

1.1. 鋼管仮設工作物

産業安全研究所 内 山 和 夫

はじめに

近年仮設用工作物（仮設建物、鋼管足場等）に対する鋼管の利用は著しく多い。鋼管の利点を挙げると断面が円形閉断面である為現場に於ける取扱いが便利であること、簡単な金具を用いて組立て、取毀しが容易であること、更に力学的には捩り剛性が大きく、どの横方向に対しても等しい曲げ剛性をもっていること等である。此等の利点から今後益々鋼管の需要は増加するものと思われるが、それについては検討すべき点が多く今後の研究に俟つ所が大きい。以下主な問題を掲げて検討を加える。

(1) 鋼管材料について

JIS G 3440には構造用炭素鋼鋼管として11種の鋼管を規定している。(表-1) 此等の中仮設用として最も多く用いられているのは、STK 41、STK 51の2種である。JIS A 8951には鋼管足場用として此の2種を規定している。(表-2)

(表-1)

種 別	記 号	化 学 成 分 %				
		C	Si	Mn	P	S
1種	STK 34				≤0.05	≤0.06
2	STK 41				≤0.05	≤0.06
3 甲	STK 30	≤0.10	≤0.35	0.25~0.60	≤0.040	≤0.040
乙	STK 40	≤0.10	≤0.35	0.25~0.60	≤0.040	≤0.040
4 甲	STK 38	≤0.20	≤0.35	0.25~0.60	≤0.040	≤0.040
乙	STK 45	≤0.20	≤0.35	0.25~0.60	≤0.040	≤0.040
5 甲	STK 44	≤0.30	≤0.35	0.25~0.60	≤0.040	≤0.040
乙	STK 51	≤0.30	≤0.35	0.25~0.60	≤0.040	≤0.040
6	STK 48	0.25~0.35	≤0.35	0.30~0.80	≤0.040	≤0.040
7	STK 55	0.30~0.45	≤0.40	0.40~0.80	≤0.040	≤0.040
8	STK 62	0.45~0.55	≤0.40	0.40~0.80	≤0.040	0.040

第2表 足場用鋼管 JIS A 8951

種 類	記 号	化 学 成 分					機 械 的 性 質		
		C	Si	Mn	P	S	引張強さ kg/mm ²	降伏点 kg/mm ²	伸び%
2 種	STK 41	—	—	—	≤0.05	≤0.06	≥41	≥24	≥23
5 甲	STK 44	≤0.3	≤0.35	0.25~0.6	≤0.04	≤0.04	≥44	≥27	≥22
種 乙	STK 51	≤0.3	≤0.3	0.25~0.6	≤0.04	≤0.04	≥51	≥36	≥10

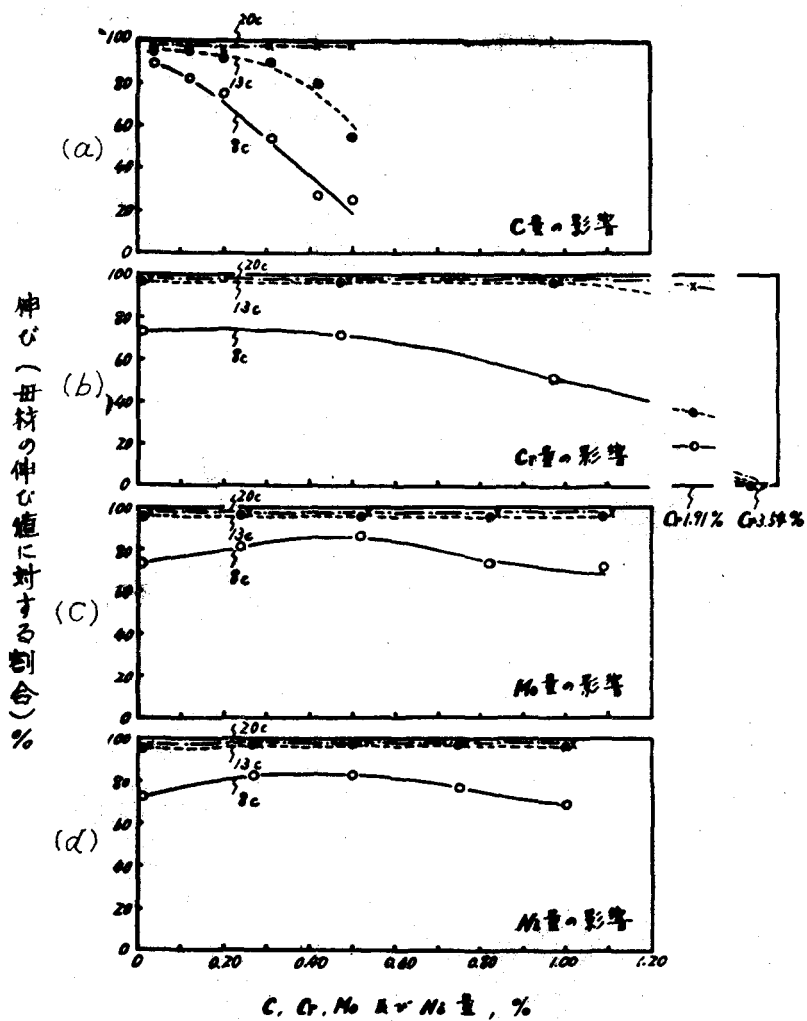
此の中STK 41は「日本建築学会 鋼管構造計算規準」に於いて推奨されている鋼材であるが、STK 51は除外されている。STK 51は(表-1)に示す如くC含有量が0.3%以下で非常に多

く溶接構造を建前とする鋼管構造では溶接性に難点がある。一般に市販の高張力鋼や溶接構造用圧延鋼材ではC含有量の上限は殆どが0.18%に押えてあつて Mn 、 Si 等の量を増すことによつて抗張力を上げ併も溶接性を悪くしないようにしてある。C含有量の多い鋼材は抵抗溶接によつて鋼管に成形する場合（電縫鋼管）や出来上つた鋼管に溶接を施す場合、充分その溶接性を検討する必要がある。電縫鋼管を製造する場合、特に重要な問題として次の3項をあげることが出来る。

- (1) 溶接による急熱急冷と硬化
- (2) 大電流の短時間に於ける突合せ溶接性
- (3) 降伏点の高低と成形の難易性

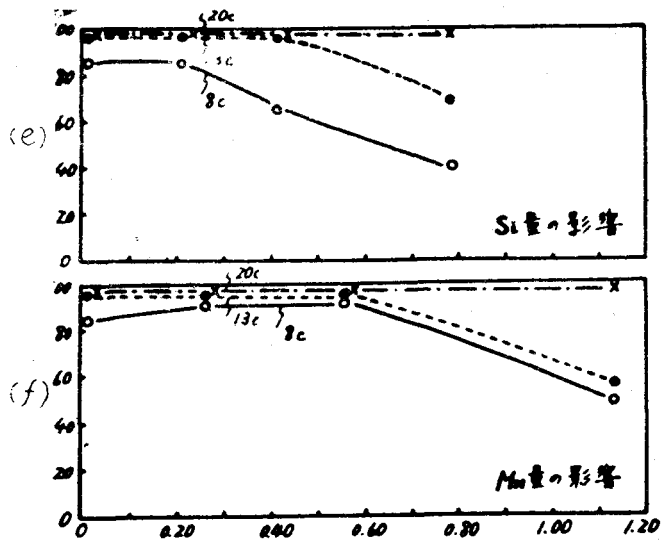
(1)、(2)は溶接性の問題であり、(3)は抗張力に関する事項で、何れも含有化学成分と密接な関係をもつ。此等は特に高張力鋼の鋼管の製造で重要な問題である。抗張力を上げる最も簡単な方法はC含有量を増加することであるが、Cが多いと溶接により溶接部が硬化して延性が低下し、又冷却中龜裂が発生し易い。特に冷却速度が急の場合硬化が著しい。従つて溶接性を悪くしない為には、Cの代りに Mn 、 Si 等の量を増して強度を保つ方法がとられている。 Si に比較すると Mn 量を増加させた方が溶接性への影響が少ない。(図-1)はSeam Weldingと同様に大電流を短時間に通電した突合せ溶接部の伸び率の変化をC、 Mn 、 Si 、 Mo 、 Cr 、 Ni の各含有量について実験した結果である[※]。此れからもCの代りに Mn を増した方がよい事がわかる。

※ 長谷部茂雄（住友金属KK） 溶接工学講習会テキスト（未刊）



母材の伸び値に対する割合を示した引張試片の伸び値に対する割合の影響

(図-1)



(図 - 1 の 続 き)

又溶接電流が少ないと電流サイクルの零点位置は不溶着部として残留し易い。此れは後で熱処理を施しても除去することが出来ない。従つて適切な電流値で溶接が進行することが必要である。此の様な Seam Welding の溶接部の試験方法として扁平試験がある。溶接部に最大引張応力が作用する様に溶接部を側方にして圧縮試験を行うと、溶接線に添つて割れが発生する。溶接部の硬化が大きい程脆く割れ易く又電流サイクルによる不溶着部があると、そこが切欠きとなつて割れ易い。STK 51 鋼管の扁平試験では規定の圧縮高さ内で脆く割れた例が認められたし、更に曲げモーメントが作用して屈服現象を生ずる際、溶接線が最大引張応力を受ける位置にあり、脆く開口した例も認められている。(表-3)はSTK 51 鋼管の突合せ溶接継手の引張試験結果であるが、低水素系溶接棒以外ではすべて溶接部から破断している。破断強度は母材と殆ど大差ないが伸びが著しく減少し、硬化による延性低下の著しいことを示している。

第3表 STK 51 鋼管の突合せ継手試験結果

種類	径	厚	溶 接 部	破 断 強 度	破 断 ケ 所	伸 び	備 考
A	4	8.6	2.4	イルミナイト系 (ton) 19.8	溶 接 部	(%) 11.3	数値は試験体 3ヶの平均
B	"	"	高酸化チタン系	20.7	3ヶの中1ヶ母 材他は溶接部	—	"
C	"	"	低 水 素 系	20.4	母 材	32.2	"

STK 51 鋼材の製鋼では出来るだけ C 含有量を下げることが望ましいが化学成分分析試験結果では 0.3 % のものが相当量多い。単管足場用の如く溶接を施さない鋼管でも C 含有量の多い場合は Seam Welding に於いて既に溶接による欠陥を伴ない易い。

溶接部に龜裂があり、又甚しく硬化していても強度的には相当の耐力を示すのが一般である。然し此等の欠陥は応力集中を生じ易く又溶接継目に応力が繰返されると欠陥が進展して極めて脆く破壊し、耐力の低下も著しい。従つて溶接性に問題のある鋼管の使用に際しては充分慎重でなければならない。

(2) 継手及び接合部

単一鋼管を用いて足場、作業床、仮建物等を組立てる場合鋼管の継手及び接合部には継手金具、緊結金具等を用いる。又溶接によつて作られた基本枠組や梁等を上記の金具で結合して工作物を組立てる場合もある。此等の金具の使用は仮設用工作物の一特色で極めて簡単に組立、取毀しが可能な利点がある。然し構造的には鉋節や溶接と異つて継手や接合部の応力の伝達が完全でないので重量用構造物には適しない。以下其等の性状について述べる。

(a) 継手金具

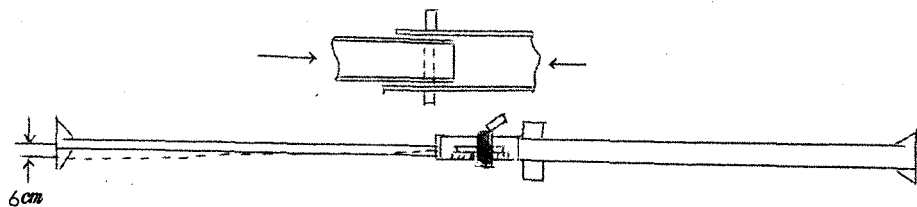
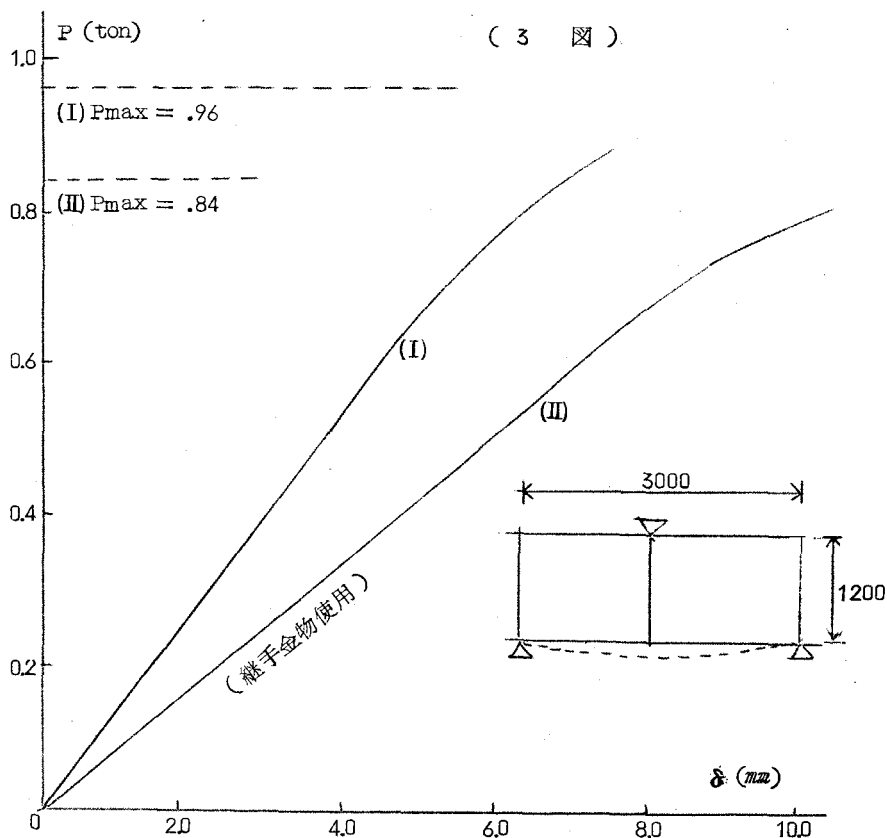
単一鋼管を突き合わせて結合させる金具で下図の如く摩擦形と剪断形との 2 種がある。此等の金具は鋼管に作用する引張、圧縮、曲げ、剪断の各応力を伝達しなければならない。金具の許容耐力については J I S A 8951 に規定されているが、特に重要な応力は曲げの場合で、継手の結合が不完全でガタがあり撓み変形が大きい。此れを圧縮材に用いると元撓みを助長し座屈耐力を低下させる。J I S 規格では連続材の場合と比較して 2.25 倍の撓みを許容しているので重要な柱、梁（足場では礎地、布）材に使用する場合、部材の中央に継手を設けることは禁止すべきで出来る限り節点に近くとらねばならない。此の場合当然圧縮耐力が低下し、又撓みが大きくなる。



(図 - 2)

(図-3) は枠組足場の実験結果であるが、荷重 0.6 ton に於ける継手全物の継手は溶接継手に比較して撓みが約 1.55 倍大きい。従つて J I S 規格は相当過大の撓みを許容していることになる。継手金具の一種にパイプサポートに用いられるピンがある。(図-4) 参照。

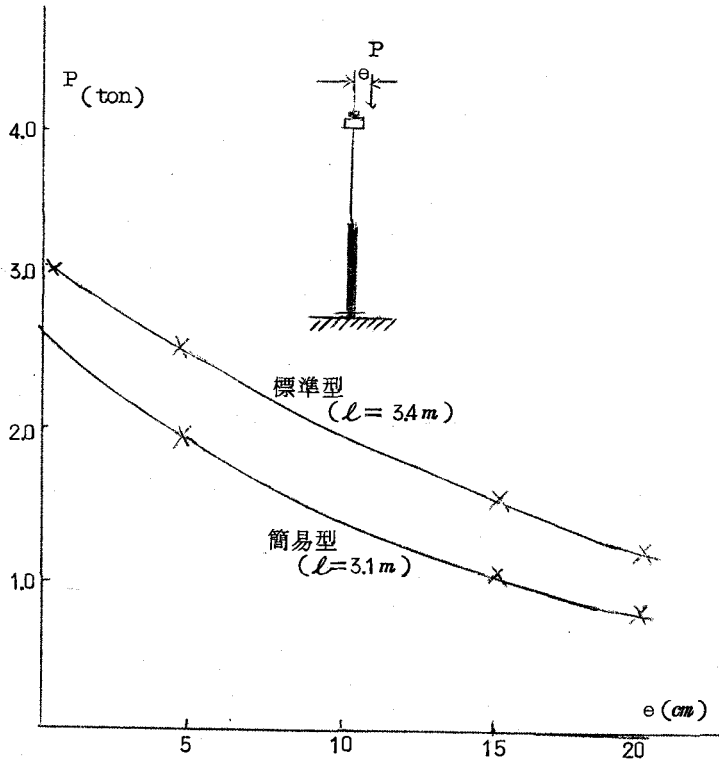
下部の太径鋼管 (5.9.9 ~ 6.3.5) と上部の細径鋼管 (4.8.6 mm) は図の如き径約 9 mm のピンを挿入して結合され圧縮荷重のみを支持する。従つて両者の間隙は 4 ~ 5 mm あり、このガタを少なくする為に不完全なガタ止めが設けられてある。然し最大長さ 3.4 m に伸ばした際、図の点線の如きガタは端部で 6 mm までは許されている。J I S 規格では長さ 3.4 m の圧縮試験で最大耐力 4 ton



(図 - 4)

を規定し、更に許容耐力として 1.5 ton を基準としてある。圧縮試験結果によれば、4 ton 以上の耐力を示すものが多いと報告されているが、此の数値は現場の使用状態を考慮すると設計荷重を定める基準としては大して意味をもたないと思われる。圧縮試験では中心荷重をかける為のセットがむずかしい。ましてパイプサポートの如く中央部分にガタのある場合はセットの状態では圧縮耐力は著しく相異なる。実験室で可及的にガタを修正して 4 ton 以上を示しても、JIS で許容されている前記 6 cm のガタを許せば (図-6) から 2.5 ton 前後を示すものと予想される。更に現場の施工状態では両端がピンに近い支持の場合もあるので 1 ~ 2 ton 程度の耐力の使用状態が多

いと思われる。筆者の行つた実験結果を（表－４）に示す。試験体 1、2、3 は鉛直支持でチャッキで加圧した結果であり、試験体 4、5 は水平に支持しピン穴線を側方にして行つた結果である。最大荷重 3.4 ton はピン受けの鋳物のリングが割れた為である。ピンは荷重 2 ton 附近で曲がりはじめ 3 ton では著しく曲がる。ピンの耐力からすれば 2 ton が限度であり、更に現場の支持状態を考慮すると J I S 規準の 1.5 ton は必ずしも安全値ではないと考えられる。従つて施工に際しては必ず中間支点を設けて補強するか、或いは許容耐力 1.0 ton と安全側にとるのが適当と思われる。又パイプサポートで支持した床版の崩壊事故調査では、パイプサポートの細径管（S T K 5 1）のピン穴の位置で殆ど曲げ変形を伴わない破断を示した例が極めて多い。（写真－２）此れは圧縮荷重で曲げ変形を生ずる際ピン穴が切欠きとなつて応力集中を生じ受軸応力状態の為変形が拘束されて脆性破断を生じたものと思われる。静荷重の場合にも暫く観察される。

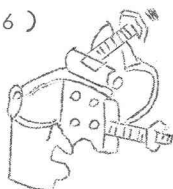


（図－５）

表 - 4

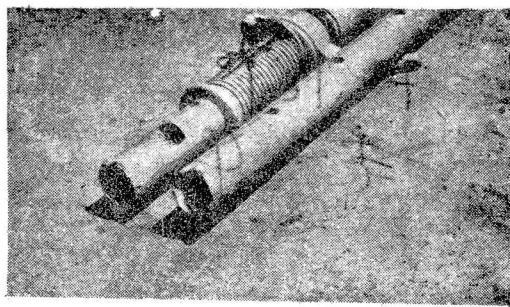
	耐 力 (ton)	
1	1.7 (曲げ破壊)	}
2	2.2 "	
3	2.4 "	
4	3.0 "	}
5	3.4 (リングわれ)	

(図-6)



(b) 緊結金具

ある角度で交差する鋼管を結合するには (図-6) の如き緊結金具 (クランプ) を用いる。緊結金具には交差角度を自由に換えることの出来る自在クランプと、直角に固定された直交クランプとあり、我国でも数種をあげることが出来る。其等の殆どは 3mm 厚程度の鋼板をプレスして図の如く成形しこれを 2 ケ溶接やリベット、ピン等で結合させたものである。鋼管との接触面は此等の壁面や

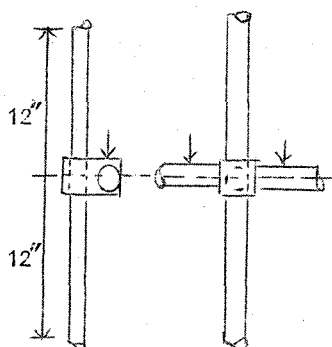


リブの小口等で、ナットを締付ける事により摩擦抵抗を生ぜしめ、荷重を支持するようになっている。締付けは通常手で行うので個人差はあるが、滑り試験を行つて見ると荷重初期から筒形部分が変形を生じその為に摩擦面が減少する。その変形の増大につれて締付けが弱いと滑り始める。金具の筒形部分は薄鋼板で成形されているので、リベットやピン又は溶接部が剪断又は曲げで破壊する以前に変形で破壊を生じ易い。

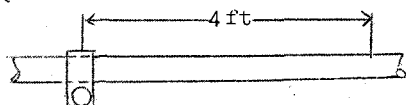
締付金具の試験方法は英国の規格[※]では次の 3 種の中(1)、(2)、又は(1)、(3)の何れかを行うことになっている。

※ British Standards Institution 1951; Metal Scaffolding
British Standard 1139

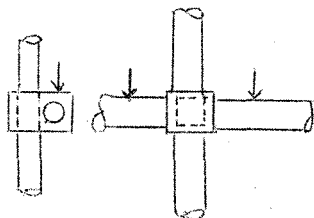
(1) 変形試験



(2) 回転試験

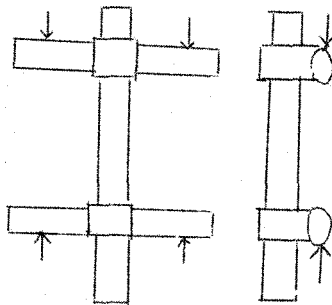


(3) 滑り試験

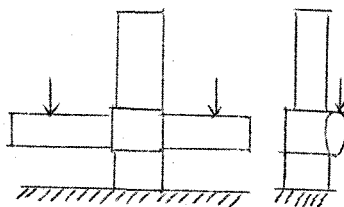


我が国では、J I S A 8 9 5 1 に次の2種が規定されている。

(1) 滑り試験

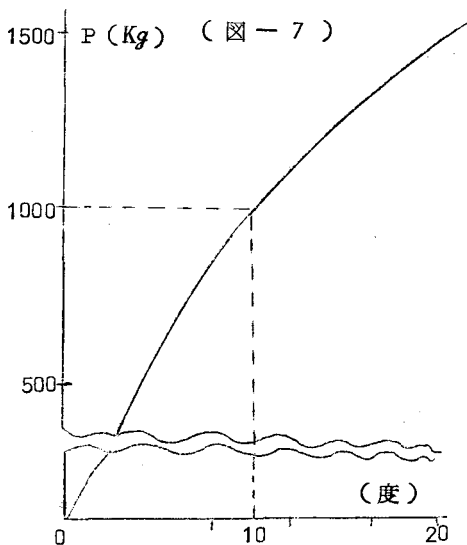


(2) 変形試験

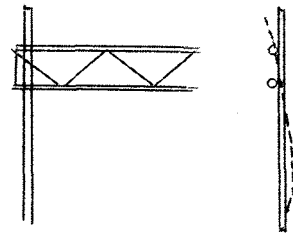


図示の試験体は何れも金具には荷主が偏心に作用し、剪断と曲げ変形が生ずる。(2)の変形試験は変形のみを測定する為に滑り止めを施してあるが(1)の滑り試験は純粹の滑り試験でなく回転変形が伴う。併もアムスラー試験機等を利用すると試験体の設置が極めて困難でうまく行かない。筆者は

此の試験装置を考案試作中であるが、試験方法としては、(1)、(2)の何れか一種を行つて滑りと変形の両者を同時に測定した方が簡単であろうと思つている。締付金具の変形は下図の如くで荷重と荷重点のパイプの回転角とを図示すると(図-7)の如くなる。JISでは自在形の場合回転角 10° で750Kg以上且つ最大荷重1ton、直交形で1ton以上且つ1.5tonとしてある。



(図-8)



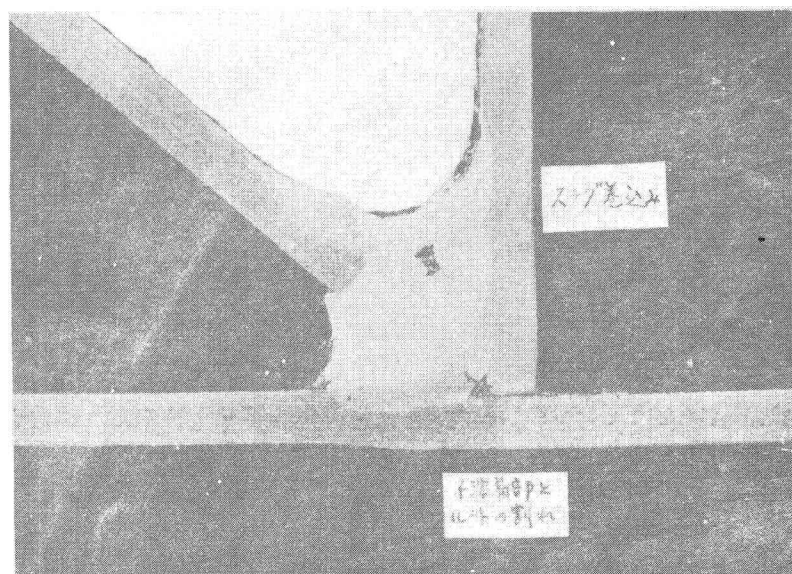
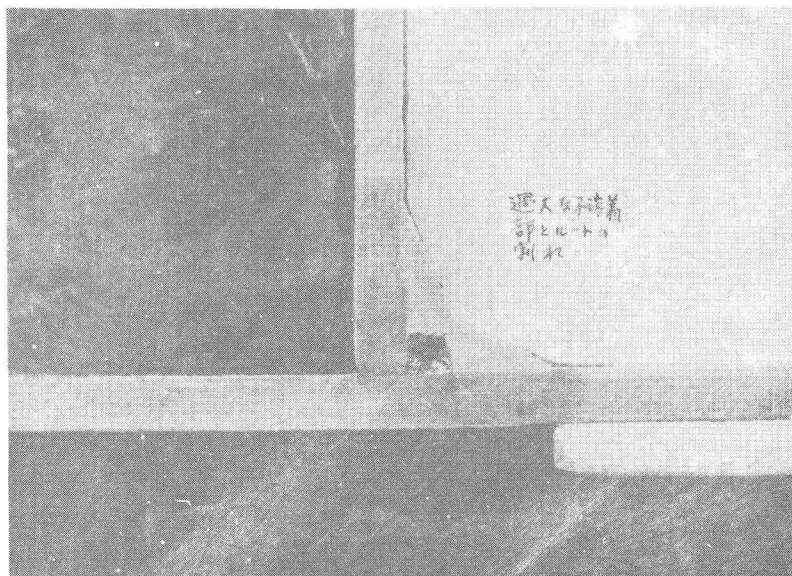
若し此のような荷重が作用すると図-7から明らかなように金具には大きな永久変形が残留し、又繰返されると変形が増大し、ナットを締付けても充分な摩擦面がえられなくなる恐れがあるので注意を要する。

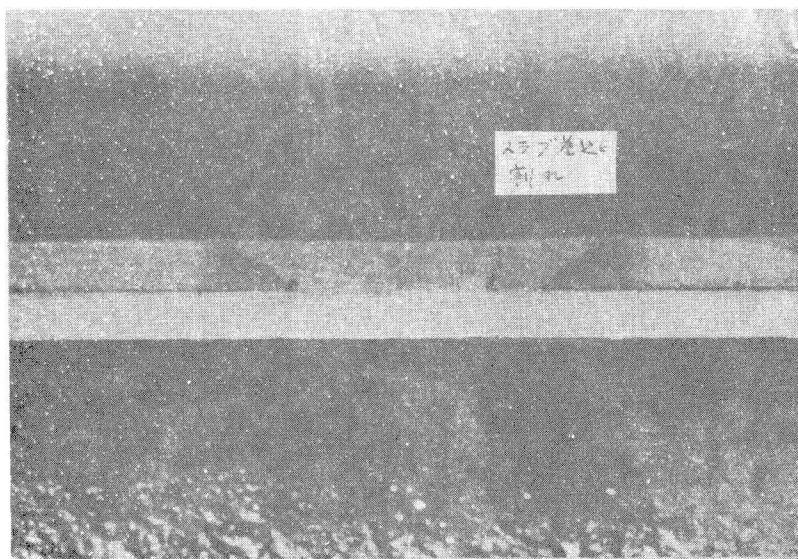
柱梁の接合部に図示の如くクランプを用いると梁の剪断力が柱に偏心荷重として作用し、柱に柱梁面外の曲げを起させる危険がある。剪断力の大きい場合は柱の検討が必要になる。

(3) 溶接について

鋼管材料の溶接性については前述したが現在仮設工作物に用いられている溶接の施工管理について述べる。前述の如く鋼管構造は溶接構造とも云うべく溶接なくしては組立てが困難なケ所が多い。鋼管の溶接は平板の溶接と異なり曲がりがあり且つ薄板である。従つてJISの一種一級の外にフレア溶接に習熟していなければならない。然し乍ら溶接施工の現状は著しく粗雑であり、適当な溶接規準も示されておらず、指導も行われていない。溶接は鋼管構造の生命であるので溶接工の技倆の向上と係員の適切な指導管理を特に希望する。溶接技倆と関係して溶接部の加工は重要な事項である。現在一般にはガス切断後グラインダーをかける方法が行われているが加工が適正に行われていないと溶接はうまく行かない。下の写真は枠組足場の溶接部の腐蝕試験結果を示す。此等からも明らかなように、仮設関係の溶接技倆は相当低い。関係者の溶接に関する関心と熱意がないと鋼管仮設工作物の将来は期待することが出来ない。







おわりに

以上仮設工作物の設計施工に関係ある事項の一部を述べたが今後此種の工作物が益々広く使用される傾向にあるので適切な設計施工に関する規準が必要である。特に従来の溶接、リベット構造物と異なり、継手はクランプ、ボルト等の使用が主であり繰返し使用の礎前があるので検討すべき問題が多い。当研究所では此種の工作物に関する規準作成を計画している事を附記する。