

第 1 章 序 論

1. 1 高力ボルト摩擦接合継手の歴史

(1) 高力ボルト摩擦接合継手

高力ボルト摩擦接合継手の研究は1930年代より1950年代にかけてアメリカを中心に数多く研究され、また普及した事に日本およびドイツは刺激され1950代に入ってから研究に着手され、日本においては、昭和50年代前半までに設計基準等が整備された。それ以降摩擦接合継手における研究としては、構造物の大型化や、省力化等の要求で、「TCボルトの採用」や摩擦面処理に「無機ジंकリッチペイント塗装」を施工する場合や、「拡大孔採用」、「耐力点工法」そして「フィラー材質等」の研究が行われてきて、これらの研究成果で基準が追加改正された歴史となっている。表-1に高力ボルト摩擦接合継手の基準類の歴史を示す。

表-1 高力ボルト摩擦接合継手の歴史

1964 (S39): 高力ボルト J I S 規格 (F 7, 9, 11, 13 T)
1966 (S41): 高力ボルト摩擦接合指針 (日本道路協会)
1967 (S42): 高力ボルト J I S 改正 (F 8, 10, 11 T に変更)
1970 (S45): 高力ボルト J I S 規格改正
1973 (S48): 道路橋示方書: 高力ボルトが採用される。 肌隙の規定: 密着させる/食遣いの発生処置方法有り フィラー: 2mm 以下は腐食の点から使用しないほうがよい
1977 (S52): 鋼構造接合資料集成発行される (これ以降の出版はない)
1980 (S55): 道路橋示方書: 若干表現が変わる (S52 版に対し) 肌隙の規定: 現場での食遣い→テパ°等の処理/肌隙→密着 フィラー: S 4 8 版同様
1990 (H02): 道路橋示方書: 拡大孔、TCボルト、摩擦面に厚膜無機ゾックが登場 肌隙の規定: 肌隙→密着 フィラー: S 4 8 版同様
1994 (H06): 道路橋示方書: 摩擦接合の項 H 0 2 版と同じ
1995 (H07): 鋼道路橋設計ガイドライン (案): 省力化橋梁設計について 主要継手にフィラー採用 (ただし材質は母材に合わせる)
1996 (H08): 道路橋示方書: 耐力点法の登場 肌隙の規定: 肌隙→密着 (H 0 2 版と同様) フィラー: S 4 8 版同様であるが、材質は一般構造用圧延鋼材でよい

(2) 現在の基準

板厚差または肌隙に関する「高力ボルト摩擦接合継手」における基準としては、土木学会、鉄道関係、そして建築学会等の基準によると、現在表-2に示す内容となっており、参考に道示の最新版の規定を下欄に示す。

表-2 現在の基準類

基準	摩擦係数	板厚差	肌隙、板厚差等の記述
道路橋示方書 (1996:H8)	0.4		密着させること
道路橋示方書 (1972:S48)	0.4	1mm 以下	1mm 以下：処理不要 3mm 未満：肌隙部テープ処理 3mm 以上：フィラー処置
土木工事標準示方書 (鉄道関係)	0.4		添接面は、密着に注意し原則として 3mm を越える段遣いがないこと。 1mm 以上の段遣いに対しては部材面をクワインクなどを用いて 1:10 以下の傾斜にならすこと。 3mm を越える段遣いが生じた場合は、その処置について承諾を受けること。
建築学会	0.45	1mm 以下	1mm 以下：処置不要 1mm 以上：フィラーを入れる。

参考資料：道路橋指示方書（平成8年版：1996）

15.4.5 高力ボルト

(1) 接合面の処理

接合される材片の接触面は、0.4以上のすべり係数が得られるように下記に示す処理を施さなければならない。ただし、支圧接合の場合はこの限りではない。

- 1) 接触面を塗装しない場合、接触面は黒皮を除去して粗面とする。材片の締付けにあたっては接触面の浮きび、油、泥などを十分に清掃して取り除かなければならない。
- 2) 接触面を塗装する場合、表-15.4.1に示す条件にしたがい、厚膜型無機ジンクリッチペイントを使用することとする。
- 3) 接触面に1), 2)以外の処理を施す場合は、0.4以上のすべり係数が十分得られるように慎重に検討しなければならない。

表-15.4.1 厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布する場合の条件

項目	条件
接触面片面あたりの最小乾燥塗膜厚	30 μm 以上
接触面の合計乾燥塗膜厚	90~200 μm
乾燥塗膜中の亜鉛含有量	80%以上
亜鉛木の粒径(50%平均粒径)	10 μm 程度以上

(2) 継手の肌すき

部材と連結板とは、締付けにより密着するようにしなければならない。

1. 2 滑り耐力に影響を与える要因

(1) 滑り耐力に影響を与える要因

土木学会および建築学会における「高力摩擦接合継手の基準」の根拠となった日本鋼構造協会編「鋼構造接合資料集成」(S52版)によると、高力ボルト摩擦接合継手の滑り耐力に影響を及ぼす要因としては、下記項目①～⑫が挙げられている。

- ①継手母材の接触面の状態
- ②ボルト軸力
- ③継手を組み立ててからの経過時間
- ④継手母材の強度
- ⑤荷重の種類
- ⑥継手の形式
- ⑦継手の形状(サイズ、ボルトの配列)
- ⑧ボルトのグリップ長
- ⑨板厚差
- ⑩過大孔および孔のくい違い
- ⑪温度、湿度
- ⑫滑り継手材片の応力、有効断面

これらの要因に関する研究結果詳細は上記文献を参照されたいが、今回の研究テーマに関する「板厚差」の要因についての関係の深い項目については、既往の研究結果を以下の(2)及び(3)項に示す。

(2) 継手母材の接触面の状態

様々な継手摩擦面の状態での「滑り係数」は、既往の研究で表-3に示すような分布であることが報告されている。

表-3 摩擦面の状態と滑り係数値の範囲(鋼構造接合資料集成)

表面処理状態	滑り係数値の範囲
光明丹塗り	0.05~0.25
亜鉛メッキ	0.10~0.30
黒皮のまま	0.20~0.40
みがき肌	0.20~0.35
酸化炎吹付	0.25~0.60
浮き錆を除去した錆肌	0.45~0.70
ショットブラストがけ	0.40~0.70

(3) 継手母材の強度

継手母材強度と、滑り係数の関係は明確になっていないが、1本ボルト2面摩擦におけるショットブラスト表面処理による、摩擦接合継手の既往の「滑り試験結果」を参考に図-1に示す。

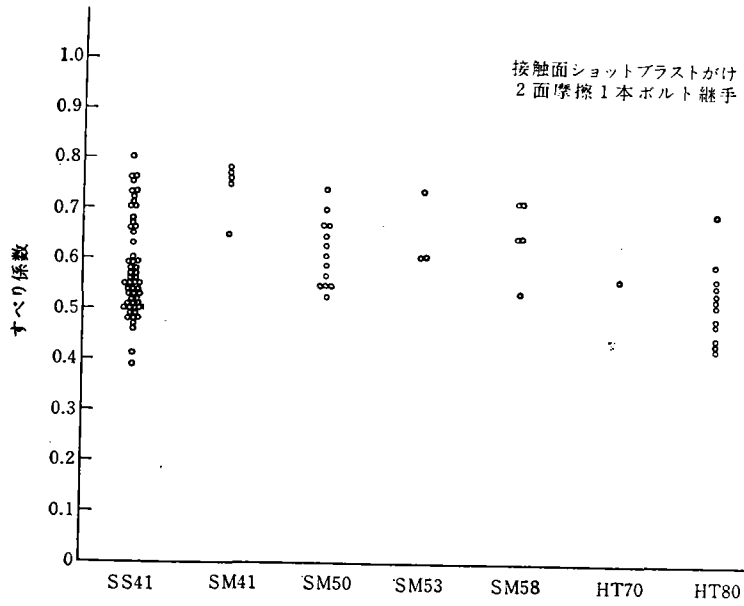


図-Ⅱ.4.23 母材強度とすべり係数

図-1 継手母材強度と滑り係数 (鋼構造接合資料集成)

1. 3 板厚差に関する既往の研究

今回の研究テーマとした「板厚差のある高力ボルト摩擦接合継手の性能」についての既往の研究は、現在の摩擦接合継手の参考となった「鋼構造接合資料集成」の中で調べる限り、記載されているものは1965から1975頃の10年間で8件程度である（日本では6件）。これらは、板厚公差を念頭においた研究であり、これらの既往の研究結果を整理したものが図-2に示すようにまとめられている。「低下率10%程度を許容限界とすれば、許容板厚差は1mm程度と考えられる」との見解が記載されており、これが現在の建築学会の1mmまで無処理の根拠となっている。そのうちの3例を表-4に示す。

道示においては、高力ボルトの規定が登場したS48版には同様に1mmを許容した規定となっていたが、その後のS55版でこの規定はなくなり、前述1.1(2)項の平成8年版同様な表現となっている。この間に研究報告があったのか不明ながら、道示解説(S55)には「部材を構成する各材片の摩擦によって十分応力を伝達するための処理を規定…云々」とある。特に安全面を重要視した事が記載されている。

現在、この板厚差を有する摩擦接合継手の研究は、「鋼構造接合集成」の発刊後ほとんどなされていないようである。また「鋼構造接合集成」に記載されている既往の研究資料の詳細についても、入手が困難で断片的な資料しか得ることが出来ず断定は出来ないが、前提条件（板厚、材質、詳細寸法）等が不明確であったり、また系統的な研究が十分になされていないように思われる。

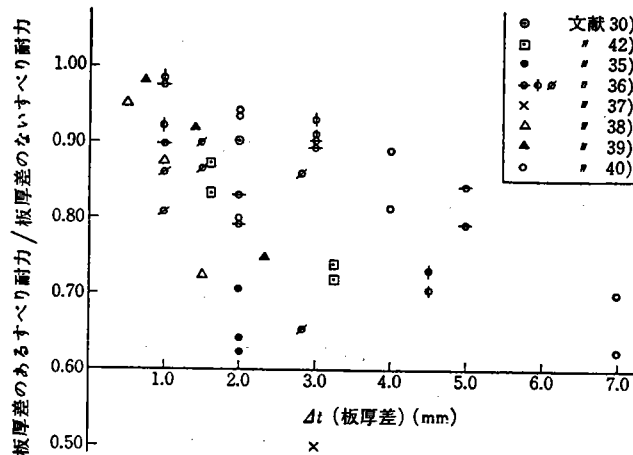


図-1.4.45 板厚差とすべり耐力の関係

図-2 板厚差の影響に関する研究のまとめ（鋼構造接合集成P413）

表-4 板厚差に関する主要研究例

研究例	板厚差	材質	ボルト例	母材	添接板	備考
八幡製鉄(株) NO248 1964/9: 加藤他	不明	不明	不明	不明	不明	1mmは許容 2mmは7列以上は 影響なし
土木学会第20回年次講演会 1965/5: 玉井他	2mm	不明	1行 4列	30mm	14mm	2mmで低下比0.9
日本建築学会大会梗概集 1973: 安田	1~5 mm	SS400	1行 2列	3.9.12 mm	4.5、6 、9mm	2mmで低下比0.9