

表1 鉄構製品生産量の推移

(単位:千吨)

摘 要	35 年	36 年	37 年	38 年	39 年	40 年
鉄 骨	753	1,226	1,244	1,335	1,665	1,705
鉄 塔	51	65	79	111	76	93
橋 梁	67	89	151	237	216	197
水 圧 鉄 管	11	12	16	17	10	9
水 道 鋼 管	8	34	22	47	75	60
タ ン ク	85	111	107	123	168	96
水 門 扉	15	15	14	17	16	16
計	990 (100)	1,552 (156.8)	1,633 (164.9)	1,887 (190.6)	2,226 (224.8)	2,176 (219.8)

注) 出所:鉄骨,鉄塔,橋梁は,工業統計表(品目協)による.

水圧鉄管,水道鋼管,タンク,水門扉は機械統計年報による.

表2 主要業種別鉄工業生産指数の推移

(35年=100)

摘 要	35 年	36 年	37 年	38 年	39 年	40 年
産 業 総 合	100	119.3	129.1	142.1	166.2	174.1
電 力	100	116.2	123.9	137.8	155.7	166.0
鉄 鋼	100	126.1	125.5	140.4	172.8	172.0
機 械 工 業	100	129.0	145.0	159.5	194.0	198.8
(一般機械)	(100)	(128.5)	(141.0)	(154.4)	174.1	174.1
(電気機械)	(100)	(131.7)	(150.9)	(159.8)	(188.3)	176.0
(輸送用機械)	(100)	(127.5)	(143.4)	(164.7)	(226.9)	258.0
化 学 工 業	100	113.8	130.0	152.7	178.9	208.0
石油・石炭製品	100	120.1	135.0	159.8	184.5	209.7
鉄 構 業	100	156.8	164.9	190.6	224.8	219.8

表3 鉄構製品輸出実績(37年~40年累計)

(単位:屯)

区 分	鉄鋼製貯蔵タンクおよび類する容器	鉄鋼製構造物	鉄塔および部材	橋梁および部材	水門および部材	水圧鉄管	計
東南アジア	55,710	52,017	23,832	14,038	3,062	6,830	155,489(70.0%)
中 東	20,023	3,229	629	0	0	0	23,881 (10.7)
南 米	1,668	8,349	2,221	1,119	187	679	14,223 (6.4)
カ ナ ダ	0	0	687	0	6,072	0	6,759 (3.0)
南 阿	1,486	4,280	0	0	0	0	5,766 (2.6)
豪 州	0	1,859	905	0	0	0	2,764 (1.2)
U. S. A.	0	0	0	0	1,054	0	1,054 (0.5)
そ の 他	6,766	1,490	3,555	785	289	0	12,885 (5.6%)
計	85,653	71,224	31,829	15,942	10,664	7,509	222,821(100%)

注) 出所:日本貿易年報により作成.

表4 普通鋼鋼材部門別出荷量比較（昭和40年度）
（単位：千屯）

区 分		40 年 度	
		数 量	構成比
国 内	販 売 業 者	8,365	27.6%
	建 設 業	2,445	8.2
	小 計	10,810	35.8
	（うち鉄構業）	(2,176)	(7.1)
	鉄 鋼 業	3,745	12.4
	自 動 車	1,100	3.6
	船舶製造修理	2,371	7.8
	産業用機械	602	1.9
	電気機械器具	591	1.9
	そ の 比	2,669	8.9
	計	21,888	72.3
輸 出		8,410	27.7
総 計		30,298	100

注) 1. 出所：通産省

2. 鉄構業への出荷は、主として販売業者と建設業のなかに含まれているが、（ ）内数字は39年度の生産量を用いた。

公共企業体、総合建設業者、一般 user 等多岐にわたる点がまず第一に注目される。このことから発注の多様性がもたらされ、規模の大小さまざまなことは勿論、需要家によって品質・コストに対する要請の質的な差が生ずることが多く、これに発注主の多彩な嗜好等が入り乱れて、製品の内容をいやが上にも複雑なものとしている。さらに、一概に鉄構製品と称しても、建築と橋梁、あるいは鉄塔、管槽など品種の相違によって、業界のしきたり、製品に対する諸規準、構造物としての基礎条件が若干異なり、これらの要素も十分に汲み取らねばならないのが通則である。つぎに、メーカーについては、月産500tonに満たない零細中小メーカーを底辺として鉄骨、橋梁、製缶等の専門メーカーや、造船などの兼業メーカーがあり、さらに最近では製鉄メーカーの進出も予想され、その形態は多岐にわたっている。売上高20億以上の大メーカーは、企業数においては全体の1.5%程度であるが、これらによって全生産重量の50%以上の Share を占めていると推測され、この業界における企業集中の程度がうかがわれる。現状では、合理化を困難にしている企業数の多さも、将来零細企業がクラフト的行き方あるいは部品加工メーカーとしての下請的行き方に徹して逐次整理され、また、中堅以上のメーカーがなんらかの形で企業集中を行ない、製造工業としての地位を安定化する方向へ向うならば、現在の一律に付加価値の低い、悪

平等、悪循環的な業界の姿もやがて改善されて行くものと考えられる。このためには、もちろん、全般的に、企業としての技術性を高め鉄構業界そのものの社会的地位の向上をはかる必要があることはいうまでもなからう。

2-3 製作の基準

注文主が多岐にわたるため、注文主の要求が統一され難く、一方、LR, AB, のごとき中立の authorize された検査機関が確立されていない。このため施工基準が確立されていないか、また、規準が制定されていても、中小の技術的に低位のメーカーをも対象に入れて作製されているため、一般的で、かつ各種の解釈が成立し得るような規定事項が多くなる傾向にある。さらに、自己のペースおよびフィールドにおいて施工できないことから、勢い必要以上に高い精度を出さざるを得なくなり、これが慣例となって、注文主側の要求精度も適当に高くなっているような場合がある。一方、技術的には、加工度の低い単純なものが多い中に、高精度のものがまじっており、さらに、低合金鋼等を使用して現場溶接を行なう等、高い技術を要請されるものも混在しているのである。このような複雑な施工条件の中ではあるが、最近日本鋼構造協会が設立されたこと、そうしてこうした機関によって業界の技術的な思想統一と規準の整理が進められていることなどは、新しい動きとして注目すべきであろう。

3. 鉄構製品の技術的趨勢

鉄構業は、最近構造物の大型化ならびに生産量の伸びによって、近代化の門出にあるといえるが、本章では大型構造物の例を2, 3紹介するとともに、各種鉄構製品についてその技術的趨勢を述べることにする。

3-1 建築鉄骨

建築鉄骨は鉄筋コンクリートから鉄骨・鉄筋へ、さらに、純鉄骨構造へと進んできた大型化、あるいはカーテンウォール方式による近代化と云った傾向とも結びついて、構造形式を合理化していく傾向が強いといえる。特に、ビル鉄骨を中心とするラーメン構造における仕口の改良、大型工場鉄骨の柱、クレンガーダー等は、溶接構造による合理化の著しいものといえよう。一方、使用鋼種の面では、従来の鋼板、形鋼に加えて鋼管、H型鋼、T型鋼、軽量形鋼等が著しく伸びており、特に、圧延H型鋼は、種類、用途、寸法範囲も拡大され、その応用例は急増して行く傾向にある。加工、溶接等の固有技術面においては、大型溶接構造物の現場継手のメタルタッチの要請から端面切削機が、また、H型鋼の端面切断用として大型切断機械が導入されている。一方、溶接技術面では、従来独自の技術を開発することがなかったが、仕口構造のブロック継手あるいは現場継手用として、図1

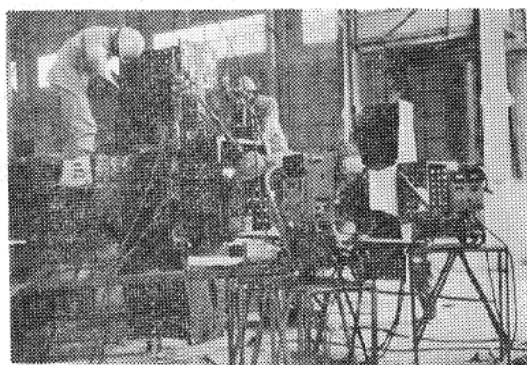


図1 ビル鉄骨仕口構造における消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接の適用

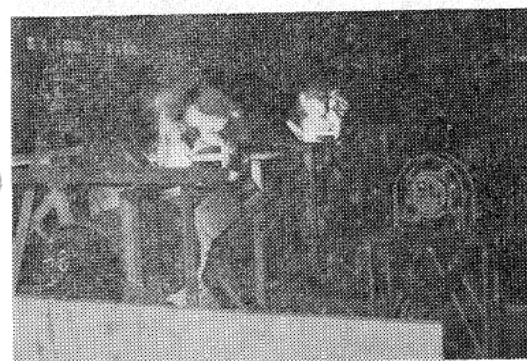


図2 鉄骨柱における無被包アーク半自動溶接の適用

に示すように消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接が急速に普及し、この面においては、他業界に先鞭をつけている。また、現場接合技術としての高力ボルトの開発も著しく、当初使用された摩擦接合のみならず、支圧接合、引張接合の適用も具体化しつつあり、とにかく、高力ボルトの使用は、超高層ビル鉄骨の現場継手では必要条件

とさえなりつつある。この他、図2に示す無被包アーク溶接等の半自動溶接の採用およびその現場溶接への適用についても積極的である。建築鉄骨界における近來の大きな変革は、量的にも質的にも、その大型化と平行して展開され、とくに図3に示す三井霞ヶ関ビルを始めとする超高層ビルの実現によって、益々、その傾向に拍車がかけられているのが現状である。周知のことく、数年前より都市過密化が大きな問題となり、これを積極的に解決するものとして超高層ビルの必要性が叫ばれ、建築基準法の改正が行なわれて、39年11月以降高さ31米を超える建物を建てるのが認可されるに至った。また、技術的には、構造面の研究の結果、柔構造方式の採用が可能となり、建設資材面でも鉄鋼メーカーによる超高層ビル用ロールH型鋼の開発、部品の規格化、量産化がはかられ、超高層ビルの経済性が一段と高められた。このような背景のもとに、超高層ビル建設計画は雨後の筍のごとく、数多くの超高層ビル鉄骨の出現は、鉄骨メーカーの体質を大きく変える要素を持っており、とくに、圧延H型鋼の大巾採用による部材、接合形式の共通化によって、合理化した集中加工方式がとれるようになり、さらに、自動化等、製造工業として高いレベルの技術性を持ち得る場を提供しており、これらによって、従来の鉄構企業にはなかった高精度かつ多量生産方式への移行が可能となりつつある。参考までに、現在伝えられている建設計画のうち、一応高さ70米を超えるものを拾ってみると、表5に示すとおりとなる。すなわち、万国博が開催される昭和45年には、相当数の超高層ビルが完成し、偉容を誇ることとなる。また、高さ100米を超えるビルでは、所要鋼材重量1万屯を超えるのが普通であり、この意味で超高層ビル計画は、今後鉄鋼産業、建設産業に巨大な

表5 超高層ビル計画一覧表(高さ70m以上)

摘 要	高 さ	地上階	完成予定年月	建設場所
大日本インキ本社ビル	74.8m	18	42年9月完成	東 京 都
第 一 生 命 ビル	75	18	42年10月完成	神 奈 川 県
三 井 霞 ヶ 関 ビル	147	36	43年3月完成	東 京 都
大阪卸売センタービル	77.9	20	44年6月	大 阪 市
東京海上火災ビル	129	32	45年	東 京 都
帝 国 ホ テ ル	111.5	26	45年	〃
世界貿易センタービル	152	40	44年6月	〃
神戸商工貿易センター	100	26	45年	神 戸 市
住商電々竹平ビル	104	21	44年10月	東 京 都
朝 日 生 命 ビル	112	31	44年末	〃
富士フィルム本社ビル	76	18	44年4月	〃
ホテル・ニューオータニ(新)	(未定)	40	47年	〃
朝 日 東 海 ビル	118	29	45年	〃
ホ テ ル ・ プ ラ ザ	78	32	45年3月	大 阪 市

市場を提供するものと云えよう。

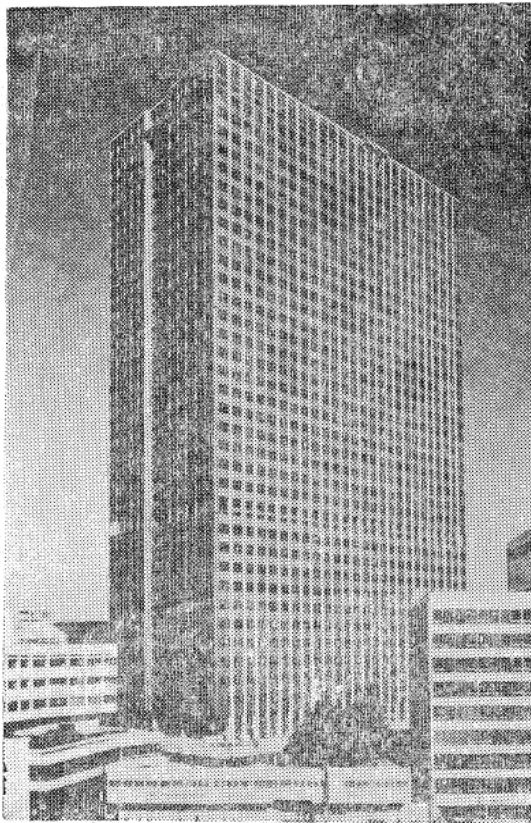


図3 超高層ビル鉄骨（三井霞ヶ関ビル）

3-2 鋼管構造

トラス構造部材として、断面の等方性を有する pipe を使用することは、耐挫屈性能の上で極めて有利であり、従来この種構造物に多い angle 等の部材に比べて相当な重量軽減をもたらすことはかなり以前から明らかであったが、ただ鋼管構造特有の接合の困難性によって、最近まで仮設構造物以外の適用例は比較的少なかった。しかし、この問題が pipe 切断機の開発と溶接の適用によって克服され、名実ともに構造部材の軽量化と経済性が実現するにおよんで、本格的な溶接鋼管構造物として、工場、倉庫、塔、体育館等（図4～図6）へ著しく進出しつつある状況は周知の通りである。鋼管構造は元来、ドイツのマンネスマン社等で開発されてきたものであるが、わが国独自の技術開発によって、現在では、欧米の水準を凌駕するに至っており、その実績は、高く評価されている。鋼管構造の適用範囲も、当初の接合の困難性が克服されてから、却って接点構造の複雑な立体構造や大スパントラスにも簡便な接合方式が提供されることとなり、この結果最近では、鋼管構造は、経済的で優美なトラス構造として適用範囲の広い構造形式となりつつある。また、鋼管構造は、生産技術上、規格寸法の鋼管を用いる

ので、標準化が容易であり、さらに、トラス構造の場合、軸線設計が進められるため、立体的な接合部の寸法が数値化しやすく、現図工程も計算技術によって咀嚼され、機械による加工の合理化、治具による定品質の製品の製造も具体化しやすく、流れ作業システムあるいは自動化

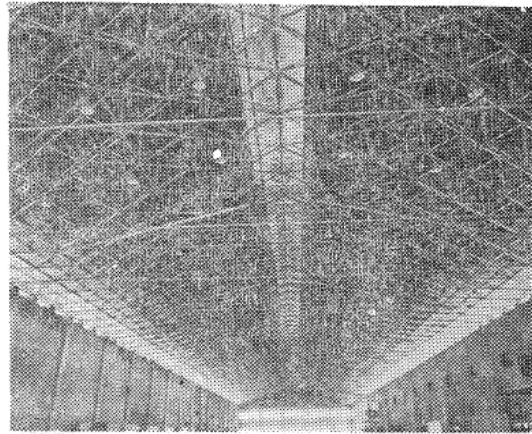


図4 鋼管立体トラスのすぐれた特長を生かした倉庫建屋

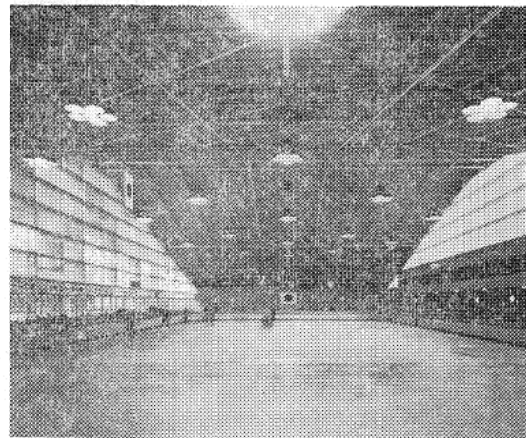


図5 鋼管構造により空間と美観を利用した体育館

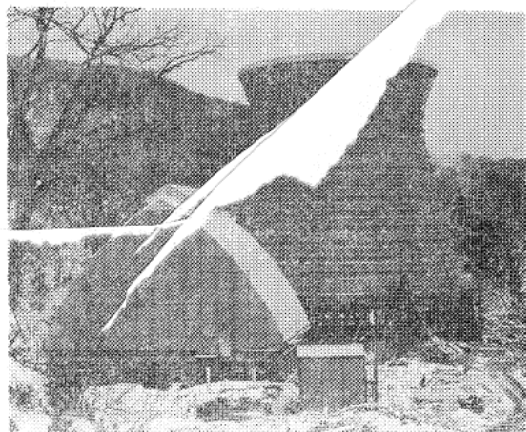


図6 発電所の冷却塔に用いられた鋼管構造

が容易である等、将来の合理化が最も進めやすい部門と考えられている。

3-3 橋梁

最近における橋梁形式は、使用鋼材の高強度化と溶接技術の適用によって大きな変化をきたしつつある。先頃まで小スパンのものはI桁であり、やや大スパンとなればトラス桁に限られていたが、I桁がコンクリート合成桁から連続桁、それも高張力鋼を組合せたハイブリッドな桁となり、さらに、box 桁の出現によって、トラス橋の分野はより大スパンの側へ押しやられる結果となっている。一方、大スパン構造としては、トラス橋の他、アーチ橋、長大スパンにおける吊橋が急速に脚光を浴びつつある現状である。橋と道路の関係について云えば、昔から橋は真直に作られるものと思われてきたが、最近では、橋が曲げて架けられる傾向にあり、curved 橋が増加している。これは特に大都市を中心とする高速道路建設の必要性が橋の威圧感を除去することを要請し、これが curved 橋の出現を助長するとともに、一方、高張力鋼と溶接の適用によって、ついに軽妙流麗なS字橋等まで実現せしめるに至ったものと考えられる。橋梁における技術的変革は、高張力鋼において著しいが、特に、最近のHT80の試み、耐候性鋼板の適用とめまぐるしいものがある。溶接も自動化は20%~50%程度とやや高い方であり、通常のすみ肉および突合せサブマージアーク溶接の他、ジベルにおけるスタッドボルトの一般化、半自動アーク等に積極的である。現場接合方式としては、ビル鉄骨同様高力ボルトが一般化しており、さらに大型化、特殊現場環境等の条件に応じて架設工法は種々開発されている。一方、パイプアーチ橋等の出現は、構造美を尊ぶ橋梁の世界の一端を示すものである。先頃までの複雑

なトラス橋の幾何学的美に代って、技術の進歩を裏付けるかのように単純明快な造形美を示す橋が多くなった。

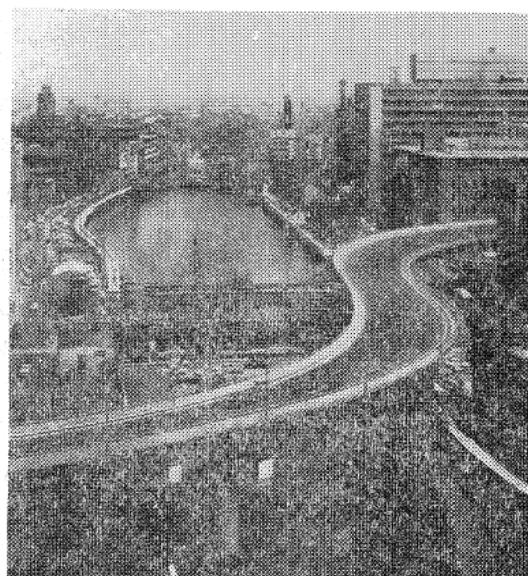


図7 大阪堂島川上に架設されたS字橋

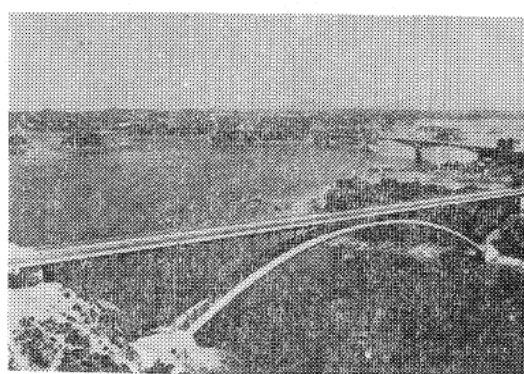


図8 天草と九州を結ぶパイプアーチ橋
(天草5号橋)

表6 本州・四国および本州・九州間連絡橋の計画概要¹⁾

橋 梁 名		橋 梁 規 模 (km)	最大支間長 (m)	鋼材使用量 (ton)	コンクリート 使用量 (m ³)	工 期 ²⁾ (年)
関 門 連 絡 橋		1.4	712	28,000	160,000	6
本 四 連 絡 橋	Aルート (神戸—鳴門)	7.1	1,514	381,600	1,571,200	14
	Bルート (宇野—高松)	15.1	1,362	1,034,700	3,507,200	19
	Cルート (日比—高松)	7.4	1,362	432,400	1,857,100	17
	Dルート (児島—坂出)	8.7	1,111	310,600	1,181,300	11
	Eルート (尾道—今治)	11.4	1,010	358,500	1,372,300	10
Verrazano Narrows		4.2	1,298	195,000	519,000	9.2

注) 1. 本四国連絡橋については、建設省、運輸省、鉄道建設公団発表資料「本州・四国連絡橋の工費・工期」による。

2. 工期は、調査、準備および実工事期間の合計を示す。

大スパンにおいて、これを無理なく表現するアーチ橋においても、パイプアーチは一層きわ立って現代的感覚を満してくれる。

一方、最近における橋梁の技術の進歩は、わが国の体質をかえ、地域経済の結びつきを密にする必要上、本州、四国、九州相互間を結ぶ流通経路の短縮が要請されている。このため、海を跨いで各地域を結ぶ長大スパンの吊橋架設計画が順次具体化される見通しとなってきた。現在、計画されている本州、四国ならびに本州・九州間連絡橋の主なものは表6のとおりである。まず、昭和43年度着工を目されている関門連絡橋（メインスパン712米で世界第9位）があり、引き続き本四連絡橋がいよいよ日程に上るものと考えられている。本四連絡については、図9に示すごとく5つのルートが候補にあがっているが、ルートの決定および着工年次は、今なお未定であり、近い内に、明石ルートか坂出ルートのいずれかに決定される運びとなっている。かりに、明石ルートを例にとると、メインスパン1,514米で、現在、世界最大であるベラザノ・ナロウズ橋（ニューヨーク）の1,298米を悠に上回る世界最大橋となる。その建設期間も約14年を要するといわれ、使用鋼材重量でみると主塔、ケーブル、吊構造物などを合せて約40万屯に達する大工事になる。

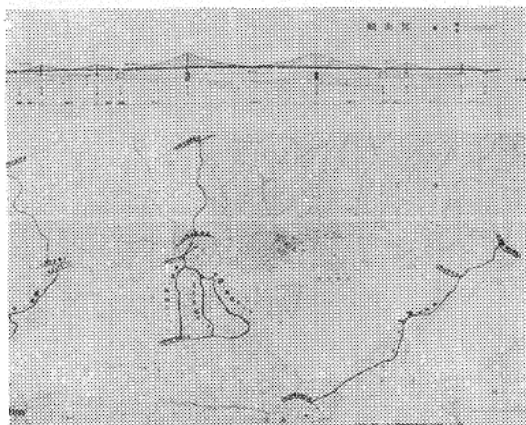


図9 本州・四国連絡橋架設計画ならびに明石ルート道路橋の計画図

3-4 圧力容器

構造用高張力鋼が実際の溶接構造物に本格的に使用されるようになったのは圧力容器および艦艇においてであり、とくに圧力容器用の構造用材料としては、高張力鋼を使用することが、現在ではすでに常識となっている。最近の傾向にみられるように石油化学工業の著しい発展に伴って、石油貯蔵用タンクから始めて、LPG, LNG, LMG, と次第に高度のものが製造されているが、これらタンク群は、造船におけるタンカー、コースタルタンカーに対応して受入基地、地方基地を構成するもので、

造船・鉄構両関係技術者の鋼材、加工、溶接技術面での交流・協同研究が各発展段階で行なわれてきた。まず、都市ガスに代るものとして、液化石油ガスが急速に伸び、いわゆるLPG貯蔵用の高圧球型タンクが実現した（図10）。わが国の高圧球型タンクにおける著しい特徴は、これが高張力鋼の発達と期を一にするところである。すなわち、鋼材の降伏強度が、そのままタンク設計強度として適用できる点、高張力鋼によるタンク本体の板厚軽減は著しく、タンク容量の大型化にともなって高強度の高張力鋼が導入されてきた。この高張力鋼利用の実績は、他の構造物に先がけて経済性を発揮できたため、わが国の高張力鋼生産の伸びに大きく寄与している。

一方、貯蔵タンクの溶接施工技術面における最近の特徴としては、自動溶接の採用があげられよう。図11は建設中の117,000kl大型貯油槽を示すが、これの側板の溶接に図12および図13に示すように、消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接（最大単位溶接長9m）およびサブマージアーク溶接を採用し、継手性能と溶接能率の向上に威

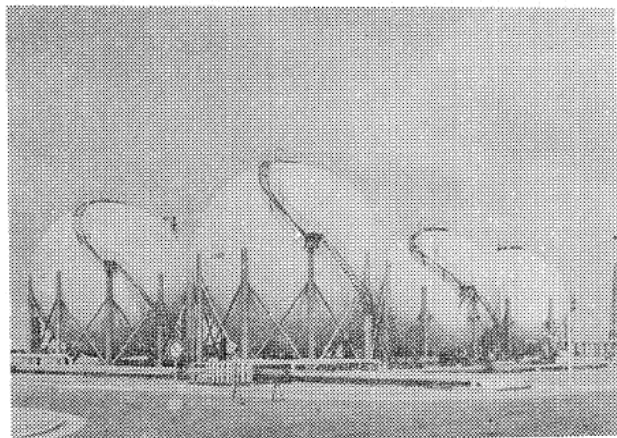
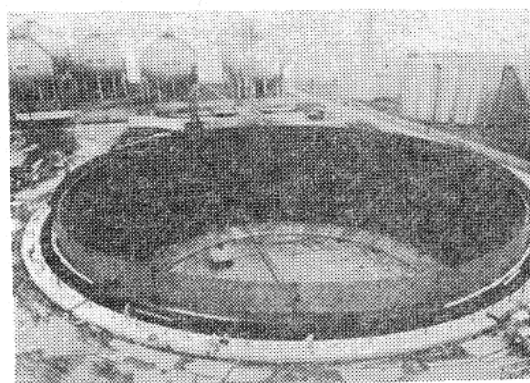


図10 LPG 球型タンク群の全容



容量 117,000 kl
内径 61m
高さ 41m（地上部21.9m）
側板材質 HT60 t=10~47mm,
SS41 t=10mm

図11 建設中の浮屋根式円筒形貯油槽

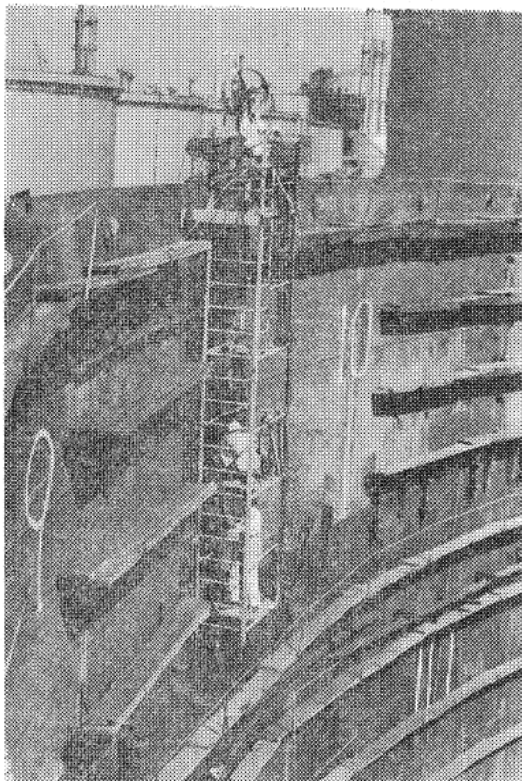


図12 側板ブロック縦継手の消耗ノズル式
エレクトロスラグ溶接状況

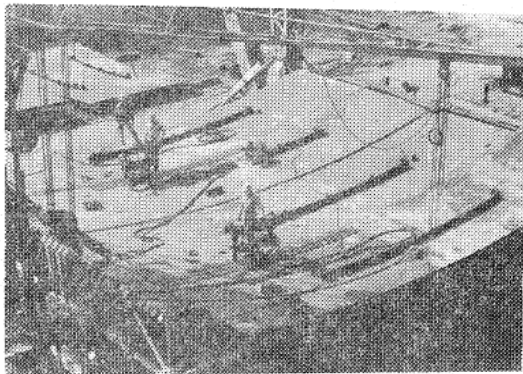


図13 側板ブロック円周継手のサブマージ
アーク溶接状況

力を発揮している。

また、球型タンクにおいては、図14および図15に示すように、1965年、わが国においてはじめて調質 HT-60（板厚38 mm）を使用したプロパンタンクの球殻板の縦継手の一部にエレクトロガス溶接を採用した実績がある。

このように、材料および溶接技術の進歩はタンク界においてめざましいものがあり、今後もますます技術の高度化の傾向が強くなっていくものと考えられる。

さらに、研究開発面における最近の特徴としては、とくに造船関係技術者の低温脆性破壊強度に関する研究があげられ、これによって各種低温貯蔵タンク製造技術が

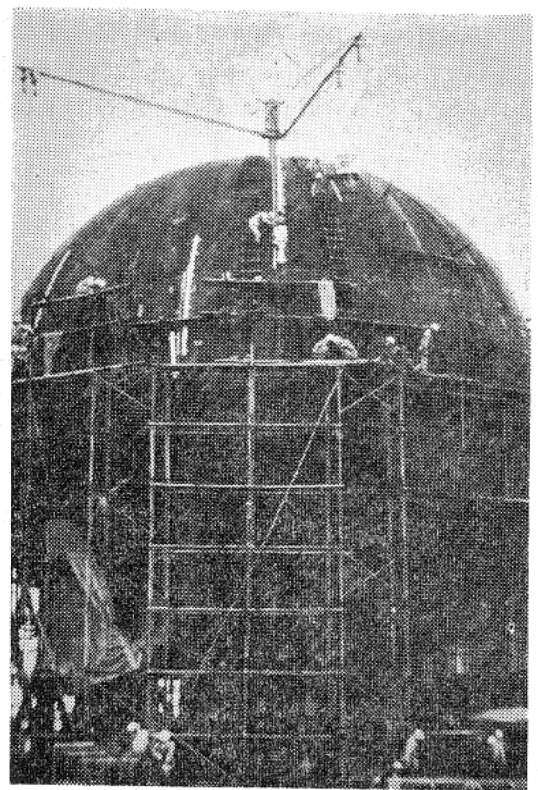


図14 3,000M³プロパンタンクにおけるア
ッパーリング (HT 60 t=38mm)
のエレクトロガス溶接状況

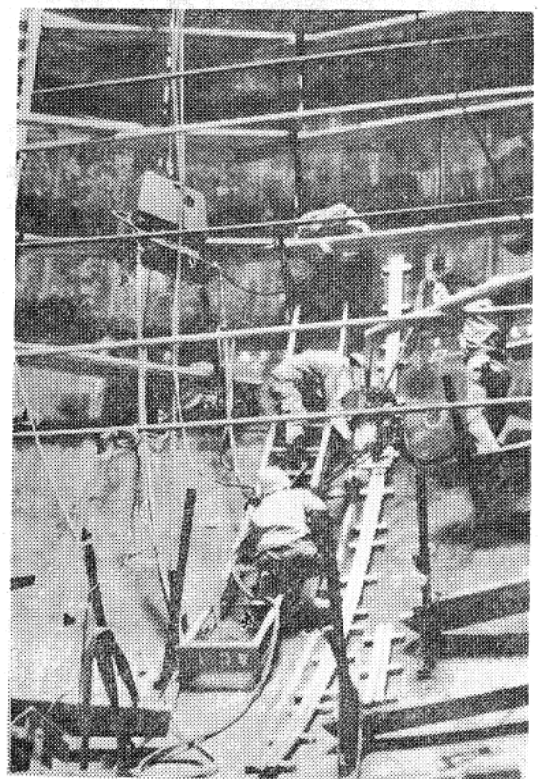
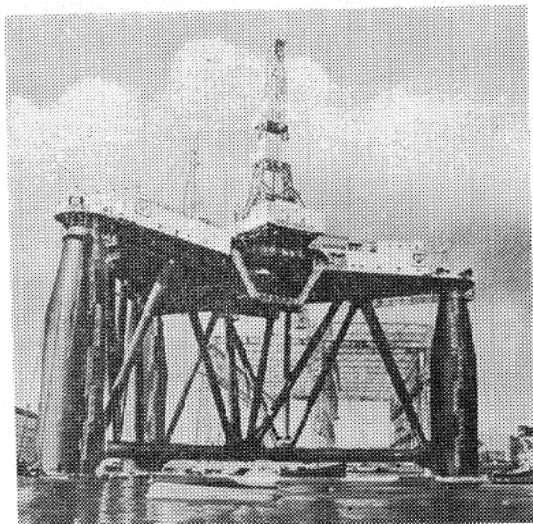


図15 3,000M³プロパンタンクにおけるロ
アーリング内面 (HT60, t=38mm)
のエレクトロガス溶接状況

大いに進歩し、大容量の LPG 低温貯蔵タンクが Al-killed 鋼, 2.5% Ni 鋼等を使用して開発され、最近では、9% Ni 鋼を使用した低温液化酸素貯蔵タンクも製造され、さらに、LNG, LMG 用の低温貯蔵タンクも実現しようとしている。

3-5 海洋構造物

中近東における石油の海底よりの採掘や、地海における天然ガスの採掘に始まって、資源の開発は、陸から海底へと変わってきており、今後、石油を始めもろもろの鉱物資源の開発は、大陸だなを中心に行なわれる時代が来るものと予想される。このための機械製作は、大型の鉄構造物製作技術のほか、若干の船舶製造技術をも必要とするため、今やこの分野は、造船兼業メーカーにとって恰好の開発対象プロジェクトとなりつつある。特に図16に示すように海底油田掘削装置には使用鋼材重量数千吨に達する大型のことが多い。



プラットフォーム：一辺96mの正三角形
脚：直径10.5m
長さ42m
全高：48.7m
掘削能力：6,000m

図16 海洋構造物（大陸棚油田掘削装置）

海洋開発の目的を大きく分けると第1は魚類、植物な

どの水産資源、鉱石、石油、ガスの鉱物資源、あるいは、またすでに実用化されている潮汐の流れ、波浪のエネルギーを利用して行なう潮汐発電といった海洋資源の利用。第2は現在神戸市が建設中の人工島のような過密化した人口問題、土地問題に対処するための海上都市、海上空港、あるいは海底に沈埋トンネルを敷設する海底道路などの輸送ライン、海底タンク設置による貯油基地とか、海中公園、海中ホテルなどのレジャー産業にまでおよび海洋環境の利用。第3は最も広い範囲にわたる軍事的利用の三つがあげられる。このように海洋開発に関連する産業はきわめて広範囲であり、この研究調査開発ならびに海洋資源の開発利用の実施には多額の資金が必要とされ、政府の強力な指導、援助が必要であることはいうまでもない。

4. あとがき

以上のごとく鉄構業界は、超高層ビル、長大橋などに代表される製品の大型化と技術の高度化、近代化という新しい波を越え、材料面、設備面、加工技術面等、実際製作上の問題点を考えて見ただけでも、かつてない体質改善の必要に迫られているといえる。

鉄構業界そのものは、長らく小規模・低品位の各種鉄構製品の downstream 的な生産形態に甘んじてきた、多分に前近代的な業界であるといえる。

ところが、最近の構造用鋼材の盛んな開発と溶接を始めとする加工技術の急速な進歩から、鉄構製品にも大きな変化がもたらされ、製品品質の面における高性能化、高精度化への動き、さらには規格化、標準化への動きも顕著に示されるようになってきた。一方、製品の規格も上述のとおり、急速に大変化しつつあり、これらの点を合わせ考えると、鉄構業が従来からの比較的小規模な企業形態で、しかも個々の企業が単独で、当面する近代化の新しい波を乗り切っていくことができるかどうか、はなはだ疑問と思われ、ここに企業体質の思い切った改善ないしは、業界そのものの再編成といったような命題が、必然の過程として浮び上がってくると考えられる。

11頁より続く

- 20) N. G. Basov, A. Z. Grasiuk et al. Doklady Akad. Nauk. USSR 161 (1965) 1306.
- 21) J. Kitazima, C. Yamanaka J. J. A. P. 6 (1967) 549.
- 22) 北島, 井沢, 山中他, 超高温研究, 5 No. 9 (1968).
- 井沢, 北島, 山中他, 電気学会, 1968年4月.
- 23) Yu. M. Popov, Appl. Optics 6 (1967) 1818.
- 24) A. B. Fowler, Appl. phys. Lett. 3 (1963) 1.

- 25) G. J. Lasher, Solid-State Electronics. 7 (1964) 707.
- 26) M. I. Nathan, J. C. Marinace, et al. J. Appl. phys. 36 (1965) 473.
- 27) N. G. Basov, Yu. M. Popov, et al. Fiz. Tverd. Tela. 8 (1966) 2816. Soviet phys. Solid-State 8 (1967) 2254.
- 28) R. Vuilleumier, N. E. Collins, et al. Proc. IEEE 55 (1967) 1420.