

F10Tボルトのナット回転角法による導入軸力試験およびリラクセーション試験

川田工業 正会員 藤野大地
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
 東京都市大学(研究時) 横田 渉

東京都市大学 正会員 白旗弘実
 横河ブリッジ 宮井大輔

1. はじめに

高力ボルト摩擦接合の締め付け方法においては、トルク法とナット回転法がある。トルク法ではトルク係数値に依存しているため、わずかな変動を受けると軸力に影響を受けやすいという問題がある^{1),2)}。ナット回転法はF8Tでのみ適用できるが、降伏域までボルト軸力を導入することが許されていることによる。F10Tは降伏域に入ると遅れ破壊の可能性が高くなるが、降伏域に達しないナット回転角がわかれば、F8Tの使用とともに施工性などを高めることが期待できる。本研究はF10Tのナット回転角法の適用のため、軸力導入試験およびリラクセーション試験を行ったので、その結果を報告するものである。

2. 試験体

(1) **試験体の形状および種類** 図-1に試験体の形状、表-1に試験体の種類を示す。試験体は、ボルト呼び径、板厚などをパラメータとした6種類である。鋼材はSM490Y、ボルトはF10TのM22およびM24を用いた。各試験体ともにナット回転量は、75,90,120°の3角度で行った。試験体数は、各ケースで1体製作し、18体を試験に供した。

(2) **摩擦面の表面処理** 試験体は、素地調整後に、無機ジンクリッチペイントを塗布した。膜厚は標準である75 μm となるように配慮した。

(3) **ボルトの締め付け** 図-2に示すように、ナット回転法により行った。ボルトの締め付けは、一次締めおよびマーキング後、本締めを行った。1試験体でボルトは3本あるが、本締め作業では、その内1本(No.1)は、トルクレンチを用いて手締めで行い、残り2本(No.2,3)は、ナット回転角専用レンチを用いた機械締めとした³⁾。

(4) **導入軸力試験方法** 導入軸力試験では、各試験体のNo.1ボルトについては、回転角を30°ごとにボルト軸力を計測した。一方、No.2,3ボルトでは、所定の角度の軸力のみ計測した。

表-1 試験体の種類

試験 体名	板厚(mm)		試験体 タイプ	ボルトサイズ	ボルト締付け	
	母板 (t)	連結板 (ts)			1次締め	本締め
A1-1	9	9	Type-1	M22×70 (3.2d)	150 N・m	75°
A1-2						90°
A1-3						120°
A2-1	22	12		M22×90 (4.1d)		75°
A2-2						90°
A2-3						120°
A3-1	32	19		M22×110 (5.0d)		75°
A3-2						90°
A3-3						120°
B1-1	12	9	Type-2	M24×75 (3.1d)	200 N・m	75°
B1-2						90°
B1-3						120°
B2-1	25	16		M24×100 (4.2d)		75°
B2-2						90°
B2-3						120°
B3-1	36	19		M24×120 (5.0d)		75°
B3-2						90°
B3-3						120°

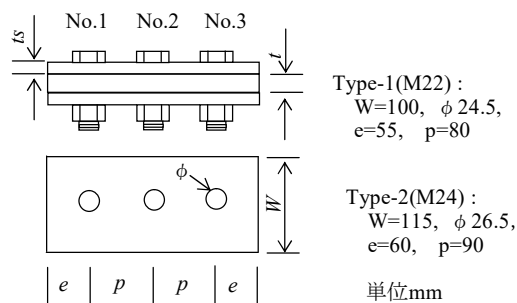


図-1 試験体形状

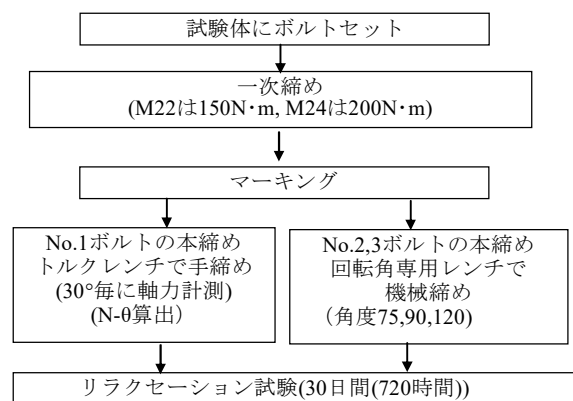


図-2 導入軸力試験のフロー

キーワード：高力ボルト，導入軸力，リラクセーション，ナット回転法

連絡先：〒114-8562 東京都北区滝野川1-3-11 川田工業株式会社 TEL 03-3915-3411

(5) リラクセーション試験方法 導入軸力試験後、続けてリラクセーション試験へと移行させた。ボルト軸力の計測期間は720時間（30日）とした。

表-2 導入軸力試験の計測結果の一覧

試験体名		ボルト サイズ	回転量 (°)	初期導入時の軸力(kN)										リラクセーション(720h)後の軸力(kN)					
				手締め(トルクレレンチ) No.1 ボルト						機械締め No.2 ボルト No.3 ボルト		平均値	設計値 比率(%)	手締め No.1 ボルト 割合(%)		機械締め No.2 ボルト 割合(%) No.3 ボルト 割合(%)			
				0°	30°	60°	75°	90°	120°	No.2 ボルト	No.3 ボルト	No.1 ボルト	割合(%)	No.2 ボルト	割合(%)	No.3 ボルト	割合(%)		
M22	A1-1	M22x70 3.2d	75	43.9	117.8	183.0	241.3		256.7	248.0	248.7	121.3	218.3	106.5		222.4	108.5		
	A1-2		90	50.1	143.6	224.0		282.5	253.3	243.2	259.7	126.7	259.5	126.6	204.5	99.8	218.5	106.6	
	A1-3		120	60.6	154.9	225.6		282.3	295.1	293.2	304.1	148.3	306.2	149.4	280.6	136.9	265.7	129.6	
	A2-1	M22x90 4.1d	75	68.7	140.9	221.7	258.4		231.5	239.2	243.0	118.5	236.7	115.5	209.8	102.3	219.2	106.9	
	A2-2		90	67.8	130.1	211.6		277.4	267.2	285.8	276.8	135.0	250.8	122.3	240.5	117.3	260.8	127.2	
	A2-3		120	54.6	115.3	197.6		263.5	297.0	0.0	291.6	294.3	143.5	278.6	135.9		269.8	131.6	
	A3-1	M22x110 5.0d	75	52.7	101.5	160.8	188.9		209.9	219.4	206.0	100.5	167.2	81.6	195.4	95.3	207.3	101.1	
	A3-2		90	41.6	104.1	185.4		253.8	219.5	229.7	234.3	114.3	239.3	116.7	183.4	89.5	216.8	105.7	
	A3-3		120	51.9	104.0	170.6		226.9	268.0	272.7	0.0	270.4	131.9	251.8	122.8	253.4	123.6		

試験体名		ボルト サイズ	初期導入軸力(kN)										設計値 比率(%)	リラクセーション(720h)後の軸力(kN)					
			回転量 (°)	手締め(トルクレレンチ)					機械締め		平均値	手締め			機械締め				
				No.1ボルト					No.2 ボルト	No.3 ボルト		No.1 ボルト		割合(%)	No.2 ボルト	割合(%)		No.3 ボルト	割合(%)
				0°	30°	60°	75°	90°											
M24	B1-1	M24x75 3.1d	75	36.4	140.8	226.5	291.7		307.5	297.1	298.8	125.5	271.6	114.1	277.2	116.5	262.7	110.4	
	B1-2		90	33.8	139.5	259.3		327.6	0.0	325.6	326.6	137.2	301.9	126.8			302.0	126.9	
	B1-3		120	40.1	131.0	244.6		326.7	349.2	321.1	305.2	325.2	136.6	324.8	136.5	299.5	125.9	282.4	118.6
	B2-1	M24x100 4.2d	75	38.0	119.0	235.2	294.8		288.3	284.0	289.0	121.4	267.7	112.5	263.3	110.6	262.3	110.2	
	B2-2		90	40.7	135.3	244.8		329.1	326.0	326.5	327.2	137.5	302.5	127.1	300.3	126.2	299.7	125.9	
	B2-3		120	35.4	119.6	242.8		336.2	348.5	326.8	331.0	335.4	140.9	320.1	134.5			305.5	128.4
	B3-1	M24x120 5.0d	75	40.8	112.6	223.8	279.4		264.8	276.0	273.4	114.9	256.6	107.8			278.5	117.0	
	B3-2		90	41.1	112.8	202.7		289.0	303.9	305.9	299.6	125.9	267.9	112.5	281.7	118.4	278.5	117.0	
	B3-3		120	44.3	131.4	228.4		324.5	337.3	316.5	315.9	323.2	135.8	312.5	131.3	293.1	123.1	295.4	124.1

3. 試験結果

(1) 導入軸力試験結果 導入軸力計測結果を表-2に示す。また、ナット回転量と導入軸力の関係の一部を図-3に示す。図-3(a)および(b)に示すように、M22、M24 どちらのボルトも角度が 90°までは回転角と導入軸力は、ほぼ直線分布にあるが、120°で線形関係が成り立たなくなっていることがわかる。90°が降伏域に達する角度であると考えられる。

(2) リラクセーション試験結果 リラクセーション試験結果の一部を図-4に示す。図の縦軸は、測定した軸力を初期ボルト軸力で無次元化した軸力残存率である。各試験体とも、計測初期での軸力低下が著しく、計測 60 分後には残存軸力が約 97%，24 時間後には約 94%まで低下した。その後は、緩やかに低下していき、720 時間後は 92～90%前後に低下した。他のボルトについても低下の割合は同様であった。

4. まとめ

本研究では、F10T ボルト締め付けにナット回転法適用を検討するため、導入軸力試験およびリラクセーション試験を行った。導入軸力とナット回転量については、90 度前後で降伏に至ることを示した。リラクセーションによる軸力低下は、10%に満たないことを示した。なお、本研究は鋼橋技術研究会「高力ボルト施工部会(部会長：南邦明)」の一環として行ったものである。

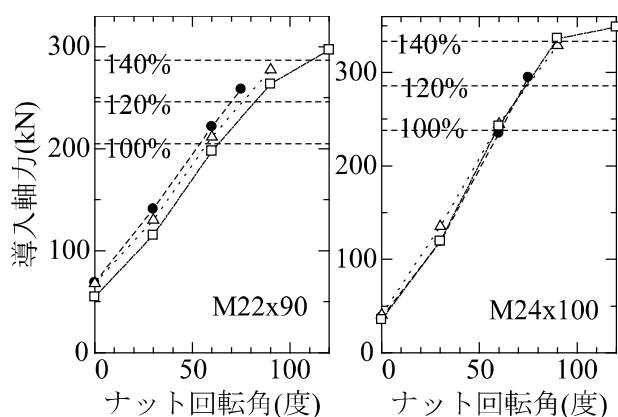


図-3 導入軸力試験結果

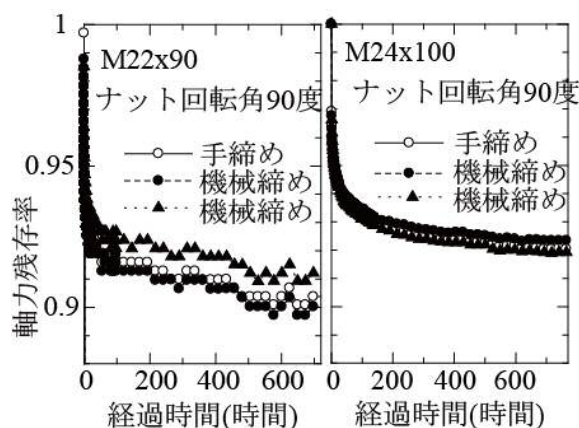


図-4 リラクセーション試験結果

【参考文献】

- 1) 田島二郎，青木博文，田中淳夫，小林昌一，北後寿：高力ボルト接合：ナット回転法の提案，JSSC No.9, 1973.
- 2) 板垣秀克，和泉公比古：回転法の F10T への適用，首都高技報 No.7, 1975.
- 3) 南 邦明，斉藤雅充，横山秀喜，杉本一朗，能島隆男，増永寿彦，長崎英二：亜鉛アルミ擬合金溶射を施した高力ボルト摩擦接合継手に関する研究，土木学会論文集A1, Vol.68, No.2, pp.427-439, 2012.6.