

松山市土石流災害
発生原因調査報告書 Vol_5.2
～ 概要版 ～



平成6年12月10日
熱海土石流原因究明プロジェクトチーム

— 目 次 —

1. 発災箇所の概要	1
1－1. 発災箇所	2
1－2. 発災前後の状況	3
2. 原因究明	6
2－1. 原因究明方針	6
2－2. 無理な道路設計	7
2－3. 施工できない設計・偽りの現況地盤線	8
2－4. 重力式擁壁が地盤に与えた影響	10
3. 検証委員会資料の再検証	11
3－1. 発災原因の可能性	11
3－2－1～2. 水の流れ	12
3－3－1～2. 法面の安定性	14
3－4－1～2. 土質乗数	16
3－5－1～2. 重力式擁壁の変位	18
3－6－1～2. 擁壁と崩壊断面の位置関係	20

はじめに

松山城土砂災害の発生原因の究明を、インターネットに公表されている情報や開示請求により取得した情報、松山市緑町土砂災害対策技術検討委員会が公表した第3回目までの資料を基に検証を進めてきた。

技術検証委員会の検証結果と結果となっている。
主に異なる項目は、下記の通りで多岐にわたる。

- ・水の流れ
- ・設計、施工に関する検証
- ・緊急車両用通路・重力式擁壁が傾斜地に与えた影響
- ・法面の安定計算とそれに用いる土質乗数

技術検証委員会資料に誤りがあるのか、この報告書に誤りがあるのか、双方誤りがあるのかの3択だ。

仮に、技術検証委員会資料に大きな誤りがあり、結果として責任論につながる内容で、かつ行政側の責任を過小評価しているのであれば、少なくとも倫理的な責任は発生するものと認識している。

組織力もあり、財政的にも潤沢な行政側の立場の者が、災害で被害にあり生活再建で苦しんでいる被災者に対し、更に適切な補償を受ける権利を阻害している行為はあってはならない事だと思う。

1. 発災箇所の概要

1. 1 発災箇所



図 1：国土地理院地図



写真 1：国土地理院航空写真

1－2．発災前後の状況

工事では7月1日から7月2日にかけて降雨により擁壁の変状が一気に促進。
変状した重力式擁壁の撤去



写真2：R6.07.04



写真3：R6.07.09

変状した重力式擁壁の撤去、道路側溝内に砕石充填



写真4：R6.07.10

令和6年7月12日 土砂災害発災。重力式擁壁自体の滑落は無いが、一部コンクリートの破片や割り栗石等は土砂の一部として崩落



写真5：R6.07.12

崩落は擁壁背面土砂掘削の緊急車両用通路側から発生している。
電線管、送水管は防護されていた為、滑落には至っていないが大きく変位している。



写真 6 : R6.07.17



写真 7 : R6.07.25

※令和 6 年 9 月 10 日部分公開決定通知（6 松（市政）第 962 号）により受領。

2. 原因究明

2-1. 原因究明方針

今回の土砂災害発生は緊急車両用通路の築造に始まっている。

公共工事として設置された通路で、**設計基準に準じて正しく設計が行われていたか否か。更に工事が仕様書通りに行われていたか。上記2点について慎重に調査を行う事が原因究明のスタートライン**となると認識している。

例えば、アスファルト舗装の公道を、雨の日にモータースポーツのレーサーが高性能スポーツカーを運転し制限時速 60km のところ時速 100km で走行中事故を起こしたと仮定する。この時着目するのは、**道路交通法に違反して、制限時速 60km の道路を時速 100km で走行した事が争点**になるだろう。

事故を起こした車はスポーツタイプで時速 100km の走行に耐えうる性能を持ち合わせていた事とプロのドライバーが運転していた為、速度超過の影響は少ないと思われる。アスファルト舗装が何らかの影響で進行性破断を起こした可能性がある。この発生原因はメカニズムが非常に複雑で多角的に調査を進める必要があり、調査の結果、道路の路盤内には江戸時代の瓦の破片が骨材として混入していた事を確認した。今後この瓦が路面にどのような影響を与えたのか検証を進める。

極端な例えになってしまったが、技術検証委員会が行っている検証は疑問点が多に多い。

- ・設計図書についての検証がほぼ無い。
- ・施工計画を始め施工に関する検証も見当たらない。
- ・維持管理、擁壁倒壊後の避難指示にも触れていない。
- ・いきなり、進行性破断、江戸時代から戦前までの盛土、大木の倒壊の検証。
- ・委員自ら現地調査を行っている「水の流れ」の記述が不正確。
- ・一見、専門的な資料に見える法面安定性では、土質乗数が異常。
- ・土質乗数を決める原位置試験は隣の沢での調査。

上記の理由により、原点に立ち戻り設計・施工・維持管理に問題はなかったのか、今回発生した土砂災害と緊急車両用通路の道路拡幅工事の影響について検証する事を基本方針とする。

2-2. 無理な道路設計

拡幅工事では、嵩上げ盛土が行われその端部に擁壁が設置された。
縦断図から、道路勾配は14%となっている。敷地内通路であることと、縦断計画は実績を考慮し20%を設定しているが基準は無視されている。(※道路構造例(11%)や林道規定(14%)の上限を超える値を採用)

道路拡幅では嵩上げの為に盛土し、良門前に平坦部を作り既設車路に接続し天守閣側に通行可能な導線を確保している。

この工事で行われた盛土厚は最大約1.2mとなっているがかなり無理な設計となっている事が明らかとなってきた。当初設計でクリティカルとなる箇所の作図が正確に行われていない。結果として、急傾斜地上に盛土が行われていた可能性がある。端部に設置されていた擁壁も必要な検討が行われていなかった。

道路が一番高く、現況地盤線が一番低いのがこの赤丸の範囲で、急傾斜地における道路拡幅・擁壁設計に於けるクリティカルポイントとなる。

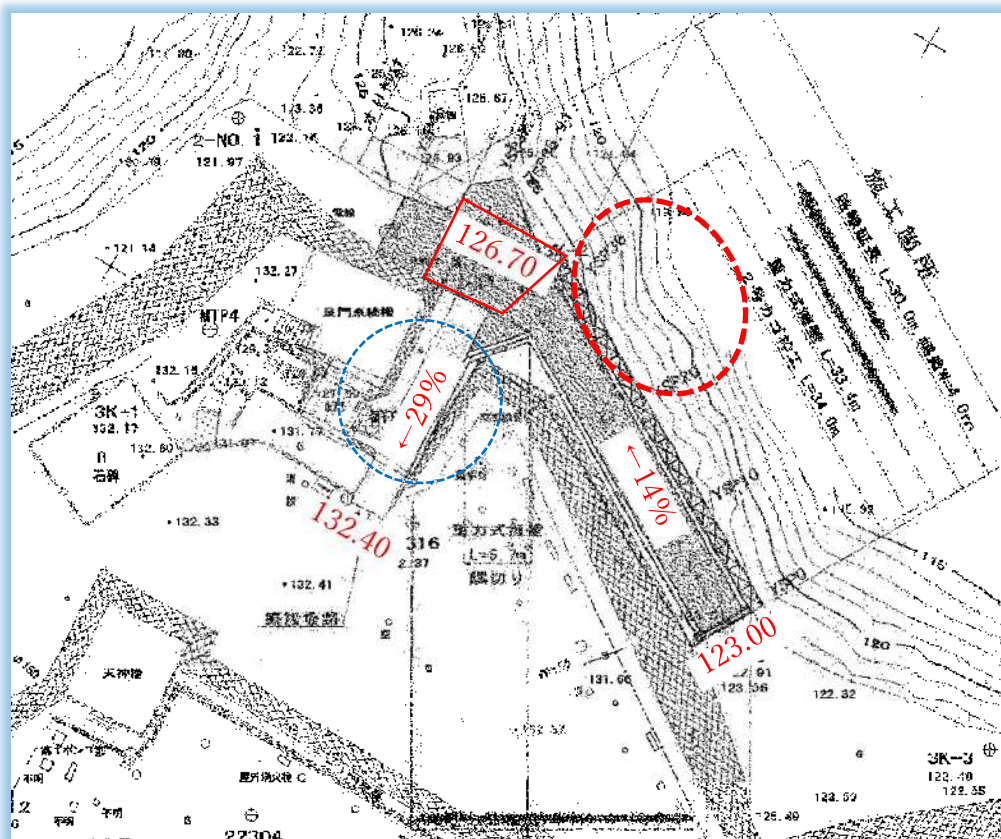


図2

2-3. 施工できない設計・偽りの現況地盤線

無理な設計を行うと、施工に問題を残す。

下記は YSP30 の断面を正規の方向にて作成した図面。ふとん箆の下に現況地盤線が達していなく、宙に浮いている。これでは当然施工は出来ない。

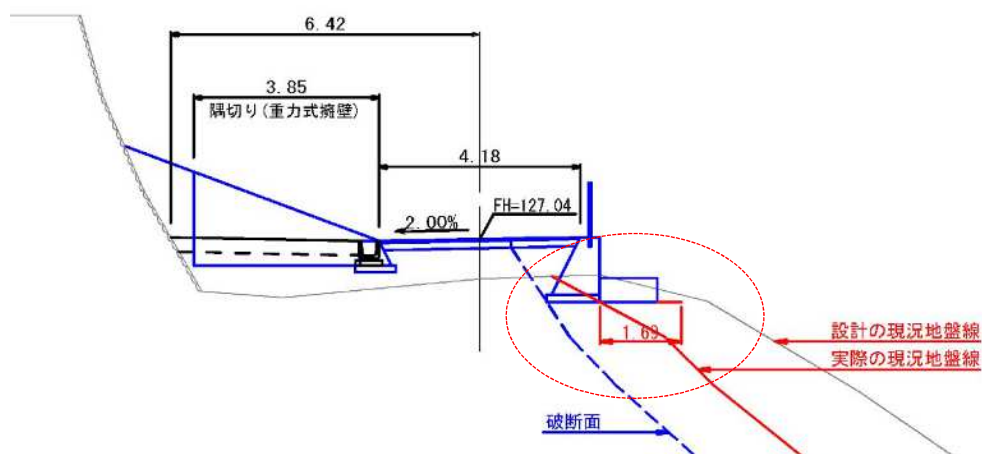


図 3

現況地盤線が緩やかに表現された理由は、法面に対し傾斜が緩やかに表現される角度を採用した為であり、意図的に行われた可能性が否定できない。

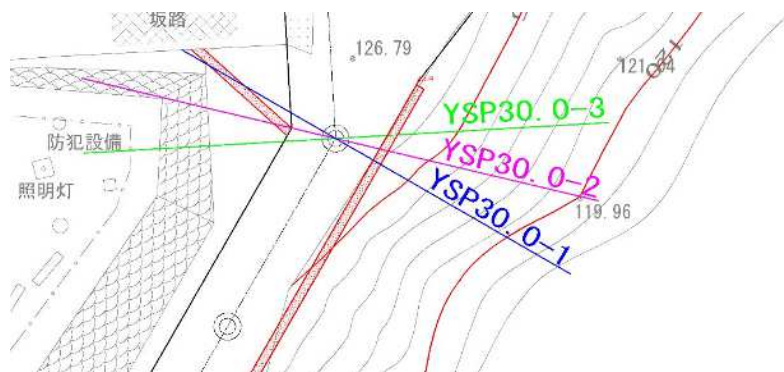


図 4

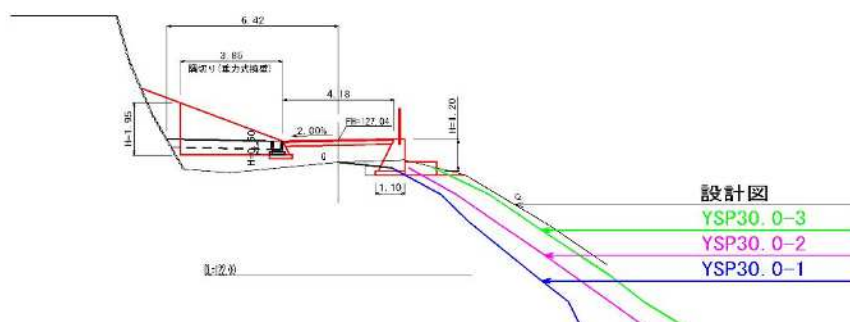


図 5

現況線を偽った事で施工にも影響が出ていたと考えられる。

再検証にあたり設計と同じ手法で横断図を作成したところ、平成 26 年の現況地盤よりも令和 5 年の現況地盤の方が標高は高かった。これは施工に合わせて盛土が行われた可能性がある事を示す。

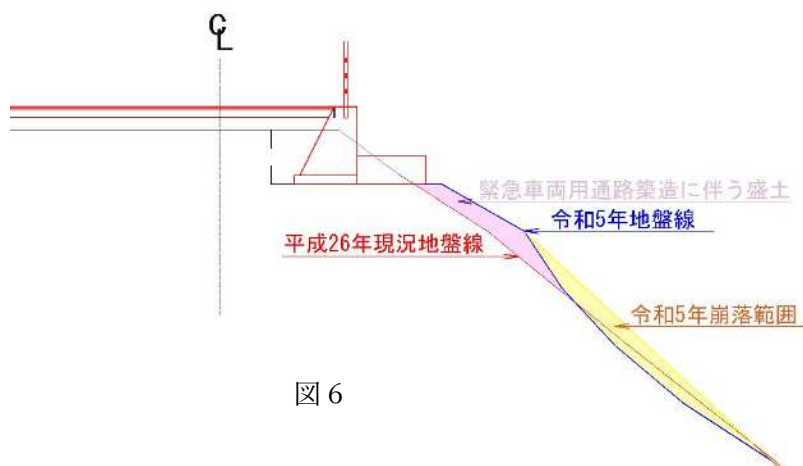


図 6

これを平面図に展開すると下記の通りとなるが、盛土を行った中央部付近が、滑り落ちて令和 5 年度の土砂災害に繋がった可能性があることが判った。

今回崩落した範囲と盛土範囲が近似していることあり、施工時の工事写真を確認する必要がある。(開示請求中)

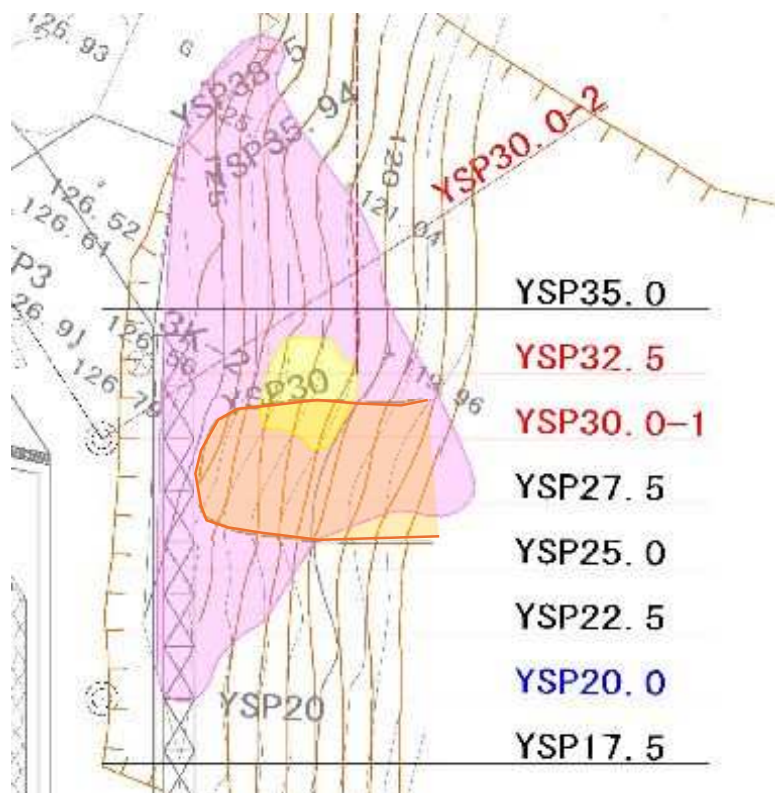


図 7

2-4. 重力式擁壁が地盤に与えた影響

既往設計と発災後の写真から見た発生原因

7月2日の段階で擁壁が変状の域を超えて半分崩落した状態となっている。「災害発生」は令和6年7月1日～2日で、その日は運良く住宅街まで崩落せずに留まっていた状態だったと捉えるべき。

この報告書で擁壁の安定性、傾斜地における安定性の検証を行った。擁壁は破碎、一部撤去済みとなっていた事から、撤去・除荷後の断面で安定計算を行ったが、いずれも必要安全率を大きく下回る結果となった。これは上流から雨水の流入が無かったとしても、いつ崩れてもおかしくない状態だった。

7月2日に松山市からU型側溝に碎石を充填する指示が出された事が、更に危険性を高めた。

緊急車両用通路の、擁壁背面土砂と地山の境目が破断面となった事からも、緊急車両用通路道路拡幅工事が、発災の原因と密接に係っている事を否定する事は出来ない。

安定計算を行った結果擁壁を撤去し除荷された状態でも安全率は確保されていない結果となっている。



写真 8

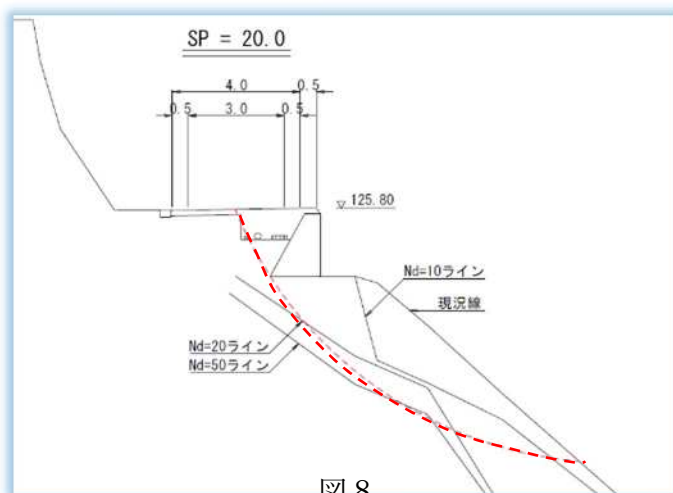


図 8

3. 技術検証委員会資料の再検証

3-1. 発災原因の可能性

検証委員会では2つの可能性について検証している。

可能性1の場合

・不安定化した斜面上部（上部）斜面で、7月12日の降雨により、斜面上・中・下部のいずれかから土砂流出、斜面の厚さ2m程度の土砂部分が流出した。

可能性2の場合（倒木）

・すでに不安定化していたA箇所上流部（上部）斜面において、土砂流出が発生しやすい状況にあった。その段階で地表水が集中しやすい斜面下部の樹高30m以上の巨木根元の捨土の洗堀により倒木が発生し、後退性すべりに発展した。

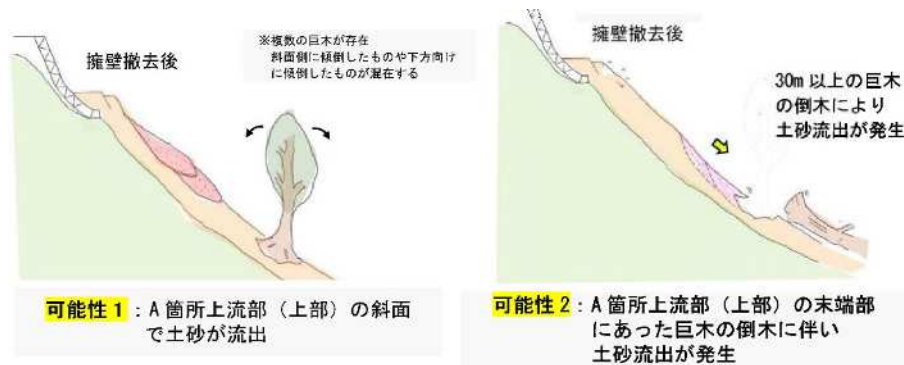


図3.2-1 上流部（上部）の1回目発生源の可能性（資料2より）

図9

■土砂流出（1回目土砂流出）時の“緊急車両用道路の土砂流出発生への影響”

可能性1の場合：影響を与えた可能性は低い

・被災時には緊急車両用道路が撤去済。道路自体は流出していないことから、緊急車両用道路の荷重が、土砂流出に直接の影響を与えた可能性は低い。

・なお、道路からの表流水・地下水の流入による土砂流出発生に対する影響は、地下水解析結果（※1）を踏まえ、第4回検討委員会で提示する。

可能性2の場合（倒木）：影響を与えた可能性は低い

・不安定化していた巨木の倒木は、降雨影響や小規模な土砂流出と考えられる。
・そのため、30～40mの離隔がある倒木に、被災時に変形していないため、緊急車両用道路が直接影響した可能性は低い。

開催後上記の記載は否定されているがこの資料が公開されていること自体問題
いずれも可能性は低いと結論付けられており、第4回目の検証委員会では※1に
ある表流水・地下水の流入に焦点を当てた公表があると予想される。

3-2-1. ① 水の流れ：技術検証委員会

技術検証委員会が2つの可能性に絞った前提条件を整理する。



＜被災直後の道路状況 午前6：20頃＞

- 1) 1回目の土砂流出の約2.5時間後の道路は、枕土嚢やブルーシートの配置に大きな変化はない。
- 2) パイロンの位置は動いておらず大きな流水や変形はない。
- 3) 表流水の流下跡はない。

資料1：第3回技術検証委員会 資料2 P4

現地踏査結果により水は発災地点に流れ込んでいないとしている。



図4-1 本丸広場（本壇）周辺の集水範囲および流水経路

資料2：第3回技術検証委員会 資料

緊急車両用通路に側溝が設置されていることから、A箇所への雨水排水の流入は無いとしている。

3-2-2. ① 水の流れ：実態

【U型トラフへの碎石充填】

発災当時、U型側溝には松山市の指示により碎石が充填されていた。



写真 9 : R6.07.09

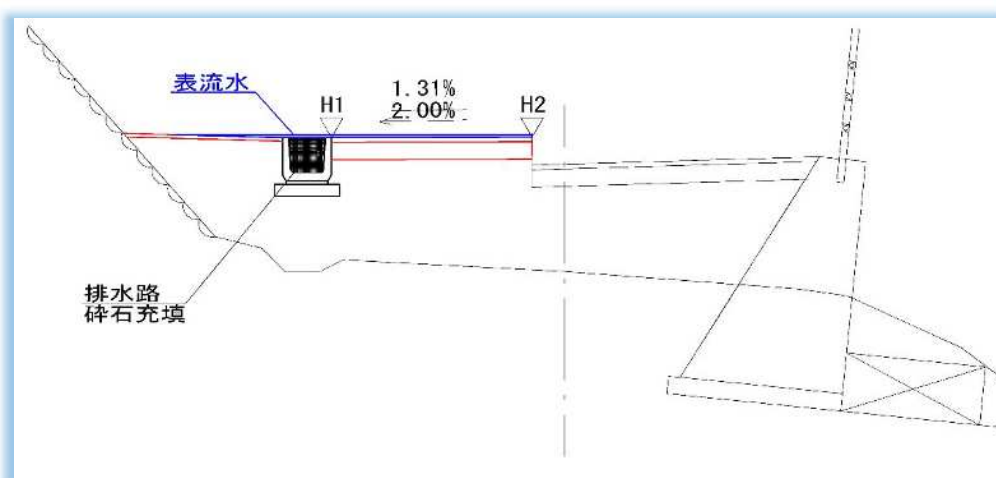


図 1 0

側溝が機能していない為、表流水は舗装上を流れるが、アスファルトの上は薄く数センチの深さしか確保出来ていないことから、クラック部分から斜面側に水がこぼれていた可能性が高い。流量計算上も同様の結果となっている。

3-3-1. ② 法面の安定性：技術検証委員会

湿潤単位体積重量 $\gamma_t : 18\text{kN/m}^3$

粘着力 $c : 5.04\text{kN/m}^2$

内部摩擦角 $\phi : 35^\circ$

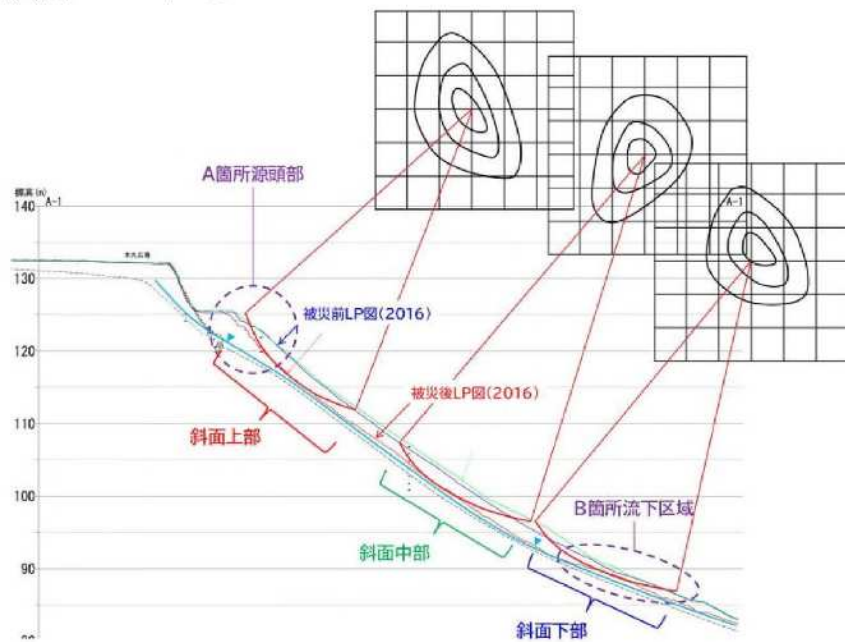


図 2.1-1 上流部（上部）を対象とした安定解析の検討断面と解析模式図（イメージ）

表 2.1-1 最小安全率の円弧すべりによる安全率の変化

水位条件	斜面上部		斜面中部		斜面下部	
	安全率	すべり面長 (m)	安全率	すべり面長 (m)	安全率	すべり面長 (m)
水位無し	1.229	20.221	1.509	20.943	1.852	14.243
30%水位	1.138	21.864	1.417	17.829	1.732	14.243
60%水位	0.984	21.865	1.230	17.829	1.495	18.891
満水位	0.749	20.722	0.935	20.943	1.130	14.243

資料 2：第 3 回技術検証委員会 資料 3 P5

前提条件④：重力式擁壁撤去後法面は安定、地下水位の上昇により安全率低下。

3-3-2. ② 法面の安定性：令和5年地質調査結果

再検証を行う為に、公開された資料の断面をトレースし、同一の条件を与えて再計算を行った。

採用する条件は、内部摩擦角 ϕ 35度、粘着力 $C=5.04$ 、同一条件で検証したところ、安全率 $F_s=1.216$ （技術検証委員会 $F_s=1.229$ ）となりほぼ同じ検証結果となった。

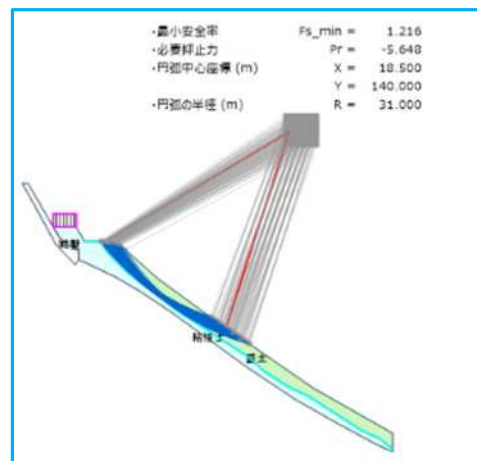


図1 1：再検証結果

地形、地質の条件がほぼ同一である事確認したので、上記の断面を令和5年地質調査結果での土質条件を与え、水位を変化させて検証を行った。

結果は下記の通りで、安全性が全く確保されていないことが判る。

技術検証委員会は水位が30%～60%に達したときに崩壊が始まったと説明しているが、地下水の流入にかかわらず何時崩壊してもおかしくない状態だったと言う計算結果となる。

水位条件	斜面上部		備 考
	委員会	再検証	
	安全率	安全率	
水位無し	1.226	0.599	
30%水位	1.138	0.554	
60%水位	0.984	0.456	
満水位	0.749	0.274	

表1：法面安定計算再計算結果

※ここで、問題なのが採用されている土質乗数であることが判る。

3-4-1. ③ 土質乗数：技術検証委員会

隣接する傾斜地にて試験を実施している。



図-2 B箇所斜面内における試験実施地点（左）および試験実施状況（右）

資料3：第3回技術検証委員会 資料3 P5

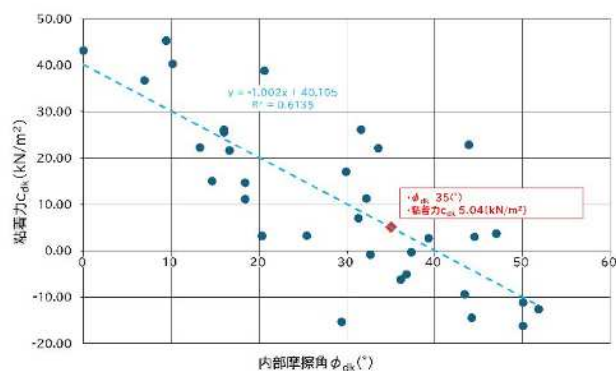


図-4 c-φ 相関図

表-1 砂の相対密度、内部摩擦角とN値との関係

N 値	相対密度(relative density)Dr=	内部摩擦角 φ (度)	
		ベックによる	マイヤーホフによる
0～4	非常に緩い(very loose)	0.0～0.2	28.5 以下
4～10	緩い(loose)	0.2～0.4	28.5～30
10～30	中位の(medium)	0.4～0.6	30～36
30～50	密な(dense)	0.6～0.8	36～41
50 以上	非常に密な(very dense)	0.8～1.0	41 以上

※地盤調査法（社団法人地盤工学会）より引用

以上の結果から、安定解析等の対象とする堆積物の $c \cdot \phi$ は、下記を仮値として用いる。

- ・ 内部摩擦角 $\phi = 35^\circ$ ，粘着力 $c = 5.04 \text{ kN/m}^2$ … 図-4 の相関図による

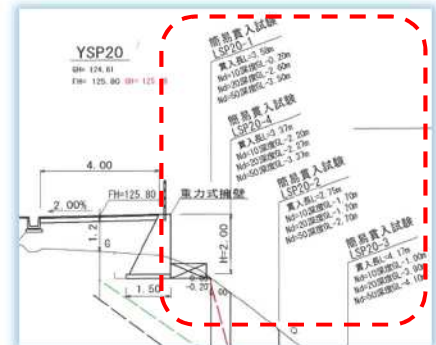
資料4：第3回技術検証委員会 資料3 P13

前提条件⑤：原位置調査の結果 内部摩擦角 35 度、粘着力 $C = 5.04 \text{ kN/m}^2$

3-4-2. ③ 土質乗数：令和5年地質調査結果

令和5年地質調査結果で測点毎に複数箇所地質調査を行い、Nd 値 10、20、30 のそれぞれの深度を測定している。これは発災前の原位置試験であり、数十メートル離れた傾斜地で行った試験よりも信憑性は高いと考えられる。

図 1 2 ⇒



各 Nd 値に対応した内部摩擦角（せん断抵抗角）は下記の通りで 22.8 度から 25.6 度程度しかない。専門的で判り難い数値ではあるがかなり大きな違いがある。食べ物に例えると「お団子」と「乾燥した板餅」くらいの違いを想像してほしい。

表 2 ⇒

N 値	せん断抵抗角 (ϕ)		備 考
	換算式①	換算式②	
4.1	22.8	23.9	Nd 値 : 10
7.5	25.6	26.1	Nd 値 : 20
17.7	31.3	29.5	Nd 値 : 50

下記は道路土工－盛土工指針に示されている土質乗数の目安。

資料 5 ⇒

種 類	状 態	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断抵抗角 (度)	粘着力 (kN/m ²)	地盤工学会基準 ^(注2)
盛 土	礫および礫まじり砂	20	40	0	{G}
	砂	20	35	0	{S}
	砂質土	19	30	0	
	粘性土	19	25	30 以下	{SF}
	関東ローム	18	15	50 以下	{M}, {C}
自然 地 盤	礫	14	20	10 以下	{V}
	砂	20	40	0	{G}
	砂質土	18	35	0	
	粘性土	21	40	0	{G}
	砂	19	35	0	{G}
	砂質土	19	30	30 以下	{SF}
	粘性土	17	25	50 以下	
	粘土およびシルト	17	20	30 以下	{M}, {C}
	関東ローム	16	15	15 以下	
		17	20	50 以下	
		16	15	30 以下	{M}, {C}
		14	10	15 以下	

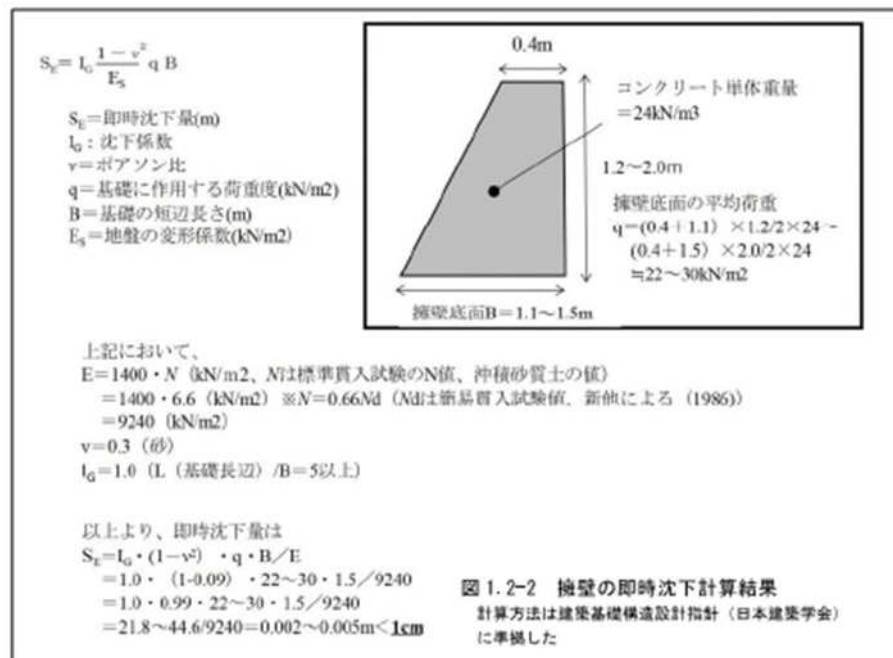
注 1) : N 値の目安は次のとおりである。

固いもの (N=8~15)、やや軟らかいもの (N=4~8)、軟らかいもの (N=2~4)

注 2) : 地盤工学会基準の記号は、おおよその目安である。

3-5-1. ④ 重力式擁壁の変位：技術検証委員会

重力式擁壁の変状について検証。



資料 6：第 3 回技術検証委員会 資料 4 P4



資料 7：第 1 回技術検討委員会資料 P142

即時沈下は 1cm 程度。写真でも傾いてないので、クラックは斜面の斜め下方向への移動によるものとしている。

3-5-2. ④ 重力式擁壁の変位：実態

技術検証委員会の採用している写真の、同じページに掲載している写真。



資料 8

←資料 9：第 1 回技術検討委員会資料 P142



一番上の傾いた写真を採用している。同じページの一番下の写真を確認すると明らかに傾倒している。

正確には約 11 度傾倒している。

※「1-2. 発災前後の状況」写真 2 参照



写真 11：第 1 回技術検討委員会資料 P142

3-6-1. ⑤ 擁壁と崩壊断面の位置関係：技術検証委員会

崩落面と擁壁の位置関係について検証。



資料9：第3回技術検証委員会 資料4 P11

崩落断面は擁壁前面で擁壁直下は発災後も残置されているとしている。

3-6-2. ⑤ 擁壁と崩壊断面の位置関係：実態

下記の図は技術検証委員会の発災後の等高線より作成したもの。
YSP20 では技術検証委員会とほぼ同じ崩落ラインとなっている。

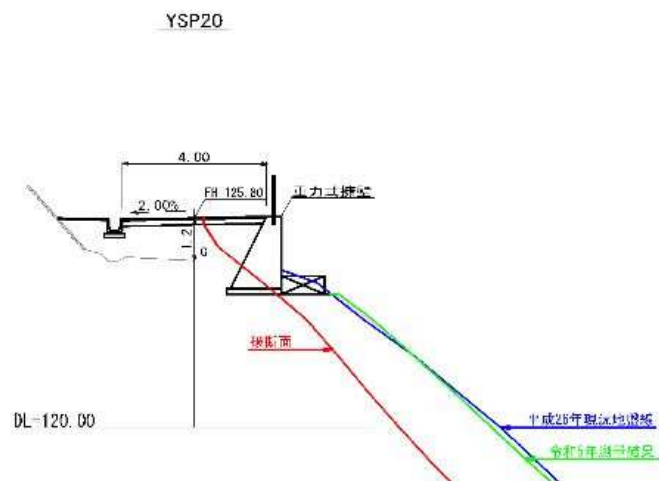


図 1 3

YSP30 では擁壁直下が完全に流出している。検証の過程で 2.5m ピッチで断面を作成して確認しているが、YSP20 以降擁壁の終点部まで、擁壁下部の土砂が流出している。技術検証委員会の検証断面は発災地点起点部では中央部からはずれており、検証断面の採用に問題がある。

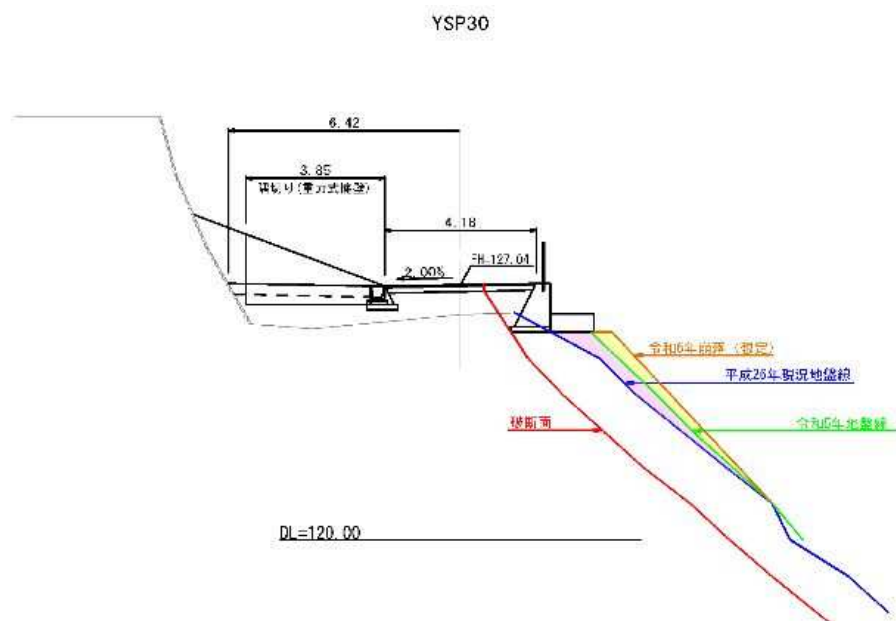


図 1 4