

松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会
第2回委員会資料（愛媛県）

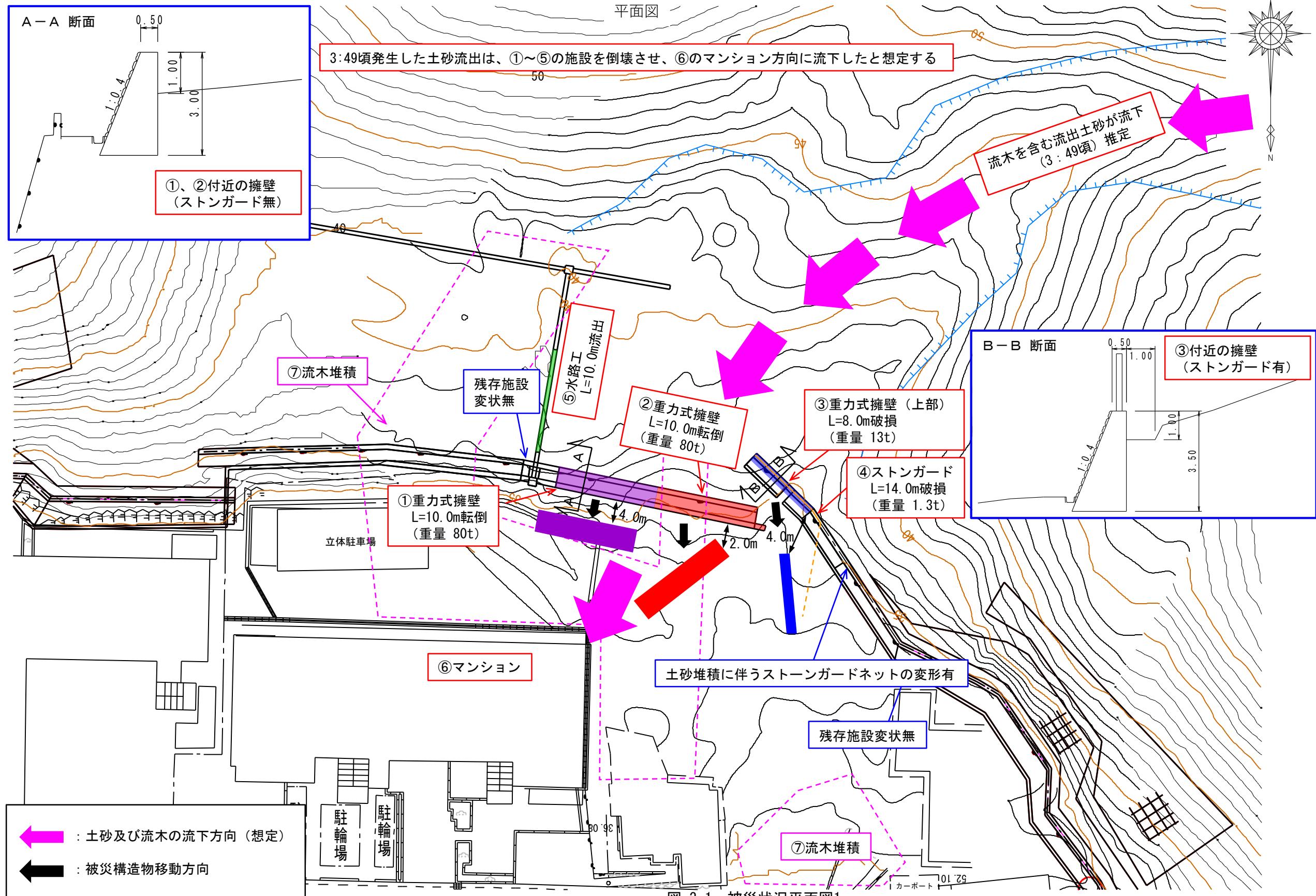
令和6年9月2日

目 次

4. 発生メカニズムの検討状況について	
(3) 急傾斜地崩壊防止施設の被災状況【愛媛県】	P 2

(3) 急傾斜地崩壊防止施設の被災状況【愛媛県】

1) 現場における被災状況について



5-2 図 3-1 被災状況平面図1

1) 現場における被災状況について

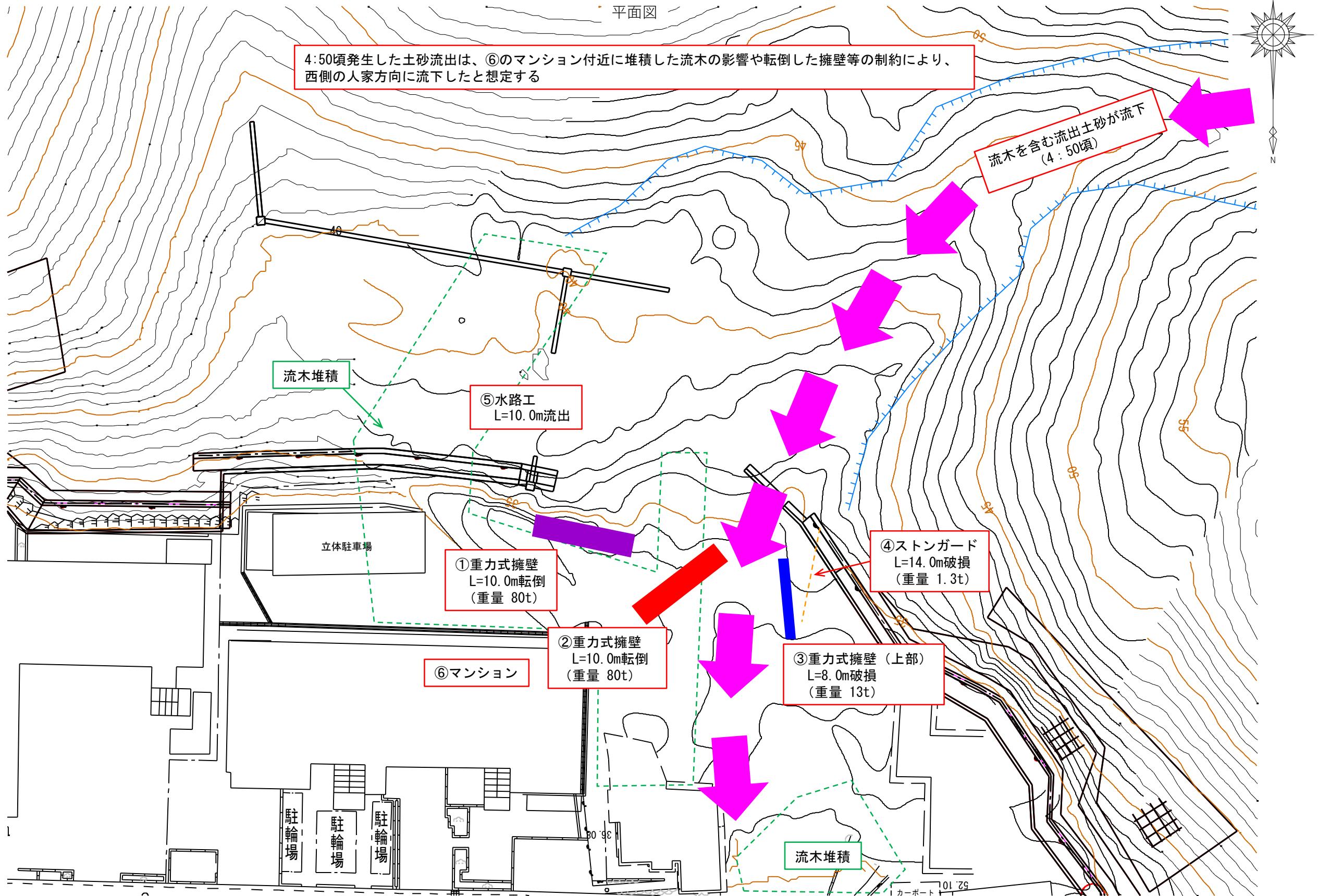


図 3-2 被災状況平面図2

①重力式擁壁の被災

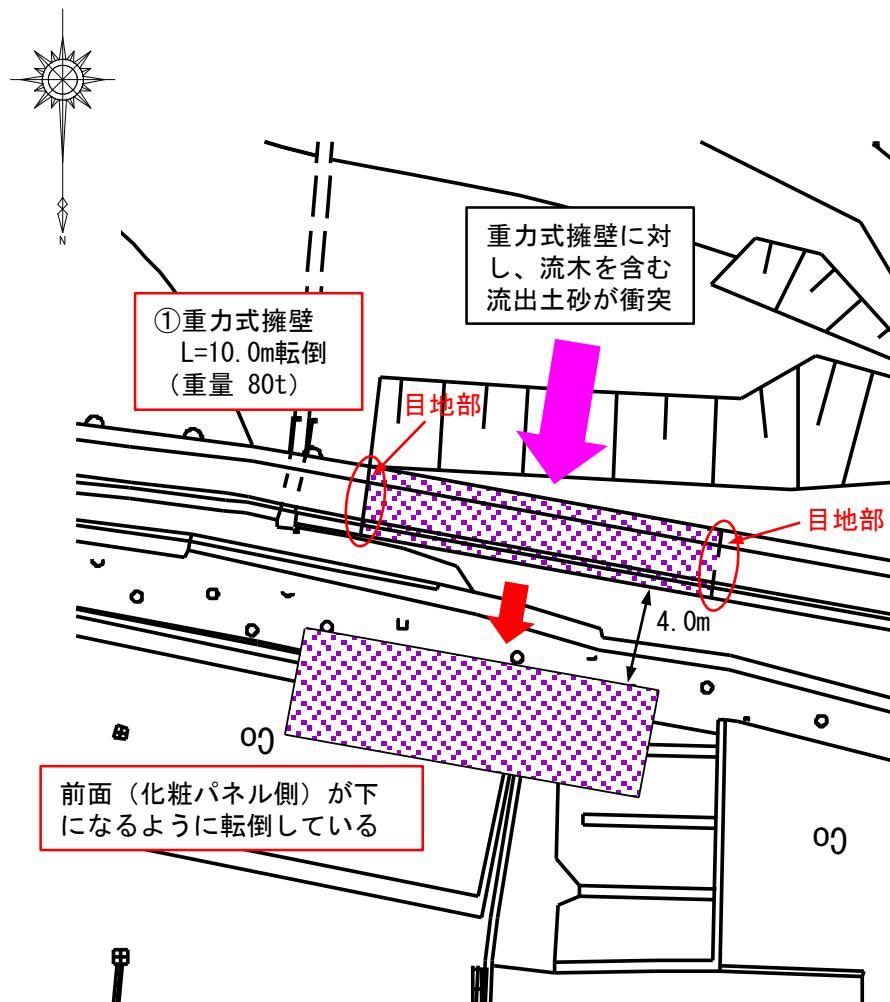


図 3-3 被災模式平面図

①重力式擁壁に流木を含む流出土砂が衝突し、衝撃に耐えられず転倒したと想定される。また、目地部が弱部となり、①と②の構造物の分断が生じたと想定する。4：00頃の段階では、マンション下の立体駐車場が無くなっていたとの証言を踏まえると、①重力式擁壁は、3：49頃の流出土砂により倒壊したのではないかと想定される。※4：12の写真を確認した結果、マンション側から土砂の流出が見られると共に、転倒した②の擁壁が写っている。

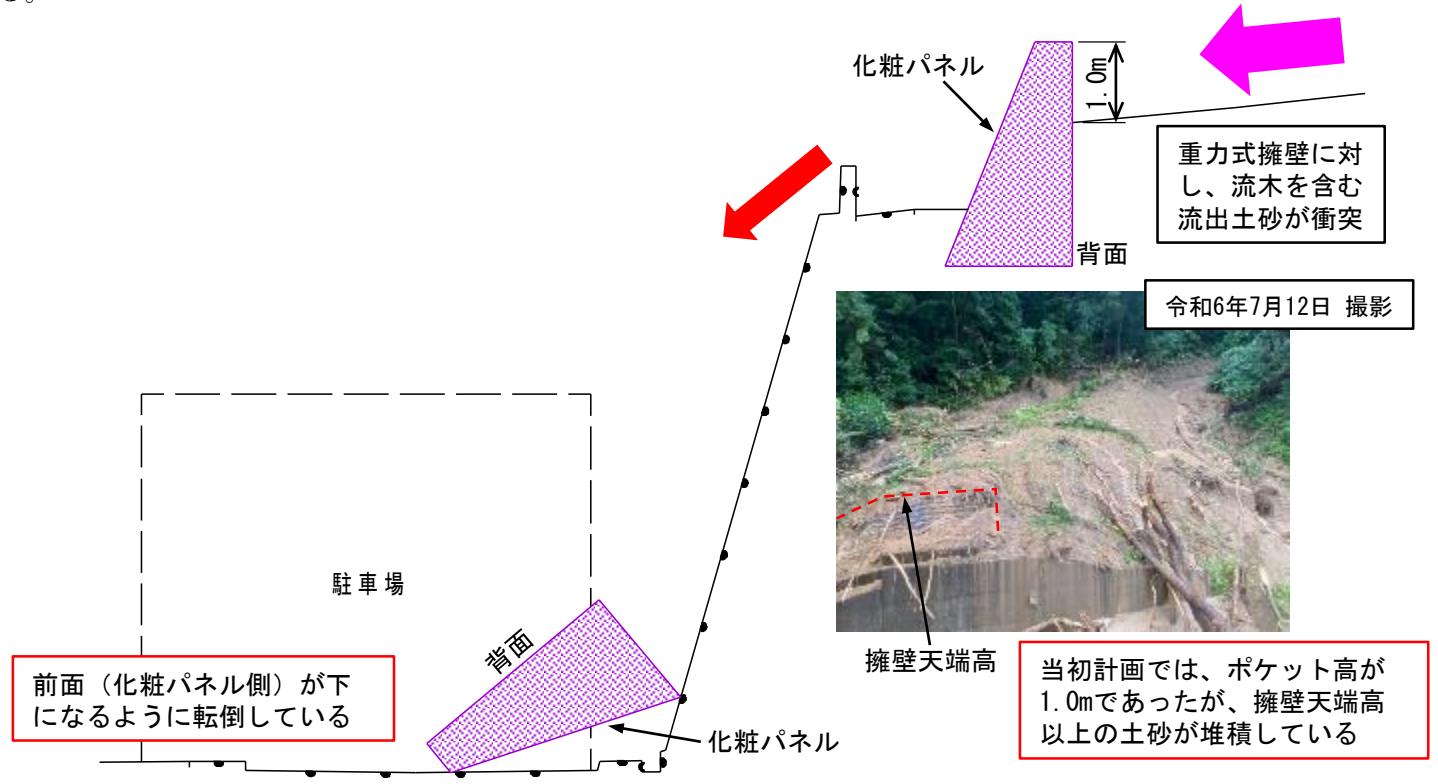


図 3-4 被災模式断面図

令和6年7月12日 撮影



写真 3-1 被災状況写真

提供資料のため撮影日不明



5-4

提供資料のため撮影日不明



写真 3-2 被災前の状況

②重力式擁壁の被災

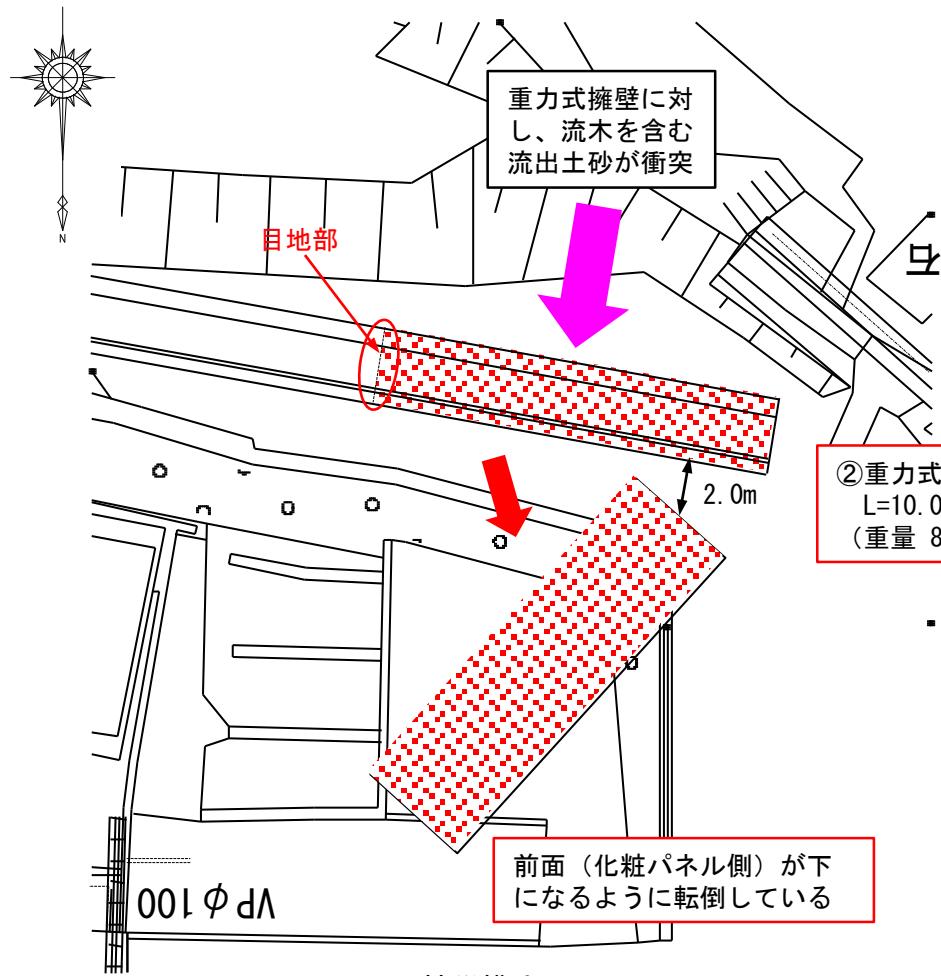


図 3-5 被災模式平面図

②重力式擁壁に流木を含む流出土砂が衝突し、衝撃に耐えられず転倒したと想定される。
 また、目地部が弱部となり、①と②の構造物の分断が生じたと想定する。
 4：00頃の段階では、マンション下の立体駐車場が無くなっていたとの証言を踏まえると、②重力式擁壁は、3：49頃の流出土砂により倒壊したのではないかと想定される。
 ※4：12の写真を確認した結果、マンション側から土砂の流出が見られると共に、転倒した②の擁壁が写っている。

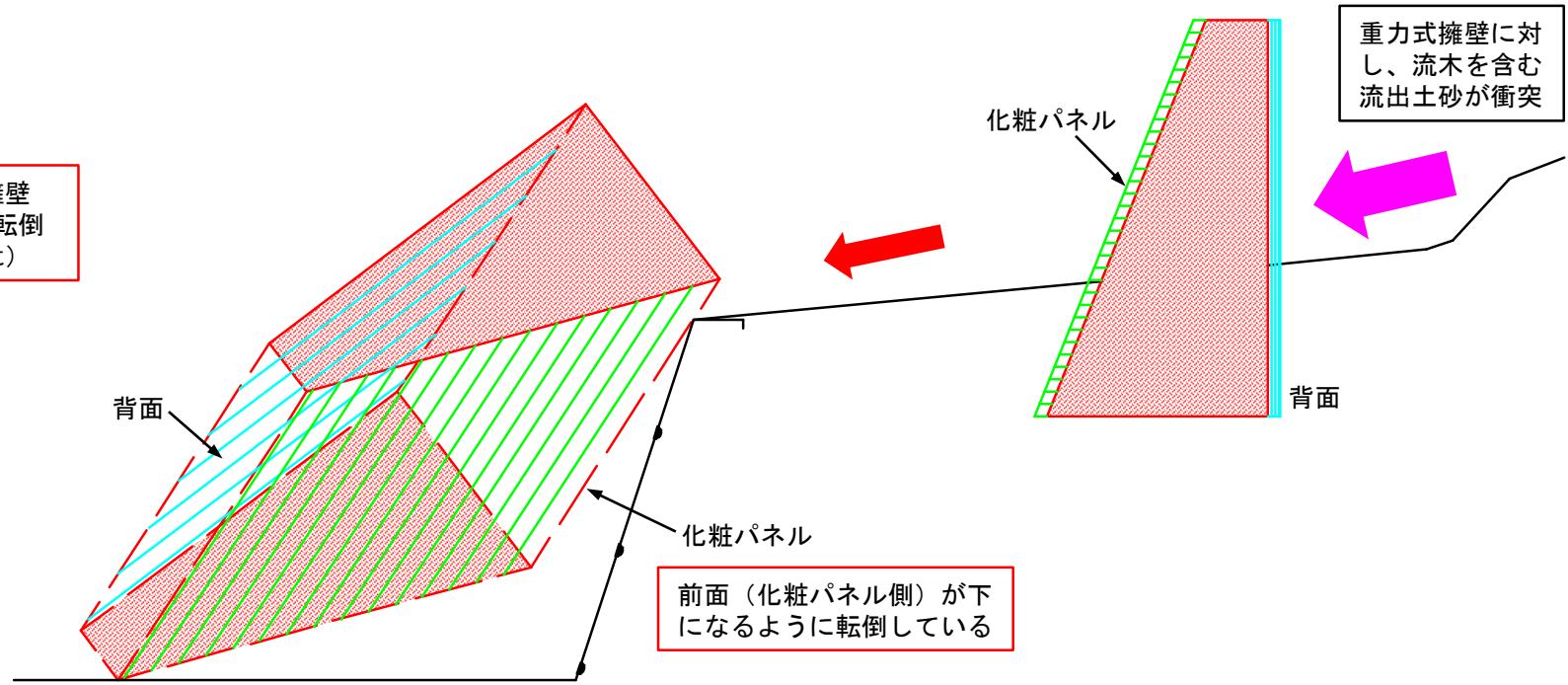


図 3-6 被災模式断面図



写真 3-3 被災状況写真



5-5



写真 3-4 被災前の状況

③重力式擁壁（上部）の被災

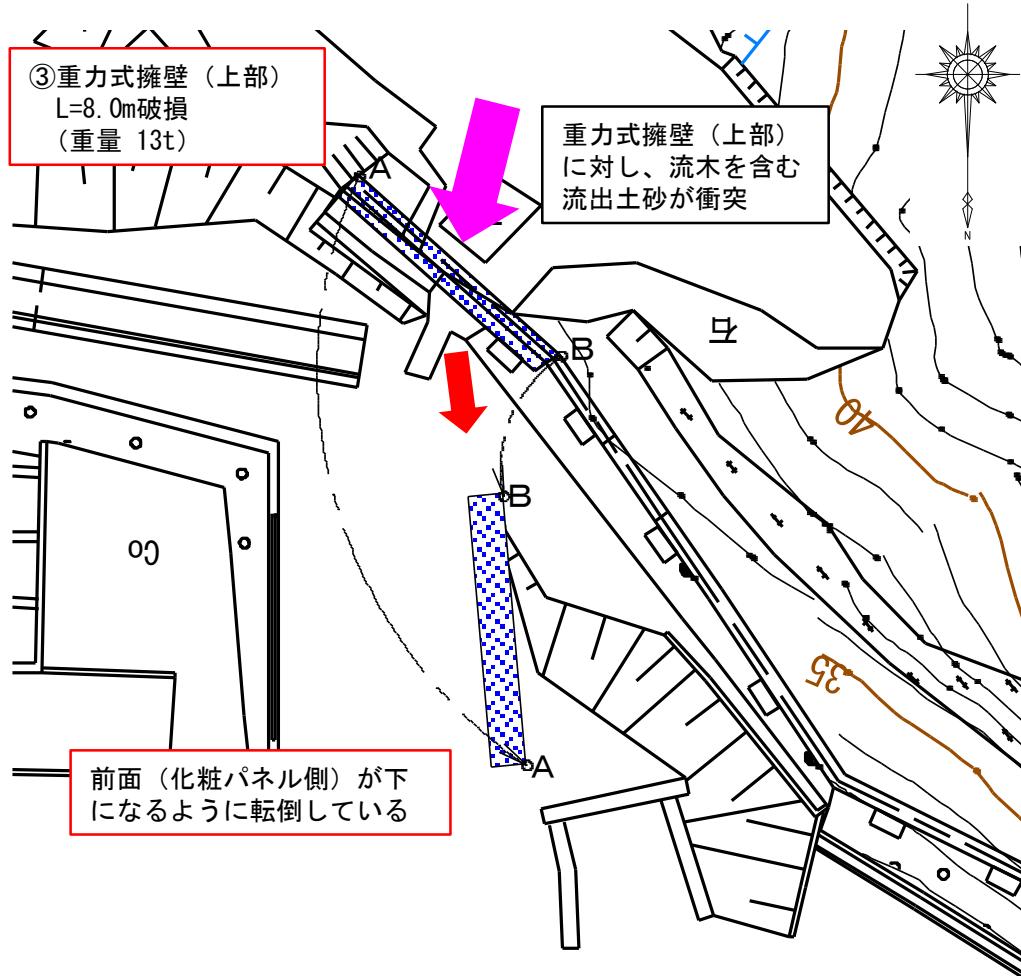


図 3-7 被災模式平面図

③重力式擁壁に流木を含む流出土砂が衝突し、擁壁天端から1.0m下がりの施工打ち継ぎ目より上部が衝撃に耐えられず破損（転倒）したものと想定される。
 ※擁壁上部が山側に向けて転倒しているのは、土砂衝突時にストンガードと擁壁が一体のまま倒壊し、残存しているストンガードのネット及びワイヤーに引張られたことによるものと想定される。
 4：12の動画ではあるべきストンガードを確認できなかったことから、3：49頃の流出土砂により倒壊したのではないかと想定される。

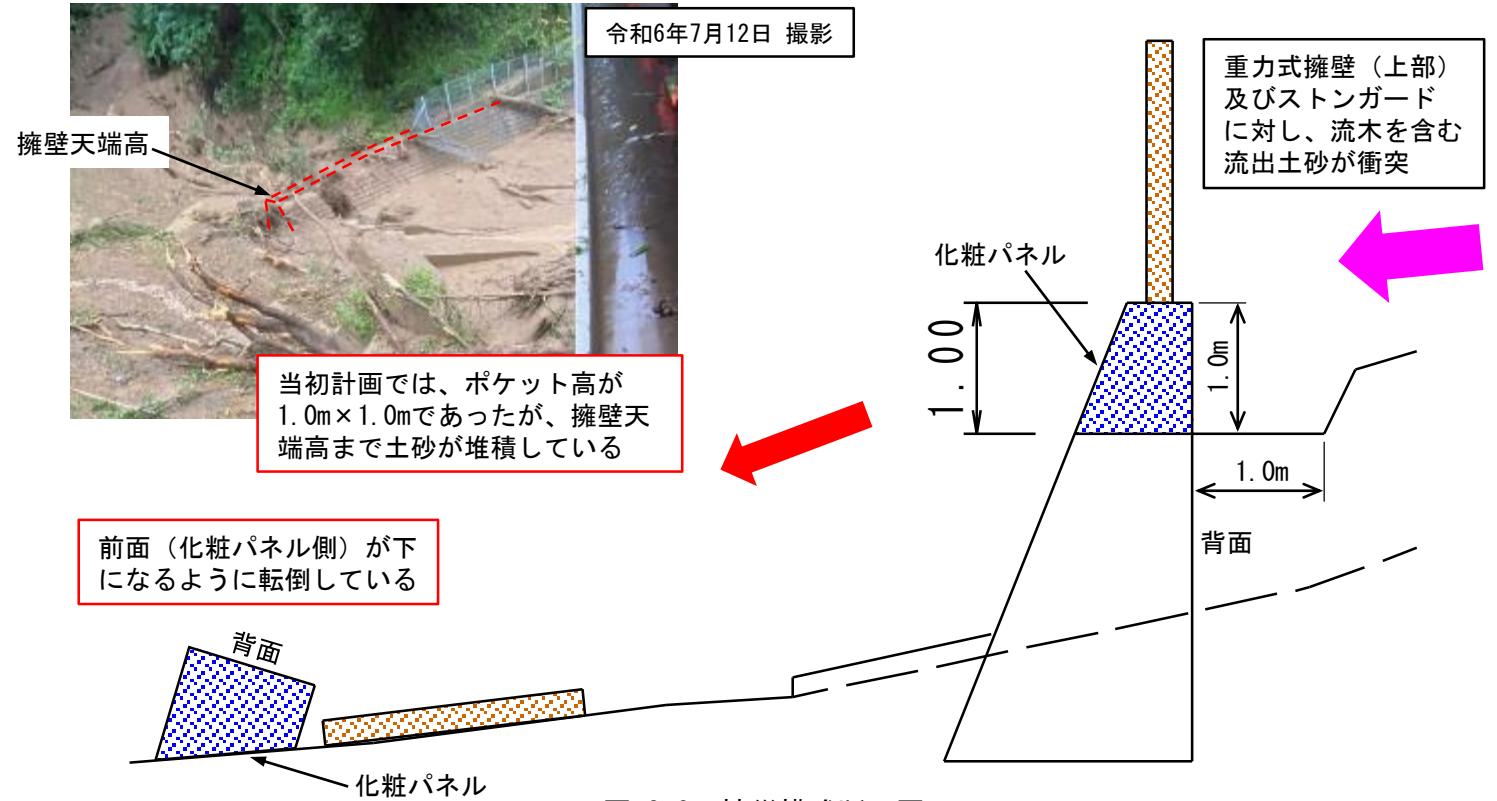


図 3-8 被災模式断面図



写真 3-5 被災状況写真



5-6



写真 3-6 被災前の状況

④ストーンガードの被災

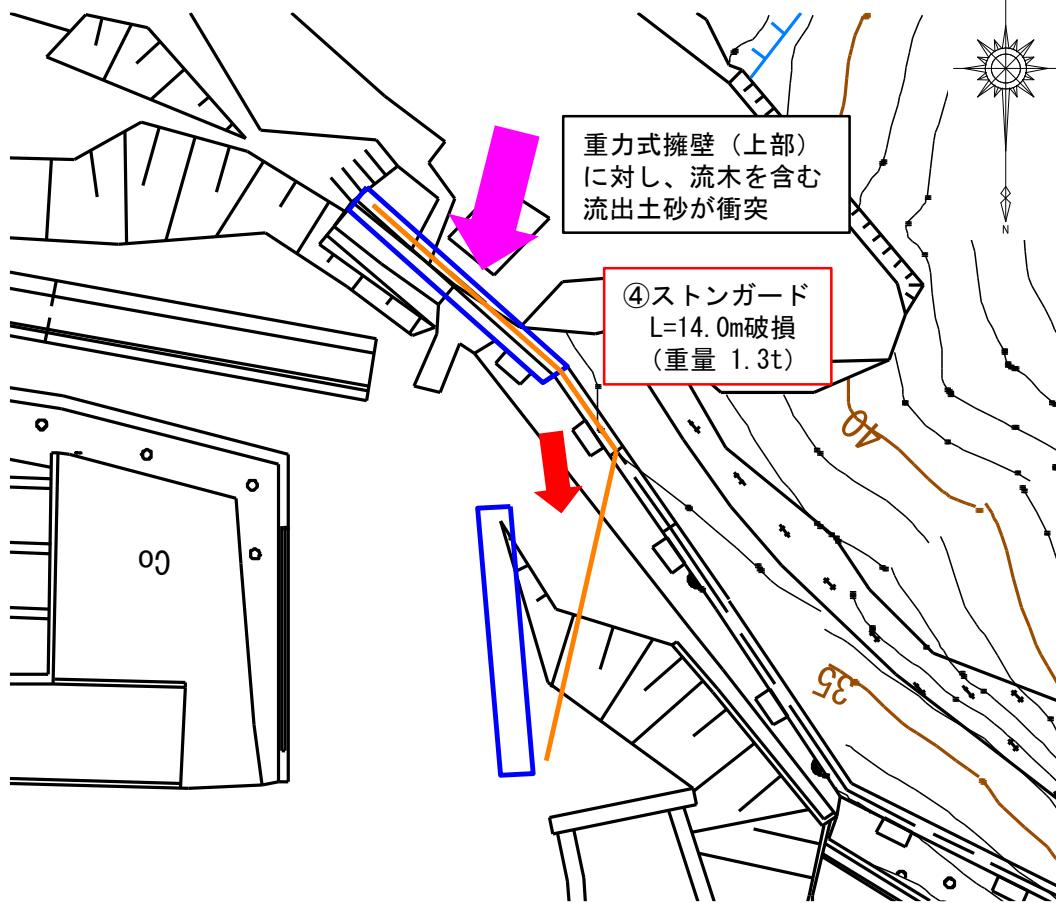


図 3-9 被災模式平面図

一部の擁壁がストーンガードと一体化したまま倒壊したため、残存の擁壁部との間でストーンガードのネット及びワイヤーに引張力が作用し、ストーンガードと擁壁が分離したものと想定される。
4：12の動画ではあるべきストーンガードを確認できなかったことから、3：49頃の流出土砂により倒壊したのではないかと想定される。

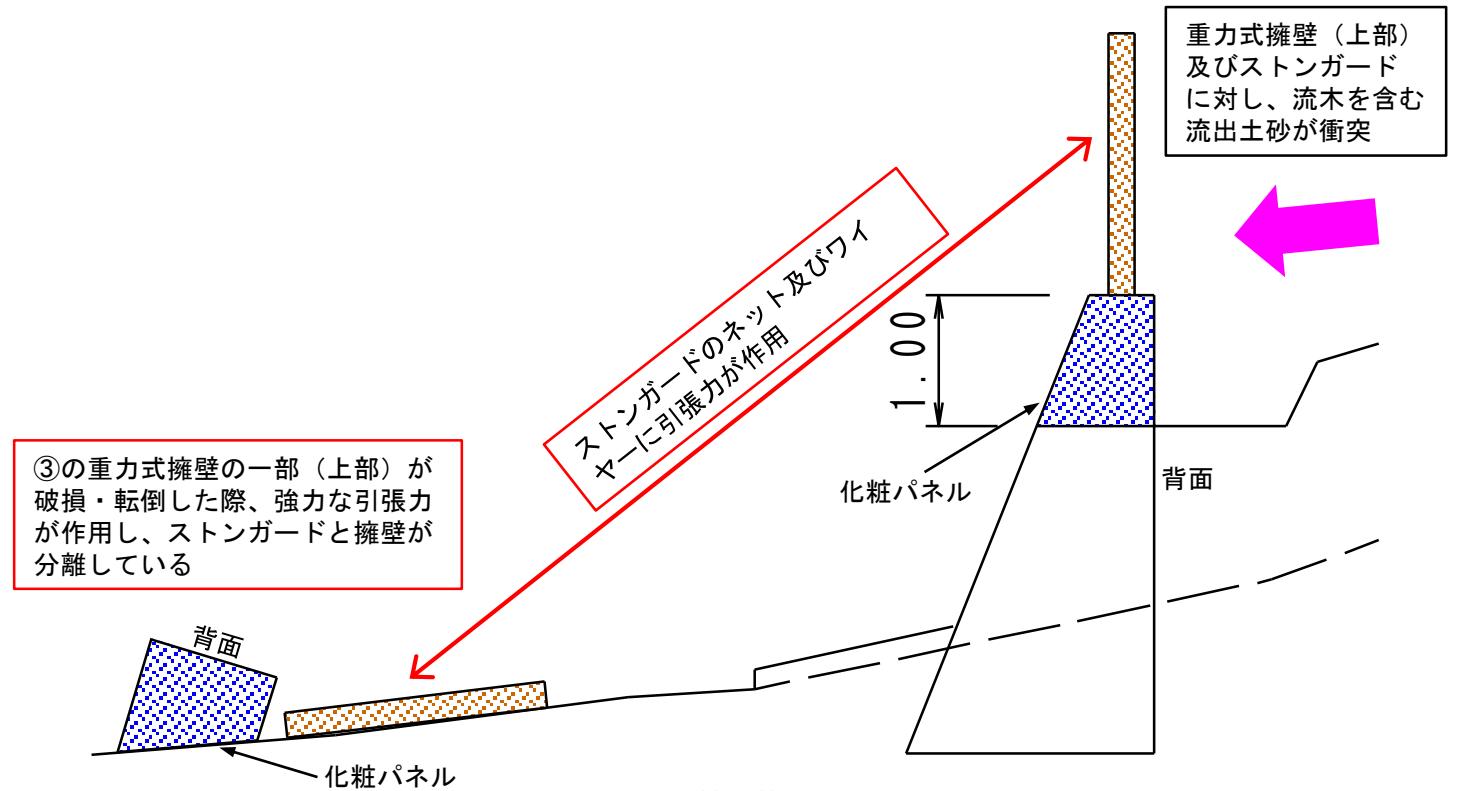


図 3-10 被災模式断面図



写真 3-7 被災状況写真



写真 3-8 被災前の状況

⑤水路工の被災

⑤水路工は、大量の流出土砂により中間部が流出している。流出した土砂と共に流下した水路構造物は、確認できなかった。①及び②の重力式擁壁と同様に、3：49頃の流出土砂により流出したのではないかと想定される。



写真 3-9 被災状況写真



図 3-23 土砂排土状況写真

3階以上の5階、7階と8階に関しては、流下した流木が寄り掛かり被災したものと想定される。
※7階と8階に流木の枝が引っ掛かった後、下に落下したものと想定される。

⑥マンションの被災

マンションの3階に流木が流入した。また、2階、5階、7階と8階のベランダにも被災が見られる。流木を含む流出土砂により、マンションの立体駐車場等も倒壊した。①及び②の重力式擁壁と同様に、3：49頃の流出土砂により被災したのではないかと想定される。



図 3-11 被災模式断面図

7月12日撮影
流木が土砂と共に流下し、立体駐車場を乗り越え、マンションの3階に流木が流入したものと想定される。



写真 3-10 被災状況写真



5-8

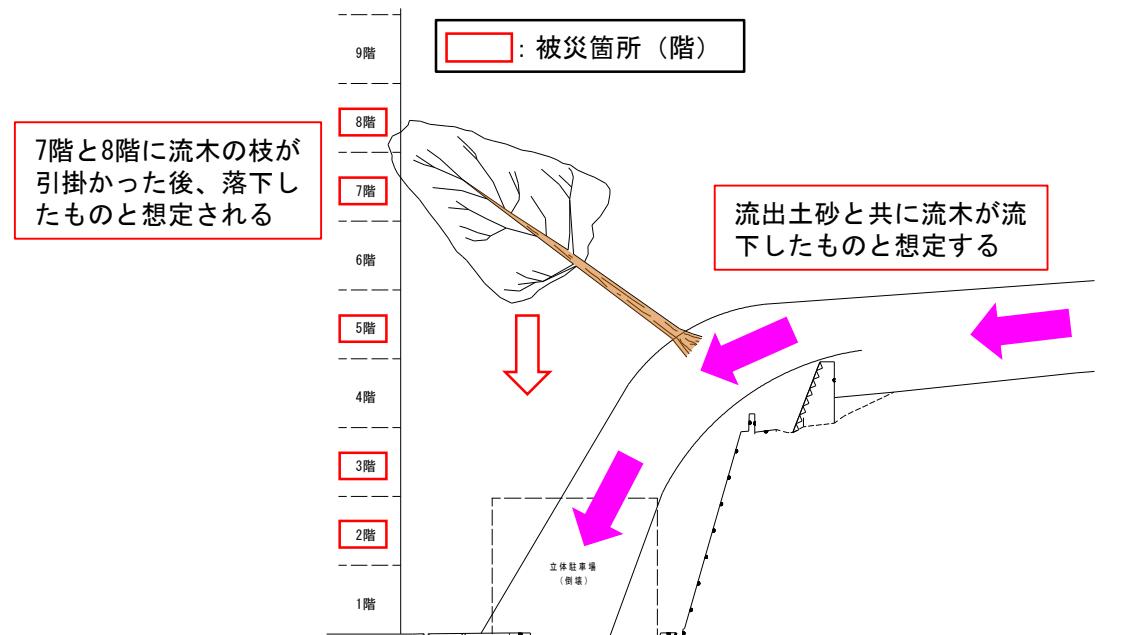


図 3-12 7及び8階の被災状況

⑦流木堆積状況

被災箇所全体に流木が堆積している。残存の施設に変状は見られなかったが、マンションの立体駐車場にまで及んでいることが確認できる。



写真 3-11 被災状況写真

⑧その他の施設状況

①の重力式擁壁は転倒しているが、残存施設とは目地を境に分離されている。残存施設を確認した結果、変状は確認されなかった。



写真 3-12 ①の重力式擁壁付近の残存施設確認状況

④のストンガードは破断した箇所以外にも、土砂等の捕捉（堆積）に伴い、支柱及びネット、ワイヤーが変形している箇所が見られる。



写真 3-13 ④のストンガード付近の状況

松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会

第 2 回委員会資料【松山市】

令和 6 年 9 月 2 日

< 目 次 >

4. 発生メカニズムの検討状況について

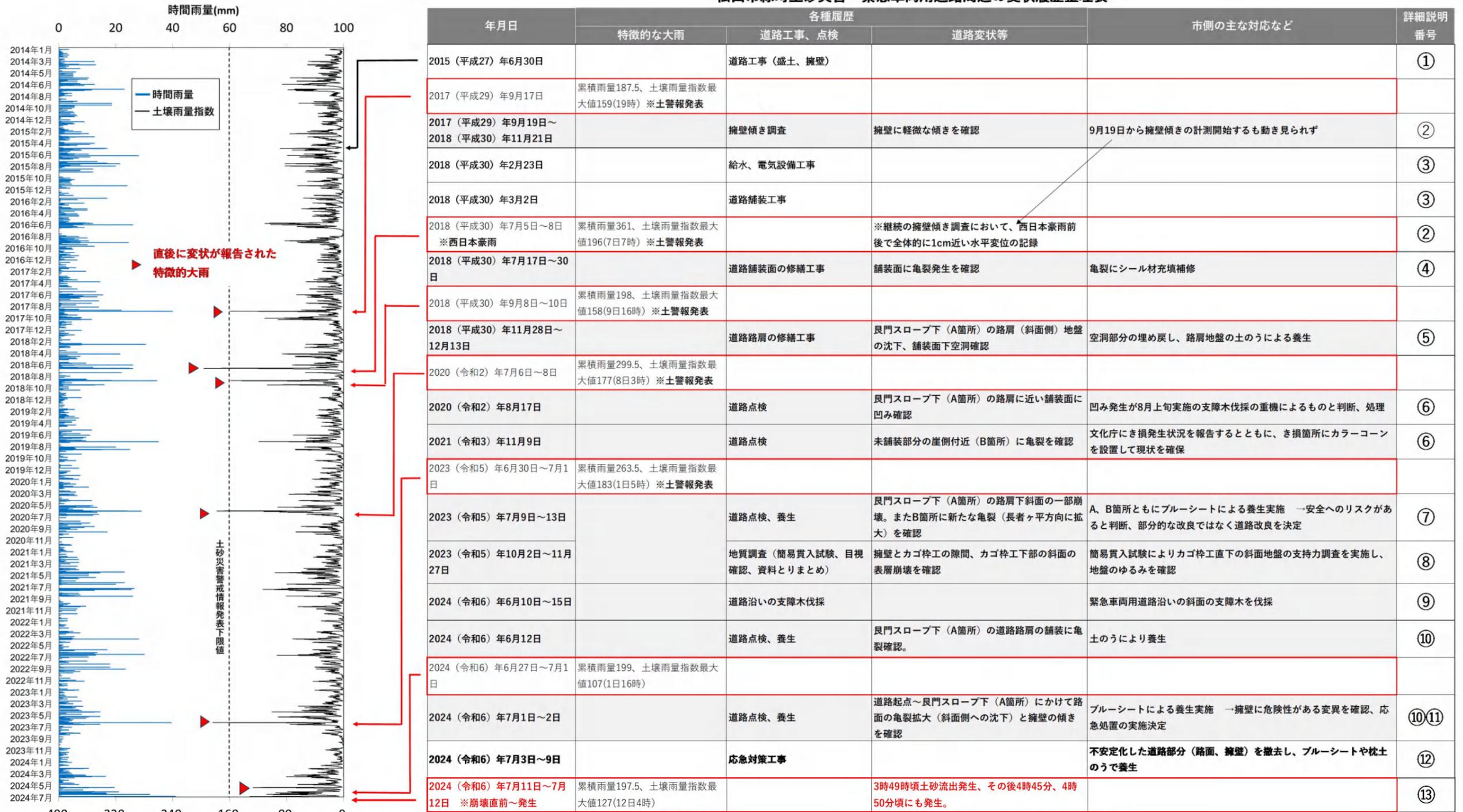
(4) 緊急車両用道路周辺の変状発生状況【松山市】

1. 緊急車両用道路における変状発生の時系列整理 1
2. 各々の変状発生状況について 2
3. 重力式擁壁を含む道路変状について 15

1. 緊急車両用道路における変状発生の時系列整理

- 2015年の緊急車両用道路建設以降、土砂災害警戒情報発表クラスの大雨の後のタイミングで道路周辺の変状が報告されている（下表参照）。
- 当初、擁壁の傾倒、路面の亀裂などの比較的軽微な変状だった。その後、良門スロープ下周辺（A箇所）の路肩の沈下、陥没、表層崩壊、未舗装部分の崖側付近の亀裂（B箇所）など、変状が拡大した。

松山市緑町土砂災害 緊急車両用道路周辺の変状履歴整理表



土壌雨量指数

※雨量データは、松山観測所アメダスデータ 出典：気象庁ホームページ (https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php)、土壌雨量指数は気象庁のタンクモデルによる計算手法と同じ手法、条件で計算した。

2. 各々の変状発生状況について

① 緊急車両用道路建設工事（2015（平成27）年6月30日完了）

- 道路工事は、重力式擁壁構築とその前面保護の目的でのカゴ枠設置からなる。
- 完成図からの緊急車両用道路の横断面を下図に示す。道路建設に伴う盛土高さは最大で1.2m（YSP20）で、そこから起点側、終点側それぞれにかけて低くなっている。特にYSP30より終点側の盛土高さは、良門スロープへの取り付け部以外は50cm程度である。
- 重力式擁壁は高さが最大2m（YSP20）で、擁壁底盤は最大1m程度掘削して切土地盤に着けている。

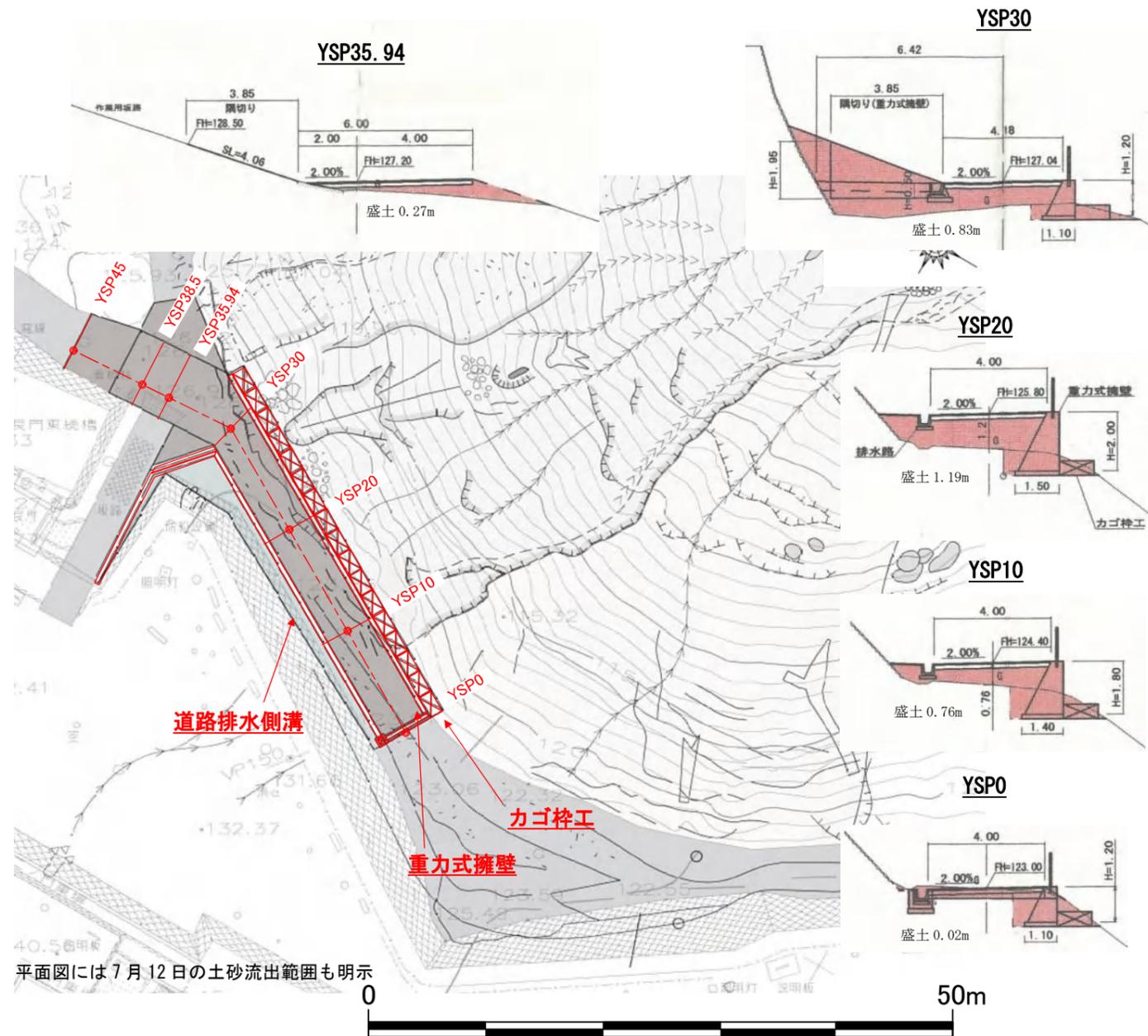


図2-1 緊急車両用道路建設の各種構造物の位置と道路横断面

※写真、横断面は、緊急車両用道路2（擁壁、カゴ枠、雨水排水溝設置）工事 工事図面 工事写真（着工前、完成）（松山市市街地整備課）より引用

【表流水の流れ】

- 道路建設前の道路周辺の表流水は、着工前の一連の写真により、道路勾配に応じて道路起点方向に流下する他、雨の降り方によっては、一部の水は斜面に流入したことが伺われる。
- 一方、道路竣工後～道路舗装完了（2018年3月）までは、良門スロープ直下付近（擁壁がない部分）は一部斜面に流入していたことが伺われる他、その大部分は道路起点方向に流下していると見受けられる。

【道路工事着工前写真】



写真1

【道路工事竣工写真】



写真2

- YSP30.94 付近から起点側を望む。表流水について、竣工後（写真2）は良門側からは一部斜面に流入するが、大部分は擁壁に阻まれ始点側に流れることが伺える。着工前（写真1）は阻害するものがないことから、竣工後に比べて表流水の斜面流入の可能性が高いことが伺える。



写真3



写真4

- YSP30 付近から良門の斜路（スロープ側）を望む。



写真5



写真6

- YSP0 付近から終点側を望む。表流水については、竣工後（写真6）は石垣側の排水溝に流入、流末は横断管と通じて斜面側に流れていることが伺える。ただし、一部はそのまま道路を下って写真背後のエリアにも流下することが伺える。着工前（写真5）の表流水は、石垣下の土羽水路を流下する他、雨の降り方によっては斜面にも流入することが伺われる。

② 道路擁壁の傾き調査 (2017 (平成 29) 年 9 月 19 日～2018 (平成 30) 年 11 月 21 日)

- 擁壁の傾きを確認し、約1年間の傾きの調査を行った。傾きの測定は、図2-3に示すように、擁壁天端から重錘を下げ、重錘と擁壁壁面の開き＝擁壁の傾きによる水平変位として換算する方法とした。なお、水平変位は竣工時を0として計算、整理した。
- 調査期間中の擁壁の水平変位の経時変化を図2-4に示す。「竣工～2017年9月19日」と「2018年3月29日～11月21日」の2つの期間中に擁壁は全体的に谷側に傾斜している。
- 第1章の一覧表に示したとおり、**擁壁の変動があったいずれの期間中にも土砂災害警戒情報発表クラスの大雨が降っている。**

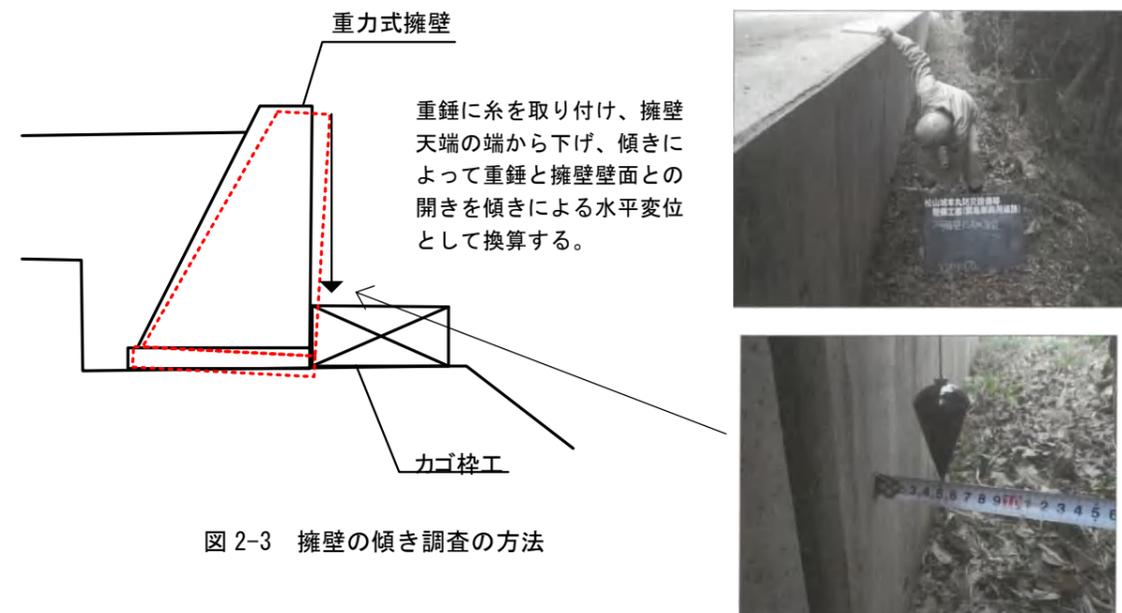


図2-3 擁壁の傾き調査の方法

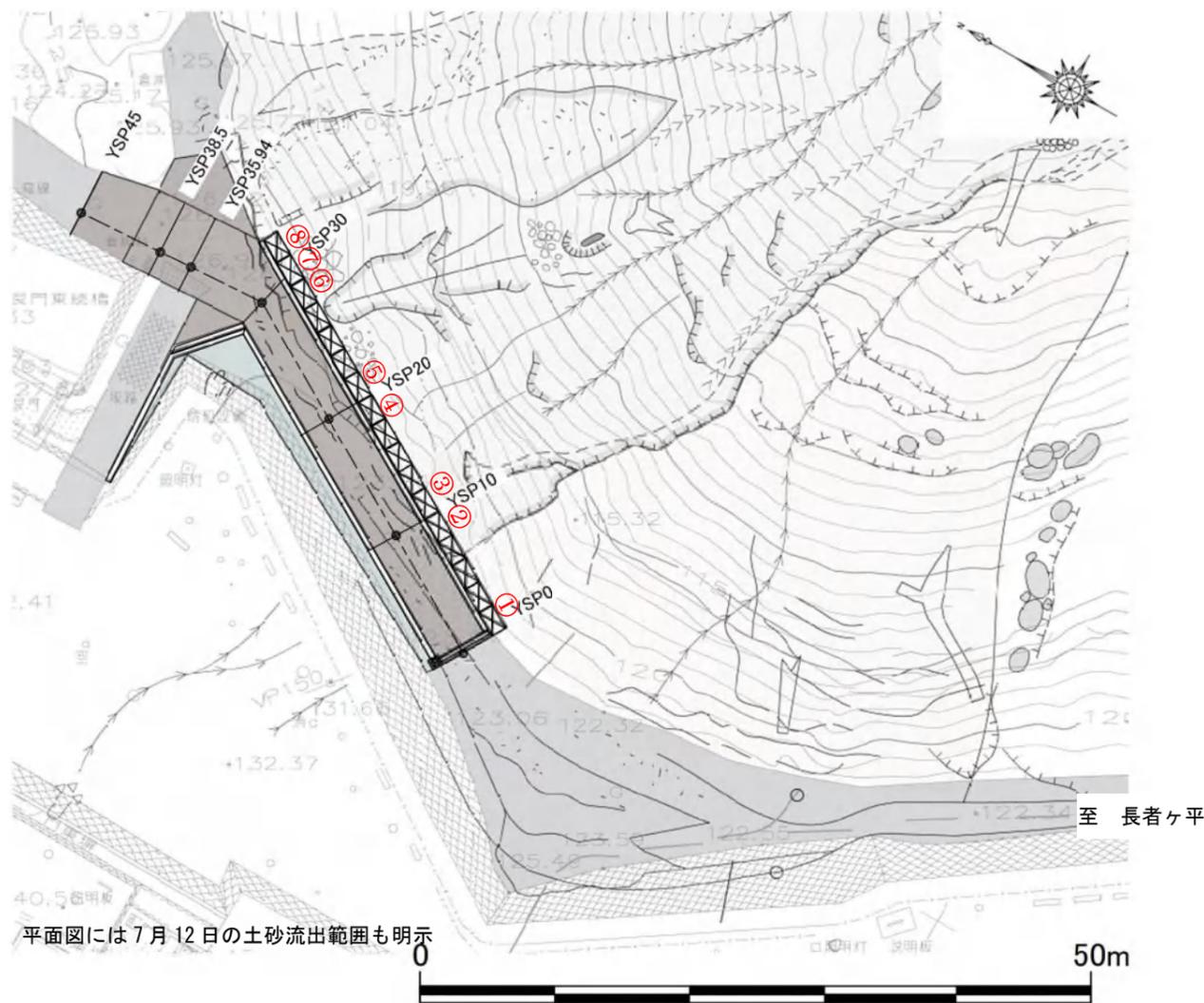


図2-2 緊急車両用道路周辺の擁壁傾き測定箇所 (測定箇所：赤番号)

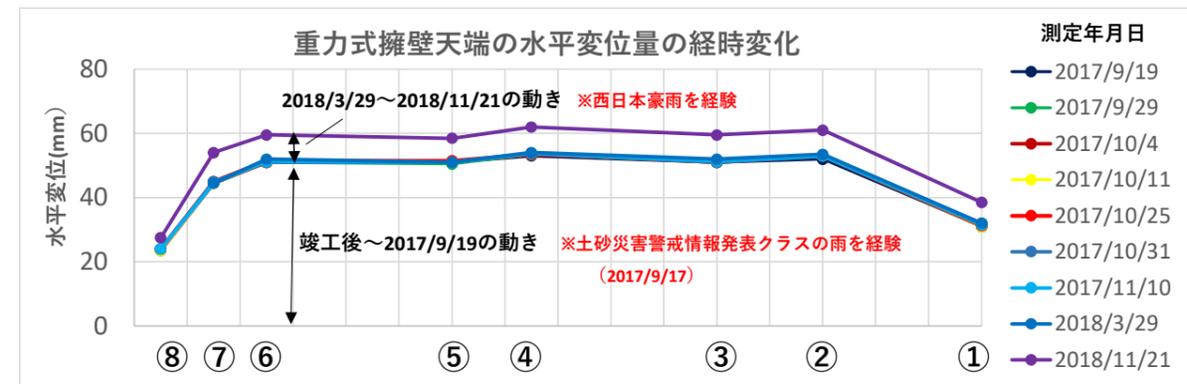


図2-4 擁壁天端の水平変位の経時変化

表2-1 擁壁天端の傾き・水平変位量
(緊急車両用道路2で実施した擁壁の傾き調査記録、松山市R6年7月29日提出資料より)

	H29					H30				
	9月19日	9月29日	10月4日	10月11日	10月25日	10月31日	11月10日	3月29日	11月21日	
①	31mm 86°	31mm 86°	31mm 86°	31mm 86°	31.3mm 86.1°	32mm 86°	31.5mm 86°	32mm 86°	38.5mm 86°	7.5mm
②	52mm 86°	53mm 86.2°	53mm 86.2°	53mm 86.2°	53mm 86.3°	53mm 86.3°	53mm 86.3°	53.5mm 86.3°	61mm 85.7°	7.5mm
③	51mm 86.5°	51mm 86.3°	51mm 86.2°	51.2mm 86.2°	51.5mm 86.3°	51mm 86.3°	51.3mm 86.3°	52mm 86.3°	59.5mm 86.2°	7.5mm
④	53mm 86.2°	53.5mm 86.1°	53.8mm 86.1°	53.5mm 86.2°	53.5mm 86.1°	53.8mm 86.1°	53.8mm 86.2°	54mm 86.2°	62mm 86°	8.0mm
⑤	51mm 86.8°	50.5mm 86.8°	51mm 86.8°	51mm 86.8°	51.5mm 86.8°	51mm 86.8°	51mm 86.8°	51mm 86.5°	58.5mm 85.8°	7.5mm
⑥	49.5mm 86.8°	49.5mm 86.8°	49.5mm 86.8°	49mm 86.8°	49.5mm 86.8°	49.5mm 86.8°	49.5mm 86.8°	49mm 86.8°	58mm 86°	9mm
⑦	45mm 87°	44.5mm 87°	44.5mm 87°	44.5mm 87°	45mm 87°	45mm 86.9°	44.5mm 87°	44.5mm 86.8°	54mm 86.3°	9.5mm
⑧	24mm 86.9°	24mm 87°	23.5mm 87°	23.5mm 86.8°	24mm 87°	24mm 86.9°	24mm 86.8°	24mm 87°	27.5mm 86.5°	3.5mm

※写真と表は、緊急車両用道路2で実施した擁壁の傾き調査記録 (松山市市街地整備課) より引用

③ 給水、電気設備工事 (2018 (平成30) 年2月23日完了)

道路舗装工事 (2018 (平成30) 年3月2日完了)

- 道路舗装に先立ち、緊急車両用道路全体に渡って、消防用給水管と電線管敷設工事を行っている。写真1、2に示すとおり、掘削幅約1.5~1.6m、掘削深さ最大1mで、管埋設後の埋め戻し時にはランマにより締めを行っている。
- 道路舗装は、給水、電気設備工事後の道路面全体に実施された。道路舗装面は雨水排水側溝に向けて2.00%の片勾配で構築されている。

【表流水について】

- 緊急車両用道路の舗装面が、雨水排水側溝側へ片勾配となっていることから、道路舗装面の表流水の大部分は、側溝→起点側端部の横断側溝を通じて斜面に流入していることが伺える。

【給水管、電線管埋設工事代表写真】



写真1

- YSP20 付近の埋設管設置のための掘削状況。約1m掘削。



写真2

- YSP35.94 付近の埋設管設置のための掘削状況。約0.9m掘削。

【道路舗装着工前写真】



写真3

【道路舗装竣工写真】



写真4

- YSP30 付近から終点側を望む。表流水について、竣工後 (写真4) は道路舗装面に石垣側の排水溝への片勾配がついていることから、その多くは道路排水側溝に流入することが伺える。

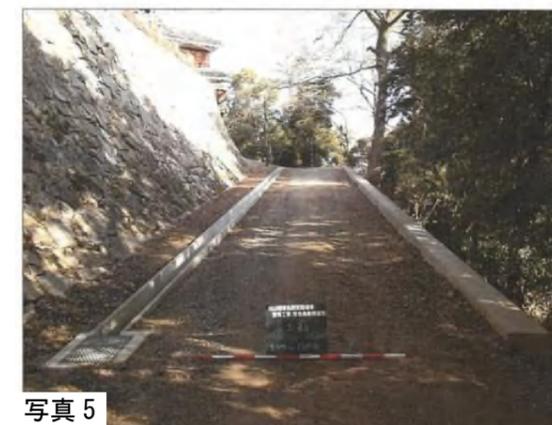


写真5



写真6

- YSP0 付近から終点側を望む。表流水について、道路の縦断、横断勾配を考えると、竣工後 (写真6) は石垣側の雨水排水側溝に流入、舗装面を流下する水も道路起点付近の横断側溝に最終的には流入し、そのほとんどが横断側溝から斜面側に流下していることが伺える。

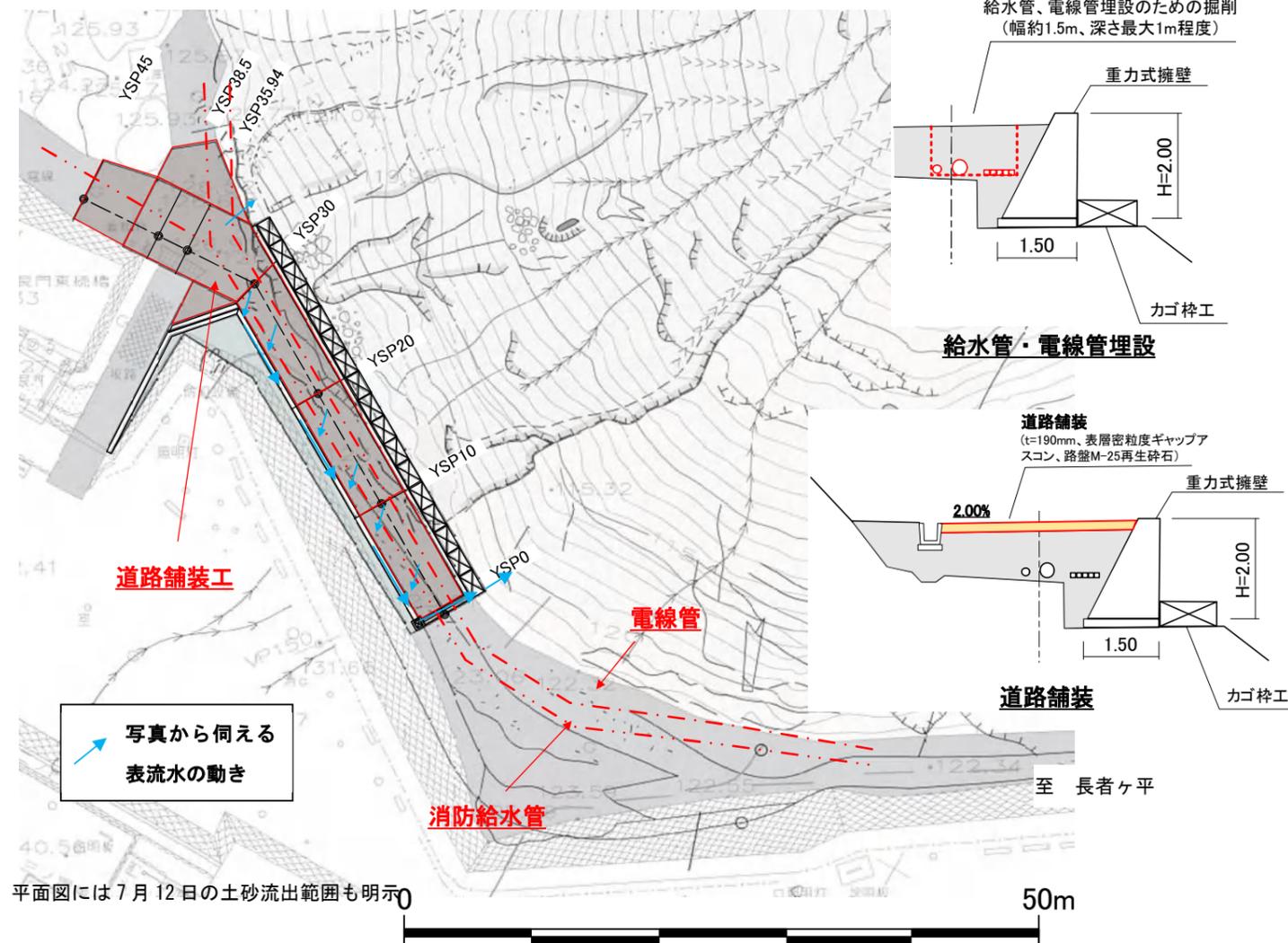


図2-5 緊急車両用道路の道路舗装、埋設管工事位置と各工事の代表横断図

※写真は、緊急車両用道路2 (給水関連) 工事 工事図面、工事写真 (着工前、完成) および、緊急車両用道路2 (舗装) 工事 工事図面、工事写真 (着工前、完成) (松山市市街地整備課) より引用

④ 道路舗装面の修繕工事（2018（平成30）年7月17日～30日）

- 平成30年の西日本豪雨直後、図2-6および右写真に示すように、埋設管工事で埋め戻した掘削範囲に沿うように、舗装面に雁行状の亀裂が発生した（開口1～2cm）。市はこの発生を受けて、亀裂にシール材の充填措置を実施した（写真1～5）。
- 亀裂発生状況を図2-7に示す。擁壁高さや盛土厚に限らず①で施工された区間全体に亀裂が発生しており、重力式擁壁が無く、盛土厚が数10cmと薄いYSP30～終点側でも同じ規模で路面亀裂が発生している。

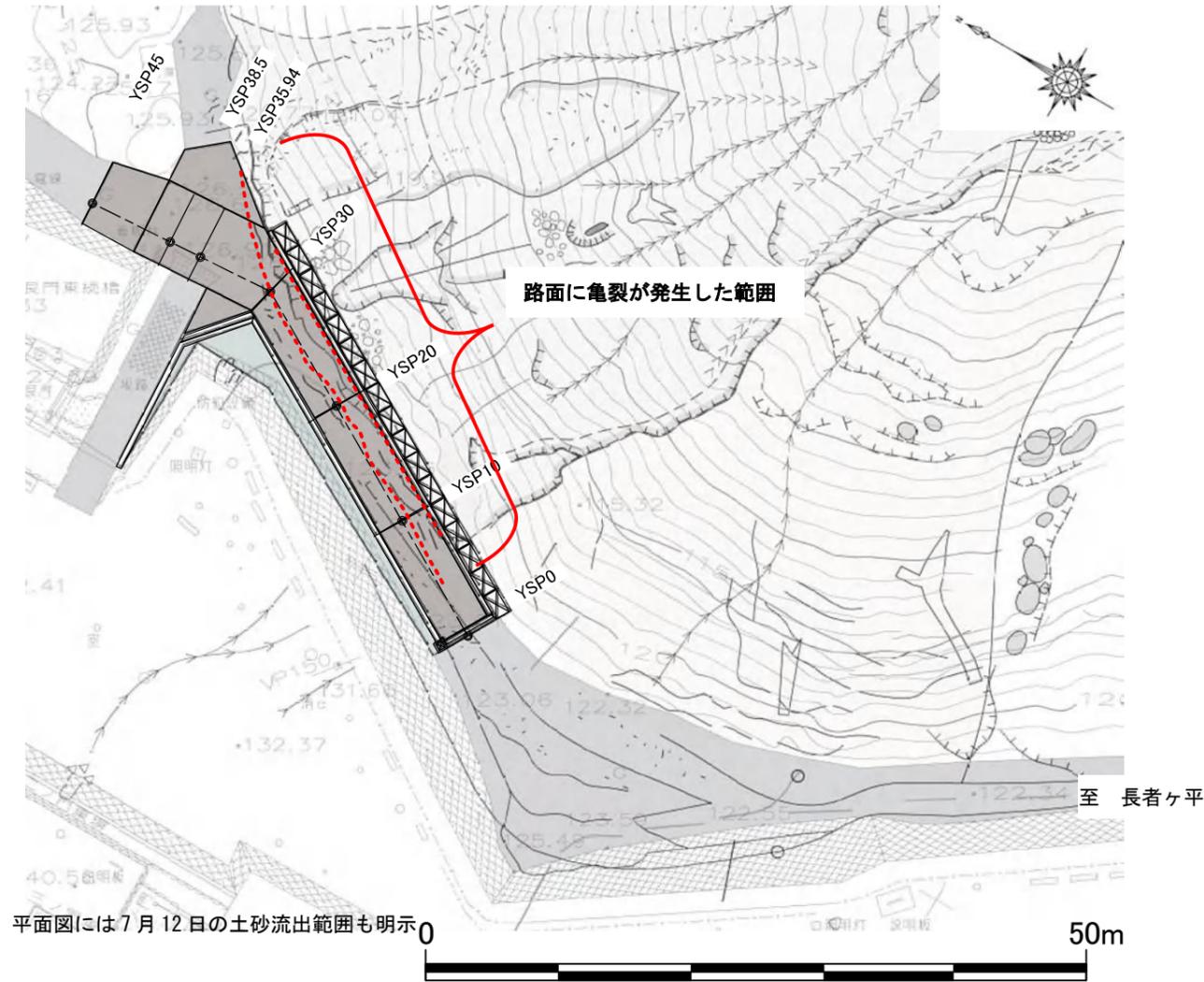


図2-6 緊急車両用道路の変状（亀裂）発生箇所（赤点線の範囲）

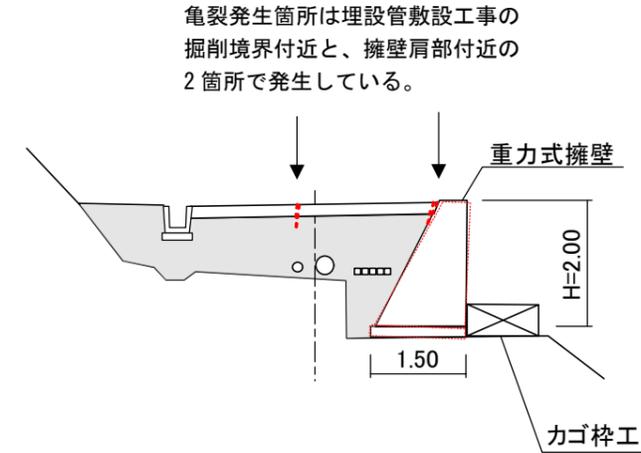


図2-7 舗装面の亀裂の模式図



写真1

- YSP2 付近から終点方向の道路路面肩の亀裂状況（シール材充填後）。



写真2

- YSP10 付近から終点方向の道路路面肩の亀裂状況（シール材充填後）。道路中央他、斜面路面（擁壁天端と舗装の境界付近）にも亀裂が発生している。



写真3

- YSP20 付近から終点方向の道路路面の亀裂状況（シール材充填後）。



写真4

- YSP30 付近から終点方向の道路路面肩の亀裂状況（シール材充填後）。



写真5

- YSP33 付近から終点方向の道路法肩付近の亀裂状況（シール材充填後）。このあたりの盛土は数10cm程度。

※写真は、城山公園（丸之内）緊急車両用道路ひび割れ補修工事記録（松山市市街地整備課）より引用

⑤ 道路路肩の修繕工事 (2018 (平成 30) 年 11 月 28 日～12 月 13 日)

- 良門スロープ下 (A 箇所) の YSP34.94～38.5 付近の路肩に、写真 1～3 に示すような変状が発生した。変状の延長は約 10m 程度であった。
- 路肩のコンクリート縁石が地盤の不同沈下により不規則に傾き、舗装下に空洞が形成されている。地盤の沈下量は、平均 20cm 程度である。
- 変状発生箇所は、前述の④で路面亀裂が確認された箇所のほぼ延長線上に位置している。この付近の道路盛土は厚さ 30～50cm 程度 (図 2-9) である。そのため盛土の自重の影響で発生したのではなく、地盤自体の沈下により起こった可能性がある。
- 変状状況を確認後、地盤沈下箇所を整地し、土のうにより舗装面との段差を解消している (写真 4)。

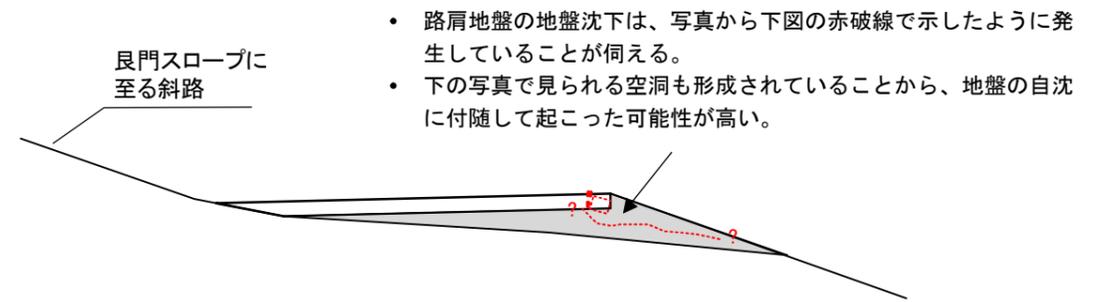


図 2-9 道路路肩の変状の模式図 (道路断面図は YSP35+94 のもの)

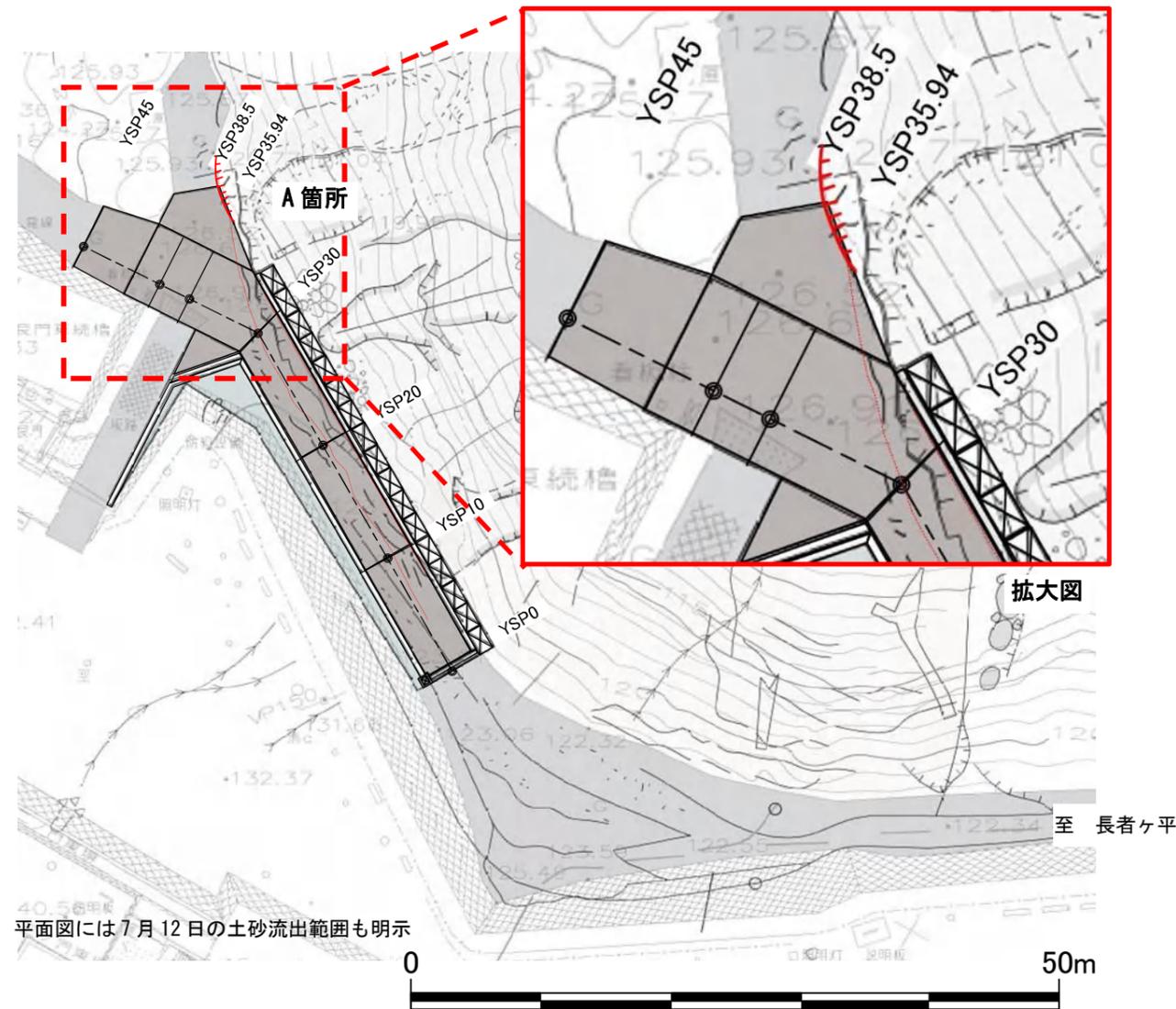


図 2-8 緊急車両用道路の道路路肩変状発生箇所 (赤点線)



写真 1

- YSP35.94 付近の路肩の変状状況、地盤の不同沈下により、縁石が不規則に傾いている。



写真 2

- 写真 1 のほぼ同じアングルで撮影。地盤沈下により縁石下に空洞が形成されている。



写真 3

- 写真 2 の近景。地盤沈下量は 20cm 程度。



写真 4

- 土のうによる変状の復旧状況。

※写真は、松山市役所開発建築部市街地整備課 城山公園 (丸之内) 園路補修工事記録 (松山市市街地整備課) より引用

⑥ 道路点検 (2020 (令和2) 年8月17日)

道路点検 (2021 (令和3) 年11月9日)

- 2020 (令和2) 年8月17日に図2-10に示す、良門スロープ下 (A箇所) のYSP32~35の道路路肩に近い路面上に、写真1~2で示すような陥没が生じた。陥没深さは3~4cm程度であった。
- この変状は、2年前の平成30年の路肩沈下(⑤)と比較的近い位置で生じており、地盤の沈下が道路内に拡大していることが見受けられる。
- 2021 (令和3) 年11月9日には、緊急車両用道路の起点端部から長者ヶ平に10数mの地点で亀裂が確認された(崖側の未舗装部: B箇所)。亀裂の長さ2m×開口幅3cm×深さ40cmであった(写真3、4)。

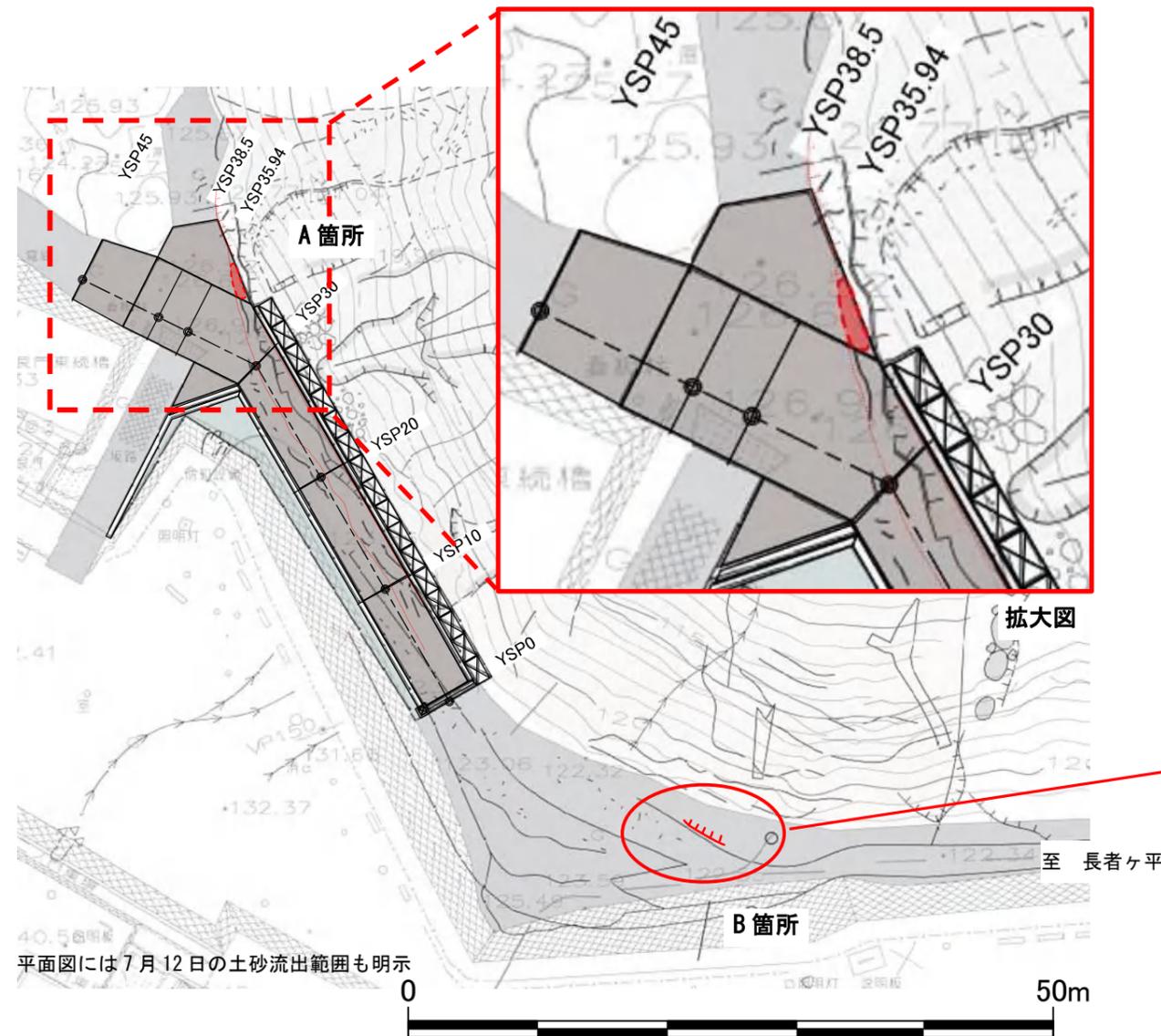


図2-10 緊急車両用道路の路面変状発生箇所 (赤ハッチ・波線)

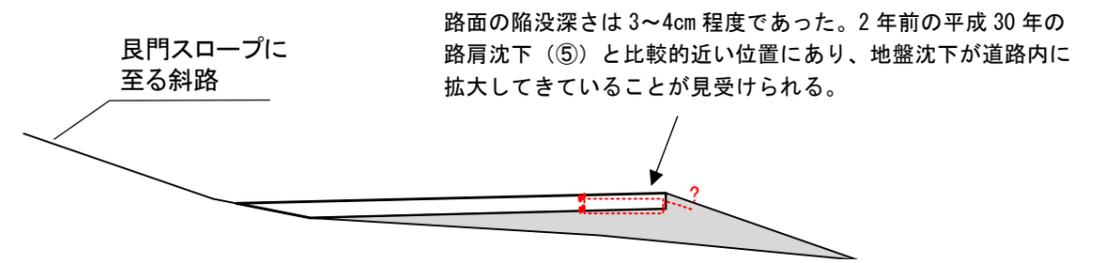


図2-11 道路路面の陥没の模式図 (道路断面図はYSP35+94のもの)



- YSP35.94付近の路面の陥没状況。指定管理者から市担当には、タイヤがすっぽりと入るぐらいの深さ3~4cmの緩やかな凹み、と報告された。

※写真は、緊急車両用道路2に関する指定管理者から松山市への報告記録 令和2年8月17日分 (松山市市街地整備課) より引用



写真手前は長者ヶ平方向



- 緊急車両用道路未舗装部崖側 (B箇所) の亀裂状況。道路延長方向と平行に長さ2m程度 (写真4)、開口幅3cm程度、深さは40cmであった。



※写真は、松山市役所教育委員会文化財課 ぎ損届 令和3年11月10日より引用

⑦ 道路点検、養生（2023（令和5）年7月9日～13日）

- 6月30日～7月1日の梅雨前線の大雨后、指定管理者により良門スロープ下の道路路肩直下（A箇所）の表層崩壊が確認された。
- 同じく、未舗装部崖側（B箇所）においても亀裂が再び発見された。約2年前の確認（⑥）に比べて、変状規模が拡大（亀裂延長約10m）していることが見受けられる。
- この状況を鑑み、市は直ちに拡大防止のための措置を決定した（安全へのリスクがあると判断、部分的な改良ではなく道路改良を実施）。



- 良門スロープ下（A箇所）の道路路肩直下に表層崩壊を確認（指定管理者からの報告では“地滑り”と表記）

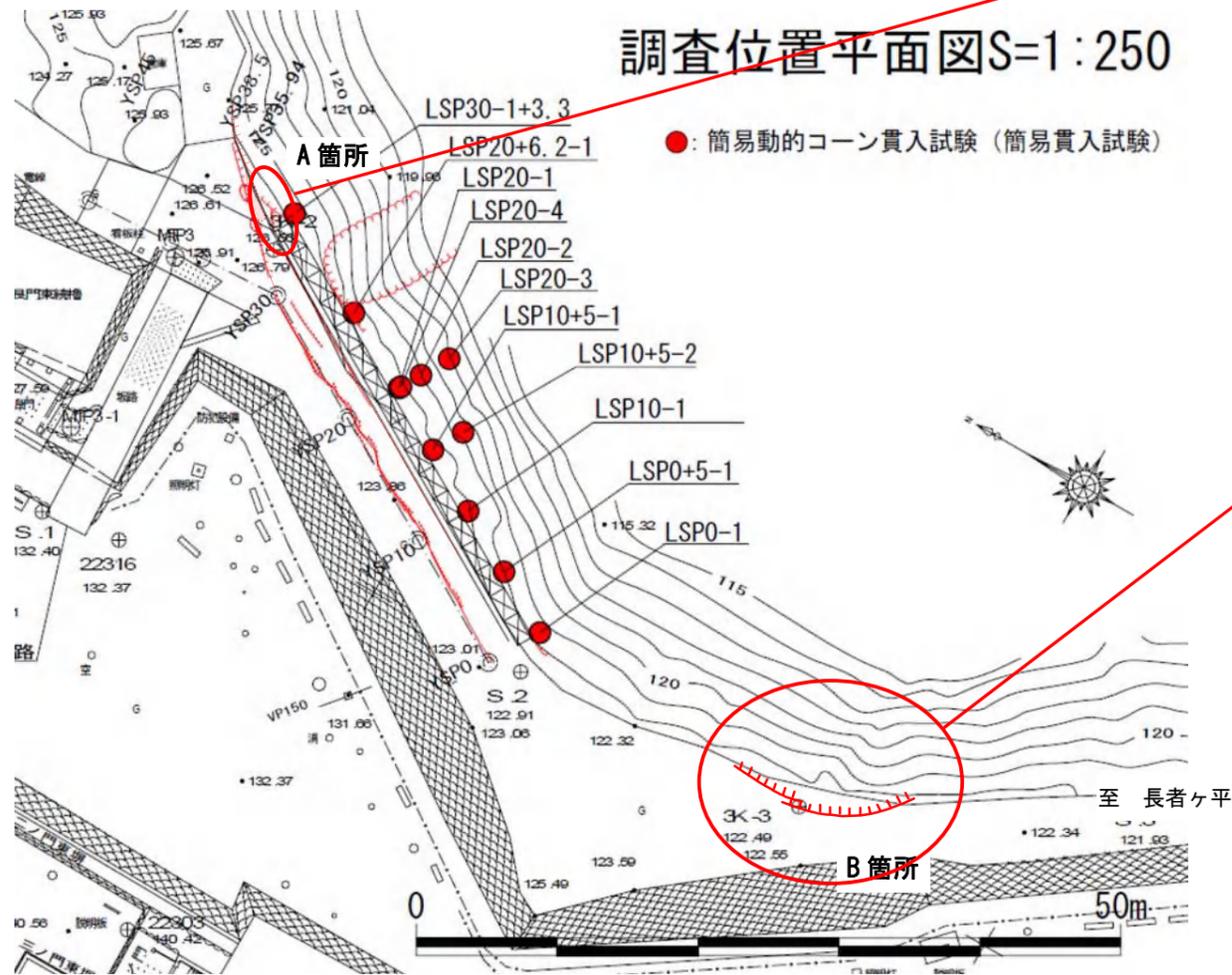


図2-12 緊急車両用道路の路面変状発生箇所（赤丸部分の赤波線）

（2023年 城山公園（丸之内）災害復旧工事に伴う関係機関説明資料作成業務委託報告書の平面図にB箇所の亀裂加筆）



- 未舗装部崖側（B箇所）の亀裂状況。写真3は写真2と同一アングルの近景。2021（令和3）年11月9日の確認時に比べて、明らかに亀裂が拡大している。



- 同じく未舗装部崖側（B箇所）の亀裂状況。写真2とは別アングルで（長者ヶ平側から）撮影。写真5は表流水侵入防止の養生後に撮影。

※写真は2023年 城山公園（丸之内）災害復旧工事に伴う関係機関説明資料作成業務委託報告書より引用

⑧ 地質調査 (2023 (令和5) 年10月2日~11月27日)

- 緊急車両用道路の変状箇所について、災害復旧工事の関係機関説明資料作成のため地質調査が行われた。
- 調査結果から、YSP30 付近のカゴ枠工直下の斜面に幅 5~6mの表層崩壊が発生していることが確認されている。また、一連の写真に示すとおり、周辺のカゴ枠が沈下し、背後の重力式擁壁との間に隙間が発生している。模式図を図2-14に示す。
- カゴ枠工周辺の斜面地盤を対象にした簡易貫入試験結果では、Nd 値 10 のライン (不安定土塊) または Nd 値 20 のライン (準支持層) が、起点側 (起点~YSP10+5) に比べて終点側 (YSP10+5~終点) の方が深い傾向を示している (図2-15)。
- 一連の調査結果から、道路周辺の変状は終点側区間 (YSP10+5~終点) で進行していることが伺われる。

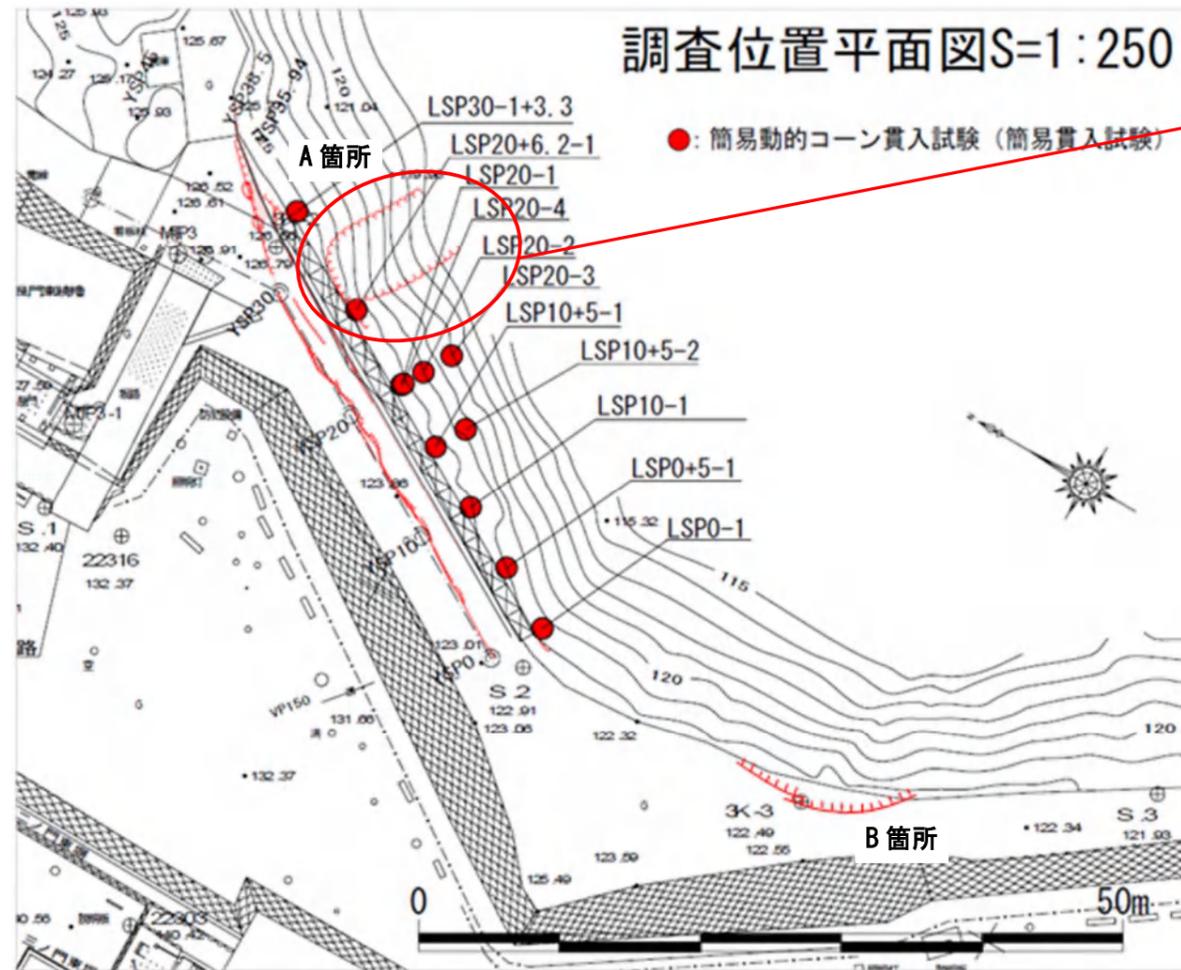


図2-13 緊急車両用道路の路面変状発生箇所 (赤丸部分の赤波線)

(2023年 城山公園 (丸之内) 災害復旧工事に伴う関係機関説明資料作成業務委託報告書の平面図にB箇所の亀裂加筆)



写真1



写真2



写真3



写真4

- 擁壁とカゴ枠の周辺の変状状況。写真1に示す擁壁直下のカゴ枠との間に隙間が発生 (写真2)
- カゴ枠直下の地盤の表層崩壊状況 (写真3)
- YSP30 直下斜面の表層崩壊状況 (写真4)

※写真は2023年 城山公園 (丸之内) 災害復旧工事に伴う関係機関説明資料作成業務委託報告書より引用

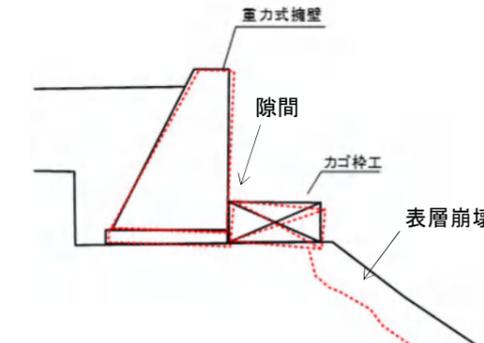


図2-14 道路構造物変状の模式図

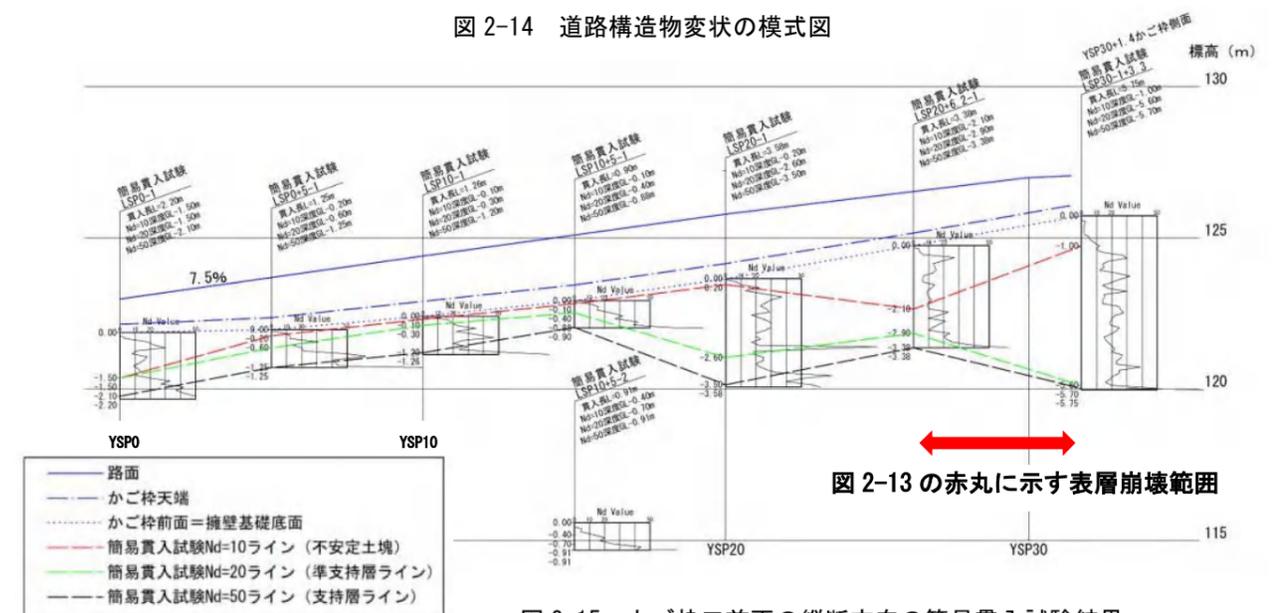


図2-13の赤丸に示す表層崩壊範囲

図2-15 カゴ枠工前面の縦断方向の簡易貫入試験結果

(2023年 城山公園 (丸之内) 災害復旧工事に伴う関係機関説明資料作成業務委託報告書の図に表層崩壊箇所を加筆)

⑨ 道路沿いの支障木伐採 (2024 (令和6) 年6月10日~15日)

- 緊急車両の通行に支障になる木の伐採が行われた。緊急車両用道路沿いの木の一部で、枝葉が道路上に伸びて覆っている樹木13本 (図2-16 参照) が伐採された。
- 伐採後の写真では、斜面に傾倒木が何本も見られ、比較的幹回りの小さい低木も傾倒している。

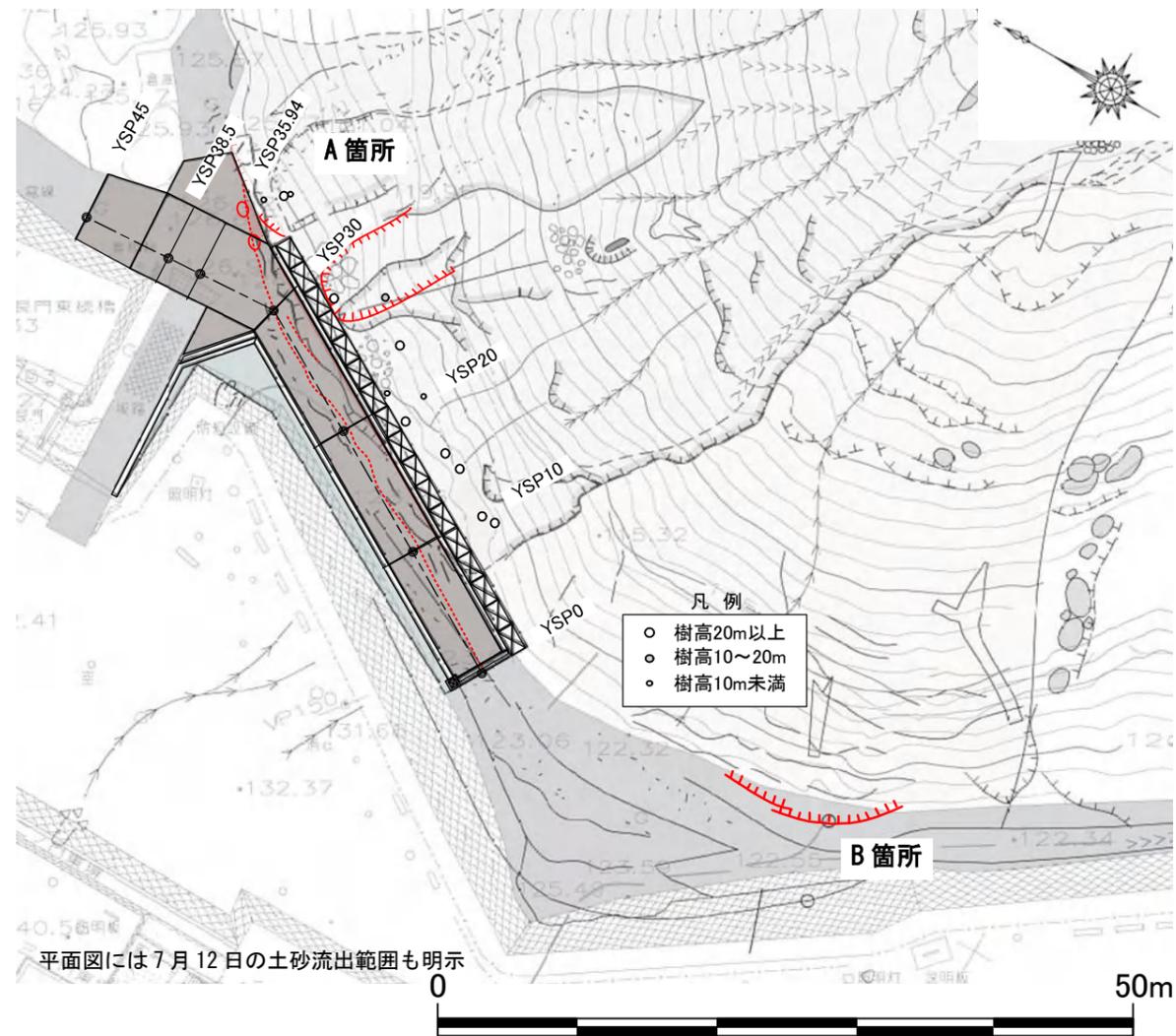


図2-16 緊急車両用道路沿いの伐採対象の支障木位置 (凡例参照)

【伐採着工前写真】



写真1

【伐採完了後写真】



写真2

- 長門スロープ下~YSP30 にかけての支障木伐採前後の状況 (写真1、写真2)



写真3



写真4

- YSP20~30 にかけての支障木伐採前後の状況 (写真3、写真4)、本丸広場上から撮影。伐採後の写真4中に傾倒木が何本も見られる。そのうち幹回りの小さい低木も確認される (赤線)。



写真5



写真6

- 緊急車両用道路起点側からの支障木伐採前後の状況 (写真5、写真6)。伐採後の写真6中に傾倒木が何本も見られる。そのうち幹回りの小さい低木も確認される (赤線)。

※写真は平成6年度 城山公園 (丸之内) 本丸東登城道支障木伐採業務委託 (その1) 関連図書、工事写真 (着工前、完成) より引用

⑩ 道路点検、養生（2024（令和6）年6月12日）

道路点検、養生（2024（令和6）年7月1～2日）※7月1日の状況

- 6月12日に良門スロープ下（A箇所）で以前から変状が進んでいた、路肩舗装面に亀裂が再発した（写真1）。この際、土のうによる応急処置が行われている。
- 6月17日から梅雨前線の影響で断続的な雨が降った（図2-18）後の7月1日確認時点では、写真2に示すように、6月12日点検時より変状が進んだことが確認された。
- 図2-19に示すとおり、今年の6月降水量は、過去20年間で二番目に多い量であった。

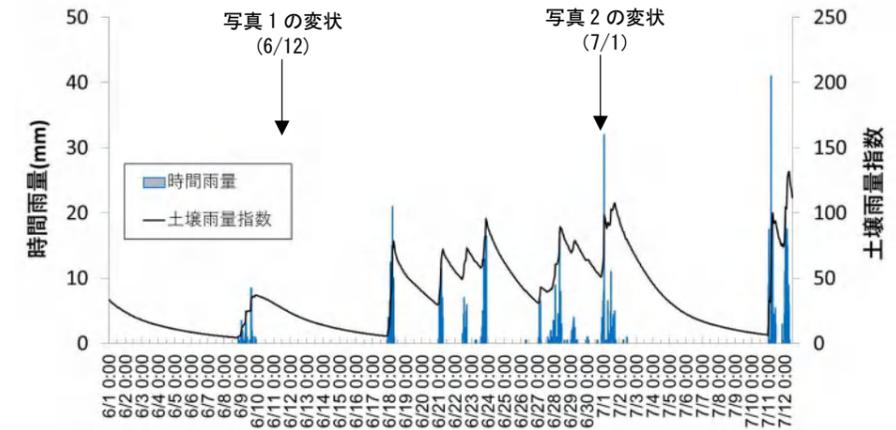


図2-18 6月1日～7月12日までの降雨の推移

※図2-17、18の雨量データは、松山観測所アメダスデータ 出典：気象庁ホームページ (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)

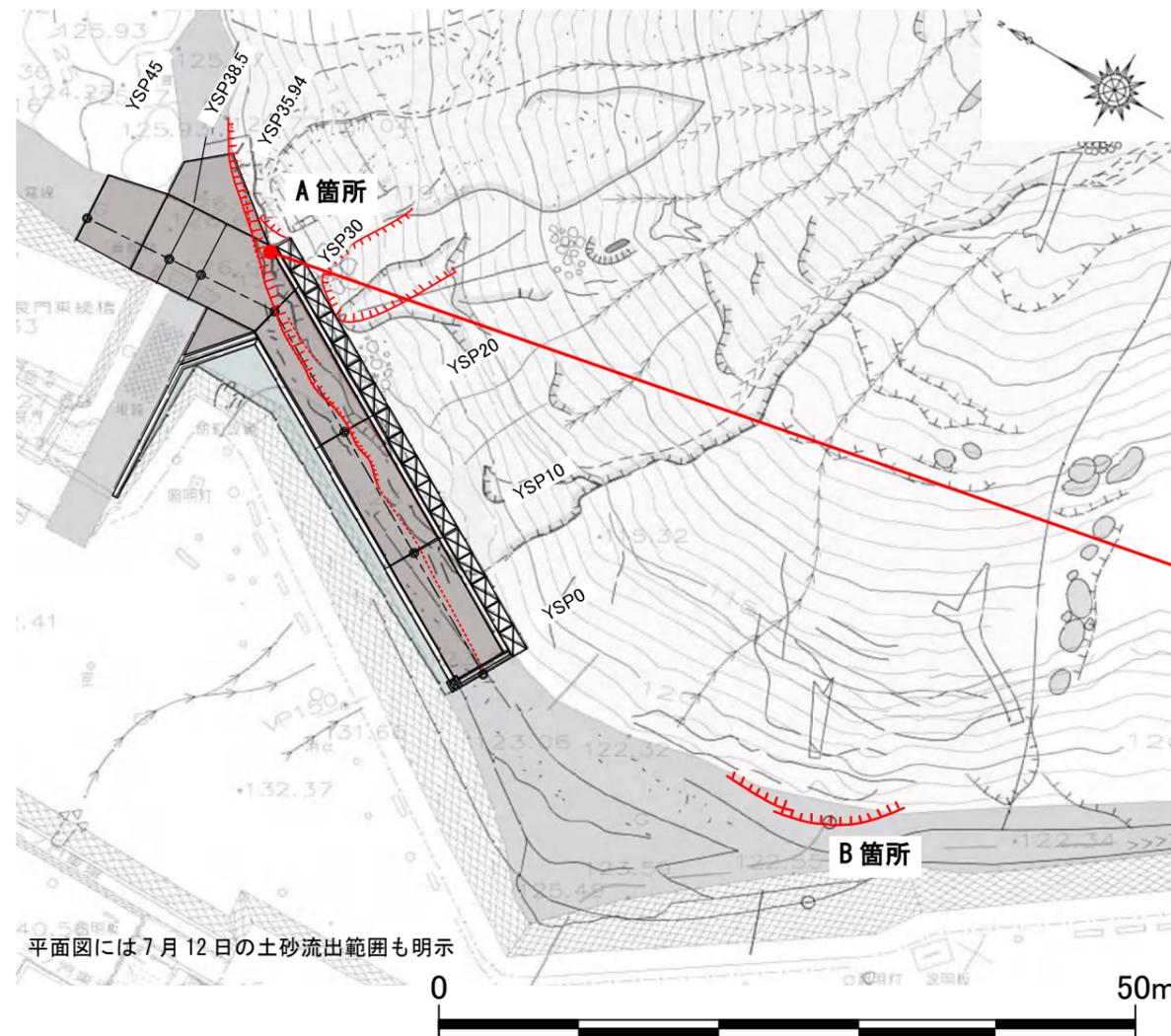


図2-17 緊急車両用道路沿いの変状箇所（赤波線）



図2-19 過去20年間の6月降水量の推移



写真1：6月12日



写真2：7月1日

- 良門スロープ下A箇所の道路路肩付近の6月12日、7月1日の変状状況の比較。いずれも起点側に向けほぼ同じアングルで撮影。6月12日は開口亀裂だけだったが、7月1日時点で斜面下部方向への地盤移動による明瞭な段差（10cm以上）も確認された。

※写真は、松山市役所開発建築部市街地整備課 城山公園（丸之内）園路補修工事記録2024（令和6）年6月12日および緊急車両用道路2 令和6年7月1、2日の現地確認写真（松山市市街地整備課）より引用

① 道路点検、養生（2024（令和6）年7月1～2日）

- 7月1日～2日にかけて確認された道路変状は、写真1～4に示すように、ほぼ1日で著しく進行している。
- 前頁⑩で示した6月15日～7月1日の移動量（最大約10～20cm程度）よりも更に大きい移動量（最大約50cm程度）を示した。
- この顕著な変状の原因は、6月降水量が平年に比べて特異だった点の他、6月末のまとまった雨（6月30日～7月1日の累積雨量約200mm：図2-21参照）も影響している可能性がある。

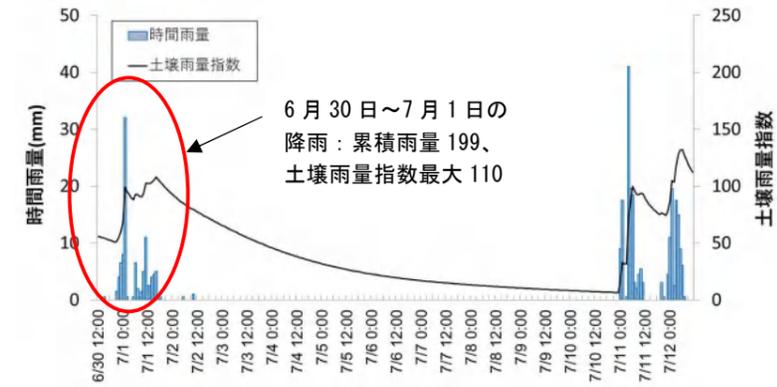


図2-21 6月30日～7月12日までの降雨の推移

※図2-20の雨量データは、松山観測所アメダスデータ 出典：気象庁ホームページ (<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)

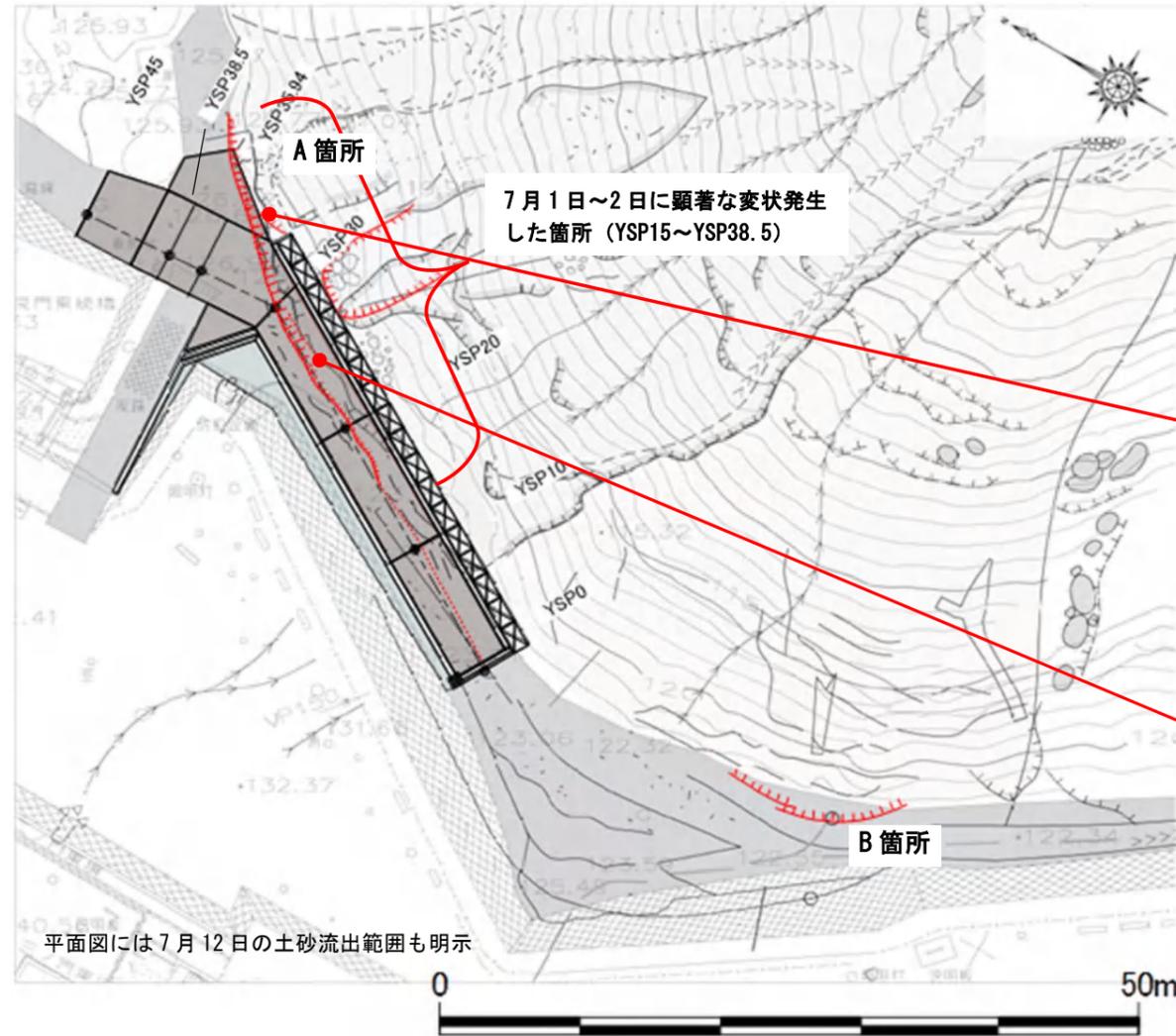


図2-20 緊急車両用道路沿いの変状箇所（赤波線）※図2-16再掲



- 良門スロープ下周辺の7月1日～2日の地盤変状の比較。写真1、2はYSP30から起点側に向けて撮影、写真3、4はYSP20から終点側に向けて撮影。1日で道路路肩の舗装が擁壁とともに、斜面（斜め下）方向に移動したことが分かる。移動量は写真の目視確認で約50cm程度。

※写真は、緊急車両用道路2 令和6年7月1、2日の現地確認写真（松山市市街地整備課）より引用

⑫ 応急対策工事（2024（令和6）年7月3～9日）

- 不安定化した擁壁や埋戻し土の撤去、電気配管の断線回避のための吊り防護を行った（写真1、2）。
- また、工事が終了した範囲にブルーシートと枕土のうによる雨水流入対策を行った（写真3～5）。
- この工事期間中には、特に変状の進行は確認されなかった。

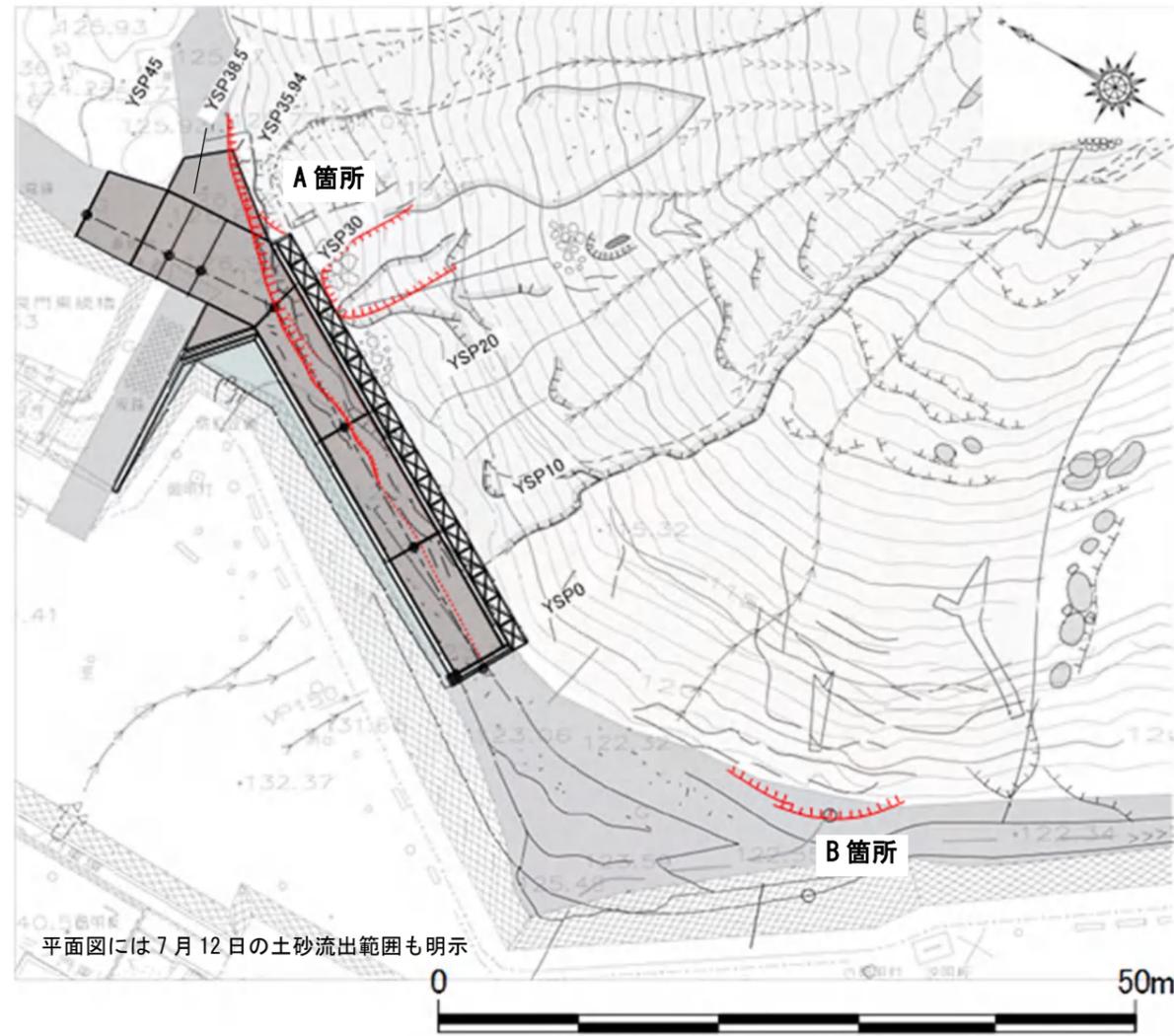


図2-22 緊急車両用道路沿いの変状箇所（赤波線）※図2-16再掲



写真1



写真2

- 7月8日の擁壁、埋戻し撤去、電気配管吊り防護工事状況、YSP10～終点側（写真1）、YSP20～始点（写真2）を撮影、



写真3



写真4

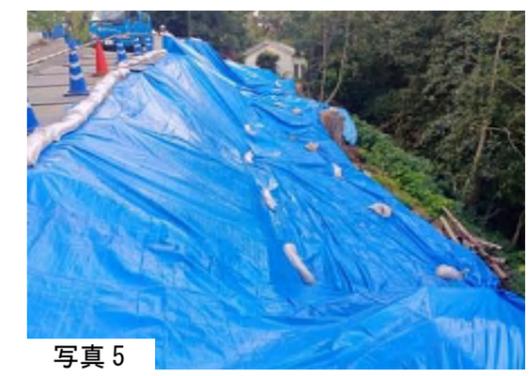


写真5

- 7月9日の養生作業完了後状況、SP30～起点側（写真3）、YSP0～終点側（写真4）、YSP15～終点側（写真5）を撮影。

※写真は、緊急車両用道路2 令和6年7月3日からの応急対策写真（松山市市街地整備課）より引用

⑬ 被災直前～被災直後（2024（令和6）年7月11～12日）

- 7月11日早朝に時間雨量30mm以上の大雨があった。当日の午前中に現場視察を行い、目視確認上で異常は確認されなかった（写真1～3）
- 7月12日未明（3時～4時台）に緑町で土砂が住宅地に流出、直後の早朝に緊急車両用道路周辺の現場視察を行い、道路下斜面（A箇所）の土砂流出を確認した。ただし、応急対策で行った表流水の斜面への流入防止措置（土のう、ブルーシート養生）には変化は見られなかった（写真4、5）。

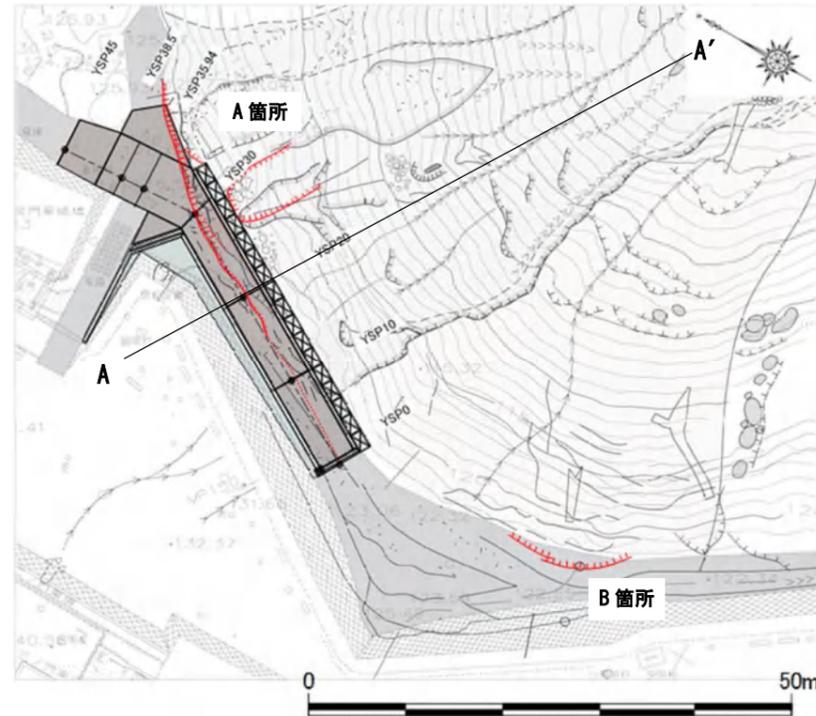


図2-23 緊急車両用道路沿いの変状箇所（赤波線）※図2-16再掲、地質断面線記載

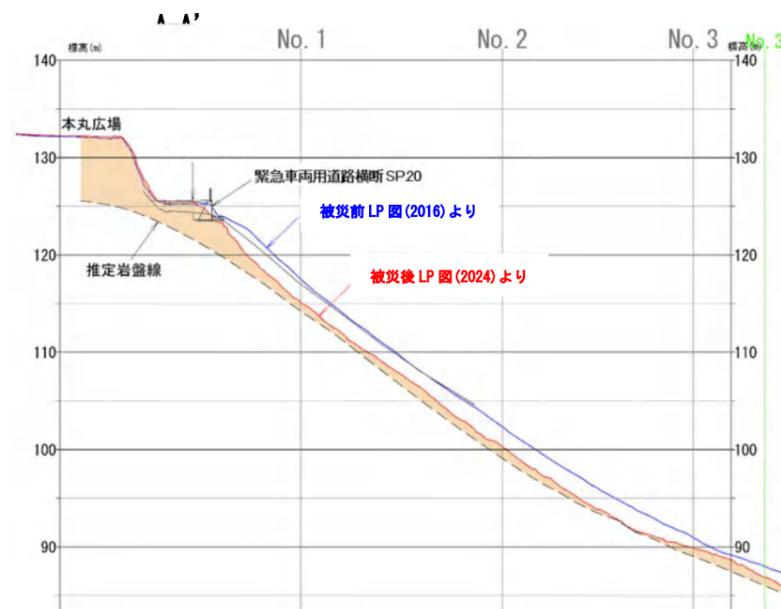


図2-24 地質断面図A-A'断面（上流部上部付近）

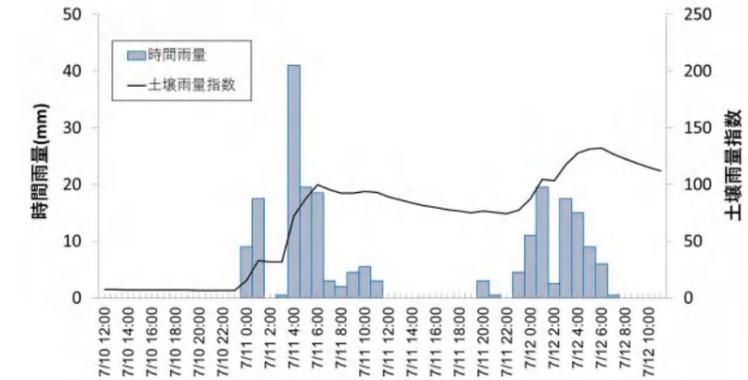


図2-25 7月10日～7月12日までの降雨の推移

※図2-24の雨量データは、松山観測所アメダスデータ 出典：気象庁ホームページ
(<https://www.data.jma.go.jp/odb/stats/etrn/index.php>)



写真1



写真2



写真3

- 7月11日午前中の現場状況、YSP0～終点側（写真1）、YSP10～終点側（写真2）、YSP30～終点側（写真3）を撮影。



写真4



写真5

- 7月12日早朝の現場状況、YSP0～終点側（写真4）、YSP30～起点側（写真5）を撮影。

3. 重力式擁壁を含む道路変状について（道路クラック発生の原因）

■結論：道路クラックは、道路擁壁が沈下もしくは斜面下方への転倒や移動に伴い発生した変状であると推定される。変状発生の原因については次回委員会以降で検討を実施する。

1) 想定される変状の道路クラックの発生機構について

- 今回、災害発生までに変状が確認された代表的な道路構造物は、「重力式擁壁」、「カゴ枠」および「舗装（縁石、路盤材含む）」である。
- 道路クラックは、擁壁の沈下、斜面下方への転倒、移動により発生した変状であると考えられる。

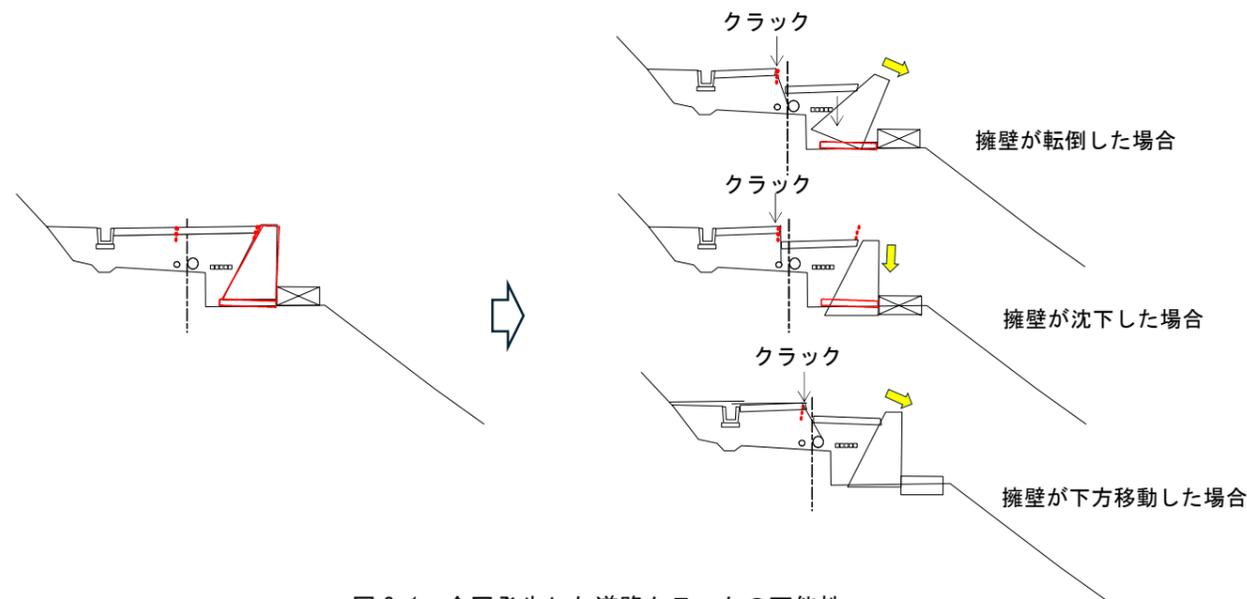


図3-1 今回発生した道路クラックの可能性

- 道路クラックの発生形態は、図3-1に示す「転倒」「沈下」「下方移動」のいずれの可能性も考えられる。いずれの変状パターンにおいても、次の2つの発生原因が想定できる。

原因1：構造物荷重に対する基礎地盤の支持力不足

原因2：斜面の不安定化

- 緊急車両用道路に発生したクラックの原因や土砂流出との関係については、後述する調査等（資料8）を通じて、今後検討を実施する予定である。

2) 道路クラック周辺の表流水、地下水の影響について

① 表流水

- 図3-2に緊急車両用道路建設前後の道路沿いの表流水の状況を示す。
- 建設前は降雨時に石垣側の土羽水路を表流水が流れていたと考える。しかし、舗装前は不陸があったため、すべての表流水が水路側へ流下していた訳ではないと想定する。道路建設後に比べて建設前は降雨強度に応じた比較的分散した流れになり、その一部は、直接斜面にも流入した可能性がある。
- 建設後は側溝が敷設され、集水された表流水は横断側溝を通じて、道路起点付近の斜面下に誘導されているため、表流水のほとんどは雨水排水側溝を通じていたと考えられる。
- 以上を踏まえると、道路建設後は建設前に比べて、表流水が道路路肩から直接斜面に流入する可能性は低かったと推定される。

② 地下水

- 本丸公園に降った雨水が石垣を介して地下浸透し、緊急車両用道路路肩に地下水面を形成した可能性は想定される。しかし、過去の地質調査記録で、浅層地下水の存在を示唆するデータや記録は確認にできなかった。今後追加の情報収集や調査等を実施し検討を行う。

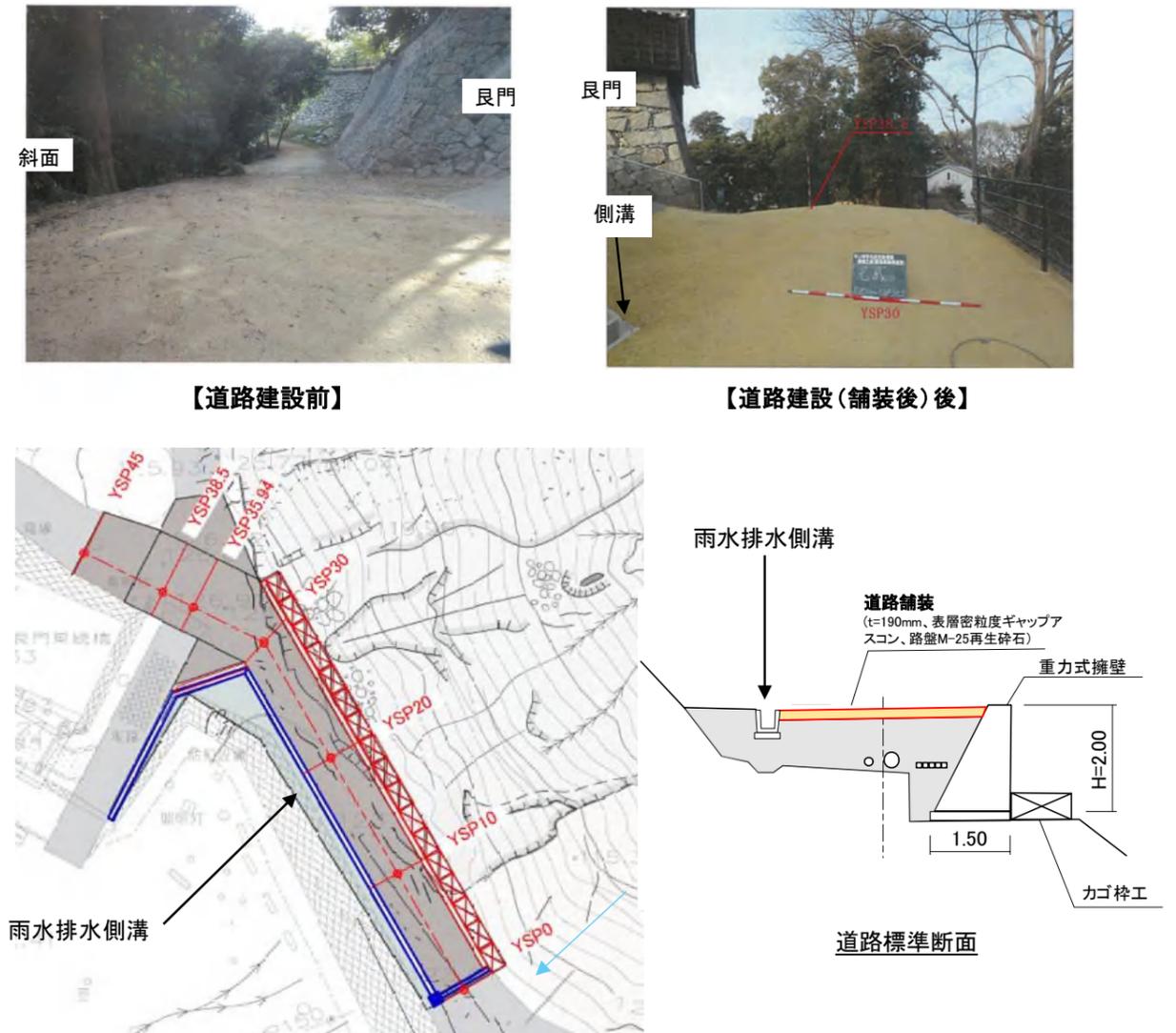


図3-2 緊急車両用道路建設前後の表流水の排水施設状況

※写真は、緊急車両用道路2 令和6年7月11、12日の現地確認写真（松山市市街地整備課）より引用

松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会

第 2 回委員会資料【松山市】

令和 6 年 9 月 2 日

< 目 次 >

4. 発生メカニズムの検討状況について

(5) 城郭周辺の堆積物の分布状況の推定【松山市】

1. 古文書等の記載の確認結果 1
2. 城郭周辺の既往調査資料の確認結果 4
3. 城郭周辺の堆積物分布について 5

第 2 回 松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会

1. 古文書等の記載の確認結果

1) 松山城に関する文献史料

松山市(2019)¹⁾によると、松山城に関する文献は、「一般的には一次資料は少なく、特に築城時については編纂物に伝承として記録された記事が多い」とされており、松山城の普請や作事、破損に関する文書、記録及び編纂物計 20 点が紹介されている(表 1-1)。

松山市文化財課への聞き取り結果によると、1602 年の加藤嘉明による築城の起工以来、改修、再建、廃城等により、膨大な量の廃材(瓦、土壁等)や廃土が発生していると考えられるが、これらに関して触れられている文献史料は思い当たらないとのことであった。

表 1-1 松山城関連主要文献¹⁾

番号	文献名	編著者	概要	所蔵	所収
1	近藤・豊島家文書		松山藩士であった近藤家と豊島家に伝わる、松山城ほか藩の作事及び普請に関する文書群。	個人〔県歴博、坂雲〕	
2	近江水口加藤文書		水口藩及び加藤嘉明以降の加藤家歴代に関する文書群。松山城築城に関する内容が含まれる。	(写)東大史料編纂所	8
3	予州温泉郡橋加津山築城記(『松城要集』1巻の内)		初代城主加藤嘉明による築城の経緯の伝承。	(写)伊予史談会	
4	讃岐伊予土佐阿波探索書		寛永4年(1627)の幕府隠密による四国七城探査の記録。重臣の姓名・禄高・城郭・城下町の概要、藩政の得失などが記されている。また、探索時に各城下の絵図が作製されており、松山城については、表 10 の 1 の絵図が付属する。	甲賀市〔水口図書〕、(写)伊予史談会	3, 8
5	天守方黒門迄・諸櫓間数サマ数并東北門北屋舗サマ間数付		松山城の本丸、二之丸、三之丸の東御門・北御門、北の郭の建築をまとめた記録。建物・門・堀ごとにその名称を印、棟行・桁行・梁行・柱高・内法・扉幅などが記されている。天明以前の成立。	伊予史談会	7
6	御本壇諸御櫓并御土蔵間数		松山城の尾谷門から本壇まで及び揚木戸筋の建築がまとめられた記録。棟行・桁行などが記されている。	伊予史談会	
7	松山城地破損地図要領(『松城要集』27巻の内)		貞享2年(1685)の地震により被害があった石垣の修理伺いのため、幕府に差し出した絵図(表 11 の 1)について、文字部分を筆写したもの。	(写)伊予史談会	
8	南膽部州大日本南海道予陽郡郷俚諺集	奥平貞虎編 仙波某増補	宝永7年(1710)編纂、宝暦12年(1765)増補。伊予国の郡ごとの沿革、神社仏閣、城塞及び名所旧跡などが記された地誌。	(写)伊予史談会	6
9	松山俚人談	中山謙々子編	松山に関わる伝承をまとめたもので、6代藩主松平定喬までの記事が見えることから、江戸中期の成立と思われる。その冒頭に「城山之事」として、加藤嘉明の城下建設時の記事がある。	伊予史談会	
10	予陽松府秘記(『松城要集』1巻の内)		松山城ほか石手御花畑など藩の所有する施設や軍役などの数的情報が記された要覧。巻末に「寛政八年丙辰年鑑霜月下旬写之 飯嶋勝禮(花押)」とある。	(写)伊予史談会	
11	予州松山城内所々積秘書(『松城要集』26巻の内)		本丸、二之丸、三之丸、西之丸、北郭、石手御花畑などの広さとともに、主要な施設間の距離などが記されている。本文中に「享保九丙申年十月朔日池田角兵衛積り」とある。	(写)伊予史談会	

番号	文献名	編著者	概要	所蔵	所収
12	予松御代鑑	野沢象水ほか編	江戸後期の編纂物。久松家系1冊、久松家譜6冊、河野記1冊、予陽古鑑1冊、日光参詣今市警固記3冊、雑事2冊、城主之部1冊、古跡之部2冊、旧記之部1冊、非常之部1冊の19冊からなる。久松家譜には、松山城の普請や作事の記述があるほか、城主之部には、松山城の主要建築の名称や規模、各建築の距離を記した「亀郭城秘記」を収録している。	愛媛県立図書館、(写)伊予史談会	2, 3
13	東本家記(『伊予誌料雑集』21巻の内)		御用瓦師東本家の由緒書。松山城普請に関する事績が記される。	(写)伊予史談会	9
14	垂憲録	伊藤充之編	文政8年(1825)に作られた、松平氏歴代藩主の事績や逸話などの編纂物。	(写)伊予史談会	4
15	垂憲録拾遺	竹内信英編	前書の拾遺として天保6年(1835)以降に作られた編纂物。	(写)伊予史談会	4
16	松山御家中古今屋舗附		城下の各侍屋敷について、藩生時代からの居住者の変遷が記されている。文久2年(1862)に整理されたもので、明治4年(1871)まで書き入れがある。	松山市〔子規博〕	7
17	松山城警備の事(『野沢文書雑集』の内)	野沢隼太	軍学者による松山城の防備に関する意見書。亀郭城秘図と一式。	(写)伊予史談会	
18	松山叢談	秋山久敬ほか編	久松家、旧藩士家に伝わる文書類をもとに、歴代藩主の事績をまとめた編纂物。明治11年の成立。	(写)伊予史談会	1
19	松山城天守閣普請要録	西園寺源透編	嘉永5年(1852)の天守の再建工事を担当した大工棟梁田内久左衛門の史料を大正3年に採録したもの。田内が当時参考とした正保2年(1645)の天守の寸法図、図面も含まれる。	愛媛県立図書館	
20	嘉永年間松山城建替建物(『松城要集』23巻の内)	西園寺源透編	大正14年に採録又はまとめられた、嘉永年間の修理の際の建替建物とその木材などの目録。また、小天守の祈禱札の模写が描かれる。	伊予史談会	

※〔〕内は、保管場所名。県歴博…愛媛県歴史文化博物館、坂雲…松山市立坂の上の雲ミュージアム、水口図書…甲賀市水口図書館、子規博…松山市立子規記念博物館

(所収図書)

- 1 曾我 鍛編1973『松山叢談 第一～第四』豫陽叢書第四～七巻 臨川書店
- 2 伊予史談会編1983『予松御代鑑』伊予史談会双書8巻
- 3 伊予史談会編1985『西海巡見志・予陽塵芥集』伊予史談会双書11巻
- 4 伊予史談会編1986『垂憲録・垂憲録拾遺』伊予史談会双書12巻
- 5 伊予史談会編1986『却睡草・赤穂御預人始末』伊予史談会双書13巻
- 6 伊予史談会編1987『予陽郡郷俚諺集・伊予古蹟志』伊予史談会双書15巻
- 7 松山市史料集編集委員会編1986『松山市史料集 第3巻 近世編2』松山市役所
- 8 松山市史料集編集委員会編1987『松山市史料集 第2巻 近世編1』松山市役所
- 9 松山市史料集編集委員会編1988『松山市史料集 第13巻 年表・近世編8・近代編5』松山市役所

第2回 松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会

2) 土工及び災害等に関する記録

表1-2は松山城に関する出来事を整理した一覧である。このうち、大量の廃材や廃土を発生させるような出来事は、主なものだけでも、慶長年間（1602年～）の加藤嘉明による築城、寛永年間（1639年～）の本壇の大規模改修、嘉永年間（1848年～）の本壇の全面的再建、明治6年（1873年）の存城廃城令による廃城、昭和8年（1933年）の大天守を除く連立天守の消失、昭和20年（1945年）の空襲による天神櫓などの建造物の消失などが挙げられる。

また、災害に関する記録としては、地震による石垣・建造物の破損は散見されるが、降雨に伴う自然災害は、享和2年（1802年）の「雨のため、石垣1カ所崩れ、1カ所大破する」及び万延元年（1860年）の「大雨で松山城の北石垣が崩れる」の2例のみである。なお、万延元年の災害は、三輪田米山諸用日記（二）に「・・御城内ノ北石垣、側山も崩れ」と記されている（大本・胡(2024)²⁾。

表1-2 松山城に関する出来事¹⁾

元号	西暦	月	日	松山(城)に関する出来事	全国的な出来事	城主
慶長6	1601			加藤嘉明、勝山(味酒山)への築城許可を徳川家康から得る。		
慶長7	1602	1	15	嘉明、勝山築城を起工(普請奉行は足立重信)。同じ頃、石手川の改修、城下町の建設にも着手する。		
慶長8	1603	2	10	嘉明、正木の住民とともに居を新城下に移す。(以後、「松山」と呼称されたといわれる)	徳川家康、征夷大将軍となる。	加藤嘉明
寛永4	1627	2	10	嘉明、会津若松に移封となり、蒲生忠知が出羽上山から松山(24万石、うち4万石は近江日野)に移封される。		蒲生忠知
				この頃、二之丸を含む松山城の普請が一旦終了する。		
寛永11	1634	8		忠知、京都で急死。大洲藩主加藤泰興らに番となる。		(在番)
寛永12	1635	7	28	松平定行、伊勢桑名から松山(15万石)に移封される。	参勤交代制確立。	
寛永16	1639	3		三之丸に御用米蔵(長蔵)ができる。	ホルトガル人の来航禁止。	松平氏
		7	13	天守や櫓、石垣などの普請許可を幕府から得る。		①定行
寛永19	1642			天守等の普請(改築)が完成。五重天守が三重の黒腰付となる。		
慶安2	1649	2	5	大地震により、石垣20間、堀30間余り崩れる。		
寛文元	1661			三之丸に移馬場ができる。		②定頼
寛文3	1663	11	27	太鼓櫓の下、尾谷門より二之丸脇の渡り壁が25.6間崩れる。		③定長
貞享2	1685	12	4	地震により、城内25カ所、北郭3カ所破損する。	生類憐みの令発令。	
貞享4	1687	9	7	三之丸御殿ができる。		
元禄元	1688	6	7	真夜中に落雷があり、天守の西側が被害を受ける。		④定直
元禄6	1693	9	23	太宰府天満宮から本壇へ天神像を勧請する。		
元禄13	1700	5	9	櫓御門番所ができる。		
宝永元	1704			孕んだ石垣の築き直しを行う。		
享保14	1729			両御門櫓が黒塗りになる。		⑤定英
天明4	1784	1	1	雷火により、天守が焼失する。		
		6	29	天守再建の許可を幕府から得る。		⑨定国
享和2	1802			雨のため、石垣1カ所崩れ、1カ所大破する。		
文政3	1820	4	17	天守再建のため、大普請奉行などが任命される。		⑩定通
天保9	1838	10	14	本丸作事場が焼失する。		
天保12	1841	4	2	三之丸小普請所が焼失する。	天保の改革開始。	
嘉永元	1848	2	7	本壇再建の献初め式を行い、再建普請に着手する。常信寺や味酒神社、東雲神社などで建築成就の祈願を行う。		⑫定毅(のち勝善)
嘉永5	1852	12	20	本壇再建普請が完成する。		
安政元	1854	2	8	本壇再建普請の落成式典を開催する。	日米和親条約。	
		11	5	大地震により、松山城内、道後温泉の湧出止まる。		
万延元	1860	1	29	松山城内普請小屋が焼失する。	桜田門外の変。	⑬勝成
		4	8	大雨で松山城の北石垣側の山が崩れる。		
明治元	1868	1	27	松山藩の城地を土佐藩が受け取り、土地人民とも土佐藩預かりとなる(5月末まで)。	戊辰戦争。五箇条の御誓文。	⑭定昭
明治2	1869	8	4	三之丸跡に松山藩庁が開庁する。	遷都。版籍奉還。	
明治3	1870	閏10	25	三之丸跡の松山藩庁が焼失したため、藩庁を二之丸へ移す。		
明治4	1871	1		味酒及び三津口の徒刑場を廃し、囚徒を北郭に移す。	廃藩置県。	
		7	14	松山藩が廃止され、松山県となる。	日清修好条規。	
		8		三之丸跡が兵部省大阪鎮台第2分営の所管となる。	古器旧物保存法。	

元号	西暦	月	日	松山(城)に関する出来事	全国的な出来事	城主
明治5	1872	2	9	松山県、石川県に改称される。	田畑永代売買の解禁。国立銀行条例。学制公布。太陽暦採用。	
		2	19	二之丸跡の石川県庁が焼失し、県庁を大林寺へ移す。		
		5		大阪鎮台第2分営(高松)の分遣隊が三之丸に駐留する。		
明治6	1873	1	13	県庁を今治へ移転する。	徴兵令。地租改正条例。存城廃城令。	
		1	14	存城廃城令により廃城となり、大蔵省所管となる。		
		2	20	石川県と神川県が合併して愛媛県となり、県庁を松山へ移す。		
明治7	1874	2		本丸跡、松山公園(聚楽園)となる。	民選議員設立建白。	
明治8	1875	12		東郭跡に松山病院収養館ができる。	樺太千島交換条約。	
明治11	1878	4	10	天守で県内物産博覧会が開催される。		
		6		丸亀の歩兵第12聯隊の一部が三之丸に駐屯を開始する。		
明治17	1884	6	25	三之丸跡で歩兵第22聯隊の編成が開始される。	秩父事件。	
明治18	1885			二之丸跡に衛戍病院ができる。	天津条約。	
明治19	1886	9	19	陸軍省の所管となり、松山公園(聚楽園)は閉園。		
明治21	1888	12		歩兵第22聯隊の編成が完成する。	市制・町村制公布。	
明治23	1890	10		北郭跡に監獄避難所ができる。	府県制、郡制公布。	
明治28	1895	4		北郭跡に愛媛保護場ができる。	下関条約。	
大正9	1920	4		東郭跡に私立松山女学校ができる。		
大正10	1921	4		北郭跡の櫓が解体され、第六尋常小学校ができる。	ワシントン会議。	
大正12	1923	7		久松定謨、松山城の私下げを受け、管理費4万円とともに松山市に寄付する。	関東大震災。	
昭和8	1933	7	9	放火により、小天守など9棟の建造物が焼失する。	国際連盟脱退。	
昭和10	1935	5	13	国宝保存法に基づき、天守など35棟の建造物が国宝に指定される。		
昭和20	1945	7	26	空襲により、天神櫓など11棟の建造物が焼失する。	東京大空襲。	
		10	22	第二次世界大戦が終結し、進駐軍が三之丸跡の兵営で駐屯を開始する。	ポツダム宣言。	
		12		二之丸跡に国立松山病院ができる。		
昭和23	1948	5		三之丸跡にスポーツ施設建設が始まる。		
		9	3	本丸跡、三之丸跡及び山林が総合公園「城山公園」として告示される。		
昭和24	1949	2	27	放火により、筒井門など3棟の建造物が焼失する。	法隆寺壁画焼損。	
		6		内堀が埋め立てられる。		
		9	17	松山城山樹叢が県の天然記念物に指定される。		
昭和25	1950	8	29	文化財保護法に基づき、天守など21棟の建造物が重要文化財に指定される。	文化財保護法制定。	
昭和26	1951			二之丸跡に城東中学校ができる。	サンフランシスコ平和条約。	
昭和27	1952	3	29	松山城跡が国の史跡に指定される。		

城郭周辺で大量の廃材・廃土が想定される出来事

- 築城、増改築などによる土工
- 地震、大雨などの自然災害
- 火事、空襲などによる焼失

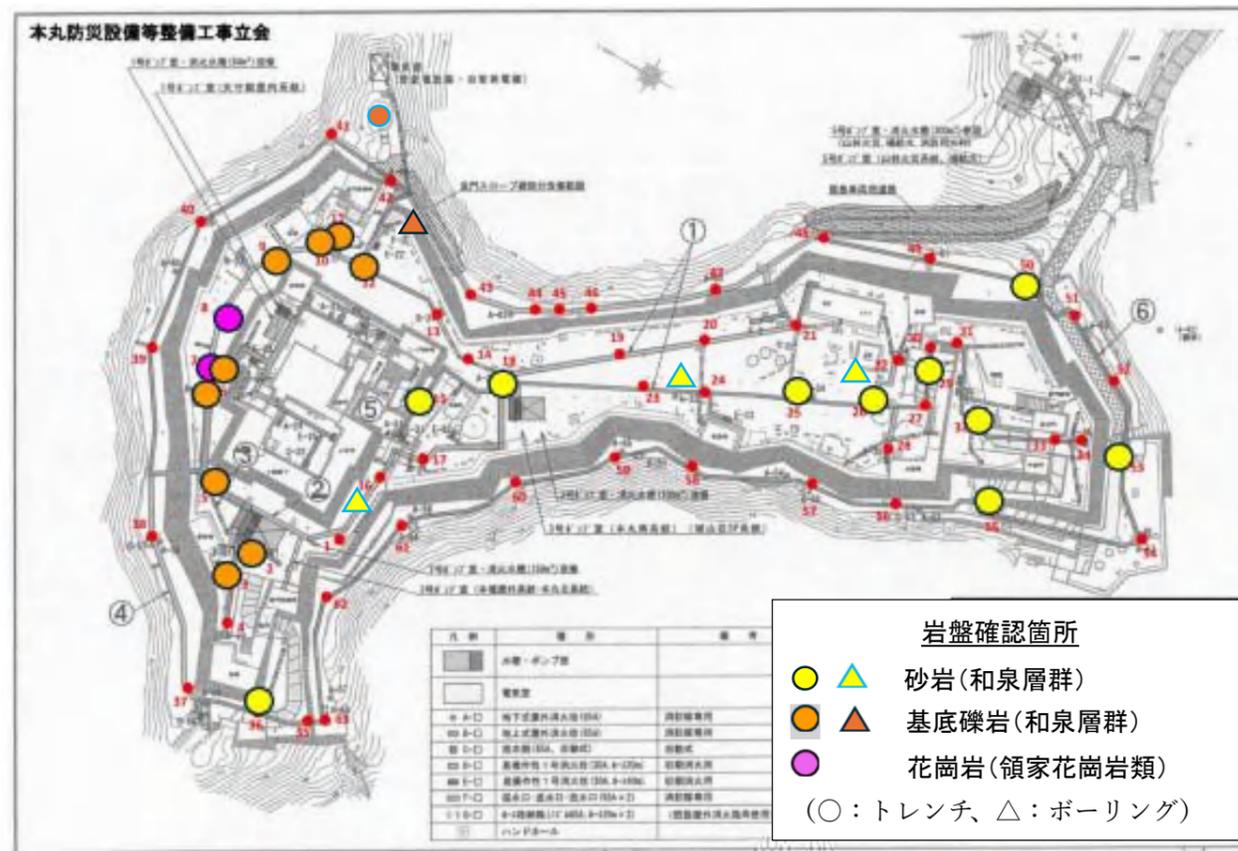
1) 松山市(2019): 史跡松山城跡保存活用計画。松山市ホームページ

2) 大本・胡(2024): 歴史資料から見た松山城周辺の土砂災害。第2回松山市城山斜面崩壊・緑町土砂災害調査速報

3) 遺構調査等のデータから推定される城郭周辺の地質

松山城の本丸は、元は南北二峰であった山頂を削平し、谷間を埋めて造成されたものとされている。本丸においては、平成13年度以降、史跡整備・災害復旧に伴う遺構確認調査等が多く実施されており、試掘調査及びボーリング調査によって多数の地点で地山の岩盤が確認されている(図1-1)。これによると、北側の本殿周囲の本丸は、ほとんどが和泉層群の基底礫岩(写真1-1)の分布域であることがわかる。したがって、松山城築城時あるいは改修・再建時には、この基底礫岩(一部、砂岩)を掘削・造成し、含まれる花崗岩円礫を城壁石垣の裏込め石や石組側溝などの構造物に利用し、基質の砂分(マサ土)を盛土材や整地層に利用したものと考えられる(写真1-2)。

また、掘削残土も多く発生したことが予想され、松山市文化財課への聞き取り調査によると、本丸周囲の通路や山腹斜面に大量の瓦等を含む地層が分布していることから、廃材・廃土の大部分は城山から運び出されることはなく、本丸地表面の嵩上げとして埋められたり、本丸周囲の山腹に廃棄されたりしたと考えるのが自然であるとのことである(写真1-3)。



*元図は、松山市(2015):松山城本丸防災設備等整備工事(消火設備)立会記録。

図1-1 遺構調査等において確認された地山岩盤の岩種とその分布



写真1-1 和泉層群基底礫岩の典型的な露頭(松山市道後姫塚)

大小の花崗岩円礫を多量に含む。



写真1-2 本丸広場(本殿北側)のトレンチ断面
花崗岩円礫の栗石。築城時の旧・本殿石垣とされる。

*松山市(2022):史跡松山城跡「4.本丸跡7・8次調査・本丸防災設備等整備事業に伴う工事立会」

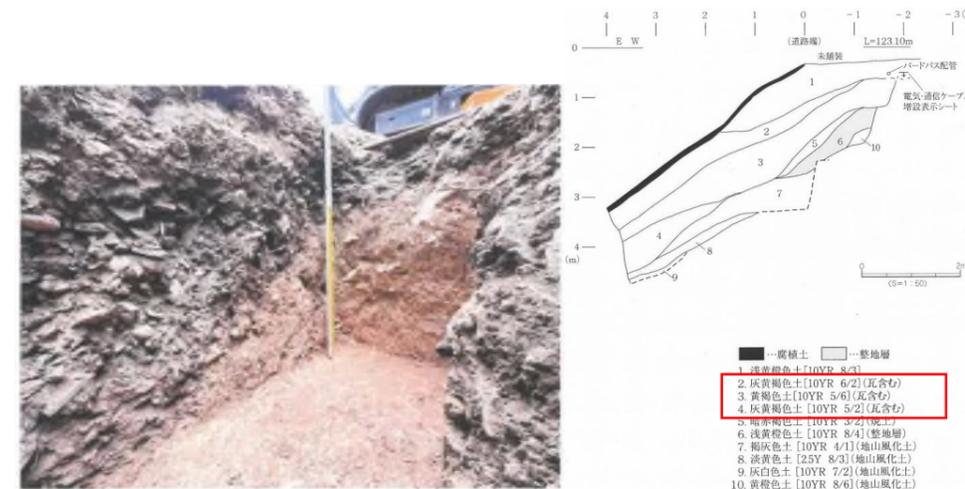


写真1-3 緊急車両用道路の斜面肩部のトレンチ断面

多量の瓦片を含む廃棄土に覆われる。

※公益財団法人松山市文化・スポーツ振興財団(2024):試掘調査報告(R5-178)より引用

基底礫岩:不整合関係にある地層において上位の地層の基底面にある礫岩。下位の地層を削剥した礫を含む。

2. 城郭周辺の既往調査資料の確認結果（トレンチ調査、ボーリング調査等）

崩壊素因として考えられる堆積物分布を明確にするため、既往調査成果の整理・分析を行った。その結果を以下に示す。

1) 参照した既往調査資料

城郭周辺の堆積物の分布について、下表の資料をもとに取りまとめた。黄色で着色した資料は、緊急車両用道路付近の情報が掲載されていたものである。

資料No. ①～④⑦にはトレンチ調査結果が掲載されている。

資料No. ⑤では、緊急車両用道路上で表面波探査が実施されており、得られたS波速度分布から埋土層厚がコンター図として推定されている。

資料No. ⑥では、緊急車両用道路下斜面上で、簡易動的コーン貫入試験が実施されている。

資料No. ⑧は、土砂災害発生後に実施されたボーリング調査結果の速報資料である。

No.	資料名		発行年月	作成者
①	史跡松山城跡 —史跡整備等に伴う遺構確認調査等総括報告書(平成13～29年度)—	※	2022年3月	松山市、松山市教育委員会、公益社団法人松山市文化・スポーツ振興財団埋蔵文化センター
②	埋蔵文化財の確認調査結果について（申請47号）	※	平成27年6月	【文化財課提供資料】 公益財団法人松山市文化・スポーツ振興財団
③	試掘調査報告（R5-178）	※	令和6年2月	【文化財課提供資料】
④	本丸防災設備整備工事立会関係資料	※	平成27年7月	【文化財課提供資料】松山市
⑤	令和4年度石垣耐震診断指針策定に係る敷地地盤調査報告書	*	令和4年12月	【文化庁提供資料】株式会社千代田コンサルタント
⑥	城山公園（丸之内）災害復旧工事に伴う関係機関説明資料作成業務委託 報告書	#	令和5年11月	【市街地整備課提供】松山市公園緑地課・株式会社愛媛建設コンサルタント
⑦	令和6年度松山城石垣付近地質調査業務委託 ※調査途中経過資料	@	令和6年8月	【市街地整備課提供】株式会社愛媛建設コンサルタント
⑧	史跡松山城跡樹木管理計画	※	令和5年10月	松山市

※ トレンチ調査

* ボーリング、弾性波探査、表面波探査、微動アレイ探査

簡易動的コーン貫入試験

@ ボーリング、クリノポール、踏査

2) 城郭周辺の堆積物分布について

① 城郭周辺の埋土分布について

資料No. ⑤では、城郭周辺で物理探査を行い、ボーリング調査結果を踏まえて、城郭周辺の埋土厚の分布を明らかにしている（図2.1）。図を見ると、天守南東側が最も厚く7m程度を示している他、緊急車両用道路沿いは1～3m、土砂流出斜面直上の本丸広場は0～1mである。なお、松山城の本丸は、元は南北二峰であった山頂を削平し、谷間を埋めて造成されたものとされているが、図からは赤丸部分が南北よりも埋土厚が厚くなっていることから、谷を埋めた造成を裏付けるものといえる。

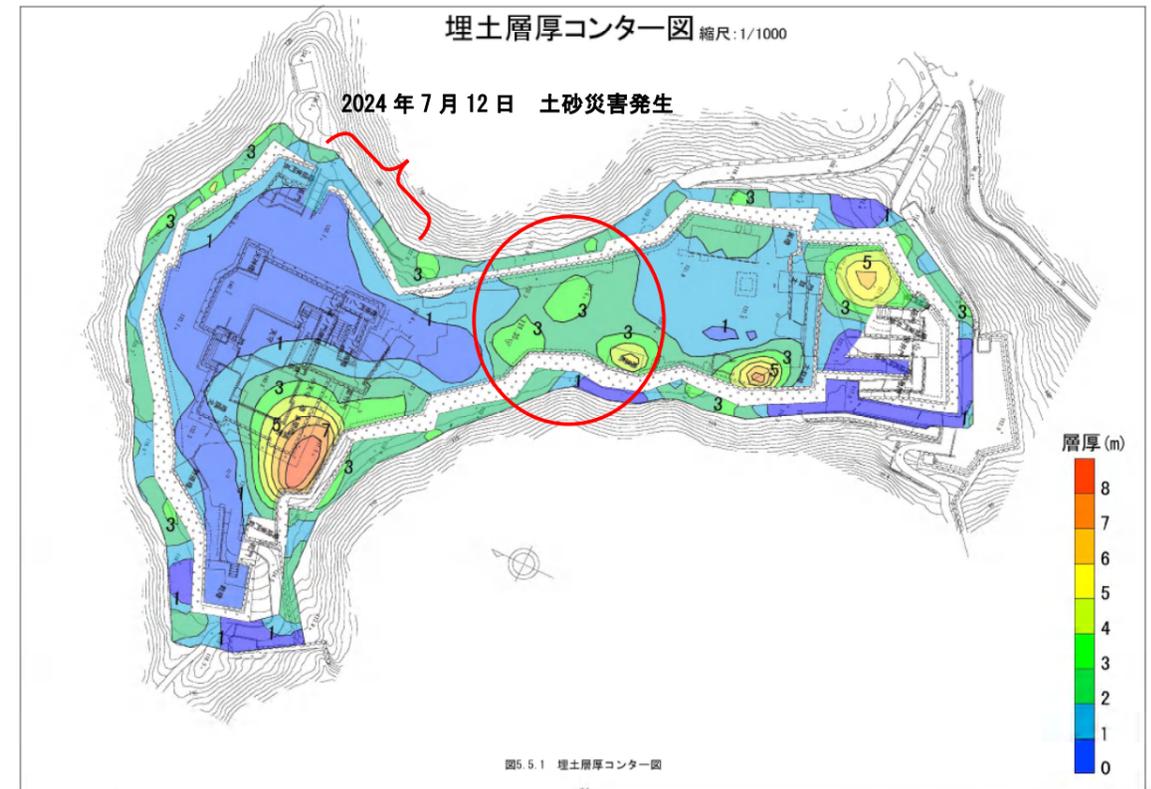


図2.1 既往調査における城郭周辺の埋土層厚の分布図

資料No. ⑤ 令和4年度石垣耐震診断指針策定に係る敷地地盤調査報告書より引用

② 緊急車両用道路沿いの埋土厚について

既往調査の緊急車両用道路沿いの物理探査結果について、その後実施されたボーリング調査やトレンチ調査を踏まえた精査を行い、緊急車両用道路沿いの埋土厚について考察した。

表2.1には、P波速度区分と地層区分を資料No. ⑤より引用した。これによると、埋土と地山の境界となるP波速度値は0.6m/sとされている。表2.2には、ボーリングコアを用いた岩石試験結果を引用した。岩石試験の結果、S波速度はP波速度の1/2程度となっている。

図2.2には、表面波探査結果と弾性波探査結果比較図を引用加筆した。同図には、ボーリング結果も重ねて掲載されており、ボーリング地点においては、着岩深度とP波速度0.6km/s線の深度、S波速度0.3km/s線の深度が調和的であることが分かる。

表2.1 P波速度区分と地層区分

表4.4.2 弾性波速度区分と地層区分	
弾性波速度区分	地層区分
0.6km/s以下	埋土
0.6～1.4km/s	強風化部
1.4km/s以上	風化部

表2.2 岩石試験結果

表4.3.2 岩石試験結果					
孔名	深度(m)	単位体積重量 g/cm ³	一軸圧縮強度 MN/m ²	P波速度 km/sec	S波速度 km/sec
BorNo.1	12.4～12.5	2.51	36.00	3.95	2.22
BorNo.2	11.1～11.2	2.55	96.80	3.75	2.21

いずれも資料No. ⑤ 令和4年度石垣耐震診断指針策定に係る敷地地盤調査報告書より引用

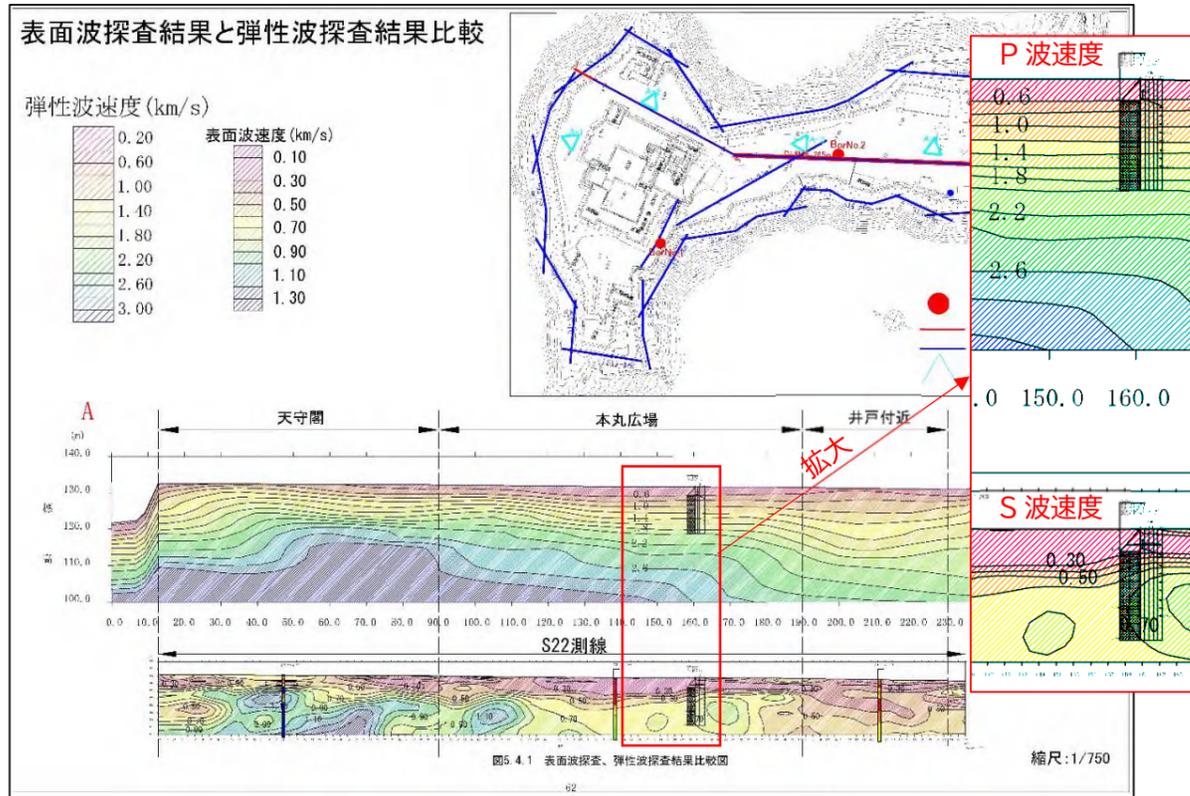


図 2.2 表面波探査結果と弾性波探査結果比較図

資料 No. ⑤ 令和4年度石垣耐震診断指針策定に係る敷地地盤調査報告書より引用加筆

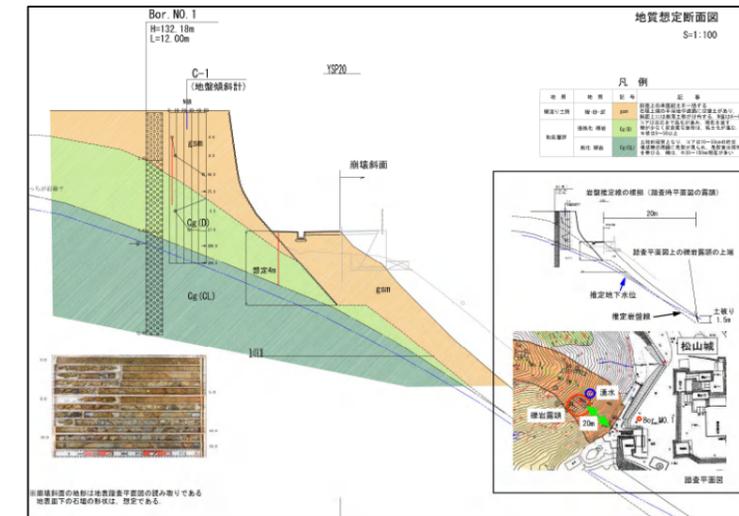


図 2.4 : Bor. No. 1 地質想定断面図

資料 No. ⑦ 令和6年度松山城石垣付近地質調査業務委託※調査途中経過資料より引用

図 2.3 に、S 波速度と N 値の関係図を示す。S 波速度が 0.3km/s の場合、N 値は 50 近くの値となることが読み取れる。既往のボーリング結果でも地山は N 値 50 程度以上となっており、本調査地では、S 波速度 300m/s 以上を地山に相当すると言える。

以上のことから、ここでは、S 波速度 0.3km/s を地山上面と仮定し、考察を進める。

次頁に示す図 2.5 の上図に、資料⑥より引用した埋土層厚コンター図に前出のトレンチ調査およびボーリング調査位置を重ねた図を示し、図 2.5 の下図に、表面波探査重ね合わせ図を縦に拡大し、トレンチ調査およびボーリング調査結果を重ねた図を示す。

図 2.5 下図では、トレンチ結果を踏まえ、瓦片を含む捨土を黄色、整地層をピンク、地山を水色で表示した。また、地点名は最深部に確認された土層を同様の色分けで着色した。

S 波速度 0.3km/s 相当の位置を、推定される地山上面として青太線で示した。地山が確認された 6 地点の内 3 地点で調和的である。調和的でなかった地点については、以下のような理由が考えられる。

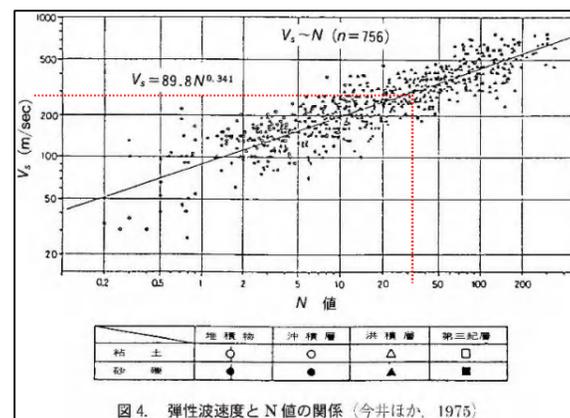


図 2.3 S 波速度と N 値の関係

『物理探査ハンドブック増補改訂版 2016』より引用加筆

T1 地点・トレンチ 14 地点：トレンチ調査位置よりも山側に測線が通過していることから、地山が確認された深度よりも推定地山線が浅く現れた可能性がある。

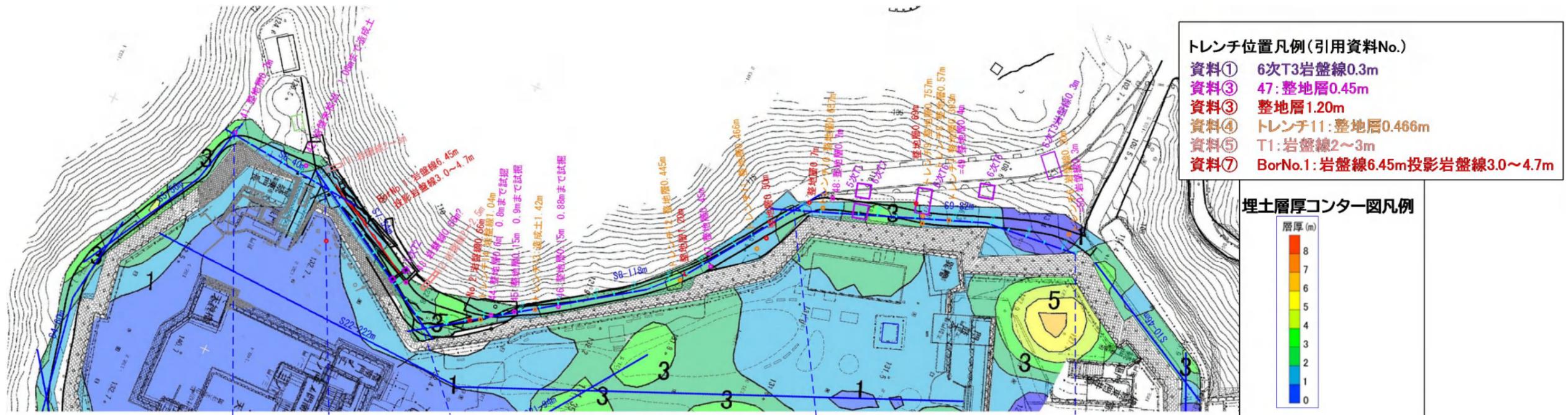
Bor. No. 1 地点：本丸広場でのボーリング結果を元に作成された地質想定断面図(図 2.4)から地山深度を抽出したものである。可能性として、緊急車両用道路直下では、地質想定断面図よりも地山は浅い可能性がある。

以上より、緊急車両用道路沿いでは、捨土や整地層から構成される埋土厚さは、既往の表面波探査により S 波速度 0.3km/s 線で概ね推定でき、平均厚さ 3m 程度で分布すると考える。

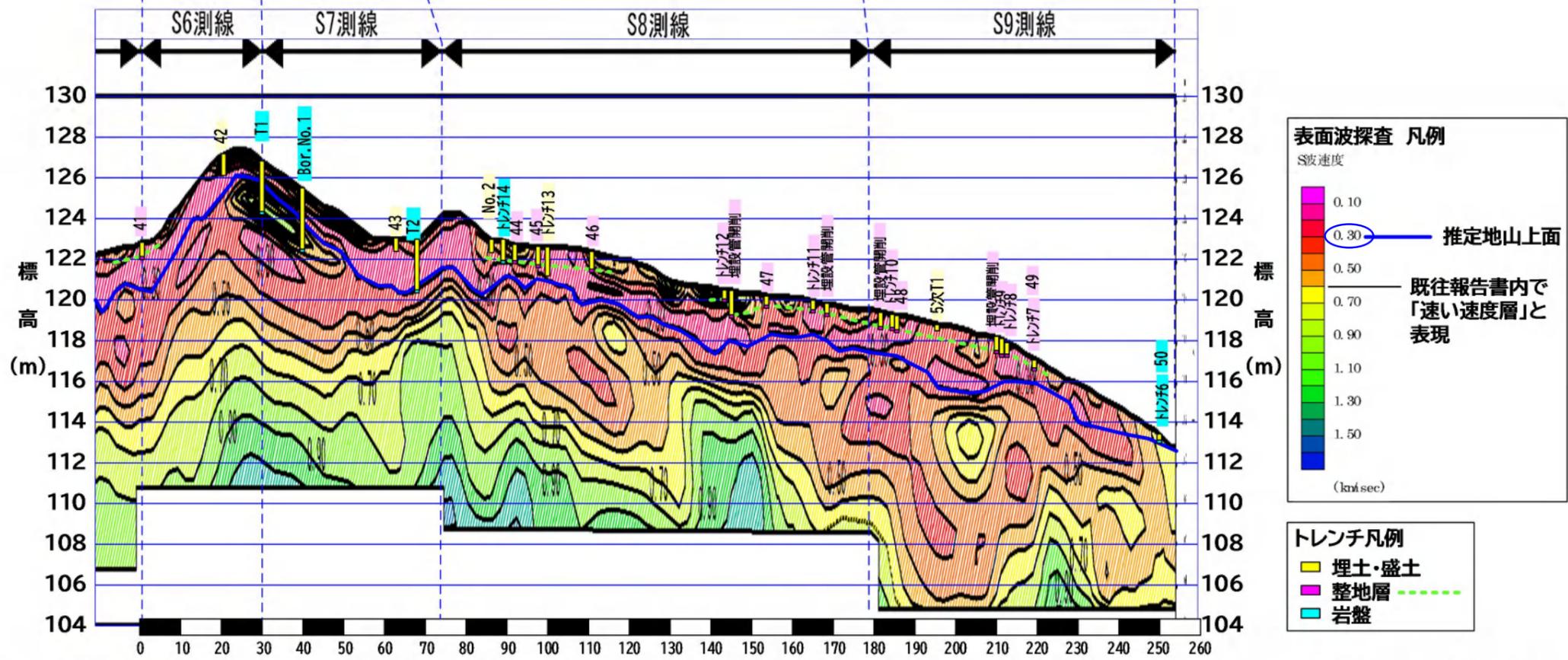
3. 城郭周辺の堆積物分布について

古文書や文化財調査記録を踏まえると、城郭周辺では歴史的に大量の廃材、廃土が発生し、周辺に投棄された可能性があることがわかる。既往のトレンチ調査でも、緊急車両用道路沿いでは瓦片を含む層が確認されており、それを裏付けるものである。別途行った現地調査(資料4)でも、土砂流出斜面周辺で瓦片が多数確認されていることから、この瓦片等を含む江戸期～戦後に発生した多量の廃材を含む廃土(捨土)が堆積物として、土砂流出斜面周辺に分布していた可能性が高い。

なお、この捨土の構成・分布については、文化財の観点でのトレンチ調査が唯一の情報源である。この限られた情報を今後精査し、聞き取り調査も踏まえ、その実態の出来る限り詳細を明らかにする必要がある。



資料⑥: 令和4年度石垣耐震診断指針策定に係る敷地地盤調査報告書【図 5.5.1埋土層厚コンター図】抜粋にトレンチ結果を加筆



資料⑥: 令和4年度石垣耐震診断指針策定に係る敷地地盤調査報告書【図 5.3.1表面波探査結果 重ね合わせ図】抜粋にトレンチ結果、推定地山上面、整地層上面推定線を加筆

図 2.5 既往調査資料より考察した捨土-整地層-地山境界推定図

松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会

第 2 回委員会資料【松山市】

令和 6 年 9 月 2 日

< 目 次 >

4. 発生メカニズムの検討状況について

(6) 土砂流出斜面の考察【松山市】

1. 推定される水の流入経路・・・・・・・・・・・・・・・・・・1
2. 推定される被災原因と土砂災害の発生機構について・・・・・・・・3
3. 被災メカニズム検討方法に関する提案・・・・・・・・・・・・4

1. 推定される水の流入経路

今回の土砂流出は、比較的小さい降雨条件下で発生しており、単なる“雨水の浸透”だけでなく、他所から流れて斜面部に流入する水が引き金になった可能性が考えられる（第3回「松山市城山斜面崩壊・緑町土砂災害」調査速報会）。

そこで、地形を反映した表流水の流れを解析して、被災時の“水”の流入経路（移動経路）を推定した。

1) 解析方法

解析条件、方法は以下の通り。

- ・ **地形条件**：被災前の地形を反映した 0.5mDEM データ
- ・ **降水量条件**：アメダス気象観測所「松山」の 2024/7/10 0:00～2024/7/12 23:00 までの時間降水量
- ・ **地盤条件**：地表のみ（地下は考慮しない）、地表面粗度は均質（ $0.3m^{1/3} \cdot s$ ）と仮定
- ・ **解析ソフト**：HydroGeoSphere（Aquanty 社製）
地表流は Diffusion Wave 法により計算

2) 解析結果

解析結果は以下のようにまとめられる。

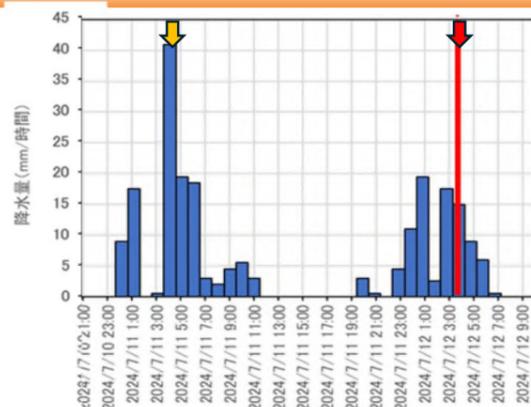
- ・ 水深・流速とも第一波（7/10 23 時～7/11 11 時）よりも第二波（7/11 20 時～7/12 7 時）の方が大きい。
- ・ 表流水は本壇⇒本丸広場⇒緊急車両用道路⇒斜面・谷地形の経路を示し、表流水流路の確認結果（資料4・4章）とおおむね一致する。
- ・ A 箇所源頭部の流れは水深・流速とも大きくなく、隣接する B 箇所や谷地形 C、谷地形 D から流れが卓越する。
- ・ 谷地形 D で水深・流速がやや大きい傾向にあり、流れが合流する地点（谷地形 D 流下区域）で流速が最大となる。

3) 考察

数値解析からすると、**A 箇所源頭部への表流水の流入は少なく、B 箇所、谷地形 C、谷地形 D 流下区域への水の流入が多かったと推察される。**

なお、本解析は、被災前の地形条件下での水の移動経路（表流水が流れやすい場所）を推測するために実施したもので、限定された条件下（地表面粗度は均質、地下浸透はしない）で解析を行っている。

したがって、地形条件による相対的な“表流水の集まりやすさ”は示唆しているが、必ずしも土砂流出発生時の水深・流速を再現しているわけではない点に留意が必要である。



降水量（アメダス「松山」）



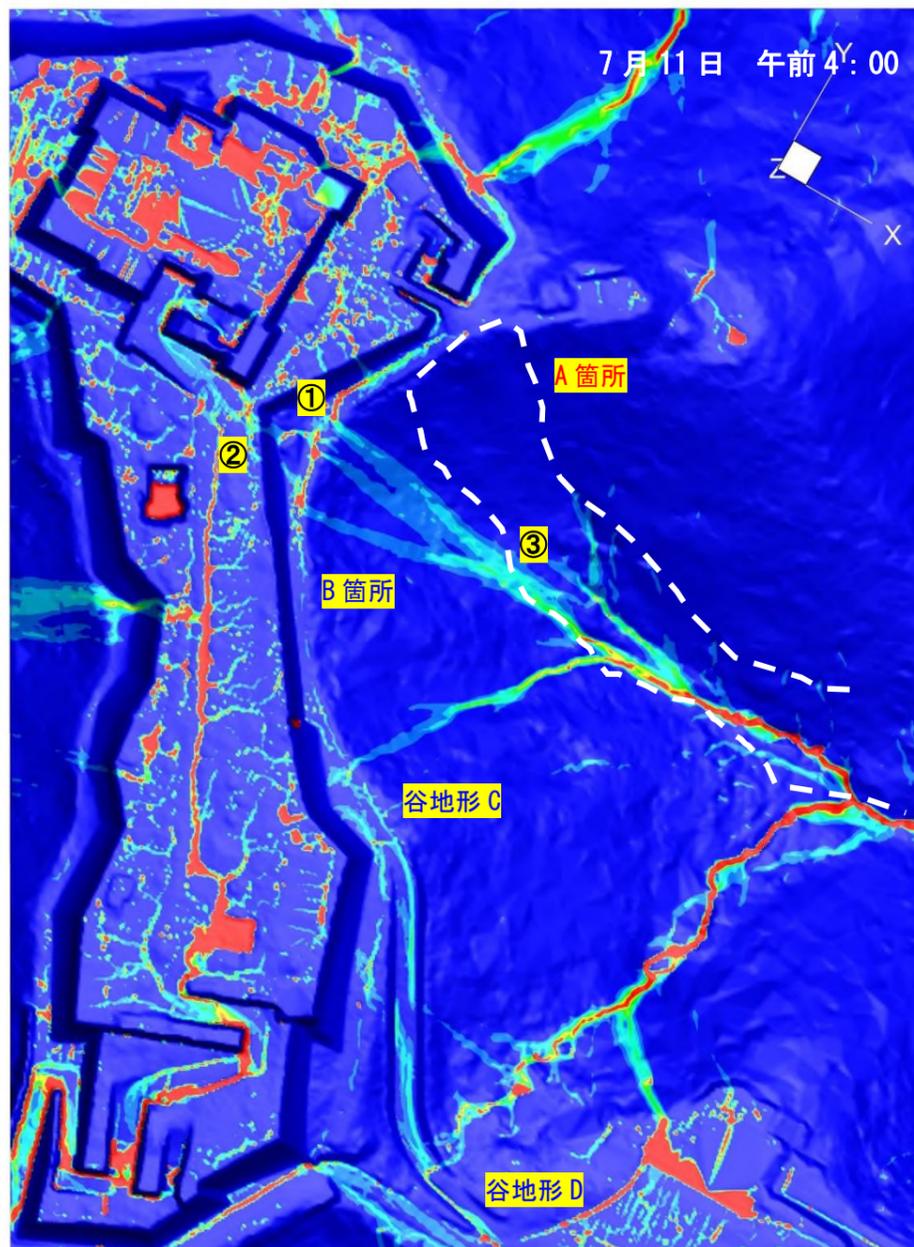
写真① 7/15 撮影動画（愛媛県提供）より引用
石垣天端より表流水が確認される



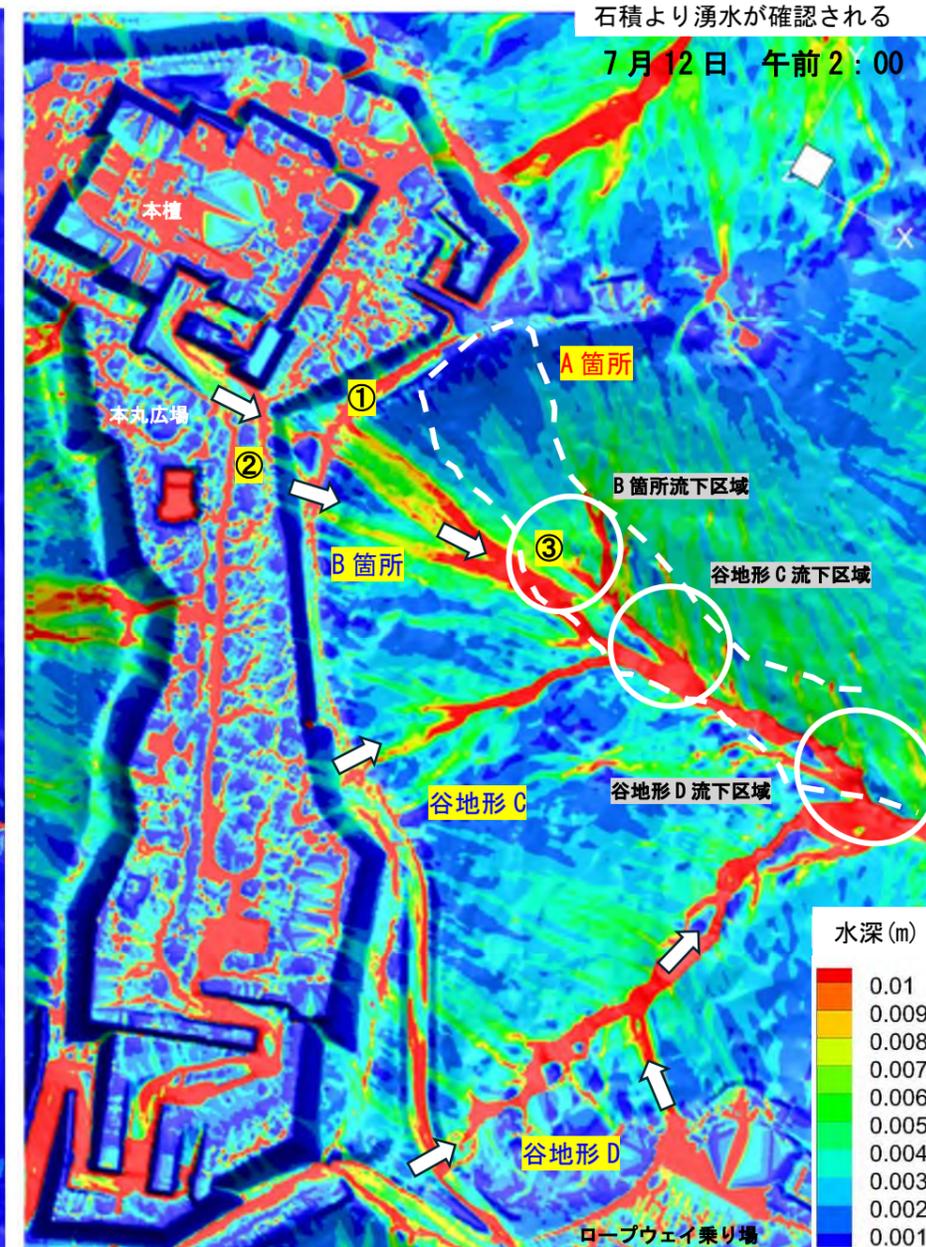
写真② 7/15 撮影動画（愛媛県提供）より引用
屈曲箇所より表流水が確認される



写真③ 7/12 ドローン撮影動画（愛媛県提供）より引用
石積より湧水が確認される



7月11日 午前4:00の表流水水深分布

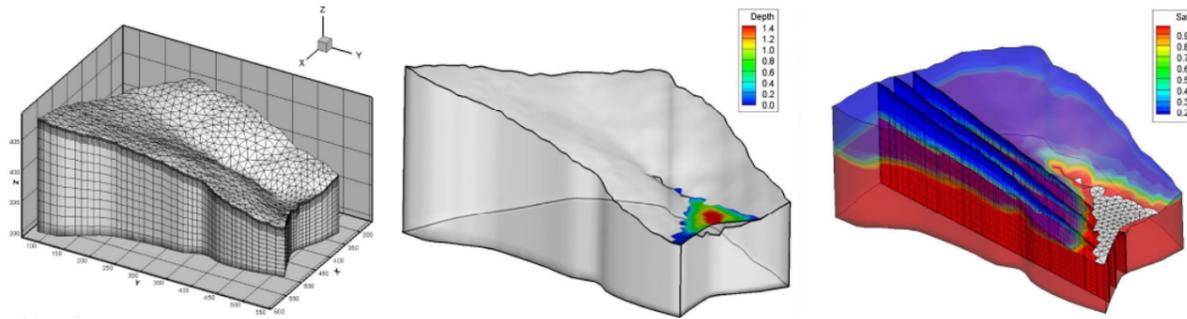


7月12日 午前2:00の表流水水深分布

図1-1 表流水の解析結果（水深分布）

【補足説明：解析方法について】

使用した解析ソフトは、カナダ Aquanty 社の統合型流域モデリングのための解析プログラムで、“有限要素モデル” (2D メッシュや 3D モデル) により、地表水や地下水の各種解析を行うソフトとなっている。



※Aquanty 社 HP より引用 <https://www.aquanty.com/hydrogeosphere>

図 1-2 HydroGeoSphere の解析例：3D モデル（左）、地表水深（中）および地下を含む飽和度分布（右）

今回の解析では、被災前の地形として、2016 年（平成 28 年）の航空レーザ測量に基づく 0.5m メッシュ DEM データをもとに解析モデルを構築した。なお、表流水のみを対象とした解析として、地下浸透（地下構造）は考慮しないものとし、地表面の粗度係数は一律、 $0.3\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ と仮定して解析を行った。

※ “階段状に宅地造成を行った丘陵地帯” ($0.05\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$) (≒本壇、本丸広場) と “林相のかなり良い山地地帯” (平均で $0.6\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$) (≒周辺斜面) を単純平均し、 $0.3\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ と仮定。

表 1-1 粗度係数について

流域の状態	等価粗度 N ($\text{m}^{-1/3} \times \text{s}$)
階段状に宅地造成を行った丘陵地帯	0.05
流域の一部 (15%) に宅地造成が行われた丘陵地帯	0.1 ~ 0.2
階段状田畑主体流域	0.2 ~ 0.4
上流山地、中下流に市街地を含む階段状田畑主体流域	0.3 ~ 0.5
林相のかなり良い山地流域	0.4 ~ 0.8
上流丘陵地50%、中流市街地20%、下流低平地水田30%の流域	0.6 ~ 1.1
配水改良の行われていない水田地帯	1 ~ 3

※ 改定新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説（山海堂、1997）より引用

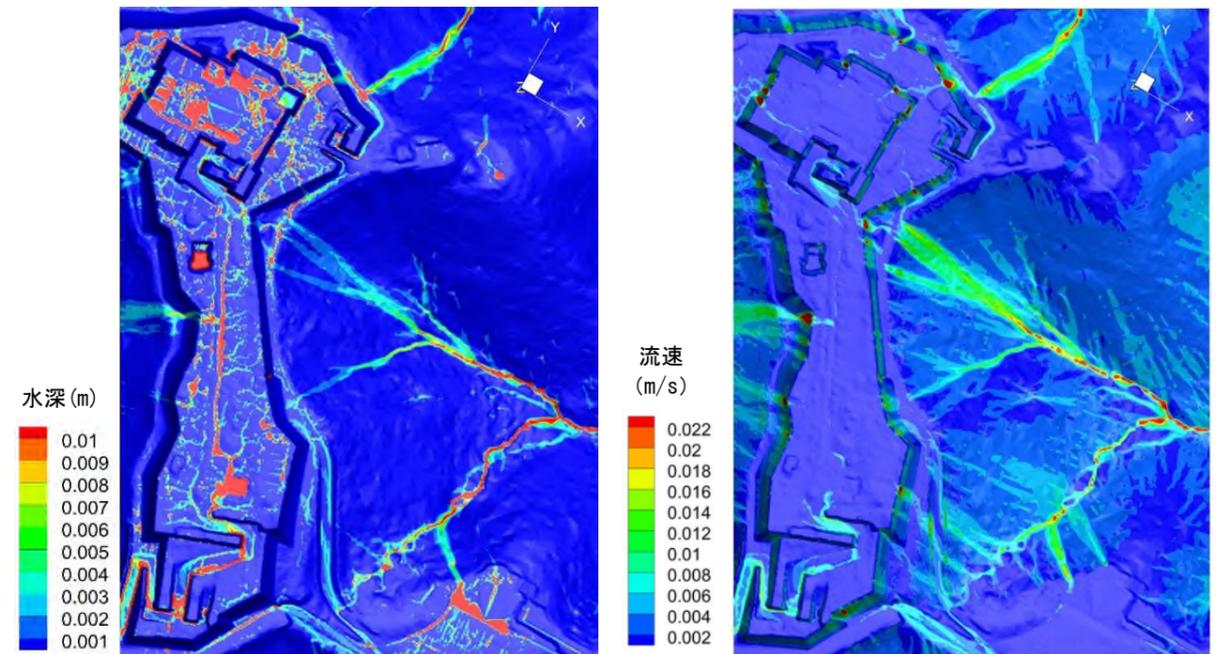
また、地表水は“降雨流出氾濫 (RRI) モデル” (国立研究開発法人土木研究所 水災害研究グループ) でも適用されている “Diffusion Wave 法” (拡散波近似法) により計算を行っている。



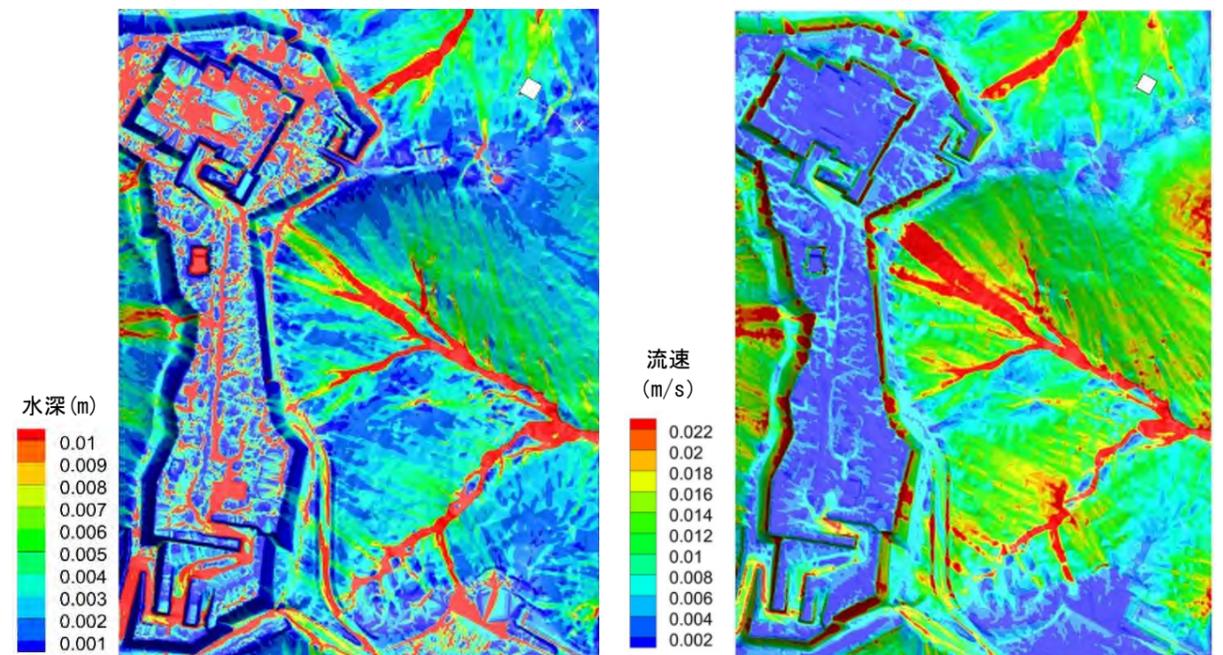
※土木研究所 HP より引用 https://www.pwri.go.jp/jpn/results/2016/tokyosc/pdf/SC2016_tokyo09.pdf

図 1-3 降雨流出氾濫 (RRI) モデルの概要

【参考：2つのケースによる表流水の水深・流速】



7月11日 午前4:00の表流水の水深分布（左）と流速分布（右）



7月12日 午前2:00の表流水の水深分布（左）と流速分布（右）

図 1-4 表流水の解析結果（水深分布・流速分布）

2. 推定される被災原因と土砂災害の発生機構について

1) 推定される被災原因について

- ・当該災害時の降雨（7月11～12日の雨量）は、資料3で示されたように、大きな降雨ではなく、下図に示すように過去の経験済の降雨である。
- ・また、松山市近傍の他地区の災害発生時降雨時にも災害は発生していない（図1-1）。
- ・ただし、資料6で示したように令和6年6月の総降雨量は、過去2位の降雨であった。
- ・今回の災害は、「7月11～12日の降雨」に加えて、「6月の1か月累積降水量が歴代2位」だったことや「降雨以外の地表水・浸透水の流入」が発生原因の一つであった可能性がある。

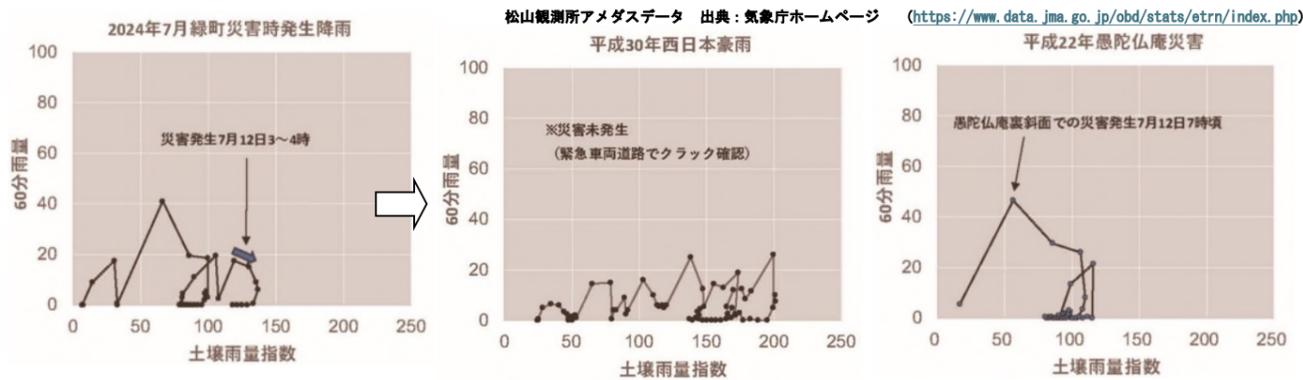


図 2-1 被災時降雨と過去の災害時降雨の比較（被災時降雨は過去にも経験している）



写真 2-1 7月12日撮影のドローン動画（愛媛県撮影）より引用（資料4より抜粋・再掲）

2) 推定される土砂災害の発生機構について

当該地の災害発生の素因と誘因について、現段階の情報において想定される可能性を示す。今後、素因と誘因について調査と検討を行い、対策方針に反映する。

【災害発生の素因：今後検討を実施する内容】

災害発生の素因	斜面不安定化の要因	原因
せん断抵抗力の低下	地盤材料の強度低下（風化・変形）	経年変化による強度低下の可能性。
	斜面の侵食	過去の降雨や表流水により、斜面の侵食がすすんでおり、表層が不安定化していた可能性。
せん断応力の増加	荷重増加	H29の道路擁壁施工による荷重増加。
斜面内に築城以降の捨土が分布	軟質な捨土の分布	被災前は最大厚3～4m程度覆っていた（レーザー測量差分+現地簡易貫入試験結果）。 それらは瓦片などを含み、不均質で強度が低い。
林内の浸透能・排水機能の低下（植生）	植生の浸透能・排水機構の低下に起因する表面侵食や斜面崩壊の危害	史跡松山城跡樹木管理計画*では、城山の土砂流出及び山地崩壊防止機能などの低下に対する対応の必要性が指摘されている。 もともと城山の時間あたりの浸透能（森林土壌が地表にある水分を吸収・浸透させる量）は、平均80mm前後、未整備地では40mm前後（森林の整備率は「不可」の評価）であり、表面流が発生しやすい。また林内の浸透能や排水機能が低下し、小崩壊跡や表面侵食の痕跡が各所に認められていると指摘あり。

*松山市ほか（2023）：史跡松山城跡樹木管理計画、松山市ホームページ

【災害発生の誘因：今後検討を実施する内容】

災害発生の誘因	斜面不安定化の要因	原因
せん断応力の増加	荷重増加	降雨による浸透水・地表水・地下水の流入による飽和に伴う土砂荷重増加の可能性。
せん断抵抗力の低下	降雨による浸透水・地表水・地下水の流入、通水・排水障害による間隙水圧上昇	・降雨：7月11日～12日の降雨は、被災時には20mm弱/時間程度であったが、7月12日午前3時には土壌雨量指数113に達していた。 ・また6月の1か月降水量は歴代2位（20年間）であった。 ・地表水（地下水）の流入：本丸広場、緊急車両用道路や周辺斜面・谷地形からの流入水による可能性。

【被害拡大の原因】

- ・被災した流出土砂流量は、約6000 m³であった。しかし、当該斜面における土石流の基礎調査の運用マニュアルに準じた「侵食可能土砂量」は2000 m³程度と試算されており、被災時は、想定約3倍の土砂が流出した。このことが、被害拡大の原因の一つであったと想定される。
- ・実際の流出土砂量と「想定した侵食可能土砂量」の差が生じた原因は、土砂流出範囲に江戸時代以降の捨土が厚さ3m程度覆っていたことがあげられる。

3. 被災メカニズム検討方法に関する提案

1) 目的

- ・レーザープロファイラデータを用いた地形判読や地表踏査結果、被災時の動画から、当該斜面では複数回の土砂流出が発生している可能性があることが示された。また、表流水解析の結果、土砂流出した斜面では表流水の集中箇所が複数確認されたため、水の集中に伴い不安定化しやすい箇所が複数存在したことが推定できる。
- ・これらのことを踏まえ、被災メカニズムの検討方法として、被災斜面の安定度について簡易に試算する手法を提案する。

2) 検討の背景

- ・第3回「松山市城山斜面崩壊・緑町土砂災害」調査速報会」資料(図3-1)では、以下に示す直線斜面の安定計算を実施し、緊急車両用道路付近や上流域下部斜面では、「地表面から浸透する雨水以外の影響があれば、斜面が不安定化する」ことが示された。これは降雨+αの集中する箇所では斜面が不安定化しやすかったことを示している。
- ・そこで、まずこの手法と同様に“直線斜面の安定計算”を用いた手法を用いて、土砂流出の可能性のある各地点の安定性を検討することを提案する。

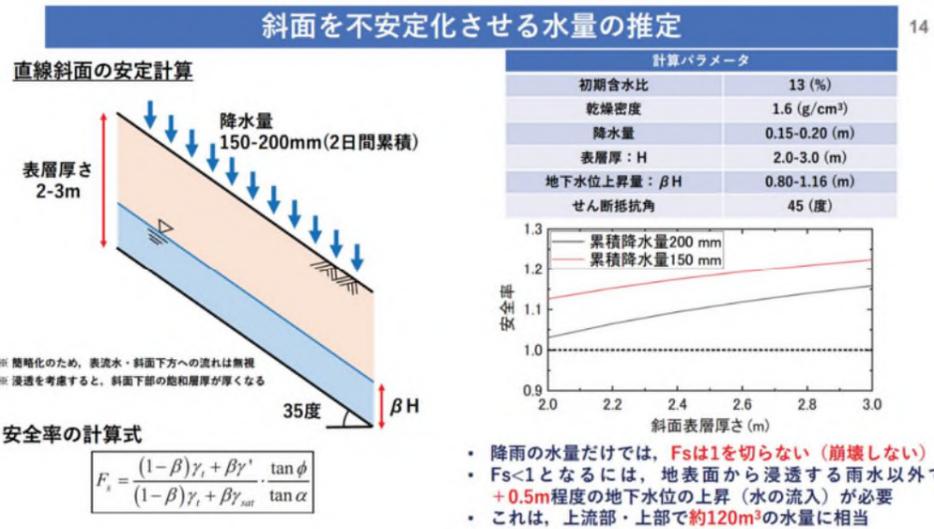
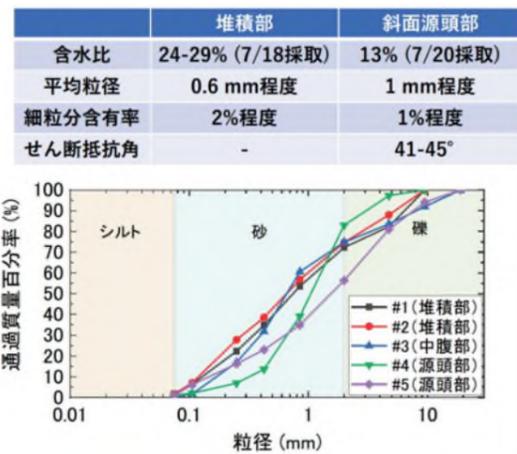
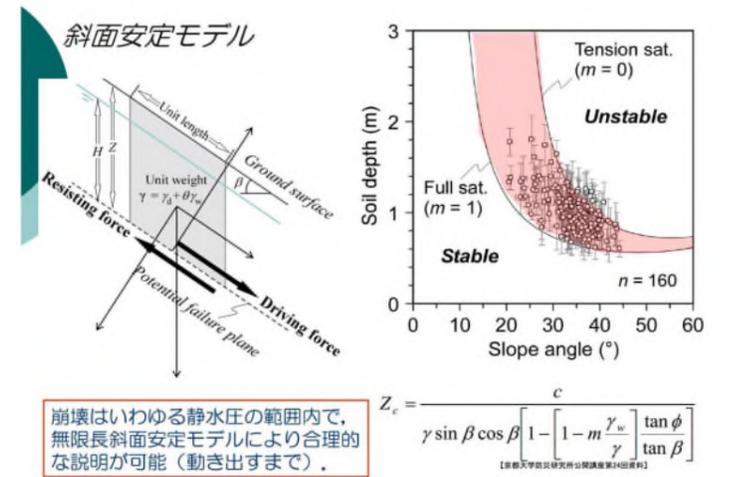


図3-1 第3回松山市城山斜面崩壊・緑町土砂災害調査速報会で示された直線斜面の安定解析により被災前斜面の水位上昇による安定性変化に関する発表内容(右上 崩壊物粒度分析 下直線斜面安定計算) 岡村・小野(2024)流動化した土砂の物理特性と流下経路の観察(仮)、第3回「松山市城山斜面崩壊・緑町土砂災害」調査速報会」資料

3) 検討方法の提案の一例

① 手順

- ・被災前のレーザープロファイラ地形データ(以下LP)から被災前の斜面勾配を取得する。
- ・被災後LPと被災前LPの差分データから、今回の土砂流出層深(不安定な土砂厚)を取得する。
- ・対象とする各地点の被災前の地形と不安定な土層厚データを右図に示す“直線斜面安定計算を用いた評価図”にプロットすることで、各地点における安定性を相対的に評価する。



② 対象とする箇所

- ・表流水解析で、地表水が流入する箇所;「B箇所流下区域」・「谷地形C流下区域」・「谷地形D流下区域」に加え、今回の土砂流出の頂部にあたる「A箇所源頭部」における斜面の安定度を簡易的に試算し、相対比較する(図3-3)。

図3-2 試算に用いる直線斜面の安定計算による安定度を試算する方法の概念 松四(2015)豪雨と崩壊:山地の斜面災害を知る,平成25年度第24回防災研究所公開講座資料より引用・加筆

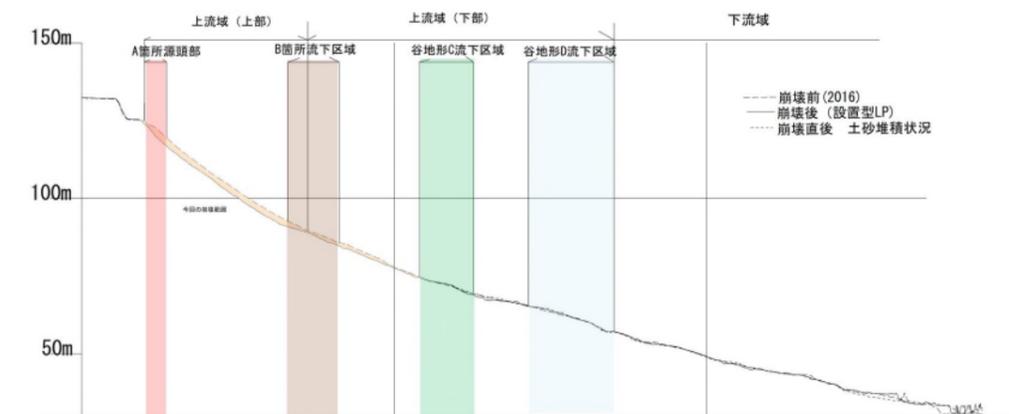
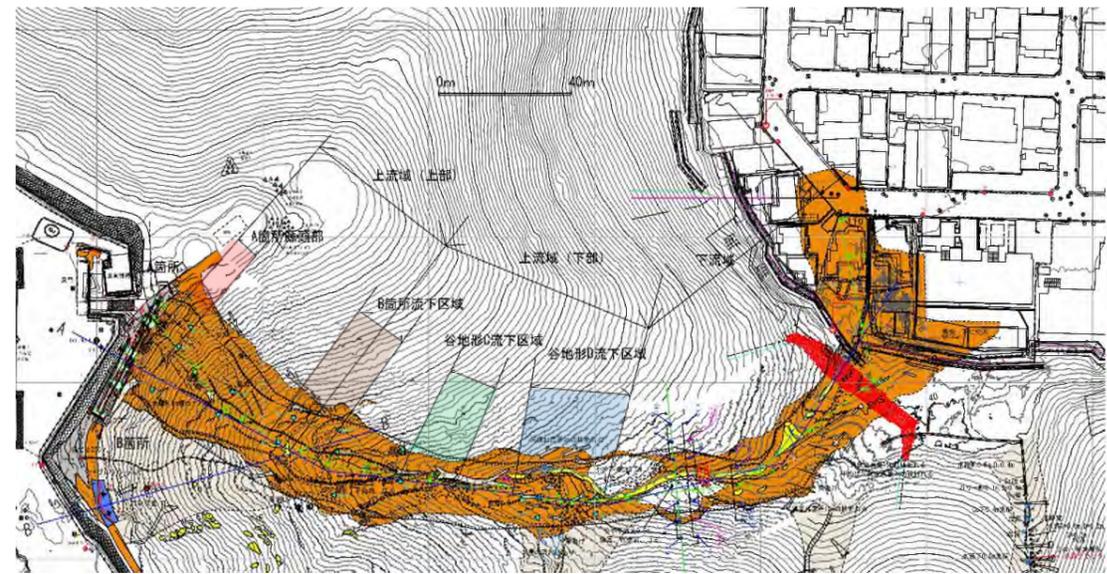


図3-3 直線斜面による簡易安定度比較に用いる対象斜面位置(表流水解析と地表踏査により抽出した安定度を試算する候補)

松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会
第2回委員会資料（愛媛県）

令和6年9月2日

目 次

5. 本復旧対策の方向性について

5.1 本復旧対策の方向性について【愛媛県】

P 2

5. 本復旧対策の方向性について

5.1 本復旧対策の方向性について【愛媛県】

- ・松山市が本復旧工事にて斜面对策を行うことを前提とし、愛媛県の急傾斜地崩壊防止施設の復旧を計画する。
 - ・本復旧対策は、市の斜面对策を踏まえ検討するが、基本的には現況施設と同等の機能を有した対策を行う。
- ただし、対策の検討に際しては、
現況施設の計画を行った時期と現在では構造物の考え方（設計方針）が異なるため、現在の基準となる「急傾斜地崩壊防止施設設計マニュアル」に準じ、計画を行う。
構造計算においても、現在の基準に準じた計算を行う。

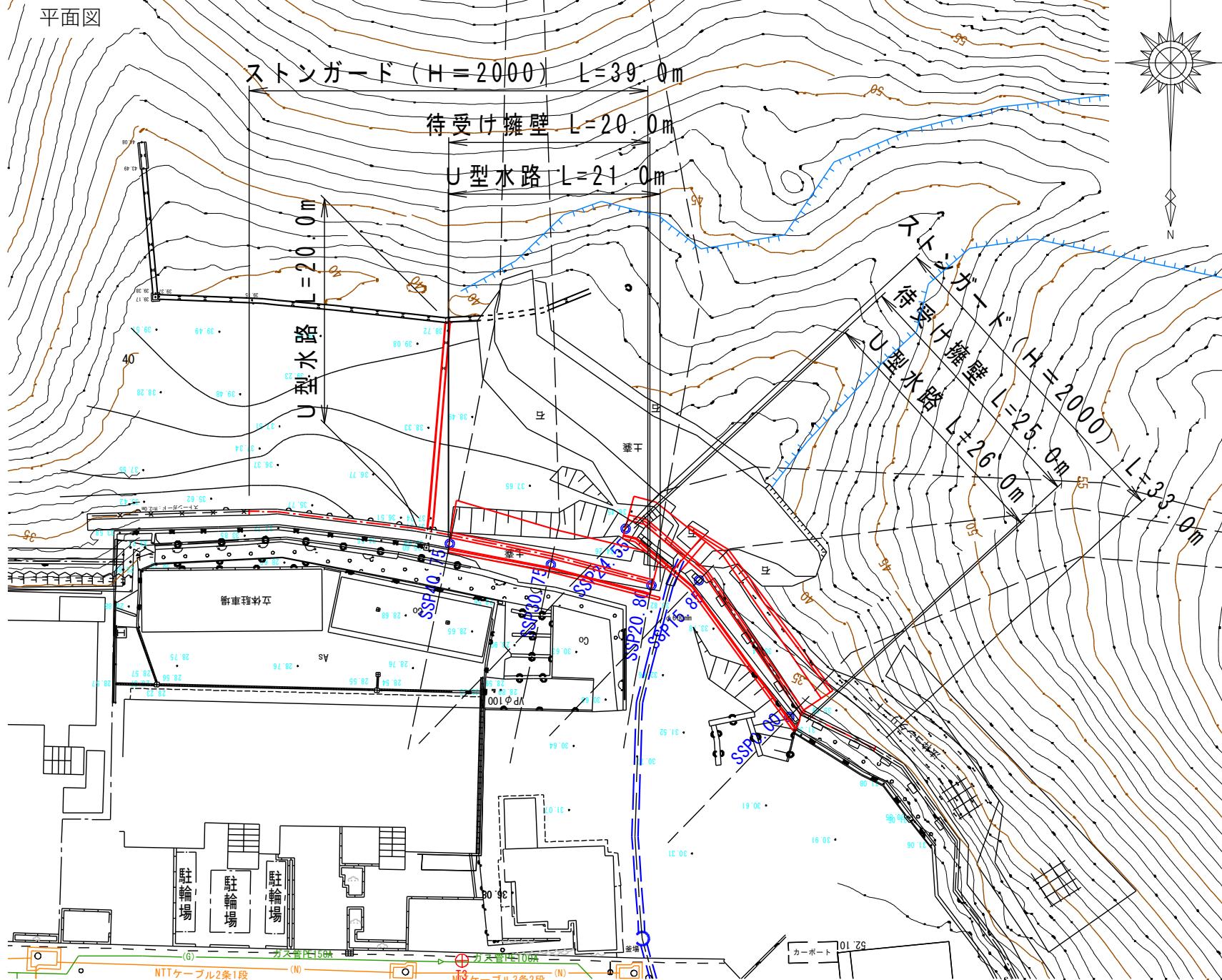


図 5-1 本復旧対策計画平面図

横断面図

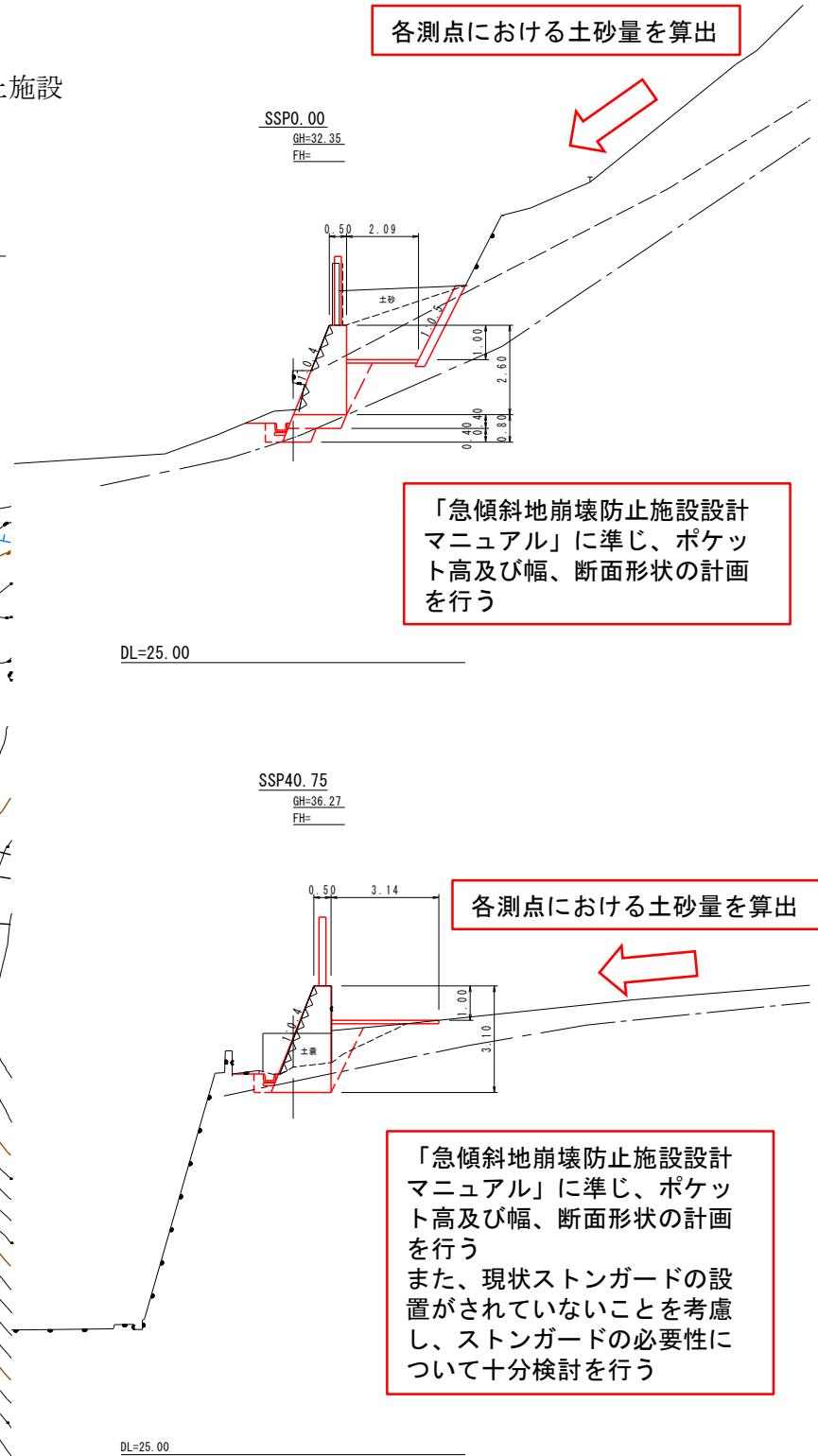


図 5-2 本復旧対策計画横断面図

松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会

第 2 回委員会資料【松山市】

令和 6 年 9 月 2 日

< 目 次 >

5. 本復旧対策の方向性について

本復旧対策の方向性について【松山市】

土砂流出発生斜面の恒久対策方針案について・・・・・・・・・・1

○土砂流出発生斜面の本復旧対策方針（案）について

図-1 に A 箇所および B 箇所から下方斜面の対策方針（案）を示す。
ただし、調査な調査が完了していないため、今後の調査結果によって方針が変更となる可能性がある。

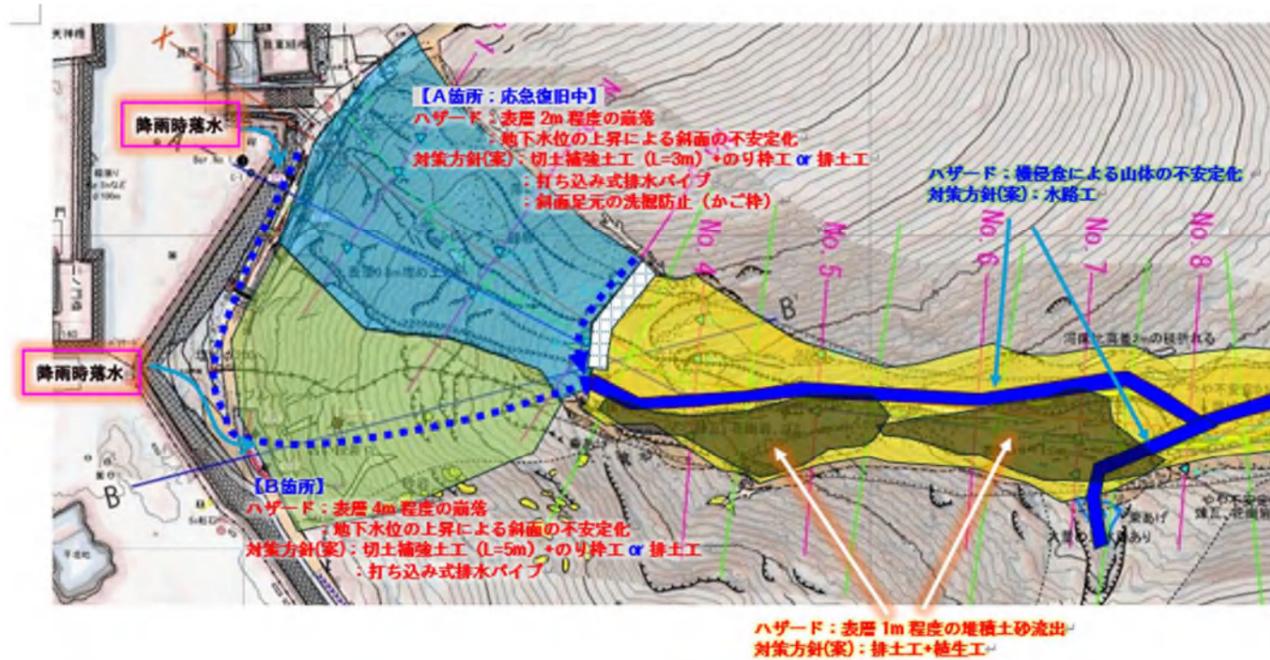


図-1 対策配置イメージ図

(1) 上部斜面の対策

既に裸地となっているA箇所と、緊急車両用道路沿いにクラック変状が認められている B 箇所が存在する。
対策方針としては大きく 2 つの方法が考えられ、排土工を主体とした対策工と切土補強土工やアンカー工などの抑止工を主体とした対策工である。

対策工法選定は、石垣の基礎部分の状況が不明確であるため、現段階では確実性より抑止工案が有利と判断するが、最終判断は今後の調査結果を整理のうえ実施する。

(2) 堆積土砂の対策

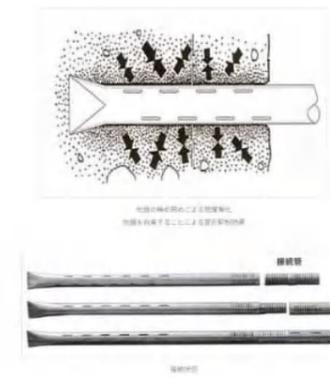
堆積土砂の流出や侵食による不安定化等に対し、堆積土砂の撤去と緑化工による土砂移動抑制を計画する。



山口県 HP「治山工事の主な工法より」<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/soshiki/107/23331.html>

(3) 地表水・地下水対策

被災地に集中する様々な地表水については、水路の整備ならびに他流路への分散も含めて検討を実施する。
地下水に関しては、地下水排除工（打ち込み式排水補強パイプ等）を取り入れ、特に湧水箇所付近には密に配置し、流末水路に接続させる方針とする。



岡三リビング株式会社 HP より引用 <https://www.okasanlivic.co.jp/material01/pdr.html>



鳥居化成株式会社 HP より引用
<https://www.toriik.co.jp/case/use/ground/uku-400-2-0>