

重要構造物に近接した開削道路トンネルの 仮設設計・施工

前田 周吾¹・永峯 崇二²・渡邊 敏行³・大西 達也⁴

¹正会員 清水建設株式会社 土木技術本部 技術計画部 技術第3グループ
(〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1) E-mail: maeda.s@shimz.co.jp

²正会員 清水建設株式会社 土木東京支店 土木第二部
(〒104-8370 東京都中央区銀座 7 丁目 16-15 清月堂本店ビル 4 階) E-mail: nag@shimz.co.jp

³非会員 首都高速道路株式会社 東京西局プロジェクト本部 小松川工事事務所
(〒141-0032 東京都江東区亀戸二丁目 27-7 亀戸アイマークビル 8 階) E-mail: t.watanabe8161@shutoko.jp

⁴正会員 首都高速道路株式会社 東京西局プロジェクト本部 プロジェクト設計課
(〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目 6-3) E-mail: t.onishi100@shutoko.jp

環状第2号線は、江東区有明から千代田区神田佐久間町までの全長約 14km の都市計画道路である。これまでに、外堀通りの区間など約 10.4km が開通しており、引続き未開通となっている豊洲から新橋までの約 3.4 km の区間で工事を進めている。本工事は、上空に首都高速道路の八重洲線高架、下方に都心環状線汐留トンネルに挟まれた間に、都道の環状第2号線のトンネルを開削工法で構築するもので、首都高速道路株式会社が東京都から受託して事業を進めている。また、当該工区の路上は車道・歩道とも交通量が非常に多く、通行止めをしてのヤードの確保が困難なことから、路面覆工を架設しての施工となる。本稿では、工事範囲内に点在する地中構造物（雨水函渠・汐留トンネル等）に配慮した路面覆工の設計および施工について述べる。

Key Words: Urban civil engineering, Nearby structure, Large-scale excavation, Road deck, Support pile for Road deck

1. はじめに

環状第2号線は、江東区有明から千代田区神田佐久間町までの全長約 14km の都市計画道路である。これまでに、外堀通りの区間など約 10.4km が開通しており、引続き未開通となっている豊洲から新橋までの約 3.4 km の区間で工事を進めている。環状第2号線事業の概要図を図-1に示す。

本工事は、上空に首都高速道路の八重洲線高架、下方に都心環状線汐留トンネルに挟まれた間に、都道の環状第2号線のトンネルを開削工法で構築するもので、首都高速道路株式会社が東京都から受託して事業を進めている。また、当該工区の路上は車道・歩道とも交通量が非常に多く施行中においても通行を確保する必要があるため、路面覆工の架設が必須である。

本稿では、工事範囲内の地中構造物（既設の汐留トンネル）への影響を抑えることを目的とし、覆工支持杭からの荷重に配慮した路面覆工の設計と、工事範囲内に点在する地中構造物（雨水函渠等）に配慮した路面覆工の設計について述べる。



図-1 環状第2号線事業の概要図

2. 工事概要

工事名称：（負）環状第2号線トンネル工事
 工事場所：東京都港区東新橋一丁目～中央区銀座八丁目
 発注者：首都高速道路株式会社
 施工者：清水・鉄建特定建設工事共同企業体

3. 本工事の特徴

写真-1 に工事範囲の写真を示す。本工事は、周辺に浜離宮や首都高八重洲線、電通本社ビルなど重要構造物がある中での開削工事である。また、過去に河川であった地歴（写真-2）を有し、今は使用していない橋台や橋脚が工事範囲内に点在している。橋台・橋脚だけでなく、図-2 の通り大小の雨水函渠や汐留ポンプ所・汐留トンネル・芝浦特殊人孔等の地中構造物が工事範囲内全体にわたり存在しており、路面覆工を支持する支持杭の打設位置について配慮が必要となる。

4. 汐留トンネル上の路面覆工計画と施工の特徴

本工事の平面図（図-3）と断面図（図-4）と縦断面図（図-5）を示す。汐留トンネルの上に開削で環2トンネル躯体を構築する範囲については、以下の特徴がある。

- ①路面覆工を架設するために、親杭と覆工支持杭を既設の汐留トンネル上に配置する必要がある。
- ②環2トンネルは土被が非常に浅く、頂版構築時における路面覆工と躯体との干渉を回避するため、覆工受桁・桁受けに工夫が必要となる。

汐留トンネル上に架設する路面覆工についての検討フローを図-6 に示す。



写真-2 汐留付近平面写真（昭和22年）

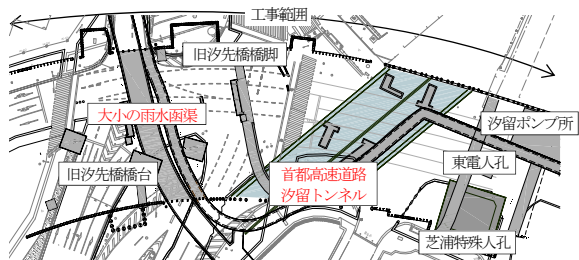


図-2 地中構造物平面図



写真-1 工事範囲平面写真

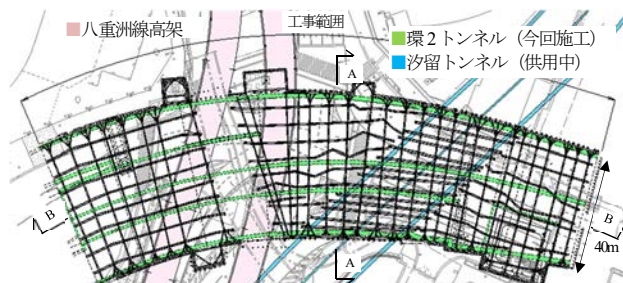


図-3 平面図

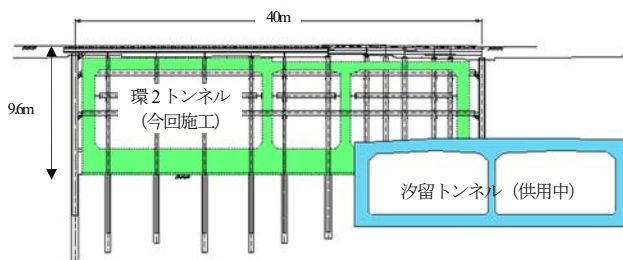


図-4 A-A断面

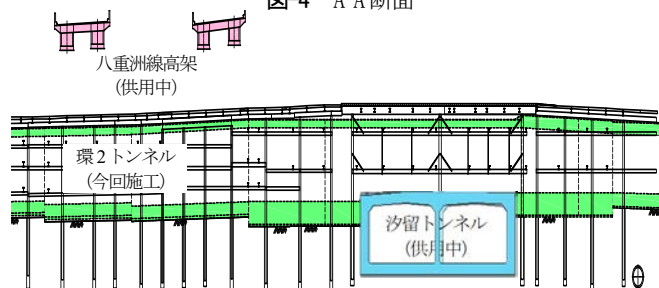


図-5 B-B断面

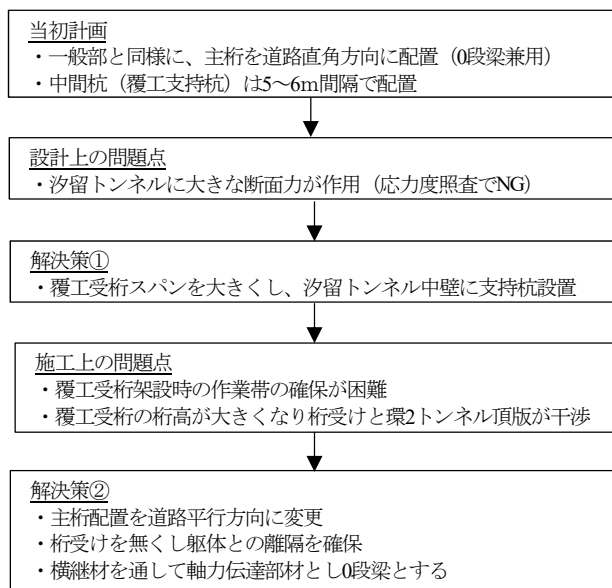


図-6 路面覆工検討フロー

5. 汐留トンネル上に設置する覆工支持杭の設計

(1) 当初計画

当初計画では、環2トンネルと交差する汐留トンネル頂版上に47本の覆工支持杭を設置（図-7）し、頂版径間部にも覆工荷重を作用させ、一般部の路面覆工形状（6.0m×5.0m）と同様の覆工受桁・桁受を設ける計画であった。既設の汐留トンネルへの影響を評価するため、2次元フレーム解析による影響検討を行った。表-1に解析結果を示す。

解析結果から汐留トンネル頂版には大きな断面力が発生し、頂版中壁部では、許容応力度（コンクリートの剪断）を超過することが明らかとなった。この結果から、汐留トンネル躯体が損傷するリスクを低減するために計画変更が必要となった。また、試掘結果から汐留トンネル上には、小雨水渠をはじめとする既設構造物の存在が確認され、計画変更の要因となった。

(2) 変更計画

変更計画では、汐留トンネル頂版径間部に路面覆工からの荷重を作用させないように、汐留トンネルの中壁直上に覆工支持杭を配置し、覆工受桁のスパンを大きく（12.8m～17.4m）して覆工を架設する計画とした。覆工受桁のスパンを最大で17.4mとする必要があったため、

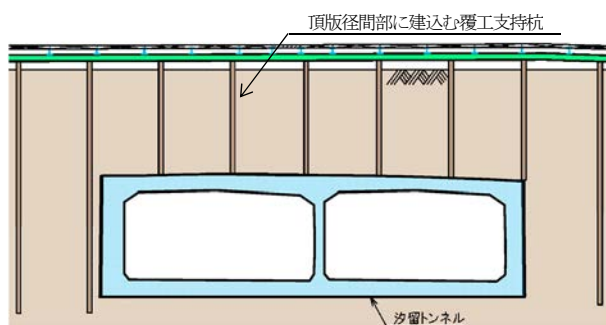


図-7 当初計画の覆工支持杭

表-1 2次元フレーム解析による応力度

		当初計画			変更計画		
		応力度 N/mm ²	許容 応力度 N/mm ²	判定	応力度 N/mm ²	許容 応力度 N/mm ²	判定
頂版径間部	Con圧縮	7.0	10.5	OK	4.6	10.5	OK
	鉄筋引張	226	270	OK	127	270	OK
頂版中壁部	Con圧縮	6.2	10.5	OK	5.7	10.5	OK
	鉄筋引張	168	270	OK	127	270	OK
	Con剪断	0.97	0.92	NG	0.67	0.96	OK

剛性の高いビルトH材（桁高750mm）を製作し、汐留トンネル上の覆工受桁スパンの長大化を可能とした。図-8に汐留トンネル上部の路面覆工構造概要図を示す。

桁高の高い部材を用いたことにより、将来構築する環2トンネル躯体との離隔が確保できなくなるため（図-9）、桁受を設けず、覆工受桁を中間杭で支持させることで桁下空間を確保した。

これらの長大スパン桁は横継ぎ材で結合させ、横継ぎ材は0段梁（軸力伝達部材）として機能させた（図-10）。

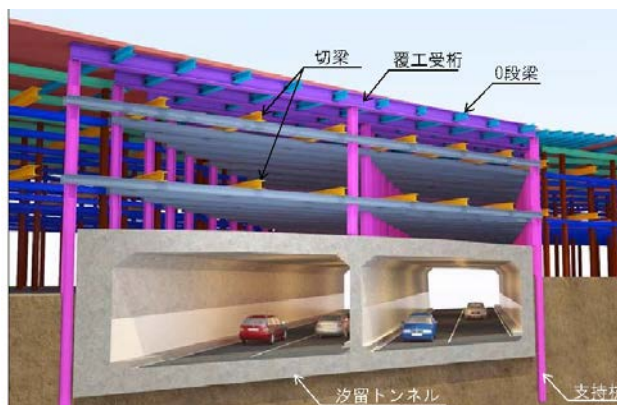


図-8 汐留トンネル上部の路面覆工構造概要図

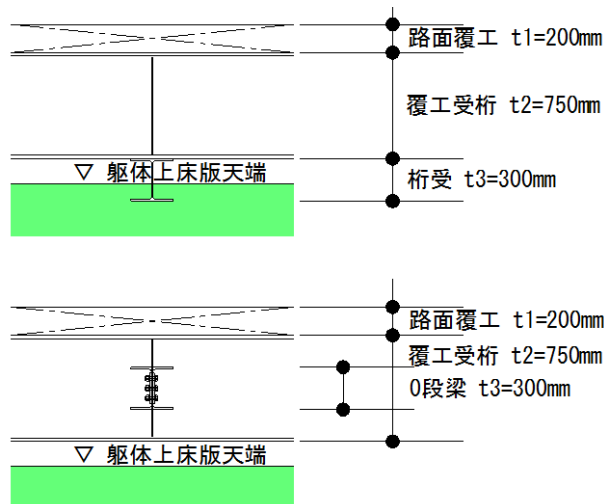


図-9 路面覆工構造（汐留トンネル上部）

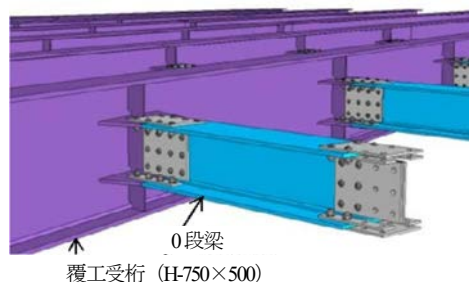


図-10 覆工受桁・0段梁接続部概要図

0 段梁は図-11 に示す構造となっており、束材を介して土留壁に軸力を伝達することにより、土留壁の変形を抑止させた。

また、計画を変更したことで、杭打設本数が少なくなり、新大橋通りの規制回数を削減できた。

6. 汐留トンネル上の覆工支持杭の施工

当初、汐留トンネル頂版上に着底させる親杭および覆工支持杭の施工は、汐留トンネルへの影響を最小限にするためにオーガー削孔は行わず、圧入工法で実施する計画であった。しかし施工計画を進めていくと、圧入工法での施工には以下の問題点があることが判明した。

- ①汐留トンネル上には、ガラや小雨水渠をはじめとする既設構造物などの存在が予測され、圧入工法では杭を建てこめない可能性がある。
- ②汐留トンネルは1960年代に建設された構造物であり、建設時から周辺環境が大きく変化していることから、正確な土被りが不明である。
- ③長大スパンの覆工受桁からの支持力を確実に汐留トンネルに伝達する必要がある。

この問題を踏まえ、圧入工法と比較し、より確実に着底できる施工方法に変更することとした。障害物の発生が予測される箇所に関しては大口径のBG 工法を併用した深礎掘削により汐留トンネルの頂版を露出し、杭を直接建て込む工法を採用した。施工方法を図-12に示す。

頂版を露出して杭を建て込む変更により、以下の優位性を確保できた（写真-3）。

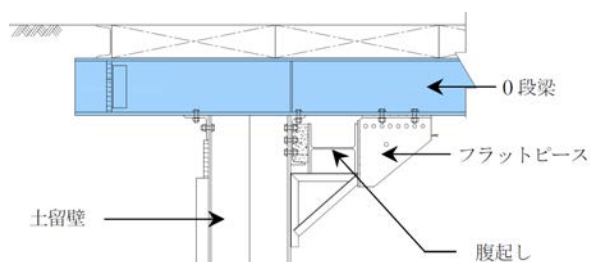


図-11 0 段梁取付詳細図

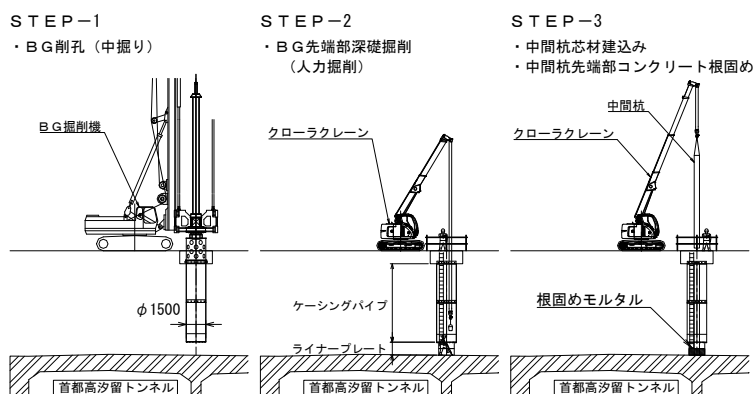


図-12 覆工支持杭建込み STEP 図

①覆工支持杭に関しては、汐留トンネル頂版に曲げを発生させないように中壁上に確実に杭を着底させる必要がある。汐留トンネルを露出させることにより、確実に着底を確認できるとともに、中壁の位置を確認しながら施工できた。

②BG 工法と深礎工法を併用することにより、障害物の確実な撤去が可能となり、障害物発生による工程の遅延を回避できた。

7. 大小雨水渠の周辺に施工する覆工支持杭

(1) 当初計画

当該箇所は、環 2 トンネルを縦断する形で大小の雨水函渠が存在しており、路面覆工架設のために必要な支持杭の打設が困難であった（図-13）。当初計画では大小の雨水函渠の間に支持杭を打設する計画になっていたが、支持杭打設時の施工誤差や 1960 年代に施工された大小の雨水函渠の平面位置の不確実性を考慮すると、施工が困難となることが懸念された。

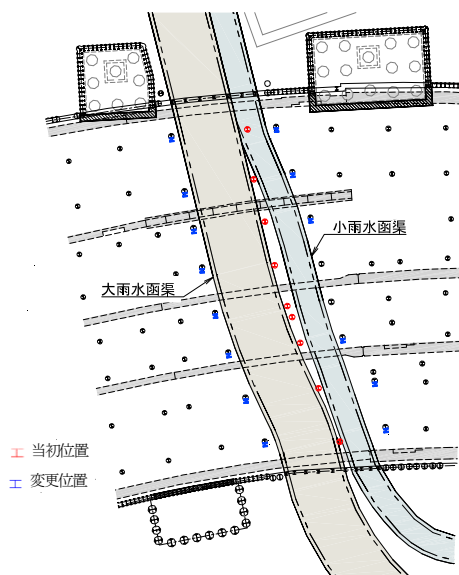


図-13 支持杭平面図



写真-3 覆工支持杭建込み状況

(2) 変更計画

上記から、路面覆工支持杭の平面位置を、大小の雨水函渠の両脇に変更することとした。しかし、支持杭の間隔を広げると、桁受けの最大スパンは 13.6m となり、本スパンで成立する桁受けの仕様は H-918×303×19×37 となる。桁受けの桁高が高くなると、掘削後に構築する環 2 トンネル頂版と干渉してしまう（図-14）。そこで、図-15 のように雨水函渠撤去後に、桁高の小さい H-414×405×18×28（路面覆工架設時に設置済み）に盛替杭を用いて受替える計画とした。受替え後は H-918×303×19×37 を切断撤去し、環 2 トンネル頂版を構築する。

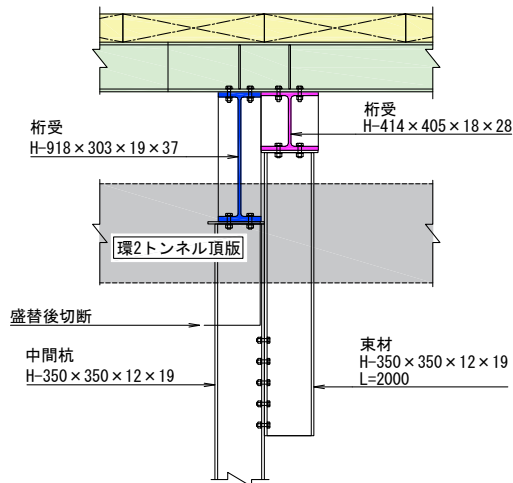


図-14 支持杭断面図

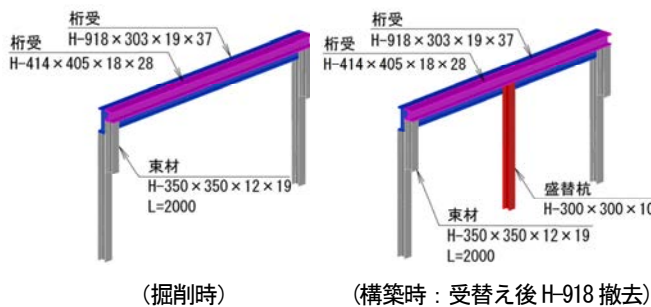


図-15 桁受け受替えイメージ図

8. おわりに

汐留トンネル上の路面覆工の構造を変更することにより、汐留トンネルが損傷するリスクを低減し、覆工支持杭の打設および覆工受桁架設（写真-4）を、確実に施工することが出来た。また、雨水函渠部については、掘削工の進捗に伴い雨水函渠の撤去は無事に完了（写真-5）し、その後の盛替杭の施工および桁受けの受替え工も無事に完了している。

今回報告した路面覆工の構造変更は、地下埋設物が多く存在する市街地の開削工事においても、有効な手段と考えられ、類似した施工条件の工事における仮設構造物の設計の一助となれば幸いである。

謝辞：本稿記載の路面覆工の工夫は、首都高速道路株式会社殿のご協力により行ったものです。ここに深く感謝の意を表します。

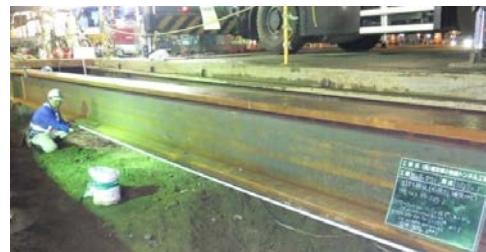


写真-4 長大スパン 覆工受桁架設状況

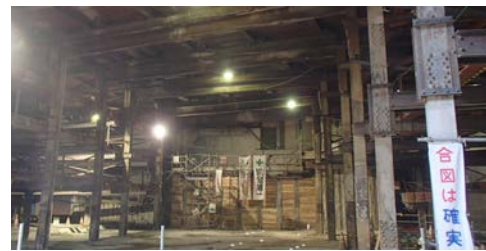


写真-5 掘削完了時

参考文献

- 1) (公社)土木学会：土木学会全国大会年次学術講演会集 2016, VI-379
- 2) (公社)土木学会：土木学会全国大会年次学術講演会集 2018, VI-553

?

TEMPORARY DESIGN AND CONSTRUCTION PLANNING OF CUT-and-Cover TUNNEL ADJACENT TO IMPORTANT STRUCTURES

Shugo MAEDA , Shuji NAGAMINE , Toshiyuki WATANABE , Tatsuya ONISHI

Ring Road No.2 of Tokyo (Kanjō 2 Line) is a city planned road between Ariake in Koto Ward and Sakuma-cho in Chiyoda Ward.

This construction is to excavate a tunnel by Cut-and-Cover method. It is closely sandwiched between Yaesu-line overpass above and Shiodome-tunnel below. Both overpass and tunnel are important structure of Metropolitan Expressway and those roads, crucial for metropolitan transportation, should not be blocked.

This paper describes temporary design and construction planning of road deck considering underground structures such as Shiodome tunnel and etc.