


図 3.3　すべり試験用標準試験体の形状・寸法例

表 3.5(a)　標準試験体の寸法等（SN400 および SS400 の場合）

ボルトの等級	呼び	部材の有効断面積 (mm²)	孔径 d (mm)	部材厚 t_1 (mm)	側板厚 t_2 (mm)	板幅 W (mm)	はしあき e (mm)	標準ピッチ p (mm)
F 10 T	M 12	576	14	16	9	50	30	50
	M 16	1083	18	19	12	75	40	60
	M 20	1716	22	22	12	100	50	70
	M 22	2128	24	28	16	100	55	80
	M 24	2528	26	32	19	105	60	90
	M 27	3200	30	32	19	130	70	100
	M 30	3852	33	36	19	140	80	110

高カボルト接合設計施工ガイドブックp.83

すべり試験時の荷重と変形の関係

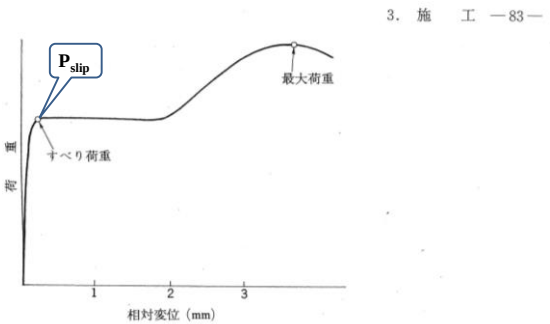


図 3.4　すべり試験時の荷重と変形の関係

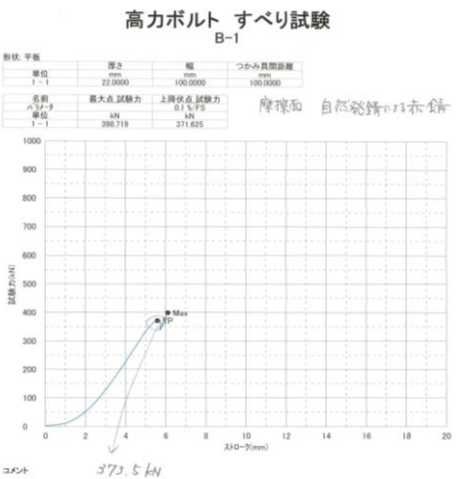
17

引張試験

18

引張試験機荷重表示装置

19



20

トルシア形高力ボルトの製品検査証明書

（株）北陸製作所　殿　　T-905271

工事名：　霞浦之光張成院新築工事

品名：ＪＦＥトルクボルト

製品検査証明書

発行日　平成　26年　2月28日

セットロット番号	等級 S10T ねじの呼び × 長さ	数量（本）	ボルト 4号試験片 耐力 N/㎟	引張強さ N/㎟	伸び %	絞り %	製品 引張荷重 kN	硬さ HRC	ナット 製品 硬さ HRB(HRC)	座金 製品 硬さ HRC	セット 締付軸力値 kN（平均値）	トルク k-m	外観 形状・寸法 ねじ検査	溶融亜鉛めっき付着量 *** g/㎡以上 JIS H 8641 ボルト	ナット	座金
			900 以上	1000～1200	14 以上	40 以上	245 以上	27～38 HRC	16～35	245	35～45	172～207	－			
Z11205	M20X045	6	1052	1110	19	71	269	34	26	合格	40	183	528	合格	***	***	***
Z11306	M20X050	132	1051	1108	19	71	271	34	27	合格	40	183	528	合格	***	***	***
合計		138														

注）抜取試料数：ボルトJIS４号試験片（2）、ボルト製品（4）、ナット製品（4）、座金製品（4）、セット（5）

上記の製品は、検査の結果合格したことを証明します。

日本ファスナー工業株式会社

引張試験（試験片）

引張試験（製品）

硬さ試験

締付軸力値

神鋼ボルト（株）千葉工場訪問

参考図書

日本建築学会
- 建築工事標準仕様書JASS 6鉄骨工事（2007）
- 鉄骨工事技術指針　工場製作編・工事現場施工編（2007）
- 高力ボルト接合設計施工ガイドブック（2003）
- 鋼構造接合部設計指針（2001）

日本鋼構造協会
- 高力ボルト接合技術の現状と課題（2013）
- 鋼構造接合資料集成−リベット接合・高力ボルト接合（1977）