

首都高速 1 号羽田線更新工事 鮫洲埋立部の函体設計・施工報告

三井住友建設(株) 正会員 工修 ○谷口 博胤
 三井住友建設(株) 富山 茂樹
 首都高速道路(株) 小島 直之
 首都高速道路(株) 大西 孝典

キーワード：プレキャスト部材、リブ付きU形セグメント、PC合成床版、工程短縮

1. はじめに

首都高速 1 号羽田線更新工事（東品川栈橋・鮫洲埋立部）は、長年にわたる過酷な使用条件下で損傷が顕在化している 1 号羽田線のうち延長約 1.7km を更新する大規模更新事業¹⁾である（図－1）。本工事は、既設線を供用しながらの更新工事であり、上下線に挟まれた狭隘なスペースでの厳しい施工条件下に置かれている。また、2020 年の東京五輪開催へ向けた更新線（I 期線）の供用開始に向け大幅な工程短縮の実現が求められた。

本稿は、厳しい施工条件のもとプレキャスト部材を積極的に活用し、工程短縮を実現したボックスカルバートの設計・施工報告である。



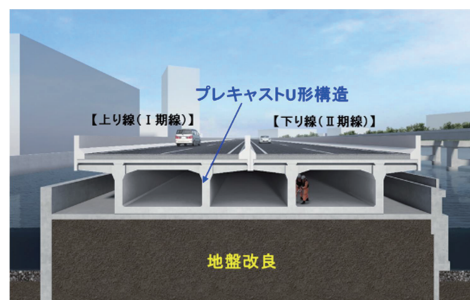
図－1 事業箇所位置図
（首都高 HP より）

2. 工事概要

鮫洲埋立部は、更新延長1.7kmのうち約450mの埋立区間であり、既存の盛土構造を地盤改良により安定した基礎地盤に改良し、その上にボックスカルバートを構築する更新工事である。工事概要を表－1に、完成イメージ図を図－2に示す。

表－1 工事概要

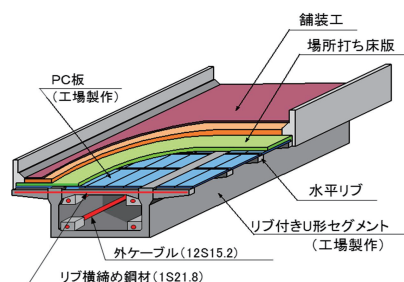
工事名称	高速1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）更新工事
発注者	首都高速道路株式会社
鮫洲埋立部施工場所	東京都品川区東大井一丁目
全体工期	2015年8月6日～2025年7月31日（約10年）
構成会社	大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなろ・川田・東骨・MMB・宮地 JV（乙型）
構造形式	リブ付U形PCボックス構造（PC合成床版）
ボックスカルバート延長	434.040m
道路規格・荷重	第2種第2級・B活荷重
総幅員	18.200m（有効幅員28.0m）
地盤改良工法	OPTジェット工法、JEP-G工法、浅層混合改良工法
架設工法	PCセグメント架設工法（ショートラインマッチキャスト方式）



図－2 完成イメージ図

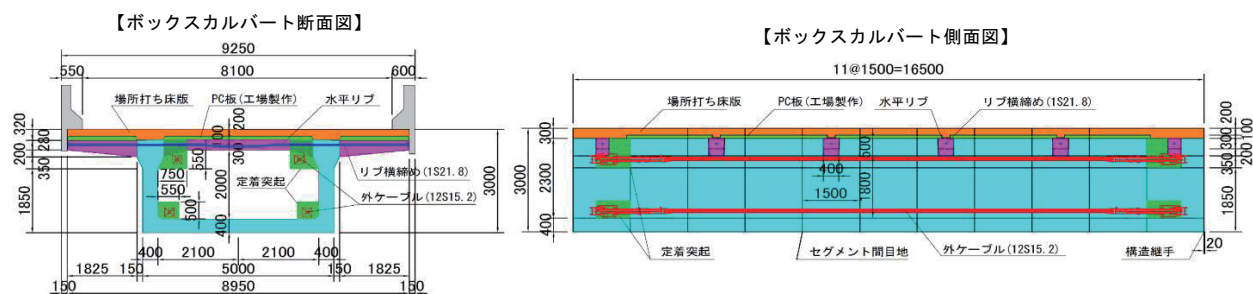
3. ボックスカルバートの構造概要

鮫洲埋立部の構造は、工場製作によるプレキャスト化を積極的に導入し、リブ付きU形セグメントとPC合成床版（PC板＋場所打ち床版）から成るボックス構造を採用した（図－3）。これは、橋梁上部工に用いられる構造をボックスカルバートに適用したこれまでにない構造形式である。ボックス構造は、上下線半断面施工となるため、上下線を独立したセグメント形状とし、完成形では床版および底板を場所打ち施工により連結する上下線一体構造（3Box構造）とした。セグメントは、運搬、架設を考慮し、1基あたり奥行き1.5m、重量約22tの計画とし、ショートラインマッチキャスト方式による製作方法を採用した。



図－3 ボックス構造概要図

鯨洲埋立部は、延長約450mを27ブロックのボックスカルバートで構成しており、1ブロックは、1.5mのセグメントを11基組み合せて構成している（1ブロック16.5m）。縦断方向にPC鋼材（外ケーブル12S15.2-4本）でプレストレスを導入することで一体化し、縦断方向の耐震性能向上を図った。ブロック間には構造目地を設け、地震時挙動に追随するよう配慮した。構造図を図－4に示す。



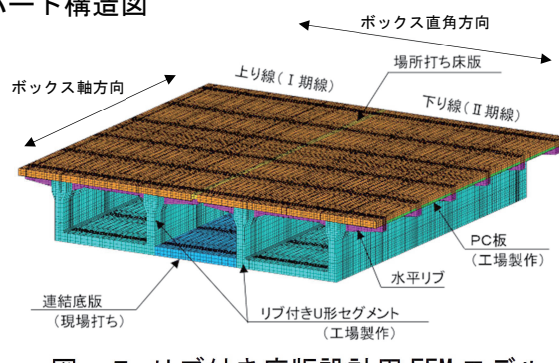
図－4 ボックスカルバート構造図

4. ボックスカルバートの設計概要

4. 1 設計の概要

ボックスカルバートの横断方向の設計は、地盤に支持された構造となるため、一般的なボックス構造と同様に地盤ばねを支持条件とした骨組み解析にて側壁・底版の部材設計を実施した。

床版は、道路橋の床版として設計を行うものとし、リブ付き床版であることから3次元 FEM 解析にて設計を行った（図－5）。ボックス軸方向の床版の設計は、リブ支間に支持された PC 板が構造的に連続しており、PC 板上面に凹凸を設けることで場所打ち床版と一体で挙動するため、PC 合成床版構造とした。またボックス直角方向では、PC 板が構造的に連続しないため、RC 床版構造（PC 板の剛性は考慮しない）として設計を実施した。床版厚としては、一般部 300mm、張出し部 320mm となる（PC 板 100mm、120mm+場所打ち床版 200mm）。

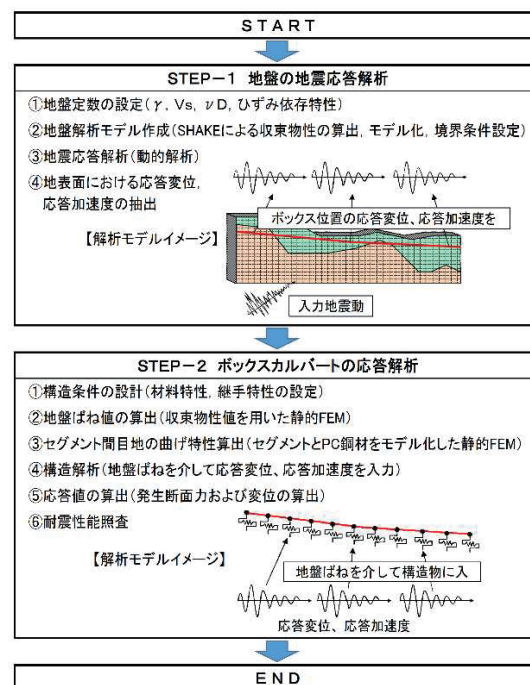


図－5 リブ付き床版設計用 FEM モデル

4. 2 縦断方向の耐震設計

縦断方向の地震時挙動は地盤変位によって支配されることから、「共同溝設計指針」に基づいた応答変位法により耐震設計を実施した。表層地盤の地震時挙動（変位振幅、波形）からボックスカルバートに発生する断面力を算出し、地震時における応力度照査を行った。ボックスカルバート縦断方向には、セグメントをPC鋼材（12S15.2 PE被覆型ECFストランド）にて連結する構造を採用し、L1地震時においてセグメント目地部でフルプレストレスとなるように応力度を制限した。

地震時の動的挙動を把握するため、埋立部全長の地盤およびボックスカルバートをモデル化した動的解析による照査を併せて実施した。動的照査の検討フローを図－6に示す。地盤の地震応答解析を2次元FEM動的解析により行い、応答変位を抽出し、ボックスカルバートの構造モデルに地盤ばねを介



図－6 縦断方向動的照査フロー

して応答変位を与える解析手法を用いた。なお、地上構造物であることから、応答変位に加え応答加速度も与えて慣性力の影響を考慮した。構造モデルは、ボックスカルバートを梁要素、地盤をばね要素とし、セグメント目地および構造継手部の結合条件はばね要素で評価した。

5. ボックスカルバートの施工概要

5.1 セグメント架設機械計画

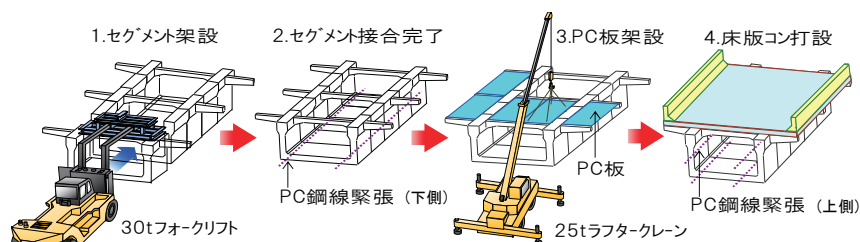
ボックスカルバートの施工は、供用する上下線に挟まれた狭い空間における厳しい条件での施工となる（写真－1）。セグメントの架設方法としては、門型クレーンによる軌条設備を用いる場合、軌条設備の設置撤去に時間を有すること、狭いスペースでの稼働効率に課題があることから、準備工を必要としない、狭いスペースで柔軟に対応可能なフォークリフト（30t級）による架設方法を採用し、効率化を図った。フォークリフトには、動作スピードを制御する装置やフォークが左右に動く機能の改造を加え、また、架設中のセグメントに対して前後左右への位置調整と前傾・後傾が可能となるようピン構造とした専用のアタッチメントを開発して（写真－2）、荷受けから運搬、架設までの一連作業をフォークリフトのみで対応可能とした。ボックスカルバートの施工概念図を図－7に示す。



写真－1 セグメント架設全景



写真－2 専用アタッチメント

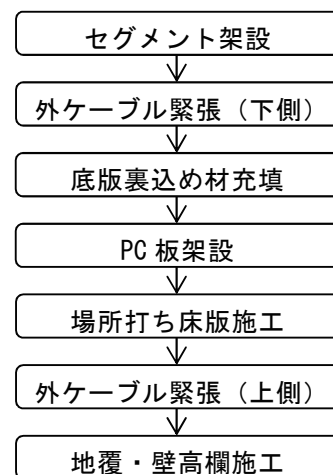


図－7 ボックスカルバートの施工概念図

5.2 セグメント架設方法について

ボックスカルバートの施工フローを図－8に示す。セグメントの架設方法は、橋梁上部工におけるセグメント架設工法と同様である。セグメント接合面に接着剤を塗布し、レバーブロックにて微調整しながらセグメント同士を引き寄せ後、引寄せ鋼棒（φ26-4本）を緊張して接合する。そのうち、セグメント下面に配置した単動ジャッキ（高さ75mm）にて仮支持し、フォークリフトを除荷、セグメントの設置高さ確認後、台座コンクリート上にライナープレート挿入し、単動ジャッキから盛替えてセグメント架設を完了する（写真－3）。11基のセグメント架設完了後、縦断方向に配置した外ケーブルを緊張し一体化を図る（写真－4）。セグメントは台座コンクリートに多点支持された状態であり、接地面との摩擦抵抗を極力低減するため、テフロン板とステンレス板の積層構造（厚さ各1mm）を台座コンクリート上に挿入して対処した。外ケーブル緊張後、一般的なボックスカルバートと同様に底版と均しコンクリート間に裏込め材を充填し基礎との一体化を図った（写真－5）。裏込め材は、充填性と強度を考慮し、高性能AE減水剤を添加したモルタルとした。

床版施工は、PC板敷設（写真－6）、場所打ち床版の鉄筋型枠組立からコンクリート打設（写真－7）までとなり、ボックスカルバート1ブロックの構築が完了する（写真－8）。



図－8 施工フロー

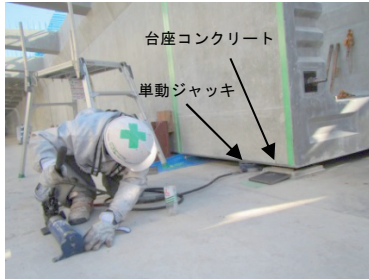


写真-3 セグメント設置状況



写真-4 外ケーブル緊張状況



写真-5 底版モルタル充填状況



写真-6 PC板敷設状況



写真-7 床版打設状況



写真-8 ボックス内部の状況

5. 3 外ケーブルの緊張について

上側外ケーブルは、隣接するブロック間の定着突起に挟まれた狭いスペースで緊張を行う必要があった（写真-9）。緊張スペースである定着突起間の純離隔は1220mmしかなく、マルチストランドジャッキによるケーブルへの抜き差しが不可能であり、シングルストランドジャッキを用いた単線緊張の繰り返しによる緊張方法を採用した。マルチストランドをシングルジャッキで緊張するためには、ラムチェアとノーズを組み合わせた緊張作業となり、最小のシングルストランドジャッキ（全長506mm）を用いても1220mmの緊張スペースではケーブルへの抜き差しが困難であることが予想された。そのため、全長320mmのショートジャッキを新たに開発し適用した（図-9）。施工にあたっては、純離隔1220mmを模擬した実証試験を事前に行い緊張作業が可能であることを確認した（写真-10）。



写真-9 外ケーブル緊張状況

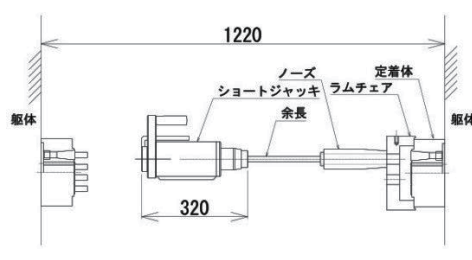


図-9 緊張ジャッキ組合せ図



写真-10 緊張作業模擬実験

6. おわりに

プレキャスト部材の積極的な採用、フォークリフトを導入した施工方法の効率化により、鉄筋・型枠組立作業など、現場における施工量削減による工程短縮を図るとともに、施工の効率化、省力化・省人化を実現した。ボックスカルバート1ブロックの施工サイクルは、セグメント11基と下側外ケーブル緊張を4日で完了、底版裏込め材充填、PC板架設まで6日サイクルでの施工を可能とし、従来の場所打ち施工工法（全体工程340日）と比べ、1路線あたり3.0か月の工程短縮を実現した。

本稿が、橋梁以外の土木構造物へのプレキャスト化推進に対して、一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 小島直之，山本多成，濱崎景太，江野本学，石川大：首都高速羽田線更新工事の全体施工計画，土木学会第73回年次学術講演会，平成30年8月