

本州四国連絡架橋調査
材 料 構 造 調 査
調 査 資 料 No. 49

土 木 研 究 所 資 料

第 79 号

本 州 四 国 連 絡 橋 上 部 構 造
高 力 ボ ル ト 接 合 設 計 指 針
(40年度予備設計)

昭 和 40 年 7 月

建 設 省 土 木 研 究 所

目 次

1.	総 則	1
1.1	適用の範囲	1
1.2	用語の定義	1
2.	材 料	1
2.1	ボルト、ナットおよび座金	1
2.2	ボルト、ナット、座金の材質	2
2.3	ボルトの首下長さ	2
3.	許 容 耐 力	6
3.1	吊橋吊構造部	6
3.2	吊橋主塔	7
3.3	その他の構造形式	9
4.	設 計 一 般	9
4.1	部材の連結	9
4.2	部材の添接	9
4.3	テ ン 材	10
4.4	継手の計算断面	10
4.5	設 計 細 目	11
5.	付 録	12
付録 1.	高力ボルト接合に関する外国規準の比較	12
" 2.	橋梁委員会資料 鋁道路橋の高力ボルト摩擦 接合設計施工暫定指針（第1次修正案）	17

1965. 5. 10 審議

この資料は、本州四国連絡道路調査事務所が、昭和40年度前半に実施する予備設計用に作成したもので、予備設計の結果によっては、つぎの概略設計の際に補足あるいは変更することが考えられる。

また、この指針では従来認められなかった引張接合を設計軸力の60%まで認めることにした。

なお、参考資料として現在審議中の道路協会、鋼道路橋の高力ボルト摩擦接合設計施工暫定指針（案）および各国の基準から比較のために二、三の表を作成し収録した。

担当	多田安夫
	篠原洋司
	山木崇史

1. 総 則

1.1 適用の範囲

本指針は、本州四国連絡橋昭和40年度予備設計の高力ボルト部材接合の設計に適用する。

この指針に示されない事項は鋼道路橋設計示方書、鋼道路橋製作示方書、溶接鋼道路橋示方書、鋼道路橋の高力ボルト摩擦接合設計施工暫定指針による。ボルト、ナット、座金についてはJIS B 1186-1964 摩擦接合用高力六角ボルト、六角ナット、平座金のセットによる。

1.2 用語の定義

(1) 高力ボルト摩擦接合

高力ボルト（以下ボルトと呼ぶ）を締めつけ、接合部材間に生ずる摩擦力によって応力を伝える接合。

(2) 高力ボルト引張接合

ボルトを締めつけ接合部材間に生ずる圧縮力とボルトの引張耐力によってボルトの軸方向に作用する引張力を伝える接合。

(3) すべり係数

すべり荷重と導入ボルト軸力との比

(4) 設計ボルト軸力

ボルトに働かせる軸力でボルトの許容耐力の基準となる軸力。

(5) 標準ボルト軸力

継手施工時に締めつけの標準となるボルト軸力。

2. 材 料

2.1 ボルトナットおよび座金

ボルトナット座金はJIS B 1186「摩擦接合用高力六角ボルト、六角ナット、平座金のセット」に規定するセットのうち4種（F15Tボルト）W7/8 W1とし、トルク係数値による種類はAとする。

高力ボルトのウイットネジ（W）は1968年5月限りで廃止されることになっているが、予備設計を行なう段階ではまだウイットネジが多く用いられていることなどから、一応W7/8 W1を対象とした。

したがって将来はメートルネジに代わるべきものである。

JIS B 1186 は摩擦接合用ボルトセットの規定であるが、引張接合に使用してもとくに不都合がないのでそのまま使用することにした。

2.2 ボルト・ナット・座金の材質

ボルト・ナット・座金の材質について JIS B 1186 には規定されていないので、各メーカーが種々の材質を用いてボルトセットを製造している。とくに 4 種ボルトについては、各社が独自に開発した材質を用いており、なおまだ改良中のものも少なくないので今回はとくに規定しないことにした。表 2.2.1 に 2.3 の例を参考までに示す。

2.3 ボルトの首下長さ

ボルトの首下長さは部材を十分に締めつけられるように選ばなければならない。

締めつけ後はボルトのネジ部がナットの下面側に 1 山或いは 2 山程度、ナットの上面側に 3 山程度あまるように余裕をもたせてボルトの首下長さを決めるのが板厚の公差などから考えてよいと思われる。

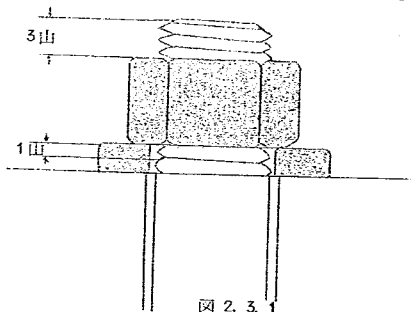


図 2.3.2 および図 2.3.3 は首下長さの計算図表であるがこれらの図表では 3 本の実像にかこまれた範囲に首下長さを選べば少なくともナットの上・下面に 1 山は余るように考慮した。

またボルト首下長さはできるだけ種類が少なく煩雑でないものが製作上または施工上からよいのでボルト首下長さを 5 mm 間隔として W 7/8 および W 1 について締めつけ板厚とボルト首下長さの関係を示してある。

ボルト首下長さの選択は板厚が中央の実線の近くにあるようにすれば、図 2.3.1 のようになり望ましい。

表-2.2.1

ボルト、ナット、座金化学成分一覧表

S40-6-28

	材 質	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Ti	メーカー名
ボルト	SMK22	0.17 ~0.22	0.60 ~0.90	1.00 ~1.40	< 0.35	<0.030	<0.30		1.30 ~1.70		0.03 ~0.20	大同製鋼
	SCMH22	0.18 ~0.23	0.20 ~0.35	0.60 ~0.85	<0.030	<0.030	<0.025	<0.20	0.90 ~1.20	0.38 ~0.45		高張力ボルト工業
	Bolten 130	0.21 0.23	0.77 0.81	1.41 1.47	<0.022 ~0.025	<0.010 ~0.010	<0.09 ~0.08		1.25 1.27		0.08 0.09	八幡コルテン
ナット	YSC40	0.38 0.43	0.25 0.28	0.70 0.75	<0.014 ~0.010	<0.018 ~0.016	<0.09 ~0.012					
	SCM3	0.33 ~0.38	0.15 ~0.35	0.60 ~0.85	<0.030	<0.030			0.90 ~1.20	0.15 ~0.35		高張力ボルト工業
	S45C	0.40 ~0.50	0.15 ~0.40	0.40 ~0.85	< 0.35	<0.040						大同製鋼
座 金	S55C	0.50 ~0.60	0.15 ~0.40	0.40 ~0.85	< 0.35	<0.040						高張力ボルト工業
	YSC50	0.55 0.49	0.24 0.24	0.74 0.75	<0.013 ~0.014	<0.015 ~0.015	<0.11 ~0.09					八幡コルテン
	SUP6	0.55 ~0.65	1.50 ~1.80	0.70 ~1.00	<0.035	<0.035						大同製鋼

図 2.3.2 W 7/8 ボルト首下長と締めつけ板厚

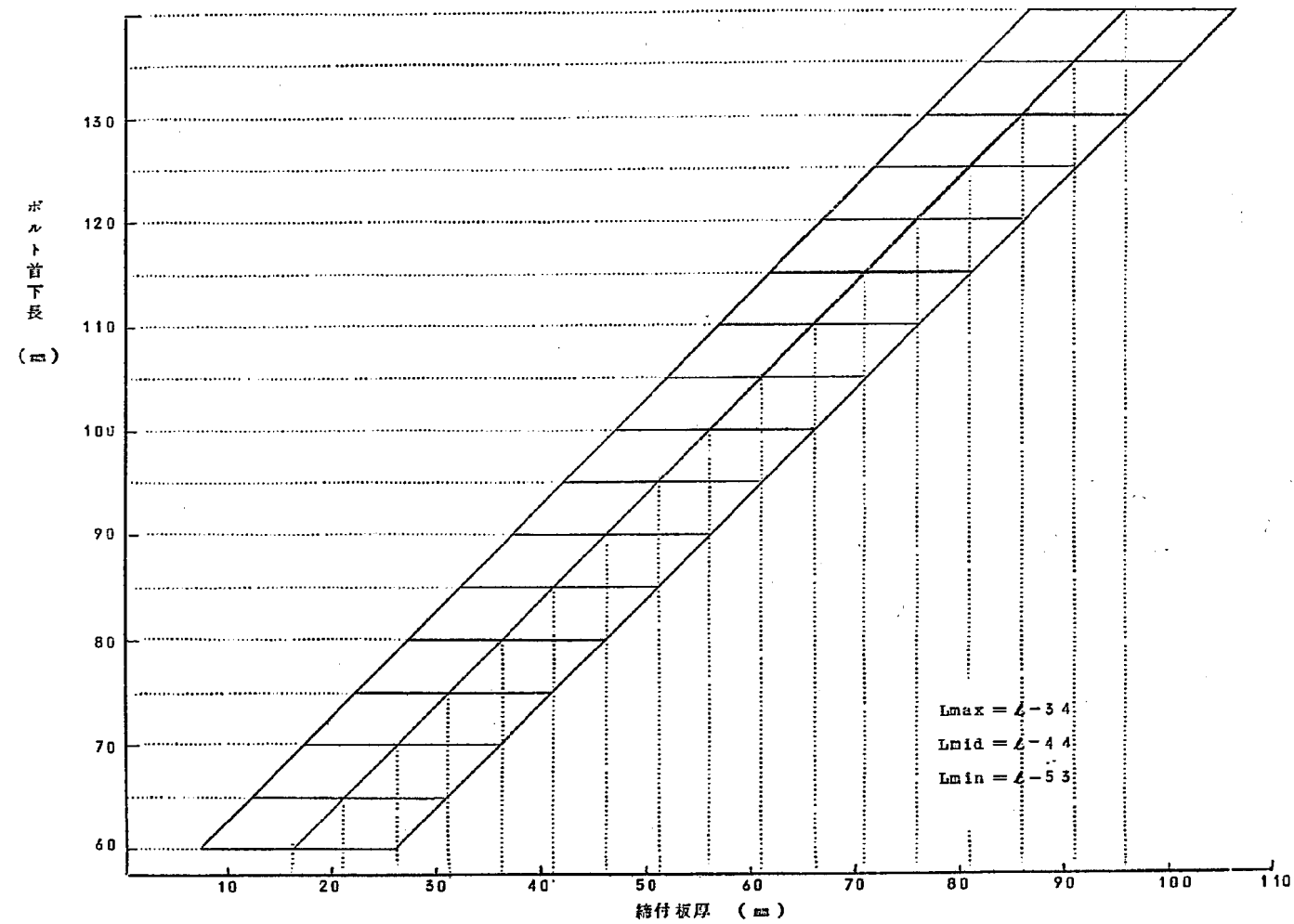
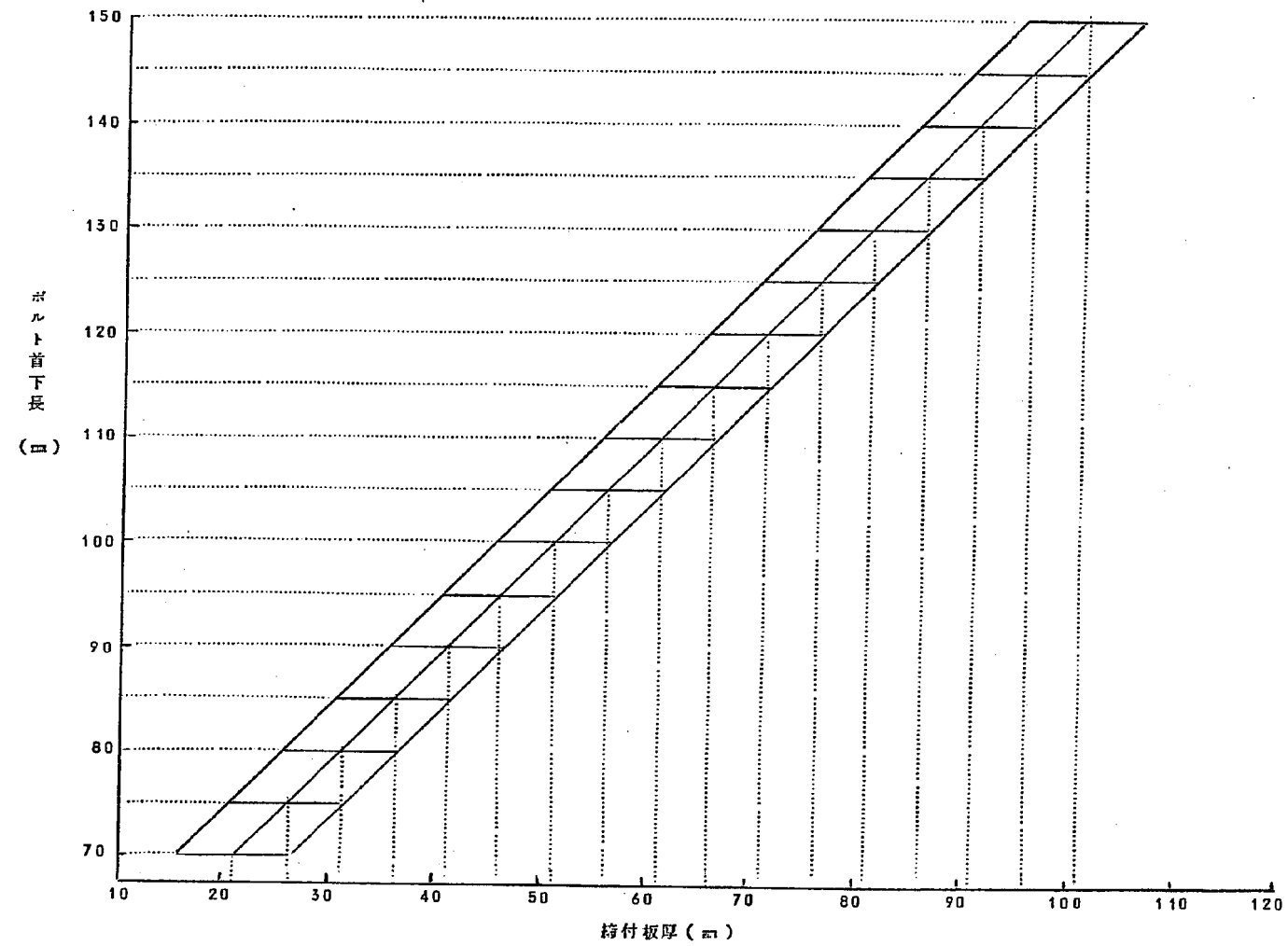


図 2.3.3 W 1 許容締付板厚



3. 許 容 耐 力

3.1 吊橋吊構造部

(1) 吊構造部の現場接合は高力ボルト摩擦接合とし、用いるボルトの呼びは W7/8 を標準とする。

(2) 高力ボルト摩擦接合

ボルトの設計ボルト軸力およびボルト1本1摩擦面あたりの許容耐力はつぎのとおりとする。

なお許容耐力の割増しは材料の許容応力度の割増しに準ずる。

ボルトの呼び	オネジの外径	設計ボルト軸力	ボルト1本1摩擦面あたりの許容耐力
W7/8	22.2mm	25.6t	6.02t

ただし、ケーブルバンド用高力ボルトはのぞく

許容耐力の算定は次式による。

$$Pa = \frac{1}{\nu} \mu P v \quad (t) \quad (4)$$

ここで ν : 安全率 (= 1.7), μ : 設計の基準とするすべり係数 (= 0.4)

$P v$: 設計ボルト軸力 (t)

$$P v = \frac{0.9}{K} \sigma_{0.2} A_0$$

ここで K : ボルト軸部のねじりせん断の影響を考慮した係数 (= 1.14)

$\sigma_{0.2}$: 0.2% 耐力 (Kg/mm^2)

表 3.1.1 ボルトの有効断面積 (mm^2)

A_0 : ボルトネジ部の有効断面積 (mm^2)
 $= \pi \left(\frac{\text{有効径} + \text{谷径}}{4} \right)^2$

ボルトの呼び	W7/8	W1
有効断面積	294	387

安全率 $\nu = 1.7$ は昭和 39 年に架設された花輪跨道橋においては $\nu = 1.8$ で行なったがその際の試験から $\nu = 1.7$ まで低めても十分安全であることを確認したのでこの値とした。

この値は本州四国連絡橋上部構造設計指針に規定されている材料の許容応力度に対する標準値である。

ボルト軸部のねじりせん断の影響を考慮した係数 K に、一般に 1.22 とされていたが、4 種ボルトの場合締めつけを容易にするためトルク係

数の減少が研究され、ナットに表面処理をほどこすことによってトルク係数を JIS のトルク係数 A の規定より小さくすることが容易であること)。また土木研究所が行なった実験によっても上記の値は十分安全と認められたので 1.14 としたものである。

1) 大同の高力ボルト MITEN 130 について 大同製鋼中央研究所

3.2 吊橋主塔

(1) 主塔の現場接合は摩擦接合と引張接合の 2 種とし、用いるボルトの呼びは W1 を標準とする。

(2) 高力ボルト摩擦接合

ボルトの設計ボルト軸力およびボルト 1 本 1 摩擦面あたりのにりに対する許容耐力はつぎのとおりとする。

ボルトの呼び	オネジの外径	設計ボルト軸力	ボルト 1 本 1 摩擦面あたりの許容耐力
W1	25.4mm	33.6t	7.91t

(3) 高力ボルト引張接合

引張ボルトの許容耐力は設計ボルト軸力の 60% とする。

なお引張接合は架設時のみに引張応力が作用する部材の接合に使用する。

(4) 摩擦接合に引張が働くときは摩擦接合は次式により決定する。

$$Pa = \frac{\mu}{\nu} (P_0 - T)$$

ただし Pa: 許容耐力 μ : すべり係数 ν : 安全率

P_0 : 設計ボルト軸力 T: ボルト軸方向に働く引張力

引張ボルト接合は、高力ボルトの利用としては合理的であるが、まだ今後確認されねばならない点も多い。

設計ボルト軸力 P_0 が導入されたボルトに外力 T がボルト軸方向に加えられたとき(この力を以下引張外力という)ボルト軸に働く軸力の変動 P の変動は次式で示される。

$$P = P_0 + \frac{Ab}{Ab + A} T$$

ここで Ab: ボルト断面積 A: 座金によって圧縮力をうけている板

の面積。図 3.2.1 に示すスプリットティー型の引張試験の結果では「T 型フランジの剛性が充分に大きくほとんど剛体と考えられる場合には外力がボルトの初張力以下ならボルトに附加応力は加わらない」¹⁾。

或いは「許容引張荷重は締付力の減少を考慮して締付力の 60% 以下が適当であるが、座面のへたりを少なくする処置を行えば 80%~90% まで許容し得る」²⁾ という報告がある。またドイツ³⁾ (60%)、イギリス⁴⁾ (60%)、アメリカ⁵⁾ (約 45%) の値も考慮して上記のようにきめた。

ただしアメリカは 5) の Table 2.4(b) より換算した値により計算したものである。

なお、架設時のみに限定したのは日本においてはまだ研究途上であるためである。

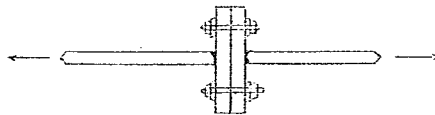


図 3.2.1 スプリットティー

摩擦接合に引張外力が同時に働く場合、摩擦接合の低減された許容耐力はドイツ³⁾、アメリカ⁵⁾、フランス⁶⁾、では $P_a = \frac{\mu}{\nu} (P_v - T)$ 、イギリス⁴⁾ では $P_a = \frac{\mu}{\nu} (P_v - 1.7 T)$ により求めている。

イギリスの考え方は引張外力 $T = 0.6 P_v$ になったとき $P_a = 0$ とするものである。これは設計ボルト軸力がボルトの降伏点にあることや付録 7 にみられるように摩擦接合の許容耐力も他の国に比べて高くっていることが原因の 1 つと考えられる。

本指針では 60% の引張外力が加わっても摩擦力が零となるとは考えられないこと、また許容耐力のとりかたもドイツ、アメリカの間にあることからドイツ、アメリカの考えにより決定された。

1) 加藤勉 他 2 名 高張力ボルト引張接合に関する研究

2) 鷲尾建三 高力ボルト接合に於けるゆるみの研究(1)

3) .Vorläufige Richtlinien für Berechnung, Ausführung
und bauliche Durchbildung von gleitfesten Schraube-
nverbindungen (HV-Verbindungen) für stählerne
Ingenieur und Hochbauten, Brücken und Krane 2.
Ausgabe 1963

4) .B.S. 3294:Part 1:1960 THE USE OF HIGH STRENGTH
FRICTION GRIP BOLTS IN STRUCTURAL STEELWORK
Part 1.General Grade Bolts

5) .Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts 1964

6) .PRESCRIPTIONS PROVISOIRES POUR LA FOURNITURE ET
L'UTILISATION DES BOULONS A HAUTE RESISTANCE 1961

3.3 その他の構造形式

3.1の吊橋吊構造部に準ずる。

4. 設 計 一 般

4.1 部材の連結

部材の連結は鋼道路橋設計示方書 5.2条による。ただし、ボルト数は2
本以上とする。

4.2 部材の添接

部材の添接は鋼道路橋設計示方書 5.3条による。

ただし、主塔の圧縮材は高力ボルト摩擦接合では全強の25%をメタル
タッチで行なう。主塔の圧縮材では仕上げ精度が良好なので25%程度の
面接触による効果を利用することにした。この考えについては、米国では
MACKINAC¹⁾橋で採用されており我国でも若戸大橋²⁾に採用されてい
る。

1) Kaung-Han Chu: THE DESIGN OF THE MAIN TOWERS OF THE
MACKINAC BRIDGE Proc. ASCE 1965.3

2) (若戸橋の)設計計算書 日本道路公団福岡支社若戸調査事務所

4.3 テン材

接合される部材の板厚がことなる場合、テン材を用いる継手は肌すきが2mmまでは厚い方の板厚の薄い板に接する部分に約 $\frac{1}{10}$ のテーバーをつけてなじみをよくすることにしボルト数の割増しは行なわない。

肌すきの大きさが2mmを超える場合はテン材を用い、10%のボルト数の割増しを行なう。

摩擦接合の原理から考えるとテン材があっても摩擦の効果は低下するものではないが、重ね合せ継手の実験で約10%の低下が生じた報告¹⁾があるのでテン材を用いた継手にこの程度の割増しをすることにした。また2mm程度の肌すきは約 $\frac{1}{10}$ のテーバーをつけてなじみをよくしテン材を使用しないものが好結果をもたらした実験例¹⁾から肌すきが小さいときはテーバーをつけなじみをよくしテン材は使用しないことにした。

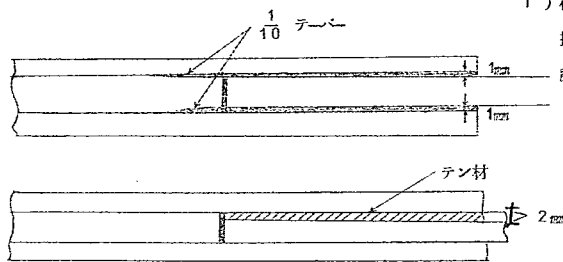


図 4.3.1

1) 松井矢頭 高張力ボルト

接手の研究 石川島播

磨技報 1954-4/622

4.4 継手の計算断面

(1) 摩擦接合の場合の引張応力の計算に用いる継手部材の断面積はボルト孔を控除した純断面積とする。

この場合、純断面積の算出に用いるボルト孔の直径は表4.4.1によるものとする。

表 4.4.1 ボルトの穴径 (mm)

ボルトの呼び	W 7/8	W 1
製作孔径	23.5	26.0
控除孔径	25.0	28.0

- (2) 摩擦接合の場合の圧縮応力の計算に用いる継手部材の断面積はボルト孔を控除しない総断面とする。

摩擦接合では、リベット継手と異なりボルト前部に応力伝達効果があること、面として作用する応力伝達機構からボルト孔周辺の応力集中がリベット継手に比べて小さいことなどから断面控除に対する考えかたが著しく異っている。1956年のドイツの暫定指針では引張材に対して孔による断面減少が20%までは孔を控除しない断面、30%をこえるときは孔を控除した断面20%と30%の間は直線変化で求めるとしていた。しかし、1963年の改訂では孔を控除した断面とし、この場合各ボルトはその分担する力の40%を孔の中心から前で摩擦により伝達するとしている。

ボルト孔中心から前の応力伝達の割合は摩擦面が理想的密着状態にある場合には理論的に50%の伝達が考えられる。しかし実際の鋼板の密着状態を考えるとかなり異っていることから孔の前の伝達効果はたして40%程度なものかについては今後我國でも確認する必要があると思われるので、一応安全側にとって孔の前の伝達効果は考えないことにした。

4.5 設計細目

- (1) 継手の応力方向に並ぶボルト数は最大12本までとする。

継手の応力方向に並ぶボルト数は摩擦力がずれ量の大きさに関係なくまたすべり後も摩擦力の回復が行なわれるので、リベットの場合と異なり応力分担がすべり荷重の近傍ではほぼ均等化すると考えられる。したがって現在までの実施例から最大12本までとした。

- (2) 継手は偏心のないよう設計しなければならない。

- (3) ボルト間のピッチおよび縁端距離はリベットに準ずる。

ボルト間のピッチおよび縁端距離に関してはリベット継手の規定を変えるべき十分な根拠がまだないのでリベットに準ずることとした。

5. 付 録

付録 1 高力ボルト接合に関する外国規準の比較

1. ボルトの機械的性質

国名	規 準 名	記 号	σ_B Kg/mm ²	σ_y Kg/mm ²	伸 び %	絞 り %	HRC	σ_y/σ_B
日 本	JIS B1186	F 9T	90	70	14	35	26~35	0.778
		F 11T	110	95	14	35	33~40	0.864
		F 13T	130	110	14	35	36~45	0.846
ド イ ツ	DIN 267	8 G	80	64	12	—	* _{min} 24	0.800
		10K	100	90	8	—	_{min} 30	0.900
		(12K)	120	108	8	—	_{min} 34	0.900
英 国	BS 3139		80.9	54.8	14	35	* _{20~31}	0.677
米 国	ASTM	A325	80.5	54.9	14	35	22~34	0.682
		A490	105.5	88.1	14	40	32~38	0.835
参 考 仏 国		1	100	90	8	—	30	0.900
		2	80	64	12	—	21	0.800

注 1 *印はブリネルによる規格より換算したロックウエル C スケール推定値。

注 2 英, 米の σ_B , σ_y はボルト製品の引張試験によるもの。

3. すべり係数

日 本	0.4 0.35 (建 築)	プライマーを取りのぞき粗面約50Sとする。
ドイツ	0.45 (St33, St37) 0.60 (St52)	サンドブラストまたは酸素炎焼き
英 国	0.45	ペンキ, 油, 浮錆などを取るが, Tight mill scale はとらなくともよい。
米 国	0.35	ペンキをとりのぞく。
仏 国 (参考)	0.30 0.45 (AcierADX, Ac42) 0.60 (Ac52)	ブラシがけ サンドブラスト #

4. 安 全 率

日 本	鉄 道 橋	1.8
	本 四 F 1 3 T	1.7
	道 路 協 会	1.6
	建 築 学 会	1.5
ド イ ツ		1.6 (主荷重)
		1.4 (主従荷重)
英 国	建築BS449	1.4
米 国		1.55
仏 国 (参考)		1.25

5. 設計ボルト軸力

国名	ボルトの呼び	断面積 (mm ²)	設計ボルト軸力 (ton)		
			F 9 T	F 1 1 T	F 1 3 T
日本	W 7 / 8	2 9 4.7	1 5.5	2 1.0	2 5.6
	W 1	3 8 7.0	2 0.3	2 7.6	3 3.6
ドイツ	M 2 2	2 9 5.4	8 G	1 0 K	1 2 K
	M 2 4	3 4 2.3	1 3.4	1 9.2	—
	M 2 7	4 4 7.7	1 5.5	2 2.1	—
			2 0.4	2 9.2	—
英国	U 7 / 8	2 9 8.0	1 6.4	—	—
	U 1	3 9 1.0	2 1.4	—	—
米国	U 7 / 8	2 9 8.0	A 3 2 5		A 4 9 0
	U 1	3 9 1.0	1 6.4	—	2 5.1
			2 1.4	—	3 2 3.0
参考			2	1	
仏国	M 2 2	3 0 3.0	1 5.5	2 1.8	—
	M 2 4	3 5 9.0	1 8.4	2 5.8	—
	M 2 7	4 9 5.0	2 3.4	3 3.0	—

6. 設計ボルト軸力に対するボルトの降伏および引張強さとの比較

国名	ボルトの種類	設計ボルト軸力 $\frac{A_e \cdot \sigma_y}{}$			設計ボルト軸力 $\frac{A_e \cdot \sigma_y}{}$		
		W 7/8	W 1	W 7/8	W 1	W 7/8	W 1
日本	JIS B 1186						
	F 9 T	0.753	0.749	0.586	0.583		
	F 11 T	0.752	0.751	0.649	0.648		
	F 13 T	0.792	0.789	0.670	0.668		
ドイツ	8 G 10 K	M 22	M 24	M 27	M 22	M 24	M 27
		0.709	0.708	0.712	0.566	0.566	0.570
		0.722	0.717	0.725	0.650	0.645	0.652
英国	BS 3294	U 7/8	U 1	U 7/8	U 1		
		1.00	1.00	0.679	0.678		
米国	ASTM	U 7/8	U 1	U 7/8	U 1		
	A 325	1.002	0.997	0.684	0.680		
	A 490	0.956	0.958	0.798	0.800		
参考 仏国	1 2	M 22	M 24	M 27	M 22	M 24	M 27
		0.799	0.799	0.741	0.719	0.719	0.666
		0.799	0.801	0.739	0.759	0.641	0.591

7. 摩擦接合の許容耐力とボルトの降伏との比較

国名	ボルトの種類	許容耐力 (t)			許容耐力 $A_e \cdot \sigma_y$		
		W 7/8	W 1		W 7/8	W 1	
日本	—						
	F 9 T	3.87	5.08		0.188	0.188	
	F 1 1 T	5.25	6.89		0.188	0.188	
	F 1 3 T	6.02	7.91		0.186	0.186	
ドイツ	8 G 1 0 K	M 2 2	M 2 4	M 2 7	M 2 2	M 2 4	M 2 7
		3.78	4.34	5.74	0.205	0.198	0.200
		5.40	6.20	8.20	0.203	0.201	0.204
英国	$\mu=0.45$	U 7/8		U 1	U 7/8		U 1
	$\nu=1.4$	5.25		6.90	0.321		0.321
米国	A S T M	U 7/8		U 1	U 7/8		U 1
	A 3 2 5	2.83		3.71	0.173		0.173
	A 4 9 0	4.20		5.51	0.160		0.160

注1 *はBS 4 4 9に従って $\mu=0.45$ $\nu=1.4$ としたもので、主に建築関係の値である。

付録 2 橋 梁 委 員 会 資 料

鋼道路橋の高力ボルト摩擦接合
設計・施工暫定指針(第1次修正案)

鋼道路橋小委員会
(橋梁委審議 1965(4.23
5.10)

1 章 総 則

適用の範囲 1 条

この指針は鋼道路橋の高力ボルト摩擦接合の設計および施工についての一般の指針を示すものである。この指針に示されない事項は鋼道路橋設計方書、鋼道路橋製作方書、溶接鋼道路橋示方書ならびに鋼道路橋の合成げた設計、施工指針による。

(解 説)

最近、高力ボルト摩擦接合が構造物の部材連結や添接に多く使われるようになったが、未だ設計施工上、未解決な問題も多く、経験も浅い。しかしながら今後この接合方式の利用が増大することが予想されるので、現在において明らかになっていることをまとめて暫定的な一般指針とすることにした。

高力ボルトを用いた部材接合には本指針で規定する摩擦接合の外に、ボルトに引張力を受けさせる引張ボルト接合や、リベット接合のように、支圧とせん断で力を伝える接合方式などがあるが、これらについては、今回は取扱わないことにした。

本指針の適用を受ける部材の材質は、SS41、SM41、SS50ならびにSM50のいずれかとする。

定 義 2 条

- 高力ボルト摩擦接合 高力ボルト(以下ボルトと呼ぶ)を締めつけ接合部材間に生ずる摩擦力によって応力を伝える接合。
- 摩擦面 応力を伝える摩擦力が生じる接触面。

- ボルト軸力 摩擦力を生じさせるため、ボルトに働かせる軸力。
- 標準ボルト軸力 継手施工時に締めつけの標準とするボルト軸力。

(解 説)

高力ボルト摩擦接合とは、通常のリベット接合のように、リベット幹のせん断により応力を伝えるというのではなく、ボルトで継手材片を締めつけることにより接合材片間に生ずる摩擦力により応力を伝達するのである。したがって、この場合、応力はボルト軸の直角方向に伝えられるもので、ボルト軸方向に応力を伝えるものは含まない。

摩擦面とは母材間の摩擦力を生じる接触面であって、座金と母材との接触面は含まない。なお継手の形によっては図 2-1、図 2-2 のような場合があり、これらをそれぞれ 1 面摩擦、2 面摩擦と呼ぶ。

図 2-1 1 面摩擦

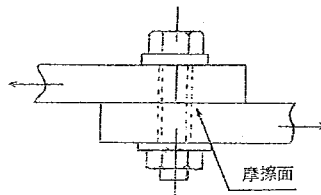
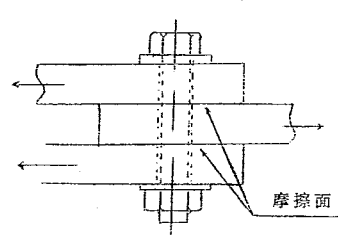


図 2-2 2 面摩擦



2 章 ボルト・ナットおよび座金

ボルト・ナットおよび座金 3 条

ボルト・ナットおよび座金は J I S B 1 1 8 6 「摩擦接合用高力六角ボルト、六角ナット、平座金のセット」に規定するセットのうち、2 種および 3 種の呼び W 3/4, W 7/8, W 1 または M 2 0, M 2 2, M 2 4 を用いるのを標準とする。

(解 説)

J I S B 1 1 8 6 には、この他に 1 種と 4 種が規定されているが、1 種は

強度が低く橋梁用としては余り実用性がない。また4種は今後60キロ鋼などの高張力鋼を用いた橋梁に用いて非常に有利であると考えられるが、未だ実施例が少なく設計上解決すべき問題もいくつか残っているので一応除外した。したがって1種または4種にこの指針を準用することは、さしつかえないが、とくに4種については、継手の詳細設計、ボルトなどの製作、および現場での施工には、十分な注意を払わなければならない。

本条にウィットネジとメートルネジとの両方のボルトについて規定したが、ウィットネジは1968年に廃止されることになっている。しかし現状ではウィットネジを使用することが多い。

なお、セットの種類2種、3種は適用する構成部品の組合せのうち、ボルトの呼びに代表させて、それぞれF9T、F11Tと呼ばれることが多い。
ボルトなどの材質 4条

ボルト、ナット、平座金にもちいる材質は責任技術者の承認を得なければならない。

(解 説)

ボルトの材質について、JISにもボルト専用材として材質規格がないが、一般には、機械構造用中炭素鋼(S45C、S55C)、クロム鋼(SCr4)、クロムモリブデン鋼(SCM3、SCM4)などが用いられてきた。一方、これらのものを基礎に合金元素の種類や添加量を若干変えて、ボルト用材として望ましい特性を生かすべく配慮されたものも用いられている。したがって責任技術者は材質承認にあたって、用いられる材質がボルト用材として適当かどうか検討し、過去の実績なども考慮の上、承認を与えるのが望ましい。

ボルトの長さ 5条

ボルトの長さは部材を十分に締めつけられるように選ばなければならない。

(解 説)

付表1、2、にボルトの長さ l の基本寸法(JISに決められた標準寸法)

と締めつけ可能な厚さを示す。

ボルトが部材を十分締めつけられるためには、

- 1) ボルトの平先部（または丸先部）が締めつけ完了後にナットの面より少くとも外側にあること。
- 2) ボルトの締めつけ完了後、ボルトの不完全ネジ部がナットの中に入らないこと。（JIS B 1186，付表 1.1，1.2 参照）

以上の 2 条件が満足されなければならない。

付表の値は、ボルト、ナットおよび座金の寸法差は考慮してあるが、板の寸法差による継手の厚さの寸法差は考慮していないので、余裕のないボルトは望ましくない。

3 章 継 手 の 設 計

継手の許容力 6 条

ボルト 1 本，1 摩擦面あたりのにりに対する許容力は，12 条に規定する摩擦面の処理を行なった場合，表 2 に示す値までとてよい。

表 2 ボルト 1 本，1 摩擦面あたりの許容力

ボルトの呼び	2 種 (F 9 T)	3 種 (F 11 T)
W 3/4	2.80	3.80
W 7/8	3.87	5.25
W 1	5.08	6.89
M 20	3.10	4.22
M 22	3.87	5.26
M 24	4.49	6.10

ただし，接合部材の材質は，S S 4 1，S M 4 1，S S 5 0，S M 5 0 のいずれかとする。

（解 説）

ボルト 1 本，1 摩擦面あたりの許容力は次式で計算される。

$$P_a = \frac{1}{\nu} \cdot \mu \cdot N$$

ν : 安全率 1.6

μ : 設計の基準とするじり係数 0.4

(ボルト軸力とじり荷重との比)

N : 設計において基準と考えたボルト軸力

(以下 設計ボルト軸力という)

ν は継手のじりに対する安全率であって、ボルト自体の耐力または破壊に対する安全率ではない。安全率を 1.6 としたのは部材が降伏する前に継手に対するじりを生じてよいと考え、部材の安全率より幾分低目にしたものである。諸外国の例を表 6-1 に示す。

表 6-1 外国における安全率、じり係数

国 名	安 全 率 (ν)	じり 係数
アメリカ	1.55	0.35
フランス	1.25	0.45
ドイツ	1.60 (主荷重)	0.45
	1.40 (主従荷重)	

じり係数 μ は、ボルト軸力とじり荷重との比であって、小型試験片による実験値では黒皮を除去した場合、平均 0.5 程度になるが、じり荷重のバラツキ、ボルトのリラクゼーション、その他を考慮して 0.4 とした。

また、 μ は母材の強さが大きくなるに従って増加する傾向にあるが、これまで行なった実験結果では、設計上 μ を変えるほどの差が認められないので、SS41、SM41、SS50、SM50、に対して同じ値を用いることにした。

設計ボルト軸力は次式により計算される。

$$N = \alpha \cdot \sigma_y \cdot A_0$$

$$\alpha = 0.75$$

σ_y : ボルトの耐力 JISB1186 表-4 参照

$$A_0 = \pi \left(\frac{\text{有効径} + \text{谷径}}{4} \right)^2$$

: ボルトネジ部の有効断面積 JISB1180

参考別表、ただし、これは 2 級公差を考慮した値を用いている。

上式を用いて継手の設計の基準となる設計ボルト軸力は表 6-1 のようになる。

表 6-1 設計ボルト軸力 (ton)

ボルトの呼び	2 種 (F 9 T)	3 種 (F 1 1 T)
W 3/4	1 1. 2	1 5. 2
W 7/8	1 5. 5	2 1. 0
W 1	2 0. 3	2 7. 6
M 2 0	1 2. 5	1 6. 9
M 2 2	1 5. 5	2 1. 0
M 2 4	1 8. 0	2 4. 4

継手の許容力を本条により決めた場合、ボルトのせん断力および支圧力に対する換算は行なわなくてよい。

継手の計算断面 7 条

引張応力の計算に用いる継手部材の断面積は、ボルト孔を控除した純断面積とする。

この場合、純断面積の計算は鋼道路橋設計示方書 4 2 条 (純断面積) の規定に準ずる。

圧縮応力を受ける継手の計算に用いる断面積はボルト孔を控除しない総断面積とする。

(解 説)

引張応力を受ける摩擦接合継手部材の有効断面をリベット結合の場合と変えるべきであるという意見もあるが、現状においては有効断面の計算法について新しい規定を設ける根拠がなく、また摩擦接合は、引張応力を受けると、ポアソン比により板厚が減少し、ボルト軸力の減少、摩擦力の減少を招くので、リベット結合と同じ計算法によることにした。

設計細目 8 条

- i) 継手の応力方向に並ぶボルト数は多すぎないようにする。
 - ii) 継手はなるべく偏心のないように設計しなければならない。
 - iii) ボルト頭またはナット下面と部材面が $1/20$ 以上傾斜している場合には勾配ファイラーを用いるか、勾配座金を用いてボルトに不利な偏心応力が生じないようにしなければならない。
 - iv) ボルト孔、ピッチおよび縁端距離はリベットの場合に準ずる。

(解 説)

- i) 継手の応力方向のボルト数が多いと、1 本当りのこり荷重には余り影響はないが、継手の疲労強度が低下するので注意しなければならない。なお、実例として 12 本程度のもので見られる。
- ii) iii) 継手が偏心していたり、ボルト頭やナット下面が部材面と傾斜していたりすると、ボルト自体が曲げ応力を受け、ボルトの破断、摩擦力の減少の恐れがあるので、この項を定めた。傾斜に対して勾配座金を用いる場合に座金が回転すると、かえって傾斜を増す結果になるので、注意しなければならない。施工上は連続した勾配ファイラーと平座金を用いる方が確実な施工が期待できる。
- iv) 本来、リベット穴とボルト穴は、縁端距離、ピッチなどに関して異なるものであるが、現状では確たる理由がないので、一応リベットに準じた。また、もっとも外側の部材の板厚が余りに薄いとまくれを生じる事があるので注意しなければならない。

なお、高力ボルト摩擦接合はリベット接合と機構的な面において本質的に異なるので、以下に示すような場合においても、計算値に対する割増しを行なわなくともよい。

- 1) 間接添接の場合 (鋼道示 5 4 条参照)
- 2) テン材を用いる場合 (鋼道示 5 5 条参照)
- 3) ボルトの長さが JIS 1186 に規定する基本寸法の範囲に含まれる場合 (鋼道示 6 4 条参照) すなわちボルトの長さがボルト径の 4.5 倍をこえ、8 倍未満の場合。

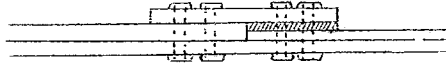


図 8 - 1

4 章 施 工

摩擦面の処理 9 条

- i) 接合される材片の接触面は黒皮を除去して粗面として塗装を行なってはならない。
- ii) 現場において材片を締めつける際、接触面に浮錆などが発生している場合は、ワイヤーブラシなどでこれを除かなければならない。また油、泥などのよごれは十分に清掃して取り除かなければならない。
- iii) 摩擦面は現場において接合する前に、監督員の検査を受けなければならない。

(解 説)

この条は 6 条解説に示すすべり係数 $\mu \geq 0.4$ を得るために必要な処置である。接触面は、サンダーなどで滑面にみがきあげるのではなく、工場出荷時に粗面約 50S (J I S B 0 6 0 1 表面アラサ参照) を目標とし、ペンキ塗装を行なってはならないのは勿論の事、ウオッシュプライマーなどの下地処理の錆止め剤も現場施工の際に十分清掃しなければならない。

継手の肌すき 10 条

突き合わされる材片の板厚の差、部材寸法の誤差、材片のそりなどに注意し、部材と添接板との間が密着するようにしなければならない。

(解 説)

この条は、最終的に締めつけが完了した状態で構成材が十分摩擦による効果を発揮できることを規定したもので、段違いを正し、接触面を密着させな

ければならない。

ボルトの締めつけ器具 11条

ボルトの締めつけには、トルクレンチまたはトルクの調整が可能なインパクトレンチを用いるのを原則とし、使用器具については責任技術者の承認を得なければならない。

(解 説)

インパクトレンチやトルクレンチは、使用度数や取扱い上の不注意などにより狂いが生じて、締めつけ時に予定したトルクを十分与えていない事があるので、適当な時期にキャリブレーションを行わなければならない。

ボルトの締めつけ 12条

ボルト軸力の導入は、ボルト頭およびナットの下に座金を1枚ずつ敷きナットを締めつけて行なうのを原則とする。

(解 説)

ボルト頭をまわして締めつけるとボルト軸部に過大のねじりが生じるなど不都合を来すことがあるので、原則として、これを避けた方がよい。ただし、やむを得ない場合に限り、責任技術者の承認を得て、ボルト頭を締めつけることができる。ボルト頭をまわして締めつけるときは、トルク係数が変わる所以、あらかじめ確認しておかなければならない。トルク係数を減ずるために、表面処理を行なった座金を用いる場合には、回転させる側に用いるよう注意しなければならない。

標準ボルト軸力と締めつけトルク 13条

ボルトの締めつけは、表-3に示す標準ボルト軸力が均一に得られるように、締めつけトルクを調整して行なう。

表-3 標準ボルト軸力(t)

ボルトの呼び	2種 (F9T)	3種 (F11T)
W 3/4	12.3	16.7
W 7/8	17.0	23.1
W 1	22.3	30.3
M 20	13.7	18.6
M 22	17.1	23.2
M 24	19.8	26.8

(解 説)

標準ボルト軸力は、締めつけられた各ボルトに設計ボルト軸力が確実に導入されるように、トルク係数のバラツキを考慮して設計ボルト軸力の10%増を示した。トルク係数の変動係数は優秀な場合5%以下、普通7~8%が良好な管理を行なった場合である。締めつけトルクは標準ボルト軸力を標準として定めるが、トルク係数のバラツキの大小、継手ボルト数の多少によって増減することがある。すなわち、JIS B 1186に規定するトルク係数は平均値と標準偏差のみを定め、個々のセットについて上下限を厳密に定めていない。したがって、継手ボルト数が少ない程、継手ボルト群のトルク係数の平均値が検査の対象としたボルト群の平均値から大きくはずれる確率が高くなり、10%増の締めつけでは設計ボルト軸力に達しない場合が起り得るので、多少は多めに締めつけなければならない。

ただし、設計ボルト軸力の確保のみに注目して過大に締めつけると、ボルトの降伏、破断、リラクゼーションの増大を招くので、注意しなければならない。

現場で締めつけの程度を直接計測できるのは、締めつけトルクによってである。現場における作業の前後の器械の狂いは10%以内でなければならない。締めつけトルクとボルト軸力の関係を示すのがトルク値である。

$$k = \frac{T}{d_1 \times N}$$

k : トルク係数値

T : トルク (ナットを締めつけるモーメント)

d₁ : ボルト円筒部径の基本寸法

N : ボルト軸力

JIS B 1186 10セットのトルク係数値参照

附図-2はボルト軸力Nとして標準ボルト軸力を考えた場合のトルク係数値と締めつけトルクの関係を示す。

現場でのトルク係数値は15条の規定が満足されているような保管状態にあった場合は、工場出荷時のトルク係数値を考えることが出来る。

締めつけの順序 14条

ボルト群の締めつけは、中央のボルトから順次端部のボルトに向かって行なり。原則として、はじめ所要のトルクの少くとも80%程度に全ボルトを仮締めしておき、2回目以上の締めつけで所要トルクを与える。

(解説)

この条はボルト群ができるだけ均一に締めつけられるように定めたものである。

ボルト群の締めつけ順序は、図-14.1に示すように、矢印の方向に向かって締めつけるのがよい。

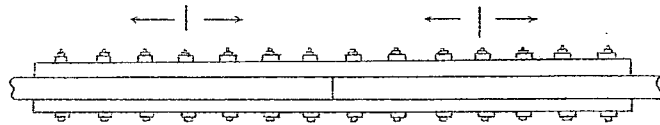


図-14.1

仮り締めボルトで予め十分に締め合わされている場合を除いて、一般には1度だけで100%締めつけると最初に締めつけられたボルトがゆるむ傾向があるので、2度以上に分けて締めつけることにした。

ボルトは、締めつけ後もほとんど外観が変わらないので締め忘れをしがちである。これを防ぐために次のような方法をとるのがよい。

ボルトを差し込み手締めをした後に図-14.2のようにナット、座金部を通して、マークをつけ、ボルトの締めつけが完了したことを確かめると同時に、座金が回転していないこと、ナットの回転角がほぼ均一であることを確かめるのがよい。

この際、ナットの回転角が余りに小さいものは、何等かの原因でトルク係数値が大きくなっていると考えられるので、他のボルトとはほぼ同じ程度までナットを廻しておくのがよい。

手締め後

締めつけ完了後

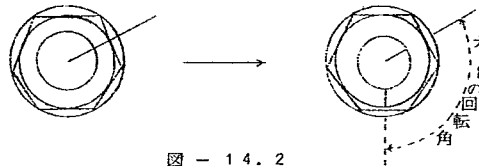


図 - 14.2

ボルトなどの包装と保管 15条

ボルトなどは工場出荷時のトルク係数値が現場施工時まで保たれているように、その包装と現場保管に注意しなければならない。

包装については責任技術者の承認を得るものとする。

包装は、できるだけ施工直前に解くようにしなければならない。

(解 説)

ボルトなどの包装、現場保管については、開包前、開包後とも、雨、夜露などの湿気による錆、ほこり、砂などのネジ部への付着、乱暴な取扱いによるネジ部の傷みなどがないように注意しなければならない。

ボルトなどの表面状態が工場出荷時と現場施工時とで変わってしまうと、現場で改めてボルト群のトルク係数値の平均、標準偏差を求めなければならないが、この場合当然、検査のサンプルの大きさも大きくなり、施工管理も困難さを増す、したがって工場の状態を現場でも得られるのが施工管理、施工費の両面から望ましいので、この条を定めた。

ボルトなどのセットを契約する際に保管期間などの必要な条件を与えて包装規格を指定しておくのがよい。

(J I S B 1 1 8 6 1 5 契約の際の注意事項参照)

この条はボルトの締めつけと密接に結びつき、ひいては継手の強度に重大な影響があるので注意しなければならない。

5 章 検 査

締めつけ検査 16 条

- i) ボルト締めつけ力の検査はトルクレンチにより所定のトルクをかけて行なう。
- ii) 締めつけ検査数は、各ボルト群についてボルト数の 10 % を標準とする。
- iii) 検査はボルト締めつけ後、すみやかに行なうのがよい。

(解 説)

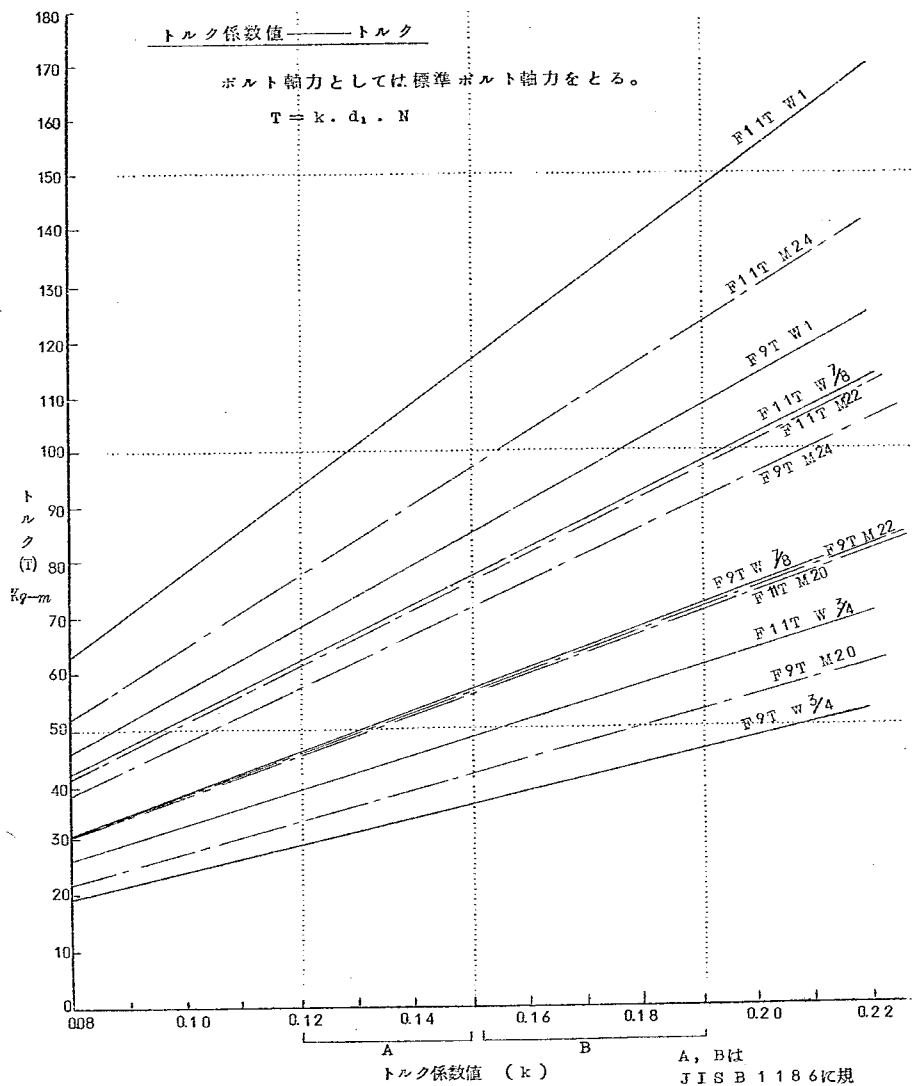
- i) 締めつけ力の検査はトルクレンチによって行なうが、静摩擦係数と動摩擦係数とは異なるので、トルクをかけてナットが回転し始めた直後のトルクが締めつけトルクである。
- ii) 10 % は標準であって、継手の重要度と施工管理の状況などにより増減するのがよい。
- iii) 締めつけ後、長時間放置すると錆の発生などでトルクが変わるので、できるだけ早い時期に検査を行なうのがよい。

付図ならびに付表

付図 - 1 トルク係数値 ——— トルク

付表 - 1 ボルトの長さ ——— 締付け厚さ

付表 - 2 ボルトの長さ ——— 締付け厚さ



トルク係数値 (k)

付 図 - 1

A, Bは
JIS B 1186に規
定するトルク係数値に
よるセットの種類

付表 - 1

ボルトの長さ——締付け厚さ

最大，最小：ボルト、ナット及び座金の各寸法差を考慮した締付可能厚

平均：上記最大最小値の平均

差：平均値と最大値又は最小値の差

ボルトの 呼び径 の長さ	W 1				W 7/8				W 3/4			
	最大	最小	平均	差	最大	最小	平均	差	最大	最小	平均	差
45									12.0	5.1	8.6	±3.4
50					11.2	3.2	7.2	±4.0	17.0	10.1	13.6	±3.4
56	12.8	4.5	8.6	±4.2	16.8	9.5	13.2	±3.6	22.6	16.5	19.6	±3.0
60	16.8	8.5	12.6	±4.2	20.8	13.5	17.2	±3.6	26.6	20.5	23.6	±3.0
63	19.8	11.5	15.6	±4.2	23.8	16.5	20.2	±3.6	29.6	23.5	26.6	±3.0
67	23.8	15.5	19.6	±4.2	27.8	20.5	24.2	±3.6	33.6	27.5	30.6	±3.0
71	27.8	19.5	23.6	±4.2	31.8	24.5	28.2	±3.6	37.6	31.5	34.6	±3.0
75	31.8	23.5	27.6	±4.2	35.8	28.5	32.2	±3.6	41.6	35.5	38.6	±3.0
80	36.8	28.5	32.6	±4.2	40.8	33.5	37.2	±3.6	46.6	40.5	43.6	±3.0
85	41.8	33.5	37.6	±4.2	45.8	38.5	42.2	±3.6	51.6	45.5	48.6	±3.0
90	46.8	38.5	42.6	±4.2	50.8	43.5	47.2	±3.6	56.6	50.5	53.6	±3.0
95	51.8	43.5	47.6	±4.2	55.8	48.5	52.2	±3.6	61.6	55.5	58.6	±3.0
100	56.8	48.5	52.6	±4.2	60.8	53.5	57.2	±3.6	66.6	60.5	63.6	±3.0
106	62.8	54.5	58.6	±4.2	66.8	59.5	63.2	±3.6	72.6	66.5	69.6	±3.0
112	68.8	60.5	64.6	±4.2	72.8	65.5	69.2	±3.6	78.6	72.5	75.6	±3.0
118	74.8	66.5	70.6	±4.2	78.8	71.5	75.2	±3.6	84.6	78.5	81.6	±3.0
125	81.4	73.9	77.6	±3.8	85.4	78.9	82.2	±3.2	91.2	85.9	88.6	±2.6
132	88.4	80.9	84.6	±3.8	92.4	85.9	89.2	±3.2	98.2	92.9	95.6	±2.6
140	96.4	88.9	92.6	±3.8	100.4	93.9	97.2	±3.2	106.2	100.9	103.6	±2.6
150	106.4	98.9	102.6	±3.8	110.4	103.9	107.2	±3.2				
160	116.4	108.9	112.6	±3.8	120.4	113.9	117.2	±3.2				
170	126.4	118.9	122.6	±3.8								
180	136.4	128.9	132.6	±3.8								

注 付表の値はボルト、ナットおよび座金の寸法差は考慮してあるが、板の寸法差による継手の厚さの寸法差は考慮していない。

付表-2

ボルトの長さ——締付け厚さ

最大, 最小: ボルト, ナット及び座金の各寸法差を考慮した締付可能厚

平均: 上記最大最小値の平均

差: 平均値と最大値又は最小値の差

ボルトの 呼び 径 の長さ	M 2 0				M 2 2				M 2 4			
	最大	最小	平均	差	最大	最小	平均	差	最大	最小	平均	差
45	11.2	4.9	8.0	±3.2								
50	16.2	9.9	13.0	# 3.2	10.9	2.9	6.9	±4.0				
56	21.8	16.3	19.0	# 2.8	16.5	9.3	12.9	# 3.6	14.0	4.3	9.2	±4.8
60	25.8	20.3	23.0	# 2.8	20.5	13.3	16.9	# 3.6	18.0	8.3	13.2	# 4.8
63	28.8	23.3	26.0	# 2.8	23.5	16.3	19.9	# 3.6	21.0	11.3	16.2	# 4.8
67	32.8	27.3	30.0	# 2.8	27.5	20.3	23.9	# 3.6	25.0	15.3	20.2	# 4.8
71	36.8	31.3	34.0	# 2.8	31.5	24.3	27.9	# 3.6	29.0	19.3	24.2	# 4.8
75	40.8	35.3	38.0	# 2.8	35.5	28.3	31.9	# 3.6	33.0	23.3	28.2	# 4.8
80	45.8	40.3	43.0	# 2.8	40.5	33.3	36.9	# 3.6	38.0	28.3	33.2	# 4.8
85	50.8	45.3	48.0	# 2.8	45.5	38.3	41.9	# 3.6	43.0	33.3	38.2	# 4.8
90	55.8	50.3	53.0	# 2.8	50.5	43.3	46.9	# 3.6	48.0	38.3	43.2	# 4.8
95	60.8	55.3	58.0	# 2.8	55.5	48.3	51.9	# 3.6	53.0	43.3	48.2	# 4.8
100	65.8	60.3	63.0	# 2.8	60.5	53.3	56.9	# 3.6	58.0	48.3	53.2	# 4.8
106	71.8	66.3	69.0	# 2.8	66.6	59.3	62.9	# 3.6	64.0	54.3	59.2	# 4.8
112	77.8	72.3	75.0	# 2.8	72.5	65.3	68.9	# 3.6	70.0	60.3	65.2	# 4.8
118	83.8	78.3	81.0	# 2.8	78.5	71.3	74.9	# 3.6	76.0	66.3	71.2	# 4.8
125	90.4	85.7	88.0	# 2.4	85.1	78.7	81.9	# 3.2	82.6	73.7	78.2	# 4.4
132	97.4	92.7	95.0	# 2.4	92.1	85.7	88.9	# 3.2	89.6	80.7	85.2	# 4.4
140	105.4	100.7	103.0	# 2.4	100.1	93.7	96.9	# 3.2	97.6	88.7	93.2	# 4.4
150					110.1	103.7	106.9	# 3.2	107.6	98.7	103.2	# 4.4
160					120.1	113.7	116.9	# 3.2	117.6	108.7	113.2	# 4.4
170									127.6	118.7	123.2	# 4.4
180									137.6	128.7	133.2	# 4.4

注) 付表の値はボルト・ナットおよび座金の寸法差は考慮してあるが、板の寸法差による継手の厚さの寸法差は考慮していない。