

## ボスポラス海峡沈埋トンネル工事における函体沈設

大成建設 正会員 ○高久 雅喜  
 大成建設 正会員 小山 文男  
 大成建設 正会員 土屋 正彦

### 1. はじめに

ボスポラス海峡横断鉄道トンネル建設工事は、2本の海峡連絡橋の慢性的な交通渋滞の緩和を目的として、全長13.6kmの鉄道トンネルを建設するものである。このうちの海峡横断部沈埋トンネル工区は全長1.4kmで、11函の函体を沈設・水圧接合した。沈設場所であるボスポラス海峡の最大設置水深は-60mであり、また最大潮流速が5knotで、上層と下層で潮流の流れの向きが異なるという厳しい条件下での施工となった。本稿では、沈埋トンネル工事のうち函体沈設について概要を報告する。

### 2. 施工条件

ボスポラス海峡は黒海とマルマラ海を結ぶ海峡で、国際航路となっている。航行船舶(1,000~100,000GT)は約130隻/日である。さらに、施工場所のUskudar(アジア側)とSirkeci(ヨーロッパ側)はフェリー(300~1,000GT)の往来が頻繁で、約1,100隻/日が運航する。国際航路については、工事期間中は時間制限による一方向航行とし、沈設日の係留作業(約6時間)のみ航路を閉鎖した。

ボスポラス海峡の流れは、黒海から南へ向かう淡水系(最大流速5knot)の上層流とマルマラ海から北へ向かう塩水系の下層流(最大流速)の二層流となっている。また、その流速はマルマラ海・黒海まで含めた気象からの影響を受けて変わりやすく、潮流と言いながら規則的な潮止まりは無い。

施工水深は、図1に示すように、E11地点で約-42m、E03地点で-60m、E01地点で-58mであり、米国のBART(-40.5m)に代わり世界最大水深の沈埋トンネルである。

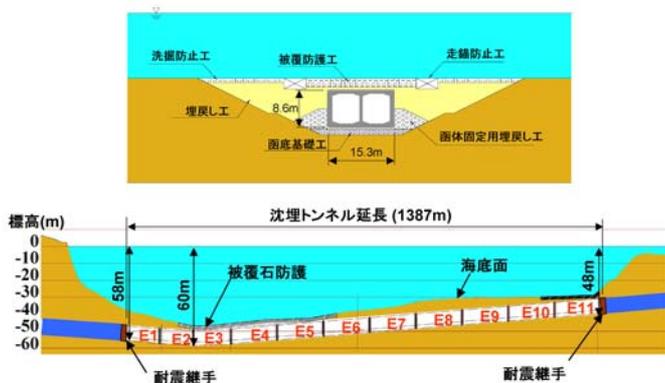


図1 沈埋トンネル横断・縦断面図

### 3. 沈設システム

世界最大水深、ボスポラス海峡の厳しい海象条件下での施工のための、3つの特徴的な沈設システムについて紹介する。

- ① 潮流予測システム：沈設工は、海峡部から約40km南方の最終艀装ヤードから曳航を開始し、沈設が終了までに約36時間を要する。沈設は潮流速度3knot以下の条件で行うため、沈設に先立つ曳航開始時点で沈設時の流速を精度良く予測する必要がある。ボスポラス海峡の流れは、上述したように不規則であり、潮汐のみに基づく流況予測では実用上不十分なため、気象予測に基づく潮流予測システムを開発した。本システムは、流速、水位、気圧、風の常時観測値と気象サービスから得られる風、気圧の予報値から将来の流況をリアルタイムで予測するものであり、予測値は現地の流況を精度よく再現できた。
- ② プレーシングバージ(写真1参照)：函体の沈設は、上記の施工条件を踏まえ新造した双胴船のプレーシングバージ(長さ90m、幅39m、設計荷重吃水2.0m)により、行った。巻き能力70t~25tのウインチ13基を搭載し、3knotの潮流に係留可能なシステムである。また、2つのガーダに2基ずつ沈設ウインチを配置しており、1基当たり250tの吊り能力を有する。

キーワード ボスポラス海峡、沈埋トンネル、沈設、大水深、潮流予測

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設(株)土木本部プロジェクト部 TEL03-5381-5281

③ 位置誘導システム：位置誘導システムとして、2つのシステムを用いた。1つはマルチビームソナーとGPSを組み合わせたシステムで、水平精度±1.5m、鉛直精度±0.2m（水深60m）であり、函体からの距離が10mまでの誘導を行うものである。もう1つのシステムは、水中3次元計測装置で、2系列で構成された超音波測定システムを用いて、精度±26mm（端面距離1m）で、函体接合時に使用した。また、これらのシステム以外に、水中カメラによる視認とダイバーによる接合状況の最終確認を実施した。さらに、函体の横断方向位置調整については、設置ガイドを設け、新設・既設函の相対位置が横断方向±35cm以内になると誘導される構造とした。



写真1 プレーシングバージ

4. 沈設概要

図2に示すように、最終艀装は製作ヤードから10.8km離れた海上ヤードで、誘導システム、バラストタンクシステム、方向修正架台等の取付・調整を行い、試験沈設により函体およびシステムの最終確認を行った。



図2 函体曳航ルート

沈設作業の各スケジュールについて、函体E10とE01の実績を表1に示す。E10の沈設作業では、曳航開始から水圧接合完了まで約39時間（予定36時間）を要したが、システムの改良、作業の習熟等により、E01では約22時間に短縮することが出来た。

表1 E10とE01沈設スケジュール

作業項目	E10		E01	
	時刻	累計	時刻	累計
PB係留解除判断	07/06/29 10:00	—	08/09/22 10:00	—
全体沈設作業判断会議	14:00	—	14:00	—
曳航開始判断	18:00	—	18:00	—
曳航開始	20:20	00:00	18:30	00:00
沈設最終判断	07/06/30 00:10	03:50	23:00	04:30
係留開始	02:50	06:30	08/09/23 00:00	05:30
係留完了	08:40	12:20	05:10	10:40
水中3次元装置接続	10:10	13:50	06:35	12:05
PB位置決め	10:30	14:10	07:05	12:35
沈設開始	10:40	14:20	08:20	13:50
計画沈設深度に 残り約1mまで沈設完了	15:55	19:35	10:15	15:45
沈設完了	18:40	22:20	11:50	17:20
引寄せジャッキ完了	07/07/01 05:15	32:55	12:45	18:15
水圧接合完了	11:05	38:45	15:55	21:25
ハッチ開口	11:45	39:25	16:25	21:55

5. トラブル

沈設作業において、幸いにして大きなトラブルはなかったものの、沈設システムの一部不具合等のトラブルが数回発生した。トラブルに対しては、国内での今までの経験を生かして対処し、無事に沈設作業を継続できた。また、発生したトラブルについては、その都度改良を行い、次の沈設に向けて準備を図った。

6. おわりに

2007年3月23日にE11の沈設を開始し、2008年9月23日にE01の沈設を無事故で完了した。施工当初は過酷な自然条件と海外という特殊な環境下で、種々の問題が発生したが、これらを真摯に受け止め、解決に取り組むことで、技術的に納得できる成果をイスタンブールに残すことが出来たと考える。最後に、本工事の設計ならびに施工に関し、多大なるご指導をいただいた方々に、紙面を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

・織田幸伸, 伊藤一教: 二層流場の動的変動を考慮した流況予測手法の開発, 沿岸域学会誌(論文), Vol. 19, No. 4, pp. 13-24, 2007