

高張力ボルト継手についての2～3の実験

(応力耐力、応力分布および疲労強度)

友 永 和 夫 *
大 宮 克 己 **
○田 島 二 郎 ***
小松原 政 次 ****

1. ま え が き

高張力ボルト摩擦接合については、近年多くの実験が行われ、その特性を解明すべく研究が進められている。我が国では、1954年に国鉄トラスに使用されたのに始まり、建築学会においては、1959年12月、この接合方法についての規準案が発表され、リベット結合において得られない利点を認められて各所においてその採用が見られるようになった。

この接合方法の力学的長所としては、ボルト孔周縁の応力集中が小さいことがあげられ、従って、疲労強度はリベット継手または摩擦力を考慮しないボルト継手に比し大きく、継手剛性が大で、或る条件のもとでは、ボルト孔の影響を無視して設計できることも考えられる。また継手が明瞭な応力を生ずるまでを継手の耐荷力とし、適当な安全率を考慮して許容耐力を考える場合、継手材片間の接触面を摩擦が大きくなるように処理し、材片間に与える圧力を大きくする。すなわち高強度のボルトで強力に締付けることにより、継手の耐荷力を増大することができ、または所要のボルト数を減らすこともできる。

しかし、応力集中の程度、応力耐力等については、その大きさに影響を与える各種の因子があり、そのそれぞれの場合について、未だ研究すべき多くの問題を残している。

現在我が国で行われている高張力ボルト継手の設計方法は、リベット継手の設計方法に準じ、ただ、ボルト1本当りの許容耐力として

$$(\text{ボルト締付力}) \times (\text{摩擦係数}) / (\text{安全率})$$

をとって設計される場合がほとんどである。これに対して、高張力ボルト継手としての特性を十

* 工博 国鉄構造物設計事務所 所長 工博
** 鉄道技術研究所 主任研究員 (現在 川崎重工鉄構部)
*** 国鉄構造物設計事務所 主任技師
**** 鉄道技術研究所 研究員

分に現した設計方法を求めようとして現在研究を進めているものであるが、以下に述べる実験は、それらの試験の一部をなすものである。

実験において使用した母材は、 41 Kg/mm^2 鋼、 50 Kg/mm^2 鋼、 60 Kg/mm^2 鋼である。母材の強度が高くなるに従い、現在 SS50、SM50 に使用されているリベット材 SV41 に代る高強度のリベットが強さの点からは望ましいのであるが、材質やリベット締め等の問題から、未だ一般的に利用されていない。この場合にも、摩擦力で応力を伝達する方法が、前に述べたような特性からみて、特に望ましいものとなろう。

2. 継手のなりおよび摩擦係数

ボルトにより締付けた重ね継手に引張力が作用した場合、材片間の摩擦力によって材片相互のずれは拘束され、母板から添接板に応力が流れる。この場合、材片には引張応力により伸びが生じ、この伸び量が或る程度をこえると、摩擦力により材片接触面相互のずれを拘束して動かないようにしておくことは不可能になり、或る程度材片間にはなりが生じてくる。さらに荷重が増加すれば摩擦力が破れ、継手は急激に大きななりを生ずる。この継手材片間のなりの模様は、材片接触面の状況、継手の形状、ボルトの配置等によって種々の性状を示すもので、高張力ボルト継手においてなり荷重の定義を「摩擦面が明瞭ななりを起こすときの荷重」としても、その限度を各種の継手に対し材片間のなり量を以て数値的に示すことはむづかしい。しかし、現在では実用上摩擦継手と称し得るものにおいては、継手部分の伸びが継手材片間のなりを伴って急激に増大する荷重が明かな場合が多いので、そのときの荷重を以てなり荷重と称している。

図-1 は荷重と継手の伸びとの関係を示した1例で、ボルト締付力が0である TP6-1 を除いては、継手の明かななりが求められている。なお、この図から、継手部分に関する応力と伸びとの比、すなわち鋼材のヤング係数に相当する値 C を求めてみると、応力としては母板の総断面積についての値をとり、摩擦継手ではなりを生じない荷重の範囲とし、継手をはさんでとった G.L.400 で計算すれば、TP6-2, 4, 5, 6 および TP9-1 は $C = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ 、G.L.750 の間で TP7-1 は $C = 2.3 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ となる。リベット継手 TP6-R はなりが橋梁示方書に規定されている許容応力以下において生じ、そのなり量も含めて荷重 1.5 t (継手母板の許容荷重に等しい) までの傾斜から計算すると $C = 0.7 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ 、10 t から 25 t の傾斜からもほぼ同様な値となり、継手の剛性は摩擦継手に比べて相当小となっている。ただし、リベット継手のなり量は、リベットがリベット孔をどの程度填充しているかによって異なり、リベット締めの条件に左右されるから、継手によっていろいろな値を示すものであろう。し

かし、以下に述べる他の実験例からも同様な結果を得、摩擦継手に比し剛性は小となっている。

図-2は、 $7/8$ φ のボルト2本の試験片についての荷重と材片間のり量との関係を示したもので、TP1はショットブラストをかけ、継手を組立ててから4週間を経て引張試験を行ったもの、TP2はショットブラストをかけた同形の継手を4週間屋外に散水放置して赤錆を発生させ、組立前に接触面をワイヤブラシで軽く清掃した後組立て、直に引張試験を行ったもの、TP3はショットブラストをかけた同形の継手に合成樹脂接着剤（アラルダイト#103、硬化剤ハードナー#951、混合重量比100:8）

を塗布して組立てた後屋内に保管し、4週間経過した後引張試験を行ったものである。引張試験を行った時期は、1961年6月末であり、気温は 20°C ~ 30°C で高く湿度も大であったので、TP1は接触面にうすく赤錆が生じていた。また接着剤の養生も十分であったと考えられる。従って、TP1はショットブラスト処理の接触面としては大きなり耐力を示し、TP1およびTP2は大差なく、TP3がやや大きいり耐力を示した（り荷重は表-3参照）。この3種の試験片各3本ずつのうち、り荷重が近かったTP1-1、TP2-1、TP3-1について図-2は示したが、荷重36tにおけるり量は0.05mm、0.11mm、0.02mmで、

同様なり耐力であっても、摩擦が破れるまでの材片間のり量は、接触面の状態によって種々の差があるものである。

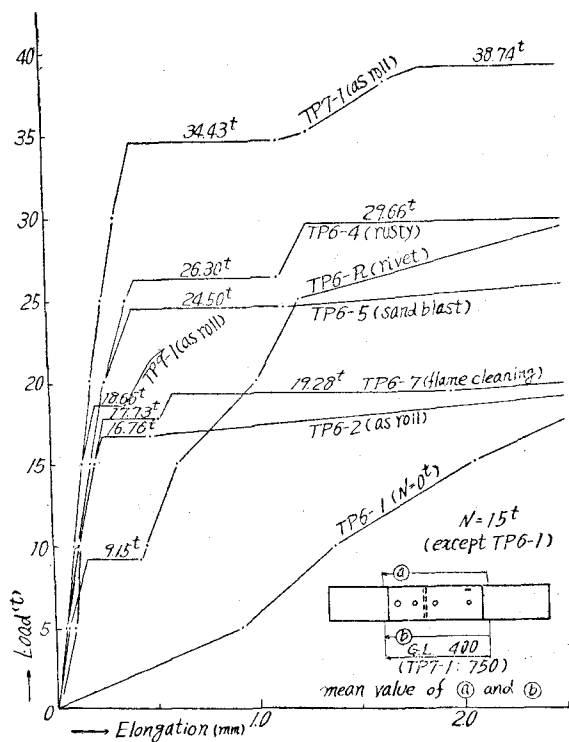


図-1 継手の伸び

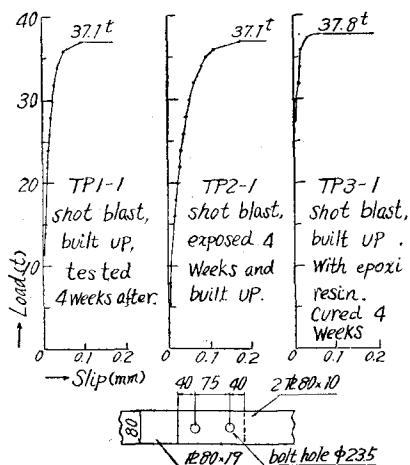


図-2 荷重と継手材片間のり量との関係

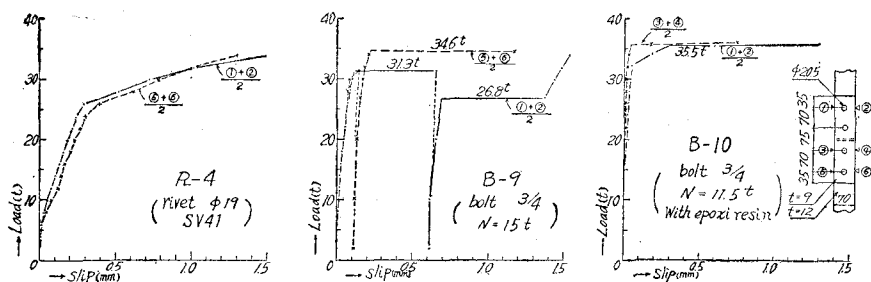


図-3 2H鋼継手の荷重とわり

図-3は、母材には2H鋼を使用し、 $\frac{3}{4}\phi$ のボルト2本またはSV41、 $\phi 19$ のリベット2本の試験片についての材片間のわりを示したもので、SV41リベットの継手は、荷重26t（母板の純断面応力 43.1 Kg/mm^2 一板の降伏点の75%、リベットせん断応力は孔径をとって 19.7 Kg/mm^2 —リベット材の引張降伏点の70%）あたりからわりが急増しているが、摩擦継手B-9のわり応力は、純断面につき計算して板の降伏点に近く、合成樹脂接着剤を併用したB-10（アルルダイト#103、ハードナー#951、混合比100：8、30°C80時間養生）のわり応力は降伏点を数%超えている。

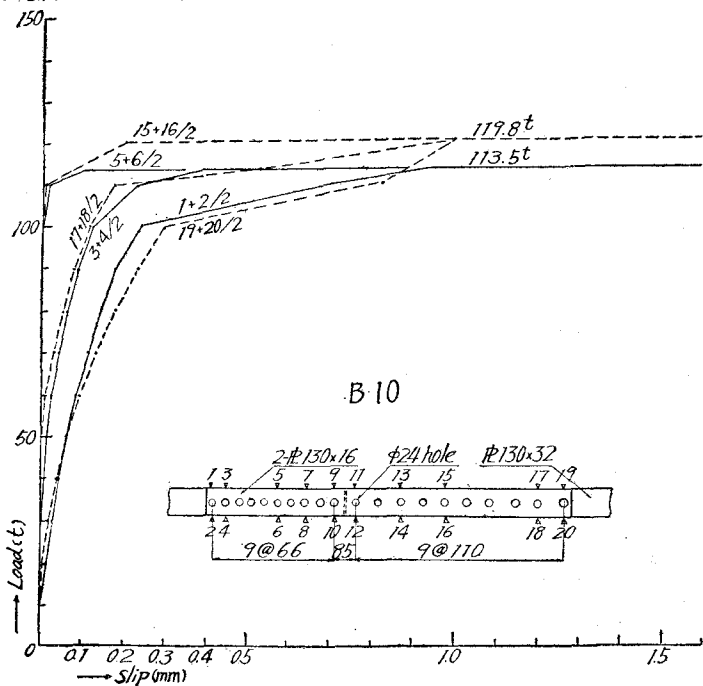


図-4 継手端部、中央部におけるわり

図一 4 は、1 列に 1 0 本のボルトがならんだ継手についての荷重と材片間のり量との関係を示したもので、応力方向にボルト数が多くなると、端部における材片間のり量は非常に大きくなり、その量はボルトピッチの大きなものの方が大きい。

摩擦継手におけるボルト 1 本、1 摩擦面当りの許容り耐力は、

$$(\text{ボルト締付力}) \times (\text{摩擦係数}) / (\text{安全率})$$

で計算される。この場合、摩擦係数は実験によって確認するか、経験上十分安全である値を仮定して行われるわけである。摩擦係数を求めるためには、実際と同じ継手の状態でり試験を行うことが望ましいが、一般には小型の試験片について行われるのが普通である。継手材片接触面間の摩擦係数は、接触面の処理状況により異なることはもちろんであるが、その他、接触面圧の大小、試験片の形状、すなわち試験片の巾、ボルト数およびピッチ等により差異を生ずるか否かが問題となる。摩擦係数確認の試験は、各種の工事において数多く行われてはいるが、ボルト締付力のばらつき、接触面の僅かの状況の違いによる摩擦係数の変化など、各種の要素が入り混って試験により得たり荷重のばらつきが大きく、上記のような各条件による差をつかむことはなかなかむづかしいが、摩擦係数を求めることは摩擦継手の基本的な問題であるから、これを明かにする必要がある。

表一 1、表一 2、表一 3、表一 4 は、各種試験片によるり試験の結果を示したものである。

表一 1 および表一 2 は、一つの突合せ継手の片方はボルトピッチ 6 6 mm、他の側はピッチ 1 1 0 mm としたもので、それぞれの側のり荷重をみると、表一 1 の T P 6—8 の 1 例を除いてすべてピッチ 6 6 方のり耐力が約 1 0 % 余り小さいことは注意すべきことである。試験片の巾の差によるり耐力の差異は、これらの結果からははっきり分らないが、表一 1 の T P 6、T P—7 は巾 1 2 0 mm、T P 9 は巾 8 0 mm でありその間の差は認められない。

応力方向 1 列のボルト数によるり耐力の差異は、表一 2 でボルト数 2 本、8 本、1 0 本と数が多くなるに従ってり荷重が減少していることが認められ、表一 4 の B—2 (応力方向に 2 本) と B—1 (応力方向に 4 本) についても 4 本の継手が 2 本の継手より 1 0 % 弱り荷重が低くなっていることが分る。なお上記のそれぞれ比較した試験片は、同一鋼板から製作し、同時期に試験を行ったものである。

接触面の状況の差異によるり耐力の変化は、各表でみる如くであるが、表面処理状況に対し同じ表現をとり得るものについても相当異った値を示しているから、施工に当っては十分な注意が必要である。

これら各試験のうち、り荷重の大きな継手は、り応力が板の降伏点をこえており、この場

表-1 送り試験成績

試験片 記号	材質	表面処理	リベットまたはボルト 配置	1本当り 締付力(t)	送り荷重 (t)		送り応力 (K_g/mm^2)		送り応力/降伏点		摩擦係数	
					ピッチ 66	ピッチ110	ピッチ 66	ピッチ110	ピッチ 66	ピッチ110	ピッチ 66	ピッチ110
TP6-R	SS41	黒皮	1×2	—	9.15		7.4		0.27		—	
-1	"	"	"	0	—		—		—		—	
-2	"	"	"	15	16.76	<	13.5	<	0.49	<	0.279	<
-3	"	"	"	13.2	14.98		13.0		0.47		0.284	
-4	"	黒皮に錆	"	15	26.30	29.66	21.2	24.0	0.77	0.87	0.438	0.494
-5	"	サンド ブラスト	"	15	24.50	<	19.8	<	0.72	<	0.408	<
-6	"	"	"	13.2	< 21.58		< 18.7		< 0.68		< 0.408	
-7	"	フレーム クリーニング	"	15	17.73	19.28	14.3	15.6	0.52	0.57	0.296	0.321
-8	"	"	"	13.2	14.16	>	12.3	>	0.45	>	0.268	>
TP7-1	"	黒皮	1×4	15	34.43		15.2		0.55		0.287	
-2	"	"	"	13.2	29.00		11.8		0.43		0.275	
TP9-1	"	"	1×2	15	18.66	<	14.3	<	0.51	<	0.311	<
-2	"	"	"	13.2	15.00	<	12.2	<	0.43	<	0.284	<

表-2 入り試験成績

試験片 記号	材質	表面処理	ボルト配置	1本当り 締付力(t)	入り荷重 (t)		入り応力(Kg/mm^2)		入り応力/降伏点		摩擦係数
					ピッチ 66	ピッチ110	ピッチ 66	ピッチ110	ピッチ 66	ピッチ110	
ボルトNo1	Wellten 50	サンド ブラスト	1 × 2	15	217.5	323	6.6	9.7	0.20	0.29	0.363
No2	"	"	"	"	25.4	28.1	7.7	8.5	0.23	0.26	0.423
No3	"	"	"	"	25.15	29.35	7.6	8.8	0.23	0.27	0.419
				平均	24.1	29.2					0.402
8 B	"	"	1 × 8	"	92.3	111.3	27.8	33.5	0.84	1.01	0.385
10 B	"	"	1 × 10	"	113.5	119.8	34.2	36.1	1.04	1.09	0.378

表-3 入り試験成績(錆および接着剤)

試験片 記号	材質	表面処理	ボルト配置	1本当り 締付力(t)	入り荷重 (t)		入り応力(Kg/mm^2)		入り応力/降伏点		摩擦係数
					ピッチ 66	ピッチ110	ピッチ 66	ピッチ110	ピッチ 66	ピッチ110	
TP1-1	SS41	ショット ブラスト	1 × 2	14	37.1	35.9	35.9	34.7	1.10	1.07	0.662
-2	"	"	"	"	34.8	35.9	33.7	34.7	1.04	1.07	0.621
-3	"	"	"	"	35.8	35.9	34.6	34.6	1.06	1.07	0.639
TP2-1	"	ショットブラ ストに錆	"	"	37.1	36.0	35.9	34.7	1.10	1.07	0.662
-2	"	"	"	"	35.9	36.0	34.7	34.9	1.07	1.07	0.641
-3	"	"	"	"	35.1	35.9	34.0	34.0	1.05	1.07	0.626
TP3-1	"	ショットブラ ストに接着剤	"	"	37.8	38.5	36.6	37.2	1.13	1.15	0.675
-2	"	"	"	"	39.8	38.5	38.5	37.2	1.19	1.15	0.710
-3	"	"	"	"	37.8	38.5	37.6	37.6	1.13	1.15	0.675

表一4 疲労試験片の応り荷重

試験片 種別	記号	材 質	表面処理	リベットまたはボルト 配 置	1本当り 締付力(t)	応り荷重 (t)			応り応力 (kg/mm^2)			摩 擦 係 数		
						最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均
リベ ツ ト	R-1	SS41	黒 皮	2 × 2	—	22.5	29.0	25.4	15.6	20.2	17.7	—	—	—
	R-2	SS41	"	1 × 4	—	20.5	22.0	21.1	14.1	15.2	14.5	—	—	—
	R-3 ¹⁾	Wellten50	"	"	—	19.0	28.0	24.6	13.8	20.0	17.7	—	—	—
	R-4 ¹⁾	Wellcon2H	サンドブラスト	1 × 2	—	6.0	6.2	6.1	10.0	10.3	10.2	—	—	—
ボ ルト	B-2	SS41	黒 皮	2 × 2	13	28.0	36.4	31.8	19.5	25.4	22.3	0.270	0.350	0.306
	B-5 ²⁾	"	アマニ油 ³⁾	"	"	9.5	18.2	14.7	6.8	13.0	10.4	0.091	0.175	0.141
	B-6 ²⁾	"	メタリゴン	"	"	(35.2)	(40.8)		(25.0)	(29.0)				
	B-1	SS41	黒 皮	1 × 4	13	25.4	32.7	30.4	17.7	22.8	21.0	0.244	0.315	0.280
ボ ルト	B-3	"	アマニ油 ³⁾	"	"	6.0	8.0	6.6	5.0	6.6	5.5	0.058	0.077	0.064
	B-4	"	エナメル ³⁾	"	"	18.0	29.0	22.5	15.0	24.0	18.5	0.173	0.279	0.216
	B-7 ¹⁾	"	フレーム クリーニング	"	18	22.5	31.0	22.7	16.1	22.0	16.5	0.156	0.216	0.189
	B-8 ²⁾	Wellten50	"	"	"	(32.9)	(43.1)		(24.0)	(31.0)				
ボ ルト	B-9 ¹⁾	Wellcon2H	サンドブラスト	1 × 2	15	23.7	34.6	30.6	39.4	57.6	50.8	0.395	0.577	0.510
	B-10 ¹⁾	"	同上 接 着 剤	"	"	35.5	35.7	35.6	58.9	59.2	59.1	0.772	0.776	0.774

注 1) 疲労試験片と同形の試験片2本に対する静的試験より求めた値

2) 疲労試験の荷重範囲では応りを生じなかったため、参考までに括弧内に試験荷重を記入した。

3) 材片間の応り量が0.1 mmになったときの荷重を応り荷重とした。

合は板厚の減少が考えられるので、それに基づきボルト締付力が減少し、摩擦耐力が低下しているものがあるであろうことが考えられる。表-3のTP3、表-4のB-10は、ショットブラストまたはサンドブラストをかけた接触面に合成樹脂接着剤を塗布して締付けた継手であるが、送り応力は母材の降伏点の105~120%であり、上記の理由で、接着剤を用いて締付けた面の送り強度が最高値まで発揮されたとは考えられない。

表-4において、荷重の小さい範囲から既に送り量の大きいアミノ油塗布およびエナメル塗布の送り荷重を送り量0.1mmの荷重としたのは、リベット継手で試験に際しこの程度の送りが生じていたため、それと同程度の送りを限度と考えたものである。

3. 応 力 分 布

図-5は、ボルト継手の応力分布で、添接板表面およびボルト孔側縁で測った歪にヤング係数 $E=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ を乗じて応力に換算したものである。Eの値は比例限を超えれば変化するわけであるが、図はEを一定として示した。図の中で、測点間の応力を結んだ線が一定値で切れているが、応力の上限を板の降伏点として示したものである。ボルト数は、図-5.1、-5.2は応力方向に2本、図-5.3は4本、

図-5.4は10本の継手である。図-5.1および2は同形の継手で、ボルト締付力0のTP6-1に比しボルト締付力15tのTP6-5は、孔のまわりの応力集中が小さく、板の許容荷重15tでは未だ降伏点に達していない。図-5.3のTP7-1も板の許容荷重30tでは、孔の側縁応力は降伏点に到らない。しかし、応力方向のボルト数が多くなるにつれて長さ方向の応力不均一は大きくなり、端部材片間の送りも大になるので、継手横方向の応力分布は、応力集中度が大になる傾向が認められ、図-5.4の10本ボルトの継手では、

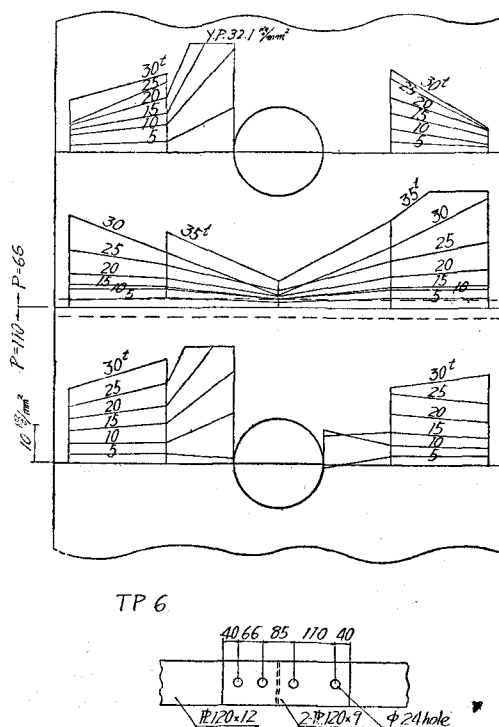


図-5.1 応力分布 TP6-1, 黒皮, N=0

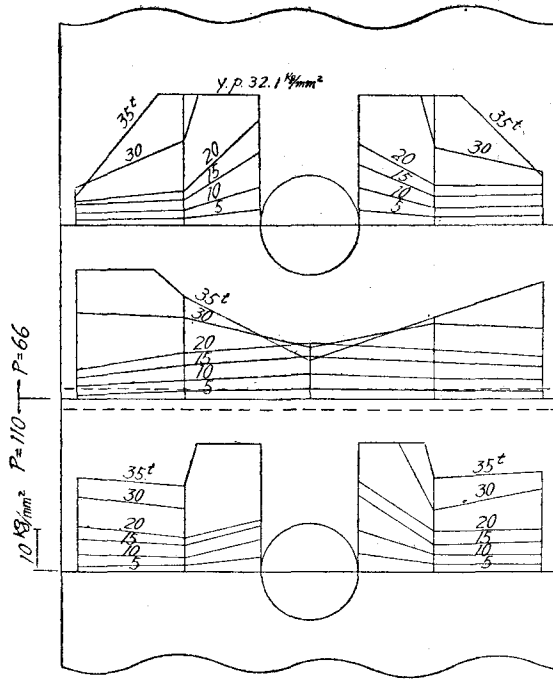
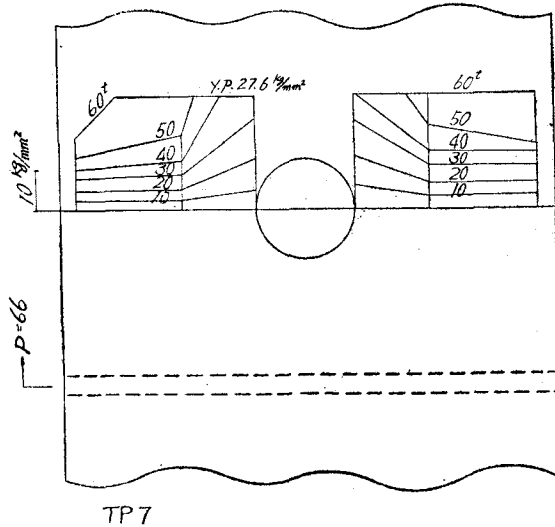


図 5.2 応力分布
TP6-5、サンドブラスト、N=15t



TP7
40 3@66-198 85 3@110-330 40
φ120×25 φ120×12 φ24 hole
図 5.3 応力分布

TP7-1、黒皮、N=15t

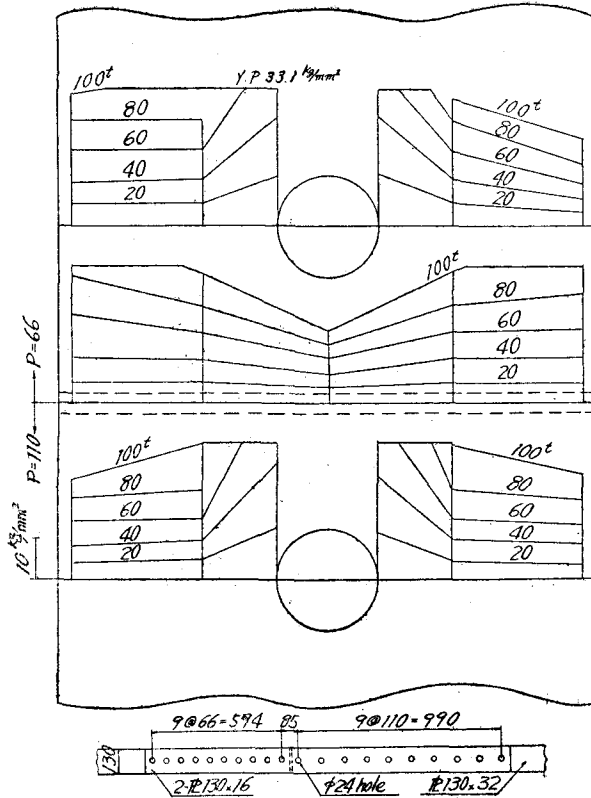


図-5.4 応力分布
10 B、サンドブラスト、締付力15 t

板の許容荷重 60 t で既に孔の側縁の応力は降伏点をこえている。

表-5 は、応力分布図から求めた測定平均応力（純断面について）と荷重から計算した計算平均応力との比較を示したものである。ボルト 2 本、 $A_n/A_g = 0.8$ の継手では、はり荷重の範囲で σ/σ_g は 1.0 以下である。しかし、同じ 2 本ボルトの継手でも、 $A_n/A_g = 0.7$ になると、 σ/σ_g は 1.20 となっている。また、ボルト 4 本、10 本の継手では σ/σ_g は漸次大になり、板の許容荷重の範囲で σ/σ_g は 1.0 をやや超えるようになり、10 本のものはその程度が大で、板の降伏荷重に近くなると σ/σ_n が 1.0 に近くなっている。これらの数値は、 E を一定として換算したこと、測点間の応力を直線で結んだ応力分布図より求めていること、応力の上限を降伏点でおさえていること等により正確なものとはいえないが、摩擦継手の応力性状の、孔控除率およびボルト数に關しての傾向を示しているものといえる。

表-5 測定平均応力と計算平均応力の比較

試験片	A_n/A_g ¹⁾	ボルト 配 置	ボルト ピッチ (mm)	迂り荷重 (t)	荷 重 (t)	測定平均応力 σ (Kg/mm ²)	σ/σ_g ²⁾	σ/σ_n ³⁾
TP6-4	0.80	1×2	66	26.3	15	9.6	0.99	0.80
					30	20.7	1.07	0.86
TP6-5	0.80	1×2	66	24.5	15	9.1	0.94	0.75
					30	21.2	1.09	0.88
			110	24.5<	15	9.8	1.01	0.81
TP6-8	0.80	1×2	66	14.16	15	7.8	0.75	0.60
					15	6.8	0.65	0.52
			110	14.16>	30	21.1	1.01	0.81
TP7-1	0.80	1×4	66	34.43	20	6.8	0.97	0.78
					25	8.9	1.01	0.81
					30	11.2	1.05	0.84
					50	20.3	1.15	0.92
TP9-1	0.70	1×2	66	18.66	15	9.7	1.20	0.84
10B	0.815	1×10	66	113.5	60	17.2	1.17	0.95
					80	23.8	1.21	0.99
					100	29.8	1.21	0.99
			110	119.8	60	15.8	1.07	0.88
					80	22.4	1.14	0.93
					100	29.4	1.20	0.97

注 1) 純断面積／総断面積

2) σ_g : 総断面についての計算平均応力

3) σ_n : 純断面についての計算平均応力

表-6 疲労試験結果

試験片 種別	記号	リベット またはボ ルト 配置	材 質	表面処理	200万回実験強 さ(純断面につき) kg/mm ²		200万回強さ (純断面につき) kg/mm ²		200万 回強さと 降伏点と の比	素材200 万回強さ との比
					上限	下限	片振	両振		
リ ベ ッ ト	R-1	2×2	SS41	黒皮	22	2	20		0.84	0.87
	R-2	1×4	SS41	黒皮	17	2	15		0.63	0.65
	R-3	"	Welten 50	黒皮	15	2	13		0.38	0.46
	1)	1×2	Welten 50	黒皮	15.2	0	15.2		0.46	0.53
	R-4	1×2	Welcon2H	サンド ブラスト	21.5	0	21.5		0.37	0.81
ボ ル ト	B-2	2×2	SS41	黒皮	25	2	23		0.97	1.00
	B-2	"	"	"	14	-14		±14	0.59	0.61
	B-5	"	"	アamani油	20	2	18		0.62	0.78
	B-6	"	"	メタリコン	25	2	23		0.80	1.00
	B-1	1×4	SS41	黒皮	23	2	21		0.88	0.91
	B-1	"	"	"	11	-11		±11	0.46	0.48
	B-3	"	"	アamani油	15	2	13		0.45	0.57
	B-4	"	"	エナメル	19.5	2	17.5		0.61	0.76
	B-7	"	"	フレーム クリーニング	24	2	22		0.76	0.96
	B-8	"	Welten 50	"	23	2	21		0.61	0.74
素 材 お よ び 有 孔 板	B-9	1×2	Welcon2H	サンド ブラスト	26.5	0	26.5		0.45	1.00
	B-10	"	"	接着剤	26.5	0	26.5		0.45	1.00
	P-1	素 材	SS41	黒皮	25	2	23		0.80	
	1)	"	Welten 50	"	28.5	0	28.5		0.87	
	P-2	"	Welcon2H	"	26.5	0	26.5		0.45	
	S-1	有孔板	SS41	"	14	2	12		0.42	0.52
	S-2	リベット締	"	"	14	2	12		0.42	0.52
	S-3	ボルト締	"	"	18	2	16		0.55	0.70

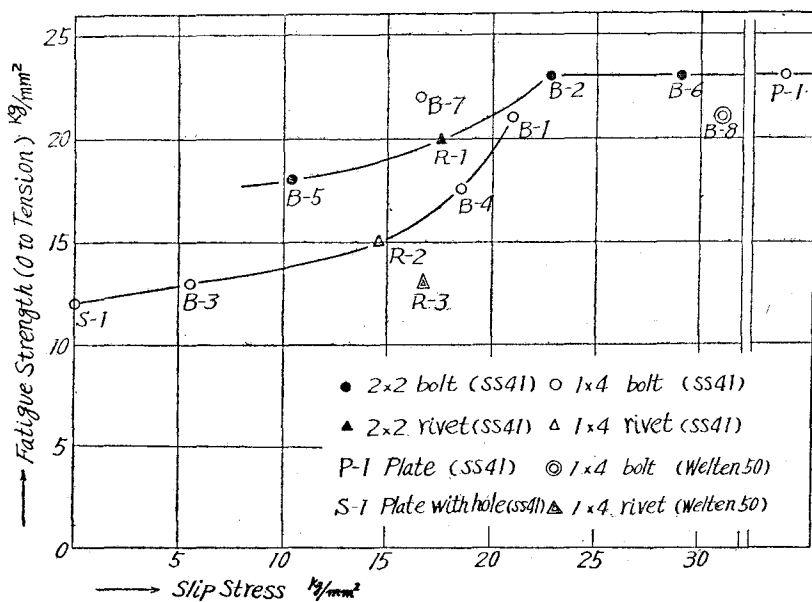
注 1) 高張力鋼鉄道橋研究委員会資料 No. 75 京都大学小西教授に試験を依頼したもの。

4. 疲 勞 強 度

SS41、Welten50、Welcon2H に対する素材、リベット継手およびボルト継手の疲労試験結果を表一6に示す。応力はすべて純断面について計算した値である。

リベット継手、ボルト継手とも1列の数が多い方が疲労強度が低いことは、長さ方向の応力の不均一、前記の応力分布のデータ等からもうなづける。

また、SS41のリベット継手よりWelten 50 のものの方が2本リベット、4本リベットいずれの場合も疲労強度が小さく、2H鋼素材はWelten50 よりやや小さい値となり、静的強さが大きなものも、疲労強度は必ずしも大ではないから、疲労の影響を考慮する必要のある構造物には設計に当って注意を要する。



図一6 片振疲労強度と応力関係

図一6は、片振疲労強度と応力（表一4参照）との関係を図示したもので、応力が大になると疲労強度が大になることが分る。

図一7は、2H鋼の素材および継手のS-N曲線である。SV41リベットを使用した継手の疲労強度は、素材の81%に低下している。ボルト継手および接着剤を併用したボルト継手の静的荷重に対する応力は、表一4に示した如く母材の降伏点近く、或はやや高い値を示したが、動荷重に対し、金属接触面をもつボルト継手では荷重27.5t、応力45.5 kg/mm^2 で繰

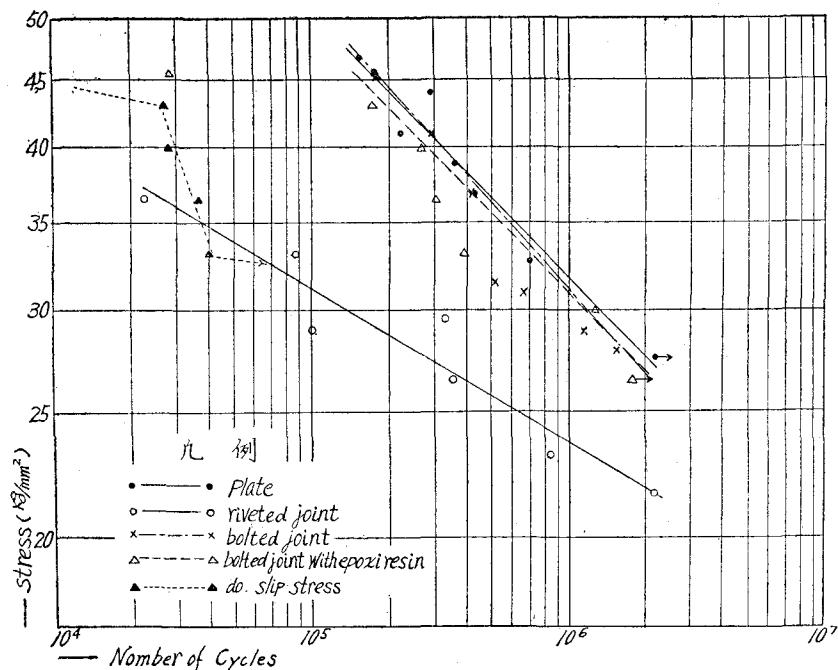


図-7 2H鋼素材及び継手のS-N曲線

返し数200回で継手が切り、破断までの繰返し数が少かった1例を除き、以下の荷重では試験中継手の切りは生じなかった。しかし、接着剤を併用した継手においては、応力 33 kg/mm^2 以上の試験では試験中に切りが生じ、応力 30 kg/mm^2 以下の試験では破断まで切りは生ぜず、この両範囲で、S-N曲線の傾斜が異なるように考えられる。しかし、200万回片振疲労強度としては、ボルト継手および接着剤を併用したボルト継手ともにリベット継手より高く、両者の強度はほぼ同じで、素材の疲労強度と同等の強さを示している。

なお上記の疲労試験で、試験片の破断はすべて母材からである。

5. む す び

上記の実験を行うに当っては、国鉄技術研究所構造物研究室多田室長、伊藤技師をはじめ、構造物研究室、物理試験研究室の各氏、東大奥村教授の御指導により36年卒業の石川二郎君（現在八幡製鉄）、石川島播磨重工技術研究所、横河橋梁、松尾橋梁、三菱造船広島造船所の研究室内の各氏の御協力によったことを記し感謝の意を表す。なお、試験費の一部は文部省科学研究費によったものである。