

低土被り地形における放水路トンネルの設計・施工

東京土木施工管理技士会

飛鳥建設株式会社

大阪土木事業部

内田 敏 宏[○]

Toshihiro Uchida

主任 中 辻 尚

Hisashi Nakatsuji

関東土木事業部・副主任 森 田 富 隆

Tomitaka Morita

1. はじめに

日立市を流れる大沼川は、河川幅2～5m、勾配1/100程度の二級河川である。大沼川改修工事は、この下流域の洪水時の流下能力を確保する目的で計画された放水路トンネルの分流部から合流部までの施設を建設するものであり、延長約640mのトンネルの上部には土被り5～6mで住宅、ライフライン、国道等が全線に亘って近接する難易度の高い工事である。

本工事は、地方自治体発注のトンネルとしては前例のほとんどない「設計・施工一括発注方式」が適用され、水路トンネルの実施設計から施工までの一連のプロセスを当社が工事請負者として実施した。

工事概要

- (1) 工 事 名：工第都整9号（国）（県）大沼川
改修工事
- (2) 発 注 者：茨城県日立市
- (3) 工事場所：茨城県日立市東大沼町
- (4) 工 期：2005年9月23日
～2008年3月20日

2. 現場における課題・問題点

施工箇所周辺は主に第1種低層住居専用地域に区分される住宅地域であり、放水路トンネルの大半は住宅が面する幅5～6mの市道直下を通過する（一部は宅地直下）。市道には、ガス管、上下水道管等のライフライン、マンホール、防火水槽等がトンネル上部に密に分布している。また、砂岩層が分布する区間（約100m）は河川との近接施工となる。さらに、トンネルの合流部付近では、国道245号および店舗進入路と広告塔直下を横断するほか、汚水管の本管（φ1,500）が僅か10cm程度で下方に近接し、これと接続する移設前の汚水管（φ300）が断面内に残置されている（図-1）。以下に課題の詳細を示す。

(1) 低土被り地形

トンネルルート約9割は住宅地域の幅5～6mの市道直下を土被り5～6mで掘削する。沿道の両側に木造2階建ての家屋が連続しているほか、一部に市道直下を外れて木造家屋（2戸）の直下を掘削する区間もある（写真-1）。

(2) 近接構造物

市道には下水道のマンホール、防火水槽（40m³）等が埋設されており、一部はトンネル掘削断面に干渉する。（図-2）

また、ガス管、上下水道管、NTTケーブルが

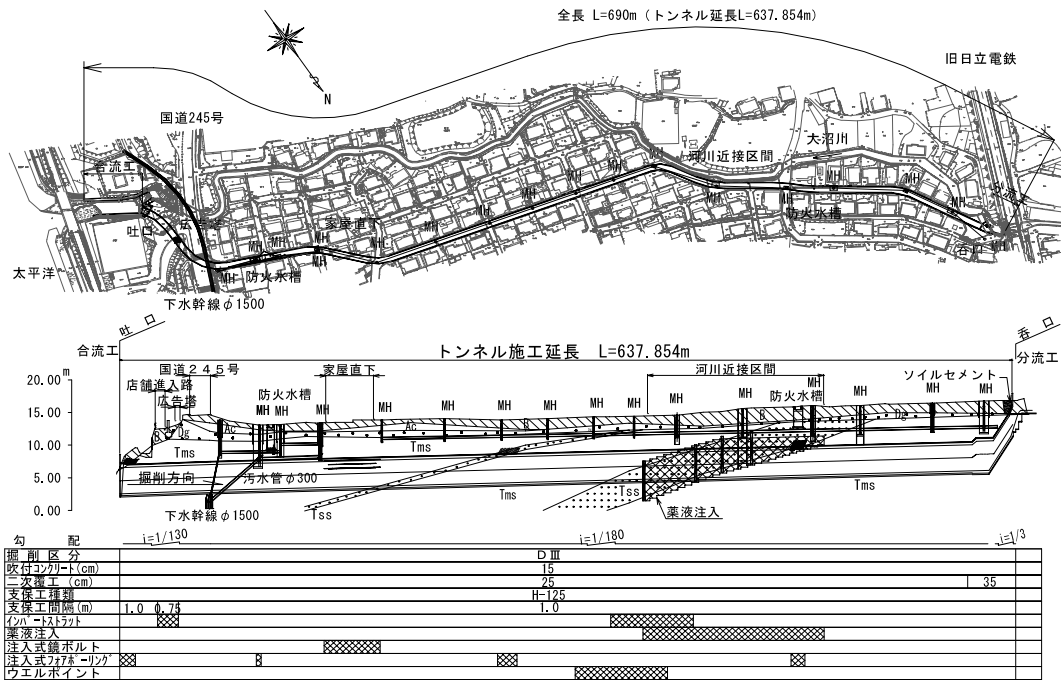


図-1 トンネル平面・縦断図



写真-1 家屋直下部（土被り約5m）の地表状況

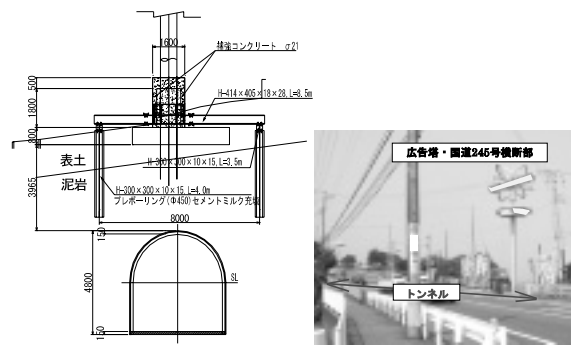


図-3 広告塔補強断面図

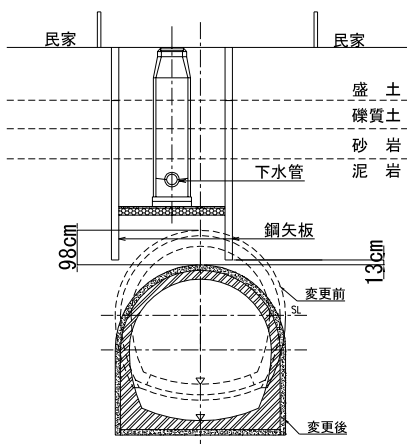


図-2 トンネル縦断の変更による離隔の確保

縦横に埋設されており、トンネル掘削によるガスの漏洩による事故の発生、ライフラインの供給停止に対する補償等のリスクが想定される。

さらに、坑口から40m付近のトンネル直上に広告塔（高さ約16m）が設置されており、トンネル掘削による支持力低下により転倒が発生した場合、通行者等の被災または店舗の営業補償等のリスクが想定される（図-3）。

(3) 未固結層の存在

固結度の低い砂岩層（層厚約4m）が分布する約100mの区間において、現河川と最小約5mの近接施工となる（図-4）。掘削時にパイピング等により河川水を引き込んだ場合、トンネルの安定

性が急激に悪化し、崩壊、陥没による道路、家屋への被害の発生とともに、坑内作業員に安全上深刻な被害が生じる可能性がある。

3. 対応策・工夫・改良点

上記課題について以下の対応策を講じた。

(1) 低土被り地形

地形を考慮し線形、調査、補助工法について以下のとおり対策を選定した。

① 問題発生時の緊急性を考慮し、対策工選定の自由度が高く切羽の状況変化に対応しやすいタイヤ工法とした。また、掘削断面形状は車両の離合等を考慮し、2R馬蹄形より幌形に変更した。(図-5)

② 既存ボーリング調査に加えて追加ボーリング、サウンディング、宅地造成前の地形図等により基盤面の高さを調査し、基盤面コンター図を作成した。これにより、泥岩の被り、地下水の集まりやすい箇所等を把握した。

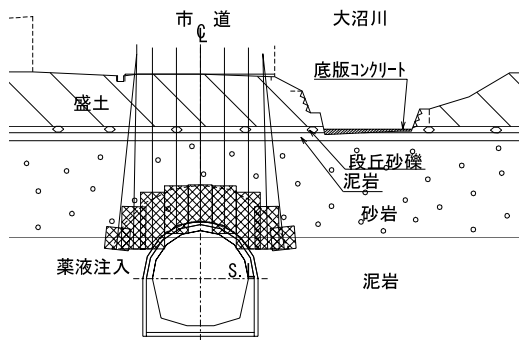


図-4 河川近接部の薬液注入

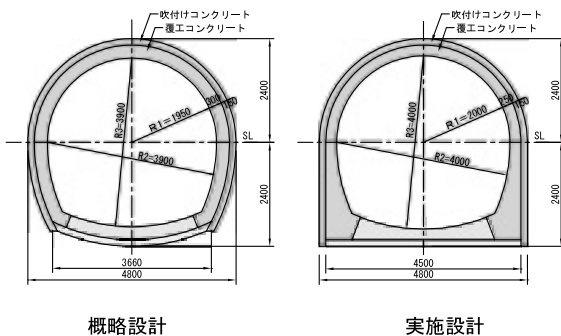


図-5 トンネル断面の変更

トンネルの縦断勾配を1/130から1/180に変更し、泥岩の被りを大きくすると共に、トンネル上部の下水管、マンホール、防火水槽等との離隔を拡大した(図-2)。なお、勾配の変更による流量の低下に対し、内空断面を拡大して対処した(上半半径: R=1.95mをR=2.0mに変更)。

③ 泥岩上部の滞水砂礫層から地下水を引込むことを防ぐため、先受け工よりも鏡ボルトを主とした切羽安定対策を実施した。特に住宅直下では、AGFに代えてL=6mの注入式鏡ボルトを3mピッチで計画した(図-6)。

(2) 近接構造物

トンネル掘削による沈下量の予測解析および先行掘削区間(約50m)の実績を考慮し、砂岩層区間に分布するガス管については後述する薬液注入時の影響、トンネル掘削による地盤のゆるみの発生等を考慮し、トンネル掘削に先立ちガス管の管種変更を行うなどの追加措置によりリスクを低減した。

① ダクタイル管および鋼管の一部を可撓性のあるポリエチレン管に交換した(沈下許容値(保安処置沈下量=15mm)⇒50mm)。

② 沈下棒の設置による沈下量の測定を行った(横断管は全数設置)。

広告塔が国道側へ転倒した場合の被害規模は甚大であり、以下の方法によりリスクを低減した(図-3)。

③ H鋼+補強コンクリートにより基礎部の補強を行い、支持杭によりアンダーピンニングを行った。

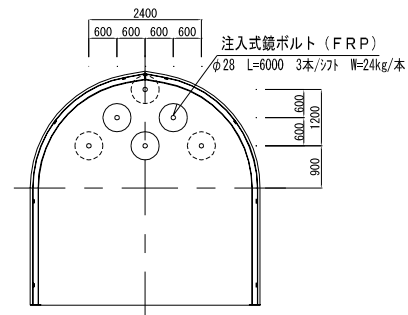


図-6 家屋直下における注入式鏡ボルト

④ 広告塔が掘削による影響を受ける範囲のトンネル掘進長を1mから75cmに短縮し、インバートストラット（H-125）によりトンネル掘削後早期に支保の閉合を行う。

(3) 未固結層の存在

本区間の施工条件に対して以下の対策により、リスクの軽減を行った。

① 河川水の浸入を防ぎ切羽の安定性を高めることを目的とした薬液注入を砂岩層を対象に実施した（図-4）。

② 現況河川の底面に底版コンクリートを打設して河川水の砂岩層への浸透を防止した。

③ 砂岩層は、事前に地表から薬液注入を実施したことにより、切羽の安定性を確保できた（図-4）が、埋設管調査により、防火水槽、マンホールの他にも地下埋設物が密に埋設されていることが分かり、地表からの注入が困難な箇所については、坑内から補足注入を行うことで対処した。

④ 砂岩層上面がトンネル底盤から接近する区間では、被圧地下水が切羽に噴出すると予想されたため、事前にウエルポイントの設備を準備しておき施工を進めたところ、底盤から1m程度まで砂岩層上面が接近した段階で泥岩の亀裂から地下水の湧き出しが発生し始めた。このため、ウエルポイントによる強制排水を行い、支保工脚部の安定を確保しながら以降の掘削を行った（図-7、写真-2）。

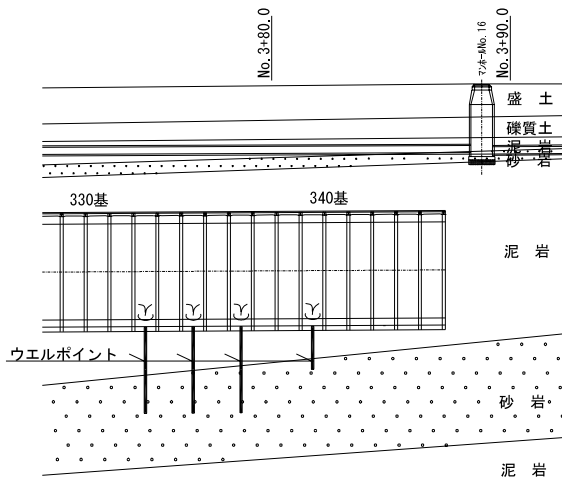


図-7 砂岩層へのウエルポイントの施工

(4) 対策工の結果

トンネル掘削によって生じる地表面沈下は、事前解析等により数mm程度と予想されたが、管理上は20mm程度の沈下が生じることを想定し管理レベルを設定した。

実際には、泥岩部で1～3mm、砂岩部で2～4mmと地表面沈下量は微小で、理論式（Limanovの式）、FEM解析の結果とほぼ同等の値に留まり、家屋等の近接構造物への影響は皆無であった。

4. おわりに

前例の少ない「設計・施工一括発注方式」を適用した難易度の高いトンネル工事の施工経過について報告した。

本発注方式の適用によって、以下の点が有効であったと思われる。

- ・本工事では、概略設計時に十分な地盤調査と設計的な評価が行われており、契約時において地盤を含めた施工条件に対する具体的な検討を行うことにより、設計施工時のリスクの軽減とコストの縮減を行うことができた。
- ・設計期間と施工期間をラップさせたことにより施工状況を設計に反映できたため、補助工法の必要性などをより精度良く判断できた。
- ・学識経験者による技術審査会が組織され、タイムリーに審査・助言をいただいたことにより、発注側と受注側の間で未施工区間の施工に対する方針を共有できた。



写真-2 ウエルポイント区間の掘削状況