

ボスポラス海峡沈埋トンネル工事における函体製作

大成建設 正会員 ○山口 高弘
 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、トルコ共和国イスタンブールのヨーロッパとアジアを結ぶ2つの海峡連絡橋の慢性的な交通渋滞の緩和を目的として、地球環境にも寄与すべく、排気ガスを伴わない全長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、函体11函を水中接合することにより施工した。函体の製作ヤードは2つの仮設ドライドッグと洋上構築水域からなり、ドライドッグで鋼殻および躯体の下半分を構築した後、残る上半分の躯体構築は、ドライドックに注水して函体を浮上させ、洋上構築水域に引入れて構築した。本稿では、ドライドッグと洋上構築水域を併用した函体製作の概要を報告する。なお、函体はアジア側E11から製作し、ヨーロッパ側E01を最終函体とした。

2. 函体概要

海峡横断部での沈埋工法の採用は、施主（トルコ共和国運輸通信省・鉄道・港湾・空港建設総局）の基本計画において決定された、契約条件の一つである。設置水深は最大60mに達し、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。トンネルは最大長さ135mの函体11函から成っており、断面形状は2連の矩形RC構造で、幅15.3m、高さ8.6mで、重量は約18,000tである。函体端部は端面精度を確保するために鋼殻とコンクリートのハイブリッド構造とし、躯体の底版・側面は防水と型枠を兼用して防水鋼板で囲い、頂版は防水シートを施工した。また、図1に示すように、艀装品としては、ゴムガasket、バルクヘッド、バラストタンク、引き寄せジャッキ、電気防食、吊治具、方向修正架台等を装備した。

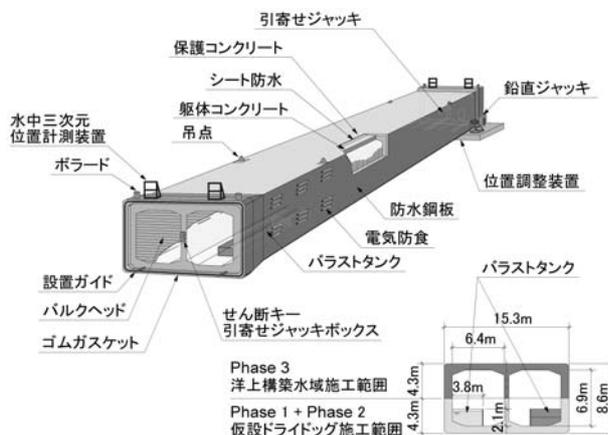


図1 函体艀装図



写真1 Tuzla 函体製作ヤード鳥瞰写真
 (左側：仮設ドライドッグ，右側：洋上構築水域)

3. 函体製作上の制約条件

函体製作において、以下に示す3つの制約条件があった。

- ① 製作ヤードは沈設地点から約40km離れた施主所有のTuzla港内で行い、新たにドライドッグを築造する。
- ② ドライドッグ予定地の前面は水深が浅く、函体曳出しのために浚渫が必要である。
- ③ 全体工期が約3年と短く、沈設は約40日に1回の間隔で行う計画である。

4. 函体製作の概要

上記の函体製作上の条件を満足するために、函体製作方法を以下のように決定した。

- ① ドライドッグの前面浚渫数量およびドライドッグ本体の掘削数量を最小限とするために、函体の吃水を浅くし、ドライドッグで函体端部の鋼殻と躯体の下半分のコンクリートを打設する。

キーワード ボスポラス海峡，沈埋トンネル，函体製作，ドライドッグ，洋上構築水域

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 TEL03-5381-5076

- ② ドライドッグは2つ構築し、各ドライドッグで2函体、合計4函体が製作可能とする。
- ③ ドライドッグでの函体構築完了後、ドッグ内に注水し、浮上した函体を曳き出して、洋上構築水域に係留し、浮遊状態で函体の上半分をコンクリート打設する。
- ④ 洋上構築水域はTuzla 港内に設け、3函体が製作可能とする。

したがって、ドライドッグと洋上構築水域を合わせると、同時期に最大7函体の製作を進行できる。(写真1参照)

5. 浮遊時の函体製作

ドライドッグでは底版部(Phase 1)と側壁・中壁部(Phase 2)に分けて、端部から片押しでコンクリートを打設した。しかしながら、頂版部(Phase 3)は、浮遊状態のため端部からの片押し打設は不可能であり、図2に示すように6分割してコンクリート打設を実施した。分割数及び各ブロックの打設順序は、弾性床の上の梁モデルを用いて解析し、最も函体の縦断方向の変形量が小さくなるコンクリート打設順序(S3→U2→S1→U3→U1→S2)を選定し、併せて発生応力、残留応力についてもチェックを行い、問題がないことを確認した。図3にE07の各施工段階における浮遊時の吃水変化を示すが、縦断方向で函体が変わりに変形していることが分かる。

函体に変形が生じると、図4に示すように函体の水压接合時に既設函と沈設函の端面の開きが下端と上端で異なり(ゴムガスケットの下端と上端の圧縮量が異なり)、端面の開き量が大きくなるとゴムガスケットの止水性が問題となる。今回沈埋トンネル工事で使用したゴムガスケットはSRI Hybrid製Type G 190-148-70であり、室内試験結果から止水性が確保できる最小ガスケット圧縮量はE10~E04で28mm以上、E03~E01で31mm以上である。シミュレーションの結果から135mの函体の最大変形量が140mm以上の場合に、28mmの圧縮量を満足できないことが判明した。また、設置時の函体端面の開き量は、端部鋼殻(ガスケットビーム)の出来形や海底面の仕上げ精度にも影響を受けることから、函体の変形量をなるべく小さくすることが必要である。

そこで、本工事ではE05からPhase 3のコンクリート打設の後半部(U3→U1→S2)について、分割打設による残留変位を減少する目的で連続打設を行い、これによりE07で最大100mmであった変形量が、E05では50mmに減少し、Phase 3のクラック本数もE07で28本に対し、E05では11本と半分以下に減少した。

また、上記と併せて、函体の変形解析及び実測データを基に、ドライドッグで取り付けるガスケットビームの取付角度をガスケットビーム上端で10mm広がるように変更し、設置時の端面の開きはほぼゼロとなった。

6. おわりに

2004年11月にドライドッグ構築を開始し、2008年7月にはE01頂版コンクリート打設を完了し、2008年09月には頂版防水・バラストコンクリート等を含んだ全ての函体製作を完了した。本工事で採用したRC沈埋函のドライドッグと洋上構築水域を併用した製作方法は、函体の変形を制御でき、国内外に捉われずに同様のRC沈埋トンネル工事に十分適用可能と考える。

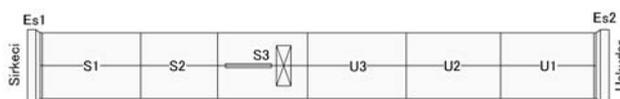


図2 函体分割図 (Phase 3)

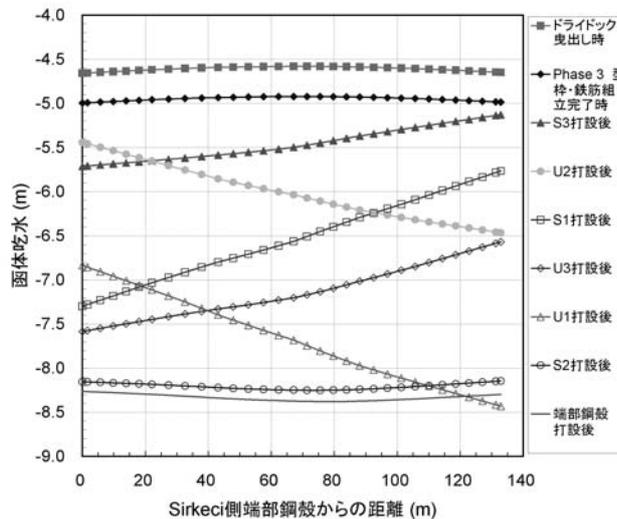


図3 各施工段階における吃水変化(E07)

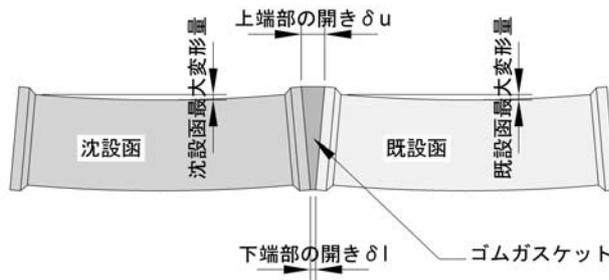


図4 接合時の函体端面の開きイメージ