

運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

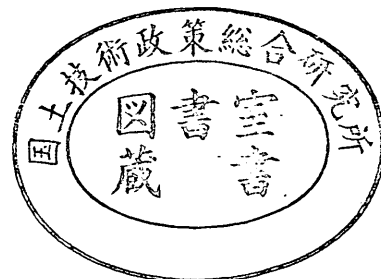
REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 7

NO. 3

SEPT. 1968

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告は第7巻第1号より年4回定期的に刊行する。ただし第1巻から第6巻および欧文編第1号から第15号までは下記のとおり不定期に刊行された。報告の入手を希望する方は論文番号を明記して港湾技術研究所長に申し込んで下さい。

和文篇 (Japanese Edition)

- Vol. 1. No. 1 (1963)
- Vol. 2. Nos. 1~3 (1963~1964)
- Vol. 3. Nos. 1~7 (1964)
- Vol. 4. Nos. 1~11 (1965)
- Vol. 5. Nos. 1~15 (1966)
- Vol. 6. Nos. 1~8 (1967)

欧文篇 (English Edition)

- Report Nos. 1~15 (1963~1967)

The Report of the Port and Harbour Research Institute is published quarterly, either in Japanese or in occidental languages. The title and synopsis are given both in Japanese and in occidental languages.

The report prior to the seventh volume were published in two series in Japanese and English as listed above.

The copies of the Report are distributed to the agencies interested on the basis of mutual exchange of technical publication.

Inquiries relating to the Report should be addressed to the director of the Institute specifying the numbers of papers in concern.

港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I.)

第7巻 第3号 (Vol. 7, No. 3), 1968年9月 (Sept. 1968)

目 次 (CONTENTS)

1. “Apparent Coefficient of Partial Reflection of Finite Amplitude Waves”
.....Yoshimi GODA and Yoshiki ABE..... 3
(有限振幅波の反射に伴う見掛けの反射率について.....合田良実・阿部淑輝)
2. Use of Natural Radioactive Tracers for the Estimation of Sources
and Direction of Sand Drift..... Shoji SATO and Isao IRIE..... 59
(漂砂の供給源, 卓越方向の推定への天然放射性トレーサーの利用について
.....佐藤昭二・入江 功)
3. 鹿島港ドライドックの施工法に関する調査研究 (続報)
..... 赤塚雄三・太田充夫・忽谷 実・鈴木 功..... 95
(Investigation on Dry Dock Construction at Port Kashima (Supplement)
..... Yuzo AKATSUKA, Mitsuo OHTA, Minoru SOYA and Isao SUZUKI)
4. 高張力タイロッドの実験的研究赤塚雄三・浅岡邦一.....135
(Experimental Studies on High Strength Tie Rod
..... Yuzo AKATSUKA and Kuniichi ASAOKA)
5. エゼクタと渦巻ポンプの直列運転性能について …守口照明・藤井喜一郎.....169
(On the Series Operation Efficiency of Ejector and Centrifugal Pump
..... Teruaki MORIGUCHI and Kiichiro FUJII)

4. 高張力タイロッドの実験的研究

赤塚雄三*・浅岡邦一**

要 旨

高張力タイロッドを取上げ、本体のねじ部とリング部、リングジョイントのプレートとピン、自在ターンバックルのプレートと自在ピンおよびターンバックル、等の主要な構成要素について、引張荷重と曲げモーメントないし引張荷重のみを受けるときの破断試験を実施して、これらの部材の材質と諸元がその破断特性におよぼす影響を調査した。さらに、地中に埋込まれたタイロッドの荷重条件を明らかにするために施工例調査を行ない、高張力タイロッドの典型的な破断例を示した。

以上の実験と調査の結果に基づいて在来のタイロッド設計方法に検討を加え、改善すべき諸点を指摘して改善案を示した。

* 構造部 材料施工研究室長

** 構造部材料施工研究室

4. Experimental Studies on High Strength Tie Rod

Yuzo AKATSUKA*
Kuniichi ASAOKA**

Synopsis

Experimental studies were made on the strength properties of the main elements of high strength tie rod such as the threaded and ring parts of rod, the plates and pins of ring joint, the plate and universal pins of universal turnbuckle joint which had functions of turnbuckle and ring joint, and turnbuckle subjected to tension and bending moment or tension alone. Also the field investigation was made to study the actual loading conditions of the tie rods buried in the soil and typical cases of failure of high strength tie rods were introduced.

Based on the results of laboratory and field investigation, the conventional method of design for the tie rod elements were discussed and recommendations were presented to improve it on several points.

* Dr. Eng., Chief, Materials Laboratory, Structures Division

** Member, Materials Laboratory, Structures Division

目 次

要 旨	135
1. 要 目	139
2. タイロッドの設計方法とその問題点	139
2-1 現行設計方法の基本的な考え方	139
2-2 既往の事故例	139
2-3 既往の研究と問題点	144
3. 本体棒径部の曲げ引張り試験	146
3-1 概 説	146
3-2 試験片の製作	146
3-3 試験方法	146
3-4 試験結果	147
3-5 結果の検討	149
4. ジョイントピンの破壊試験	153
4-1 概 説	153
4-2 試験片の製作	153
4-3 試験方法	153
4-4 試験結果	154
4-5 結果の検討	154
5. 本体リング部およびリングプレートの破壊試験	158
5-1 概 説	158
5-2 試験片の製作	159
5-3 試験方法	159
5-4 試験結果	162
5-5 結果の検討	162
6. ターンバックルの破壊試験	165
6-1 概 説	165
6-2 試験片の製作	165
6-3 試験方法	165
6-4 試験結果	166
6-5 結果の検討	166
7. 結 論	166
参考文献	167

1. まえがき

鋼矢板岸壁や護岸の定着に用いるタイロッドは一般に単純な引張材として設計されているが、実際には鋼矢板に対して若干傾斜して定着される場合が多く、また、施工時には垂直に定着されても矢板や控え壁の不等沈下あるいは裏込材の沈下等によって、タイロッドが矢板に対して傾いた状態になることも珍らしくない。このような状態ではタイロッドの定着部は引張荷重とともに曲げ荷重をも同時に受けることになり、これが原因で破断した例もあり、特に高張力タイロッドは概して伸びが小さく事故例も少なくない。

また、タイロッドはその棒径部こそ単純な形状を備えているが、図-22、23 に示したように定着部、リングジョイント、ターンバックル等のように棒径部とは著しく異なる形状の部材の組合わせによって成立つものであり、これらの部材の設計方法については統一性を欠き、従来は部材の形状や寸法も製造会社によって著しく相違していたのが実情である。この点について最近漸く部材の形状寸法の標準化の必要性が認識され、これに応じて設計方法もかなり単純化された形で統一される機運にあるが、このことは必ずしも問題点が十分に解明されたことを意味するものではない。

そこで、港湾工事で需要の増加している高張力タイロッドを主として取上げ、一連の試験を行なって定着部の曲げ引張特性のほかリングジョイントのプレートとリング部、自在ターンバックルのジョイントピン、ターンバックル等の部材の破断特性を調査してその設計方法を検討した。

2. タイロッドの設計方法とその問題点

2-1 現行設計方法の基本的な考え方

従来の設計方法¹⁾ではタイロッドを次のようなタイロッド張力を受ける単純な引張部材として設計されていた。すなわち、矢板をタイロッド取付け位置(図-2-1のA点)および海底面(図-2-1のB点)に支点をもつ海底面より上だけの単純ばりと仮想し、これに海底面より上の土圧および残留水圧が作用するときのほりの支点反力を計算し、タイロッド取付け点の反力値を以てタイロッド張力とする。さらにタイロッド鋼材の許容応力度としてはSS41材もしくはSM41材に対して、地震を考慮しない場合 900 kg/cm^2 、耐震設計とする場合 $1,400 \text{ kg/cm}^2$ を採用していた。

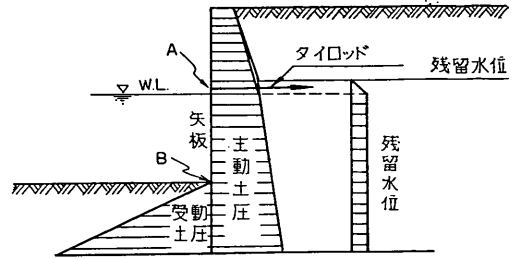


図-2-1 矢板式けい船岸の場合の矢板にかかる土圧と残留水圧

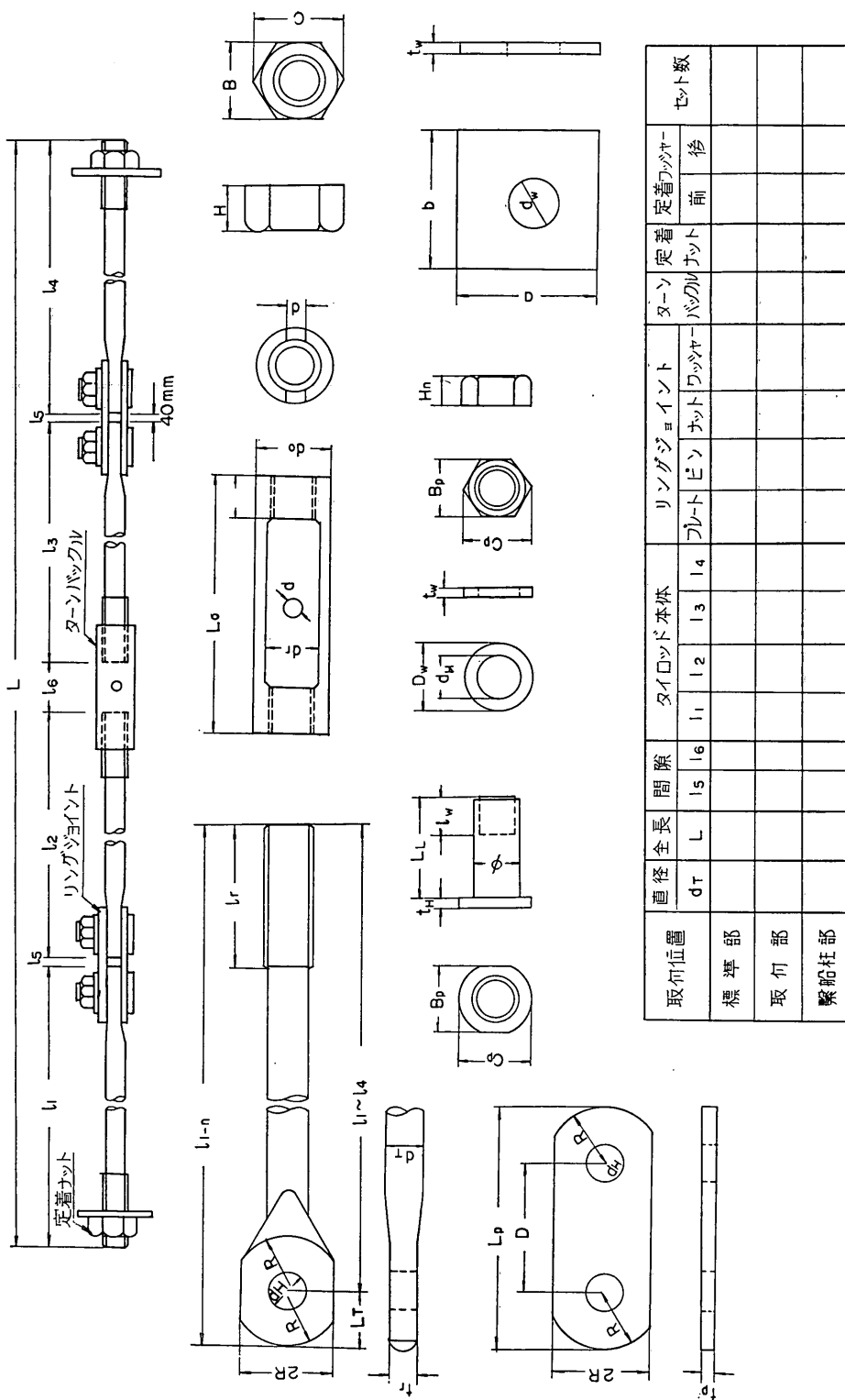
上述のような考え方は基本的には現行の設計方法²⁾にも引継がれている。現行の設計方法では、けい船柱付近のタイロッドの張力に関する考え方を明示したこと、タイロッドの許容引張応力度を、常時は保証降伏点応力度の40%以下、異常時は60%以下に規定し、さらに3号試験片による伸びが18%以上の鋼材を用いることを明記したこと、タイロッドの引張応力度の計算には腐食代を除いた断面を用いることを明記したこと、等の諸点が在来の方法と異なる点である。

鋼矢板施工基準³⁾では上述の規定を承けてタイロッド各部寸法の算定要領を定めている。図-2-2~2-3 参照。すなわち、本体リング部、ジョイントプレートのリング部、ターンバックル等の各部については腐食代を除いた断面の破断強度が本体棒径部のそれと同等以上であること、本体ネジ部とジョイントピンの破断強度が本体棒径部のそれと同等以上であること、破断強度の計算には引張強度の規格値を用いること、などである。

以上の現行設計方法の考え方を要約すると、タイロッドの主要部分である本体棒径部については作用応力を弾性限界内に止める弾性設計法に基づき、タイロッド各部については各が棒径部より以前に破断しないことを保証することを条件として破壊荷重を用いる極限設計法に基づいているといえる。

2-2 既往の事故例

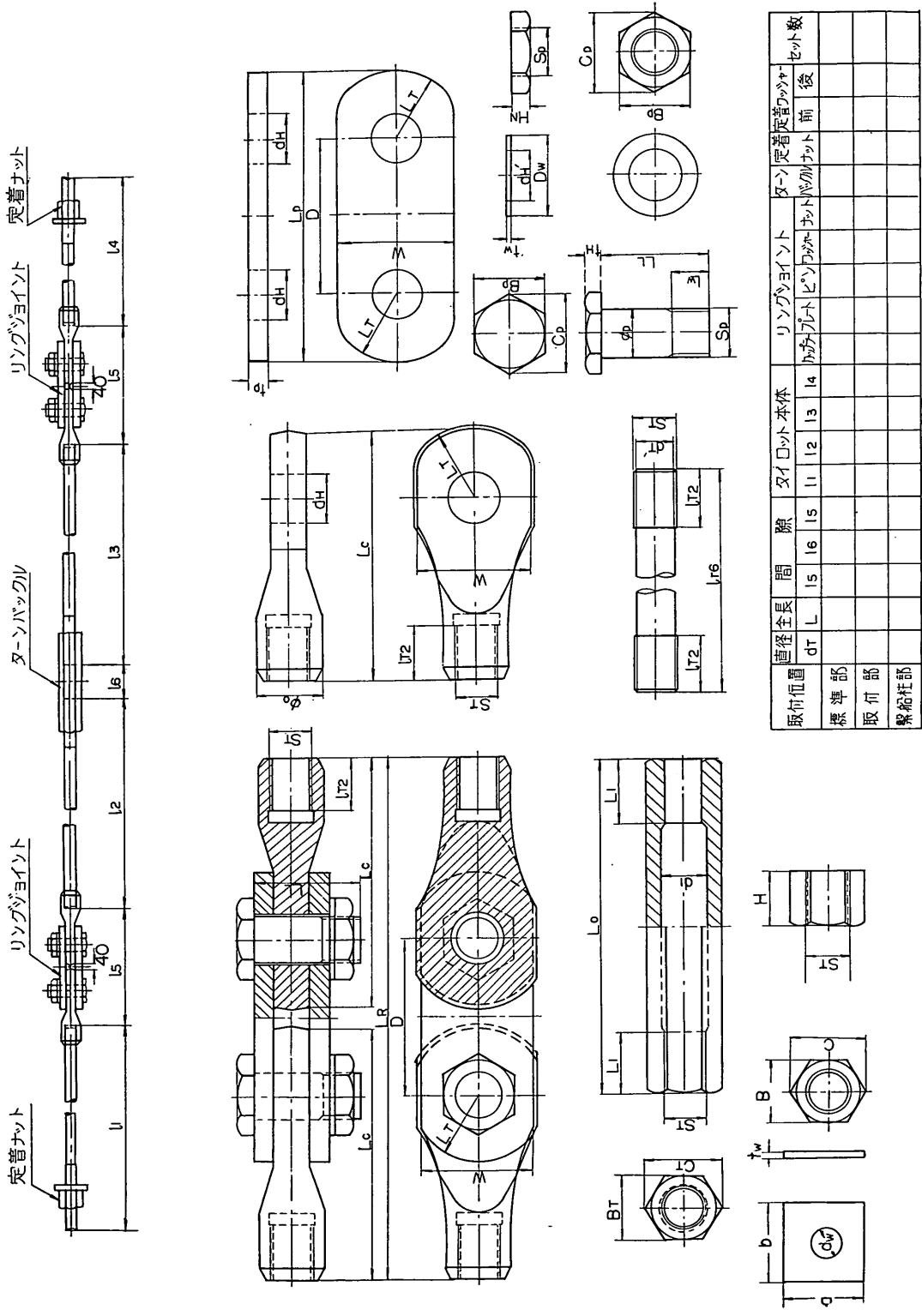
水深の大きい大型鋼矢板壁の場合にはタイロッドも当然大型化するが、運搬や作業機械の導入が困難な施工現場では大型化に応じてタイロッドの取付けや締付け作業も著しく困難となる。高張力タイロッドはこのような背景の下でタイロッドの軽量化と経済性の向上を目的として開発され、施工例も急速に増加して、ある時期においては、保証引張強度 90 kg/mm^2 、保証降伏点 65 kg/mm^2 程度のもも使用されるに至った。



取付位置	直径		全長		間隙		タイロッド本体				リングジョイント		定着ワッシャー		セット数
	dT		L		l5	l6	l1	l2	l3	l4	フルートピン	ワッシャー	前	後	
標準部															
取付部															
緊締柱部															

図-2-2 タイロッド組立図および各部寸法図 (アブセット方式)

高張力タイロッドの実験的研究



取付位置	直径全長	間隙	タイロッド本体	リングジョイント	タームバックル	定着定着ナット	セット数			
標準部	dT	L	L5	L6	L1	L2	L3	L4	前	後
取付部										
繫船柱部										

図-2-3 タイロッド組立図および各部寸法図 (転造ねじ嵌合方式)

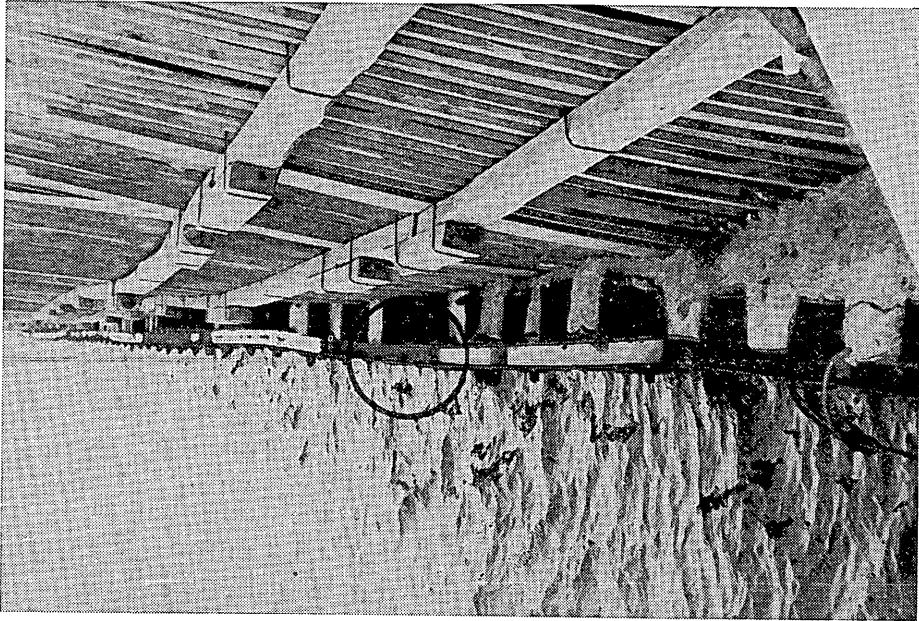


図-2-4 タイロッド破断事故例 (A港)
○印部の定着ナットが消失している。

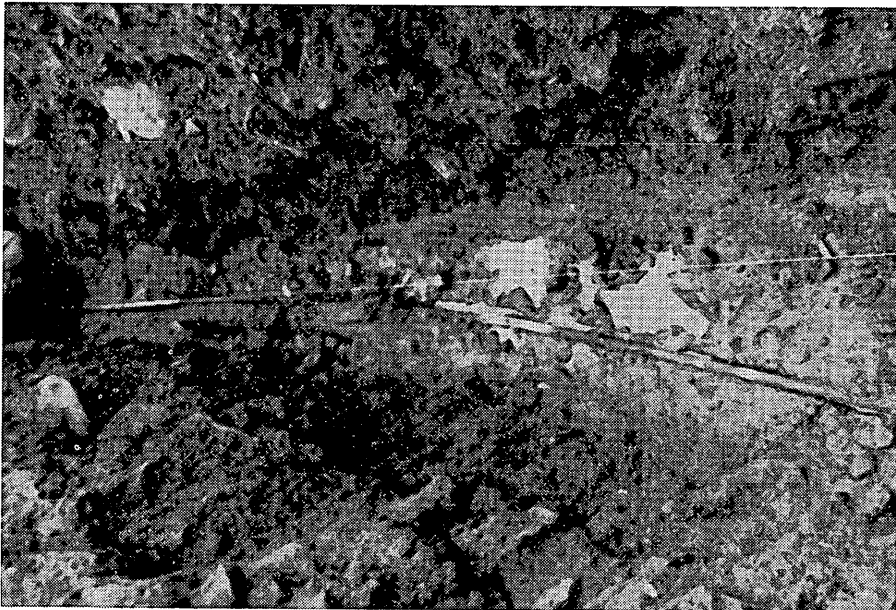


図-2-5 タイロッド破断事故例 (O港)
破断したタイロッドの彎曲状況



図-2-6 タイロッド破断事故例（〇港）
破断したタイロッドの取付部の状況



図-2-7 タイロッド破断事故例（A港）
破断したタイロッドの彎曲状況

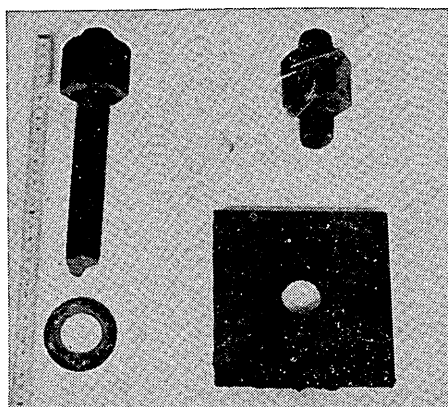


図-2-8 タイロッド破断事故例
海底より回収された破断個所の定着ネジ部分

これに伴ってSS41材ないしこれに相当する材質のタイロッドのみが使用されていた時期には経験されなかったような破断事故も続出した。図-2-4～2-8はこの種の破断事故の生じた施工例におけるタイロッドの取付状態や彎曲状態、破断部分等を示している。これらの事故の原因の究明は破断個所の状況を確認し、その状況を実験的に再現した破断試験を行なう間接的方法によらざるを得ず、真の原因を断定し得ない場合もある。しかし、関連した調査資料を要約するといずれの事故にもほぼ共通した現象が認められる。すなわち、

- (1) タイロッドの材質は、保証降伏点 50 kg/mm^2 以上、引張強度 70 kg/mm^2 以上、伸び 18% 程度の級の高張力鋼である。
- (2) リングジョイントは定着部からかなり離れた点に設けられ、定着部に曲げが作用するのを阻止する機能を果していない。
- (3) 本体ネジ部で定着され、この部分にかなりの曲げが作用したと推定される。破断した部材の変形状況から推定して破断時には $5 \sim 15^\circ$ 程度の曲げ変形が生じて

いたと推定される。

事故例は上述の定着部におけるもののほか、タイロッド締付け作業中の嵌合部の不整とかジョイントピンの破断例もないわけではないが、これらは主として製作上の欠陥によるものであり、タイロッド設計方法上の問題とはならないのが普通である。また、定着部分以外の破断の場合にはこれが矢板壁の前傾等の現象を伴なわぬ限り、外見上把握できないのが普通である。

前述のような事故例が続いて発生した結果、極端に高張力のタイロッドは次第に用いられなくなり、たとえば表-2-1、2-2 に示した1966年度直轄港湾工事における施工例の集計結果からも明らかのように、いわゆるセミハイテン程度までのものが高張力タイロッドとして用いられるようになった。また、定着方法も改善され、リングジョイントを定着部にできるだけ接近せしめ、施工可能な限り、図-2-9のように、定着部とリングジョイント間を短縮し、リングジョイントの定着側半分を上部工コンクリートないし控え版コンクリートに埋込み、定着部に曲げが作用しないようにする方法が推奨されている。

2-3 既往の研究と問題点

タイロッドはその構成上、本体棒径部、本体ねじ部、本体リング部、ジョイントプレート、ジョイントピン、ターンバックル、等の各部より成るが、これら各部の設計はこれらと類似した形状と機能をもつ機械要素に関する研究に基づいて行なわれていたものようである。

たとえば、本体リング部ないしジョイントプレートリング部の作用荷重下の応力分布はローラーチェーンのリングプレートのそれとほぼ同等のものと考えることができ、これらに関する研究の成果⁴⁾はそのままタイロッドのリング部の応力分布に置き換えることもできよう。本体ねじ部やジョイントピン、あるいはターンバックル等についても同様であって、いずれも一般的な機械要素ないし部材であり、それぞれの機械要素に関する研究成

表-2-1 直轄港湾工事におけるタイロッド使用状況

(1966年3月～1967年8月)

種類	$\phi(\text{mm})$	32	36	38	42	44	46	48	50	52	55	60	65	計	
		SS41材	セット数	42	—	—	162	211	6	20	240	18	198		86
		件数	2	—	—	3	2	1	2	4	1	6	1	—	22
ハイテン材	セット数	—	159	71	133	—	185	39	—	832	148	—	—	1567	
	件数	—	4	4	2	—	4	1	—	8	4	5	5	34	

注) 北海道開発局管内の工事は除く。

高張力タイロッドの実験的研究

表-2-2 1966年度直轄港湾工事に用いられたタイロッドの材質と種別

タイロッド材質	タイロッド製造工程種別	ネジ部製造工程種別	施 工 例
SS 41 材	アプセット鍛造	切 削	青森港, 八戸港
	フラッシュバット溶接	"	留萌港
	SS 41 材鋼棒を切削加工	"	苫小牧港
降伏点強度 45 kg/mm ² 引張強度 70 kg/mm ² 伸 び 18% } 以上	アプセット鍛造	"	京浜港, 秋田港, 小名浜港
	"	転 造	八代港
	フラッシュバット溶接	切 削	苫小牧港
降伏点強度 48 kg/mm ² 引張強度 75 kg/mm ² 伸 び 18% } 以上	"	"	鹿児島港, 境港
降伏点強度 50 kg/mm ² 引張強度 75 kg/mm ² 伸 び 20% } 以上	"	"	尼崎港, 苫小牧港

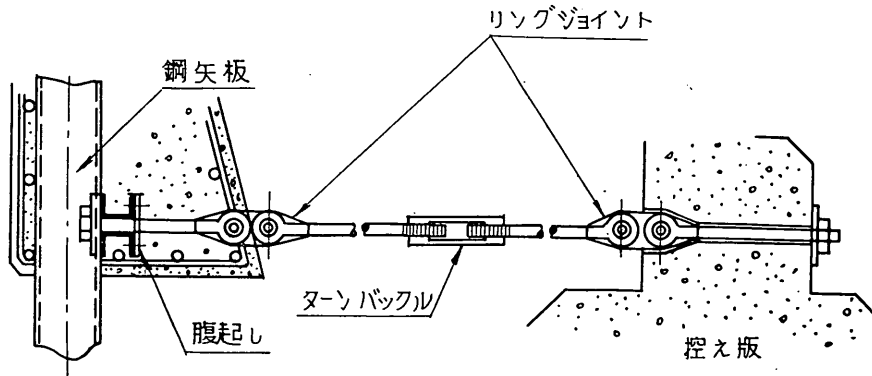


図-2-9 タイロッドの望ましい定着法

果ないし設計方法に基づいて設計することは可能であり、従来の設計は主としてこのようにして行なわれていたものようである。

しかし、このように設計された構成要素がタイロッドとして組合わされ、使用条件下に置かれた場合、設計において想定した条件を満足するか否かは別の問題である。上述のような観点から、それぞれの構成要素と共に組合わせ部材に関する実物大試験片の破断試験を伴う開発研究が各メーカーの手で行なわれ、たとえば、神戸製鋼、三菱製鋼、住友電工等の主要メーカーからはかなり詳細な研究成果が出されているが、残念ながら組織的な研究成果として公開されるには至っていない。

機械要素に関する前述のような既往の研究をタイロッド

に適用する場合、荷重条件の相違が大きな影響をおよぼす。たとえば、リング部の応力分布に関する在来の研究はいずれも二次元応力の理論的ないし実験的応力解析を主とするものであるが、素材が弾性体であることを前提としている。しかし、タイロッドの設計ではむしろ弾性限界を越え、塑性領域における破断強度が問題となり、この状態では応力分布の平均化がかなり進行していると考えるのが妥当であって弾性体の応力分布の解析結果をそのまま適用する場合過大設計となる可能性が大きい。

本体棒径部やねじ部についても同様のことがいえる。現行の設計方法ではこれらはいずれも腐食代を除いた断面の応力度が常時および地震時に弾性限度内に設定され

た許容応力度以下となるように設計されている。しかし定着部付近ではこれらの部材にかなりの曲げが作用する場合が多く、わずかな曲げを受けるのみでその断面の一部が塑性化することはすでに明らかにされており⁹⁾、上述のような弾性設計方法の適用性は疑問である。

以上のほか、ねじの製造方法に関して、転造ねじの強度が切削ねじのそれより大きいとする説⁹⁾や転造ねじの有効径を用いて応力計算を行なう PC 鋼棒の設計方法¹⁰⁾もあり、またねじの耐食性に関して、転造ねじには残留応力が存在し、応力腐食を起し易いとする実験結果が報告¹¹⁾されるなど、今後の研究に埃つづき問題も少なくない。

本研究は上述の問題点の幾つかについて実験を行ない、その結果に基づいてタイロッドの設計方法を論じたものである。ただし、耐食性に関しては触れず、また、設計方法の検討に際しても腐食代については考慮しなかった。

3. 本体棒径部の曲げ引張り試験

3-1 概 説

タイロッドの棒径部は一般に単純な引張材として設計されているが、実際には鋼矢板に対して若干傾斜して定着される場合が多い。また、施工時には垂直に定着されても、矢板や控え壁の不等沈下あるいは裏込材の沈下等によって、タイロッドが矢板に対して傾いた状態になることも珍らしくない。このような状態ではタイロッドの定着部は引張荷重と共に曲げ荷重をも同時に受けることになり、前述のごとくこれが原因で破断した例があり、特に高張力タイロッドは既して伸びが小さく事故例も少なくない。そこで、定着部において引張荷重のみでなく曲げ荷重も作用するような曲げ引張試験を行ない、これが定着部の強度におよぼす影響について調査した。

3.2 試験片の製作

タイロッド試験片の素材 N 材および D 材は、それぞれ A, B 両製鋼会社の高張力鋼タイロッド用として開発されたもので、他に比較材として、SS41 材を用いた。これらの材質試験結果は、表-3-1 に示したとおりで、N 材および D 材の保証降伏点は、それぞれ 45 kg/mm² および 50 kg/mm² である。

試験片は、いずれも $\phi 32$ mm の丸棒素材（圧延のまま）を用い、その両端部を $\phi 39$ mm にアブセット加工したのち焼準し、次いで所要寸法のねじを切削した。転造ねじの場合には、一度アブセット加工した部分を所要寸法まで削り落してからねじを転造したが、これは切削ねじとの比較のため、熱処理条件を一定とするためである。焼準条件は、N 材については 880°C×90 min、D 材については 870°C×40 min である。

ねじは、タイロッドに一般に用いられている JIS ウィット並目ねじとし、呼び径を 1 $\frac{1}{4}$ 、1 $\frac{3}{8}$ 、1 $\frac{1}{2}$ in. の 3 種に変えて、その影響をも調べた。また、転造ねじと切削ねじとを比較するため、N 材については 1 $\frac{1}{4}$ in. を、D 材と SS41 材については 1 $\frac{3}{8}$ in. を転造ねじとし、残りを切削ねじとした。

ねじの諸元を表-3-2、タイロッドの材質とねじの種類および呼び径の各グループごとの素材の試験結果を表-3-3 に示した。試験片は、表-3-3 に示したごとく 9 種の試験グループのそれぞれについて 22~24 本として、同一の試験条件に対して 2~3 本の試験片を用いた。試験片の形状寸法は図-3-1~3-2 に示したとおりである。

3-3 試験方法

曲げ荷重と引張り荷重を同時に載荷するため図-3-1 に示した要領で、角度 0~25° (5~25° の間は 2.5° 刻み) の定着用の楔を介して試験片を装着して引張り荷重を加えた。

表-3-1 タイロッド素材の材質試験結果

材質	寸法	化 学 成 分 (%)								引 張 試 験				曲 げ 試 験
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	降伏点 (kg/mm ²)	強 度 (kg/mm ²)	伸 び (%)	絞 り (%)	
SS 41	$\phi 32$	0.18	0.24	0.46	0.009	0.018	0.04	—	—	27	44	39	—	1.5 ϕ 180° } 良
N 材	$\phi 32$	0.34	0.51	1.76	0.019	0.026	0.06	—	—	53	81	28	—	2.0 ϕ 90° } 良
D 材	$\phi 32$	0.38	0.37	1.46	0.013	0.011	0.27	0.05	0.50	51	77	20	34	—

注) 引張試験結果は SS 41 と N については 3 号試験片、D については 4 号試験片を用いた値である。本表に示した材質試験用の試験片は曲げ引張試験に用いた試験片とは別途に焼準した。N および D 材の焼準温度はそれぞれ 850°C および 880°C であった。

表-3-2 JIS ウィット並目ねじの諸元

呼び径 (in.)	おねじ			有効径 (mm)
	外径 (mm)	谷の径 (mm)	谷の断面積 (cm ²)	
W 1/4	31.750	27.102	5.766	29.426
W 3/8	34.925	29.503	6.833	32.214
W 1/2	38.100	32.678	8.383	35.389

表-3-3 試験条件の組合わせと素材の引張試験結果

材質	ねじ		降伏点 (kg/mm ²)	引張強度 (kg/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)
	種別	呼び径 (in.)				
SS41材	転造	W 3/8	30	44	40	65
	切削	W 3/8	29	43	41	65
	切削	W 1/2	27	42	31	66
N 材	転造	W 1/4	50	75	26	41
	切削	W 3/8	50	75	26	41
	切削	W 1/2	50	75	26	41
D 材	転造	W 3/8	56	85	21	50
	切削	W 3/8	55	85	22	49
	切削	W 1/2	56	84	21	48

注) 成形したタイロッド試験片のアプセット両端部を切断除去して、3号試験片として、引張試験に供した。

試験値は、いずれも2個の試験片の平均値

載荷当初には楔のため定着の角ナットが試験片のねじ部を固定した状態で 図-3-3 の点Bを支点として回転し、試験片の点Aには Tl なる曲げモーメントと共に T なる引張り荷重が作用する。 T を次第に増加すると角ナットは次第に傾き、遂には楔の傾斜面と密着して 図-3-4 に示した状態になる。試験片の載荷状態は角ナットが楔面と密着する以前と破断直前ではかなり異なり、密着以後の点Aを含む断面には密着時に最大となった曲げモーメントと共に引張力およびせん断力が作用することになる。

3-4 試験結果

本実験では (i) 密着荷重 (定着用角ナットが楔面に密着するまでに要した荷重), (ii) 降伏点荷重と破断荷重, (iii) 荷重~歪曲線, (iv) 伸び (棒径部とねじ部) と絞り, 等について測定を行なった。

図-3-5 は楔角度と密着荷重の関係を各材質別に図示したものである。図-3-6~3-8 に楔定着による棒径部とねじ部の破断の状況を示した。

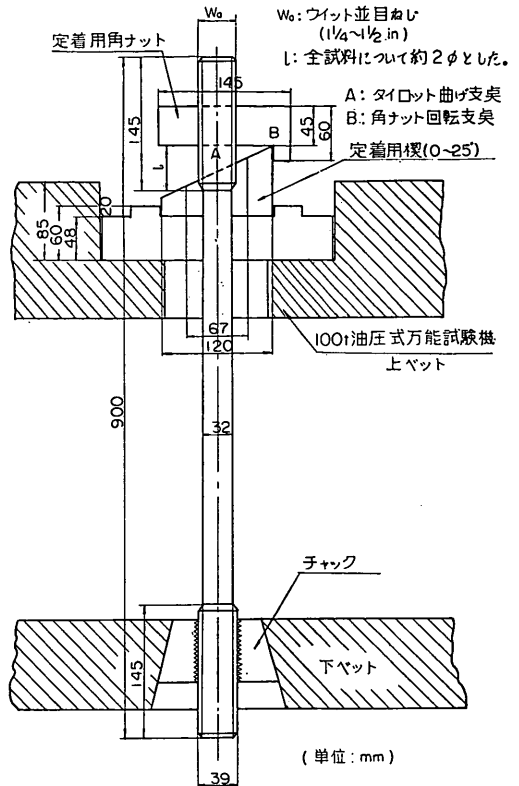


図-3-1 楔定着によるタイロッドの曲げ引張試験の試験片装着方法

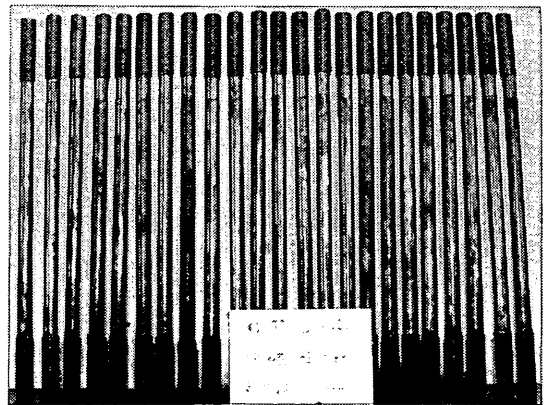


図-3-2 タイロッド試験片の一例

表-3-4 は、この破断荷重を表示したもので、図-3-9 はこれをもとにして楔角度と引張強度比との関係を示したものである。ここで引張強度比は、次式によって定義した。

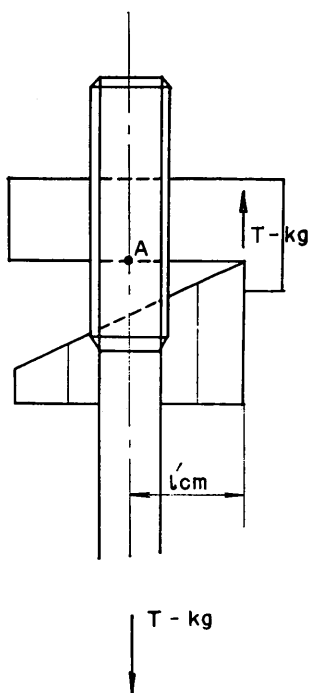


図-3-3 初めの荷荷状態

$$\text{引張強度比(\%)} = \frac{\text{楔定着の破断荷重} \times 100}{\text{正常定着(楔角度零度)の破断荷重}}$$

また各材質ごとに楔角度に対応した伸びと絞りを表-3-5, 3-6 に示した。ただし、伸びは次の要領で測定した値である。

棒径部：試験片の棒径部に予め一定間隔で多くの標点を全長に亘って刻んでおき、試験終了後に元の標点間距離が $4d_r$ となるように破断部を挟んで

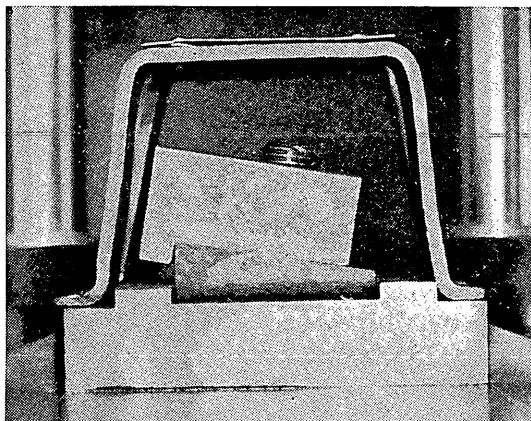


図-3-4 角ナットが楔面と密着した状態

表-3-4 楔定着によるタイロッドの曲げ引張試験結果：破断荷重 (ton)

材 質		SS 41 材			N 材			D 材		
ね じ	種 別	転 造	切 削	切 削	転 造	切 削	切 削	転 造	切 削	切 削
	呼び径 (in.)	W 1 ³ / ₈	W 1 ³ / ₈	W 1 ¹ / ₂	W 1 ¹ / ₄	W 1 ³ / ₈	W 1 ¹ / ₂	W 1 ³ / ₈	W 1 ³ / ₈	W 1 ¹ / ₂
素 材		35.5	35.1	33.9	60.2	59.8	59.9	68.4	68.1	67.5
楔 角 度 (度)	0	33.9	☆ 32.3	33.8	☆ 49.5	☆ 57.1	59.8	☆ 66.8	☆ 65.2	66.7
	5	34.0	☆ 32.4	33.7	☆ 49.0	☆ 56.3	58.8	☆ 67.2	☆ 64.3	67.4
	7.5	☆ 33.5	☆ 32.2	33.6	☆ 49.0	☆ 56.9	58.9	☆ 66.9	☆ 64.4	66.7
	10	☆ 34.1	☆ 32.0	33.6	☆ 49.4	☆ 57.1	58.6	☆ 66.4	☆ 62.5	66.9
	12.5	☆ 33.8	☆ 32.6	33.3	☆ 48.8	☆ 56.0	59.0	☆ 64.0	☆ 54.9	☆ 65.3
	15	☆ 33.9	☆ 32.5	33.6	☆ 47.9	☆ 56.6	59.3	☆ 62.7	☆ 55.2	☆ 65.8
	17.5	☆ 33.6	☆ 32.4	33.6	☆ 46.7	☆ 53.5	☆ 58.2	☆ 59.1	☆ 49.6	☆ 65.4
	20	☆ 33.4	☆ 32.5	33.6	☆ 44.5	☆ 50.6	☆ 56.0	☆ 57.6	☆ 37.9	☆ 56.0
	22.5	☆ 31.6	☆ 31.6	33.5	☆ 43.9	☆ 50.6	☆ 53.8	☆ 53.7	☆ 37.9	☆ 50.2
25	☆ 31.4	☆ 30.8	33.2	☆ 42.0	☆ 45.1	☆ 49.7	☆ 52.2	☆ 31.7	☆ 34.6	

注) 試験値はいずれも 2~3 本の試験片の平均値である。
☆印は、ねじ部破断を示す。

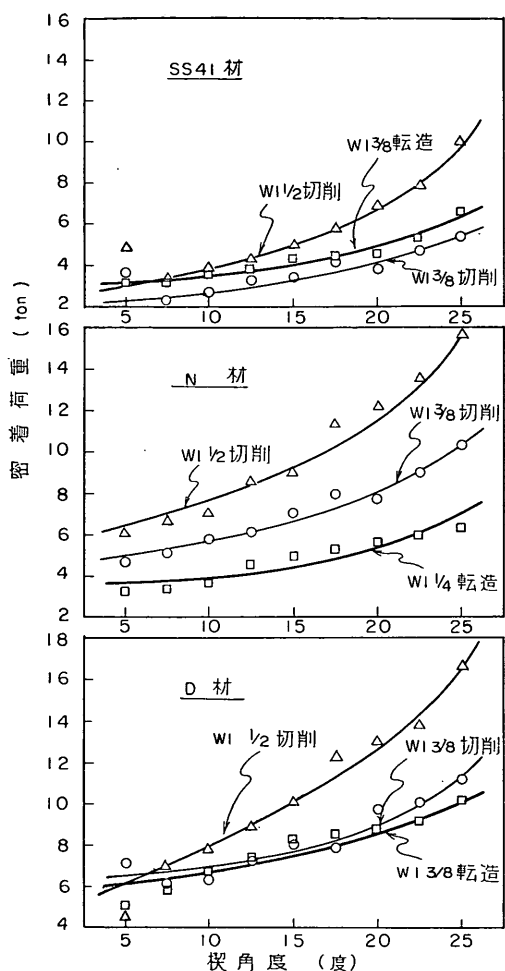


図-3-5 楔角度と密着荷重との関係

標点を2点選び、その標点間距離を測定して伸びを求める。ねじ部で破断した場合には棒径部中心付近の標点間距離の変化を測定して伸びを求める。

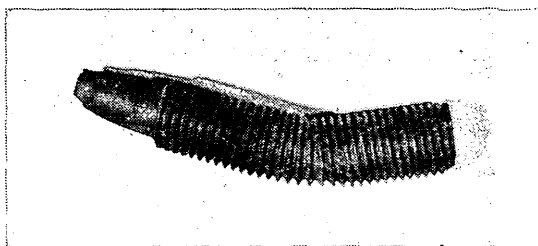
ねじ部: 図-3-1の試験片ねじ部の点AとCの2点にその間の距離が約 $2d_r$ となるように標点を定め、その標点間距離の変化から伸びを求める。

図-3-10 は引張試験機に付属する記録器を用いて測定した荷重～伸び曲線の一例で、その標点間距離は図-3-1において点Aと下ベットチャックの上縁部間の約 635 mm である。

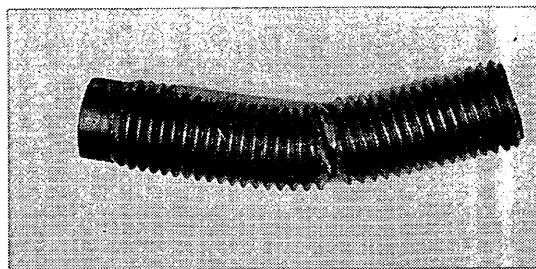
3-5 結果の検討

(1) 密着荷重について

図-3-3 においてA点を含む断面に作用する引張応力

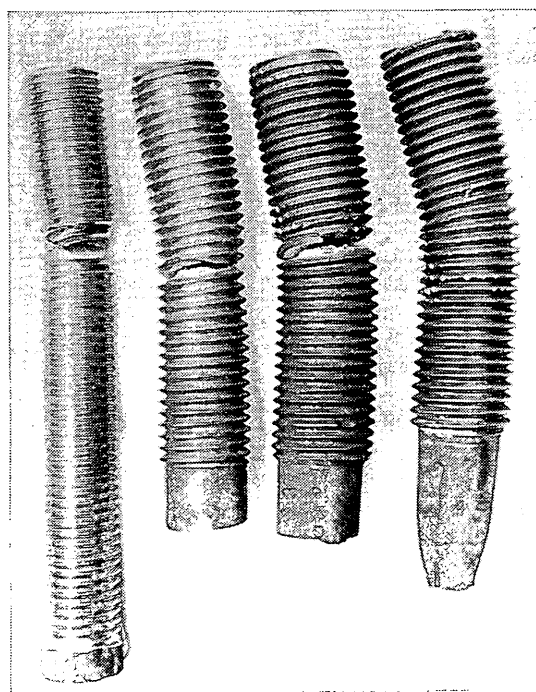


a) N材 W 1 3/8 in. 切削ねじ 楔角度 25°



b) SS41材 W 1 3/8 in. 切削ねじ 楔角度 25°

図-3-6 ねじ部および棒径部の破断の一例



材質	N材	N材	N材	SS41
ねじ部	W 1 1/4 in.	W 1 3/8 in.	W 1 1/2 in.	W 1 1/2 in.
加工法	転造	切削	切削	切削
楔角度	17.5°	17.5°	17.5°	17.5°

図-3-7 ねじ部および棒径部の破断状況

度は曲げ角度が微小な範囲では次式で与えられる。

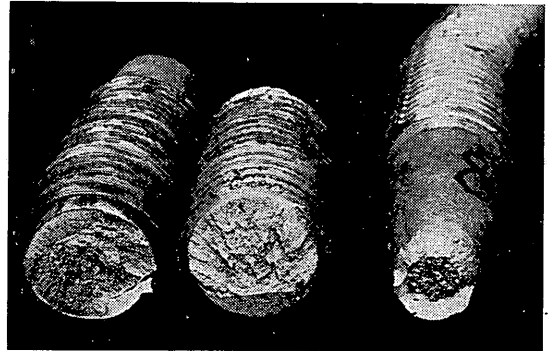
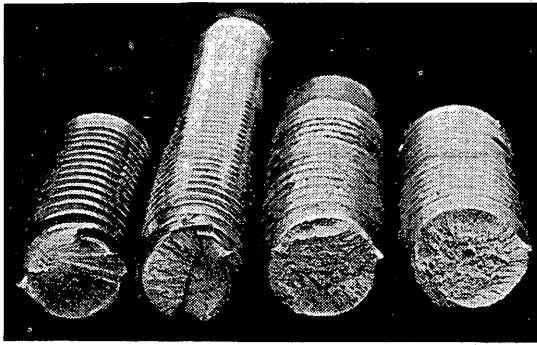
$$\sigma = \frac{4}{\pi d^2} \left(1 \pm \frac{8l'}{d} \right) T \dots\dots\dots(1)$$

(1)式において $\sigma = \sigma_y$ として、これに対応する $T = T_y$ を求めると、(2)式のようになり、点

$$T_y = \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{\sigma_y}{1 + \frac{8l'}{d}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Aを含む断面が降伏し始める荷重 T_y を与える。表-3-7は(2)式で d としてねじ部の谷底径を与え、SS 41, NおよびD材の降伏点強度をそれぞれ 27, 50, 55 kg/mm² として T_y を求めた結果である。

(2)式による計算は楔角度が微小な範囲に限られ、一方、実測した密着荷重はいずれも楔角度がかなり大きい場合のみであり、両者を比較することは必ずしも意味のある



材質 N材
ねじ W 1 1/4 in.

N材
W 1 3/8 in.

材質 N材
ねじ W 1 1/2 in.

SS 41 材
W 1 1/2 in.

図-3-8 ねじ部および棒径部の破断面

表-3-5 楔定着によるタイロッドの曲げ引張試験結果： 伸び (%)

材質	SS 41 材						N 材						O 材						
	ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		ねじの加工方法と呼び径 (in.)		
	ねじ	棒径	ねじ	棒径	ねじ	棒径	ねじ	棒径	ねじ	棒径	ねじ	棒径	ねじ	棒径	ねじ	棒径	ねじ	棒径	
楔 角 度 (度)	0	12	24	☆ 9	☆ 38	9	10	2	—	☆ 6	☆ 22	18	4	☆ 5	☆ 17	☆ 5	☆ 16	20	2
	5.0	13	23	☆ 8	☆ 37	12	7	3	☆ 16	☆ 6	☆ 24	19	4	☆ 5	☆ 15	☆ 4	☆ 20	20	3
	7.5	☆ 11	☆ 32	☆ 8	☆ 39	10	6	2	☆ 16	☆ 7	☆ 12	24	3	☆ 5	☆ 17	☆ 4	☆ 8	20	3
	10.0	☆ 13	☆ 32	☆ 8	☆ 38	10	7	3	☆ 16	☆ 6	☆ 13	26	6	☆ 5	☆ 9	☆ 4	☆ 6	19	5
	12.5	☆ 12	☆ 32	☆ 9	☆ 37	10	7	2	☆ 9	☆ 5	☆ 11	23	0	☆ 4	☆ 5	☆ 1	☆ 5	—	2
	15.0	☆ 12	☆ 16	☆ 8	☆ 38	9	6	2	—	☆ 3	☆ 5	25	7	☆ 3	☆ 3	☆ 2	☆ 6	☆ 6	☆ 2
	17.5	☆ 12	☆ 17	☆ 8	☆ 30	10	6	2	☆ 5	☆ 3	☆ 7	—	—	☆ 2	☆ 6	☆ 1	☆ 6	☆ 4	☆ 1
	20.0	☆ 10	☆ 12	☆ 9	☆ 20	10	9	2	☆ 4	☆ 3	☆ 7	☆ 6	☆ 3	☆ 2	☆ 5	☆ 0	☆ 7	☆ 1	☆ 1
	22.5	☆ 7	☆ 8	☆ 6	☆ 14	11	9	1	☆ 4	☆ 3	☆ 5	☆ 5	☆ 5	☆ 1	☆ 4	☆ 0	☆ 5	☆ 2	☆ 0
	25.0	☆ 6	☆ 9	☆ 6	☆ 10	11	—	1	☆ 5	☆ 2	☆ 4	☆ 3	☆ 4	☆ 1	☆ 4	☆ 0	☆ 5	☆ 0	☆ 0

注) 試験値はいずれも 2~3 本の試験片の平均値である。
☆印はねじ部破断を示す。

高張力タイロッドの実験的研究

表-3-6 楔定着によるタイロッドの曲げ引張試験結果: 絞り (%)

ねじ加工方法と寸法 (in.)	SS 41 材			N 材			D 材			
	転造 1 ³ / ₈	切削 1 ³ / ₈	切削 1 ¹ / ₂	転造 1 ¹ / ₄	切削 1 ³ / ₈	切削 1 ¹ / ₂	転造 1 ³ / ₈	切削 1 ³ / ₈	切削 1 ¹ / ₂	
楔 角 度 (度)	0	—	☆ 40	67	—	☆ 33	54	☆ 20	☆ 20	50
	5.0	—	☆ 42	66	☆ 31	☆ 30	54	☆ 16	☆ 23	49
	7.5	☆ 41	☆ 42	64	☆ 33	☆ 32	59	☆ 20	☆ 7	51
	10.0	☆ 36	☆ 43	67	—	☆ 18	57	☆ 5	☆ 7	51
	12.5	☆ 34	☆ 44	65	☆ 19	☆ 16	56	☆ 4	☆ 5	—
	15.0	☆ 20	☆ 42	64	—	☆ 13	56	☆ 7	☆ 7	☆ 7
	17.5	☆ 22	☆ 32	64	☆ 17	☆ 15	—	☆ 5	☆ 4	☆ 7
	20.0	☆ 20	☆ 27	65	—	☆ 13	☆ 6	☆ 6	☆ 3	☆ 10
	22.5	☆ 11	☆ 22	65	☆ 18	☆ 9	☆ 6	☆ 6	☆ 3	☆ 6
	25.0	☆ 17	☆ 13	64	—	☆ 14	☆ 5	☆ 6	☆ 3	☆ 14

注) 試験値はいずれも 2~3 本の試験片の平均値である。
☆印はねじ部破断を示す。

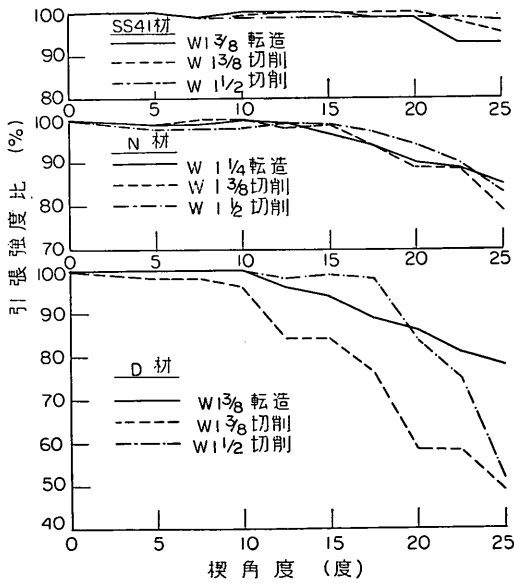


図-3-9 楔角度と引張強度比の関係

ことではない。しかし、楔角度が最少の 5° の場合でもその密着荷重が(2)式で求めた値の 2 倍程度であることは、定着断面がわずかな曲げモーメントを受けるだけで容易に降伏することを示すものと考えてよいであろう。

従来の施工例に認められるような定着方法による限り

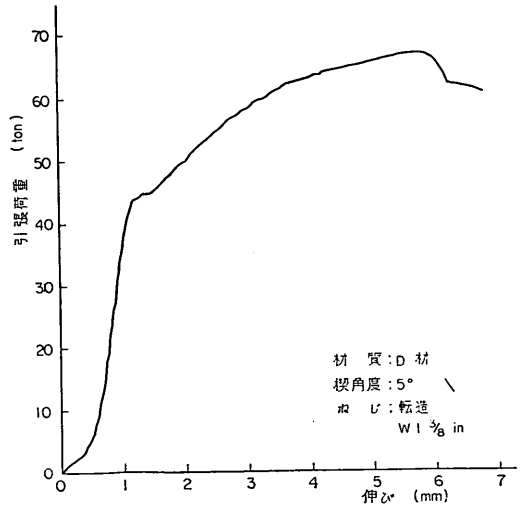


図-3-10 荷重~伸び曲線の一例

では、タイロッドの定着部で 5° 程度の曲げ変形は一般に起こり得ることであり、単純な引張材と仮定した設計々算とは明らかに矛盾する。図-2-9 に示したような定着方法が望ましいことには議論の余地がないが、このような定着方法が困難な場合もあり、定着部の塑性変形を考慮した設計々算法が必要と思われる。

(2) 材質の影響

タイロッド定着部の引張強度は、楔角度によってかな

表-3-7 (2)式で求めた T_y の値 (単位: kg)

σ_y (kg/mm ²)	27	50	55
d (mm)			
27.1	830	1540	1700
29.5	1070	1980	2170
32.7	1440	2670	2940

り変化する。楔角度が増加すれば定着部の引張強度もそれに応じて減少し、その割合は、材質によっても著しく変化する。たとえば、SS 41 材においては、楔角度が 25° でも強度の減少は 5% 程度に過ぎないが、N材では SS 41 材と同等の挙動を示す範囲は楔角度 17.5° 位までで、 25° では正常定着 (楔角度 0°) のときの 85% 程度まで減少している。また、D材については強度減少の傾向は一層顕著となり、SS 41 材と同等な範囲は楔角度 10° 位までであり、 25° においては正常定着の 50% 程度まで減少しているものも見うけられた。

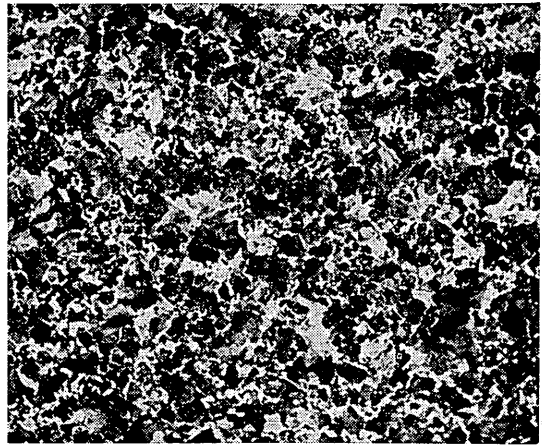
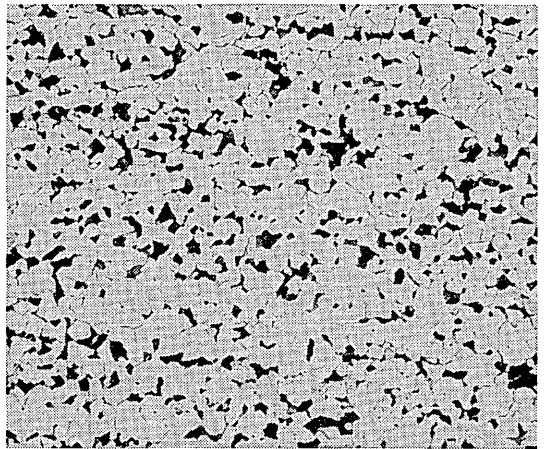
上述の曲げ引張特性の相違は、材質の差によって生じたものと思われる。曲げ引張試験片の伸び測定結果は表-3-5 に示したとおりであるが、たとえば、SS 41 材では楔角度 25° のときでも 7~8% であるのに対し、N材では 3~4% であり、強度低下の最も著しい D材では 0~2% であった。絞りに関してもほぼ同様の傾向が認められる。表-3-5、3-6 の測定結果によればこのような相違が鋼材の金属組織と無関係であり得ないことは明らかで、N材と D材とでは規格試験上はほぼ同等の性能を示しているが金属組織は必ずしも同等ではない。図-3-11 は優れた曲げ引張特性を示した SS 41 材と N材の顕微鏡写真で、いずれもきわめて緻密な組織を呈している。

(3) ねじの呼び径の影響

ねじの呼び径については、JIS ウィット並目ねじの $1\frac{1}{4}$ 、 $1\frac{3}{8}$ および $1\frac{1}{2}$ in. の 3 種について比較した。切削ねじ、転造ねじのいずれも谷径がタイロッドの棒径部の径を下廻る場合には、表-3-4 に示したように正常定着でもねじ部で破断し、その強度は素材強度を 5~20% 程度下廻っている。これよりウィット並目ねじを用いる場合の定着部の設計々算において、ねじの谷径を用いている在来の方法は適当と判断してよい。

(4) ねじの加工方法の影響

ねじの加工方法に関する要因としては転造ねじと切削ねじの二種を取上げて比較した。一般には、転造ねじは切削ねじに比べて強度が大きいといわれているが、本実験の範囲では楔角度が著しく大きいときの 2、3 の例外

a) N材; ねじの呼び径 $W 1\frac{1}{2}$ in.b) SS 41 材; ねじの呼び径 $W 1\frac{1}{2}$ in.図-3-11 顕微鏡写真による金属組織 ($\times 100$)

的な場合を除くと明らかな差は認め難い。たとえば SS 41 材については楔角度が $5\sim 25^\circ$ の範囲では転造・切削のいずれも正常定着の引張強度の 93~101% で差はないといってよい。N材の場合も同様で 80~100% の範囲にあり有意差は認め難い。わずかに D材の場合が例外的で、楔角度が $20\sim 25^\circ$ のときの切削ねじの引張強度が正常定着の 50% 程度まで低下するのに対し、転造ねじでは 80% 程度に止まり、その差が明らかである。しかし、D材については(2)で述べたように材質は必ずしも良好ではなく、上述の差がねじ加工方法の差によるものと断定するには資料が不足であり、本実験結果の大勢はむしろ加工方法による差のないことを指向しているように思われる。

4. ジョイントピンの破壊試験

4-1 概 説

ジョイントピンは棒径部に引張り荷重が作用する場合、その構造上主として二面せん断を受けることは図-4-1からも明らかであろう。実際の設計においてはピンが棒径部より先に破断することは許容されないから、棒径部の引張強さに基づいて計算した荷重よりピンのせん断強さから計算した引張力の方が大きくなるように設計する必要がある。

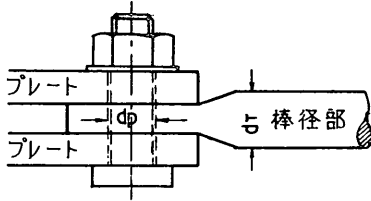


図-4-1 ジョイントピン詳細図

一方、ジョイントの中にはリングジョイントとターンバックルの両者の機能をもつように工夫された自在ターンバックルと称する図-4-2のようなジョイントも用いられている。このジョイントに付属する、いわゆる“自在ピン”はその機能上、上述のように二面せん断と共にかなりの曲げ応力をも受けることが明らかである。

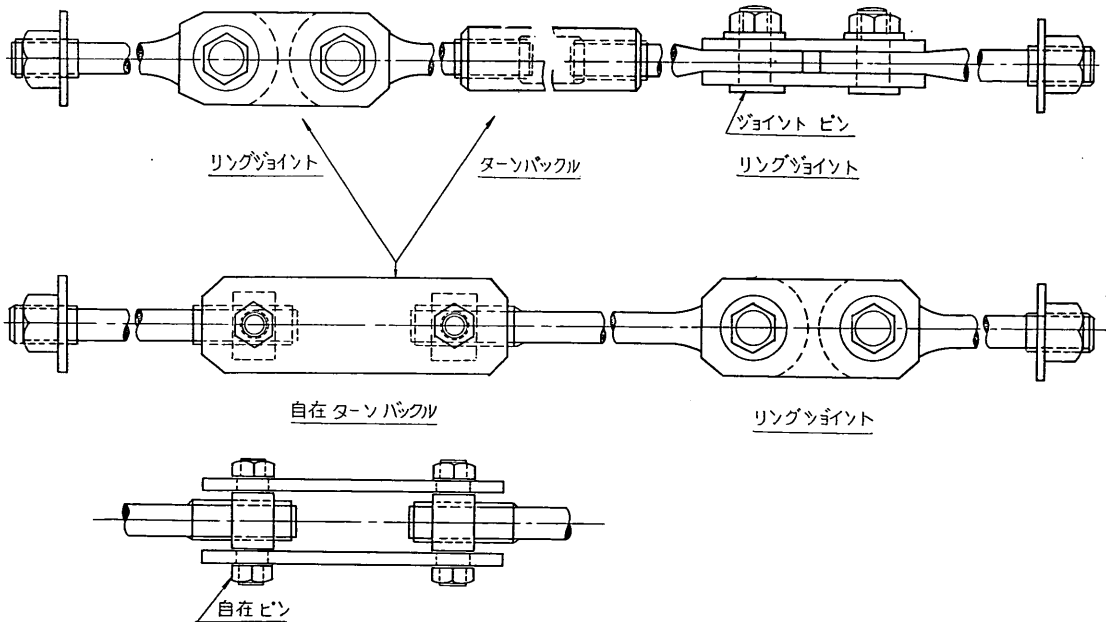


図-4-2 リングジョイントおよび自在ターンバックル詳細図

このようなジョイントピンの設計方法については、単純な二面せん断と考えるか、曲げの影響をいかに評価するか、あるいはせん断強さの評価に関しても、最大せん断応力説と最大せん断ひずみエネルギー説のいずれの説によるか、等必ずしも定説化するには至っていない面が残されている。そこでピンとプレートの材質を変えた幾つかの組合わせについて破壊試験を行なって現行の設計法の検証を試みた。

4-2 試験片の製作

ジョイントピンの試験片には、S55C 材と SS41 材を用いた。ジョイントピンは、機能上その形状によってリングピンと自在ピンの二種類に分け、前者には SS41 材を用いた。また、後者には、高張力鋼として S55C 材を選びその比較材として SS41 材を用いた。ジョイントピンのねじ部は、JIS ウェット並目ねじとし、ねじの呼び径を 1 $\frac{1}{8}$ in. とした。これらの材質試験結果を表-4-1に示す。試験片は、いずれも圧延のままの素材より所要寸法に切削したものである。ピンの破壊試験に用いたジョイントの組合わせとしては、プレートには SM50A 材と SS41 材を使用し、タイロッドには N 材を使用した。

4-3 試験方法

試験したジョイントピンとプレートの材質と寸法の組合わせは表-4-2 に示したとおりである。図-4-2 に試験片の形状を示す。タイロッドが実際に使用されているよ

表-4-1 ジョイントピン素材の材質試験結果

材質	寸法 (mm)	化学成分 (%)								引張試験			
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	降伏点 (kg/mm ²)	強度 (kg/mm ²)	伸び (%)	絞り (%)
SS 41	25	0.20	0.27	0.46	0.010	0.028	—	—	—	26	45	34	61
S 55 C	25	0.55	0.23	0.76	0.013	0.016	0.05	0.02	0.07	43	70	21	37
☆SS 41	25	—	—	—	—	—	—	—	—	33	46	36	64

☆ ジョイントピンの試験には無規格材を用いた。

表-4-2 試験条件の組合わせ

種別	ピン		プレート		試験片数量	
	材質	厚さ (mm)	材質	厚さ (mm)		
自在ターンバックル	SS 41	38	SS 41	12	3	
	"	40	"	"	3	
	"	42	"	"	3	
	"	44	"	"	3	
	SS 41	38	SM50A	12	1	
	"	40	"	"	1	
	"	42	"	"	1	
	"	44	"	"	1	
	S 55 C	43	SM50A	16	2	
	"	45	"	"	2	
	"	47	"	"	2	
	"	49	"	"	2	
	リングジョイント	SS 41	—	SM50A	12	2

うな状態で載荷するために、図-4-3 に示した要領で、試験片を組合わせ、引張試験機に装着して引張り荷重を加えた。また、ある種の施工条件の下ではリングプレートを排して、リング部を図-4-4 のように直接に接続することも皆無ではないので、この種の接続方法による強度低下の程度を確認することも試みた。ただし、この試験に用いたジョイントピンは 3. の曲げ引張り試験に用いたと同じD材の棒径部を加工して製作したもので、その材質試験結果は表-3-3 に示したとおりである。

4-4 試験結果

破壊試験に供したジョイントピンないし自在ピンの破断部は、図-4-5、4-6 に示したように曲げの影響が皆無とはいえないが、明らかにせん断破壊と認め得る様相を呈している。そこで、ピンの破壊が二面せん断によるものとする、ピンのせん断強度とロッドの引張強度との間には次の関係が成り立つ。

$$P = 2 \cdot \frac{\pi d_P^2}{4} \tau_B > \frac{\pi d_T^2}{4} \sigma_B \dots\dots\dots(3)$$

ここで P: 引張り荷重 (kg)
 d_T: タイロッド径 (mm)
 σ_B: タイロッドの引張強度 (kg/mm²)
 d_P: ピン径 (mm)
 τ_B: ピンのせん断強度

(3)式を変形すると、

$$\frac{d_P}{d_T} > \sqrt{\frac{\sigma_B}{2\tau_B}}$$

σ_B/τ_B の値は、最大せん断応力説によるか、せん断ひずみエネルギー説によって評価するかによって異なり、従来の設計例では後者による場合が多く、鋼矢板施工基準でもこの説を採用している。この場合、ピンと棒径部が同一材料ならば τ_B 次式で与えられる。

$$\tau_B = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \sigma_B = 0.58 \sigma_B \dots\dots\dots(4)$$

表-4-3 はピンの破壊試験の結果と破断荷重の計算荷重に対する比を示したものである。ここで、設計荷重は (3)、(4)式を基にした次式、

$$P = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} d_P^2 \sigma_B \dots\dots\dots(5)$$

を用いて求めた値で、σ_Bとしてはピン素材の試験によって得られた引張強度を用いた。

また、表-4-4 は図-4-4 に示したようにリングプレートを排してリング部を直接接続した場合の強度低下を確かめるために行なった試験結果である。

4-5 結果の検討

(1) ピンの材質の影響

本実験ではジョイントピンには無規格の SS 41 材を用い、自在ピンには SS 41 材と S 55 C 材を用いた。表-4-3 に示したように、ジョイントピンの破断荷重は(5)式による設計荷重を 15% 程度上回っている。これに対して自在ピンの破断荷重は設計荷重を SS 41 材については 1~6%、平均 4% 上回り、S 55 C 材については 6~8%、

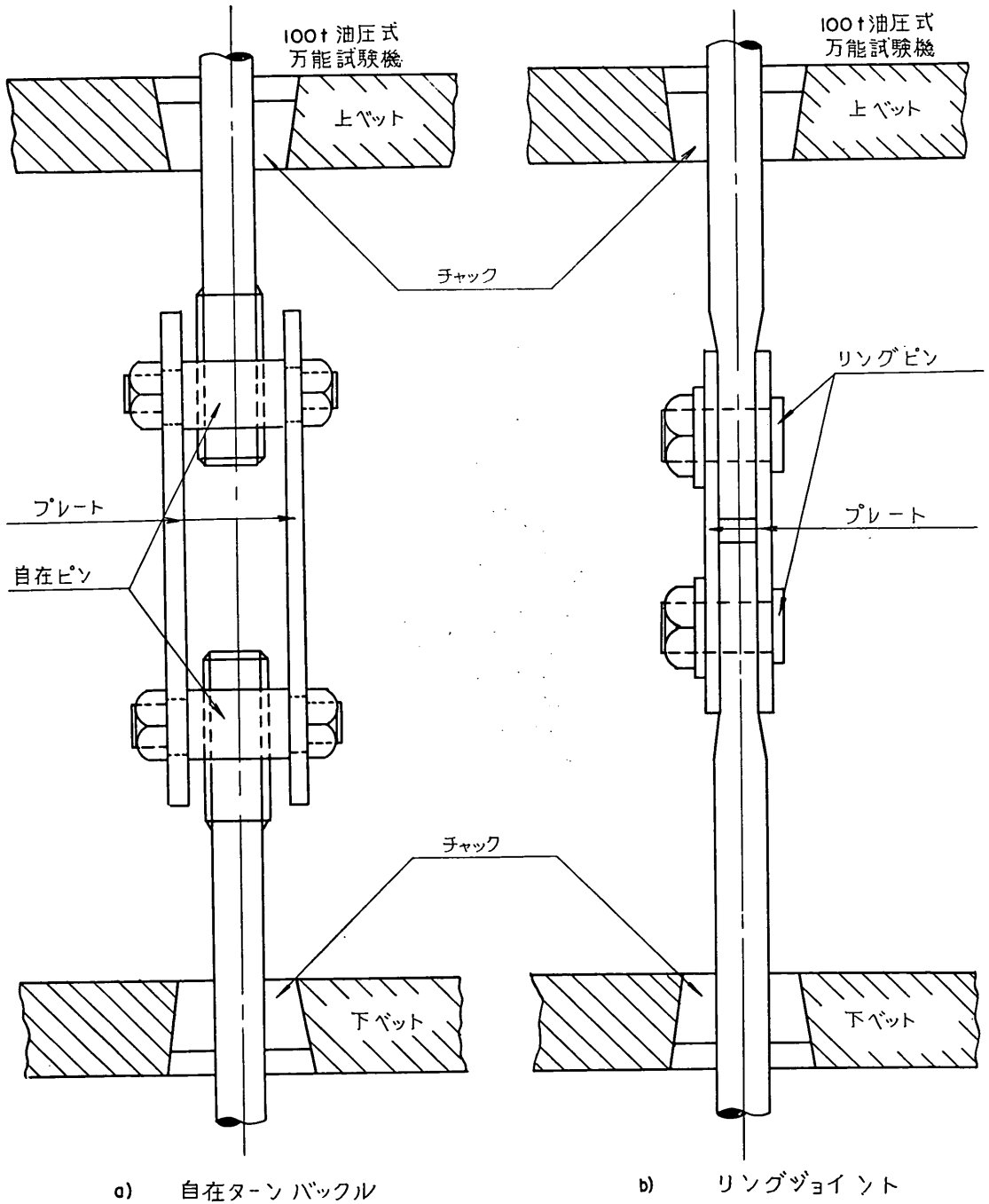


図-4-3 ジョイントピン破断試験方法

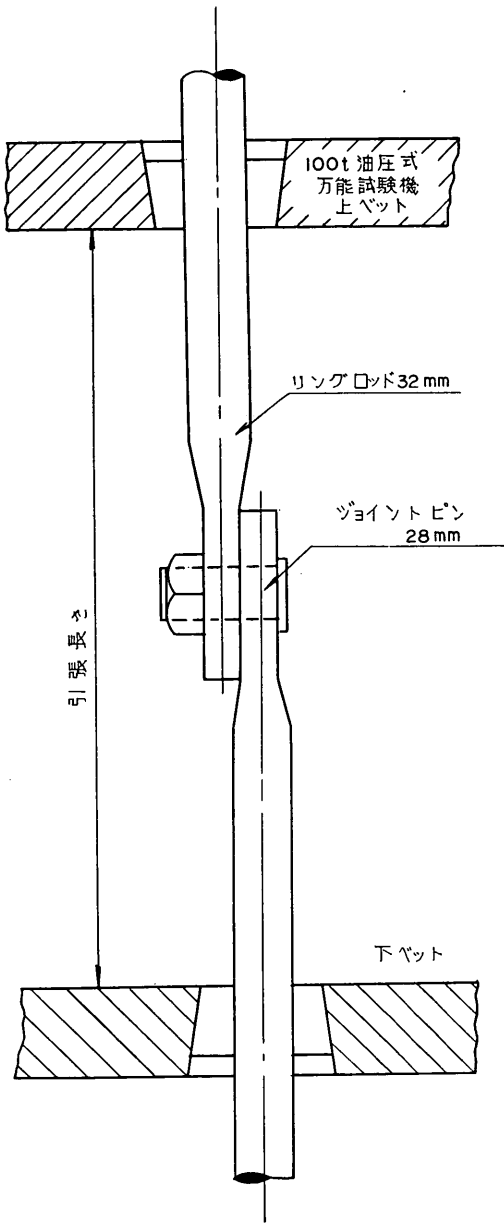
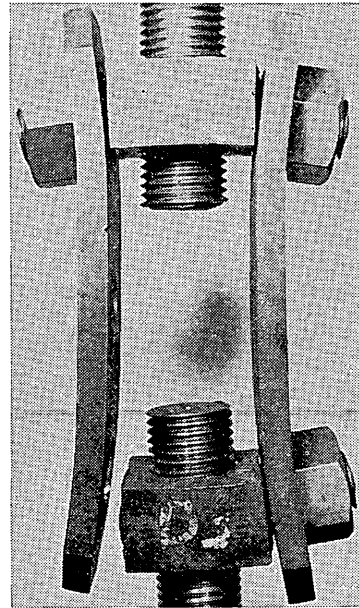
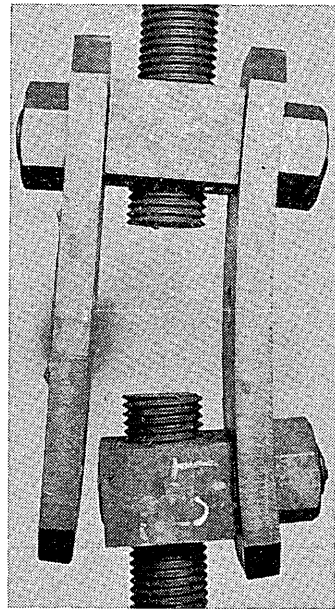


図-4-4 ジョイントピン破断試験方法 (一面せ入断の場合)



a) SS 41 材ピン厚 38 mm



b) S 55 C 材ピン厚 45 mm

図-4-5 自在ピンの破断の一例

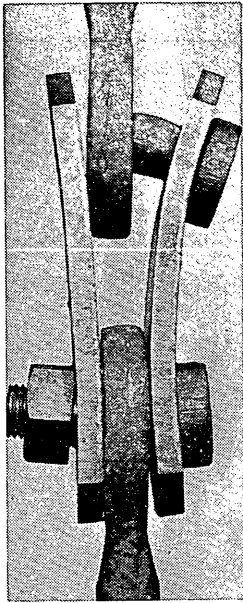


図-4-6 ジョイントピンの破断例

平均7%下回っている。

これらの破断強度比の差は明らかに材質の相違によるもので、ピンの材質によって破壊の状態が異なり、これに応じて(4)式の関係が多少変化することを示すものといえよう。また、大まかな傾向としては、伸びや絞りの大きいものほど破断強度比も大きいものようである。

(2) ピンの形状の影響

ジョイントピンと自在ピンはその機能上、いずれも主として二面せん断を受け、破壊の状態もせん断破壊の様相を呈していることはすでに述べたとおりであるが、かなりの曲げ応力を受けることはたとえば図-4-5に示した部材の変形状態からも容易に看取できる。このような曲げの影響がせん断面間の距離が大なるほど大きいのは当然であって、ほぼ同等のSS41材を用いたピンでも、ジョイントピンと自在ピンとではその破断強度比がそれぞれ115, 104%とかなり相違することはこれを実証するものといえよう。

(3) 自在ピンの厚さの影響

自在ピンを用いた試験では、上述のように曲げの影響をかなり受ける点を考慮して本体ねじ部の嵌合部分の厚さを変え、これがピンの破断荷重に及ぼす影響を調査した。ピンの厚さは、SS41材では38~44mm, S55Cでは43~49mmとした。試験結果は表-4-3に示したとおりであって、本試験の範囲内ではピンの厚さはその破断強度に有意な影響を及ぼさないとすることができる。

表-4-3 ピンの試験結果と設計荷重を基準にした破断強度比

種類	試験条件				破断荷重 (ton)	破断強度比 (%)	
	ピン		プレート				
	材質	厚さ (mm)	材質	厚さ (mm)			
ジョイントピン	SS41	—	SM50A	12	49.7 48.8	49.1	
	自在ピン	SS41	38	SS41	12	41.7 43.4 44.5	43.0
		"	40	"	"	41.8 42.3 13.0	42.4
		"	42	"	"	44.1 44.4 44.2	44.2
		"	44	"	"	43.1 44.6 43.7	43.8
		"	38	SM50A	12	44.2	106
	"	40	"	"	44.4	106	
	"	42	"	"	43.8	105	
	"	44	"	"	43.7	104	
	"	S55C	43	SM50A	16	61.9 60.0	61.0
"	"	45	"	"	60.2 59.4	59.8	
"	"	47	"	"	60.5 61.2	60.9	
"	"	49	"	"	60.2 59.2	59.7	

- 注-1) ピンの径はすべて 32 mm とした。
- 注-2) S55C 材のピンは焼準して用いた。
- 注-3) ロッドには φ32 mm の D材 (高張力鋼) を用いた。
- 注-4) 設計荷重は (5) 式を用い σ_B としては表-4-1 の試験結果を用いた。

表-4-4 プレートを除いて接続したときのジョイントピン (一面せん断) の試験結果

試験条件				試験結果		
ジョイントピン		ロッド	破断荷重 (ton)	設計荷重 (ton)	比較値 (%)	
材質	径 (mm)	材質				
D 材 $\sigma_B=85 \text{ kg/mm}^2$ (表-3-3参照)	28	D材	36.1	604	60	
			36.3		60	
		SS41	33.0		55	
			37.3		62	

注) 設計荷重は (5) 式を用いて二面せん断として計算した。

ピンの厚さを決める要因としては本体の引張力を伝達するに必要なねじ切削部分の長さが考えられ、実用上の最小厚はこの点から決めて差支えないものようである。

(4) その他の要因の影響

ピンの破断試験において、ピンのねじが所定の寸法に切削されていない試験片があり、プレートと本体リング部ないしプレートと自在ピンとの密着が不完全で、破断時のピンおよびプレートの変形が特に著しい例が認められた。これはピンの製作上の欠陥がジョイント部分の挙動に影響を及ぼすことを示した一例であり、注意を要すると思われる。

表-4-4 はリングプレートを介さないでロッドのリング部を直接結束した場合の破壊試験結果である。この場合、ピンは曲げと共に一面せん断を受けることになり、荷重支持能力が著しく低下するのは明らかで、試験結果も二面せん断として計算した設計荷重の 60% 程度に過ぎない。この種の接続方法が設計上許容し得ないことは明らかであるが、ある種の施工条件の下では全く皆無とはいえないので注意を要する。

(5) 設計式の適用性

(1), (2) で述べたように、(5) 式で求めた設計荷重に対する破断荷重の比はピンの材質や形状によって多少異なり、本実験ではその差は 92~115% に及んでいる。この

差は決して少ないものではないが、(5) 式が規格の異なる多様な鋼材を対象とした設計式であることを考慮して評価すれば、破断荷重は設計荷重と比較的一致しているといえることができる。

本実験では(5)式の精度を確かめるため、設計荷重の計算には σ_B として引張強度の試験値を用いたが、実際の設計々算には σ_B として引張強度の規格値ないし保証引張強度を用いるのが普通である。そこで、SS41 材および S55C 材の σ_B としてそれぞれ 41 kg/mm² および 55 kg/mm² を用いて破断強度比を求めると、129% (ジョイントピン, SS41 材), 115% (自在ピン, SS41 材), 118% (自在ピン, S55C 材) が得られる。

換言すれば、(5)式はその精度が比較的高く、 σ_B として引張強度の保証値を用いる限りでは十分に安全側の結果を与え、ピンの設計式として十分な適用性をもつものといえよう。

5. 本体リング部およびリングプレートの破壊試験

5-1 概 説

タイロッドの本体リング部はその形状が単純でなく、これに応じて載荷時の応力状態もかなり複雑である。リングプレートはタイロッドの本体リング部とは形状も機能も異なるが、設計上考慮すべき点については本体リン

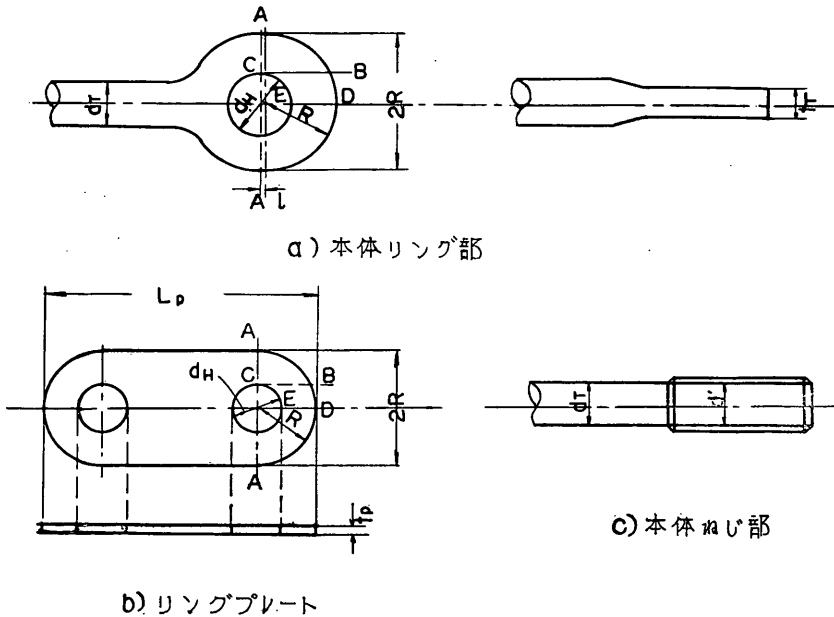


図-5-1 鋼矢板施工基準(案)において想定した設計断面

グ部と共通した面を有している。

これに類似した形状と機能をもつ機械要素の応力分布に関する理論的ないし実験的な検討は従来より行なわれ、相当の成果も報告されてはいるが、これがタイロッドの設計に直接的に応用されるには至っていないものようである。たとえば、鋼矢板施工基準(案)では本体リング部、リングプレート部共に図-5-1のA~A断面の引張破壊とB~C断面のせん断破壊を想定し、それぞれから計算した引張力が棒径部の引張力以上となるように各部を設計することを想定している。すなわち、

$$A\sim C \text{ 断面: } P_1 = (2R - d_H) t_r \sigma_B > \frac{\pi d_T^2}{4} \sigma_B \dots\dots(6)$$

$$B\sim C \text{ 断面: } \overline{BC} > \sqrt{3} \times \overline{AC} \dots\dots(7)$$

ただし \overline{AC} は(6)式の条件によって定める。

この規定はある程度便宜的に定められたものである。たとえば、図-5-1(a)において、ピン孔心とリング部心の間には e の偏心があり、これを考慮するとB~C断面のせん断強度 P_2 は(8)式のように表わすことができる。

$$B\sim C \text{ 断面: } P_2 = 2 \left(\sqrt{R^2 - \left(\frac{d_H}{2}\right)^2} + e \right) t_r \cdot \frac{\sigma_B}{\sqrt{3}} > \frac{\pi d_T^2}{4} \sigma_B \dots\dots(8)$$

(6), (8)式を比較すると、

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left(\sqrt{\frac{R + \left(\frac{d_H}{2}\right)}{R - \left(\frac{d_H}{2}\right)}} + \frac{e}{R - \frac{d_H}{2}} \right) \dots\dots(9)$$

となる。 $P_2 > P_1$ 、すなわち、B~C断面でせん断破壊の生じない条件を求めると、

$$\sqrt{\frac{R + \left(\frac{d_H}{2}\right)}{R - \left(\frac{d_H}{2}\right)}} + \frac{e}{R - \frac{d_H}{2}} > \sqrt{3} \dots\dots(10)$$

偏心量 e の大小に関りなく(10)式が成立するためには

$$\sqrt{\frac{R + \left(\frac{d_H}{2}\right)}{R - \left(\frac{d_H}{2}\right)}} > \sqrt{3} \dots\dots(11)$$

となる。したがって、 $R > d_H$ であれば偏心の有無にかかわらず $P_2 > P_1$ となりB~C断面のせん断破壊は生じない。

仮にA~C断面以外の個所で破壊が生ずるとしても、その破壊荷重が(6)式を上回ることが保証されるならば上記の規定は実用上有効なものとして判断してよいであろう。

以下に述べる実験はこれらの諸点を確かめるために行なったものである。

5-2 試験片の製作

(1) 本体リング部

本体リング部の試験片には棒径部が32mmのD材とSS41材を用いた。いずれもアブセット加工後に焼準したもので、形状寸法は図-5-2に示したとおりである。

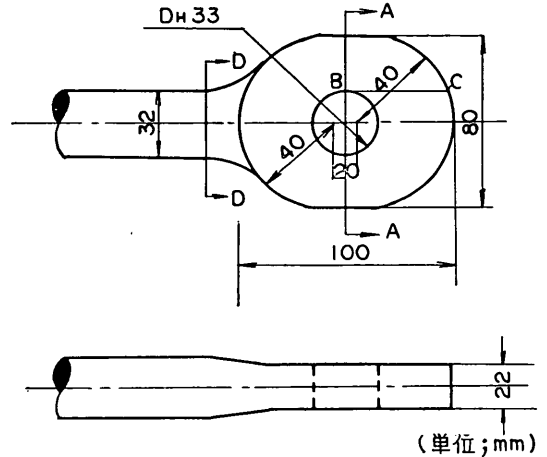


図-5-2 試験片の形状寸法

(2) リングプレート

リングプレートの試験片にはジョイントピンと組合せたものと自在ピンと組合せたものの2種類用意し、材質としてはSM50A材とSS41材を用いた。これらの試験片の材質試験結果は表-5-1に示したとおりである。材質試験では材質試験用の試験片の採取方法によって曲げ性状が著しく異なり、ガス切断とシャーリングによって試験片を切断採取したものでは180°の曲げ試験(曲げ半径=厚さ×1.5)でキレツが生じ、著しいものは図-5-3に示したように破断した。

以上の材質試験の結果に基づいてプレートの試験片は、厚さ12mmの鋼板から通常の機械的な方法で切断し、所要の寸法に仕上げた。ただし、ジョイントピン用の孔の加工にはボール盤加工、ポンス加工およびガス切断加工の三通りの方法を用い、これが試験結果におよぼす影響を調査した。図-5-4に試験片の形状と寸法を、表-5-2に試験条件の組合わせを示す。

5-3 試験方法

リングプレートの引張破壊試験はリング部ないし自在ターンバックル部を図-5-5、5-6に示したように組立てロッド部分に引張荷重を加える方法で行なった。本体棒径部、プレート、ピン等の材質を同一とし、既述の考え方で設計せる場合には組合わせた試験片の棒径部で破断

表-5-1 リングプレート素材の材質試験結果

材 質	化 学 成 分 (%)					引 張 試 験			曲 げ 試 験		
	C	Si	Mn	P	S	降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	ガス切断	シャーリ ング	普 通 仕 上 げ
SS 41	0.19	0.03	0.74	0.017	0.018	28	43	29	良	良	良
SM50 A (1)	0.14	0.39	1.44	0.024	0.016	36	51	26	良	不良	良
SM50 A (2)	0.16	0.45	1.32	0.018	0.021	35	55	24	良	—	良

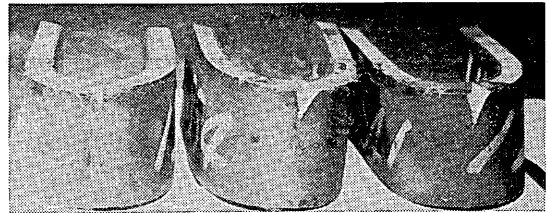
注) 試験片としては、いずれも JIS 1号試験片を用いた。

引張試験片 長さ 250 mm×幅 40 mm×厚さ (SS 41=12 mm, SM50A=12 mm, 16 mm)

曲げ試験片 長さ 250 mm×幅 40 mm×厚さ (SS 41=12 mm, SM50A=12 mm, 16 mm)



a) 破断したもの

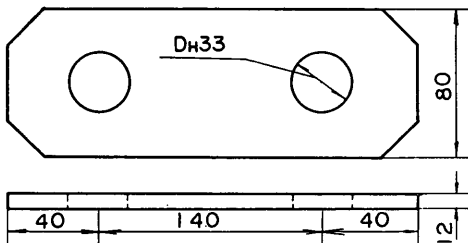


b) キレットの生じたもの

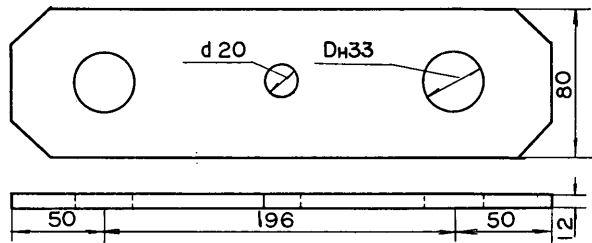
図-5-3 リングプレート素材 (シャーリング切断) の曲げ試験結果

試験片 長さ 250 mm×幅 40 mm×厚さ 12 mm

曲げ半径 18 mm



a) リングジョイント部



b) 自在ターンバックル部

図-5-4 リングプレートの形状寸法

表-5-2 試験条件の組合わせ

種 類	リ ン グ プ レ ー ト			ジ ョ イ ン ト ピ ン		ロ ッ ド	試 験 回 数	
	材 質	厚 さ (mm)	孔 加 工 方 法	材 質	寸 法 (mm)	材 質		
リ ン グ ジ ョ イ ン ト	SS 41	12	—	N 材	φ 32	N 材	2	
	SM50A		—				2	
自 在 タ ー ン バ ッ ク ル	SS 41	12	ボ ー ル 盤	S 55 C	φ 32	N 材	4	
			ポ ン ス				厚 51	4
			ガ ス 切 断				4	
	SM50A	12	ボ ー ル 盤	S 55 C	φ 32	N 材	4	
			ポ ン ス				厚 51	4
			ガ ス 切 断				4	

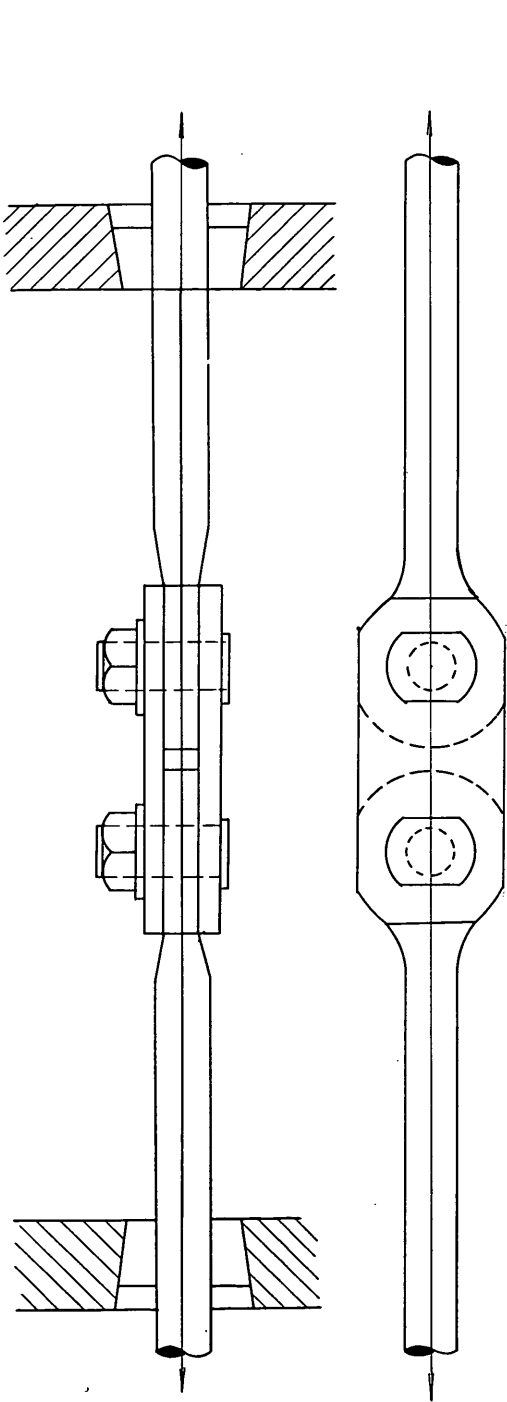


図-5-5 リングジョイントプレート試験方法

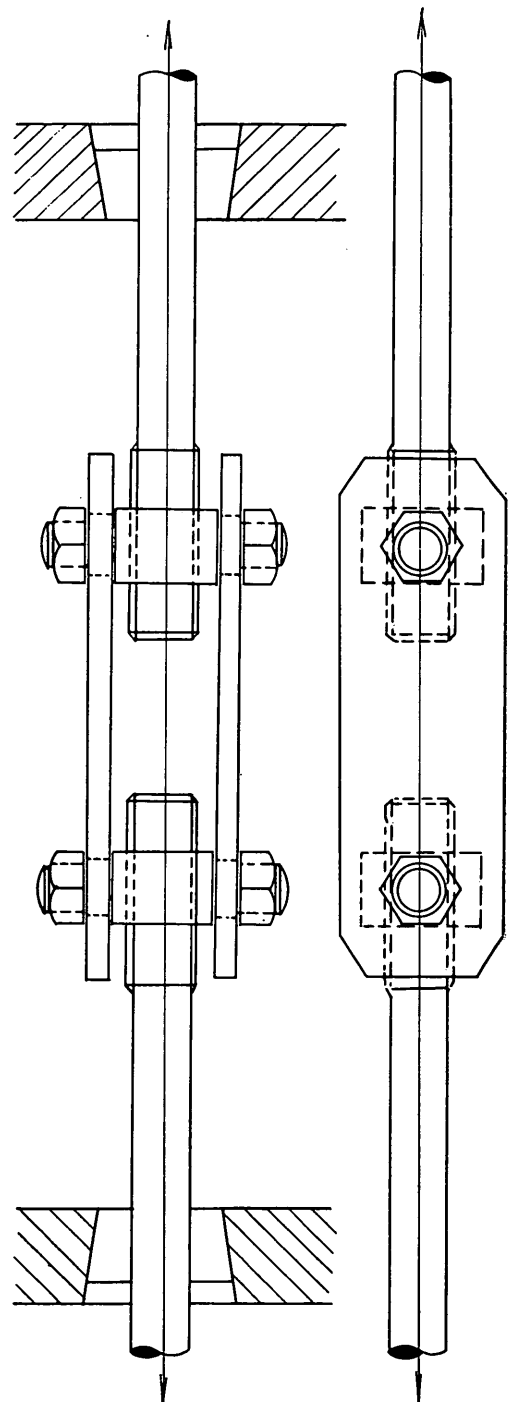


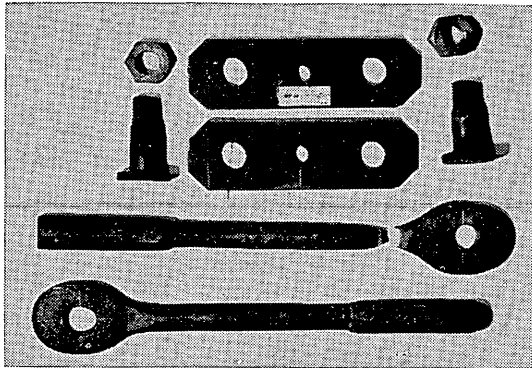
図-5-6 自在ターンバックルプレート試験方法

することは明らかである。そこで、リング部ないしプレート部の破壊を計るため、材質の組合せには特に留意し、表-5-2の組合せによって試験した。

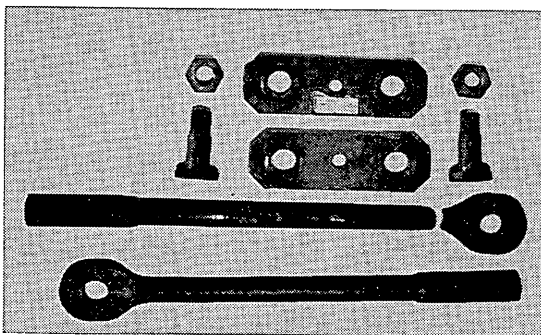
5-4 試験結果

(1) 本体リング部

リング部の試験結果は図-5-7 (a), (b), 表-5-3 に示



(a) SS 41 材, φ32 mm



(b) D材, φ32 mm

図-5-7 本体リング部の引張試験結果

したとおりで、リング部以外の部分で破断して失敗した。これは表-5-3 に示したように試験片の設計上の誤りによるもので、リング部の設計荷重が本体棒径部のそれを上回っている。また、破断荷重が棒径部の設計荷重とほとんど一致してはいるが、どの試験片も図-5-7 に示したようにリング部と棒径部との間のスリつけ区間で破断したことはこの区間の設計が必ずしも適当でないことを示すものといえよう。

(2) リングプレート

リングプレートおよび自在ターンバックルのプレート部の破断試験結果は表-5-4 に示したとおりである。図-5-8 (a) はリングプレート破断の一例で、図-5-8 (b), 5-8 (c) は自在ターンバックル破断の例である。これらの破断例から明らかなように、設計において想定した断面 A~C における引張破壊のほか、断面 D~E における破壊も生じた。このような破壊の条件は後述のように、材質と部材寸法によって決まるものと思われるが、設計上さらに考慮すべき要因の存在を示唆している。

5-5 結果の検討

(1) 破壊の様相と材質の影響

前節で述べたように、リングプレートの破断には2通りの状態が見られた。すなわち、図-5-1において、A~C 断面もしくは D~E 断面の破断で、前者は引張破壊の様相を呈しているが、後者は点E付近における圧潰も伴っているように思われる。

A~C 断面の破断については、(6)式により設計荷重を求め、これを破断荷重と比較すると、表-5-4 に示したように SS 41 材では 100~106%, SM 50 A 材では 98~103% であって、いずれの場合も破断荷重は設計荷重ときわめてよく一致する。この種の部材の作用荷重の下に

表-5-3 本体リング部引張試験結果

試験条件					破断荷重 (ton)	設計荷重 (ton)注)		
ロッド	プレート		ピン			A~C 断面	本体棒径部	
材質	材質	厚さ (mm)	材質	径 (mm)				
D 材	SM 50 A	16	D 材	32	65.1 62.7 61.0	62.9	79.7	61.8
SS 41 材	SM 50 A	16	D 材	32	33.8 34.2 33.8	33.9	46.6	36.2

注) 次の値を用いて計算した。

σ_B : SS 41 材 = 45 kg/mm², D 材 = 77 kg/mm²

高張力タイロッドの実験的研究

表-5-4 リングプレートの引張試験結果

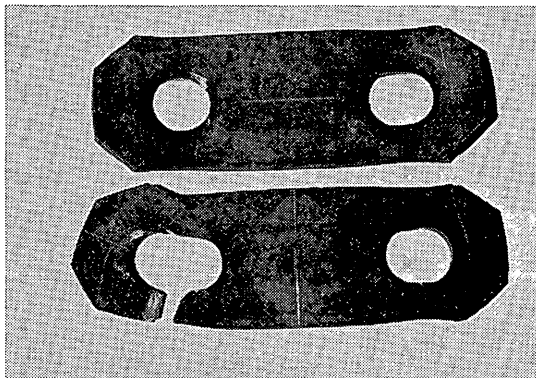
種 別	試 験 条 件☆					破断荷重 (ton) (A)	☆☆☆ 設計荷重 (ton) (B)	強 度 比 (%) A/B			
	プ レ ー ト			ジ ョ イ ン ト ビ ン							
	材 質	厚 さ (mm)	加工方法	材 質	寸 法 (mm)						
リ ン グ ジ ョ イ ン ト	SS 41	12	ボール盤	D 材	φ 32	49.8 48.6	49.2	48.5	101		
	SM50A	12	ボール盤	D 材	φ 32	57.8 57.5				57.7	57.5
自 在 タ ー ン バ ッ ク ル	SS 41	12	ボール盤	S 55 C	厚 さ 51	50.3 52.2 51.9 51.2	51.4	48.5	106		
	SS 41	12	ボ ン ス	S 55 C	厚 さ 51	50.5 48.9 49.6 49.4				49.6	102
	SS 41	12	ガス切断	S 55 C	厚 さ 51	49.3 50.2 50.5 49.0					
	SM50A	12	ボール盤	S 55 C	厚 さ 51	56.3 ☆☆53.2 ☆☆54.7 ☆☆48.4	52.1		57.5	98	
	SM50A	12	ボ ン ス	S 55 C	厚 さ 51	59.0 56.8 58.5 ☆☆53.7				58.1	☆☆ 91
	SM50A	12	ガス切断	S 55 C	厚 さ 51	59.5 58.4 59.6 59.5	59.3		101		
										☆☆ 93	103

注) ☆ 載荷用タイロッドにはすべて φ32mm のD材を用いた。
 ☆☆ D~E 断面で破断したものを示す。その他はすべて A~C 断面で破断した。
 ☆☆☆ A~C 断面破断を想定し、次の値を用いて求めた。
 σ_B : SS 41 材=43 kg/mm², SM50A 材=51 kg/mm²

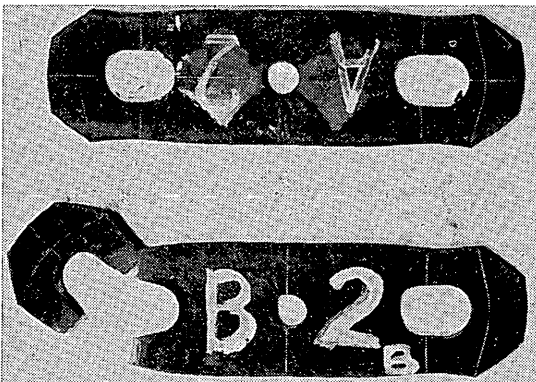
おける応力分布に関しては多くの研究が行なわれ、A~C断面にも著しい応力集中が生ずることが知られている。しかし、上述のように破断荷重が均一な応力分布を想定して導いた計算値と一致していることは、破断時の応力分布が想定条件とほぼ一致し、(6)式が設計荷重の計算式として妥当なことを実証するものと思われる。

D~E 断面の破断については、この破断荷重が A~C 断面の破断荷重を 10% 程度下回っていること、また、この値が A~C 断面の単純な引張破壊を想定して求めた計算値の 91~93% に過ぎないこと、この種の破断が SM50A 材のみに生じたこと、等が注目に値する。

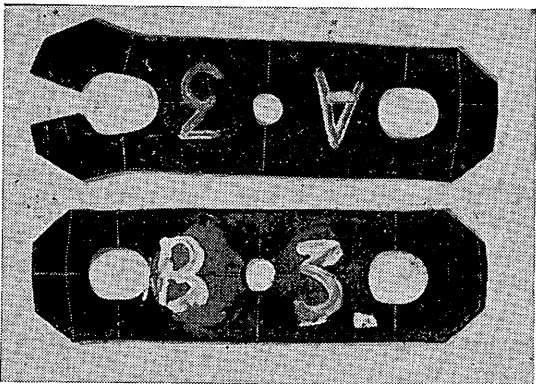
試験条件は考え得る範囲では全く同一に保たれたが、SM50A 材のプレートについては上述のように 2 通りの破壊が生じている。これは、ピンとプレートとの噛合い状態は必ずしも一定ではなく、これに応じて応力集中の程度も変化したためと思われる。すなわち、ジョイントピンとプレートのリング孔周辺との接触状態の如何によっては D~E 断面の点 E 付近に圧縮応力集中の程度が異常に高まり、この近傍における部材の局部的な圧潰を伴う破壊が生ずる可能性はすでに知られており、本実験における D~E 断面の破断もこれに類するものと思われる。



(a) A~C断面破断(リングジョイントプレート)



(b) B~C断面破断(自在ターンバックルプレート)



(c) D~E断面破断(自在ターンバックルプレート)

図-5-8 リングジョイントプレートおよび自在ターンバックルプレートの引張試験結果

図-5-9 は M 社における試験結果の一例で、本実験と同様な傾向を示す結果が得られている。この試験では S35C および S45C のプレートを用い、その設計強度と熱処理条件を変えて試験したところ、ある種の熱処理



図-5-9 リングプレート破断の一例

M社の試験結果、材質：S45C

条件の下では D~E 断面の破断が常に生じたことが報告されている¹²⁾。

(2) ピン孔の加工方法の影響

ピン孔の加工にはボール盤加工、ガス切断加工、ポンス加工の3通りの方法を用い、これがプレートの破断荷重におよぼす影響を試験した。

ガス切断によるものでは孔周辺の局所的な熱処理条件の変化による材質の変化、また、ポンス加工によるものでも切断面周辺の残留応力、等の影響が考えられ、ボール盤加工によるものが最も影響が少ない方法と思われる。

しかし、本試験の範囲内では加工方法の相違はプレートの破断荷重に有意な影響をおよぼさないものようである。SS41 材のプレートではポンス加工ないしガス切断加工のもの強度が概して低く、SM50A 材のプレートでは逆に高いような傾向を示しているが、試験値のばらつきを考慮すると有意差とは認め難い。これは加工方法の影響する範囲が局所的なためと思われる。

(3) 設計式の検討

先にも述べたように、鋼矢板施工基準(案)では A~C 断面の引張破壊と B~C 断面のせん断破壊を想定し、設計式として(6)、(7)式を規定している。

A~C 断面の破壊については(6)式による計算値が実験結果ときわめてよく一致し、(6)式の設計式としての適用性の実証された。また、B~C 断面のせん断破壊につい

高張力タイロッドの実験的研究

表-6-1 ターンバックル素材の材質試験結果

材 質	化 学 成 分					降伏点強度 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸 び (%)	絞 り (%)
	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)				
SS 41	0.18	0.27	0.47	0.014	0.035	28	45	34	61

ては、プレートの形状が(7)式を満足する限りではこの種の破壊は生じないと考えてよいであろう。しかし、本実験では鋼矢板施工基準(案)でも考慮していない破壊の様相としてD~E断面の破断が生じ、かつ、この破断荷重が(6)式による計算値を下回る場合もあることが確かめられた。本実験結果を含めた既往の資料はこの種の破断が材質や熱処理条件と密接な関係があることを示しており、今後これらの諸点を考慮した実験研究と設計法の開発が必要と思われる。

6. ターンバックルの破壊試験

6-1 概 説

ターンバックルはその締付用小孔周辺における応力集中の問題がないわけではないが、応力部材としては比較的単純な形状を備え、一般に締付用小孔を除く純断面の引張破断荷重に基づいて設計されている。これは、小孔周辺でかなりの応力集中が生じて破断時には塑性変形によって応力分布がほぼ均一化することによるものと思われ、本実験はこのような設計法の妥当性を確認するために行なったものである。

6-2 試験片の製作

ターンバックル試験片には SS41 材のみを用いた。材質は表-6-1 に示したとおりである。試験片は適当な熱処理を施した素材を切削したもので、ねじは呼び径 1 $\frac{1}{8}$ in. の JJS ウィット並目ねじであり、また締付用小孔はボール盤で加工した。図-6-1 に試験片の一例を示した。また、試験片の寸法と試験条件の組み合わせは表-6-2 に示したとおりである。標準型の試験片は実用を目的とした

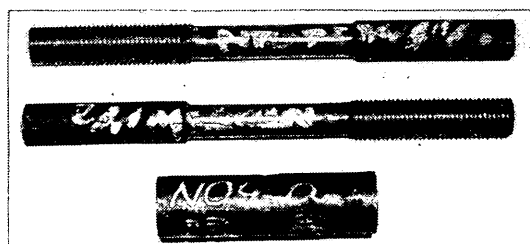


図-6-1 ターンバックル試験片の一例
SS41 材薄肉型

標準設計によるものであり、薄肉型はターンバックルの破断状況を観察するために故意に肉厚を薄くしたものである。

6-3 試験方法

載荷方法は図-6-2 に示したとおりで、ターンバックル

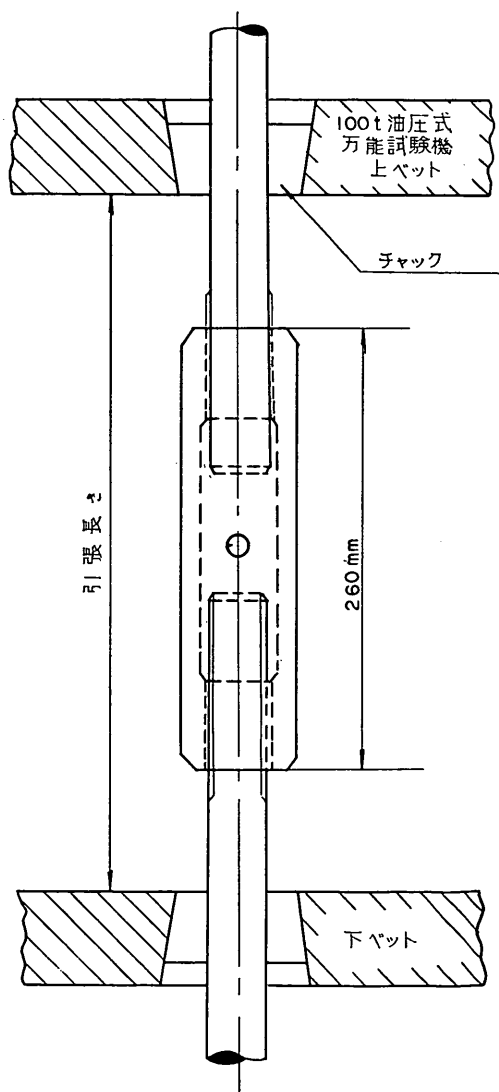


図-6-2 ターンバックル引張試験法

表-6-2 試験条件の組合せ

種類	ターンバックル (mm)				ロッド 材質	試験回数
	材質	外径	内径	廻し 穴径		
薄肉型	SS41	58.9	46	20	D	2
標準型	SS41	63.0	46	20	SS41	2
	SS41	63.0	46	20	D	2

の両端に取付けたタイロッドを介して単純な引張力を加えた。

試験は次の要領で行なった。すなわち、薄肉型試験片は高張力鋼のタイロッド (D材) と組合わせ、設計において想定するように締付用小孔の断面で破断することを確認した。標準型試験片は、実用上これと組合わせて使用することが予定されている SS41 材のタイロッドと組合わせて載荷し、ロッドが破断することを確かめた後、前述の高張力鋼ロッドと組合わせて薄肉型試験片と同様に破断することを確認した。

6-4. 試験結果

試験結果は6-3で述べた目的を満足するものであった。すなわち、薄肉型試験片は図-6-3 に示したように、締付用小孔位置で破断した。また、標準型試験片は、標準部材と組合わせた場合にはタイロッドが破断してターンバックルには異常がなく、高張力鋼のタイロッドとの組合わせによって破断した。これらの試験結果は表-6-3 に示したとおりで、また、同表には破断強度比 (設計荷重に対する比) も併せて示してある。

6-5 結果の検討

表-6-3 に示したように破断強度比は 102% 程度であ

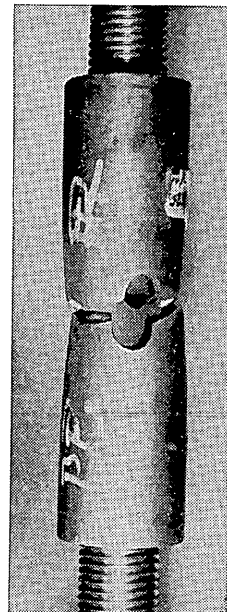


図-6-3 ターンバックル破断の一例
材質 SS41 材 型式 薄肉型

る。作用荷重の下では締付け用小孔の周辺でかなりの応力集中が生ずることが明らかであるが、破壊荷重を前提とする場合にはこの種の部材を単純な引張材として設計する現行の方法で十分なことを示すものといえよう。

7. 結 論

タイロッドの設計方法の改善に必要な資料を提出することを目的として、問題点の多いと思われる高張力タイロッドを取り上げ、その構成部材について一連の実験を

表-6-3 ターンバックル引張試験結果

種類	試 験 条 件					破断荷重 (ton) (A)	設計荷重 (ton) (B)	強度比 (%) A/B
	タ ー ン バ ッ ク ル				ロ ッ ド			
	材 質	外 径 (mm)	内 径 (mm)	廻し穴 (mm)	材 質			
薄 肉 型	SS41	58.9	46	20	D 材	37.8 } 35.0 } 36.4	36.2	100
標 準 型	SS41	63.0	46	20	SS41 材	34.1 } 33.7 } 33.9☆	50.2	—
	SS41	63.0	46	20	D 材	52.8 } 51.7 } 52.3		

注) ☆ タイロッドにおいて破断した値である。
☆☆ 設計荷重は、次の値を用いて計算した。
 σ_B : SS41 材 = 45 kg/mm²

行ない、その結果に基づいて在来の設計方法を検討した。本研究の範囲内で次のことがい得るものと思われる。

- (1) タイロッドの破断事故等のあった施工例等の調査結果によれば、施工には正常に定着されたものでも、矢板や控え壁あるいは裏込め材の沈下等によりかなり変形し、破断例では定着部付近で $5\sim 15^\circ$ 程度の曲げ変形が生じていたものと推定される。
- (2) タイロッド定着部に引張荷重と共に曲げモーメントが作用する場合、定着断面は設計荷重より遙かに小さな荷重で降伏する。定着断面がねじ部であれば、曲げ引張りにおける破断荷重は鋼材々質と曲げ変形の程度によって著しく変化し、たとえば D 材 (降伏点 51 kg/mm^2 , 引張強度 77 kg/mm^2) を用いたものでは曲げ角度 15° で正常定着の 85% 程度まで減少した。したがってタイロッドは定着断面における曲げ変形による塑性化と破断荷重の減少を考慮し、適当な破壊安全係数を用いて全強設計法によって設計するのが適当と思われる。
- (3) タイロッド本体のねじ部 (ウィット並目ねじの場合) の曲げ引張りにおける破断荷重については切削とか転造というようなねじの加工方法による有意差は認められず、また、ねじの谷径が棒径部の径を下回る場合には正常に定着した場合でもねじ部で破断した。したがって、ねじ部の設計はねじの加工方法によらずその谷底径で行なう在来の方法は適当と判断してよい。
- (4) 在来の方法によれば、ジョイントピンは単純な 2 面せん断を受け、せん断強度は引張強度の $1/\sqrt{3}$ 倍に等しいとして求めた設計荷重がタイロッド棒径部の破断荷重より大きいことを条件として設計されている。実験結果は、ピンの破断荷重はその材質や形状によって多少相違するが、かなりの精度で上述の設計荷重と一致することを示し、在来の設計方法が妥当なことを実証している。
- (5) 本体リング部およびリングプレートの破壊試験を行なった結果、載荷方向に直角な最少断面における引張破壊および載荷方向の最少断面における局部的な圧潰を伴う破壊のいずれかが生じ、材質や熱処

理条件等によって破壊の様相が異なることが判明した。引張破壊の場合の破断荷重は平均強度を用いて計算した最少断面の設計荷重とよく一致して、在来の設計方法の適用性を実証している。しかし、後者の場合の破断荷重は引張り破壊の破断荷重を下回り、さらに在来の設計方法にはこれに関する規定を欠き、設計方法の再検討の必要なことを示唆している。

- (6) ターンパックルの破断荷重は平均引張強度を用いて計算した最少断面の設計荷重ときわめてよく一致し、この種の従来の設計方法の適当なことがわかる。

参 考 文 献

- 1) 運輸省港湾局編, “港湾工事設計要覧”, 日本港湾協会, 1959年6月, pp. 188~192
- 2) 運輸省港湾局編, “港湾構造物設計基準”, 日本港湾協会, 1967年4月, pp. 8-4-16~8-4-18
- 3) 運輸省港湾局編, “鋼矢板施工基準”, 日本港湾協会, 1968年
- 4) H. Reissner und Fr. Strauch, “Ringplatte und Augenstab,” Ingenieur-Archiv, IV Band, 1933, S. 481~505
- 5) Joseph Mather, “über die Spannungsverleitung in Stangen-Köpfen,” Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens,
- 6) 柴原正雄, “連接棒端部の応力に関する一考察”, 日本機械学会論文集, 18巻75号, 1952年, pp. 34~40
- 7) 柴原正雄, “ローラーチェーンリングプレートの強さについて (第1, 2報)”, 日本機械学会論文集, 23巻135号, 1957年11月, pp. 798~810
- 8) 赤塚雄三, “高張力タイロッドの曲げ引張特性について”, 土木学会22回年次学術講演会, (広島), 1967年5月, pp. IV-39-1~4,
- 9) 山本 晃, 他編, “ねじ便覧”, 日刊工業新聞社, 1966年6月, p. 491
- 10) “プレストレストコンクリート設計施工指針”, 土木学会, 1961年8月, pp. 13~14
- 11) 稲垣伍三郎, 江上種一, “黒心可鍛鑄鉄の耐食性について”, 日立評論, 45巻6号, 1963年6月, pp. 111~113
- 12) 未公開資料, “タイロッドの性能開発および確保のための基礎研究—II”, 三菱製鋼KK, 研究報告66-4, 1966年5月, 25 pp.

(1968.6.24 受付)