

(VI-11) 大口径海底パイプライン布設計画の基礎的研究

日本大学理工学部 会員 佐久田 昌昭
高雄市(台湾)污水处理庁 非会員 梁 家 寶
日本鋼管総合設計(株) 会員 尾 形 賢

まえがき： パイプラインを利用しての輸送は地上(気中)から海中まで、その利用空間を拡大しつつある。海水・海底の特殊条件を活用することで、地上設置では考えられないメリットを受け得ることもある。最近パイプ径も次第に大きくなり、直径1.5m以上のいわゆる“大口径”のケースも多くなった。パイプライン計画がその企画段階から設計・施工・運転(稼動)管理に至るまでの最適化計画も、その関係する因子の増大と共に複雑化して来ている。経験工学的な性格を持っている大口径海底パイプライン計画の最適化へのアプローチを、事例調査から模索した一例が本研究である。

1. 目的： 大口径(径1.5m以上)海底パイプラインの布設計画は、企画段階から各種選択肢が組み込まれ複雑化するの当然であるが、台湾・高雄市(処理済)污水放流管(径1.8m、長3.0km)計画の合理的(最適値)解法について、本実例から多くの示唆を得た。これらを整合して大口径海底パイプライン布設計画の基礎的な知見と普遍的なプロセスを総括するのが本研究の目的である。

2. 計画の概要： 海底勾配1.3%~0.6%の緩傾斜の砂地海底が対象地。砂漂流量は近岸区(離岸距離400m以内)で若干。年間季節別地形変化は比較的小。(最大)潮位差1.6m。潮流、吹送流(表面海流)の影響は調査の結果、離岸距離3.0km以上の放流の場合漂回の可能性無しと判断。台風の経路、風波事例記録により再現期100年、最大波高10m。希釈率、生態系への影響を考慮しての排出処理済放流可能汚水量年間127~70万トン。放流システムは圧力システムを選択。単管(径既述)システムを採用、放流点水深22m、管延長3.0km。パイプ内流速3.0~0.6m/sec、摩擦係数(新0.014~古0.016)。水平地震係数0.2、耐用年限50年、と設計条件を設定。

3. 材料の選択： 内外に防食設備を考慮した鋼管を選択。

4. 施工法の選択： 分段連結法を選択。管材を沈設点まで運搬し、デリック起重船(以下DC船と略記)で海底まで沈下させ、ダイバー水中作業員が管材沈下の正確な場所の指示、連結作業実施。ジョイント数減少させる為に、単位管材の長さを出来るだけ大とする。1ジョイント完成後水圧試験を行い、その結果を確認後に次のジョイント作業に入る。(特別設計のジョイントと施工機械の工夫が必要である。)放流管の埋設は予め浮き上がり・沈下及び横方向移動の可能性を検討し、将来管線埋立後の損壊を避ける為、適当な“海溝床(Trench Bedding)”を考慮する。

5. 工事費見積り： アメリカドルで計算して、 $\$14.7 \times 10^6$ 、 530×10^6 元。米国、台湾、日本の国際競争入札の結果である。埋戻し材が、土砂か砕石かの仕様の差があったが、請負契約はターンキー(Turn-key)方式。

6. 接合特別方法(その1)： (1) シートパイル打込み水道内で設計水深まで掘削(図-1 参照)。(2) #0曲げ管は暫時製作しない。

(最終工程になる。) (3) #1と#2管は先ず外海からシートパイル打込み水道まで引き入れ、進水沈下させる。その位置は#3管の設置が可能な余裕がなければならない。長さ80mの#3管を設置位置まで引き込み、吊り上げ場所にセットした後に、シートパイル杭打込み水道の広いところに石材を充填し、水道入口からの入射波を防ぎ、水

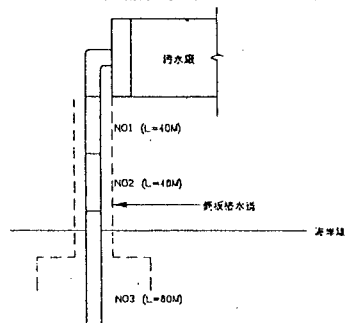


図-1 第1から第3号までの管の埋設施工図

道内を静水状態に保つ。(4) 陸上のクレーンで#1と#2管を揃えて吊り上げる。(5) #3(長さ80m)管を吊り上げた後、外海に向かって徐々に連結する。40m管を港内の仮置場から設置点までタグボートで曳く。施工場所には100TのDC船がアンカーで固定されている。DC船の両端吊りケーブルが海面上に浮くパイプを吊り上げ、盲蓋(Bland Plate)の注水バルブを開き、パイプを徐々に海底まで沈める。ダイバーは海底で接合端の盲蓋を取り外し、DC船に吊り戻した後にパイプを移動し、設置されたパイプ端部を接合する。

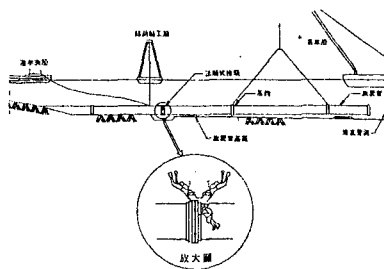


図-2 分段連接法の施工図

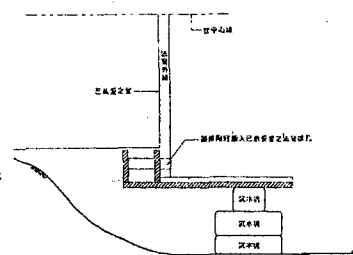


図-3 重東港湾公司研究之「接合補助装置」の設置示意图

7. 接合特別方法(その2)： 上述の接合方式の場合、パイプの一端部が海(底)床に放置され、もう一端部がDC船で吊られているので移動し易く、波によってDC船に上下の浮動、揺れが生じる。接合する場合ダイバーがボルトを閉める時、吊り上げられたパイプに微少な揺れがあればそのパワーは大きいので、ボルトが切られる。また放置されたパイプの端部のゴムウェーハが破壊し、交換する必要がある。工事の経験では4～5ヶのウェーハが破壊された。そして#4～#7管までの4ヶのパイプ連結に約1ヶ月かかった。亜東港湾工程公司の呉東明技師が開発した特別接合法では毎日1本のパイプ接合が可能。

(図-2、 図-3 参照)

8. 水圧試験： 全ての継ぎ目はX線検査と水圧試験に合格しなければならない。しかし長管の場合、試験用の給水設備の準備がむずかしい。主要な水圧試験は、(1)単管完成、(2)長管完成、(3)海底パイプライン接合3時間後。長管が完成した両端にフランジリングを設置した場合には、直接盲蓋でボルトを閉め、単管水圧試験と同様なステップで試圧を行う。しかし長管の試験用必要水量は大であるので、給水システムが困難。これらを解決する為、以下の方法で実施。(1)長管の水圧試験は単管間の溶接点の漏水試験だけを行う。(2)木口形ゴム片は内ボルトが閉められ、一つの小孔が手動式水圧試験設備と接続し、試圧を行う。フランジリング接合吊り上げ法の海底接続後の水圧試験は、(1)海底パイプを接合するダイバーは全てのボルトを閉めた後に、手動式水圧試験機の加圧進水管を圧力計の接続管をフランジリングの予備の二つの孔を通して手動加圧機で加水試圧し、リリースが無いとき接合点は漏水がないと判断。(2)パイプを一つづつ接続した後に、海底上のパイプを回転しない為に沈下し、接合された無漏水のパイプ接合点の漏水発生可能性がある。海底接合法以外に、前に接合された接合点に対しても繰り返し測圧を行う。海底土砂、石材充填でパイプ部分を埋めた後に漏水状態を検討することが非常に難しいからである。

9. コスト： 1.43×10^9 元(陸上地下大管線部分 450×10^6 元、放流場土木建設部分 380×10^6 元、放流場杭電部分 270×10^6 元、海洋放流管工程部分 330×10^6 元)

あとがき： 工事費の見積もりと全体コストの整合の説明が紙面不足で十分でない。また、事例から普遍的法則を求める経緯についても整理する必要がある。これらは口頭発表時、補完するように心掛けたい。

参考文献： (1) 呉東明、梁家寶：民国72年(1983)9月「高雄市中州污水处理場海洋放流管工程施工計画書」
高雄市亜東港湾工程有限公司社印製

(2) D.N.V. : 1976 Rules for the Design Construction and Inspection of Submarine Pipelines & Pipeline Risers.

(3) John H.N. : oct 1976 Wave Forces on Pipes Near the Olean Bottom OTC 2496.

(4) NKK : 昭和58年8月 海底パイプライン計画と敷設技術 P5～8、P13.