

仮設工事における新工法の採用による生産性向上効果

株式会社大林組 正会員 ○村上 賢治、福井 正章
 国土交通省関東地方整備局 小林 謙二、篠崎 真弘
 ジェコス株式会社 西口 正仁、松山 積夫

1. はじめに

一般国道 357 号東京港トンネル（図-1）は、慢性的な渋滞が発生している首都高速道路湾岸線の東京港トンネルと並行して建設され、当該区間の渋滞緩和を図る事業である。当事業のうち、本工事は都心部から千葉方面行（東行き）のトンネルを構築するものであり、海底トンネル（シールドトンネル）に加え、発進立坑、到達立坑、開削工法によるトンネルへのアプローチ部の躯体構築を含む延長約 1.9 km の工事である。本稿では、開削部の仮設工事において新工法を採用し、生産性の向上を図った事例として、臨海副都心側開削部における Eco ラム工法の採用による中間杭の省略およびトンボ火打ちの採用による鋼材重量の削減等について詳述する。



図-1 施工位置図

2. 工事概要

本工事の工事概要を表-1 に、工法区分および土質縦断図を図-2 示す。

臨海副都心側開削部の地盤は非常に軟弱な沖積粘性土層（Ac2）が 40m 程度厚く堆積している。

表-1 工事概要

項目	内容
工事名称	357 号東京港トンネル（その 2）工事
発注者	国土交通省 関東地方整備局
施工場所	東京都品川区東八潮～八潮 2 丁目
工期	平成 26 年 3 月 25 日～平成 29 年 3 月 31 日
工事内容	・シールド工（仕上り内径 $\phi=10.4\text{m}$）、$L=1,315\text{m}$ ・立坑構築工 発進立坑（開削工法） 到達立坑（ニューマチックケーソン工法） ・陸上トンネル工・U 型擁壁工（$L=235+270=505\text{m}$）

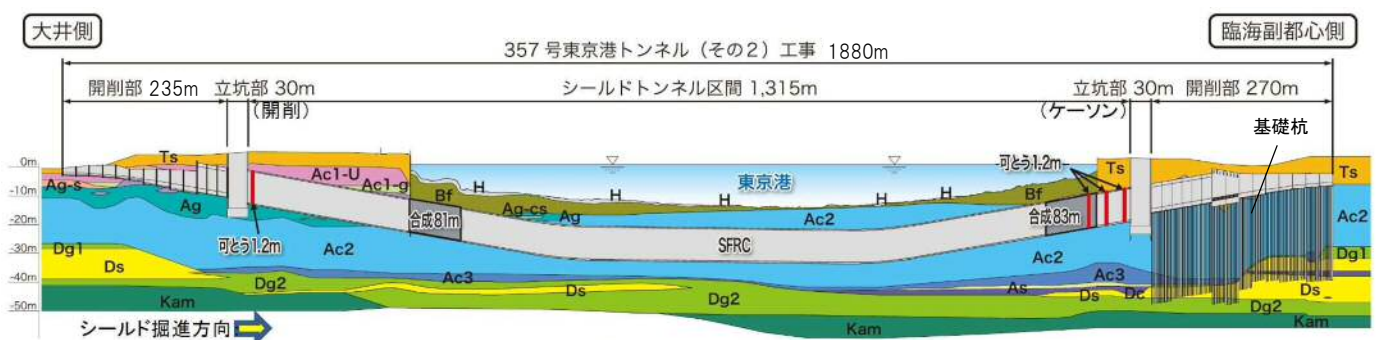


図-2 工法区分および土質縦断図

キーワード Eco ラム工法, トンボ火打ち, 中間杭の省略

連絡先 〒140-0003 東京都品川区八潮 2-19/TEL : 03-5755-9157/FAX : 03-5755-9158

3. 本工事の特徴と技術的課題

3-1 本工事の特徴

臨海副都心側開削部の特徴を以下に示す。

- ・ 共同溝（企業洞道）、首都高速道路が近接かつ並走するため、掘削時の変位抑制が必要である（図-3）。
- ・ 掘削および躯体構築範囲内に仮栈橋杭兼用中間杭が多数（3列@4.0m）計画されており（図-6）、地下水位がGL-2.0m程度と高く、かつ、GL-35～45mの支持層に、長尺な杭を打設する必要がある（図-4左）。

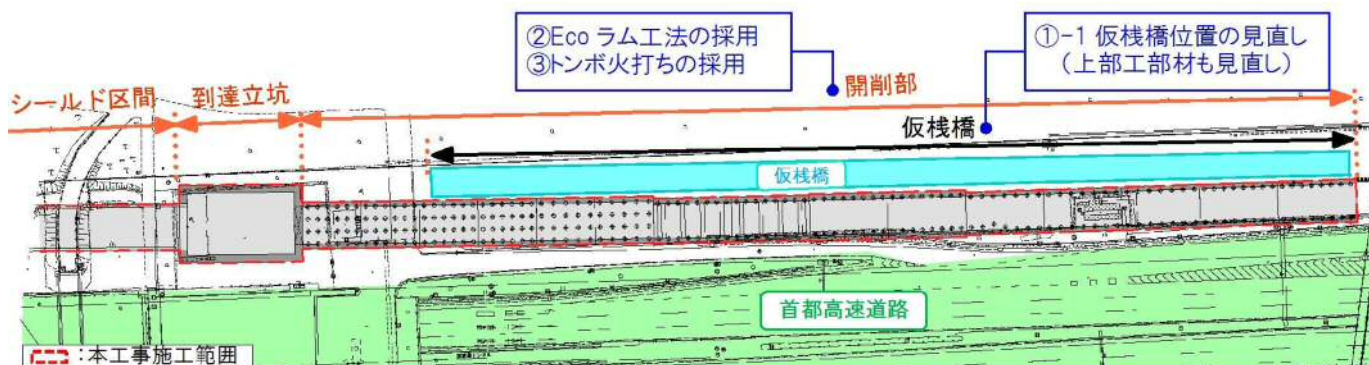


図-3 臨海副都心側平面図

3-2 本工事の技術的課題

① 仮栈橋杭（仮栈橋杭兼用中間杭）における課題

仮栈橋杭は35～45mと長尺であり、1本あたりの打設に時間を要する（2本/台・日）。また、仮栈橋杭の支持層の被圧水が、杭周りを水みちとして掘削内へ流入するリスクがある（図-4左）。さらに、仮栈橋杭が錯綜するため、掘削および躯体構築時の作業性が低下するとともに（図-5）、杭が貫通する底版部では漏水のリスクが高まり品質低下の恐れがある（図-4左）。また、安全面では重機旋回時に仮栈橋杭との間に人が挟まれるリスクがある（図-5）。

② 土留め支保工における課題

企業洞道が近接しているため、当初計画では土留め壁の変位抑制対策として、土留め支保工が密に配置されていた。そのため、資材の投入開口が狭く、土留め支保工の架設・撤去作業および躯体構築時の作業性が悪い。また、安全面では資材揚重時に土留め支保工に接触し、吊荷が落下するリスクがある（図-6）。

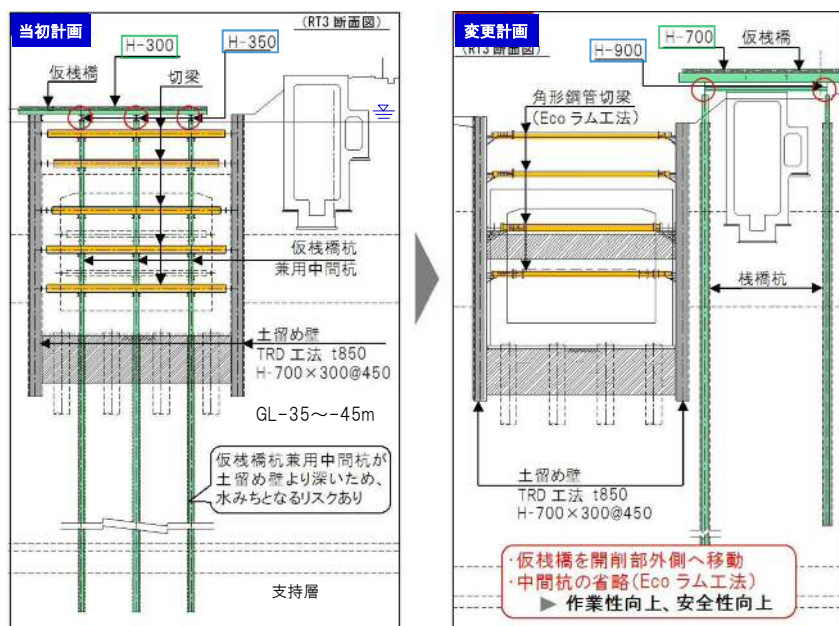


図-4 仮栈橋位置の見直しおよび Eco ラム工法の採用



図-5 従来工法による掘削状況

4. 解決策

①-1 仮栈橋位置の見直し

土留め背面の公園用地を一部占用し、仮栈橋を土留め壁の外側に移動することを検討した。企業洞道を挟んだ両側へ仮栈橋杭を打設する場合、支間長が長くなることから、主桁部材を当初計画の H-300 から H-700 にランクアップした。また、仮栈橋移動後の杭本数を可能な限り削減することで、工程短縮および近接する企業洞道への影響低減が図れるため、桁受部材についても H-350 から H-900 にランクアップした（図-4 右、図-6, 7）。

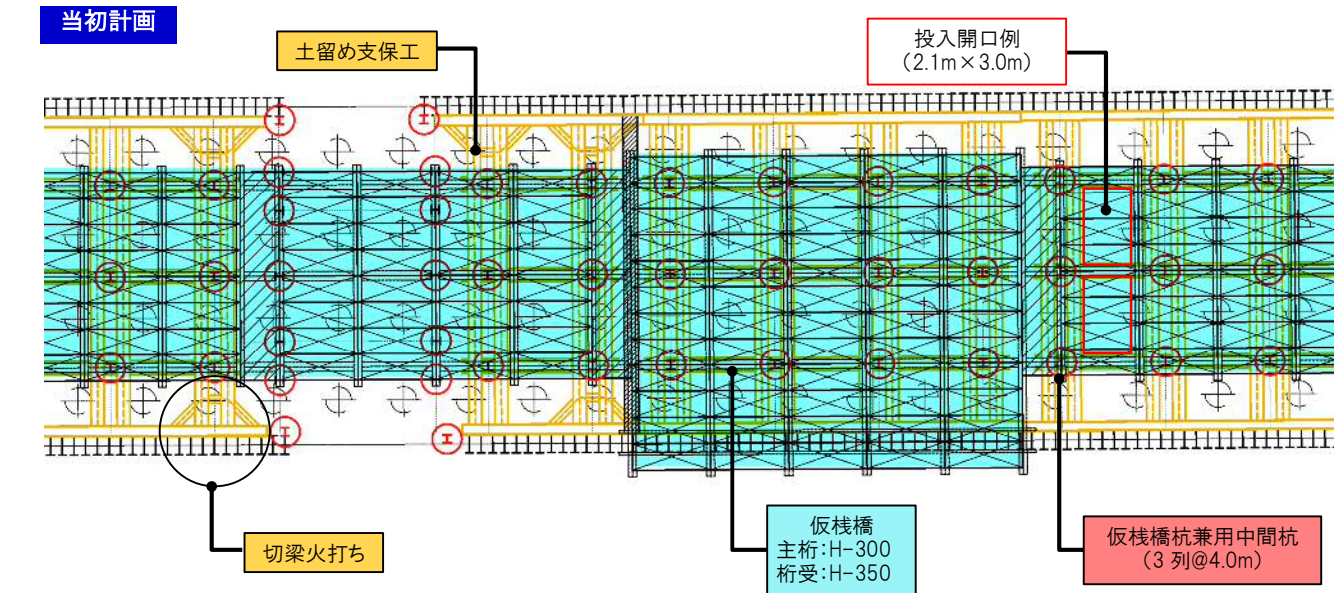


図-6 当初計画の仮設平面図

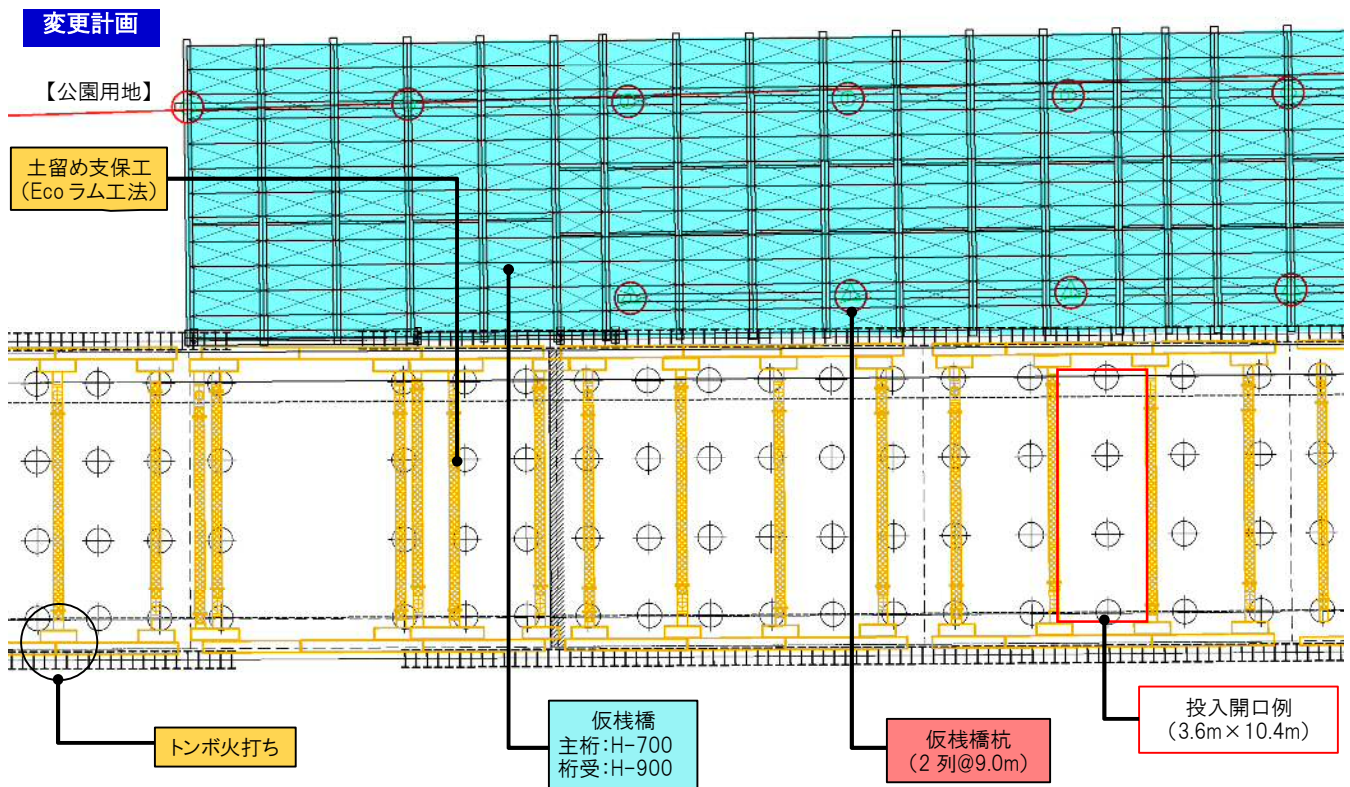


図-7 仮栈橋位置および土留め支保工の見直し

①-2 Eco ラム工法の採用

切梁に角形鋼管を用いる Eco ラム工法（NETIS：KT-140078-A）は、一般的な支保工部材である H 形鋼とは異なり、次の特長を有する。

- ・箱型断面のため、弱軸方向の横倒れ座屈を考慮する必要がなく、許容曲げ圧縮応力度の低減が不要。
- ・断面 2 次半径は強軸および弱軸で等しく、同幅の H 形鋼より大きいいため、許容軸方向圧縮力は H 形鋼と比べ大きい。
- ・材質は STKR490 であり、H 形鋼（SS400）と比べ強度が大きい。
- ・上記より、座屈に強い特性を有し、設計切梁軸力と角形鋼管のサイズにもよるが、掘削幅が概ね 15m 以下であれば、座屈防止に必要な中間杭の省略が可能。

本工事の掘削幅は、この適用範囲にあたる約 13m であったことから、仮栈橋の移動と組み合わせて Eco ラム工法の採用により、中間杭をすべて省略した（図-8）。

なお、Eco ラム工法では、長さ 7～9m の角形鋼管部材を中間杭に預けることなく、クレーンで揚重し架設する。長く、重い切梁の設置時に腹起しが掘削側へ転倒することを防止するため、腹起しの上部にアンクル材の転倒防止を行った（図-9）。



図-8 Eco ラム工法（中間杭省略）による掘削状況



図-9 Eco ラムの架設状況

② トンボ火打ちの開発・採用

切梁火打ち等は一般的に広く採用されており、当現場においても腹起しの曲げスパン低減のため、切梁火打ち等を設置する計画となっていた（図-6）。しかし、切梁火打ちを採用した場合、直下の掘削および資材投入などにおいて躯体構築の妨げとなるとともに取付部材数が多く架設に時間を要するという問題がある（図-10 左）。この問題を改善するために、従来の切梁火打ちに比べて構造がシンプルで架設手間を削減できる「トンボ火打ち」を開発し、当現場に採用することとした（図-10 右）。トンボ火打ちは、切梁の両端

に長さ 1.5m 程度の H 形鋼を腹起しと平行に設置し、腹起しの発生断面力を減少させるものである。トンボ火打ちの耐力を検証するため事前に性能確認実験を実施し、3 次元 FEM により求めた耐力に対して十分に安全性が確保できることを確認している¹⁾。

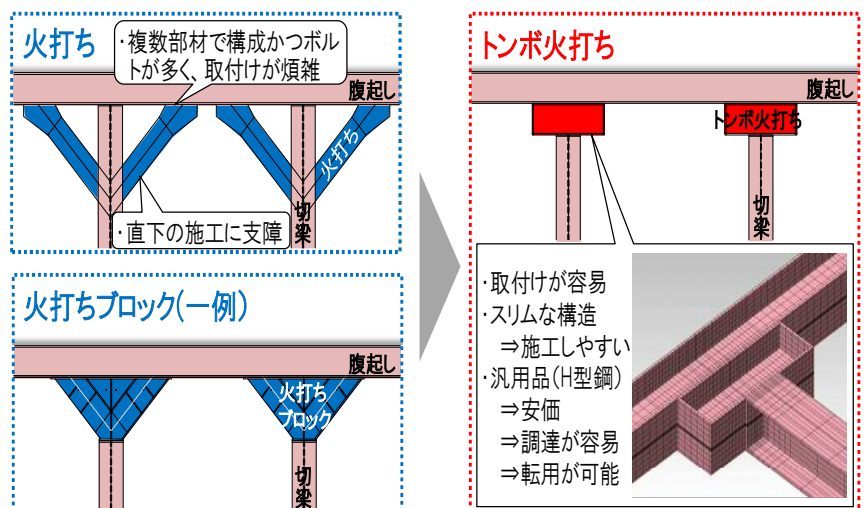


図-10 従来品との比較

5. 解決策の効果

開削部全範囲において掘削および躯体構築の障害となるすべての仮設杭を省略し、掘削歩掛りの約 30%向上と躯体を貫通する杭の省略による躯体品質の向上が図れた。また、トンボ火打ちの採用により、腹起しのランクダウンや切梁火打ちの省略により資材の投入開口を広く確保でき、作業性が向上し、安全に施工することができた。

①-1 仮栈橋位置の見直しの効果

仮栈橋杭を掘削範囲外に移動することにより、仮栈橋杭が水みちのリスクとなることを回避することができた。また、仮栈橋の主桁および桁受部材のランクアップにより、仮栈橋杭の本数を 244 本（掘削範囲内）から 52 本（掘削範囲外）に減らし、工程を 96 日短縮（2 本/台・日）できた（図-6, 7）。

①-2 Eco ラム工法の採用の効果

Eco ラム工法の採用により、掘削範囲内のすべての中間杭を省略した結果、工程短縮、掘削の作業性・安全性が大幅に向上した（図-7, 8）。

- ・躯体構築時の支保工組立においても作業性の向上に加え、中間杭周りの開口部が生じないため、安全性も大幅に向上した（図-11）。
- ・底版・頂版部における杭貫通部の補強鉄筋、止水処理、杭切断等の作業を 303 箇所（底版：227 箇所、頂版 76 箇所）省略することができ、工程短縮および躯体品質の向上に寄与できた。

② トンボ火打ちの開発・採用の効果

従来工法の切梁火打ちに代わりトンボ火打ちを採用することにより、鋼材の部材数削減および鋼材重量を 40t 削減でき、土留め支保工の架設・撤去時の煩雑さを軽減した。また、資材の投入開口を広く確保できたことから躯体構築時の生産性が向上した（図-12）。



図-11 支保工組立



図-12 土留め支保工架設完了状況
(Eco ラム工法、トンボ火打ち)

6. まとめ

本稿では、工事数量が多く、かつ、土留め壁長よりも長い仮栈橋杭に着目し、大幅な数量削減と工程短縮を図った事例について報告した。また、仮栈橋杭が躯体内を貫通することによるリスクおよび躯体品質の低下を課題として抽出し、改善を行った。

新工法である Eco ラム工法は、掘削幅が 15m 程度以下の場合には、中間杭を省略できメリットが大きい。ただし、Eco ラム工法の採用における課題としては、角形鋼管切梁のリース料が H 形鋼に比べ現状では 3～5 倍程度と高いことが挙げられる。トンボ火打ちは従来工法と比べ架設・撤去作業の簡略が図れ、さらに鋼材重量も削減可能でメリットは大きい。また、適用に特に制限もなく、多くの現場で採用が可能である。

参考文献

- 1) 「切梁と腹起しの接合部材に関する検討」 土木学会第 71 回年次学術講演会, 2016, 9