

板厚差を有する高力ボルト摩擦接合の耐荷力と荷重伝達機構に関する研究

中央コンサルタンツ(株) 正員○中本 大輔 広島工業大学 正員 村中 昭典
駒井鉄工(株) 正員 秋山 寿行 駒井鉄工(株) 正員 竹村 昌徳

1. はじめに 高力ボルト摩擦接合における板厚差または肌隙に関する土木学会、建築学会等の設計基準は表-1 に示す内容となっており、基本的には継手材片間を密着させることが前提となっている。しかし、近年の鋼橋の大型化やコスト縮減の要求から製作の合理化・省力化の気運が高まり、高力ボルト摩擦接合継手においては、薄板フィラー(2mm 程度)の母材板厚差の場合、設計上フィラー無しで板厚差を一致させず、そのまま添接が可能ではないかとの要求もある。そこで、本研究は、母材板厚差が継手のすべり荷重、並びに荷重伝達機構に及ぼす影響を見るために一連の試験を実施した結果の報告である。

2. 供試体 図-1 に示すような接合母材間に板厚差を有する試験体(2 列、3 列、5 列継手)を作製し、基礎試験、及び静的引張試験を実施した。供試体の表面にはブラスト処理を施し、鋼材の材質は SM490Y、高力ボルトは F10T・M22 を使用した。基礎試験では、摩擦接合面にプレスケールを挿入し、継手材片間の接触圧状況を確認した。静的引張試験では、薄板ボルト位置側面にクリップゲージを取付け、その変化からすべりを検知するとともに、添接板に貼付したひずみゲージにより、すべりを生じるまでの添接板のひずみ挙動を記録した。軸力導入方法は、継手中央の厚板側から薄板側へと交互に、トルクレンチにて設計ボルト軸力の 60% を予備締めした。その後、同様な順序で設計ボルト軸力(20.5tf)を導入した。

3. 試験結果及び考察 表-2 に 3, 5 列継手の静的引張試験の結果を示す。図-2 に摩擦面の接触圧状態を示す。板厚差を有する場合には、厚板側縁端部に大きな接触圧力が生じ、薄板側母材 1 列目のボルト近傍、さらに板厚差が 3mm になると 2 列目に至るまで接触圧が有効に働いていないことが確認できる。この傾向は、添接板厚が大きくなるほど顕著に現れている。これは、添接板厚が大きくなる程剛性が高くなるため、ボルト締め付け時の曲げ変形は小さくなり、その結果、所定のボルト軸力を導入しても接触圧力が減少したものである。なお、ボルト列数が 3 列あるいは 5 列でも板厚差、及び添接板厚の影響は 2 列の場合と酷似しており、薄板母材側 1 列目ボルト、及び 2 列目ボルト近傍に肌隙が生じている。図-3 にすべり係数比と板厚差との関係を示す(すべり係数比:板厚差 δ の継手のすべり荷重に対する板厚差 $\delta=0$ の継手のすべり荷重の比)。板厚差を有すると、その大きさにほぼ比例してすべり耐力は低下している。この傾向は添接板厚、及びボルト列数に関係なく同様であるが、添接板厚が厚いものほど板厚差に対するすべり係数の低下が大きくなっている。表-2 により、5 列継手の試験結果に注目すれば、3mm の板厚差があっても、道示の規定値であるすべり係数 0.4 を確保した。フィラープレートを挿入した供試体のすべり荷重は、約 5~20%改善されている。しかし、テーパ加工を施した供試体のすべり耐力は、無処理の供試体と同等であり、期待した効果は得られなかった。これは、本試験に用いた添接板厚は 20mm, 38mm と厚いためボルト締め付け時の曲げ変形が小さく、期待した接触圧が得られなかったことが原因である。図-4 は添接板の荷重分担率を示す。図に示すように、添接板が担う荷重は板厚差が無いものに比して増加の傾向を示す。この傾向は、板厚差、及び添接板厚の増加に伴って大きくなる。また、C 断面において、添接板の荷重分担率は上昇傾向にある。これは、板厚差による肌隙、及び添接板厚の影響で主板から添接板への応力の流れが摩擦面を介して円滑に行われていないことを示している。5 列継手においては、A、D、及び C 断面では、高い分担率を示しているが、継手端部の E、B 断面では収束する傾向を示す。これは、板厚差によって生じる肌隙量は列数によってさほど左右されないため、ボルト列数の増加に伴い荷重伝達に対する有効ボルト数が増加し、継手端部の分担量が収束するものと考えられる。

4. まとめ 本研究の範囲で得られた主な結論を挙げると次のとおりである。

(1)板厚差を有すると、その大きさに比例してすべり荷重は低下する。また、添接板厚が厚いほど板厚差に対するすべり係数の低下が大きくなる。(2)フィラープレートを挿入した供試体のすべり耐力は、約 5~20%改善された。しかし、テーパ加工の供試体は本研究の範囲では改善効果は見られなかった。(3)ボルト列数を増加させることにより有効ボルト数が増加し、継手端部の荷重分担量が収束する。

表-1 高力ボルト摩擦接合の板厚差に関する規準

基準	摩擦係数	板厚差	肌面、板厚差等の記述
道路橋示方書 (1996:138)	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:肌面部デーパー処理 3mm以上:フィラー処理
鉄道橋造物等設計標準 ・同解説(鉄道関係)	0.4		密着面は、密着に注意し原則として3mmを超える 段差がないこと。 1mm以上の段差に対しては部材面をグライン ダーなどを用いて1:10以下の傾斜にならすこと。 3mmを超える段差が生じた場合は、その処理 について承認を受けること。
建築学会	0.45	1mm 以下	1mm以下:処理不要 1mm以上:フィラーを入れる。

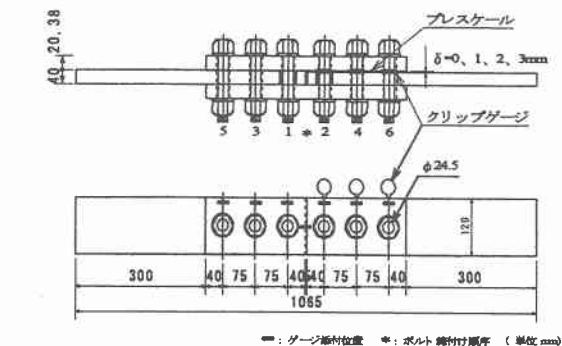


図-1 供試体の形状・寸法、及びひずみゲージ貼付位置(3列継手)

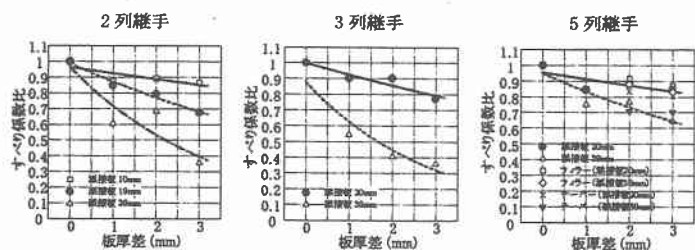


図-3 板厚差とすべり係数比

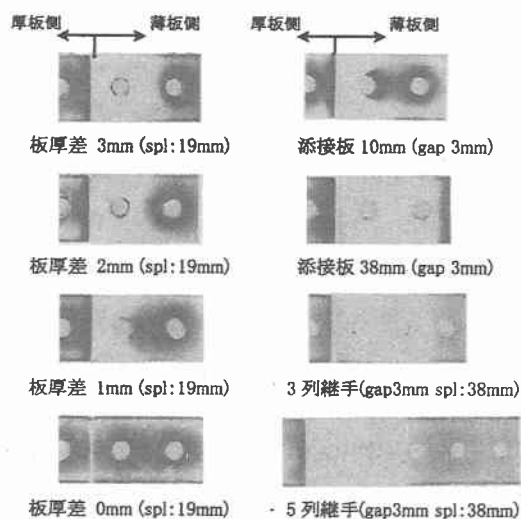


図-2 摩擦面の接触圧状況

表-2 静的引張試験結果

	母材板厚		母材板厚差	添接板厚	すべり荷重	すべり係数	備考
	t ₁ (mm)	δ (mm)	t ₂ (mm)	(kN)	(μ)		
3列継手	40	0	20	627	0.521		
	40	0	38	747	0.568		
	40	1	20	566	0.470		
	40	1	38	405	0.337		
	40	2	20	566	0.470		
	40	2	38	303	0.252		
	40	3	20	485	0.403		
	40	3	38	268	0.223		
	40	0	20	1247	0.621		
	40	0	38	1261	0.628		
5列継手	40	1	20	1054	0.525		
	40	1	38	946	0.471		
	40	2	20	1097	0.547		
	40	2	38	988	0.482		
	40	3	20	1060	0.528		
	40	3	38	814	0.405		
	40	2	20	1153	0.574		フィラプレート
	40	2	38	1143	0.569		フィラプレート
	40	3	20	1214	0.620		フィラプレート
	40	3	38	998	0.497		フィラプレート
	40	2	20	1103	0.549		テーパー加工
	40	2	38	1001	0.499		テーパー加工
	40	3	20	1042	0.519		テーパー加工
	40	3	38	819	0.408		テーパー加工

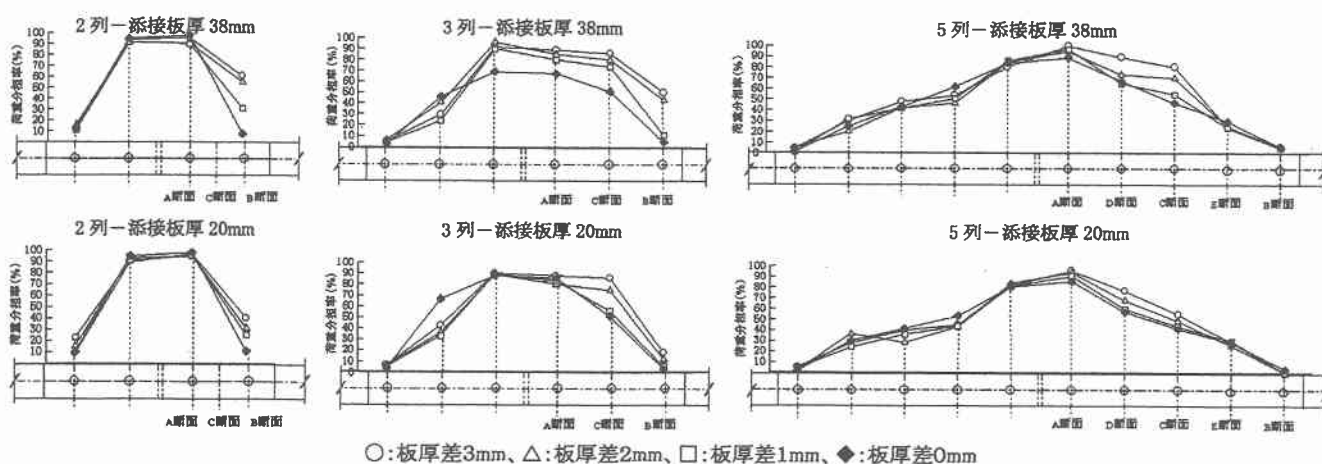


図-4 添接板荷重分担率