

# 硬質地盤における仮設土留めで発生した問題点とその対処方法について

中日本建設コンサルタント(株)

○各務 繁

## 1. はじめに

本件は某自治体の水道施設の設計・施工に関する報告である。対象施設の地下工事中において、当初設計に設定した地盤条件や地下水位と異なることが判明し、設計時に選定した仮設土留め壁の施工が困難となった。その後の調査で、本建設地を含む地域特性として地下水位の季節変動が大きいことが分かった。本論では、施工方法や施工時期、経済性を総合的に評価し、施設高の設定変更までフィードバックして対応した事例について報告する。

## 2. 施設概要

### (1) 現場状況

本施設は、図-1 に示すように某自治体が所有する既存の上水道水源施設で、敷地面積は約 250m<sup>2</sup>である。

周辺状況は以下の通りである。

- ・北側は幅員 4m の道路を挟んで小学校がある。
- ・東側・西側は民家が存在する。
- ・南側は畑地を挟んで民家が存在する。

道路幅員から、搬入可能な施工機械が制限される場所であり、使用重機も考慮した施工計画を行う必要がある。



図-1 位置図

### (2) 既存施設

既存施設は、図-2 に示した配置図の通りであり、ポンプ室と沈砂池(5.0m×4.0m×2.4m)および圧力タンクが設置されている。

本件では、施設の老朽化と別の水源との統合による沈砂池容量の増加に伴う水源施設(沈砂池ポンプ棟)の設計を行う。

施工手順としては、取水深井戸以外の既設構造物を撤去し、取水深井戸を取り込む形状で水源施設の築造を行う。

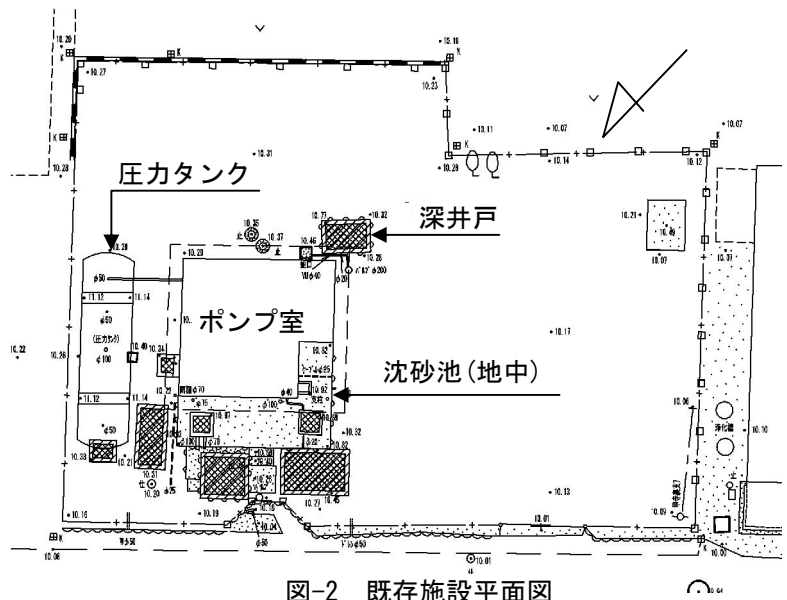


図-2 既存施設平面図

### (3) 新施設設

新設する水源施設は、既設水源と廃止する別の水源における配水量(日最大)の 12 時間分の容量(470m<sup>3</sup>)を確保できる沈砂池が必要であり、構造は鉄筋コンクリート造とした。平面形状寸法は次ページの図-3 に示す通り 11.4m×8.7m×(GL-)7.6m である。

躯体形状は、設計容量を確保し、狭い敷地上の制約と掘削時における地下水位との関係から適切な大きさと施設高を検討し決定した。

### 3. 地盤条件

対象施設の地盤条件は、図-4 に示すように GL-2.25m 付地点から玉石混じり砂礫層となっている。

地質調査結果より、玉石混じり砂礫層は礫が主体の砂分と粘土分を含んだ地盤であり、標準貫入試験では、N 値 50 以上が確認されている。

透水係数は、 $4.0 \times 10^{-3}$  (m/s) と推定され、比較的透水性の高い地盤である。

新設する躯体と地盤の関係は図-4 に示す通りであり、直接基礎形式として設計を行った。

地下水位は、GL-7.34 で確認された。

### 4. 設計時に採用した仮設方法

本施設は、敷地境界から 1.5m 程度の位置に躯体を配置しているため、オープン掘削では施工不可能であり、「土留め工法」を採用した。

土留め工法は、鋼矢板による締切りも含めて検討したが、玉石混じり砂礫層で施工する場合、施工費が割高となり経済性が悪い設計となる。そこで、掘削底面が地下水位 (GL-7.34m) 付近に位置するように施設高さを設定し、掘削底面付近は釜場排水を行うこととして、経済的な「親杭横矢板工法」を採用することにした。尚、施設高さの設定では、上記の他に沈砂池容量、敷地内に配置可能な平面形状、ポンプ室内へのアプローチ等を考慮し、総合的な判断をもって設定している。

N 値 50 以上の玉石層への親杭の打込みは、通常の油圧圧入工法では不可能である。そこで、施工性、経済性の比較検討を行い、施工可能な工法のうち経済性の良い「ノバルハンマー工法」を採用した。施工状況図を図-5 に示す。

ノバルハンマー工法は、岩盤・転石層などの硬い地盤や一般土質を対象に、基礎杭工事、または仮設土留め工などの施工に適した工法であり、近隣地区での施工実績もあったことから本建設地の土質にも適応できると判断した。

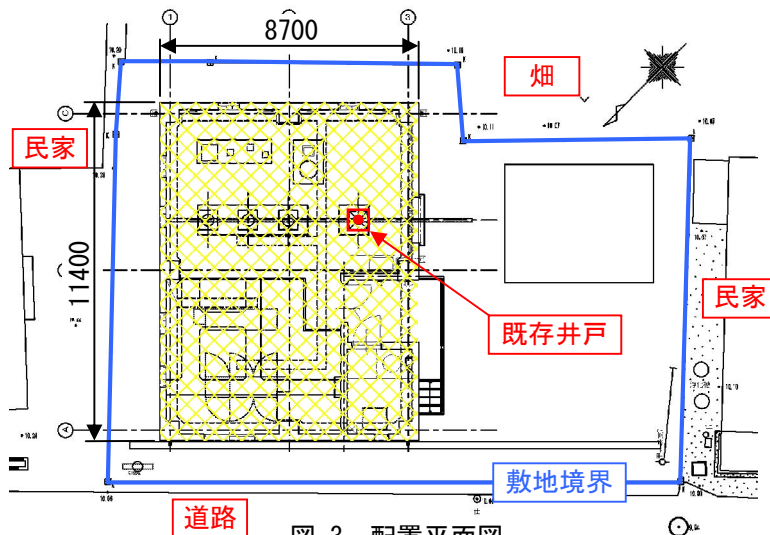


図-3 配置平面図

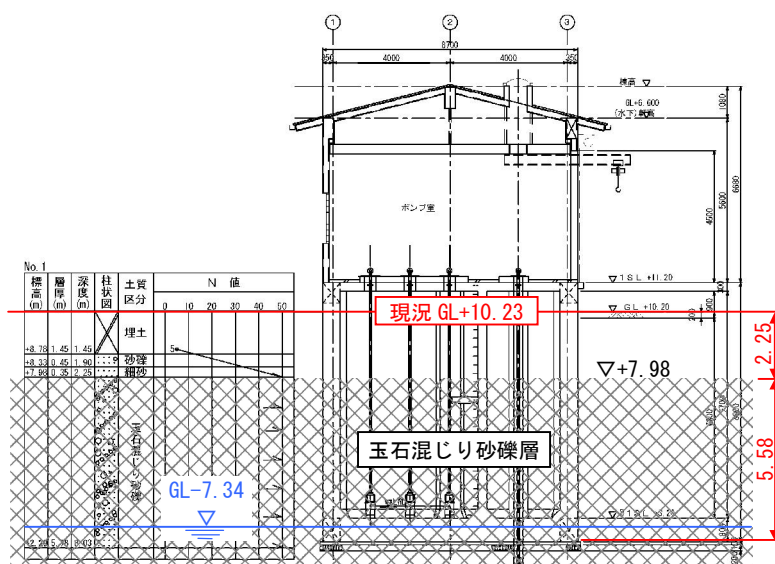


図-4 断面図とボーリング柱状図

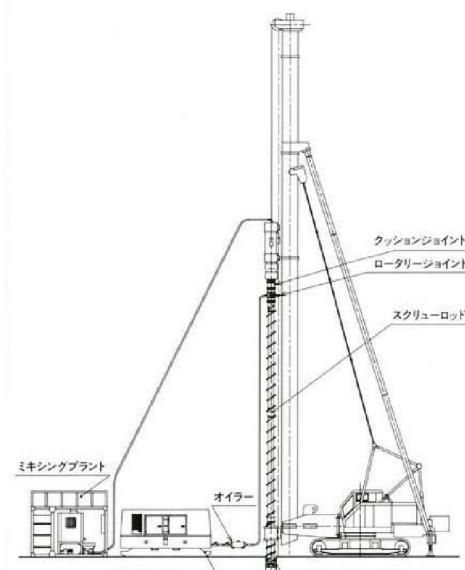


図-5 ノバルハンマー施工状況図  
出典：ノバルハンマー工法カタログ

## 5. 施工時に発生した問題点 ①地下水位の大きな変動

### (1) 地下水位の季節変動

設計時の地下水位の設定は、本業務で実施した地質調査結果(6月上旬実施 GL-7.34m)と設計時に入手した既存井戸の運転水位(GL-8.00m)から、安全側の設計となるように、水位が高い地質調査結果の GL-7.34m を設定地下水位とした。

しかし、躯体工事着工時(8月上旬)に実際に掘削したところ、地下水位は、GL-3.18mで確認され、設計時に採用した地下水位より 4.16m も上部で確認された。

その後、地下水位実測データを詳細調査したところ、本建設地周辺は、季節により地下水位の変動が非常に大きい場所であることが判明した。

図-7 は、平成 19 年のデータであるが、水位の変動は、場所によって差異はあるものの、7~9 月は水位が高く、4 月~6 月に最も水位が低くなる傾向であった。また、年間の最大水位差は約 4m であった。図-6 の実測値を見ると、6 月に測定した水位と 8 月に測定した水位差が 4.16m であり、観測データと同じような傾向を示していることから、本建設地についても、10 月頃から水位が低下していく傾向にあると考えられる。

この地域における水位の変動は、周辺の水田の影響を受けており、用水路が通水すると地下水位が上昇している。

掘削して確認した地点の水位を継続的に測定した結果を表-1 に示す。想定した通り地下水位は低下しており、4 ヶ月経過した H21.12 の段階で約 1.9m 低下し、半年経過した H22.2 の段階で約 3.3m 低下した。

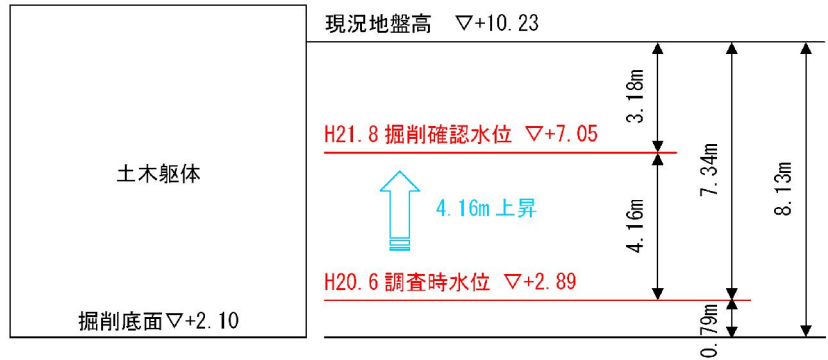


図-6 地下水位の変動

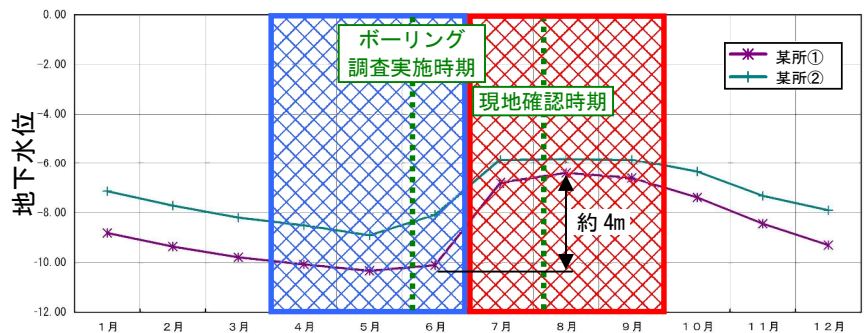


図-7 建設地近隣の地下水位観測データ

表-1 地下水位の観測結果

観測日	地下水位 GL-m
平成 21 年 12 月 7 日(月)	5.10
平成 21 年 12 月 18 日(月)	5.30
平成 21 年 12 月 28 日(月)	5.50
平成 22 年 1 月 4 日(月)	5.70
平成 22 年 1 月 12 日(火)	5.85
平成 22 年 1 月 25 日(月)	6.20
平成 22 年 2 月 1 日(月)	6.35
平成 22 年 2 月 8 日(月)	6.50

### (2) 地下水位の変更に対する対応

#### 1) 施工時期の変更

現地確認を行った8月時の水位では、計算結果より、地下水位低下工法としてディープウェルが5本必要となった。ディープウェルを行う場合、概算工事費を算出すると約2,000万円の増額が必要となる。

そこで、地下水位が排水工を必要としない位置まで地下水位が低下するのを待って施工する場合の検討を行った。ただし、供用開始時期が決まっているため、供用開始から工事工程を遡り、建築及び機械設備、電気設備工事の工程を見直し、可能な限り工期短縮した上で施工時期を決定する必要がある。

工事工程については、施設の供用開始まで比較的余裕があったことから、全ての工種(土木、建築、建築設備、機械設備、電気設備)において、できる限り短縮できる方法で工程の見直しを実施した結果、土木工事の着工を6ヶ月(H21.8着工 → H22.2着工)遅らすことが可能となった。



## 2) 施設高さの変更

工事工程の見直しから、工事着工を6ヶ月遅らすことが可能となったが、地下水位は設計時の設定水位より約1m高い位置となる。地下水位が1m高くなると、当初計画していた釜場排水ポンプでは排水不可能となる。さらに、透水係数が高い地層であるため、排水のために大幅に工事費が増加することになる。そこで、躯体の高さについて設計の見直しを行うことにした。

設計時の考え方として、取水ポンプの揚程等の仕様検討の他、沈砂池の必要容量を満足させ、なおかつ透水係数の高い地層であることから、地下水位以下の掘削を極力少なくなるようにした。

今回、地下水位が設計時の設定より1m高い位置であるため、取水ポンプの揚程をポンプ仕様が変わらない状態で見直し、当初の計画より施設高を1.5m上げることにした。1.5m上げることにより、掘削底面を地下水位面より上部に設定することができた。

維持管理上の問題として、ポンプ室のフロアレベルが1.5m高くなるが、ポンプ等機器類は、吊上げ装置が設置されているため、問題なく建屋への搬出入が可能である。

また、維持管理導線としては、フロアレベルが1.5m高くなるため、室内への出入りにおいて階段の段数が増えて不便となるが、作業員が立ち入る頻度は少ないため、特に支障はないと判断した。

以上より、維持管理性は多少犠牲にしても、施工性と経済性を優先させることとし、発注者了承の元、躯体の設置高さを1.5m上げることにした。

表-2 工事費の減額

工種	設計時	変更 (FL を+1.5m)
土工費	16,200,000 円	13,700,000 円
仮設費	5,900,000 円	4,900,000 円
水替費	4,000,000 円	500,000 円
合計	26,100,000 円	19,100,000 円

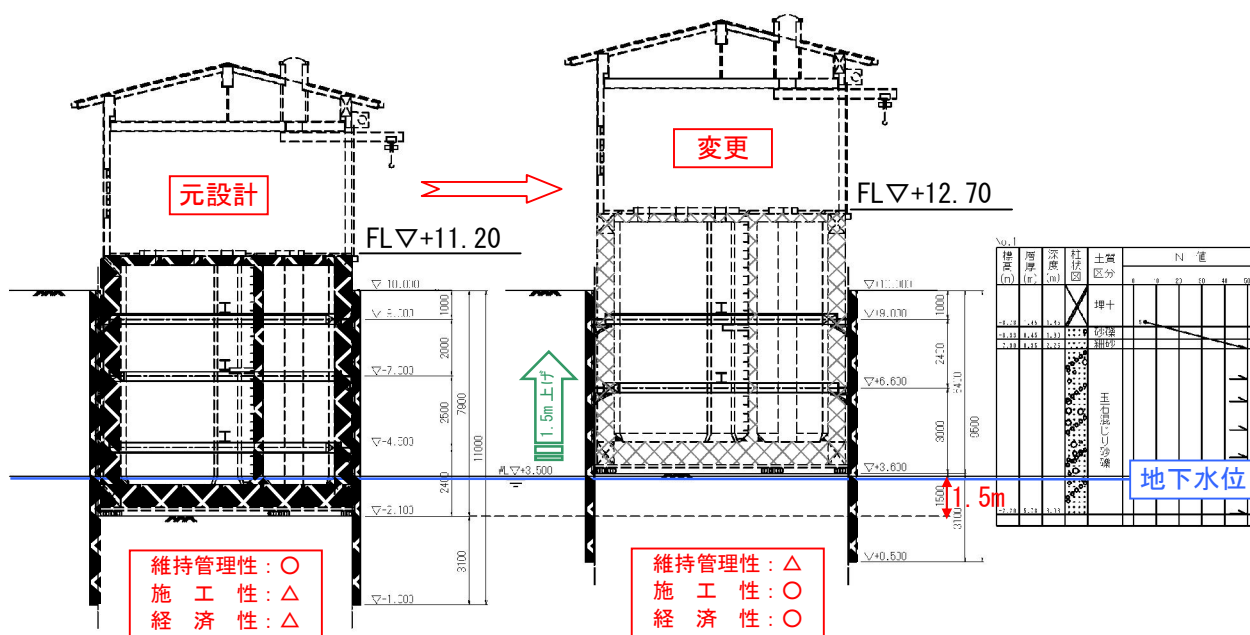


図-6 施設設置高さの変更

## 6. 施工時に発生した問題点 ② ノバルハンマー工法で削孔できない

### (1) 施工時に発生した孔壁の崩壊

本建設地の地盤は玉石混じり砂礫層であり、地質調査結果より、「礫が主体の砂分と粘土分を含んだ地盤」であった。そのため、設計時においては、H 杭の打設はノバルハンマー工法(掘進孔径φ450)で十分施工可能であると判断した。

しかし、実際に施工を開始したところ、GL-4.0m 程度まで掘進した段階で、孔壁の玉石が崩壊し、ノバ

ルハンマーのスクリーに挟まり、回転できない状態となった。

ノバルハンマーにより掘削ができなかった原因としては、次の2点が考えられた。

- |  |
|--|
| ① 砕けた碎石が玉石の間に入り、ノバルハンマーの先端部で締め固まった。<br>(理由) GL-4.0mまで掘削しても、ほとんど排土がなかった |
| ② 玉石を砕くときの振動により、ハンマー上部の孔壁が崩壊した<br>(理由) 掘削時にハンマーの上部に玉石が詰まり、オーガの回転が止まった。 |

以上の結果より、本建設地の地盤は、空隙が多くて崩れやすい地盤であると判断された。本建設地周辺は、前述したように地下水位の変動が大きく、玉石と砂礫の間の砂分や粘土分が流出してしまい、空隙が多くなっていった可能性があった。ノバルハンマーでの掘削が不能となった深さは、GL-4m程度であるため、GL-2.25mより下の玉石混じり砂礫層が崩落しやすい地盤であると判断した。

## (2) 孔壁の崩壊に対する対処方法の検討

当現場での施工上の制約条件は以下に示すものがあり、この制約条件をクリアでき、安全で経済的な工法を選定した。

- ① 本建設地の玉石混じり砂礫層での掘削が可能なこと
- ② H300の鋼材を9.5mの深さまで打設可能なこと
- ③ 孔壁の崩壊に対応できること
- ④ 25tのラフタークレーンで施工が可能なこと

ノバルハンマー工法では、孔壁の崩壊に対応できなかったため、鋼製ケーシングを併用する工法から、上記の4点を満足できる工法について、比較検討を行った結果、経済性と施工性から「全周回転オールケーシング工法」を採用することとした。

本工法の施工手順は、以下の通りである。

- ① 全周回転ジャッキによりケーシングチューブ(φ1000)を建込む
- ② 内部をハンマーグラブで掘削した後、H杭を建て込む
- ③ ケーシングチューブ内に砂を充填して、ケーシングの引き抜きを行う。

さらに、崩壊性の高い地盤であるため、横矢板設置時における土砂の崩落防止策として、掘削面の安定を図る目的で仮設土留め壁外周に薬液注入工法を併用した。

以上の変更により、土留め壁の工事費は表-3に示すように、全周回転オールケーシング工法では、1,890万円となり、当初設計時(1,030万円)より860万円、躯体の高さを1.5m上げた時(890万円)より1,000万円の増額となった。この金額は、土木・建築工事費の約10%に相当する金額であった。

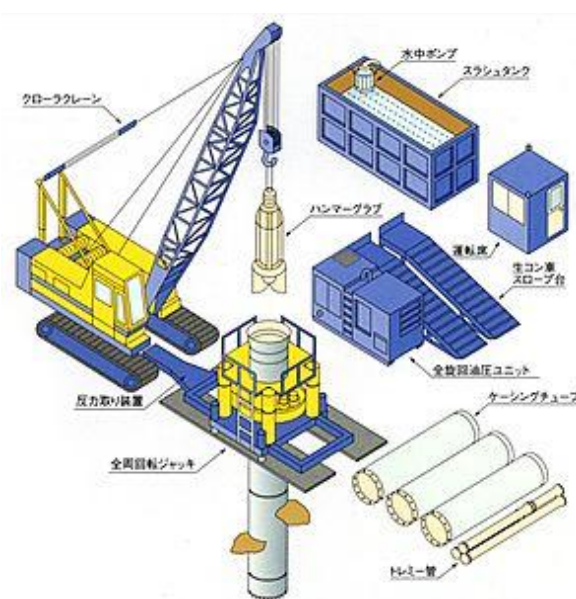


図-7 全周回転オールケーシング工法概要図  
出典：(株)河野組HP

表-3 土留め変更に伴う工事費の増額

工種	当初設計時 (ノバルハンマー)	変更後①(FLを+1.5m) (ノバルハンマー)	変更後② (全周回転オールケーシング)
H杭打込み費	10,300,000円	8,900,000円	14,000,000円
薬液注入費	—	—	4,900,000円
合計	10,300,000円	8,900,000円	18,900,000円

## 7. まとめ

### (1) 現場で発生した問題の対策による変更について

本件では、施工時に発生した問題に対して、以下のように対応した。

- ① 設計時の想定より地下水位が高く、季節変動による水位差が大きい地域であった。  
→ 工事工程の見直し、施工時期を地下水位が低くなる時期に変更した。  
また、施設高さの見直しを行い、設計時より施設高さを1.5m上げた。
- ② ノバルハンマーの掘進中に孔壁の玉石が崩壊し、スクリーに挟まって掘進できなくなった。  
→ 採用工法の見直しを行い、全周回転オールケーシング工法を採用して施工を行った。

今回の施工時に発生した問題点については、設計の見直しを含め、施工可能な方法を迅速に検討したことや、施設の供用開始までに余裕があったため、躯体工事は無事に施工を完了することができた。

しかし、変更後の施工については、以下に示す問題もあった。

- ① 仮設土留めの施工法を変更したことにより工事費が大幅に増額となった。
- ② 工事工程の見直しにより遅れが許されない厳しい工程管理となった。

### (2) 今後の設計への課題

#### 1) 地域特性を把握する

今回発生した問題点について、地下水位の変動が大きい地域であることは、設計の段階で把握することができたのではないかと考えられる。

発注者から得た資料の他に、各自治体が実施している調査結果等を確認し、過去の近隣で実施した工事の状況を施工業者へのヒアリングで確認する等、十分な調査を実施する必要がある。

#### 2) 地域特性を反映して最適な工法選定を行う

今回は、地下水位の実態を把握したのが施工の段階であったため、設計にフィードバックさせることに限界があった。

設計段階での工法選定において、玉石地盤での仮設工の場合、施工可能な工法は比較的工事費が高額となるが多いため、地質調査から得られた地下水位や地質状況以外に、地下水位の変動性等の地域特性を把握し、それらを反映させて設計を行う必要があると考える。

#### 3) 設計における施設高さの設定方法

水道施設における施設高さの設定は、ポンプ揚程や流入・流出先との水位関係等から決定することが一般的であり、決定後の施設高さで土木躯体の設計を開始することになる。

本施設のケースでは、施工時に発生した問題に対して、土木躯体工事における施工性と経済性に重点を置いて施設高さを変更した。地盤条件や地下水位により、仮設土留めの工事費が高額になると想定できる場合、今回のような設定方法は有効なものであると考えられる。しかし、設計当初から地盤特性等を考慮した施設高さを設定する際は、土質条件や地下水位条件に左右されるので、十分な事前調査が必要になると考える。

最後に、今回の現場対応に関わり、設計段階における資料収集の重要性を認識することができた。今回のようなケースを常に想定しながら、今後の設計に反映させていきたい。