

再開発案件の地下通路構築工事における URT 工法の設計・施工報告

清水建設株式会社 正会員 ○中村 廣遊
清水建設株式会社 正会員 秋元 裕介

清水建設株式会社 正会員 南郷 健太郎
清水建設株式会社 正会員 鈴木 宏昇
清水建設株式会社 正会員 マイ ティ ホン

1. はじめに

「新橋田村町地区市街地再開発事業 地下連絡通路工事」は、建築・土木一体の再開発事業のうち、新設ビルより既設ビルに向けて、幅 8.2m、高さ 5.2m、長さ 15.5m の連絡通路を構築する工事である。再開発事業と地下通路連絡工事の位置図を示す(図-1)。地下連絡通路の供用によって、新設ビルと周辺地区との歩行者ネットワーク向上や地上交通の緩和などが期待される。

施工延長 15.5m のうち、長さ 12.5m について URT 工法によるエレメント推進・構築を採用し、設計・施工を行った。本稿では URT 工法の選定と、設計・施工段階における施工条件に適応した取り組みについて述べる。

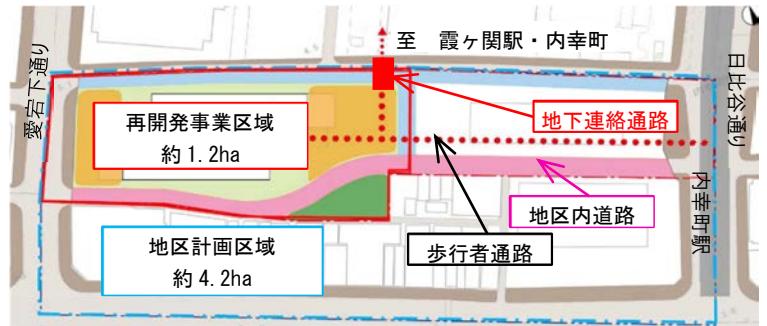


図-1 工事位置図

2. 本工事の特徴

本工事で構築する地下連絡通路は、供用中の都道と既設の馬蹄型下水洞道および推進下水管の直下を横断方向に掘削して、新設ビル・既設ビル間を結ぶ計画である。両ビル間には約 2m の高低差があり、新設ビルから馬蹄型下水洞道の横断区間は勾配 6% のスロープ、馬蹄型下水洞道より既設ビル間は RC 躯体を構築し、内部に階段を設置する計画である(図-2)。



写真-1 新設ビル遠景

3. 工法選定

(1) 工法選定にあたっての課題

工法の選定にあたって「推進下水管と馬蹄型下水洞道が地下連絡通路と近接しているため、両者を仮受けするためのスペースが確保できないこと」、「縦断方向において下水管・洞道による断面欠損が大きいこと」、「土留め支保工による開削工法が困難なこと」が課題として挙げられた(図-2)。

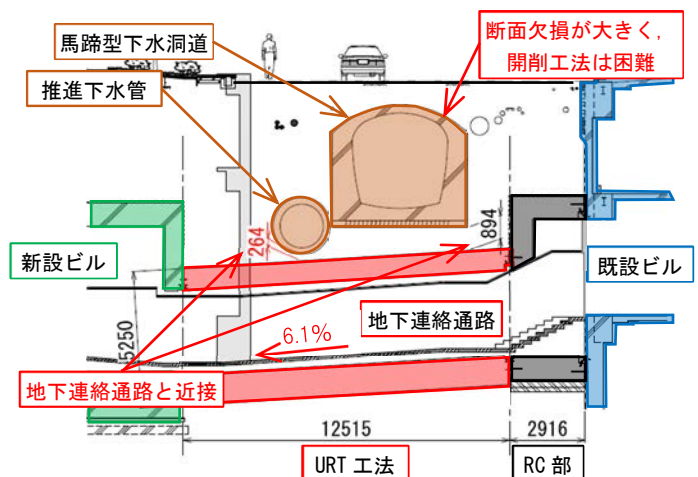


図-2 工法選定の課題

キーワード：非開削工法，URT，設計，施工

連絡先：〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1 清水建設株式会社土木技術本部 TEL:03-3561-3877

(2) URT 工法の選定

URT 工法は、鉄道または道路を挟んで発進立坑および到達立坑を設け、必要なトンネル断面を箱型中空の鋼製エレメントで取り囲み覆工する非開削工法である。鋼製エレメントは、一函当たり 1m×1m 程度の小断面であり、低土被りであっても掘削による地表への影響が少ないという利点がある。

工法選定にあたり、開削工法や、同じく非開削工法であるパイプルーフ工法や函体推進工法に対して施工性の比較・検討を行った(表-1)。躯体上部には既設の下水道・下水管が近接しており、これを支持する仮設物を設置する空間がないため開削工法やパイプルーフ工法による施工が困難であること、終点側となる既設ビルの施工ヤードが狭小で函体推進工法の適用が困難であることから、URT 工法を選定した。

表-1 工法比較表

工法	開削工法	非開削工法		
		パイプルーフ工法	エレメント推進工法 (URT 工法)	函体推進工法
工法概要	- 土留め壁と支保工を用い、地盤を直接掘削して地下通路を構築 - 既設構造物は杭基礎による受け防護で支持	- パイプルーフ地盤中に推進 - 支保工を建て込み、地山と既設構造物を支持 - パイプルーフ下で函体を構築	- 中空鋼製エレメントを推進 - エレメント内をコンクリート充填し、プレストレス導入で一体化 - 推進完了後に坑内を機械掘削	- 発進側で函体を構築 - パイプルーフと支保工で地山と既設構造物を支持 - 切羽の掘削とジャッキを使用して函体を土中に推進し設置
概要図				
検討結果	- 下水①および下水②の受け防護設置不可 - 開削工法に必要な土留め壁が下水①、下水②があることで施工不可	パイプルーフが下水②と干渉するため施工不可	鋼製エレメントは下水①および下水②との離隔を確保して施工可能	- 下水①および下水②と干渉するためパイプルーフ施工不可 - 施工ヤードが狭小、函体構築不可
判定	×	×	採用	×

4. 設計

(1) URT 工法適用にあたっての課題

本工事の規模で URT 工法を適用する場合、通常は躯体構築用エレメント外側の側部と上部または下部に、PC 緊張用の作業用エレメントを設ける必要がある(図-3)。

躯体上部は既設の下水道があり、上床エレメント上部に作業用エレメントを設置することは困難である。一方、下床エレメントの下に作業用エレメントを設ける場合、掘削底面を作業用エレメントが推進可能な高さに下げる必要がある。

本計画では、掘削底面を新設ビル側の躯体構築に合わせて計画している。このため作業用エレメントを設ける場合、掘削底面を計画高さより下げる必要があり、連絡通路構築工

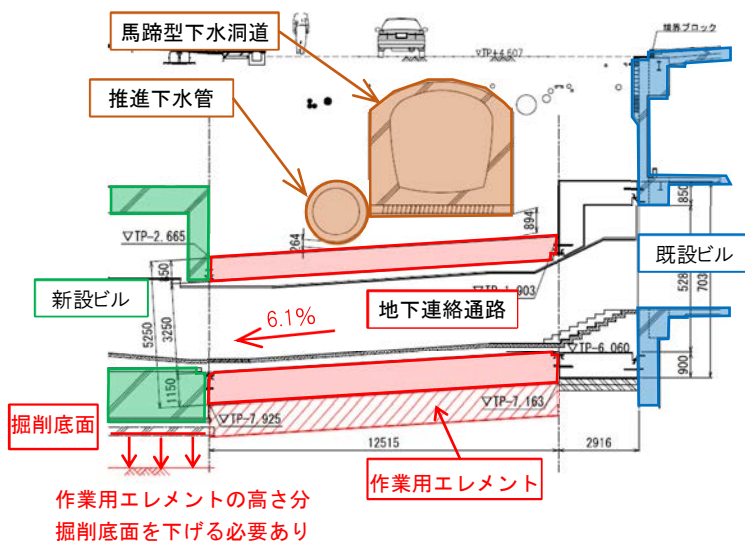


図-3 URT 工法選定にあたっての課題

事前に掘削，工事後に埋戻し作業を追加で行う必要が生じる(図-3)．一方で本計画の工程は建築工事がクリティカルとなっている．

新設ビル側の施工ヤードには地下通路構築後，建築躯体工事や設備工事等，全体工程におけるクリティカルとなる工事が控えており，かつ各工程が輻輳するため建築工事の工程変更は困難であった．このため建築工事の工程を優先する必要があった．

(2) 作業用エレメントの省略が可能な URT の設計

全体工程でクリティカルとなる建築工事の工程を優先し，引き渡し後の工事を少なくすることを目的として，躯体下部の作業用エレメントを省略することが可能となる構造を検討した．ここで着目したのがエレメント間の結合条件である．

URT 工法は推進完了後にエレメント内部をコンクリートで充填し，PC 緊張によってエレメント同士を一体化する．PC 緊張は作業用エレメント内で行うため，通常的设计では下床・側壁・上床の各エレメントの結合条件を剛結としている(図-4)．

本工事的设计では下床エレメント下の作業エレメントを省略するため，下床エレメントのうち側壁エレメントと接続する箇所を作業エレメント兼用とし，PC の定着具を下床エレメント・側壁エレメント間に設けることとした．

これに伴いエレメント間の結合条件を見直し，下床エレメントと側壁エレメントの結合条件はピン結合として構造検討を行った．側壁エレメントと下床エレメント間に生じるせん断力に対しては，せん断補強部材で受ける思想とした(図-5)．

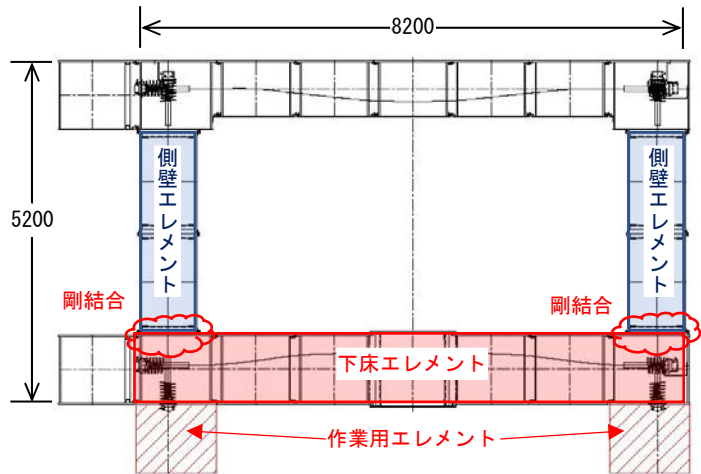


図-4 エレメント断面図(通常的设计)

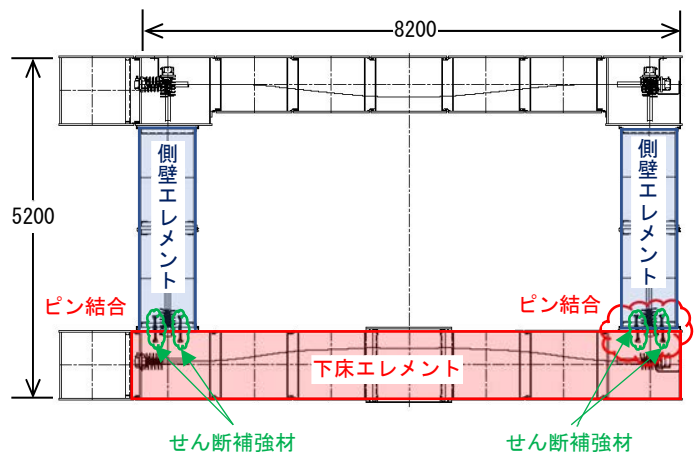


図-5 エレメント断面図(本工事における設計)

(3) コンクリートの設計基準強度設定

プレストレス導入直後と完成後の設計荷重作用時の2段階について，要求性能を満たすコンクリートの設計基準強度を設定した．

本計画ではパーシャルプレストレス構造とし，躯体縁端における引張応力度の発生を許容している．

「URT 工法 設計の手引き¹⁾」において，供試体を用いた実験結果をもとに算出したひび割れ幅が 0.2mm となるときの縁引張応力度の計算値 (6.9N/mm^2) に，安全率を考慮した値 3.4N/mm^2 を縁引張応力度の制限値として与えている．この実験におけるコンクリート強度をもとに，プレストレス導入直後(死荷重+プレストレス作用時)のコンクリート設計基準強度を 35N/mm^2 とした．

完成後に対しては，破壊形態照査における曲げ破壊先行を満たす仕様として，コンクリートの設計基準強度を 60N/mm^2 と設定した．通常の URT 工法で用いるコンクリートは $30\text{N/mm}^2 \sim 40\text{N/mm}^2$ 程度である

が、本計画では高土かぶりのため作用荷重が大きいため、コンクリート設計基準強度が大きくなった。

表-2 コンクリートの設計基準強度

プレストレス導入直後	完成後(設計荷重時)
35N/mm ²	60N/mm ²

5. 施工

(1) 施工にあたっての課題

URT の施工にあたって、以下の課題が挙げられた(図-6)。

課題 1：掘進による推進下水管と馬蹄型下水道への影響

課題 2：内空制限(設備配管用スペース)の確保と 6%の推進勾配に対する施工精度の管理

課題 3：建築工事との平行作業による、狭隘スペースでの推進工事(写真-2)

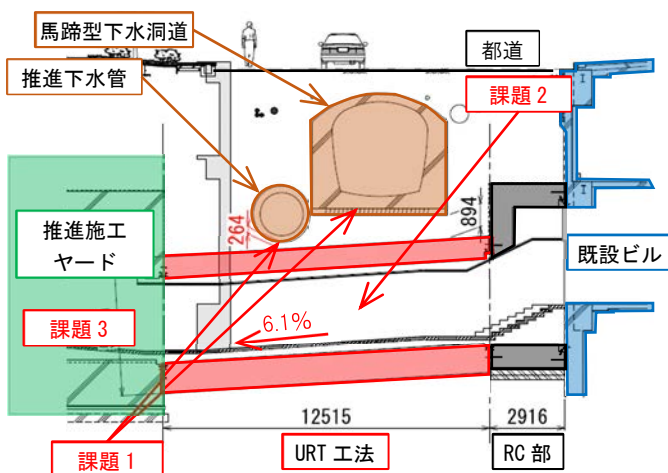


図-6 URT 施工時の課題



写真-2 推進施工ヤード遠景

(2) 掘進による馬蹄型下水道直下への影響

推進工事で近接する馬蹄型下水道は戦前の構築物であり、エレメント推進による下水道への影響や、下水道施工時の残置物による推進時の支障が懸念された。これに対しエレメント推進によって下水道の変位発生リスクを低減するため、発進・到達立坑より横方向の先行薬液注入を行った。切羽は人力による掘削とし、1回あたりの推進長を 30cm とし、下水管や地山の変状を観察して掘進を進めた(写真-3)。



写真-3 切羽の人力掘削

(3) 内空制限の確保

推進勾配 6%は、既往の工事で最大であった。一方で建築設備の配管を設置するため、精度の高い推進管理が求められた。勾配に対する出来形と建築設備工事の必要内空を確保するため、URT 推進工事の出来形管理値を±50mm、施工上の管理値は±25mm として施工にあたった。

(4) 狭隘な施工ヤードにおける推進工事

当初設計では反力架台は均しコンクリート上に設置する計画であったが、建築工程の変更により架台の設置範囲に底版を打設する必要性が生じた。これに対し反力架台の設計を見直し、建築工事の底版を活用した形式(図-7、図-8)を検討した。この見直しにより、狭隘な作業スペースでの反力架台設置を実現し(写真-4)、建築工事の工程と地下連絡通路工事並行作業を可能とした。

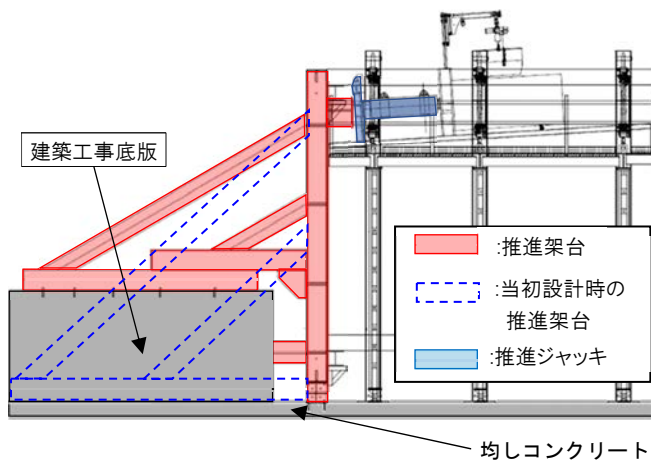


図-7 推進架台断面図

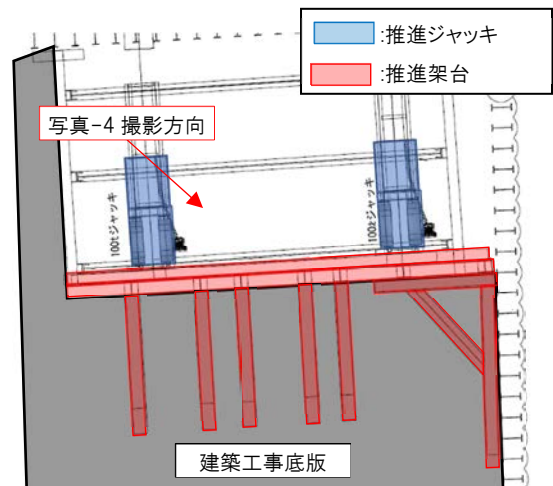


図-8 推進架台平面図

6. まとめ

- ・供用中の都道と埋設物直下における地下通路の構築工法を比較検討し、URT 工法を選定した。
- ・高土かぶりの URT 設計で設計思想を見直し、作業用エレメントを省略する事で、追加の掘削・埋戻し作業を抑制し建築工事工程への影響を抑えた。
- ・既設の馬蹄型洞道、内空制限や狭隘な施工スペースなど、施工時の課題に対して安全性や品質の検討を重ねた上で工事を進め、無事に竣工した(写真-5, 写真-6)。

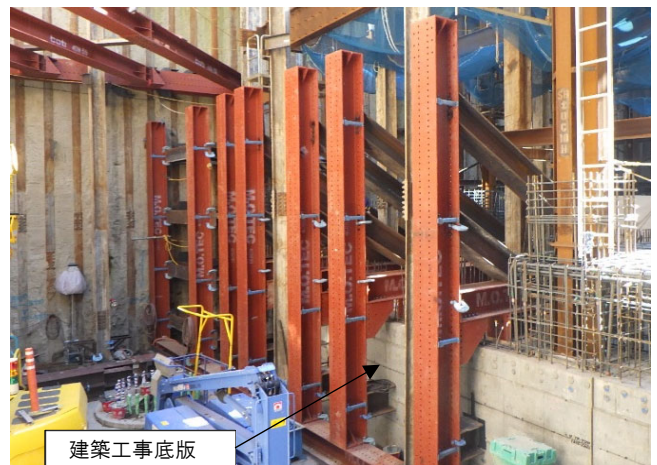


写真-4 推進架台遠景写真



写真-5 地下連絡通路躯体構築完了

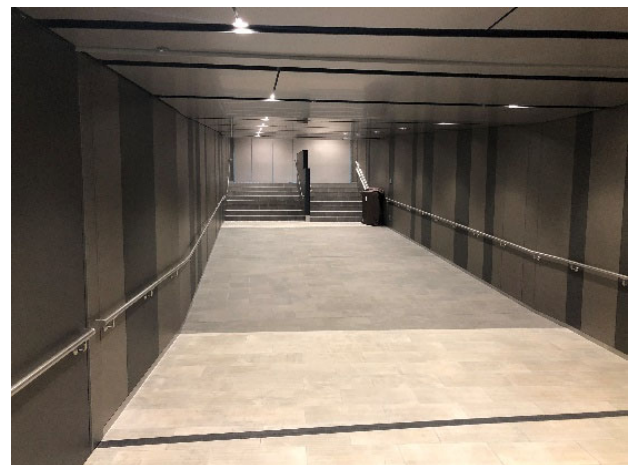


写真-6 地下連絡通路竣工

参考文献

- 1) URT 工法 PC ボックス形式 設計の手引き, URT 協会, 平成 21 年 7 月
- 2) URT 工法技術資料(施工編), URT 協会, 平成 20 年 3 月
- 3) 岡野法之・川島義和・泉保彦・村上淳, URT 工法ボックス形式の正負交番載荷試験, 土木学会第 58 回年次学術講演会概要集, V-348, 2003. 9