

『災害復旧工事中に発生した床掘斜面崩壊に対する対応』

株式会社フジヤマ 社会基盤整備部

須崎竜太

重松克弥

1. はじめに

1-1. 背景

近年、浜松地区においても地球温暖化の影響により豪雨災害の頻発化が顕在化しつつあり、令和4年及び5年の2年連続で豪雨災害を被っている。

豪雨災害の頻発化は災害復旧箇所の再度被災や復旧工事中の増破等のリスク要因となり、被災による道路通行止め期間の長期化は周辺地域の社会経済活動への悪影響が懸念されることとなる。

このことから、災害復旧設計では再度被災及び増破の防止に向けた最大限の配慮が設計者に求められている。

本稿では、令和5年6月の豪雨災害による災害復旧工事中に発生した床掘斜面崩壊とその対応策の事例を紹介し、これらを未然に防止するための災害復旧設計のあり方について論じた。

1-2. 業務概要

本業務は、令和5年6月の豪雨災害による災害復旧工事である。一級河川天竜川水系杉川に隣接する国道362号において、異常降雨により路肩の護岸兼用擁壁が $L=20.0\text{m}$ 、 $H=5.0\text{m}$ に亘り崩壊し、道路幅員が欠損した(図-1)。災害復旧工事として、図-2に示す大型ブロック積擁壁による設計を行った。復旧工事は渇水期に開始したが、床掘施工が完了した令和6年2月、 $L=13.8\text{m}$ 、 $SL=9.0\text{m}$ に亘る崩壊が発生した(図-3)。これに対し、応急復旧として大型土のうの設置を行うとともに床掘斜面

崩壊対策を実施したものである。



図-1 当初被災状況

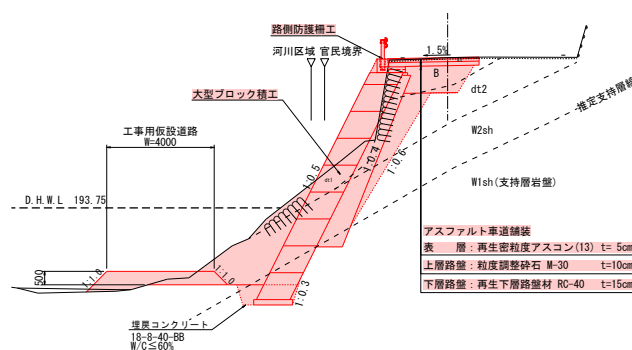


図-2 当初設計(大型ブロック積擁壁)



圖-3 床掘斜面崩壞狀況

2. 課題・問題点

今回の床掘崩壊が生じるに至った当初設計の原因と問題点を以下のように想定した。

2-1. 床掘崩壊に至った原因

図-4 に示す経緯写真及び現地状況から、崩壊に至った原因は2つ挙げられる。

〈原因 1〉床掘箇所の地質が想定よりも著しく脆弱であった。

〈原因 2〉床掘箇所の地下水が不安定化を助長した。



①地下水位が発生している箇所にひび割れが生じる。



②ひび割れが進行し、小規模崩壊が発生する。



③ひび割れ箇所より床掘斜面崩壊が発生する。

図-4 崩壊経緯

2-2. 地質調査箇所に関する問題点

〈問題点 1〉当初設計時に適切な位置で地質調査が実施できなかったため、地質情報を正確に把握することができなかった。

当現場では、以下の理由により地質調査に最も適した位置においてボーリング調査が実施できず、正確な地盤情報を把握できなかった。

①崩壊箇所は崖状で不安定な状況であったため、崩壊拡大による2次災害が懸念された。

②第2次緊急輸送道路に該当したため、通行止

めを伴う位置にて調査ができなかった。なお、追加調査時は大型土のう等の応急対策により作業幅の確保が可能となった。

③図-5のように地質条件が複雑に変化していたため、近接断面からの投影による想定地層断面では精度の高い解析ができなかった。



図-5 床掘面地質状況

図-6 に当初ボーリングと既往ボーリングの位置を示す。当初ボーリング位置は尾根線上に位置し、地質状況が比較的強固な箇所であったと類推される。そのため、相対的に高いN値が検出され、実際の地盤定数を高く評価していたと考えられた。(地盤定数は次頁表-1 参照)

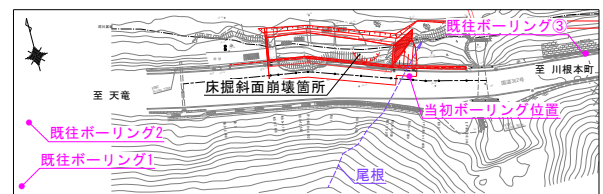


図-6 当初ボーリング位置

〈問題点 2〉当初設計時に地下水位情報が欠如し、これに伴う地下水条件が反映できなかった。

強風化頁岩は、乾湿の繰り返しにより著しく強度低下が進行する地質特性を有する。地下水位の昇降により風化が進行するが、近接断面におけるボーリング箇所では地下水が確認できなかったため、強風化頁岩層の風化進行による強度低下及び地下水による床掘法面の不安定化を予見できなかった。

2-3. 施工段階の安全確保に関する問題点

〈問題点 3〉当初設計時に床掘時の斜面に対する施工時安全率の検証が未実施であった。

近接断面からの投影による想定地質横断面図の精

度の限界から、床掘崩壊リスクを予測できる地質断面情報が得られなかった。また、地下水の影響を予測できず、一般的に災害で用いられる、安全衛生規則に基づく施工時の安全床掘勾配にて当初設計を実施した。

2-4. 課題の整理

前述の問題点を踏まえ、床掘崩壊対応策の検討に必要な課題を以下のとおり設定した。

- ① 正確な地質情報を得るための地質調査箇所の選定
- ② 地下水位及びその変動状況の把握(孔内水位計の併設)
- ③ 応急復旧大型土のうの撤去段階に応じた安全確保策

3. 対応策・工夫・改善点と適用結果

3-1. 崩壊斜面の対策案

斜面崩壊の対策工法として、以下の3案にて比較検討を行い、施工性及び地域生活への影響度を総合的に評価した結果、仮設完成後は片側規制を行いながら施工が可能である第3案「鉄筋挿入工による抑止」を採用した(図-7)。

- 第1案：全面通行止め(早期復旧)
- 第2案：自立式土留め工による抑止
- 第3案：鉄筋挿入工による抑止

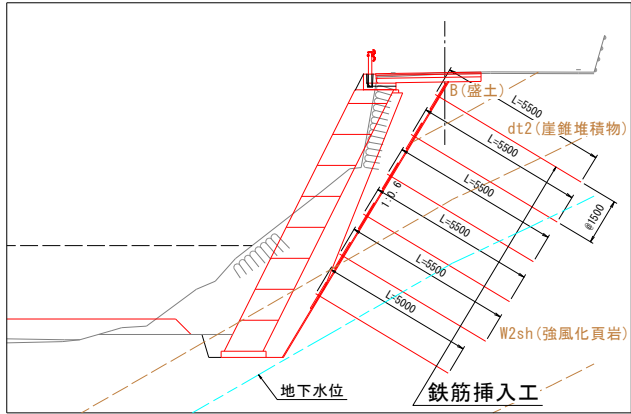


図-7 第3案 鉄筋挿入工による抑止

3-2. 最適箇所におけるボーリングの実施

現地の地質状況を正確に把握するため、図-8に示す崩壊箇所付近にて追加ボーリング調査を実施し、得られた柱状図に基づいて地層境界線及び地盤定数の見直しを行った。表-1に各層の地盤定数

を示す。なお、粘着力 c は現地地形モデルの安全率を説明できるように、内部摩擦角 ϕ を固定し、現況安全率 $F_s=0.98$ となる値を逆算にて算出した。

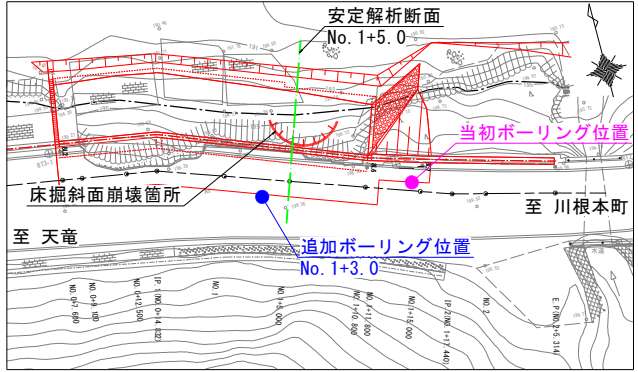


図-8 追加ボーリング位置

表-1 設計地盤定数

地層区分	記号	設計N値	単位体積重量 γ (kN/m ³)	飽和重量 γ (kN/m ³)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)
盛土	B	3(0)	18	19	4.25	25
崖錐堆積物	dt2	12(19)	18	19	6.76	34
強風化頁岩	W2sh	13(17)	18	19	11.04	33
風化頁岩	W1sh	42(33)	20	21	156.00	21

※()内の数値は当初ボーリングの設計N値

追加ボーリング調査結果の設計N値から、当初想定していた強風化頁岩の地盤定数を見直した。

また、地層分布は当初と比較してルーズな崖錐堆積物及び強風化頁岩層が厚い結果となった。このことより、当現場における地層は当初の想定(図-9①)より風化が進行し脆弱な地質状況であったことが確認できた(図-9②)。

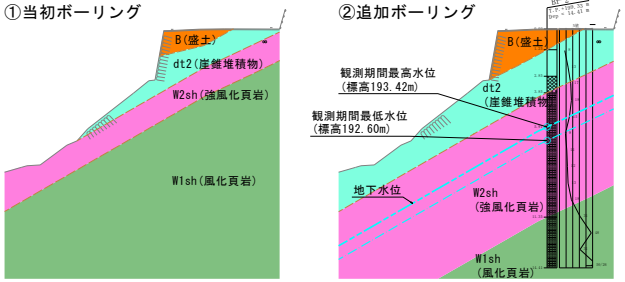


図-9 地層断面図

3-3. 地下水観測孔の設置

地下水位を把握するための地下水位観測孔を追加ボーリングと同一孔に設置し、14日間に亘って観測を行った。その結果を図-10孔内水位変動図に示した。これによると、降雨のない期間の地下水位は徐々に低下する傾向を示すが、降雨に敏感

に反応する特徴を示している。4月9日における累計降水量125mmに対して水位は0.82m急上昇し、期間最高水位(標高 193.42m)を観測した。以上のことから、降雨による地下水位の上昇が崩壊の誘因となったと想定した。また、降雨による地下水位の昇降に伴い、強風化頁岩が乾湿を繰り返す環境が風化による強度低下を助長したものとする。

本設計では、観測期間最高水位を最も不利な地下水位条件として設定し、安定解析を実施した。

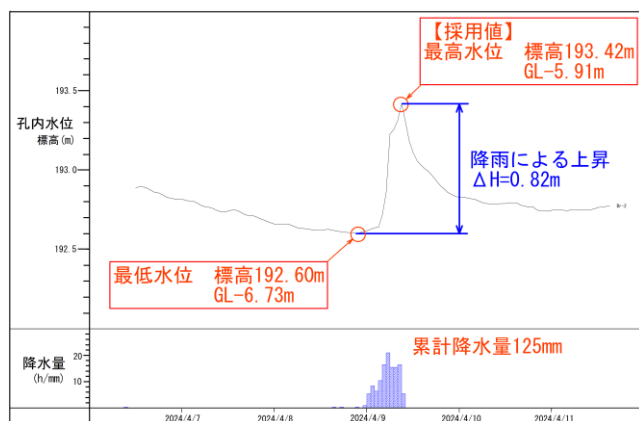


図-1 0 孔内水位変動図

3-4. 安全確保を担保した施工計画

当現場は、路肩崩壊の応急復旧対策として大型土のうを設置して小型車通行の安全を確保していた。

当路線は第2次緊急輸送道路に指定され、通行止めは困難であったため、通行車両の安全を確保しながら大型土のうの撤去と補強材打設を行うことが施工上の課題であった。

その対応策として、逆巻施工を採用した。施工計画は、補強材打設による安全率向上と、大型土のう撤去に伴う安全率低下のバランスに配慮しながら仮設時安全率を確保する施工順序を検証して立案した。

当現場における仮設時安全率は、災害手帳「応急工事における計画安全率は、現地の状況に応じてP. $F_s=1.00\sim1.05$ が用いられている。(P. 495)」に準じ、 $F_s=1.05$ を採用した。

具体的な施工手順は、図-1 1に示すように補強材打設が可能な高さまで大型土のうを撤去し、鉄筋挿入工の打設を繰り返すこととした。この各段

階にて仮設時安全率を確保することを確認した。

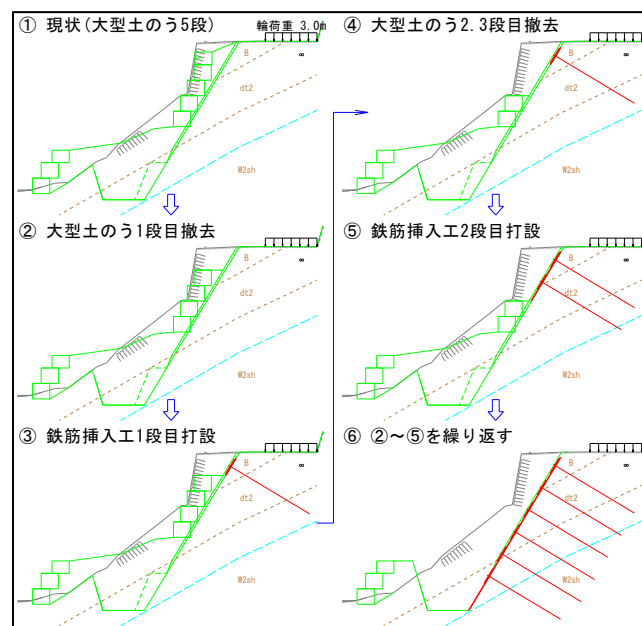


図-1 1 施工手順図

4. おわりに

床掘時の斜面崩壊は、地質調査が適切な位置で実施できず地質及び地下水位の情報を正確に把握できなかったこと、その地質調査結果より一般的な床掘勾配にて当初設計を行ったことに起因する。

その背景として、設計に要する時間が限られていることや、調査が安全に実施できる作業幅の確保困難であったこと等災害復旧設計業務特有の制約が挙げられる。

私は実務経験が浅く、このような床掘崩壊現場に対応することは初めてことであった。今回の事例から、災害復旧設計業務においても、設計に不可欠な地質及び地下水位等の情報を的確に把握することの重要性を実感した。そのためには調査計画段階から地質業務の経験が豊富な技術者と現場を確認することで、適切な位置や深さでの地質調査が可能となる。また、災害業務の制約等により調査の実施が難しいために一部情報を想定値で設計することは、設計成果の精度低下、法面崩壊等による工事中の手戻り及び災害復旧工事遅延による社会的コスト増などの懸念点を有している。精度の高い情報に基づき設計する重要性を技術者として痛感した事例であった。