

土 木 研 究 所 資 料

第 27 号

花輪跨道橋・高力ボルト摩擦接合について

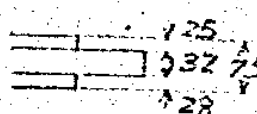
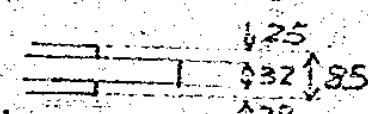
—— F 13 T ボルトの実橋への適用 ——

昭和 40 年 4 月

建 設 省 土 木 研 究 所

正 誤 表

NO.1

頁	行	誤	正
目次	付録4	高カベルト	高カホルト
1	13	溶接姿勢に制限 があると、さらに、溶接姿 に制限があること、	溶接姿勢に制限があ ること、
5		$N = \frac{0.9}{K} \bar{\sigma}_{0.2}$	$N = \frac{0.9}{K} \bar{\sigma}_{0.2} \cdot Ae$
7	7	座金を加させ	座金を加工させ
12	表4-4	$X_U \quad X_L$	$\bar{X}_U \quad \bar{X}_L$
22	表5-1	8.222	8.22
"	"	鍛冶14名	鍛冶工 4名
"	"	J ₁ 標準軸力	J ₁ 標準軸力
27	図5-1	HT46/60	HT 46/60
39	1	によら	により
40	13	段段に	段階に
42	22	せむ行なう	せむ行なう
45	4	施工上の全ゆる	施工上のあらゆる
46	図6-1		
47	図6-2	にり後の	にり後の
53	(注1)	最手方向より	長手方向より
54	表4	カタサ試験 (FRC)	カタサ試験 (HRC)
55	12	ホトの機械的性質は	ホトの機械的性質

正誤表

NO.2

頁	行	誤	正																		
55	18	返中の記号は	表中の記号は																		
60	1	を意味する	トル																		
60		<table border="1"> <tr> <td>ホルト</td> <td>ワレキズ</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>カット</td> <td>ワレキズ</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>座金</td> <td>ワレキズ</td> <td>...</td> </tr> </table>	ホルト	ワレキズ	...	カット	ワレキズ	...	座金	ワレキズ	...	<table border="1"> <tr> <td>ホルト</td> <td>ワレキズ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>カット</td> <td>ワレキズ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>座金</td> <td>ワレキズ</td> <td></td> </tr> </table>	ホルト	ワレキズ		カット	ワレキズ		座金	ワレキズ	
ホルト	ワレキズ	...																			
カット	ワレキズ	...																			
座金	ワレキズ	...																			
ホルト	ワレキズ																				
カット	ワレキズ																				
座金	ワレキズ																				
62	22	試験片について	試験片について																		
66		花輪...検査検査	花輪...検査検査																		
69	2	ホルトのねじ精度	ホルトのネジ精度																		
72.73	表4-9 4-10	$\bar{X}_0$	$\bar{X}_U$																		
73		4. ホルト試験片引張試験結果	表4-12 挿入																		
73		Kg/mm^2	Kg/mm^2																		
74		X, X_L, X_U	$\bar{X}, \bar{X}_L, \bar{X}_U$																		
84	2	ほぼ同じ程度	同じ程度																		

花輪跨道橋・高力ボルト摩擦接合について

— F 1 3 T ボルトの実橋への適用 —

(昭和40年4月)

多 田 安 夫 *
篠 原 洋 司 **
山 木 崇 史 **

目 次

1 序	1
2 設 計	5
2-1 使用ボルト・ナット・座金および使用箇所	5
2-2 許容耐力の設計々算	5
(i) 4種(F 1 3 T) W 7 / 8 ボルトの許容耐力	5
(ii) 2種(F 9 T) W 7 / 8 ボルトの許容耐力	6
3 製 作	7
3-1 製作仕様	7
3-2 製作メーカー	7
3-3 製作工程	7
4 受け渡し検査	9
4-1 花輪跨道橋高力六角ボルト・ナット・座金検査要領	9
4-2 立合検査	10
4-2-1 試料の抜取方法	10
4-2-2 検査方法	11
4-2-3 立合検査結果	11
4-2-4 再試験立合検査	16
4-2-5 4種(F 1 3 T) ボルトの再熱処理について	17
4-2-6 高力ボルトセット受け渡し検査についての考察	19

* 橋梁研究室長

** 橋梁研究室

5	施 工	2 2
5-1	高力ボルト摩擦接合施工指針	2 2
5-2	施工日報	2 2
5-3	施工中の測定	2 4
5-4	現場施工の考察	3 7
5-4-1	摩擦面の処理	3 7
5-4-2	ボルト軸力の導入法	3 8
5-4-3	ボルトの締めつけ検査	4 1
5-4-4	ボルト・ナット、座金の現場保管	4 2
5-4-5	作業員の教育	4 2
6	7列ボルト継手供試体引張試験	4 4
6-1	供試体	4 4
6-2	試験機器	4 4
6-3	試験結果	4 4
6-4	試験結果の考察	4 4
7	結 語	4 9
8	あとがき	5 1
9	付 録	5 2
	付録1 摩擦接合用高力六角ボルトナット座金製作仕様	5 2
	付録2 花輪跨道橋高力六角ボルトナット座金検査要領	5 9
	付録3 高力ボルトセットの検査方法	6 7
	付録4 高力ベルトセット大同製鋼社内出荷検査	7 2
	付録5 大同製鋼ボルト出荷検査の改訂基準	7 5
	付録6 花輪跨道橋高力ボルト摩擦接合施工指針	7 9
	付録7 高力ボルト摩擦接合施工指針(案)	8 1
	付録8 写真集	

1. 序

高力ボルト摩擦継手は、従来多くの文献に述べられているように高強度鋼の継手として有利な工法である。

集成された部材を現場で結合する継手の型式として、リベット継手、ボルト継手、溶接継手が主なものであるが、これらを比較してみるとつぎのことが云える。

リベット継手は、古くから経験的發展過程をたどり広く用いられているが鋼材がHT46/60以上になると継手用材料としてこれに見合ったリベット材がなく、従来のリベット材SV34・SV41Aを用いると継手部が大きくなり応力分布も好ましくなく、材料、工数ともに多くなり不経済になるばかりではなく施工もむずかしくなりがちである。

一方、溶接継手は将来はその優れた特性から広く用いられることを約束されながらも現場で用いることは現時点においては附属設備費が大なること、溶接環境、溶接姿勢に制限があると、さらに溶接姿勢に制限があること、さらに溶接歪、残留応力などの種々の問題点が解決されていないので今のところ有利性が少ない。ただ鋼床版上面のように施工場所が広く、施工状況を整え易い構造では塗装の耐久性向上とも関連して現場溶接が適用され始めているが、その他の構造についてはまだ先のことであろう。

また、本州、四国連絡橋のように海抜上のたえず風の吹く地点の架設となると、なお、困難さが増すと思われる。

以上の諸点から高力ボルト摩擦接合を考えると、まづ施工に際し全く火工がないこと、熟練工を必要としないこと附属設備がほとんどないこと、検査も比較的容易であることなどがあげられる。製作上は穴あけ精度をゆるめることが出来ることから工数が少なくなる。設計に関しても、断面捻除の規定が緩和されること、応力集中があまりないことから疲労強さが大きいことなどが考えられるので、現在では総合的にみて最も優れている継手法であるといえよう。

土木研究所では、本州四国材料構造調査の一つとして高強度鋼（主としてHT70/80）継手として高力ボルト継手の調査を行ってきた。その結果、F13T級高力ボルトの実用性について十分その安全性を確かめたので、日本

道路公団京葉道路花輪インターチェンジ花輪跨道橋に應用方を要請したところ採用になった。そこで今後の資料となすべく製作施工をふくめて当研究室がその実施にたずさわった。

本資料はその際の記録をもとにまとめたものである。

花輪跨道橋の諸元は次頁の図に示すとおりである（継手詳細は図5-1参照）
なお調査にあたり、終始御協力をいただいた

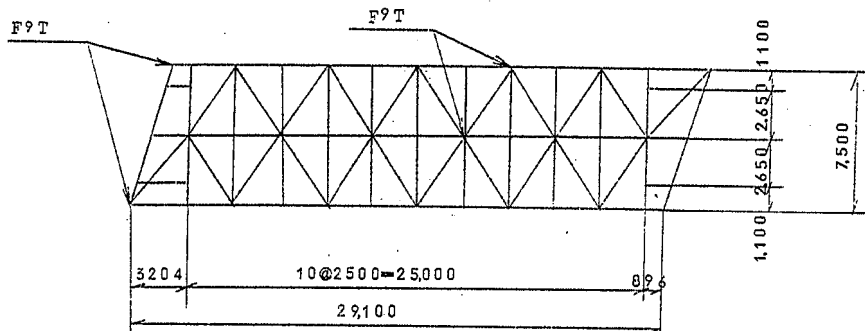
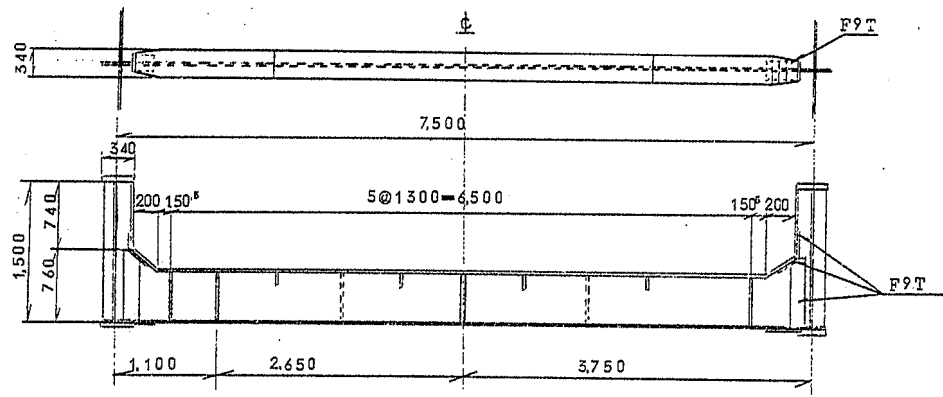
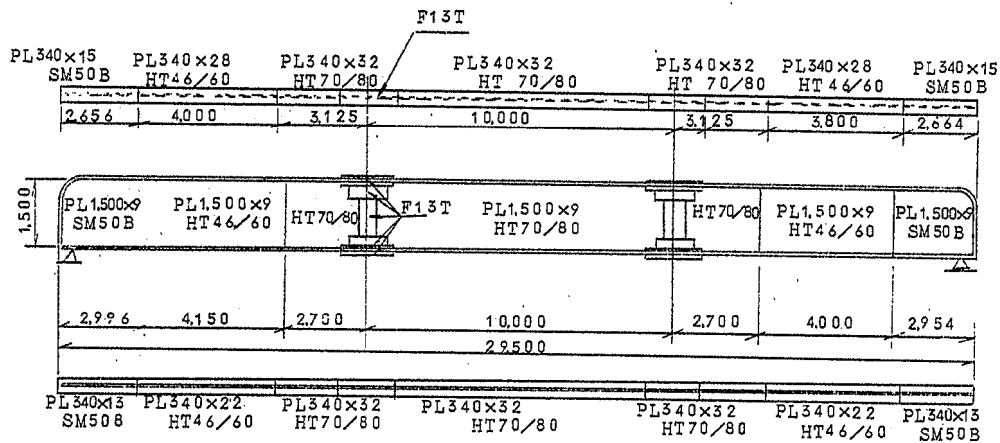
日本道路公団

東京鉄骨橋梁製作所

大同製鋼株式会社

の関係各位に対し、深甚なる謝意を表わす次第である。

外



2. 設 計

2-1 使用ボルトナット座金および使用箇所

使用ボルト・ナット・座金の種類および使用箇所は表2-1の通りである。
ボルトセットの種類はJIS B 1186による。

表2-1 使用ボルトセット使用箇所

ボルトセットの種類	ボ ル ト	ナ ッ ト	座 金	使 用 箇 所
2 種	F 9 T	F 6 T	F 4 0	横桁・横樑
4 種	F 13 T	F 10 T	F 4 5	主桁

2-2 設計々算

ボルトの許容耐力は下記によった。

$$T_s = \frac{1}{\nu} \cdot \mu \cdot N \cdot n$$

$$N = \frac{0.9}{K} \sigma_{0.2}$$

ただし、 μ : すべり係数

ν : 安全率

N : 設計ボルト軸力 (Kg)

n : 摩擦面の数

$\sigma_{0.2}$: 0.2 % 耐力 (降伏点)

K : ボルト軸部のねじりせん断の影響を考慮した係数で
1.22とした。

$$A_s : \text{有効断面積} = \left(\frac{\text{有効径} + \text{谷径}}{4} \right)^2 \pi \quad (\text{mm}^2)$$

$$\left(\begin{array}{cc} W 7/8 \text{ の有効径} & 20.418 \quad (\text{mm}) \\ \text{谷 径} & 18.711 \quad (\text{mm}) \end{array} \right)$$

$$A_s = \left(\frac{20.418 + 18.711}{4} \right)^2 \pi = 299 \quad (\text{mm}^2)$$

(i) 4 種 (F 13 T) W 7/8" ボルトの許容耐力

$$\left(\begin{array}{cc} \sigma_{0.2} = 110 \quad (\text{Kg/mm}^2) & \nu = 1.8 \\ n = 2 & \mu = 0.4 \end{array} \right)$$

$$N = \frac{0.9}{1.22} \times 110 \times 299 = 24,263 \text{ Kg}$$

$$T_s = \frac{1}{1.8} \times 0.4 \times 24,263 \times 2 = 10,784 \text{ Kg}$$

(ii) 2種 (F9T) W7/8 ボルトの許容耐力

$$\left(\begin{array}{ll} \sigma_{02} = 70 \text{ Kg/cm}^2 & \nu = 1.7 \\ n = 2 & \mu = 0.35 \end{array} \right)$$

$$N = \frac{0.9}{1.22} \times 70 \times 299 = 15,440 \text{ Kg}$$

$$T_s = \frac{1}{1.7} \times 0.35 \times 15,440 \times 2 = 6,358 \text{ Kg}$$

したがって、2種、4種の許容耐力は次の如くなる。

表 2-2 設計ボルト軸力および許容耐力

ボルトセットの種	設計ボルト軸力 (t)	許容耐力 (t)
2 種	15,440	6,358
4 種	24,263	10,784

3. 製 作

3-1 製作仕様

ボルトセットの製作仕様は付録-1のとおりである。本仕様はほぼ JIS B 1186 と同じものである。

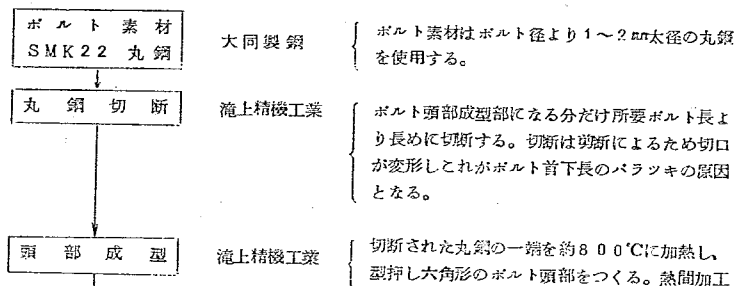
3-2 製作メーカー

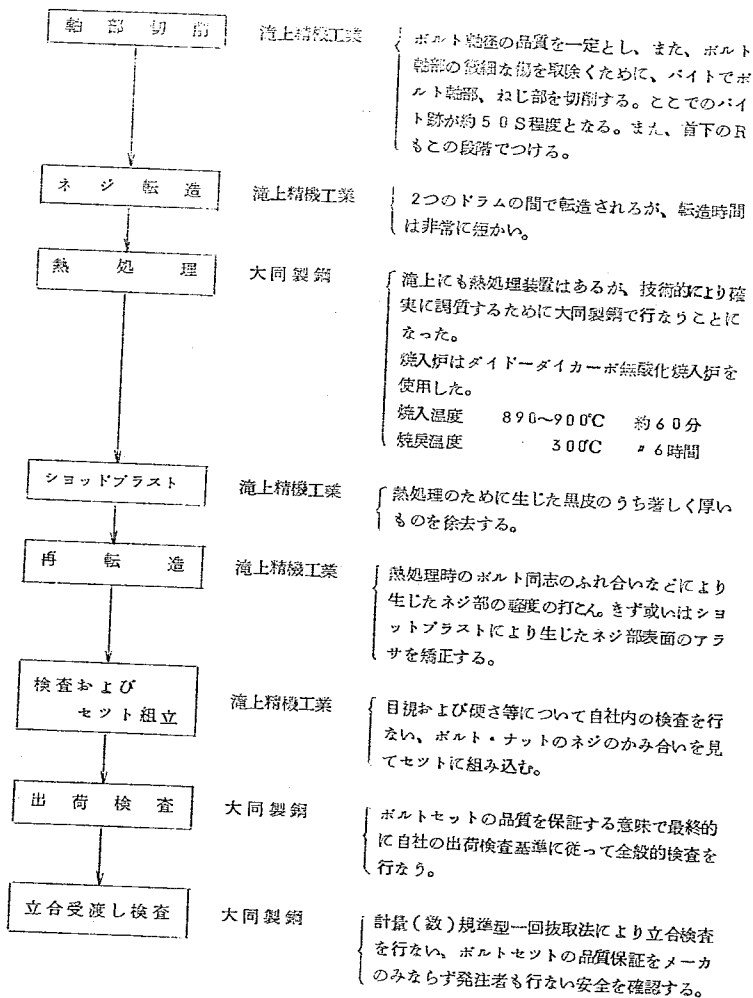
ボルトセットの製作は大同製鋼株式会社が商品名マイテンボルトとして製作販売しているが、大同製鋼が素材を下請け会社に与えてボルト・ナット・座金を加させ、技術的に難かしい調質、および、最終的な出荷検査は大同製鋼がこれを行ない製品の品質に対しては大同製鋼が保証するシステムをとっている。

ボルト素材の製作、加工の分担は下記のとおりである。

分 担	メーカー名	備 考
ボルト素材	大 同 製 鋼	認括を行ない調質・品質管理・検査の保証を行なう。
ボルト加工	滝上精機工業	
ナット加工	東 和 製 作 所	トルク係数を小さくするための表面処理を含む。詳細は後述
座金加工	名 張 製 作 所	

3-3 製作工程（ボルト）





各製作段階について目視による外観検査などを行ない製品のバラツキを少なくしている。

4. 受 渡 し 検 査

4-1 花輪跨道橋高力ボルトセット検査要領

従来、高力ボルトセットの受渡し検査は橋梁の発注者が独自の検査要領を作成して行なっていた。したがって検査項目もまちまちで、検査試料の大きさについても適当に「全ボルト数の何パーセントについて試験をする」という検査方法が行なわれていた。

このような、検査方法は、検査項目はもとより抜取検査についても統計的にあまり根拠のあるものではなく、品質の保証を目的としながらも多分に気やすめ的なものであった。

昭和39年6月になって「高力ボルト」なる新しい名称のもとに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」が制定され、高力ボルトの受渡し検査についての検査項目が示され同時に統計的方法を導入した抜取検査方法がJIS Z 9004 計量規準型一回抜取検査、JIS Z 9003 計数規準型一回抜取検査を母体として、主に、高力ボルト・ナット・座金の機械的性質について示された。

ここに摩擦接合用高力ボルトセット受渡し検査の基本的諸点についてはじめてオーソライズされたスタンダードが示されたことになる。

今回の検査要領はJIS B 1186 をもとに、JIS の規定する規格値の限界を一応最小限保証されなければならない値として考え、JIS に規定されていないものでも必要と考えられる検査項目は参考試験として行なうことにした。また試料の大きさを決定的に重要な項目、主として機械的性質についてはJIS B 1186 の規格値の限界よりかなり厳しくした。例えばボルトの引張試験は $P_0 \leq 0.125\sigma$ ($\alpha \neq 0.05$)、 $P_1 \leq 1.25\sigma$ ($\beta \neq 0.10$) であるが、本検査では、切り出し引張試験(JIS Z 2201の4号試験片)については $P_0 = 0.125\sigma$ ($\alpha \neq 0.05$) $P_1 = 1.25\sigma$ ($\beta \neq 0.10$) を準用したが、ボルト製品引張試験については、 $P_0 = 0.125\sigma$ ($\alpha \neq 0.05$) $P_1 = 3.15\sigma$ ($\beta \neq 0.10$) とした。このため試料の大きさは3倍の6本となったが、この検査項目の品質保証はボルトの信頼性を著しく高めうる結果となった。(4-2-1、4-2-5参照)

また、外観検査・ネジ精度・表面アラサ等の検査は計数規準型一回抜取検査および計量規準型一回抜取検査を併用して行なった。

化粧跨道橋用高力六角ボルトセット検査要領ならびに品質保証水準・試料の大きさについては付録一 2 に示す。

4-2 ボルト・セット立合検査

立合検査は大同製鋼星崎工場中央研究所に於いて昭和39年8月10日～12日にわたり日本道路公団、株式会社東京鉄骨橋梁製作所・土木研究所の立合のもとに行われた。

ボルト・セットの検査要領は4種ボルト・セットを対象として作成されたものであり、2種ボルトについては公団、施工業者ともに、かなりの経験をもっていたので、一応抜取方式による立合検査は4種ボルトのみとし、2種ボルトについては大同製鋼社内検査用ボルトの一部を立合検査まで残し、2種の品質をチェックする程度にした。4種ボルトの抜取検査は、首下130mmボルトおよび首下80mmボルトについて行なった。

4-2-1 試料の抜き取り方法

各製品についての抜き取りの方法は次のとおりである。

表 4-1 試料の抜き取り

4種F13TW7/8×130	ボルトナットは組み合わせて段ボール箱に入れ3段積みされ、15箱に梱包、荷積みされていた。これを無作為に並べ、1箱おきに8箱開包し、各箱より2～3本ずつ計20本の試料を採取した。
4種F13TW7/8×80	首下130mmと同様に5箱に梱包されたものを全箱開包し4～5本ずつ計20本を採取した。
F45 座金	4箱にボルト・ナットと同型のダンボール箱に梱包されており、これより各箱20本ずつ計80本を採取した。
F9TW7/8×70	首下70を代表として選り社内検査用のボルトの一部を立合検査まで残し、これを使用した。

4-2-2 検査方法

ボルト・セットの検査法は、ほとんどJIS B 1186のとおりである。
しかし、使用上の便のために一部補足変更検査を行なったものである。
その詳細は付録-3 高力ボルトセット検査方法として集録した。

4-2-3 立合検査結果

昭和39年8月11~12日に亘り行われた立合検査の4種ボルトセットの検査結果について記す。

(1) 外観検査

表 4-2 外 観 検 査 結 果 (試料の大きさ $n=20$)

ボルト	合 格
ナット	合 格
金	カタサをHRC 45~55 とするためバネ鋼SUP 6を使用したためカタサと相まって打抜きが非常にむづかしく、特に周縁のRをつけるのに苦労したようで、各所にグラインダーやヤスリで削り修正した跡が見られ良好とは言い難いが一応機能的に問題がないので合格とした。

(2) 形状寸法検査 (試料の大きさ $n=7$)

表 4-3 形状寸法検査結果

		ボルトの形状寸法 (mm)						
		d	B	H	r	a-b	E	S
ボルト F13T W7/8 ×130	MAX*	22.35	34.35	15.70	1.6	0.20	23.1	44
	MIN*	22.08	34.20	15.35	1.5	0.05	2.8	44
	$\bar{x}$ ***	22.20	34.30	15.53	1.6	0.13	16.3	44
	$\bar{x}_U$ ***	22.95			1.84	0.90	37.35	
	$\bar{x}_L$ ***	22.06			1.36			
ボルト F13T W7/8 ×80	MAX*	22.26	34.40	15.65	1.3	0.16	25.6	43
	MIN*	22.04	34.20	15.50	1.3	0.05	15.3	43
	$\bar{x}$	22.16	34.26	15.56	1.3	0.11	19.3	43
	$\bar{x}_U$	22.95			1.84	0.90	37.35	
	$\bar{x}_L$	22.06			1.36			

* MAX, MINは測定値の最大最小を表わす。

** 測定値の平均

*** 規格の上限值および下限値このはんに $\bar{x}$ があれば合格

(以下各項目について同じ)

		ボルトの形状寸法 (mm)				
		B	H		a-b	E
ナット	MAX	34.9	21.2		0.2	18.6
F10	MIN	34.6	21.1		0.1	3.2
W1/8	$\bar{x}$	34.8	21.0		0.1	9.4
	$\bar{X}_v$				0.96	37.35

		形状寸法 (mm)		
		d	D	t
座金	MAX	24.80	43.90	6.25
F45	MIN	24.70	43.60	6.15
W1/8	$\bar{x}$	24.75	43.74	6.20

(3) ネジ精度検査 (試料の大きさ $n = 20$)

限界ゲージで検査する規定であったが、通りゲージのみで止まりゲージがないので、いずれか一方の限界値のみしか確認できなかったが、ネジ測定器でボルトは外径、有効径、谷径を測定し、いずれもネジ公差内に入っておりバラツキも少ないので合格とした。

表 4-4 ネジ精度検査結果

		ネジ精度 mm		
		外 内 径	有 効 径	谷 径
ボルト	MAX	22.012	20.406	18.412
F13TW7/8	MIN	21.948	20.390	18.398
× 130	$\bar{x}$	21.990	20.396	18.419
ボルト	MAX	22.024	20.462	18.417
F13TW7/8	MIN	21.822	20.401	18.412
× 80	$\bar{x}$	21.901	20.402	18.414
	$\bar{X}_v$	22.225	20.418	18.611
	$\bar{X}_L$	21.815	20.188	18.161

ネジ用限界ゲージを使用する場合どの程度の力で回転すれば良いか規定できないので無理にネジ込むことも出来る。この点ネジ測定機 (投影式) は正確である。

(4) 表面アラサ検査

(試料の大きさ $n=20$)

ボルト・ナット・座金の表面アラサは円筒型表面アラサ標準片と目視または触覚により比較判定するわけであるが十分規定を満足していると感じられたので合格とした。

(5) 割レ試験

(試料の大きさ $n=2$)

磁粉探傷法により行ったがワレは検出されなかったので合格とする。
探傷器が特殊銅ピレット用のもので、ボルトや座金に適していると思われず、またワレは外面にできたもののみしか検出できないことから信頼度については現在は経験的に信頼するだけなので今後さらに科学的な定量的な検査法を考える必要がある。

(6) ボルト試験片の引張試験

(試料の大きさ $n=2$)

表 4-5 ボルト試験片の引張試験結果

	降伏点耐力		引張強さ		伸び %	絞り %	硬サ HRC
	荷重 ton	応力 Kg/cm^2	荷重 ton	応力 Kg/cm^2			
F13T W7/81	19.90	128.6	24.80	160.5	15.0	49.2	44.5
2	19.65	127.2	24.65	159.2	15.8	52.2	44.3
$\bar{\sigma}$		127.9		159.8	15.4	50.7	44.4
$\bar{X}_L$		118.4		138.4	15.2	43.0	43.8~ 37.2
判 定		合 格		合 格	合 格	合 格	不合格

硬サについては、JISの規格値内に入っているが計量規準型一回抜き取り法の合格判定値の上限値を越えている原因については、早速大同製鋼で検討したが、焼き入れ焼き戻しに原因があったものと推定された。

(7) ボルト製品の引張試験

(試料の大きさ $n=6$)

引張試験の結果はつぎのとおりである。F13T首下長さ130mmのうち、首下破断があったが、これは表4-7および4-2-5にみ

られるように、硬さ試験が不合格となっているもので、前述のように熱処理に欠陥があったものと推定されたので、再熱処理し、後述のように再試験を行うことにした。

表 4-6 F13T 首下 80 mm の検査結果

		破断荷重 ton	破断応力 kg/cm ²	破断状況	
				ボルト	ナット
ボルト F13TW7/8 ×80 (ナット F10T)	MAX	45.6	154.7	全数ネジ 部破断	全数異常 なし
	MIN	45.2	153.3		
	$\bar{x}$		154.4		
	$\bar{X}_L$		131.5		
判定			合格	合格	合格

(8) ナットの保証荷重試験 (試料の大きさ $n=3$)

(7) のボルト製品の引張試験と同時にボルト供試体と同数のものについて行ったが異常が認められなかった。

(9) ボルト・ナット・座金の硬さ試験

表 4-7 硬さ試験検査結果

HRC

	ボルト ($n=5$)		ナット ($n=5$)	座金 ($n=11$)
	W7/8×130	W7/8×80	F10TW7/8	F45
MAX	44.7	42.8	36.6	53.9
MIN	44.1	41.2	31.7	51.3
$\bar{x}$	44.4	42.2	33.7	51.8
$\bar{X}_U$	43.8	43.8	37.9	51.9
$\bar{X}_L$	37.2	37.2	32.1	48.1
判定	不合格	合格	合格	合格

ボルト製品の引張試験で不合格となった4種W7/8 首下130mmは硬サ試験に於いても上限度を越えて不合格となっている。従来の検査法では硬サの規格値が45～36であるから、平均値は44.4で規格値内にあるとし合格とされていたものである。このことから硬サ試験が調査のツツ法として効果的であることがわかる。

座金の試料の大きさ $n=11$ は、座金鋼材にSUP6を用いた経験がなくメーカーも品質管理曲線をとることができなかったので試料の大きさが大きくなったが、今後このような場合、便宜的にはJIS Z 9004を適用することも一方法であろう。

00 トルク係数試験

表4-8 トルク係数試験結果 (試料の大きさ $n=6$)

ボルト ナット 座金	F13TW7/8×130	F13TW7/8×80
	F10T	F10T
	F45	F45
MAX	0.110	0.106
MIN	0.096	0.094
$\bar{x}$	0.103	0.098
$\bar{x}_u$	0.136	0.136
$\bar{x}_L$	0.084	0.084
判 定	合 格	合 格

バラツキも少なくかなり良好な結果といえる。又、表4-9に示すごとくトルク係数値の平均値の保証品質水準もJIS規格A相当よりもかなり小さくボルト締め付け力の減少がはかられることは、施工上非常に有利である。

表 4-9 トルク係数値の平均値の保証品質水準

	$m_s' (\alpha \neq 0.05)$	$m_{11}' (\beta \neq 0.10)$	$m_c' (\alpha \neq 0.05)$	$m_{11}' (\beta \neq 0.10)$
JIS B 1186 A 相当	0.120	0.110	0.150	0.160
B	0.150	0.140	0.190	0.200
花輪用 F 13 TW/7/8	0.09	0.080	0.130	0.140

m_0'' : なるべく合格させたいロットの平均値の下限についての値

m_1'' : " 不合格

m_0' : なるべく合格させたいロットの平均値の上限についての値

m_1' : " 不合格

4-2-4 再試験立合検査

前項立合検査で不合格になった F 13 T 首下長 130 mm ボルトについて K K 東京鉄骨橋梁制作所芝浦工場に於て再試験を行なった。製品の引張試験を $n=6$ の抜取検査で行なった結果全てネジ部で破断し合格した。

表 4-10 再試験ボルト引張結果

ボルト数	荷重 ton	引張強度 K_g/mm^2	切 断 位 置
1	47.3	158.4	ネジ部
2	48.5	162.4	"
3	46.6	156.0	"
4	46.9	157.0	"
5	46.9	157.0	"
6	48.8	163.3	"
$\bar{x}$	47.5	159.0	"
$\bar{X}_L$		131.5	

参考資料として、4 種 F 13 T ボルトの出荷に際して行なわれた大同製鋼 K K の社内出荷検査結果を付録-4 にのせる。

ただし、社内検査であるため試料の大きさ抜取方法については、前述の花輪架道橋高力六角ボルト検査要領の規定とは異なる。

4-2-5 F13T×130mmボルトの再熱処理について

首トビの原因・および対策についてメーカー側から次のような報告を得たので次に示す。

1. 原因

4種F13TW7/8ボルトは総数1029本である。その焼き入れロットの構成は表4-11のとおりである。

表4-11 焼き入れロットの構成・熱処理

ロット№	1	2	3	4
首下長さ	130mm	130mm	70~80 mm	
ロット本数	262	250	259	258
焼き入れ温度	900℃	900℃	890℃	890℃
加熱時間	40min	40min	50min	50min
備考	首トビしたもの		合格	合格

一般に首下100mm以上のボルトの焼き入れロットの大きさは200本を標準としているが、首トビしたロットは表で見ると、いづれも1回の焼き入れ量が多く加熱時間もみじかかった。

従って、ボルト表面は、鋼材に含有するT：炭化物が異常に溶け込み、硬さはやや高めになるが中心部では溶け込みが悪く、生地フェライトが残留し、それによって、ボルト全体の組織が弱くなる上に内外組織の差による残留応力も相当存在することになる。

つぎに、焼きもどしの際のロットの構成と熱処理条件は表4-10に示すとおりである。

ロット№	1		2	
焼き入れロット№	1	2	3	4
首下長さ	130 mm		70~80 mm	
ロットの大きさ	512 本		517 本	
焼きもどし温度	270℃		300℃	
加熱時間	5 時間		5.5 時間	
保持時間	2 分		2.5 分	
焼きもどし硬さ	HRC 44.4 (平均)		42.5 (平均)	

一般に焼きもどしロットの大きさは首下1000個以上でも2000本を単位としているが、この場合、表4-12にみるように500本であるので、第1ロットは温度を低くめにし、時間もみじかくした。このため焼き入れ時の組織の不均一残留応力ともに修正されず、且つ優りもさがらなかったために、首トビをしたものと思われる。

以上のように原因は焼き入れ時の加熱時間の不足と焼き戻し時に温度が低かったこと、加熱時間の不足とにあったものと推定される。不合格ロットの再熱処理による救済は次の表に従って行なわれた。

表4-13 再熱処理条件

焼き入れ温度	880℃
加熱時間	50 min
焼きもどし温度	300℃
加熱時間	5.5時間
保持時間	2.5時間
優り	H _{RC} 42.1 (平均)

表4-13によると焼き入れ温度はやや低いですがすでに第1回熱処理しているのでこれで充分である。

2. その後の品質管理の改善策

熱処理については、焼き入れ焼きもどしの条件を首下長さにかかわらず余裕をもった温度および時間とする。熱処理条件は表4-14のとおりとする。

表4-14 標準熱処理条件

焼き入れ温度	900℃
加熱時間	60分
焼きもどし温度	300℃
加熱時間	6時間
保持時間	4時間

※ 焼き入れのさい要求される優りに合わせるために、焼きもどし温度は270℃～300℃の範囲で変動してもよい。

また熱処理のチェック方法の一つとして硬サの管理をすることにした方法については表 4-15 のとおりである。

表 4-15 焼き入れ硬サの管理

サンプリング	焼き入れロットごとに3本のボルトを抜きとる
測定	ボルト1本につきJISB1186の規定の通り3点の硬サを測定し、その中央値をそのボルトの硬サとする。
管理	$\bar{x}-R$ 管理図による。

以上のように今回はJISにしたがって幾重な検査を行なったので4種(F13T)は本橋においてはじめて、信頼できる品質のものが使用されたといえる。今回の経験により今後のF13Tボルトの品質は十分安定したもとなったといえよう。すなわち、ボルトメーカーが従来行ってきた社内検査を通過したボルトに不合格が現われたために、花輪跨道橋用ボルト納入後、大同製鋼では、社内検査規程を再検討した結果、付録-5の如き出荷検査標準に改めることになった。

なお、この出荷検査標準は幾分JISB1186の規格と異なる値をもって規格値としている項目があるが、これはこのボルトメーカーの主な取引先の要請に合せて或る程度規格を緩和してコストダウンを計り3種(F11T)として使用しているためであるが、4種としても規格に合格しているものである。

阪神公園ではF13Tボルトの施工は施工上の信頼度に余裕をもたせるためF13TをF11Tとして使用してボルト軸力の導入誤差に対処しているが、施工管理が良好で十分監督が出来る現場或いは設計上4種を必要とするところではF13Tとして使用している。

4-2-6 高力ボルトセット受け渡し検査についての考察

(1) 受け渡し検査の基準について

今回のボルト受け渡し検査で要求した諸能力はJISB1186の規定を最小限必要なものと考えたが、現行のJIS規格は現時点の業界

の技術水準ではかなり厳しいものである。

しかし、各メーカーがJIS規格の水準に達することは無理なことではなくまでも水準に達することが出来るであろう。

さらに今後施主およびメーカーの協力により製品の安定化と或る程度の能力の向上も期待しうられる。

(2) 受け渡し検査の必要性について

元来ボルトは、JIS規格品として市販されるべきものであり、業界の動きとしても近い将来には実現されるものと思われる。しかし、今回行なわれた検査の結果から見れば立合検査前に社内検査を通過した製品であっても、抜取法による緻密な検査を行なってみると、ボルト本来の機能の根本的な能力に不合格が出るという事実があったことから、品質が安定するまでは社内検査のみでなく発注者側が受渡し検査を行なうのがぞましい。

(3) 調質に関するJIS B 1186 の規定について

今回の経験でボルトの調質技術のむずかしさと引張強さ、カタサ、首トビなどの相互関係とこれらの検査の重要性とが改めて確認されたが、これはJIS B 1186 の規格値がほぼ妥当であることを示していると言えよう。

4 種 (F13T) ボルトの機械的性質の規定は次のとおりである。

表 4-14 機械的性質 (JIS B 1186 表4)

耐 力 (Kg/mm^2)	110 以上
引張強さ (Kg/mm^2)	130 以上
伸 び (%)	14 以上
絞 り (%)	35 以上
カ タ サ (HRC)	36 ~ 45

備考 長さ ℓ が小さなためなどより、引張強さが大になった場合にはカタサは上限規格値を越えてもよい。

つぎにボルト・ナット・座金のカタサの規定のバランスは、ねじ切り試験を行なってみると、ネジ部破断とネジ山破壊とが7:3程度の比率であられることおよび、ナットと座金の接触面の傷みの状態を観察するとよくカタサ関係の規格がバランスされていることが判る。

4 種ボルトセットのカタサの規定は次のとおりである。

表 4-15 ボルト・ナット座金のカタサ

ボルト	F 1 3 T	H _R C 3 6~4 5
ナット	F 1 0 T	H _R C 3 0~4 0
座 金	F 4 5	H _R C 4 5~5 5

(4) カタサの測定と鋼種

JIS B 1186の規定には、機械的性質の規定はあっても鋼種は規定されていない。したがって、JISのカタサの規定は普遍的なものとして与えられた数値であるから鋼材の焼戻性能曲線を調べて、耐力・引張強さ・伸び・絞り・シャルピー衝撃値を比較して最も良好な焼き戻し温度を決定し、カタサの規定は、JIS B 1186 の規定に対して著しく異なることなく、ボルト・ナット・座金のバランスが保たれる範囲で変動してもよいという考えで行なうのが適当と思われる、と同時にメーカー側も焼戻性能曲線などの資料を十分検討し品質の向上安定に努力すべきであろう。

(5) シャルピー衝撃値について

シャルピー衝撃値はJISに規定されていないが、その必要性の有無については今後検討されるべきであろう。

5. 施 工

5-1 摩 擦 接 合 施 工 指 針

架設に先立って架設施工の指針を作成した。本指針は、首都高速道路公園で使用されている「高力ボルト摩擦接合設計施工指針」を参考にして実際の現場の施工管理の実情を調査することを目標にして内容は全く同じものであり施工に必要なものを一部具体的に補足した程度であるが、琵琶湖大橋のボルト継手の経験からボルトの現場保管は架設地点が海岸に近いので発錆に注意を払うことおよび、締め付けに対するキャリブレーションの精度を記述したものである

上記指針を付録-6に、架設後検討し修正した指針(案)を付録-7に示す。

5-2 施 工 日 報

架設施工日報と、架設作業中のボルト関係作業の関係を示す。

表 5-1 施 工 日 報

年 月 日	作業時間	人 員	作 業 内 容	ボルト関係作業
3. 8. 19 (晴)		専工 3名	主桁架設及びボルト締付設 取、道具運搬	
8. 20 (雨)		専工 3名 鍛冶 2名	主桁3本運搬(P&H1台) 道具運搬	
8. 21 (雨のち曇)		専工 3名 鍛冶 4名	主桁3本運搬(P&H1台) staging set 添接部錆取り、ワイヤーブラ ン使用 コンクリート床搬入	
8. 22 (晴)	AM8:00 ～ PM6:00	専工 3名 鍛冶 4名	主桁試組(P&H1台) 添接部錆落し、不凝プライマ 塗料落し、横桁13本搬入 (コンプレッサー1、ワイヤーブ ラ、サンダー、シンナー2L)	J ₄ 横準軸力導入一部締め つけ出来ず。 J ₂ 初期軸力導入完了 3時間
8. 23 (曇)	AM8:00 ～ PM8:30	専工 3名 鍛冶 I 4名	主桁、横桁5本仮設 (P&H1台) 添接部錆落し(サンダー、 ワイヤーブラ、コンプレッサー)	主桁をつり上げ J ₃ , J ₁ の 手締め、3時間

39. 8. 24 (晴)	8:00~ 17:00	高工 2名 鍛冶 I 4名	横桁の仮設 (P&H1台) staging撤去、試験片 初期トルク導入(コンプレッサ)	主桁 J ₁ の初期トルク導 入 鍛冶工 2名 2時間
8. 25 (晴)	8:00~ 18:00	高工 2名 鍛冶 I 3名	足場掛け、ラテラル取付 横桁 ガセット 締付し、 試験片標準トルク導入 (コンプレッサ)	
8. 26 (曇)	8:00~ 17:30	高工 2名 鍛冶 3名	横桁ボルト取り、横桁フラン Shoeの Adjust 供試体土研投入	横桁ボルト手締め 9時間
8. 27 (曇)	8:00~ 18:00	高工 2名 鍛冶 3名	縦桁ボルト取、錯落し Tloorbeam初期トル ク導入 場内整理、 Shoeの Adjust (コンプレッサ)	縦桁ボルト手締め 横桁初期トルク導入 8時間
8. 28 (薄曇)	8:00~ 17:00	鍛冶 3名	主桁標準トルク導入 回転角測定	J ₃ , J ₂ , J ₁ の標準軸 力完了 2班 8時間 600本設計上の不備で 締め付け手間大
8. 29 (雨)			作業中止	
8. 30	9:00~ 16:00	鍛冶 3名	横桁標準トルク導入	横桁標準トルク導入 2班 約 8時間で 1000本
8. 31	8:00~ 17:00	高工 4名 鍛冶 3名	プレキャスト床版3枚搬入 (P&H18t) 桁の塗装 ジョイントグラインダー錯落し シーす下穴掃除	
9. 1	8:00~ 15:00	高工 4名 鍛冶 3名	AMプレキャスト床版3枚搬入 PM 4枚入 P&Hブームつなぎ PMから床版1枚据付け PM 3:00 雨 中止	
9. 2		高工 4名 鍛冶 2名	床版据付け 9枚	

※ () 内は使用した主要設備および機器

5-3 施工中の測定

1) インパクトレンチのキャリブレーション

初期ボルト軸力を導入するために使用したインパクトレンチは、イン
ガーソラント社製（型式5340T、能力55〜76kgm）2台を使用し、
そのうち1台は4種ボルト専用とした。

ボルト軸力は、軸力指示計を用いて測定した。目標軸力は、21.3 ton
（47000 lb）であるがインパクトレンチをキャリブレーターで
測定しバラツキを目標値の±5%以内におさめるには主にインパクトレ
ンチのトーションバーのねじり量により調整するが1度の調整に2〜3回
のキャリブレーションを必要とし、そのたびごとに2〜3本のボルトを消費することに
なる。バラツキは、最大4.3%程度であったがこれは目標軸力に対してであってインパ
クトレンチの極差はボルトの本数の関係で得ることが出来なかった。

2) トルクレンチのキャリブレーション

トルクレンチは、カナダスナツプオンツール社製を2本使用した。こ
れらのキャリブレーションは、東日製作所および東京鉄骨に於いて行な
った。これによると極差は2%以内で1000本程度ではレンチのへた
りなどによるメーターの誤差はなかったが、インパクトレンチと異なり
操作法の個人差によるバラツキはかなり大きいようである。トルクレ
ンチは、連続的に一定速度でゆっくり締め付けるのがよいがこれは非常に
むづかしい。

なお、トルクレンチのキャリブレーションの結果はつぎのとおりであ
る。

表 5-2 トルクレンチのキャリブレーション結果

トルクレンチNo カウンターウェイト によるトルク	1928		1383		1928	
	前	後	前	後	前	後
10Kg・m	11750	10000	10500	10300	10000	12000
20	21050	21000	20500	20300	21000	21900
30	31000	30500	30000	32500	30500	32000
40	41000	41000	40000	41500	41000	41000
50	51000	51300	50000	50000	51300	52000
60	61000	61500	59500	60000	61500	62000
70	71000	71000	69000	70000	71000	73000
80	82500		79500	80000		82900

3) 回転角の測定

ボルト軸力の導入の照査と今後の回転角の可能性についての資料を得るために回転角を測定した。しかしながら現場は海岸に近く錆の発生が著しく1昼夜でマーキングが消えてしまうものもあり測定できないものや他のボルトの妨げとなるため、ゆるめなければならないボルトが出たりまたともまわりして測定不能となったものもありだがその結果は次のとおりである。

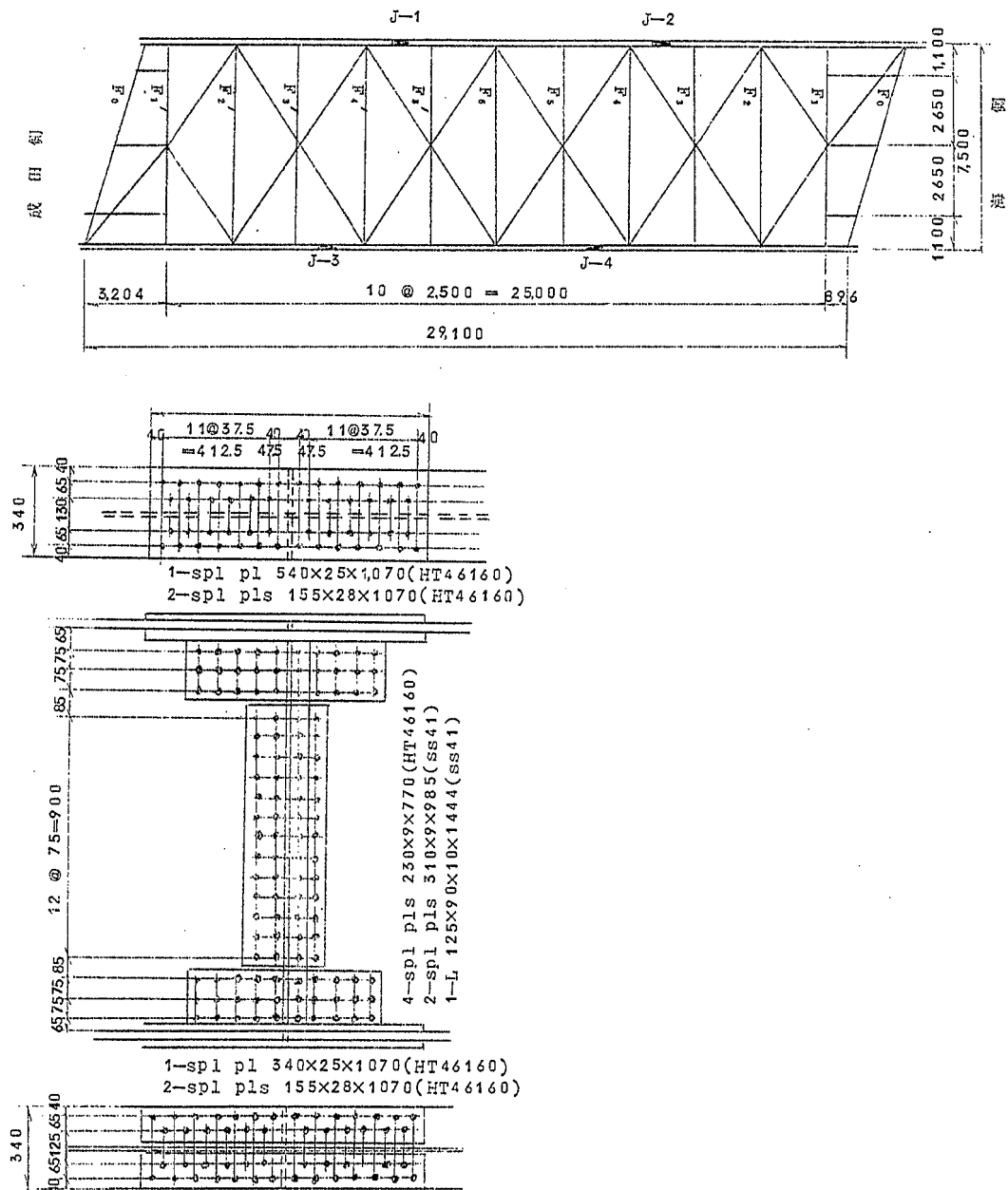


図 5 - 1 ボルト締め回転角測定箇所および継手詳細図

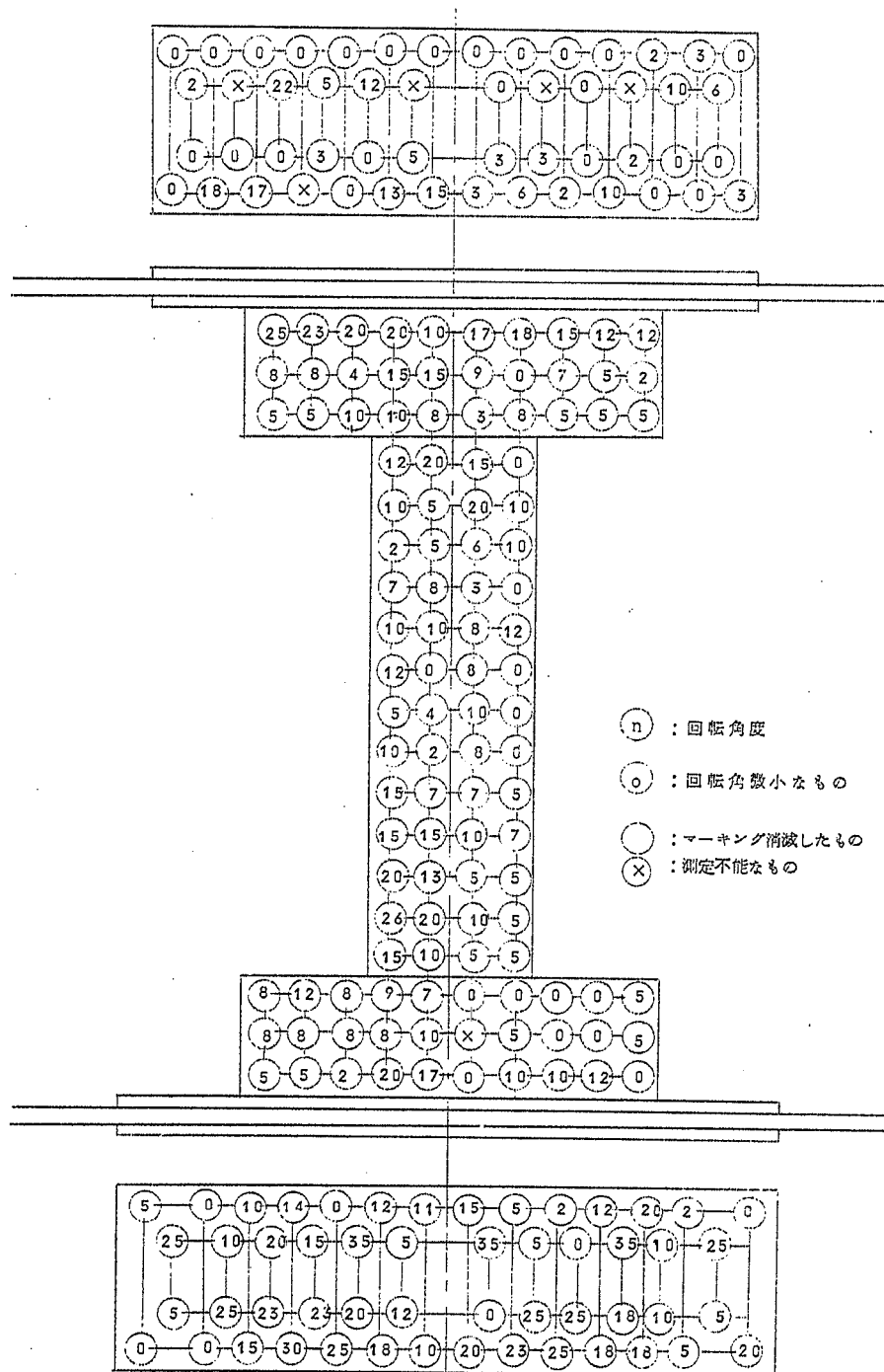


図 5 - 2 の 1 J 1 添接部回転角測定結果

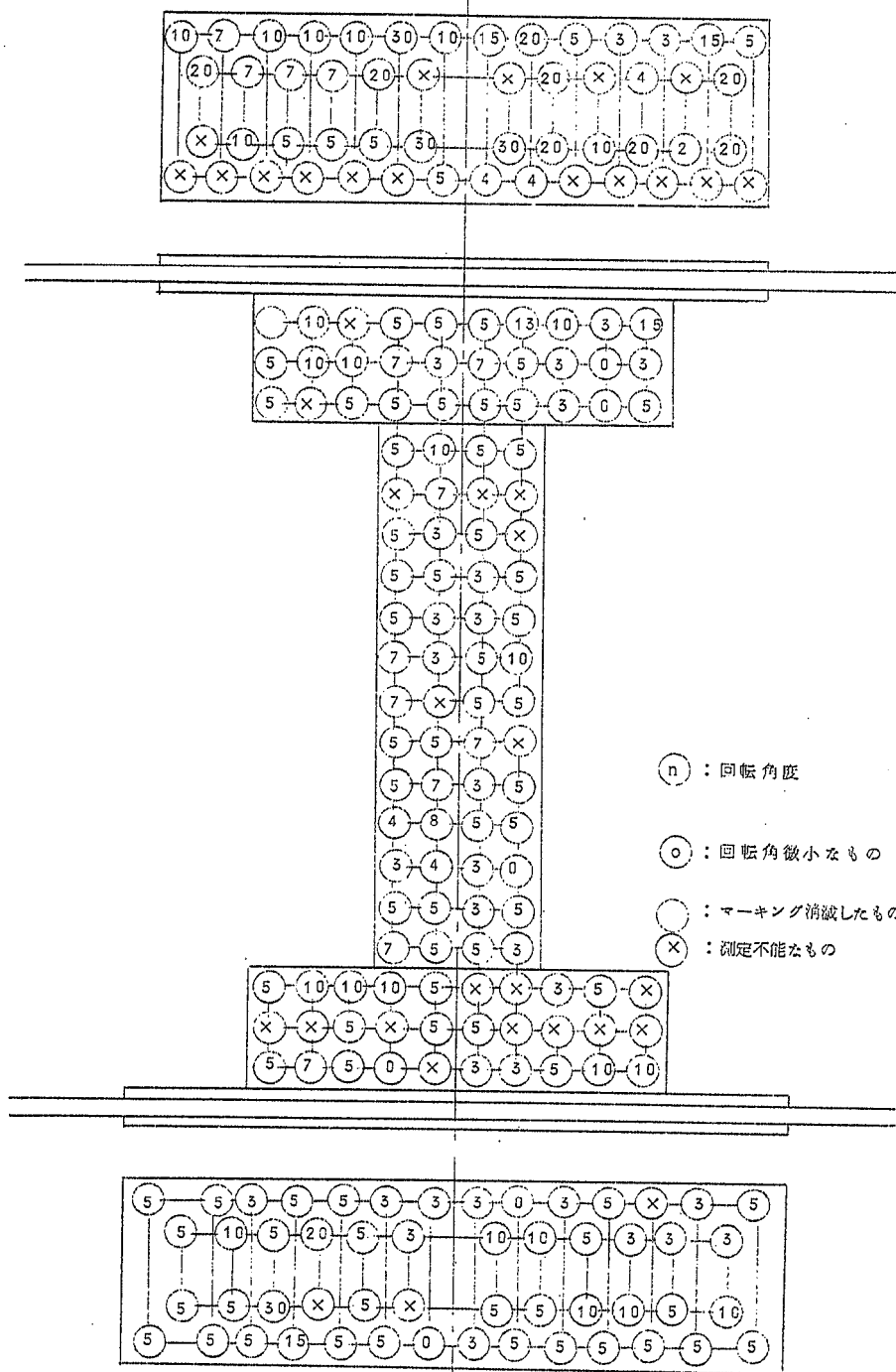


図 5-2 の 2 J 2 添接部回転角測定結果

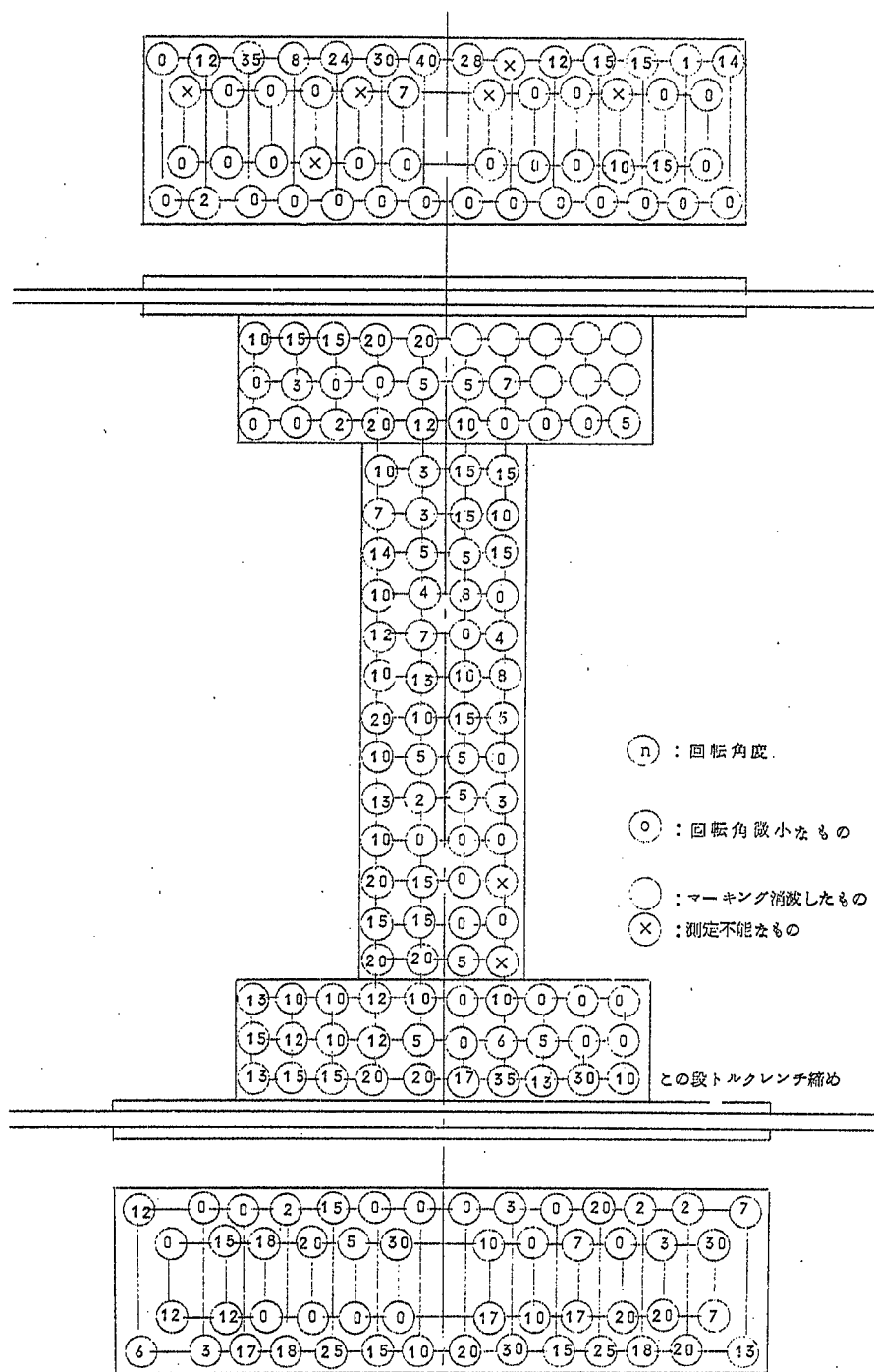


図 5 - 2 の 3 J 3 添接部回転角測定結果

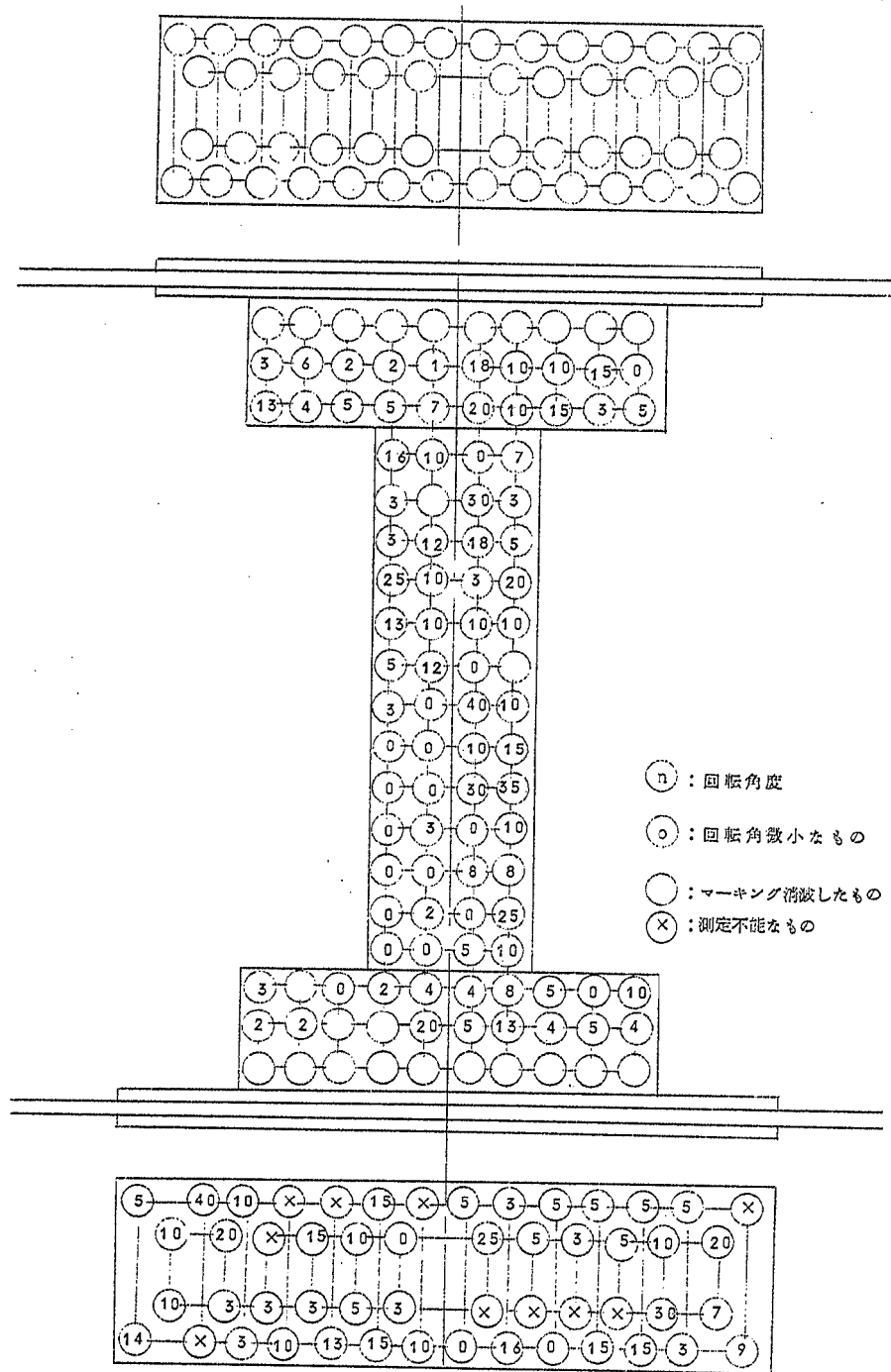


図 5-2 の 4 J 4 添接部回転角測定結果

以上、回転角測定結果について示した。

施工指針には、回転角の著しくなるものは他のボルトの平均的回転角度に修正するようになっているが、つぎの理由により行なわなかった。

まず、回転角のバラツキは、 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 付近が最も多くなっており、マーキングをマジックインクで行なったため線が太く読み取り誤差マーキング誤差が $\pm 5^{\circ}$ ぐらいは考えられる。したがって、誤差範囲を考えれば回転角は $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ までありうることになる。つまり回転角の測角が 6° であっても、かならずしも回転角が無いとは云いきれなく最大 5° ぐらいの回転角までありうることになる。

つぎに、異常に回転角が小さいものは平均的角度まで回転させることになっていたが全体的に回転角が微小なためマーキングがトルクレンチのキャップに覆われて明確に観察できない状態で、さらに大きなトルクを与えて微小な角の回転角を与えることは、かえって過大な軸力を入れることになる恐れがあるとして後締めは行なわなかった。

このように、マーキングの方法が適切でなかったこと、標準軸力の $800\text{ N} \sim 1000\text{ N}$ では回転角が小さすぎたことなどあり回転角による照査はできなかった。

5-4 摩擦接合現場施工の考察

施工中検査員として連日観察を行ない強く感じられたこと、或いは今後の施工上の問題とその対策について考察する。

5-4-1 摩擦面の処理

A 観 察

1) 清 掃

接触面に摩擦効果を低減させる原因となるような付着物、或いは夾雑物を除去する作業である。

浮錆、プライマー、ペイントがかなり摩擦面についているので、これらをワイヤーブラッシュ・シンナーなどを用いて除去したが、この作業が案外時間をとるため、作業を徹底することは非常に難しく、労務者の抵抗が大きかった。この点については、今後より容易に面の処理ができるような方法を考えるべきであろう。

2) ボルト穴のまくれ

本来製作後工場でグラインダーをかけることによって除かれるべきものであるが、たまたま、今回の場合まくれがついた状態で現場に搬入されたため、グラインダーの調達その他にかなり、時間の損失がでた。現場施工は比較的設備が乏しいことを考慮して摩擦面の処理には十分な配慮をする必要がある。

B 対 策

接触面の清掃は現場では行なわれにくいものであるからこの工事を工場内で行なうのが望ましい。方法として、摩擦面をサンドブラスト・ショットブラストまたは他の処理法を行なった直後に合成樹脂系塗膜を用いて摩擦面を完全に保護して塗装し、現場搬入を行ない、架設直前に塗膜を剝離し、浮錆・ベンキなどのない状態で施工することが考えられる。

C 問 題 点

従来の摩擦接合は、すべり係数 $\mu = 0.4$ 以上を得るためにブラスト後、適当な錆をつけていたが、架設後接触面の錆が進む可能性が考えられ、特に海浜上の場合などその可能性は大きいと考えられるので錆はないほうが好ましくすべり係数は別の方法例えば接着剤などの併用によって確保することも考えられる。しかし、F13T級のボルトのように締めつけ力が大きくなると回り機構そのものが摩擦面どうしの凝着、あるいは板の内部せん断などにより回るとも考えられるので、回り機構の解析が行なわれるべきであろう。凝着あるいは内部せん断による作用が大きいときは、板の密着度、即ち面積の要素が耐力の中に導入されることになる。

5-4-2・ボルト軸力の導入

A 観 察

- 1) 今回の施工ではボルト軸力の導入は全てトルク法により行なった。これは首都高速道路公団の指針によったものである。締め付けはインパクトレンチの目標軸力に対する誤差は $\pm 5\%$ ・トルクレンチは $\pm 3\%$ としたが一応キャリブレーションの結果から考えれば満足している。しかし、インパクトレンチ・トルクレンチとも操作法に

により多少導入軸力も異なるよりである。例えばインパクトレンチの軸線とボルト軸が一直線上にない場合は軸力はかなり小さくなるまた、トルクレンチを用いて駆力でトルクを導入したときはやはり軸力は小さいなどである。

- 2) 頭締めボルトはやはりナット締めに較べて同じトルクで締めても軸力は小さくなるようである。これはボルト頭下面の摩擦抵抗がナット下面のそれに比して大きいこと、ボルト軸部のねじり変形の影響により生ずるものと思われる。
- 3) 締め付け作業を作業員の疲労の点から考えるとトルクレンチを用いたトルク法には問題がある。即ち長大橋になれば、施手部のボルト本数は著しく増大するため締めつけ方法が人力に頼っているトルクレンチによる締めつけ方法では当然疲労の蓄積から、トルクメーターの読みも不正確になりがちであり、また、トルクレンチの操作でトルク導入速度をゆっくり一定速度に保つことが困難となり、導入軸力のバラツキが大きくなるので好ましくない。今回の経験では、1班3名編成で1日約400本程度を約8時間で行なうのが限度でそれ以上多数行なうことは無理なようである。これらのことから、トルクレンチによる締めつけ法は、作業能率および精度のうえで問題がある。
- 4) アメリカのASTM-A-325ではTurn-Nut-Method即ちナット回転角法が採用されている。一般に回転角法は、これまでの実験では軸力がかかり入った状態では正確であると云われているが、回転角を計算式(ボルトの伸びと母材の縮み量の関係と、ボルトのネジのピッチより算出するもの)から求めたものは実際にトルクで導入したボルトの回転角に較べかなり小さく、施工上回転角のコントロールが難しい。また、回転角法は摩擦面が密着したとき、即ち回転角0の状態が判別しがたいことと、ボルトの応力-歪曲線の降伏点かどのボルトも一定であること、塑性域で使用されてもクリープ遅れ破壊などがないことが要求されるので、現状ではASTM-A-325をそのまま我国で採用することには疑問がある。

- 5) ボルト群の締めつけ順序は、ドイツの暫定示方書にも、ボルト群の中心から端部に向かって締めるようになっているがあまりボルトの締めつけ、順序にとらわれると、かえって締め忘れが生じるとともに、作業能率も低下しがちであるので注意しなければならない。
- 6) 今回は、ボルト締めつけは標準ボルト軸力を2度に分け1回目はインパクトレンチでその80%を2回目にトルクレンチで100%を導入することにしたが、この方法では3)に述べたように作業が非能率である。2回目をトルクレンチにかえてインパクトレンチを用いるとしても、80%用100%用と2種類のインパクトレンチを使用することになり好ましくない。また、インパクトレンチの性質上、トルクの大きさを調整する回数が増せば、それだけキャリブレーション用のボルトが必要となり不経済となるので今回のように2段階に軸力を導入する方法には問題がある。

B 対策

- 1) インパクトレンチ・トルクレンチの操作法によるバラツキは、締めつけ姿勢によるものが多いので、足場を堅牢なものにする必要がある。また設計上ボルトの配列のしかたがまずいと場所により締めつけ作業が困難な場合があるので、注意しなければならない。
- 2) ボルトの頭締めの際のトルク係数はボルト頭下面の摩擦を考慮に入れたトルク係数を用いなければならない。特に、ナットにのみ表面処理をほどこすような場合はトルク係数値に差がでると思われるので、あらかじめ、頭締めでトルク係数を取り、また、図面に頭締めボルトを指定してトルク法で締めつける場合はトルクをいくぶん大きくするなどの配慮すべきである。また、頭締めボルトは共まわりしがちであるのでナットを固定することも考える必要がある。
- 3) ボルト軸力の導入法は現在行なわれているものの他に、新しい考え方で行なう方法が一・二開発されているようなので今後従来考えられていた導入軸力のバラツキの大きさは相当小さく考えられる。
- 4) 締めつけ順序は仮組時に構成材のまがりによる肌すき、または、

ばり、さくれなどに注意して乱すをがないようにすれば、締めつけ順序はボルト群の縁部から真に行なってもよいように思える。一般に長さ約500mm程度のレンチおよびスパナなどで、4種ボルトを固く締めつける時、約15 kg-m のトルクを与えているので、今回使用した施工指針では4種ボルトの標準トルクは64.1 kg-m で2.67 ton が導入されることから、比例計算すれば3.4 ton の軸力が手締めで導入されている。この段階で上記のように乱すべきないように配慮しておけば添接板の曲がりやボルトが締めつけられたときになくなるため板が移動することは特別に板が薄い場合を除いてあまり考えられない、むしろ、締めつけ忘れを警戒する意味で端から真に行なうほうがよいと思われる。

- 5) 標準ボルト軸力は、最初から100%軸力を2度に亘って導入するのが能率的でよい。

5-4-3 ボルトの締めつけ検査

A 観 察

- 1) ボルトの締め忘れは、5-3-2にもしばしば記したが、締め忘れは単独でランダムに現われるのではなく、1行或いは1例として現われる傾向がありかなり慎重に行なっても必ずずといってよい程生ずるものでむしろ人間工学的な確率の問題ということが出来る。
- 2) トルクレンチによる締め付け検査はその精微については疑問である。トルクメーターの針をどの状態即ち動き始めたときか、その直前かで全く疑わしくまた実際にはかなりの力が必要なので針の動きを正確に読みとめることは難しい。従って現在行なわれているトルクレンチによる検査は一応の目安程度であってこのことから摩擦接合では締めつけ作業の管理そのものが検査といえよう。

B 対 策

- 1) 締め忘れの対策には簡単なチェックマークをテークの色別に行なうのがよい。この作業は単調なため時々徹底にいくものであるが、これを確実に行なえばかなり効果的である。しかし、この方法は施工中に行なうものであり検査員が締め忘れを容易に発見

できるような測定器の工夫が望まれる。

- 2) 回転角度の大きさは、或るボルト群の中では、ほぼ一定になるはづであるから、回転角度の大きさを比較することも照査の方法としては効果があろう。しかし回転角を印することはなかなかやっかいである。

5-4-4 ボルト・ナット・座金の現場保管

A 観 察

高力ボルトは現在インパクトレンチを用いたトルク法により締めつけるのが一般的なのでネジ部に錆や泥がついた状態ではトルク係数に著しい変化を与える結果導入軸力に対しても大きな影響を与える。一方、現場のボルト保管状態は施工工程上どうしても、湿気をうけたり、泥がつきやすいとくに海浜に現場がある場合、この錆の発生は著しく一昼夜でも浮錆が発生する。今回使用したセットはナットだけに表面処理をほどこしたものであるが、やはり、ナットについても完全なものとは云えない。特に長大橋の場合、ボルトを現場に放置する時間が長くなりがちなので一層この懸念は大である。

B 対 策

ボルト・ナット・座金それぞれの機能にさほど害を与えない程度の表面処理をほどこすことが防錆のために必要と思われる。今回行なわれたナットの表面処理（ボンデライト・ボンダリユーベ）は防錆の為ではなく、トルク係数を小さくするためのものであったが、架設時の間の防錆効果はかなり良好であった。今後は架設後の効果的な表面処理をほどこすことは遅れ破綻の点から考えてもせせ行なうことが必要であらう。

5-4-5 作業員の教育

現在、現場継手は全てリベットで行なわれているので作業員は観念的にリベットによる継手を基準に考える。したがって、リベット作業で通常行なうべき作業内容は行なうが、リベット継手では通常行なわない作業については最初、非常な抵抗を示した。とくに、高工の受持高所での作業に摩擦面の清掃が入るとその作業の困難さが陸上に較べて、著しく増すので作業が徹底しがたく一方検査

も難かしくなる。これは特に足場の取りつけができないような主桁の継手部にありがちなので注意しなければならない。

B 対 策

まづ、作業員は一般に摩擦接合についてほとんど知らないことが多いので、事前に摩擦接合で行なうことを知らせ、架設開始前に摩擦接合に講習会を開き、原理を知ることにより自発的に摩擦面の清掃および、回転角度の比較さらに、締め忘れ防止のチェックなどを行なうようすべきである。またボルト締め付け作業は比較的根気がいるものであると同時に高所でのインパクトレンチ・トルクレンチの操作は危険性を伴うので足場を堅牢にし、段取りに充分な配慮をして作業がらくな気持で行なえるよう注意しなければならない。

3. 7列ボルト継手供試体引張試験

花輪跨道橋のフランジ継手部のボルトは7列であるのでこの耐力が設計に対して安全であるかどうかを確認するために1行7列の実物大供試体を製作し静的引張試験を行なったのでその実験概要ならびに結果についてつぎに述べる。

6-1 供試体

(1) 供試体の諸元は図6-1に示す。

図6-1によれば、ボルト穴は片側8本となっているがこれは製作の誤りで、花輪で用いられた継手は7本である。したがって、本引張試験では中央から7本ずつ計14本で締めつけた。

(2) 締め付けは花輪跨道橋架設現場に於いて実際の施工と全く同じ方法により、初期ボルト軸力(21.3 TON)をインガーソラント社製、インパクトレンチで導入し、標準ボルト軸力(24.7 TON)は、カナダ・スナツブオン・ツール社製のトルクレンチで導入した。

6-2 試験機器

試験機、アムスラー型200 ton 万能試験機(橋梁研究室)

ダイヤゲージ 1/1000mm 上下2ヶ使用

6-3 試験結果

図6-2に示すように、第1回目の迂りが185.3 ton で起り、189.2 ton で第2回の迂りが起った。

このときのずれおよび伸びの量は、ダイヤルゲージセット位置で、0.2~0.3mm程度あった。

6-4 試験結果の考察

本供試体の設計許容耐力は $7本 \times 10.784 \text{ ton} = 75.488 \text{ ton}$ 。安定率 $\nu = 1.8$ であるから供試体の所要迂り荷重は135.9 tonである。したがって第1回迂り荷重と供試体所要迂り荷重との間に約50 ton 程度の余裕があった。第1回迂り荷重の迂り係数を求めると0.496になり、施工上のバラツキを約10% (確たる値ではないが首都高道路公団、高力ボルト摩擦接合設計施工指針16条、標準ボルト軸力と締めつけトルク、お

よび 19 条、締めつけ検査によれば、施工バラツキは標準として 10 %と
されている) と考え 0.496 が平均値を代表とすれば、すべり係数は
0.446 ~ 0.546 となり、はるかに設計すべり係数 $\mu = 0.4$ を越えて居
り、施工上の全ゆるバラツキの和が約 ± 20 % になったとき設計時に考え
る所要すべり係数と同程度になると云える。以上のことから、花輪跨道橋
摩擦接合継手部は設計耐力に対し十分安全であるといえよう。

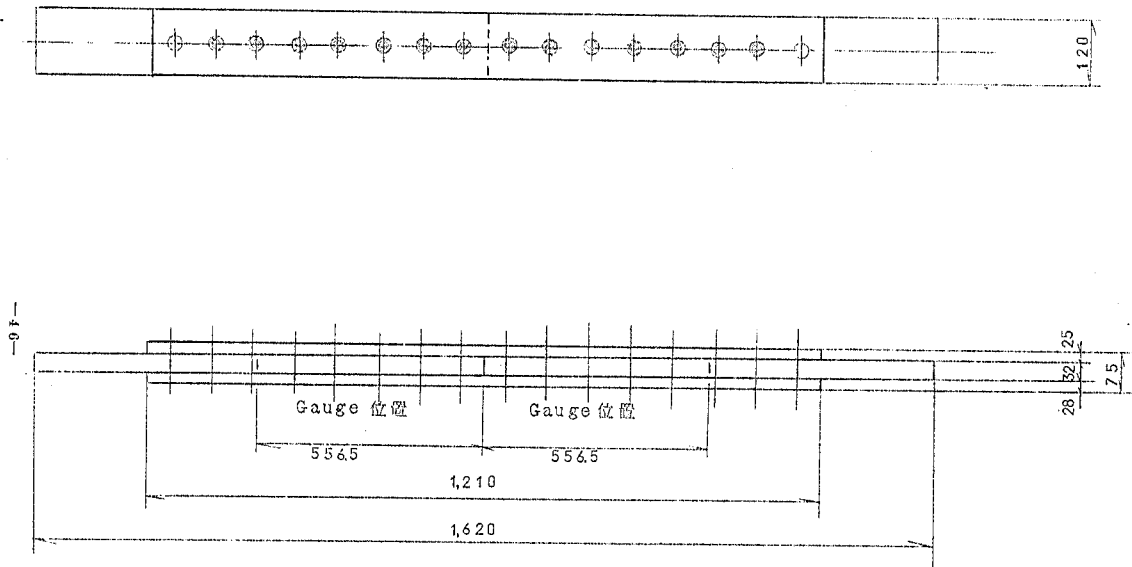


図 6-1 ボルト片鋼 7 本引張試験供試体図

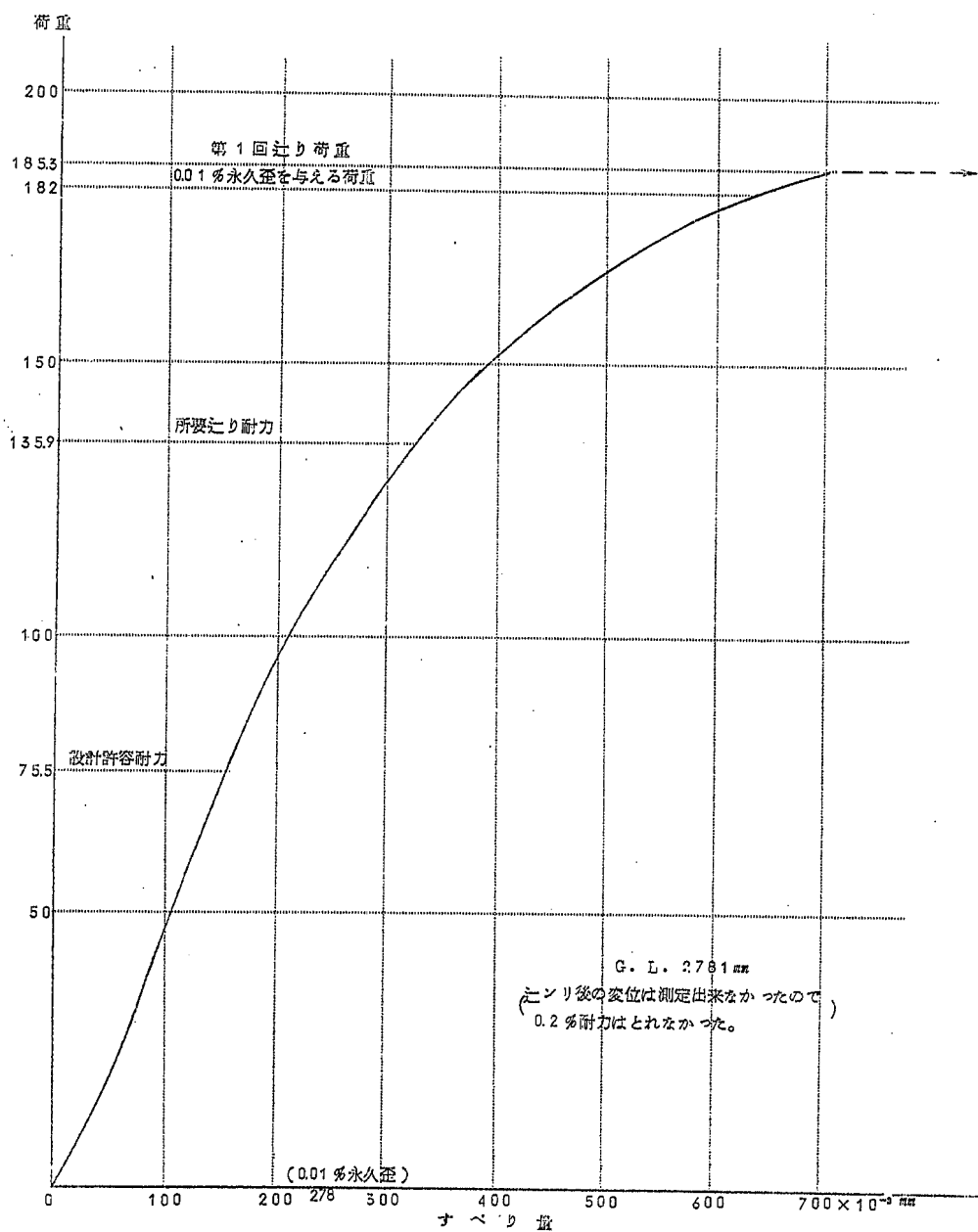


図 6-2 花輪跨道橋現場継手引張試験 (1 行 7 列摩擦接合)

7 結 語

以上花輪跨道橋の実施例によって得られた諸資料よりつぎのことが云えよう。

1. 本橋の摩擦接合継手の設計は施工時のバラツキを考慮しても十分安全である。
2. 摩擦接合継手の許容耐力は、すべり係数 $\mu = 0.4$ が確保しうるか否かが重要な点であるが多ボルト群継手については摩擦面に赤錆を発生させ浮錆を取りのぞく方法で十分確保できる。
3. 今回の安全率 $\gamma = 1.8$ (F13Tボルト) は相当安全側であるので今後十分下げうる。
4. 花輪跨道橋用高力ボルト検査規準は、JISB1186 に準じたものであるがほぼ妥当といえよう。
5. 4種(F13T)ボルトの品質は、受け渡し検査を十分に行なえば、十分JIS規格を満たすものが得られる。
6. JISB1186 に示してあるボルト・ナット・座金の各々のカタサの規定は相対的にはカタサのバランスがとれていて合理的であるが、鋼種の規定がないので、ボルト・ナット・座金とも最適な鋼種とその鋼種の特性を最もよい状態で利用するようにした方がより合理的に思われる。ただしこの場合ボルト・ナット・座金の相対的なカタサのバランスはやぶらないが、個々の値については規格値を多少はずれても、この方がよいように思われる。勿論これに関して今後の検討が必要である。
7. ボルト・セットの引張強さ、耐力、伸び、絞りの品質検査としてのカタサ試験は鋼質の良否を知るうえに重要でありかつ便利である。
8. ボルトの締めつけは現在広く行なわれているトルク法或いは照査の方法として行われている回転角法ともまだ不安定である。ボルト軸力の導入法は摩擦接合の最も大きい欠点の1つとして今後の重要な課題であろう。
9. インパクトレンチの使用は、作業能率上非常に優れているので導入軸力のバラツキを統計的に扱うことによって導入軸力のバラツキをある範囲におさめることが出来れば或る信頼度のもとに安全を確保することができよう。

10. ボルトの締めつけ忘れおよび誤入軸力のチェック方法は現行のものでは不完全なので、簡便かつ効果的な方法を工夫しなければならない。
11. 摩擦面の処理は先に触れたようにすべり係数 $\mu = 0.4$ を確保するために、赤錆を発生させ、浮錆をワイヤーブラシなどで落として密着させ締めつけているが、摩擦接合の原理から考えれば接合完了後の錆の発達は鋼の脆化により体積を増し、ボルト軸力に余分な力を与えたり、摩擦面が浸蝕された面の支圧力が小さくなるなどによって耐力が小さくなるなどの危険性が出てくると思われるので、摩擦面の錆は避けるべきと考える。そのためには今後すべり係数を増すために、合成樹脂による接着作用の利用などにより $\mu = 0.4$ を確保する方法を開発すべきであろう。またボルト・摩擦面の防錆について締めつけ前の保護として合成樹脂によるなどを考えるべきである。
12. 施工前に作業員を教育し、摩擦接合を理解させることは若戸大橋の工事報告書にも見られる如く非常に重要なことである。
13. 摩擦接合継手は、今後解決されなければならない問題がかなりあるにもかかわらず現在行なわれている接合法でも、工場加工のボルトは現場で加熱成型をうけるリベットに比し、品質も安定して居り、信頼性が大である。また、ボルト継手は迂り荷重を設計の基本と考えているので支圧或いはセン断による破断までの間にかなりの余裕があるなどから摩擦接合継手は有効な工法である。

8 あ と が き

本資料は、すでに述べたように、主として4種(F13T)ボルトによる高力ボルト摩擦接合継手の実橋への応用例を記録したもので、ボルトの製造から架設までを一貫して観察し考察したものである。したがって、本資料の特色は現時点における、実験室と現場施工の相異を知り今後のより適切な安定した現場施工法および管理の方法を検討するための資料となる。

摩擦接合用高力ボルトは、すでにF9T、F11Tについては各方面で使われているので、特に4種F13Tボルトに焦点を絞り昭和39年6月に制定されたJIS B 1186 摩擦接合用高力六角ボルト・六角ナット・座金の諸規定に示された能力を少なくとも最小限満足することを第1義に考えたので、かなり厳しい検査規準となった。しかしながらそのためにかえって現状に於けるボルト製造技術水準を知るうえに効果的であったと思われる。同時にメーカーの努力によりその後、ボルトセットの品質管理の方法が改善され、信頼度の高いボルトを入手し得るようになったことは、今回の実橋への応用が有意義であったことを示すものである。

また、従来の種々の文献資料がおおむね実験室のものであり、現実の施工で、その通り行なわせるには現場管理に相当の努力が必要である、もしこれが行なえないときには設計にも影響する問題であるので今後の摩擦接合継手に関する研究はあくまで現場施工の問題をはなれて考えることはできないことを強調したい。

9. 付 録

付録－1 摩擦接合用高力六角ボルト、ナット、座金製作仕様書

1. 総 則

1.1 適用範囲

この仕様書は、日本道路公団に納入する花輪跨道橋用摩擦接合用高力六角ボルト、高力六角ナット、高力平座金（以下組という。）に適用する。

1.2 構 成

組の構成は、1、3に規定された摩擦合用高力六角ボルト（以下ボルトという。）1個、摩擦接合用高力六角ナット（以下ナットという。）1個および摩擦接合用高力平座金（以下座金という。）2個よりなる。

1.3 種 類

組の種類および適用する構成部品の種類の組合せは表1による。

表 1

組の種類	トルク係数値 による種類	ボ ル ト	ナ ッ ト	座 金
2 種	B	F9T W7/8	F6T W7/8	F40 W7/8
4 種	A 相当	F13T W7/8	F10T W7/8	F45 W7/8

2. 品 質

2.1 ボ ル ト

ボルト用素材の品質、ボルトの機械的性質、形状寸法、ネジ精度および外観は次による。

2.1.1 ボルト用素材の鋼種および化学成分は表2による。

単位 %

ボルトの 種類	商 種	化 学 成 分							
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ti
F 9 T	SAE 1041	0.36	0.15	1.35	≤	≤	≤	≤	
		~ 0.44	~ 0.30	~ 1.65	0.030	0.030	0.30	0.20	—
F 13 T	SMK22	0.17	0.60	1.00	≤	≤	≤	1.30	0.03
		~ 0.22	~ 0.90	~ 1.40	0.035	0.030	0.30	~ 1.70	~ 0.20

2.1.2 ボルトの機械的性質

- (1) 試験片の機械的性質、ボルト製品より採取した試験片の機械的性質は表3による。

表

5

ボルトの 種類	引 張 試 験				カタサ試験
	耐 力 (Kg/mm ²)	引張強さ (Kg/mm ²)	伸 び (%)	絞 り (%)	カタサ(HRC)
F 9 T	70以上	90以上	14以上	35以上	26~35
F 13 T	110以上	130以上	14以上	35以上	36~45

(注1) 試験片はボルトの最手方向よりJISZ2201の4号試験片を採取する。

(注2) 引張試験はJISZ2241の金属材料引張試に方法による。

- (2) 製品の機械的性質、ボルト首下に10°のクサビを入れて引張試験を行った際の最小引張荷重、破断位置、および製品のカタサは表4による。

表

4

ボルトの 種類	ボルトの 呼び	最小引張荷重 (t)	破断位置	カタサ試験 (FRO)
F 9 T	W 7/8	26.6	ねじ部 (頭トビ不可)	26~35
	W 5/8	13.0		
F 15 T	W 7/8	38.4		36~45

(注) カタサ試験は、ボルト頭部側面を JIS Z 2245 のロックウェルカタサ試験方法により測定する。

2.1.3 ボルトの形状寸法

ボルトは W7/8×60~130および W5/8×75とし、その形状、寸法は表5による。

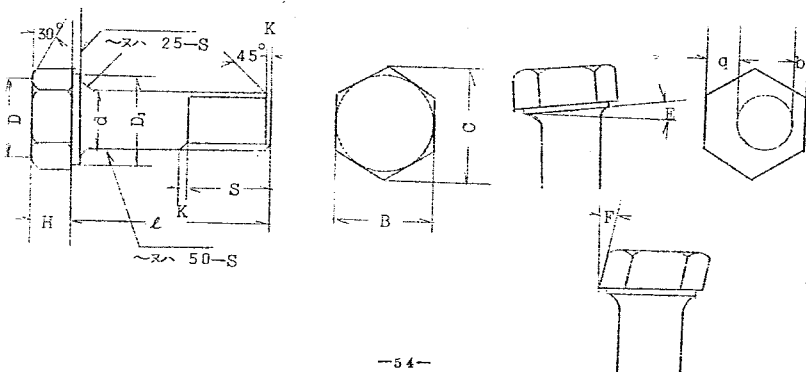
ただし、表中の記号は附図に示す。

表

5

単位 mm

ボルト の呼び	d	H	B	C	D (DI)	R	K	a-b	E	F	H	S
W7/8	22.22 ^{+0.95} _{-0.35}	15±0.9	35 ⁰ ₋₁	約 40.4	約 33	12~ 2.0	約 3	11 以下	1° 以下	2° 以下	約 0.4	40 ⁺⁶ ₋₀
W5/8	15.88 ^{+0.95} _{-0.15}	11±0.9	26 ⁰ _{-0.8}	約 30	約 25	・	約 2	0.8 以下	・	・	・	30 ⁺⁵ ₋₀



2.1.4 ボルトのネジの形状寸法

ボルトのネジの寸法はJISB0206W7/8 5/8により、その精度はJISB0210 3級とする。

2.1.5 ボルトの外観

ボルトは使用上有害な割れ、キズ、カエリネジ山のいたみなどの欠点があってはならない。

2.2 ナット

ナット用素材の品質、ナットの機械的性質、形状寸法、ネジ精度および外観は次による。

2.2.1 ナット用素材

ナット用素材は機械構造用炭素鋼とする。

2.2.2 ナットの機械的性質は

ナットの機械的性質は表6による。

表 6

ナットの種類	カタサ試験	ナットの 呼 び	引張試験
	カ タ サ		保証荷重
F 6 T	HRB 85~100	W 5/8	13.0t
		W 7/8	26.6t
F 10 T	HRC 30~40	"	38.4t

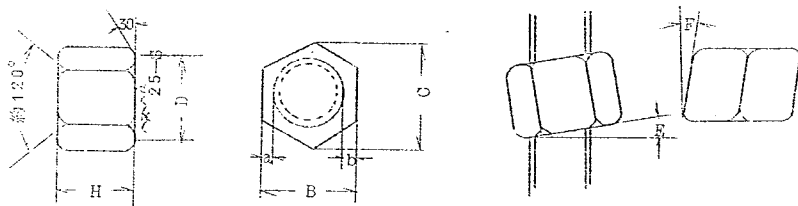
(注) カタサはナットの座面をJISZ2245のロックウェルカタサ試験方法によって行なう。

2.2.3 ナットの形状寸法

ナットはW7/8 5/8とし、その形状、寸法は表7による。ただし、返中の記号は略図に示す。

表 7

ナットの 呼 び	単位 mm						
	H	B	C	D	a-b	E	F
W 7/8	21±0.4	35 ⁰ ₋₁	約 40.4	約 33	1.1以下	1°以上	2°以上
W 5/8	16±0.35	26 ⁰ _{-0.8}	約 30.0	約 25	0.8以下	"	"



2.2.4 ナットのネジの形状寸法

ナットのネジの寸法は JIS B 0206 W7/8 5/8 により、その精度は JIS B 0210 3 級とする。

2.2.5 外 観

ナットは使用上有害な割れ、キズ、カエリネジ山のいたみなどの欠点があってはならない。

2.3 座 金

座金の機械的性質、形状寸法および外観は次による。

2.3.1 座金の機械的性質

座金のカタサは表 8 による。

表

座金の種類	カタサ試験
	カタサ (HRC)
F 40	40 ~ 50
F 45	45 ~ 55

(注) カタサは座金の座面を JIS Z 2245 のロックウエルカタサ試験方法によって行なう。

2.3.2 座金の形状寸法

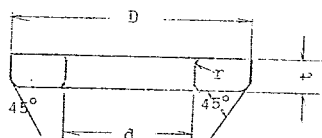
座金は W7/8 5/8 とし、その形状、寸法、仕上げは表 9 による。

ただし、表中の記号は附図に示す。

表

9

座金の呼び	d	D	t	r
W 7/8	$24 \begin{smallmatrix} +0.6 \\ -0 \end{smallmatrix}$	$44 \begin{smallmatrix} +0 \\ -1 \end{smallmatrix}$	約 6.0	1.5~3.0
W 5/8	$18 \begin{smallmatrix} +0.7 \\ -0 \end{smallmatrix}$	$26 \begin{smallmatrix} +0 \\ -0.8 \end{smallmatrix}$	約 3.2	1.0~2.0



3.3.5 座金の外観

座金の座面はなめらかで、使用上有害なキズ、カエリがなく、かつ、平坦でなければならない。

2.4 組のトルク係数値

組のトルク係数は、ネジリ試験機とロードセルによる方法で測定し、その値は表10によ。

組の種類	トルク係数値 による種類	トルク係数値
F 9 T	B	0.150 ~ 0.190
F 13 T	A相当	0.090 ~ 0.130

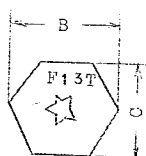
3. 表示および梱包

3.1 表 示

ボルト、ナット、座金およびそれらを梱包したものの表示は下記による。

3.1.1 ボルトの表示

ボルトはその六角頭部表面にボルトの種類と製造者の標示を刻印することにより表示し一例を図1に示す。



3.1.2 ナット、座金の表示

ナット、座金は表示を行わない。

3.2 梱包の表示

梱包用箱の互いに相隣れる側面に組の機械的性質による種類、組のトルク係数値による種類、ボルトの呼び寸法および長さ、ボルト材料、梱包組数、検査年月、ロット番号、製造者名称および合格印を記入した紙をのり付けする。

その様式は図2に示す。

図

2

マイテンボルト			
組の種類	4種	トルク係数の種類	A
ボルトの呼び寸法×長さ	W7/8 × 100		
ボルトの材料	SMK22	組本数	50
検査年月	S395	ロット番号	N110
大同製鋼株式会社 鋼材事業部星崎工場			

3.3 梱包

ボルト、ナット、座金の収納方法、収納量および防錆法は次による。

3.3.1 収納方法

ボルト、ナットを互いに組とし、段ボール箱に収納する。

座金は別途に段ボール箱に収納する。

3.3.2 収 納 量

重さ約 25 kg に相当する組数または枚数で収納する。

3.3.3 防 振

ボルト、ナット間および組間で互いに衝撃を与えないように固定する。

3.3.4 防 錆

ボルト、ナット組または座金はその一梱包分を防錆紙に包装し、段ボール箱に収納する。

3.3.5 そ の 他

箱内に前記 3.2 に示す梱包の表示を行った用紙を封入する。

以 上

付録ー２ 花輪跨道橋高力六角ボルト、ナット、座金検査要領

1. 適用範囲

この検査要領は花輪架道橋用高力六角ボルト（F13T）の受入れ検査に適用する。

2. 検査の種類

2.1 外観検査

使用上有害となる 2.1.1 に示されるような欠点があってはならない。

ただし、使用有害とは

- (1) 所要の機械的性質を低下させる原因
- (2) 規定トルク係数値を越えるバラツキの原因となる。
- (3) 所要の密着性、摩擦性をそこなう原因となる欠点
- (4) 切欠現象を起すような原因となる欠点を意味する。

を意味する。

2.1.1 検査項目

検査項目は下表により行なう。

ボルト	ワレ	キズ	カエリ	ネジ山の傷み	サビ
ナット	ワレ	キズ	カエリ	サビ	
座金	ワレ	キズ	バリ	サビ	ワン曲

2.1.2 検査方法

目視をもって行なう。

2.1.3 検査本数

工場側は全数について検査を行なう。

精品検査は計数規準型一回抜取検査により、検査ロットから試料の大きさ $n = 20$ をとる。

ただし n がロットの大きさを越える場合は全数検査とする。

2.1.4 試料のとり方

- (1) ロットの中をよくかきまぜ、目をつぶって取るような気持で試料を抜取る。
- (2) 抜取の際はロットの中の各製品は全て同一条件下におかなければならない。
- (3) ロットがさらに小さく分れているときは、その小群の大きさに比例した個数の試料をランダムに抜取りまとめて試料とする。

2.2 形状寸法検査

ボルトナットおよび座金の形状寸法は JIS B 1186 表 2 による。

2.2.1 検査項目

ボルトの測定は、JIS B 1186 表 1 1 の測定項目

ナット " " 表 1 2 "

座金 " " 表 1 3 "

2.2.2 検査方法

ボルトの測定は JIS B 1186 表 1 1 の測定器具

ナット " " 表 1 2 "

座金の測定はJIS B 1186 表13の測定器具を用いて行なう。

2.2.3 検査本数

計量規準型一回抜取検査により行ない、検査ロットから試料の大きさ $n = 7$ をとる。

ただし、 n がロットの大きさを越える場合は全数検査とする。

2.2.4 試料のとり方

2.1の外観検査に抜取った試料を併用してもよい。ただし、新たに抜取るときは2.1.4に準じて行なう。

2.3 ネジ精度検査

ボルトおよびナットのネジは、JIS B 0206 のウィット並目ネジとJIS B 0210 の3級以上とする。

2.3.1 検査項目

ボルトおよびナットのネジ精度

2.3.2 検査方法

ネジ精度の測定はJIS B 0257 によるネジ用限界ゲージにより行なう。

2.3.3 検査本数

計量規準型一回抜取検査により行ない、検査ロットから試料の大きさ、 $n = 20$ をとる。

ただし、 n がロットの大きさを越える場合は全数検査を行なう。

2.3.4 試料のとり方

2.2.4に準じて行なう。

2.4 表面アラサ検査

ボルト・ナットおよび座金の表面アラサはJIS B 1186表2による。

2.4.1 検査項目

ボルト・ナットおよび座金の表面アラサ

2.4.2 検査方法

表面アラサの測定はJIS B 0659 による表面アラサ標準片またはJIS B 0651 による表面アラサ測定機を用いて調べる。

2.4.3 検査本数

計数規準型一回抜取検査により行ない、検査ロットから試料の大きさ $n=20$ をとる。

ただし、 n がロットの大きさを越える場合は全数検査とする。

2.4.4 試料のとり方

2.2.4 に準じて行なう。

2.5 割レ試験

2.1 外観検査で発見できないような微小な割レで有害なものを検査する。

2.5.1 検査項目

ボルト・ナットおよび座金の割レ

2.5.2 検査方法

ボルト・ナット・および座金の割レ試験は製品について浸透探傷方法または磁粉探傷方法によって行なう。

2.5.3 検査本数

2.1 において合格したボルト・ナットおよび座金のなかからランダムに試料の大きさ $n=2$ をとり行なう。

2.5.4 試料のとり方

2.1.4 に準じて行なう。

2.6 機械的性質試験試験

2.6.1 ボルト試験片の引張試験

構成部品のボルト製品から採取した試験片について耐力引張強さ、伸び、絞りの検査を行ったとき、JIS B 1186 9.1.1.表4の規定に適合しなければならない。

2.6.1.1 試験項目

耐力、強さ、伸び、絞りの試験

2.6.1.2 試験方法

試験片の採取はボルト製品から採取する。

試験片は JIS B 1186 の図1の(A)または図1の(B)のように採取した JIS Z 2201 の4号試験片とする。

試験方法は JIS Z 2241 により行なう。

2. 6. 1. 3 試験本数

計量規準型一回抜取検査により行ない、検査ロットから試料の
大きさ $n = 2$ をとる。

2. 6. 1. 4 試料のとり方

2. 1. 4 に準じて行なう。

2. 6. 2 ボルト製品引張試験

構成部品のボルト製品について引張荷重の検査を行なったとき J I S B
1 1 8 6 の 2. 1. 2 の規定に適合しなければならない。

2. 6. 2. 1 試験項目

- (1) ボルト製品の引張試験
- (2) 破断個所の記録

2. 6. 2. 2 試験方法

ボルト製品の引張試験は J I S B 1 1 8 6 の 1. 1. 1. 1 (1)(b) 製品の引
張試験により行なう。

2. 6. 2. 3 試験本数

計量規準型一回抜取検査により行ない、検査ロットから試料の大
きさ $n = 6$ をとる。

2. 6. 2. 4 試料のとり方 2. 2. 4 に準じて行なう。

2. 6. 3 ナットの保証荷重試験

ナットの保証荷重とは、ボルトが引張荷重（最小）をうけている状態
でもナットが充分耐えうることを示すもので J I S B 1 1 8 6 表 5 の引張
荷重（最小）を加えて異状があつてはならない。

2. 6. 3. 1 試験項目

引張荷重（最小）によるナットの異常の有無の検査

2. 6. 3. 2 試験方法

ナットの保証荷重試験は、ボルトの製品の引張試験と同様な方法
によって、メネジグの代りにナットの試料をはめ合せて J I S B
1 1 8 6 の表 6 の保証荷重を加え試料の異状の有無を調べる。

また、ボルトの代りに試験用オネジグを用いてもよい。

2. 6. 3. 3 試験本数

チェック検査として検査ロットから試料の大きさ $n = 3$ をとる。

2. 6. 3. 4 試料のとり方

2. 2. 4 に準じて行なう。

2. 6. 4. ボルト・ナットおよび座金の硬さ試験

硬さ試験はボルト・ナットおよび座金の各製品について行ない

JIS B 1186 の表 4、表 6、表 7 についてそれぞれ規定に適合しなければならぬ。

2. 6. 4. 1 試験項目

ボルト製品の各部についての硬さ試験

ナット #

座 金 #

2. 6. 4. 2 試験方法

測定箇所

ボルト 頭部側面 2ヶ所 軸部 1ヶ所

ナット 座 面 2ヶ所 側面 1ヶ所

座 金 座 面 3ヶ所

ボルト・ナット・座金の測定値を各々平均し、JIS Z 8401
により整数 1 位に丸め、その試料の硬さとする。

試験方法は JIS Z 2245 により行なう。

2. 6. 4. 3 試験本数

計量規準型一回抜取検査により行なう。

試料の大きさ $n = 3$ をとる。

2. 6. 4. 4 試料のとり方

2. 2. 4 に準じて行なう。

2. 6. 5 ボルト試験片の衝撃試験 (参考試験)

衝撃試験はシャルピー衝撃試験により行なう。

2. 6. 5. 1 試験項目

ボルト試験片のシャルピー衝撃値の測定

2.6.5.2. 試験方法

試験片は JIS Z 2202 金属材料衝撃試験片により 2 mm V ノッチ試験片を用いる。

試験方法は JIS B 7722 シャルピー衝撃試験により JIS Z 2242 金属材料衝撃試験方法により 0 °C で行なう。

2.6.5.3. 試験本数

計量規準型一回抜取検査により行ない、検査ロットから試料の大きさ、 $n = 2$ をとる。

2.6.5.4. 試料のとり方

2.2.4 に準じて行なう。

2.7. トルク係数試験

セットのトルク係数試験を行ったとき、JIS B 1186 の 10 の規定またはこれに代る規定に適合しなければならない。

2.7.1. 試験項目

セットのトルク係数値の試験

2.7.2. 試験方法

セットのトルク係数試験の方法は JIS B 1186 の 11.2 の方法またはこれに代る方法により行う。

2.7.3. 試験本数

検査ロットのトルク係数値を保証する場合の計量抜取検査方式として行ない、試料の大きさ $n = 6$ をとる。

2.7.4. 試料のとり方

2.2.4 に準じて行なう。

花崎造船受取検査検査項目および品質保証水準一覧表

($\alpha=0.05$ $\beta=0.10$)

	検査の種類	抜取法の分類	P ₀ %	P ₁ %	n	C	k ₀ , G ₀
2. 1	外 観 検 査	計数規準型一回抜取	0.11	11.0	20	0	
2. 2	形状寸法 "	計量規準型一回抜取	1.69	15.5	7		1.5
2. 3	ネジ精度 "	計数規準型一回抜取	1.81	18.1	20	1	
2. 4	表面アラサ"	同 上	1.81	18.1	20	1	
2. 5	割 レ 試 験				2	0	
2. 6. 1	ボルト試験片の引張試験	計量規準型一回抜取	0.125	12.5	2		1.96
2. 6. 2	ボルト製品の引張試験	同 上	0.125	3.15	6		2.37
2. 6. 3	ナットの保証荷重試験				3	0	
2. 6. 4	ボルトナット座金の硬さ試験 ボルト ナット 座 金	計量規準型一回抜取	(0.125)	(8.0)	5 5 11		2.11
2. 6. 5	ボルト試験片の衝撃試験 (参考試験)	同 上	0.125	12.5	2		1.96
2. 7	トルク係数試験 F 1 3 T m ₀ ' m ₁ ' m ₀ ' m ₁ ' 0.09 0.080 0.130 0.140	同 上 (平均値の保証)			6		G ₀ = 0.672

十
四
断

付録一 3 高力ボルトセットの検査方法

J I S B 1 1 8 6 および付録-2の検査法を補足し具体的にしたものである。

(1) 外觀檢查方法

外観検査はボルト・ナットおよび座金の頭部の表示、ワレ、キズ、カエリ、ネジ山の傷み、サビ、バリ、ワナ曲等について行ない、これら検査方法は目視によって判定する。

(2) 形状寸法検査方法

(i) ボルトの形状寸法の測定は表 4-1 に示す測定器具を用いて行なう。

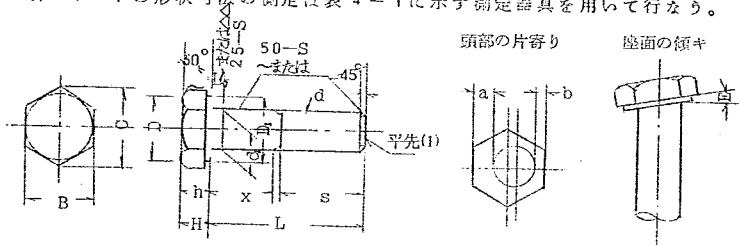


图 1-1

表 1-1

測定項目	測定器具
d ₁	JIS B 7502による外側マイクロメータ-JIS B 7507によるノギス限界ゲージ
H	JIS B 7507によるノギスまたは限界ゲージ
B	
l	
S	
r	専用ケージまたはこれに代る測定器具
a - b	
E	

(Ⅱ) ナットの形状寸法の測定は表 4-2 に示す測定器具を用いて行なう。

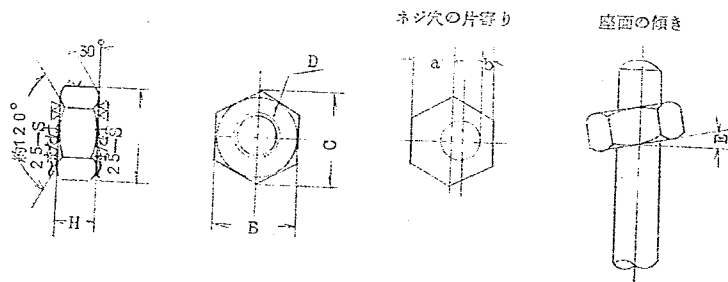


図 - 2

表 - 2

測定項目	測定器具
H	JIS B 7507によるノギスまたは限界ゲージ
B	
a-b	専用ゲージまたはこれに代わる測定器具
E	

(Ⅲ) 座金の形状寸法の測定は表 4-3 に示す測定器具を用いて行なう。

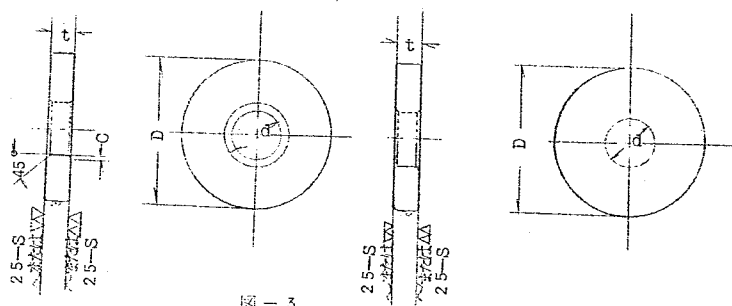


図 - 3

表 - 3

測定項目	測定器具
d	JIS B 7507によるノギスまたは限界ゲージ
D	
t	
r	専用ゲージまたはこれに代わる測定器具

(3) ネジ精度検査方法

ネジ精度の測定はネジ用限界ゲージによって行なうが、ボルトのネジ精度測定は外径についてマイクロメーター、有効径、谷径についてはコンパレータ、ピッチについては透形鏡を用いて行なう。

(4) 表面アラサ検査方法

表面アラサは JIS B 0659による表面アラサ標準片または JIS B 0651による表面アラサ測定機を用いて調べる。

なお、今回は表面アラサ標準片と比較することにより判定する。

(5) 割れ試験方法

ボルト、ナットおよび座金の割れ試験は磁粉探傷方法によって行なう。

(6) ボルト試験片の引張試験方法

試験片の採取はボルト製品から採取し、試験片の形状寸法は図 4-4 のように採取した JIS Z 2201の4号試験片とし試験方法は JIS Z 2241により行なう。

A

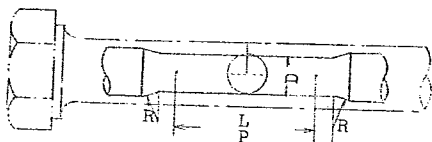


図 - 4

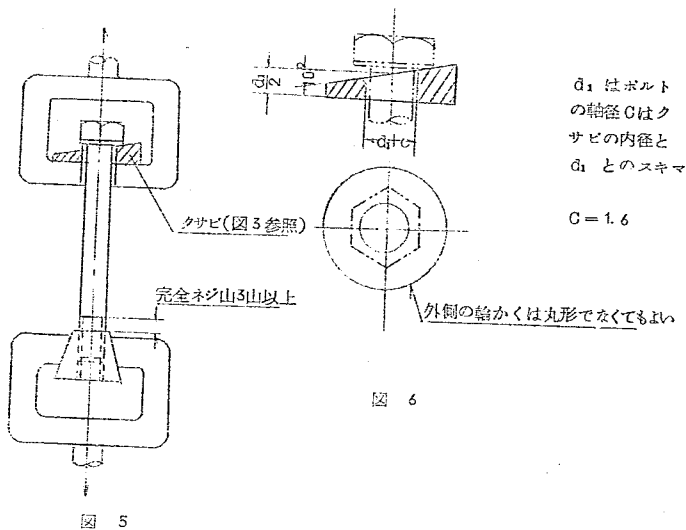
標点距離	$L = 50 \text{ mm}$
径	$D = 14 \text{ mm}$
平行部長さ	$P = \text{約 } 60 \text{ mm}$

肩部の半径

$R = 1.5d_1$ 以上

(7) ボルト製品の引張試験方法

製品の引張試験は適當な構造、形状、寸法で、かつじょうぶな剛性を有するジクを用い、図-5のようにボルトの端面に $10 \pm 0.5^\circ$ の傾きをもち、カタサが HRC 45 以上のクサビ (図-6 参照) を入れ、この斜面と六角頭の辺とが接するようにし、他方のネジ部は完全なネジ山がボルトの頭部に 3 山以上残るようにジグまたはナットをはめ合わせ、軸方向に引張荷重を加え、3 & 4 ton の引張荷重 (最小) で破断しないかどうか、また、さらにボルトが破断するまで引張荷重を増加して、ボルトの頭トビがおこらないかどうかを調べる。たゞしネジ山がくずれて抜けた場合は、ジグまたはナットのネジ精度を高めるか、ハメアイ長さを増して再試験する。



d_1 はボルト
の軸径 C はク
サビの内径と
 d_1 とのスキマ
 $C = 1.6$

図 6

(8) ナットの保証荷重試験方法

ナットの保証荷重試験はボルトの製品引張試験と同様な方法によって、メネジクスの代わりにナットの試料をはめ合わせて、38.4 tの保証荷重を加え、試料の異状の有無を調べる。

また、ボルトの代わりに試験用オネジグを用いてもよい。一般には(7)の項目で同時に行なっている。

(9) ボルト、ナット、座金の硬さ試験方法

(A) ボルトの硬さ試験：ボルトの硬さ試験は試験片と製品について行なう。

(a) 試験片の硬さ試験：試験片の硬さ試験はつきによる。

(i) 試験片：試験片はボルト製品から図4-4のように採取した4号試験片とする。

(ii) 試験方法：硬さ試験法はロックウェル(HRC)硬さ試験法による。測定箇所はツカミ部とし、1個の試料について3箇所測定し、その平均値を整数1位に丸め、その試料の硬さとする。

(b) 製品の硬さ試験

製品の硬さ試験は、ロックウェル硬さ(HRC)試験法による。測定箇所は、頭部側面2ヶ所、軸部1ヶ所とし、その平均値を整数1位に丸め、その試料の硬さとする。

(B) ナットの硬さ試験

ナットの硬さ試験は製品について行ない、測定箇所は座面2ヶ所、側面1ヶ所とし、その平均値を整数1位に丸め、その試料の硬さとする。

(C) 座金の硬さ試験

座金の硬さ試験は製品について行ない、測定箇所は座面3箇所とし、その平均値を整数1位に丸めその試料の硬さとする。

09 トルク係数試験方法

(i) セットのトルク係数値試験は、セットについてネジ部にマシン油などを塗らずに乾いた状態において行ない、同一試料について反復して試験を行なわない。

(ii) 試験方法は、軸力計に試料を取り付け、誤差を生じないように徐々にナットにトルクを加え、トルクをトルクメーターにより、ボルト軸力を

軸力計により、それぞれ計測機の 1 目盛迄数値まで測定する。

なお、この場合 座金が回転してはならない。

(iii) ナットに加えられたトルクおよびそのトルクによって発生したボルト軸力の測定は、ボルト軸力の値が 22.6～30.8 の範囲内において、徐々にトルクを増加し、3箇所につめて行なう。

(iv) 前項によって測定されたトルクおよびボルト軸力とボルトの d_1 基本寸法 22.22mm を次の計算式に代入して

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

k : トルク係数値

T : トルク (ナットを締付けるモーメント)

d_1 : ボルト内筒部径の基本寸法

N : ボルト軸力

求めらた 3 個の計算値を小数点以下 3 ケタに丸め、その試料のトルク係数値とする。

付録 4 高力ボルトセット社内出荷検査成績

— 4 種 F 13 T ボルトセットについて —

1. 形状寸法

表 4-9 形状寸法検査結果

	d	B	H	r	$a-b$	$E (mm)$	S
MAX	22.185	34.40	15.20	1.7	0.2	26.3	44.8
MIN	22.105	34.30	14.80	1.5	0.0	12.2	42.3
$\bar{x}$	22.139	34.33	15.01	1.6	0.08	20.0	43.9
$\bar{x}_O$	22.95			1.84	0.90	37.35	
$\bar{x}_L$	22.06			1.36			

2 ネジ精度

表 4-10 ネジ精度検査結果

	外 径	有 効 径	谷 径
MAX	2 1.998	2 0.345	1 8.507
MIN	2 1.963	2 0.305	1 8.437
$\bar{x}$	2 1.978	2 0.312	1 8.459
$\bar{x}_O$	2 2.225	2 0.418	1 8.611
$\bar{x}_L$	2 1.815	2 0.188	1 8.161

3. 表面アラサ

表 4-11 表面アラサ検査結果

ボルトNo	軸 部	座 面
1	18.2	4.3
2	32.5	2.9
$\bar{x}$	25.4	3.6
JIS 規格	50 以下	25 以下

4. ボルト試験片引張試験結果

ボルトNo	耐 力 Kg/mm ²	引張強さ Kg/mm ²	伸 び %	絞 り %	カタサ HRC
1	120.0	146.2	15.2	56.0	43.6
2	114.0	143.4	15.6	58.9	42.1
$\bar{x}$	117.3	144.8	15.4	57.5	42.9
$\bar{x}_L$		138.4	15.2	40.3	43.8~37.2

5. ボルト製品引張試験

表 4-13 ボルト製品引張試験結果

	破断荷重 ton	破断圧力 Kg/mm ²	破断位置	カタサ HRC
MAX	48.1	160.9	全数ネジ部	43.1
MIN	47.6	159.3	破断	42.5
$\bar{x}$	47.78	159.9		42.9
$\bar{x}_L$		138.4		43.8~37.2

6. 衝撃値試験

表 4-14 衝撃値試験結果

ボルト種	衝撃値 kgm/cm^2	カタサ HRC
1	9.2	43.7
2	9.0	42.3
x	9.1	43.0
X L	6	43.8~37.2

7. 表面硬サ試験

表 4-15 表面硬サ試験結果

	ボルト F13T	ナット F10T	座金 F45
MAX	43.9	37.7	42.1
MIN	42.2	33.8	48.2
x	43.0	35.5	48.3
X U	43.8	37.9	51.7
X L	37.2	32.1	48.3

8. トルク係数試験

表 4-16 トルク係数試験結果

	ボルト 13T	ナット F10T	座金 F45
MAX		0.114	
MIN		0.101	
x		0.106	
X U		0.136	
X L		0.084	

(注) 各項の検査値に対して上限値、X Uおよび下限値 X Lについては
 立合検査で用いた値を参考として示したものである。

付録-5 大同ボルト出荷検査の改訂基準

出荷検査標準とその実績

部 品	検 査 項 目	規 格		σ	出 荷 検 査						合格判定値		実 績 (阪 神 梅 田 堂 島 工 区 4 slot)						備 考
		規 格 値	範 囲 R		R/ σ	$\bar{P}$	P	P ₁	n	k	S _L	S _U	$\bar{X}$	3 σ	$\bar{Y}$	σ	R/ σ	$\bar{P}$	
ボルト ☆	形 状 寸 法	d	21.65/22.95	1.3	0.051	25.5	0.1	0.63	12.5	5	1.74	21.739/22.861	21.913/22.381	22.147	0.078	1.67	0.1	JIS12~20 向上	
		B	34 / 35	1.0	0.067	14.9	"	"	"	"	"	34.117/34.883	34.048/34.612	34.33	0.094	10.6	"		
		H	14.1 / 15.9	1.8	0.074	24.3	"	"	"	"	"	14.229/15.771	14.508/15.372	14.94	0.144	12.5	"		
		r	1.0 / 2.2	1.2	0.173	7.0	0.5	"	"	"	"	1.301/ 1.899	1.51 / 1.89	1.70	0.064	12.7	"		
		a - b	1.1 以下	1.1	0.084	13.1	0.1	"	"	"	"	0.954 以下	0 / 0.453	0.186	0.089	11.2	"		
		E	60 以下	60	2.84	21.1	"	"	"	"	"	55 以下	0	29.71	12.73	5.66	10.6	"	
		S																	
		L	109.5 / 110.5																
		首下のあらさ							0.63	12.5	40	C=1							
		軸部のあらさ							"	"	"	"							
○	ね じ 精 度	外 径	21.815/22.225	410	2.66	16.0	0.1	0.1	5.0	4	2.38	21.876/22.164	21.839/22.0118	219.254	0.288	14.2	0.1	JIS18.161~18.611 向上	
		有効径	20.188/20.418	230	20.2	11.4	"	"	"	"	"	20.234/20.372	20.192/20.3432	20.2676	2.52	9.1	"		
		谷 径	18.600/19.050	450	18.8	23.9	"	"	"	"	"	18.643/19.007	18.315/18.4885	18.4021	2.88	15.6	"		
		ピッチ													2.8202	3.2 ¹⁴			
	外 観	頭部の表示						0.252	10.1	20	C=0								
		首下の打こん						"	"	"	"								
		ねじ山の打こん						"	"	"	"								
		軸部のさび						"	"	"	"								
		ねじ部のさび異物						"	"	"	"								
	○	磁 探 試 験	首下のきず						0.252	10.1	20	C=0							
		軸部のきず						"	"	"	"								
		ねじ部のきず						"	"	"	"								
ボルト引張試験		破断荷重	38 以上		0.86			0.125	80	3	2.11	39.81 以上	41.84 / 47.96	44.90	1.02				
		かたさ	36/46	10	1.28	78	0.1	"	"	"	"	38.6 / 43.4	39.63 / 44.67	42.15	0.84	11.9	0.1		
ボルトかたさ			36/46	10	1.28	78	0.1	0.20	2.5	10	2.36	39 / 43							
切り出し引張試験		耐 力	104 / 132	28	3.58	78	0.125	0.125	12.5	2	1.96	112.1 以上	106.68 / 18.64	117.66	3.66	7.65	0.15	特別仕様 向上	
		引張強さ	129 以上		3.17			"	"	"		135.3 "	131.71 / 15.15	141.73	3.34				
		伸 び	14	3	0.66			"	"	"		15.6 "	14.14 / 16.60	15.57	0.41				
		絞 り	35		2.13			"	"	"		39.2 "	46.06 / 61.60	53.83	2.59				
	かたさ	36 / 46	10	0.74	135	0.1	"	"	"		37.4 / 43.5	40.74 / 44.82	42.78	0.68	14.7	0.1			
○	ボルト保証荷重試験	常 温	0.013 以下	0.013	0.0018	7.2	0.3	0.315	20.0	2	1.16	0.010 以下							
		-10℃	0.017 以下	0.017	0.0030	5.6	3.0	3.0	"	8	1.29	0.016 以下							
○	ボルトねじ切り試験		35 以上		0.94			0.125	12.5	2	1.96	36.8 以上							

部 品	検 査 項 目	規 格		標準 偏差 σ	出 荷 検 査						合格判定値 S S	実 績 (阪神梅田堂島工区 4610t)					備 考		
		規格値	範囲R		R/ σ	$\bar{p}$	p_u	p_l	n	k		$\bar{X} \pm 3\sigma$	$\bar{X}$	σ	R/ σ	$\bar{p}$			
ボルト	-10℃ボルト引張試験(破断荷重)	41.8 以上		1.24			0.125	1.25	3	1.96	44.2 以上							JIS 20.108/24.418向上 JIS 19.448/20.103向上	
	かたさ	3.6 / 4.6		1.28	7.8	0.1	"	"	"	"	38.5/43.5								
	取り出し荷重試験 5号常温	6 / 9.6*	3.6	0.34	10.6	0.1	0.2	1.60	3	1.81	6.61 以上								
	0℃	5.4 / 8.8*	3.4	0.24	14.2	"	"	"	"	"	5.84 "								
	5号常温	5.0 / 8.7*	3.9	0.33		"	"	"	"	"	6.0 "	5.45/8.27	6.86	0.47	7.9	0.1			
ナット	0℃	4.7 以上 *		0.83		"	"	"	"	"	6.2 "	5.11/7.87	6.49	0.46					
	形 状 寸 法 B	34 / 35	1	0.08	12.5	0.1	0.63	1.25	5	1.74	34.14/34.86	34.516/34.964	34.79	0.058	1.72	0.1			
	H	20.6/21.4	0.8	0.125	6.4	1.0	1.0	"	6	1.66	20.81/21.19	20.574/21.306	20.94	0.122	6.6	0.7			
	a-b	1.1 以下	1.1	0.198	5.5	3.0	3.15	"	17	1.46	0.81 以下	0 / 0.358	0.154	0.068	1.62	0.1			
	E	60 以下	60	7.99	7.5	0.2	0.63	"	5	1.74	46 以下	0 / 1.885	7.70	4.05	1.48	0.1			
	ね じ 精 度	谷 径	22.285/22.885	600	113	5.8	2.0	2.0	1.60		1.46	22.450/22.720		22.504	0.574	10.5	0.1		
	x 有効径	内 径	20.521/20.801	280	79	3.7	15.0					20.419/20.779	26.599	60	4.7	7.0			
	ピッチ		19.310/19.970	660	153	4.3	10.0					22.333/22.675	19.575	8.7	7.6	0.2			
	外 観	ねじ山の打こん						0.252	10.1	20	C=0			2.8200	3.1				
		ねじ山の打こん						"	"	"	"								
		被覆のつき方						"	"	"	"								
	座 金	磁 探 試 験						0.252	10.1	20	C=0								
		ナット・かたさ	29 / 39	10	1.26	7.9	0.1	0.5	80	6	1.95	31.5/36.5		34.50	1.42	7.0	0.3		
		保証荷重試験	38 以上					0.8	50.0	5	C=0								
セ ン ト	形 状 寸 法 d	24.0/24.8	0.8	0.064	12.5	0.1	0.63	1.25	5	1.74	24.11/24.69	24.179/24.781	24.48	0.097	8.2	0.1	JIS 1.5~3.0		
	D	43 / 44	1.0	0.125	8.0	"	"	"	"	"	43.2 / 43.8	43.423/43.897	43.66	0.079	1.26	"			
	t	5.4 / 6.5	1.2	0.063	19.1	"	"	"	"	"	5.51 / 6.49	5.51 / 6.17	5.84	0.110	1.09	"			
	r(c)	0.8 / 3.2	2.4	0.228	8.6	"	"	"	"	"	1.29 / 2.71	1.34 / 1.98	1.66	0.106	2.26	"			
	外 観	銅板持 面ばり						0.252	10.1	20	C=0								
座 金	ボルト入り孔(周辺ばり)						"	"	"	"									
	ナット接合面平面度						"	"	"	"									
セ ン ト	磁 探 試 験						0.252	10.1	20	C=0									
	座 金 か た さ	40 / 50	10	1.6	8.6	0.1	0.5	80	6	1.92	42.23/47.77	41.91/48.15	45.05	1.04	9.6	0.1			
セ ッ ト	トルク係数	0.09 / 0.14 (ロット平均値)		0.008	mi 0.01 0 = 1.25		mi 0.08 0 mi 0.09	mi 0.04 0 mi 0.15	6	G ₀	Fl F ₀	0.0913-0.1363	0.1138	0.0075					

* 上限規格はないが、Pを求めるためその値を仮定した

x 保証距離 (JIS 規定の調査による場合)

o JISでP₀P₁を規定してあるもの

△ 有効径は JIS4級公差を採用

付録－6 花輪跨道橋高力ボルト摩擦接合施工指針

1. 適用範囲

この指針は花輪跨道橋高力ボルト摩擦接合施工に適用する。この指針に規定する以外の事項に対しては責任技術者の指示に従わねばならない。

2. 包装、運搬、保管

ボルト、ナット、座金は品質検査時のトルク係数などが現場施工時まで保たれるように、その包装、運搬、保管に注意し、特に湿気雨水の包装内の浸入には十分注意を払わなければならない。包装はできるだけ施工直前に解くようにし、発錆などによる害をなくすように心がけなければならない。

3. 摩擦面の表面処理

(1) 接合される材片の接触面はショットブラストにより黒皮を除去して JIS B 0 6 0 1 の規定する表面アラサの 5 5－S～5 0－S 程度の粗面とし塗装を行なってはならない。

(2) 現場に於いて材片を組立てる際、接触面をワイヤーブラシなどで清掃し、浮錆などの有害なものを取りのぞき、油、塵埃、泥、塗料、水滴など摩擦力を低減させるものは十分に清掃しこれを取りのぞかなければならない。

(3) 摩擦面は組立に先立ち監督員の検査を受けなければならない。

4. 継手の肌すき

突合される材片の板厚の差、部材寸法の誤差、材片のそりなどについては、あらかじめ工場製作仮組時に照査し、母材と添接板との間が密着するように部材穴部のマクレなどがないうちに十分に配慮し、現場に於ける締めつけ時には十分密着させなければならない。

5. ボルトの締め付け器具

ボルトの締めつけにはトルクメーターのついたまたはトルクの調整ができるトルクレンチ、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監督員の承認を得なければならない。

ボルト締めつけ器具の検査は 1 日 2 回締めつけ作業開始前および締めつけ作業終了後にトルクメーターの精度を初期トルク値を±5% 標準トルク値

を土器受以内にあることを確かめなければならない。

6. ボルトの締め付け

ボルト軸力の導入はボルト頭およびナット座面に壓金を1枚ずつ敷き、ナットを締めつけて行なう。ただし、止むを得ない場合に限り監督員の許可を得てボルト頭を締めつけることができる。

7. 標準ボルト軸力の導入

標準ボルト軸力は次表による。

ボルトの種類	設計ボルト軸力	標準ボルト軸力
F 9 T W 7 / 8	15.44 ton	17.0 ton
F 13 T W 7 / 8	24.26 ton	26.7 ton

※ 施工時トルク係数の変動を考慮して決めた目標ボルト軸力

トルク係数変動範囲 F 9TW7/8 0.150～0.190 平均 0.170

F13TW7/8 0.090～0.130 平均 0.110

ボルト軸力の導入はトルク法で行ない回転角法で照査する。

標準トルク値は次表による。

ボルトの種類	首下長	初期トルク値※	標準トルク値
F 9 T W 7 / 8	60 ㎜	51.4 kg・m	64.2 kg・m
"	70	"	"
"	75	"	"
"	85	"	"
F 13 T W 7 / 8	70	48.9 kg・m	61.1 kg・m
"	80	"	"
"	130	"	"

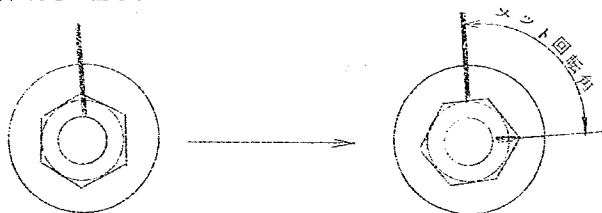
※※ 初期トルク値＝0.8×標準トルク値

※※※ 立合検査によるトルク係数の平均より決定した。

標準ボルト軸力の導入方法はトルクを次の2段階に分けて導入する。まず最初に規定の締め付け順序にしたがって全ボルトに表に示した初期トルク値を与える。

次に施工管理のためナット（ボルト）、壓金に図のような印をつけてから再び標準トルク値までトルクを与える。標準トルクを与えた後に図の印

の回転角を照査し、ナットの回転の均一性を確認する。



初期トルク値締つけ後

標準トルク値締つけ後

ナットの回転角が余りに少な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ほぼ同じ程度までナットを廻して置かなければならない。この場合与えた最終トルク値を記入しておかなければならない。

回転角が異常に大きい場合は監督員と協議することにより処理法を決定する。

8. 締め付け順序

ボルト群の締め付けは中央のボルトから順次端部のボルトに向って行ない、対称性をもつボルト群にはその対称性を考慮して行なう。

9. 締め付け検査

ボルトの締め付け力の検査はトルクレンチにより標準トルク値を与えて行なう。

締め付け検査はボルト全数について行なう。

付録ー 7 高力ボルト摩擦接合継手施工指針（案）

1. 適用の範囲

この指針は高力ボルト摩擦接合継手の施工に適用する。この指針に規定する以外の事項対しては責任技術者の指示に従わねばならない。

2. 包装、運搬、保管

ボルト、ナット、座金は出荷、検査時のトルク係数などが現場施工時ま

まで保たれるように、その包装、運搬、保管に注意し、特に湿気、雨水などの包装内への浸入には十分注意を払わなければならない。包装はできるだけ施工直前に解くようにし、発錆などによる害をなくすように心掛けねばならない。

3. 摩擦面

- (1) 接合される材片の接触面は防塵用塗膜で保護し、面の状態による施工バラツキを少なくする。

したがって、塗膜の剝離は組立て直前に行なわなければならない。

- (2) 接触面には塗膜その他の物質が付着してはならない。

- (3) 摩擦面は組立てに先立ち監督員の検査をうけなければならない。

4. 継手の肌すき

契合される材片の板厚の差、部材寸法の誤差、材片のそりなどについては、あらかじめ工場製作仮組時に照査し、母材と添接板との間が密着するように部材穴部のマツレなどないよう十分に配慮し、現場に於ける締め付け時には十分密着させなければならない。

5. ボルトの締めつけ器具

ボルトの締めつけにはトルクの調整ができるインパクトレンチを原則としその他の機器については監督員の承認を得なければならない。

ボルト締め付け具の検査は1日の朝の仕事開始および后後の作業開始の2回に行ないインパクトレンチはキャリブレータを用いて目標値の±5%以内とする。

6. ボルトの締め付け

ボルト軸力の導入はボルト頭およびナット座面に座金を1枚づつ敷きナットを締め付けて行なう。ただし、やむを得ない場合に限り監督員の許可を得てボルト頭を締め付けることができる。

7. 標準ボルト軸力の導入（インパクトレンチによる場合）

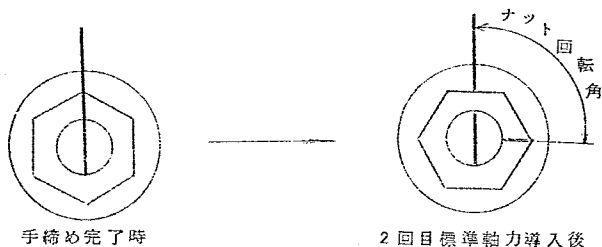
標準ボルト軸力は次表による。

ボルトの呼び	設計ボルト軸力			標準ボルト軸力		
	2種	3種	4種	2種	3種	4種
W7/8	15.5	21.0	25.6	17.1	23.1	28.2
W 1	20.3	27.6	33.6	22.3	30.4	37.0
M 22	15.5	21.0	25.7	17.1	23.1	28.3
M 24	18.0	24.4	29.7	19.8	26.7	32.7

ボルト軸力の導入はトルク法で行ない回転角法で照査する。

標準ボルト軸力の導入法は次の3段階に分けて導入する。(1)まず最初に手締めによりボルト群ごとに全数締めつけを行ない図に示すような印をボルト、ナット、座金、部材を通してつける。(2)つぎに標準ボルト軸力をボルト群ごとに規定の締めつけ順序に従って全ボルトに導入し第1回目の標準ボルト軸力が導入された目印をチョーク（白）でつける。(3)さらに標準ボルト軸力をボルト群ごとに規定の締めつけ順序に従って全ボルトに導入し第2回目の標準ボルト軸力に目印をチョーク（赤）でつける。

以上の作業がボルト群ごとに完了した直後にナットの回転角度および「ともまわり」を照査しナット回転角度の均一性および「ともまわり」のないことを確認する。



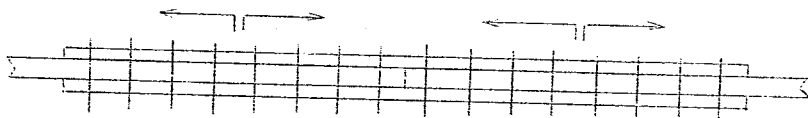
ボルト群内の他のナット回転角に比し余りにも少ないボルトは何等かの

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、他のボルトとほぼ
ほぼ同じ程度までナットを廻しておかなければならない。

また、ボルトと部材の印にずれが生じたときは「ともまわり」を生じて
いるので、そのボルトについて軸力の導入をやりなおさなければならない。

8. 締め付け順序

ボルト群の締め付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
うのがよいがそのために締め忘れボルトが生じないように注意しなければな



らない。

9. 締めつけ検査

ボルトの締めつけ力の検査は、ナット回転角により行ない、締めつけ直後
の場合はトルクレンチにより標準トルク値を与えて行なう。

検査ボルトの抜き取りは、ボルト群の全ての行または列から少なくとも1本
以上とする。

4 種 F 13 T ボルト 受渡し立合検査



↑写真1 ボルト製品引張試験



↑写真2 ボルト製品引張試験ネジ部破断状態



写真3

ボルトネジ精度測定機および首商り測定機

写真4

硬サ試験機



花輪架設施工



写真5 摩擦面清掃作業

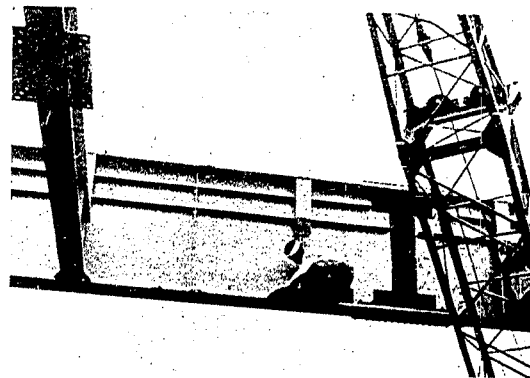


写真6 摩擦面清掃作業

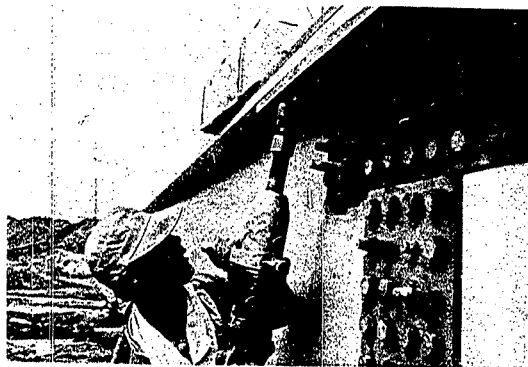


写真7 初期トルク値導入状態

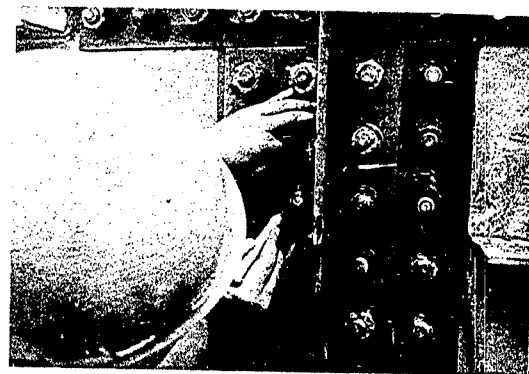
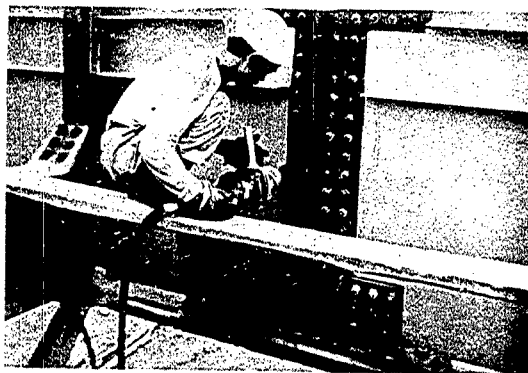
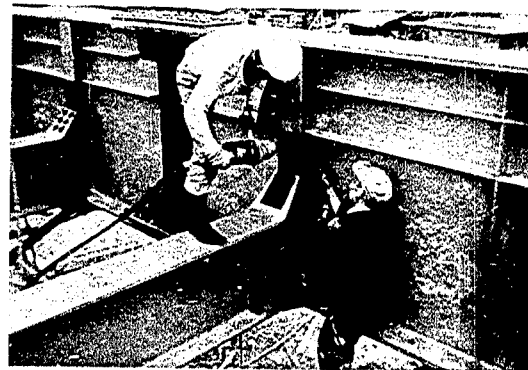


写真8 マーキング作業



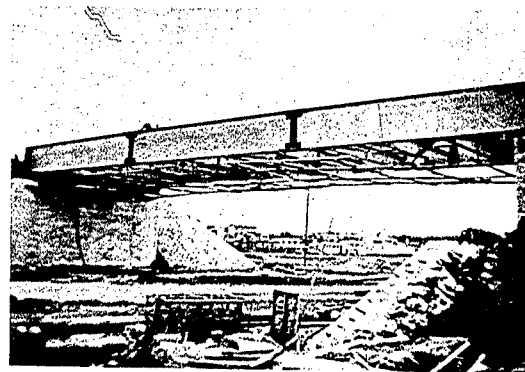
↑写真9 初期トルク導入状態



↑写真10 ボルト頭廻しによる軸力導入
(共まわりを防いでいる)



↑写真11 標準トルク導入と検査



↑写真12 花輪架道橋全景