

アラスカ向石油パイプライン用橋脚の施工記録の概要

覚 埜 正 行¹⁾ 芝 博 敏³⁾
石 井 博 彦²⁾

今回、米国SOHIO石油会社より、川崎製鉄(株)を通じて、アラスカの石油パイプライン用の橋脚を受注し、製作を行った。架設位置は北緯70°の北極圏で、冬期では-50°C以下となる極寒地である。周知の様に、鋼材は一般に低温になると、延びが少なくなり、一瞬のうちに破壊するという脆性を示す。このため低温環境下で使用される溶接構造物では、鋼材はもちろんのこと、その溶接金属にも十分な靱性が要求されるわけであるが、とくに溶接金属はその溶接材料、溶接条件を誤ると十分な靱性が得られないという問題がある。したがって構造はシンプルであるが、完全溶込み溶接、かつ63.5mmの極厚板の突合せ溶接部の吸収エネルギーとして-45°C下においてシャルピー衝撃試験片で3.5 kgf・m が要求された。ここにこのパイプライン用橋脚の概要を示し、この厳しい要求にどのように対処したかを紹介する。

はじめに

プロジェクトの概要はすでに専門誌、新聞等を通じて公表されている北極油田からアラスカ、カナダ経由アメリカ西海岸へのパイプラインの中の一工事である。この工事は図-1に示すようにこのパイプラインのスタート地点近くのKUPARUK川を横切るための橋脚およびトラス橋である。この工事は橋脚が19基、トラス橋が16連あり、当社はこれらのうち橋脚13基(1650 t)の製作を担当した。

1. 構造概要

構造の概要は図-2に示すように円柱脚(Vertical Support Member以下VSMと呼ぶ)を地中に埋め込み、脚にトラス橋が架かり、その上をパイプラインが通る構造となっている。

柱脚は直径1219mm、肉厚63.5mm、長さ6~10mのパイプを3本継いで約27.5mの長さとなっている。受桁(Support Beam)は高さ610mm、幅1219mmの3枚腹板(2セル)の箱型断面でフランジ、腹板とも厚さ32mmの板で構成されている。ブレースング(Cross Bracing)は直径711mm、肉厚38mmのパイプでできている。また脚間隔は6400mmである。そしてVSMと受桁は密着となっている。

2. 使用材料

架設位置は北緯70°の極寒地の構造物であるため、

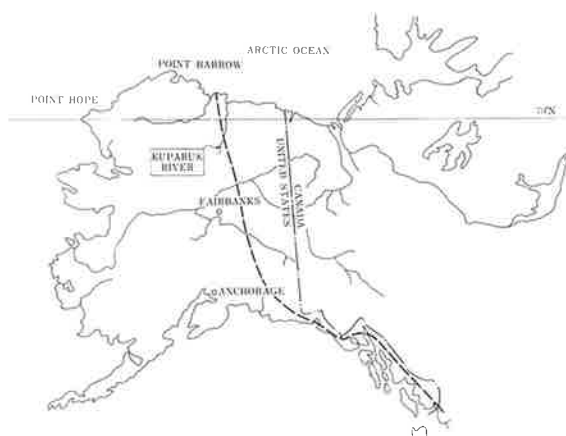


図-1 パイプライン概要図

-45°C下で吸収エネルギーとして3.5 kgf・mを確保する目的で、炭素を著しく少なくし、添加元素として、Niを多量に加えた材料が供された。VSM、クロスブレースングの管材には米国石油学会規格のAPI-5 LX-65が、受桁、クロスブレースングのガセットプレートなどの板材にはASTM-A441の材料が用いられている。これらの鋼材の特性を表-1に示す。

3. 製作

(1) VSMの製作

VSMの製作に際しては、極低温の環境下で用いられること、片脚27.5mの重量が約60トンあること、使用板厚が大きいこと、そして受桁との接合部が密

1) 取締役大阪工場長

2) 橋梁部製造課長

3) 橋梁部製造課係長

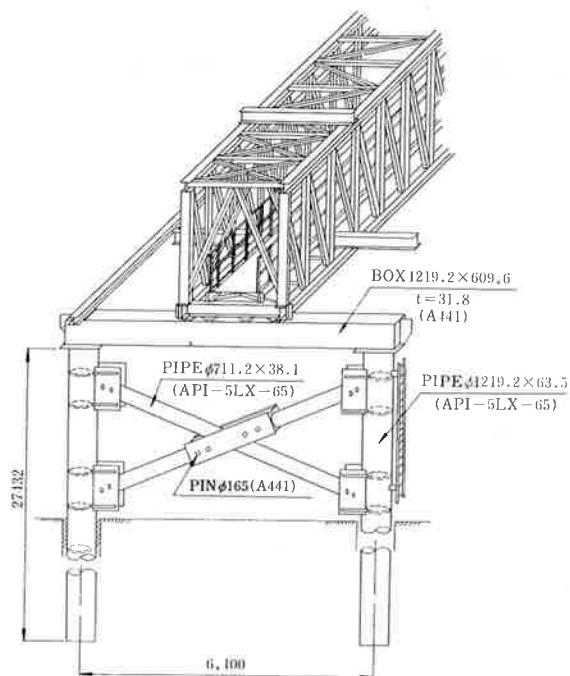


図-2 構造概要

着を要求されたこと等を考慮し、図-3に示す製作手順を採った。つまり上段部の脚にダイヤフラムを取付け、受桁との取合部のキャッププレートを取付け、キャッププレート部を機械仕上した後、中段、下段のパイプを結合して一本の脚を製作した。

写真-1にダイヤフラムの取付けに用いた治具を、写真-2に上、中、下段部の溶接の状態を示す。

(2) プレートガーダーの製作

プレートガーダーはフランジと腹板のT型継手、フランジと側腹板のレ型かど継手共完全溶込み溶接を要求されていること、VSMとの継手部が密着を要求されていることなどから、中央部から組立、溶接、矯正を繰り返し、両外面に向かって製作を実施した。この結果、ねじれの発生もなく精度が確保できた。

(3) クロスブレーシングの製作

上流側脚と下流側脚を繋ぐクロスブレーシングは写真-3に示すように直径165mmのピンを用いて結合するピン構造となっている。ピンとスリーブ管の間隔は4.8mmのためけがき、切断精度に注意を払った。クロスブレーシングの端部は矢の先端の形状をしており写真-4に示すようなガス切断による加工を実施した。

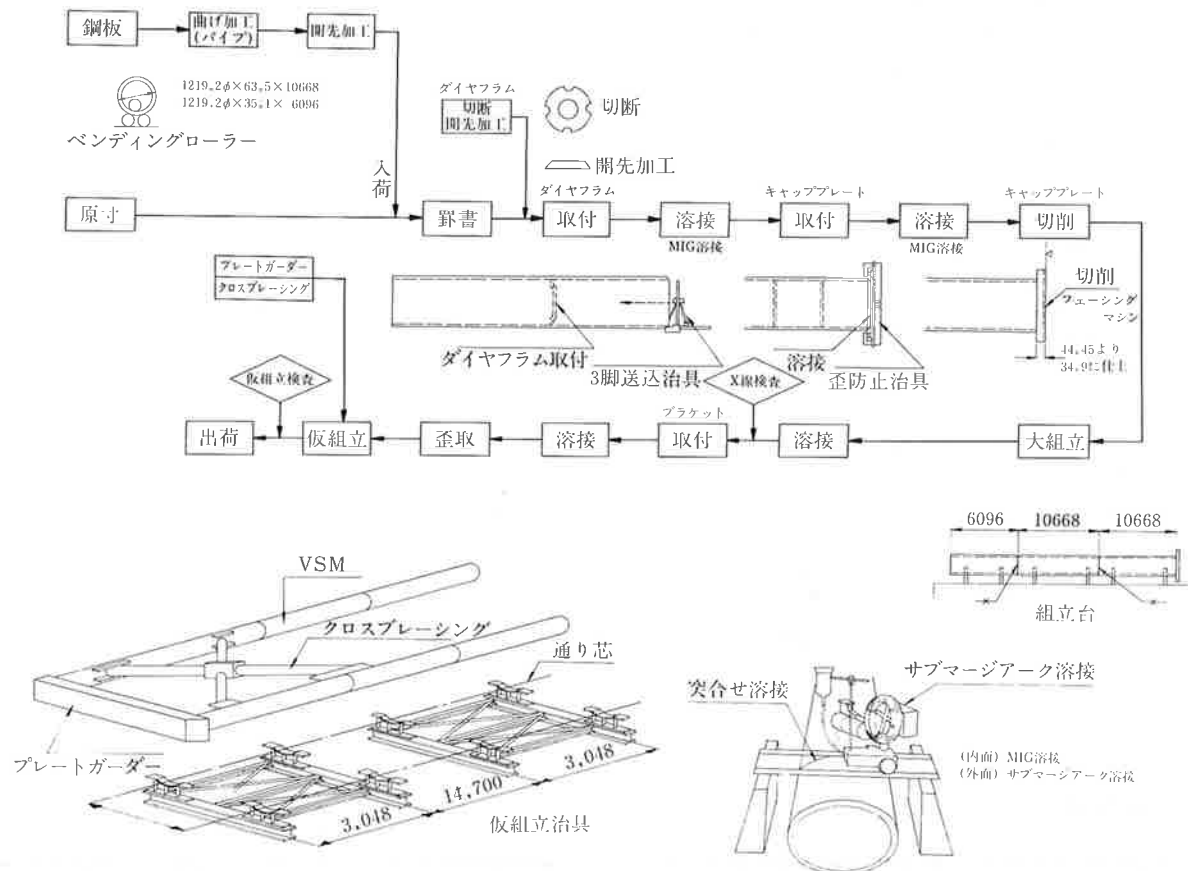


図-3 VSM製作フローチャート

表-1 使用材料の一例

材 質	引 張 試 験			衝 撃 試 験										
	降 伏 点	引 張 強 さ	伸 び	-45℃	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
API-5LX-65	kgf/mm ² 54.9	kgf/mm ² 64.2	30%	kgf-m 19.2	0.11	0.28	1.34	0.015	0.002	0.01	0.74	0.01	0.13	0.043
ASTM-A441	37.5	51.2	32	21.6	0.09	0.35	1.45	0.017	0.002	0.20	0.23	0.01	0.003	0.026

(川鉄ミルシートによる一例)

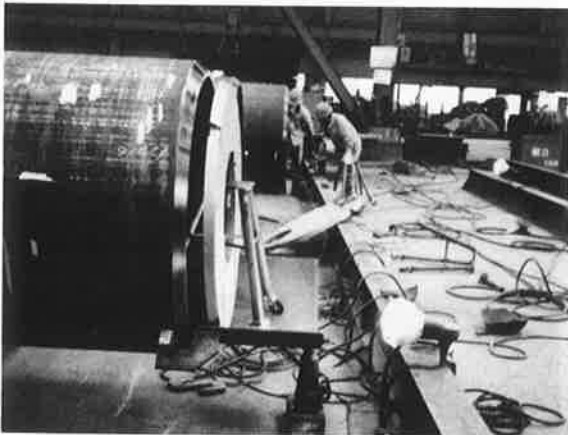


写真-1 ダイアフラムの取付



写真-2 脚の突合溶接



写真-3 クロスブレーシングのピン部

4. 溶接施工

溶接については極厚板でかつ-45°C下で3.5kgf-mの吸収エネルギーを確保しなければならないため、以下の事柄を基本的な考え方として施工した。

サブマージアーク溶接では

- ① 心線中の含有元素だけでは十分な靱性確保が困難なため、フラックスよりの元素添加を考慮しボンデッド型のフラックスを採用した。
- ② 入熱量が大きくなるとデンドライト組織となり著しく靱性が低下するため、入熱量は初層で最大42000joule/cm、2層目以後は38000joule/cm未満の多層溶接とすることとした。
- ③ パス間温度は91°C~204°Cとし靱性を低下させる結晶粒度の粗大化を抑える管理を行った。

またMIG溶接では、

- ① 被包ガスとしてAr80%+CO₂20%の混合ガスによるスプレー移行方式を採用することとした。
- ② 入熱量は13000joule/cmの多層溶接とすることとした。
- ③ パス間温度を91°C~204°Cとした。

これらのうちとくに入熱量を重視した。しかしながら入熱を低くすると溶込みが浅くなるため、突合溶接のルート部のはつり方の形状を図-4(a)のように深いU形にすると着色部のような溶込み不足の欠陥が生じること、また図-4(c)のように心線のねらい位置が適正でないと同様な欠陥が生じることなどから、図-4(b)のような形状にはつり、図-4(d)のようなねらい位置にする様細心の上にも細心の注意を払った。本工事における溶接はほとんどが完全溶込み溶接である。その代表として図-5にVSM突合溶接の溶接条件を示す。また溶接材料の特性を表-2に示す。

5. 検査

検査は突合せ溶接継手部が100%の放射線透過試験が要求された。円周継手であること、極厚板であることなどから映像の品質、能率を考慮して放射性同位元素(Co⁶⁰)を用いて検査を実施した。

仮組立は図-3に示すような検査器具を作成し、その器具に据付ければ精度が確認できる手法とした。写真-5に仮組立の状況を示す。

表-2 溶接部の特性

溶接区分	溶接法	銘 柄	引張試験 kgf/mm ²	衝撃試験(試験温度-45℃)	
				溶接金属部 kgf-m	熱影響部 kgf-m
管外面	SAW	KW-30T KB-120	63	20.7	29.9
管内面	MIG	KM-60			

(溶接施工試験結果による。)

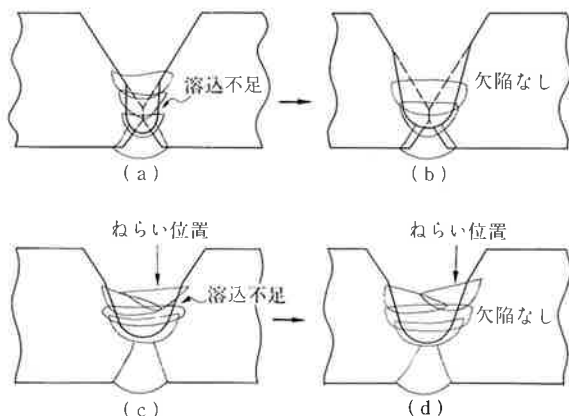


図-4 低入熱量下における形状効果

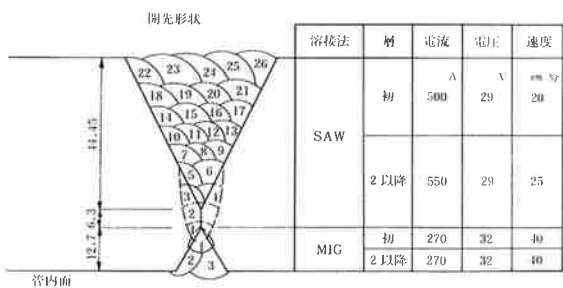


図-5 VSM突合せ溶接の溶接条件

おわりに

今回初めて極低温の環境下に設置される構造物の施工を実施し、要求品質どおりに、計画どおりに完

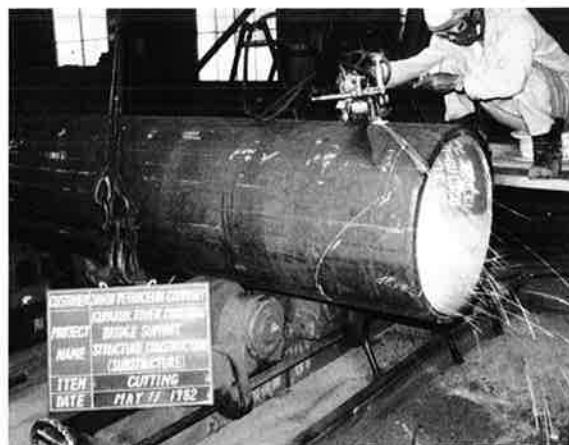


写真-4 クロスブレイジングの先端部加工



写真-5 仮組立の状況

了することができた。これはひとえに川崎製鉄株式会社の方々の御指導ならびに九州駒井鉄工所郡司敬一取締役工場長の御協力によるもので、ここに深く感謝をする次第である。今後、再びこの経験を生かせる機会が与えられることを切に希望する。