

汚水幹線管渠築造調査施工に伴う地質リスク

高知市都市建設部下水道建設課

入交・新進・新洋共英・大宮特定建設工事共同企業体

(株)地研 ○ 坂本 昇

(株)地研 森 直樹

(株)地研 山中 仁人

1. はじめに

施工時における設計変更により工事費が大きく増大する場合、その原因には地質や地盤の問題が大きくかかわっていることが少なくない。

今回は管渠築造工事中に予想外の硬質岩盤の出現で設計変更が必要となった工事を一次調査から見直し、そこに潜む「地質リスク」について検討した結果を述べる。

2. 工事概要

対象とした工事は、高知市下水道事業計画に基づき、環境衛生面の向上を図ることを目的として、仕上がり内径1,000mmの下水道管を施工するものであり、高知市の北部で現在施工中の工事である。工事概要を以下に示す。

- ① 施工方法：小口径シールド工法
- ② 工事延長：L=922.9m
- ③ 工事内容：管渠工(仕上がり内径 1,000mm)
立坑工(発進、到達)

3. 地形地質

(1) 地形

周辺の地形は、「丘陵地」と「低地」によって構成されており、「低地」はさらに扇状地と、後背低地、谷底平野に区分される。

計画幹線は西南西から東北東へ延び、岩盤からなる「丘陵地」の南西側を通る。この丘陵地は標高70m程度で、15～25度の比較的緩やかな斜面勾配を有する。

この丘陵地を取り囲むように、西側には谷底平野が、東側には後背低地が広がる。後背低地の更に東には扇状地が分布している。

(2) 地質

本調査地の基盤地質は、秩父累帯中帯から南帯にかけて小さく別れて分布する南海層群の船谷層に属する。

船谷層は、礫質砂岩・粗粒砂岩と緑灰色を呈する泥岩の不規則な互層からなっており、今回の調査では、基盤岩として礫質砂岩及び粗粒砂岩を確認した。この砂岩が問題を起こした硬質岩を含んでいた。これらの岩盤を覆うように低地を構成する未固結堆積物が分布する。

4. 調査結果

一次調査では、約1kmに渡る施工延長に対して、設計上必要となる資料を得るために、調査ボーリングを7箇所実施した(図-2参照)。

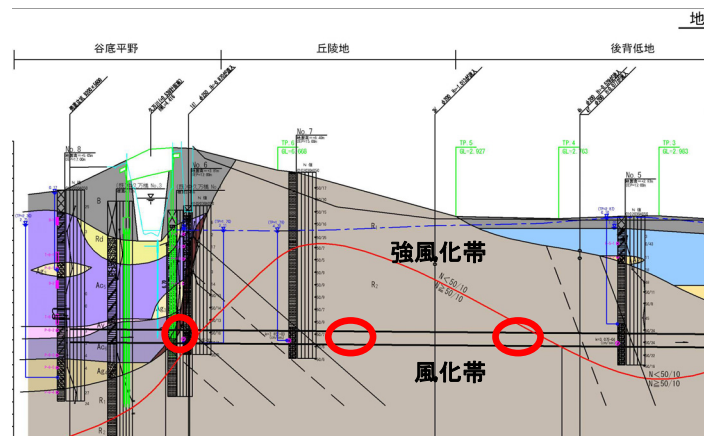


図-2 断面図 ○トラブル発生箇所

(1) 地層構成

丘陵地を構成する粗粒砂岩及び礫質砂岩を覆うように扇状地の礫質土や後背低地、谷底平野に分布する粘性土が分布する。岩盤は、深部に従いやや硬質となる傾向を示すが、風化が極めて進行しており、非常に軟質で脆弱である。

(2) 岩盤の区分

管渠は概ね岩盤内を通過することから、以下に、一次調査で確認された岩盤の特徴について述べる(写真-1参照)。

- ① 調査地で確認された岩盤は粗粒砂岩及び礫質砂岩である。
- ② 岩盤は、深部まで風化され茶褐色を呈する。
- ③ 特に浅部では著しく風化されており、コアは土砂状～礫状を主体とし、岩級区分はD級である。
- ④ 深部に従い、やや硬質となるが、岩質は軟質であり、岩級区分はCL級である。

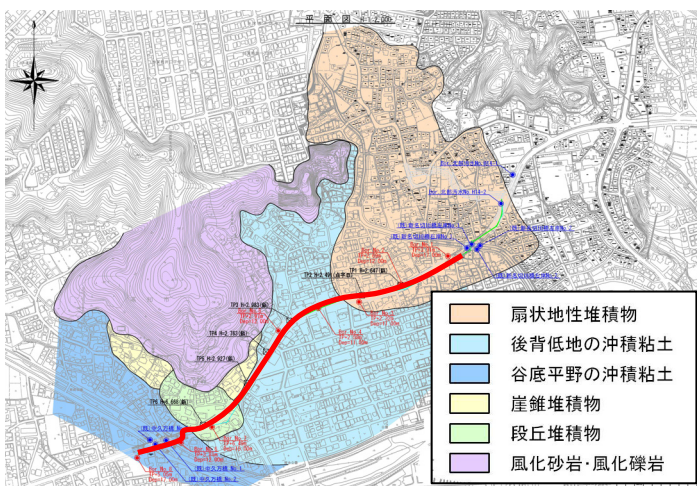


図-1 調査地平面図

- ⑤ 最深深度まで標準貫入試験が実施可能であり、5cm以上の貫入量が記録された。
- ⑥ 風化による強度差が存在する。
- ⑦ $N < 50/10$ を強風化帯、 $N \geq 50/10$ を風化帯とした。

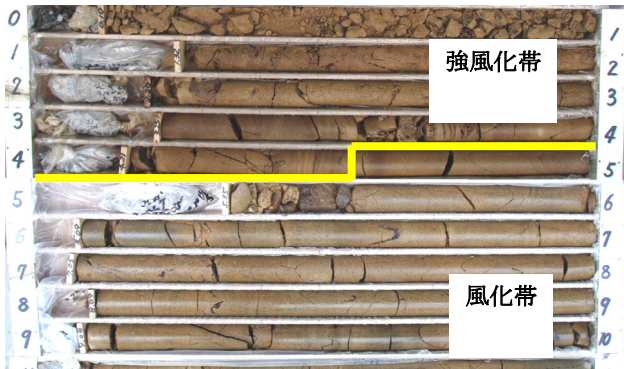


写真-1 コア写真

(3) 点载荷試験

ボーリングで採取された岩盤コアは、脆弱であり、点载荷試験により岩盤の一軸圧縮強度を推定した。調査地に分布する岩盤の強度は、強風化岩で10 (N/mm²) 以下、風化岩で10~30 (N/mm²) であると推察された。

5. 施工状況

(1) トラブルの発生

管渠の施工は、小口径シールド工法で行われ、調査結果を踏まえてカッターヘッドには強砂礫層対応のものが選定された。施工が開始され間もなく、掘進速度が大きく低下し、作業を一時休止せざるを得ないトラブルが発生し、追加調査として鉛直ボーリング2本を実施することとなった。

その後も、2度に渡り一次調査では確認されていない硬質砂岩が確認され、施工を休止し追加試験が実施されている。

分布する硬質砂岩は、計画されたカッターヘッド(強砂礫層対応)では掘進が困難であり、カッターヘッドの機種交換が必要となった他、偏摩耗によるビットの交換が計画回数以上必要となった。

なお、掘削が困難になった区間は、3箇所確認されており、各々15~30m 区間であり合計は70mとなる。

(2) 一次調査との相違点

一次調査結果では、岩盤は風化され軟質であり、一軸圧縮強度も10~30 (N/mm²) と想定された。しかしながら、施工中に確認された硬質砂岩は、予想された一軸圧縮強度の最大7倍程度の値が得られている。切羽よりコアカッターにより採取した試料の一軸圧縮強度を表-2に示す。

(3) 工事費用

管渠が岩盤中を通過するのは、全施工延長の70%を占める約670m 区間であり、この内硬質で新鮮な岩盤が分布するのは、3箇所の合計で70m(岩盤延長の10%、全延長の7%程度)と非常に短い区間であった。

しかしながら、設計変更に与える影響は大きく、当初

設計73,800万円に対して、このトラブルにより発生した経費は、追加調査やビットの交換、作業休止時のリース費を含めて12,100万円となり、当初設計の約15%増となっている。

表-2 岩盤強度比較表

項目	一次調査	第1回追加調査	第2回追加調査	第3回追加調査
岩級区分	D~C _L 級	D~C _L 級	C _M ~C _H 級	C _H 級
一軸圧縮 (N/mm ²)	10~33	13 45(礫部)	50~120	110~200
写真				

6. 一次調査の見直し

硬質砂岩の分布が予測できなかった理由について検討するために、一次調査より見直しを行った。

周辺地域、特に調査地付近の丘陵地を中心に再踏査を実施するとともに、既存ボーリングを含むボーリング結果について検討した。

調査の結果、硬質砂岩の分布は認められず、丘陵地に露頭する岩盤も強風化され脆弱なものであった。このことから、硬質砂岩は岩盤中に不規則に存在する未風化の岩芯である可能性が高く、事前に分布状況を把握することは非常に困難であったと考えられる。

施工中に硬質砂岩が確認された区間は、一次調査において調査ボーリング間隔を250m 以上広げた区間内であった。これについては、地形的に大きな変化が認められず、両端のボーリング結果によって同岩種、同強度の岩盤が確認され、全体に一樣であると判定された他、この2本のボーリングで岩線が概ね把握されたためである。

この区間を通常の調査間隔(50~100m に1本)で調査し、2~3箇所をボーリング調査を追加していれば、硬質砂岩の分布を確認し、リスクを回避できた可能性もある。

7. まとめ

少ない調査数量で的確に地盤状況を把握することは非常に難しい技術であるが、岩盤の局所的な硬軟に関しては、直接ボーリングによる確認しか手がない場合が多い。岩盤は不規則な性状と分布形態を示すことを念頭に置けば、土砂層区間より入念なボーリング調査が必要だったと言える。特に、今回の様にシールド工法による施工は、掘削を開始すると機材の交換や工法の変更は非常に難しく、変更に伴う施工費の増大も大きい。

したがって、リスクを踏まえた調査を行うことが重要であり、場合によっては確実性を向上させるための調査の提案・実施が大切であると考えられる。