

12 施工計画

旧時代の盛土を掘削、その検証と対応

宮崎県土木施工管理技士会
旭建設株式会社
土木部次長
江藤 登美宣

1. はじめに

本工事は、県道小川越野尾線小川工区のうち1工区（46m）の道路改良を行う工事である。

観光地へのアクセス道であり観光バスなどの通行車両が増加している本路線は、狹隘かつ湾曲しているため走行性が悪く円滑な通行が行えていない。最深14m掘削し補強土壁工により拡幅（図-1）することで、湾曲法線の緩和と1.5車線化を行い、観光車両や住民の安全かつ円滑な運行を確保するための工事である。

工事概要

- (1) 工 事 名：令和4年度 県道小川越野尾線
小川工区 道路改良工事
- (2) 発 注 者：宮崎県 西都土木事務所
- (3) 工事場所：宮崎県児湯郡西米良村越野尾
- (4) 工 期：自）令和4年8月9日
至）令和5年12月26日

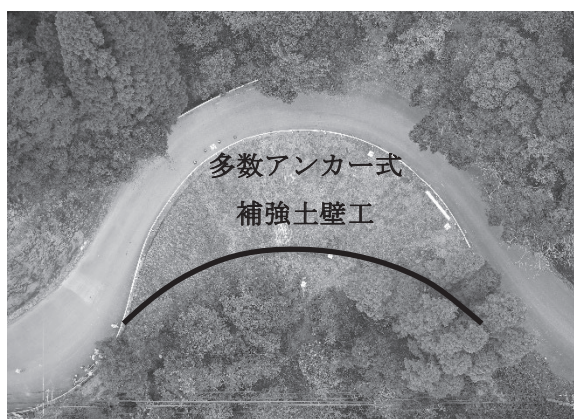


図-1 壁面位置図

2. 現場における問題点

設計は1:0.6にて小段を設けながら14m掘削し補強土壁工にて盛土する計画である（図-2）。

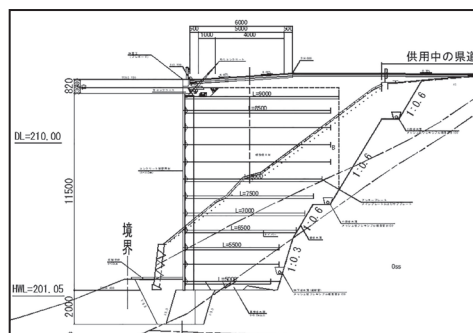


図-2 標準断面図

踏査時に既設路面に無数の亀甲状のクラック（図-3）を確認していた。また、1:1.4の地山斜面部は布製型枠で覆われ大雨時の浸食を防止しているものと考えられ、軟弱地盤ではないかという疑念を抱き、各種資料の確認を行ったところ、岩盤までの地層分類は盛土層などとされ、地質調査でのN値は2～4、その地形から締固められていない谷部の埋立て土ではないかと推測された。



図-3 路面の状態

○地山、既設道路崩壊の可能性

軟弱層を放置し設計勾配で掘削した場合、地山崩壊時は即ち現道の寸断、下方作業となる状況では作業者が被災するため、工法自体の変更や地山補強工法が必要である。

○既設道路の通行確保

観光地へのルートであること、住民や林業など産業大型車も通行する路線のため通行機能の確保が必須になるため既設道路を全掘削し緩勾配化することはできない。迂回路として村道が存在するが更に歪曲し長距離、かつ幅員狭小でバスなどの離合ができる路線ではない。

○民地境界

補強土壁工の正面には民地境界があり、用地の追加買収を行わなければ法線の変更はできない。

以上の課題を踏まえ、この問題を三者協議にて議論するため、設計業務資料の数値的根拠と現場現況が適合するののか試掘を行い確認した。

試掘は高さ2.0mを1:1.0にて掘削し、1:0.8、1:0.6の順で勾配を設計勾配に近づけ地山の挙動を観察することにした。1:0.8掘削時は変化は見られなかったが1:0.6において地山の小石がポロポロ落ち斜面のクラックが発生(図-4)。この変状から示されたN値は概ね適合しているのではないかと判断できる。



図-4 クラック

○滑り安定計算による検証

続いて着手前、試掘、設計の各横断図から安定計算を行う。計算諸元は設計で使用されている数値、せん断抵抗角の仮定値 $\Phi = 40^\circ$ (盛土工指針)を使用する。なお粘着Cについては0とする。

結果、安全率Fは以下の通りである。

- ① 着手前断面(1:1.4) : $F = 1.294$
- ② 試掘断面(1:0.6 H=2.0m) : $F = 0.760$
- ③ 設計断面(1:0.6 H=14.0m) : $F = 0.926$

掘削状態においては、ひとつの判断基準となる安全率1.0を下回り対策工事なしでは施工を進める事はできないことを数値的に証明した。

○せん断抵抗角の検証

では、安定計算に使用するせん断抵抗角の妥当性はどうか。

設計業務資料： $\Phi = 40^\circ$

推定式検証： $\sqrt{(15N) + 15}$ 代表N値3

$$\Phi = \sqrt{(15 \times 3) + 15} = 21.7^\circ$$

三軸圧縮試験：非圧密・非排水法(UU)

$$\Phi = 16.0^\circ \quad C = 5.55 \text{ kN/m}^2$$

※現況地層 $\gamma_t = 1.652 \text{ g/cm}^3$ にて供試体作成、より現状に近い Φ 、Cを再現するためUU方式での試験とした。

三軸圧縮試験結果から再度、安定計算を行う。

- ④ 設計断面(1:0.6 H=14.0m) : $F = 0.769$

③から更に安全率は低下する結果になったのである。つまり、せん断抵抗角 40° での検討は妥当ではないことが確認できた。

○対策工法案の検討

対策工法を検討するにあたり、問題・課題を取りまとめた。以下に概略を示す。

【第1案】道路法線を変更し掘削勾配を緩やかにする案について検討を行った(図-5)。

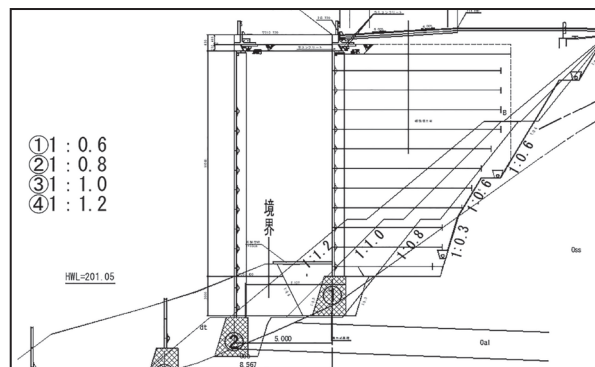


図-5 第1案よりイメージ図

供用中の県道通行は確保しなければならないため、必然的にコントロールポイントは県道になる。法下に民地境界があるため追加の用地買収が必要、かつ、岩着基礎のためHWL内に入り補強土壁工の設計変更も必要となってくる。

【第2案】第1案のうち、地盤改良により基礎高を変えない案。追加の用地買収の範囲は低減できるが、トレンチャ式攪拌翼装備の重機が施工のために中段部へ降りられるかが課題となる。

【第3案】掘削法面をモルタル吹付する案。滑り計算からも安定は見込めない。本来、土圧を止めるための工法ではない。しかし雨水の流下による表面浸食からの崩壊対策としては有効であると考えた。但し2m掘削でも崩壊を始める地山のため安定勾配確保が前提になる。勾配によっては掘削しながら分割施工というデメリットも考えられた。

【第4案】モルタル吹付後に鉄筋挿入工を施工し滑り抵抗を向上させる案。第3案記載の問題通り、先行してモルタル吹付工が施工できない。1m毎にモルタル吹付しつつ鉄筋挿入工で地山補強しながら、いわゆる逆巻施工となり施工回数が多くなり工期も長期化する。

【第5案】路側にダウンザホールハンマー工法などで岩盤まで削孔しH鋼杭を建込み土留めアンカーにて固定し県道を保護する案を検討。掘削において法面を残す必要がなく下部までの作業通路の設置が可能であるので土留め後の施工性が良い。

【第6案】掘削地山全体を改良し掘削する案について検討。供用中の県道直下は改良することができない事に併せ、硬化後の掘削は困難である。

ほか、補強土壁工法自体の変更など計8案について問題点などを取りまとめた。三者検討会（国交省直轄工事で言う工事監理連絡会）では、これ

らの8案のうち追加用地買収に関わるもの、補強土壁工の変更など期間が長期化するものや、特殊重機自体の入場が困難なものは除外し第4案の鉄筋挿入工、第5案の土留め工について修正設計の検討がされることになった。

○修正設計

度重なる協議において、鉄筋挿入工は二重管方式削孔でD19、L=3.5mを用いて逆巻施工することに決定。試掘時の状況や安定計算の結果から掘削はH=1.0m毎である。頭部はFRP製簡易受圧板を設置（図-6）することになった。本来、切土勾配は当該土質で高さ10～15m程度において1：1.2が標準とされている（切土工指針より）。地山表面は軟弱のため表面崩壊は更なる崩壊に、つまり県道の崩壊に繋がりがかねない。施工中のこの問題を解消するために設置するものである。

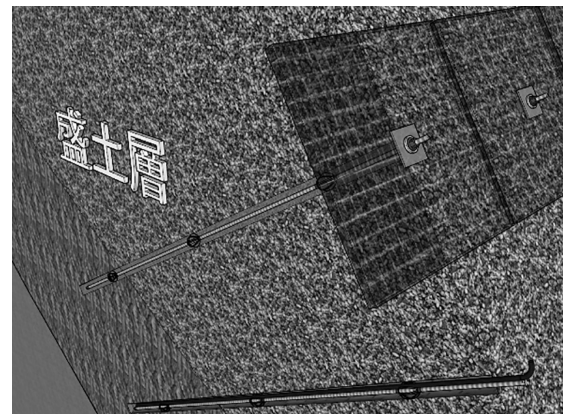


図-6 鉄筋挿入工

更に検証を行う。使用数値は先に示した三軸圧縮試験の数値で滑り安定計算する。

対策工未施工：安全率 $F=0.769$

対策工施工後：安全率 $F=1.06$

計画安全率は仮設とし $F=1.05$ のためクリアしていることを確認した。

続いて、鉄筋径と鉄筋長が適正なのか盛土層、崩積土層、岩盤層の3パターンにおいて適合性試験を実施。グラウト配合は地山特徴から急迫性を考え早強ポルトランドセメントを使用した。設計基準強度 $24\text{N}/\text{mm}^2$ を確認後、3パターンについて検証。いずれも削孔スライムにおいて土質を、引

き抜き試験において極限引抜力を確認でき本施工へと移行したのである。

3. 工夫・改善点と適用結果

雨天時にFRP製簡易受圧板の形状（図-7）から雨水を背面側へ逃がしてしまい、受圧板背面の洗堀による抜けが発生しないかという懸念事項について検証を行う。現地地形の補足だが、山間部の谷に位置することから大雨時には谷川が出現する。この軟弱地盤施工において、雨水と谷水の対策は必須であると考えたのである。



図-7 受圧板の形状

このような環境条件からも鉄筋挿入工の施工期間は毎日ブルーシートで法面を保護していた。これは山地特有の激しい夕立が崩壊に繋がるリスクがあるからだ。原始的ではあるが有効な一時的な手段だ。背面洗堀の検証についてだが、雨天時に一部シートを剥取り経過を観察した。やはり懸念した通り浸食・崩壊が発生した（図-8）。



図-8 18cmの浸食確認

掘削完了後に健全な地山補強状態を維持できないと判断し、表面のモルタル吹付工（ $t = 3\text{ cm}$ ）を協議。逆巻ではあるが受圧板も設置されていることもあり鉄筋挿入工の逆巻5分割施工に対し吹付は2分割のみで実施することができ、雨水や谷水から保護できたが、それでも地山の異常を察知できる体制として動態観測は怠らなかった。

これらの検証や提案、協議により、鉄筋挿入工を縦5段、計155本打設。掘削地山が安定（図-9）し県道の安定通行を確保、掘削工や補強土壁など落差14mある下部での作業を可能にした。

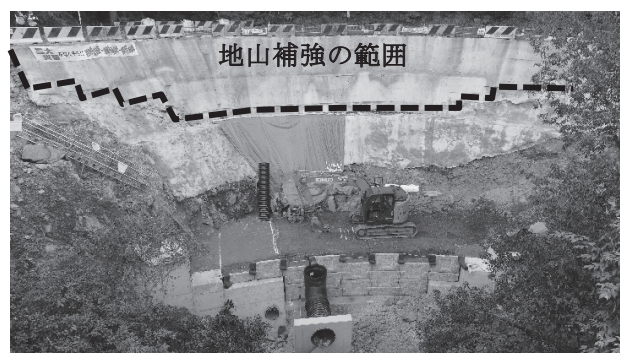


図-9 地山の安定

4. おわりに

今回、施工を進めるなかで地元住民から、土木事務所が管理するよりも以前に工事用道路として作られたという話も聞いた。この話を聞き腑に落ちた部分もあった。工事現場というものは実際に施工しないと分からない要素が多々ある。設計についても同じことが言えるのではないだろうか。

今回のように基準ができる以前の古い道路などはデータというものが存在しない。つまり限られた判断材料での設計となる。その状況で我々技術者ができる事は何なのか。設計照査、検証、技術的な提案を持っての協議の繰り返しではないだろうか。これからも検証と提案、安全を担保しつつ現場の竣工を目指したい。