豪雨を誘因とする盛土崩壊事例の紹介

1



奥山ボーリング㈱
技術部　深澤勇気

◆技術士-建設部門-土質及び基礎，河川、砂防及び海岸・海洋）
◆NPO斜面部会-副部会長

令和3年度　第1回技術講習会（NPO法人 秋田道路維持支援センター）

2

盛土崩壊事例①

奥山ボーリング株式会社
Okuyama Boring Co.,Ltd.

崩壊事例①

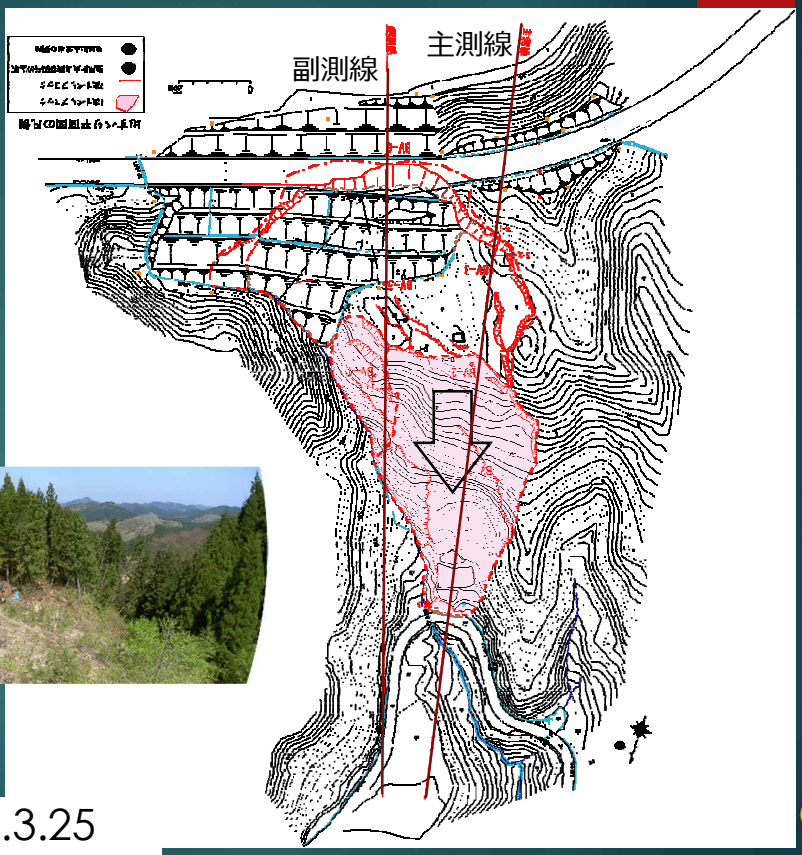
【崩壊規模】

崩壊幅：最大105m

崩壊長：約150m

崩壊深：約21m

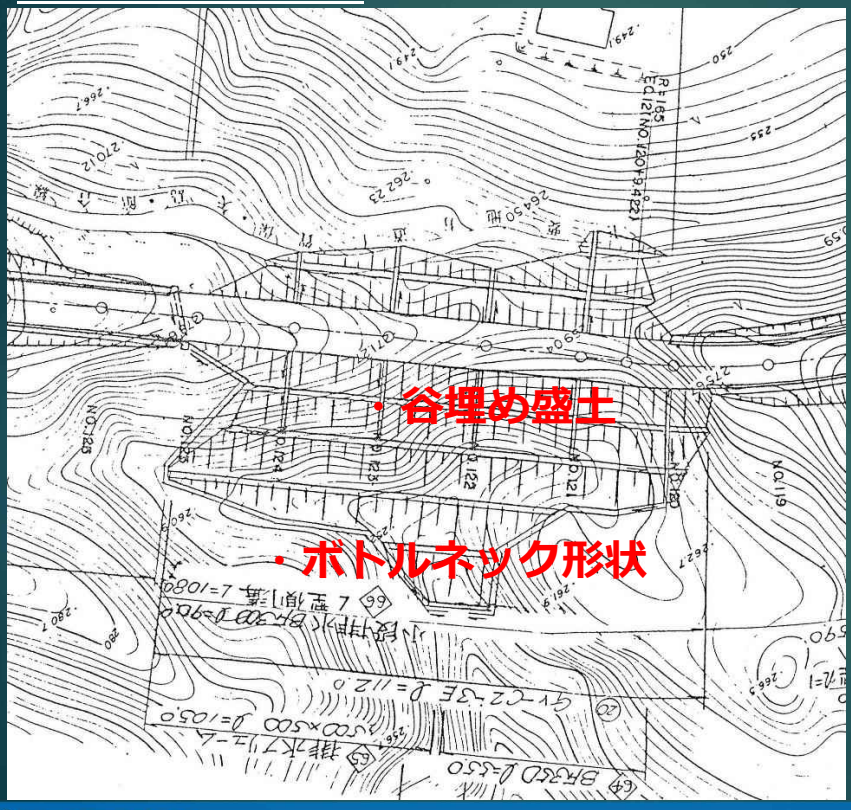




被災箇所発見：H21.3.25

◆地形的特徴

4

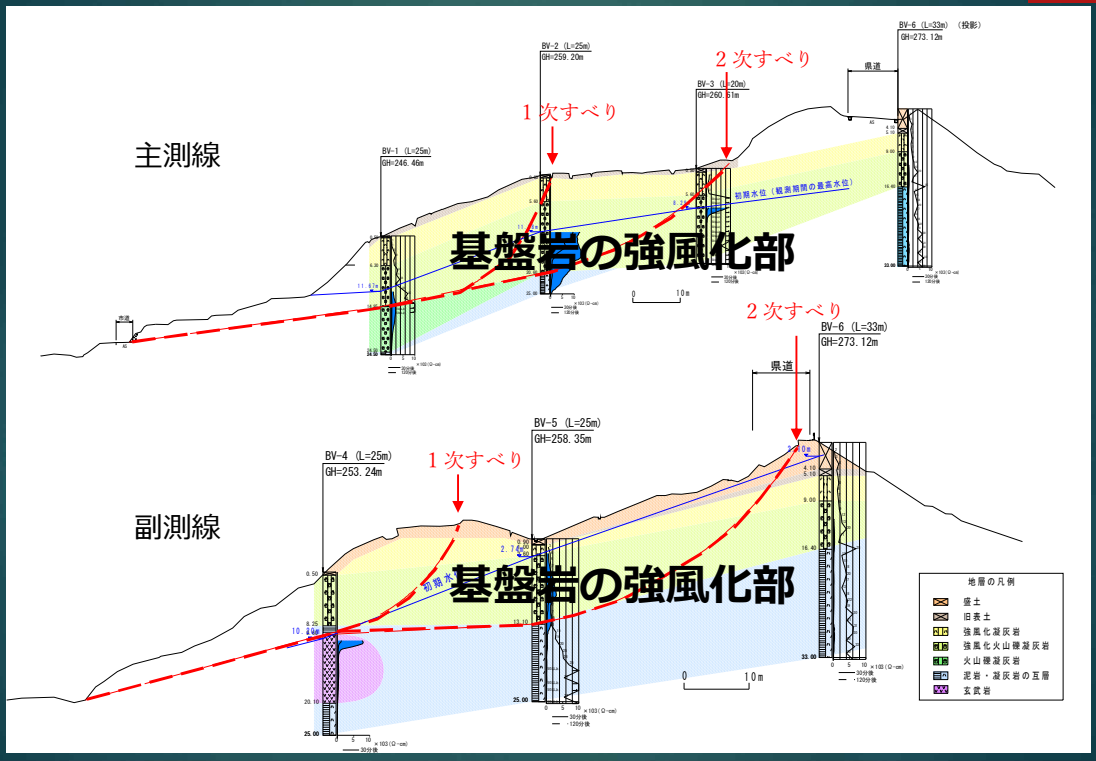


【地形的特徴】

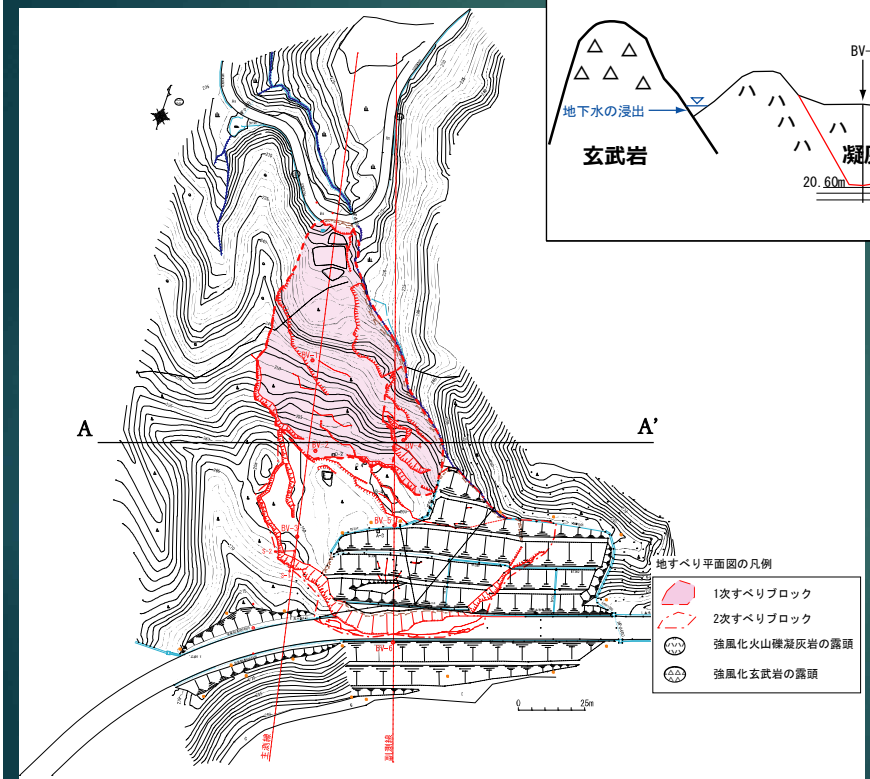
・ボトルネック形状

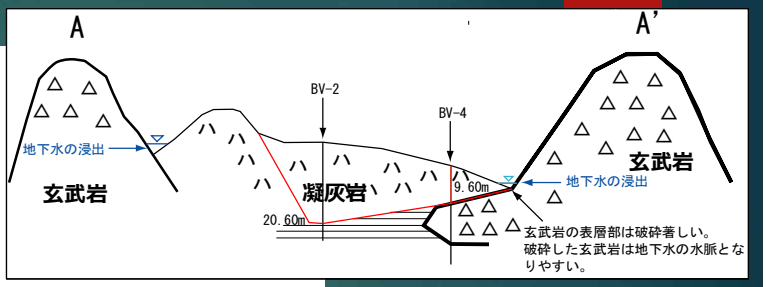
・谷埋め盛土

◆地質断面図（すべり面形状）



◆本崩壊の特徴





地下水の水脈となりやすい破砕著しい玄武岩が崩壊地の両側に分布している。

＝崩壊地に地下水が供給されやすい環境だった。

荻田茂(2008)：秋田県における第三系の玄武岩・安山岩と地すべり

7

盛土崩壊事例②

8

崩壊事例②

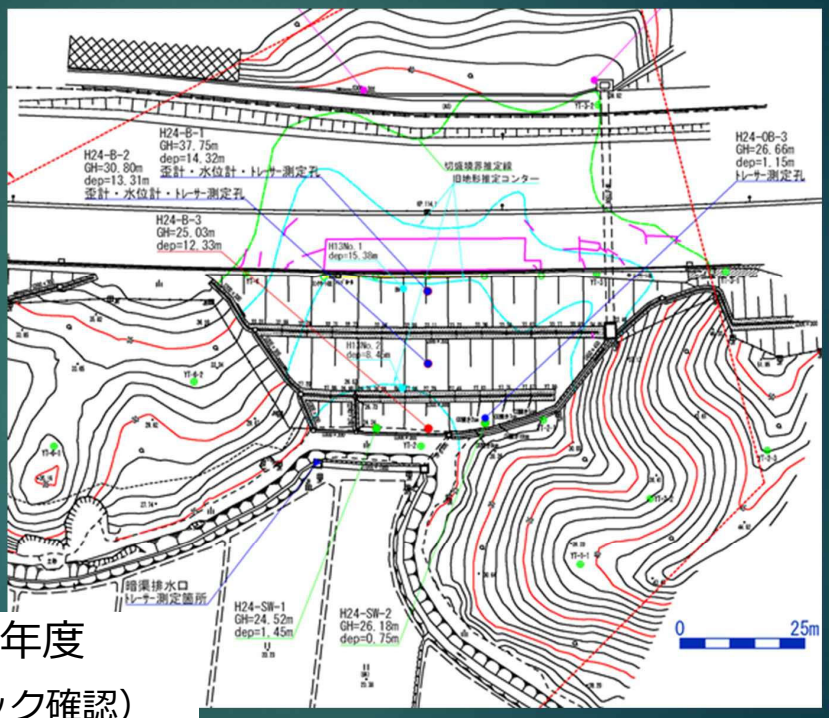
【変状規模】

幅　：約63m

長さ：約47m

想定すべり面

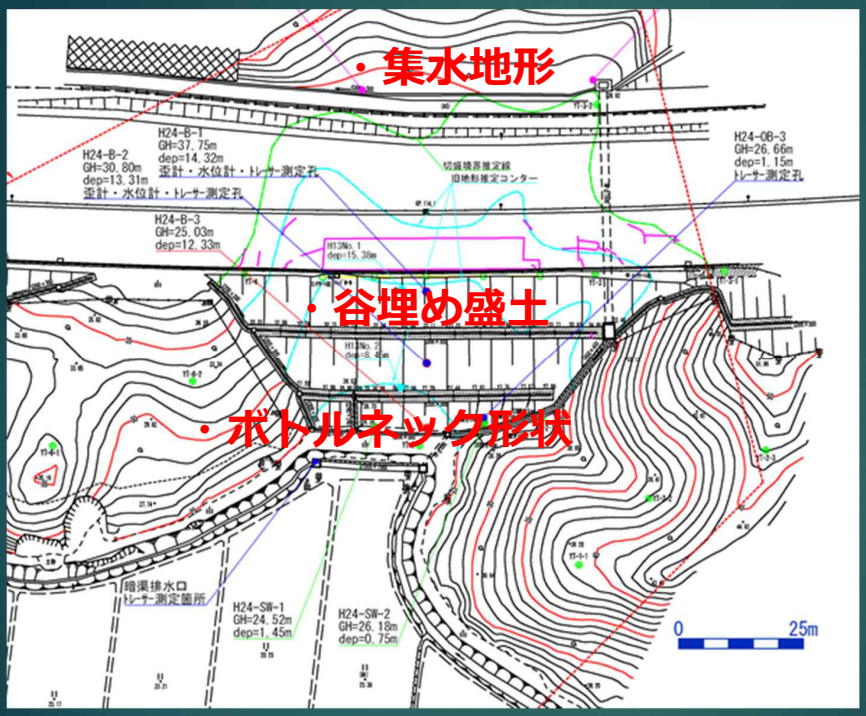
深度：約10m



変状拡大：平成23年度

（以前から路面クラック確認）

◆地形的特徴



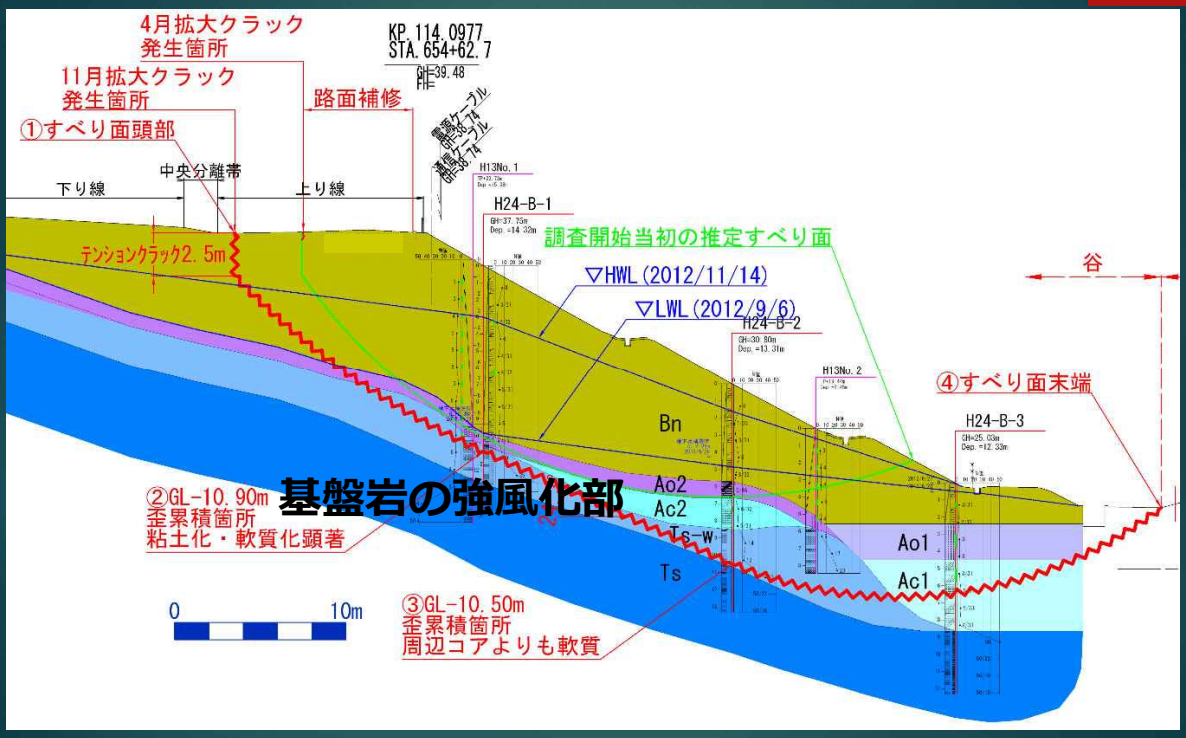
【地形的特徴】

・ボトルネック形状

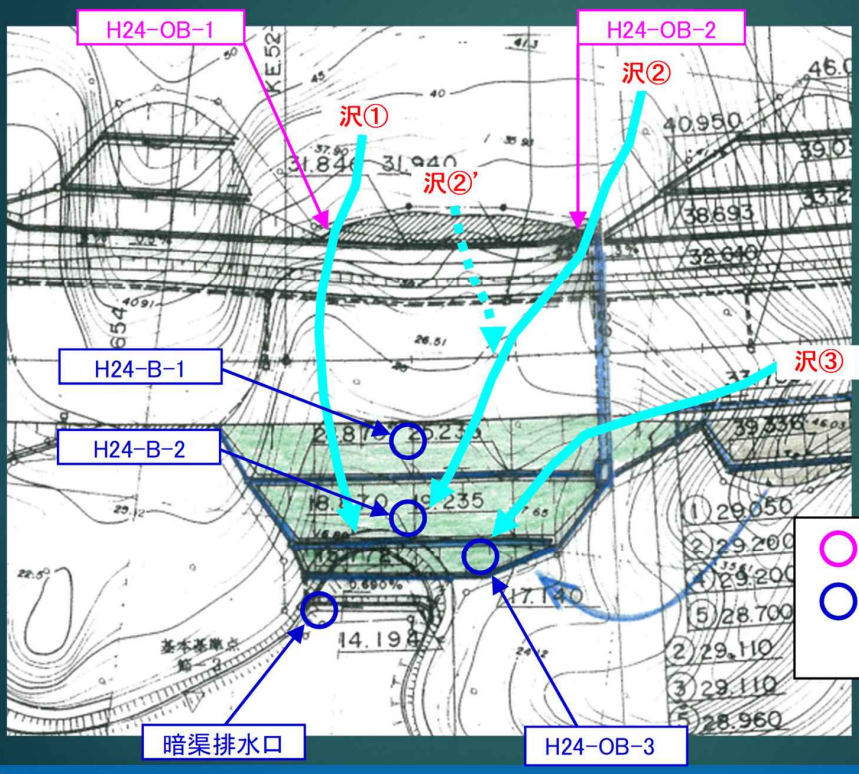
・谷埋め盛土

・集水地形

◆地質断面図（すべり面形状）

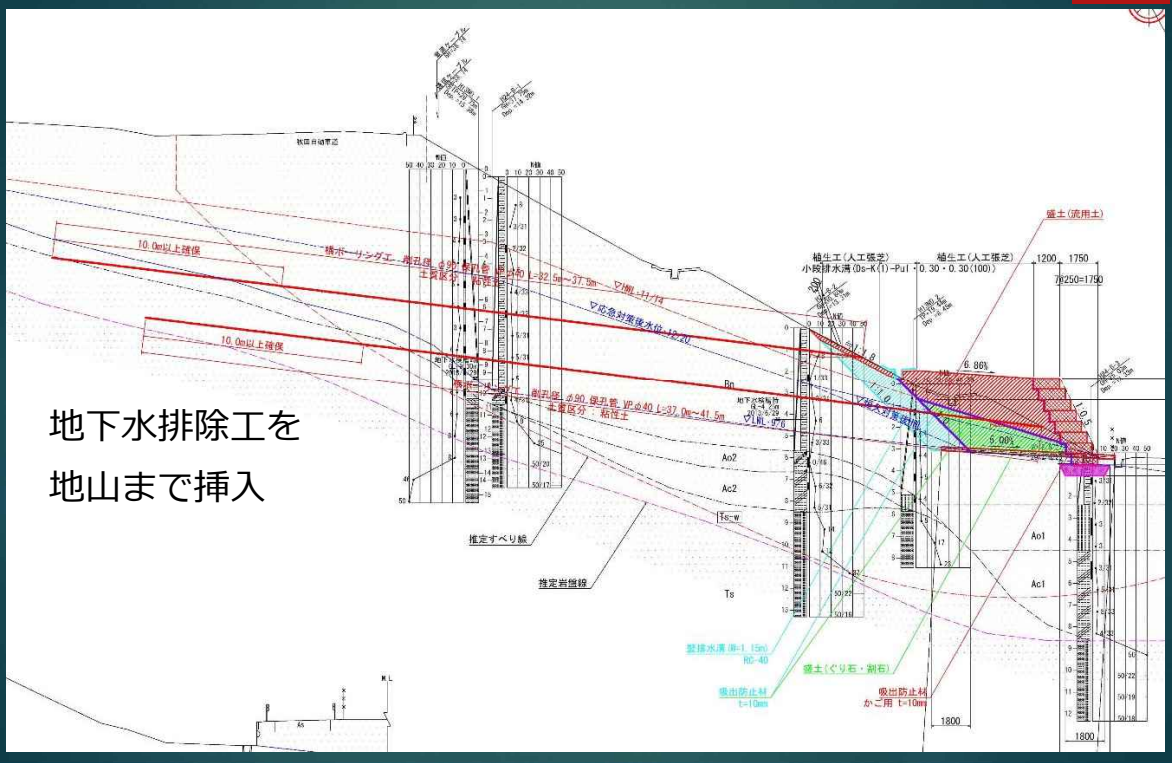


◆本崩壊の特徴



トレーサ試験より、盛土背後地の沢が地下水供給源であることが確認された。

＝供給源に配慮した地下水排除工の配置を検討



地下水排除工を
地山まで挿入

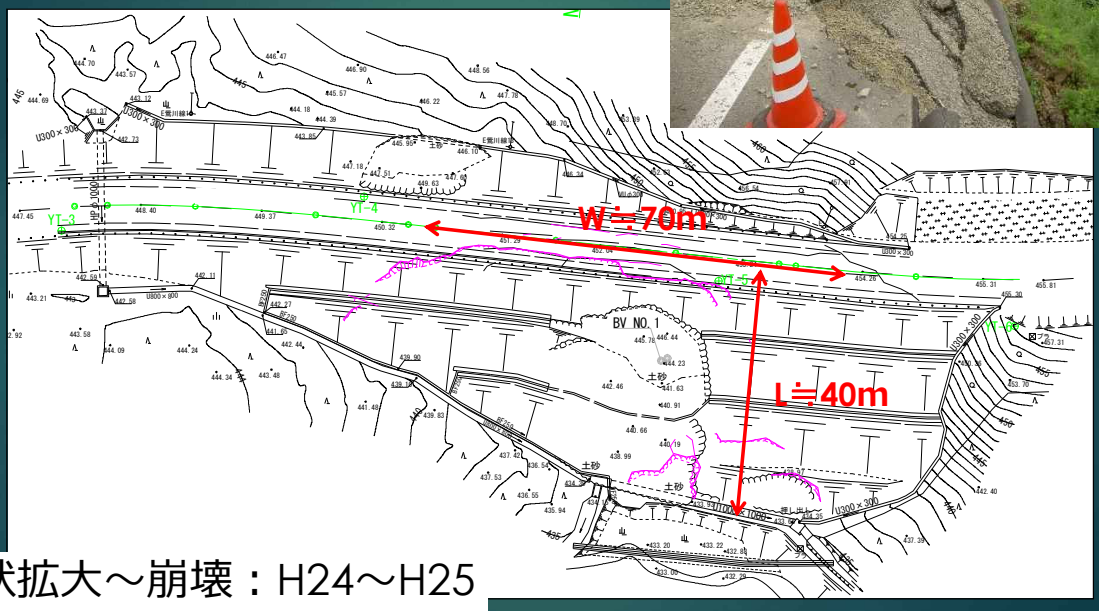
盛土崩壊事例③

令和3年度　第1回技術講習会（NPO法人 秋田道路維持支援センター）

崩壊事例③

【変状・崩壊規模】
変状幅：約70m
変状長：約40m
変状深：約6m

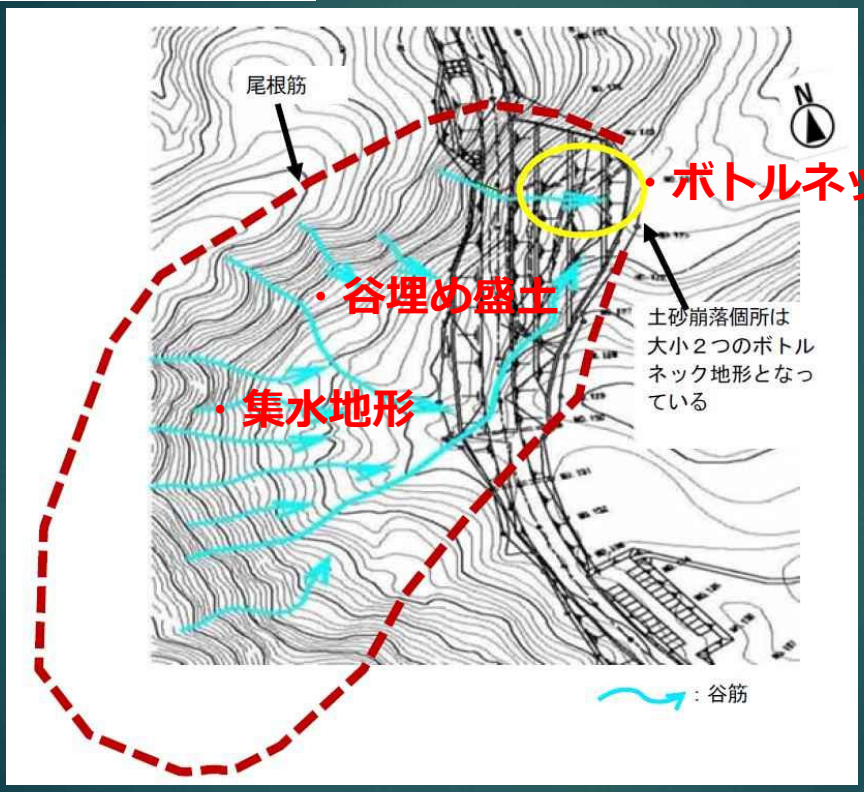




変状拡大～崩壊：H24～H25

奥山ボーリング株式会社
Okuyama Boring Co.,Ltd.

◆地形的特徴



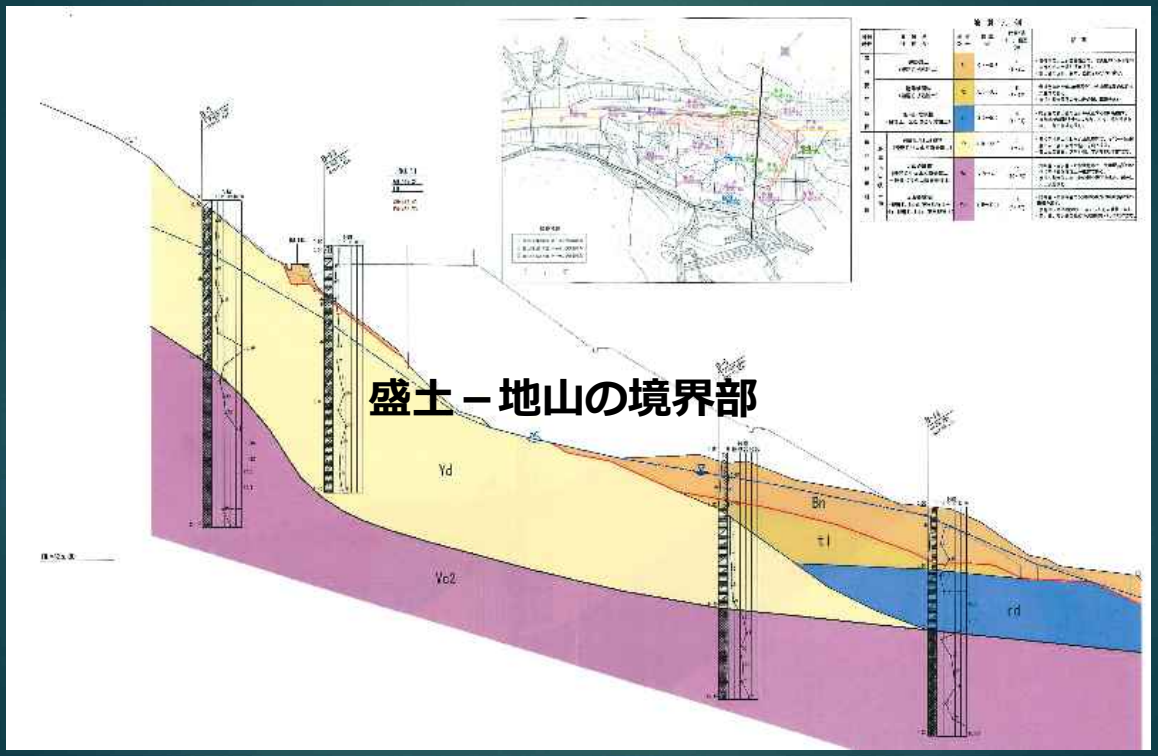
【地形的特徴】

・ボトルネック形状

・谷埋め盛土

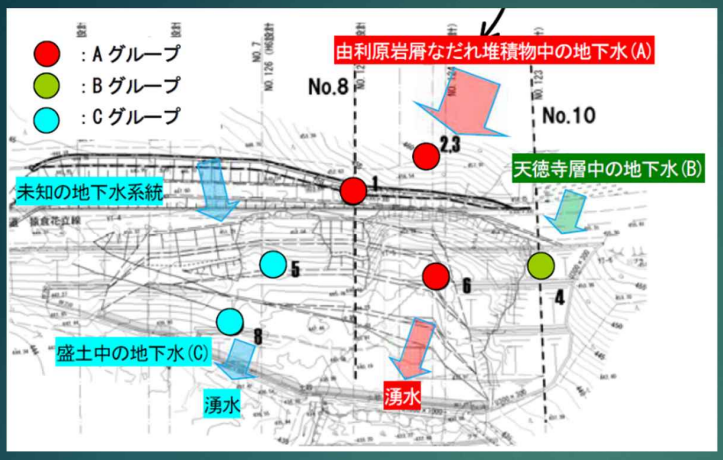
・集水地形

◆地質断面図（すべり面形状）



17

◆本崩壊の特徴



・背後地が集水地形で、地下水が背後地からの流入であることが確認された

・盛土材が岩屑なだれ堆積物主体の材料で、含水により泥ねい化しやすい

・滑落崖には明瞭なパイピングホールが確認される

※R3.7.3熱海市の土石流でも崩壊地源頭部にパイピングホールあり







本崩壊箇所近くの自然斜面でも、豪雨による崩壊でパイピングホールが確認された。

18

盛土崩壊事例④

崩壊事例④

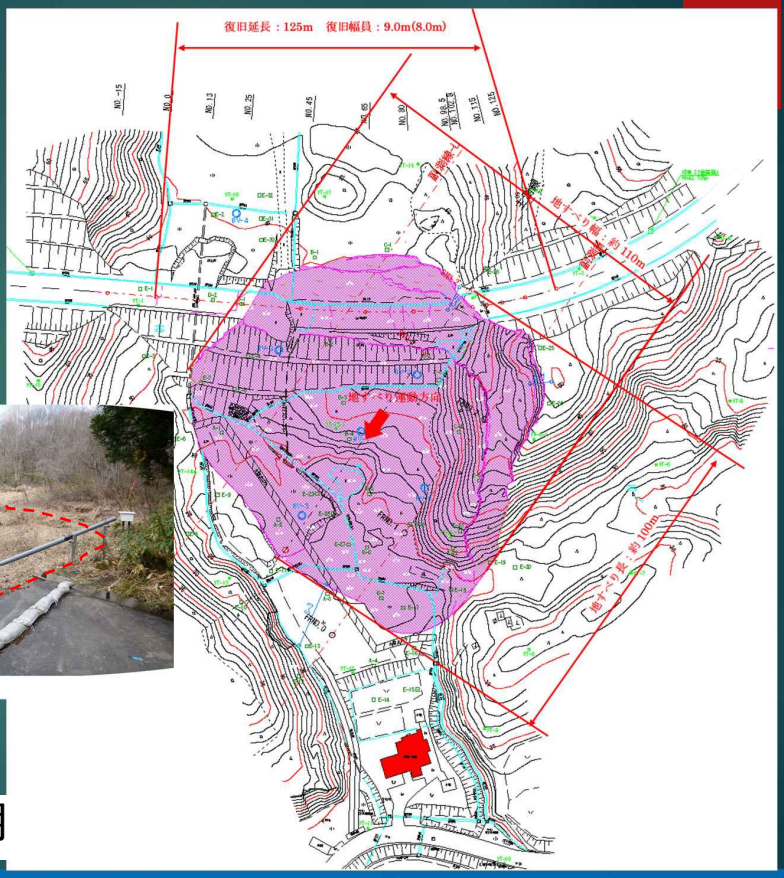
【崩壊規模】

崩壊幅：約110m

崩壊長：約100m

崩壊深：約10~17m





発災：H26.8月~12月

◆地形的特徴

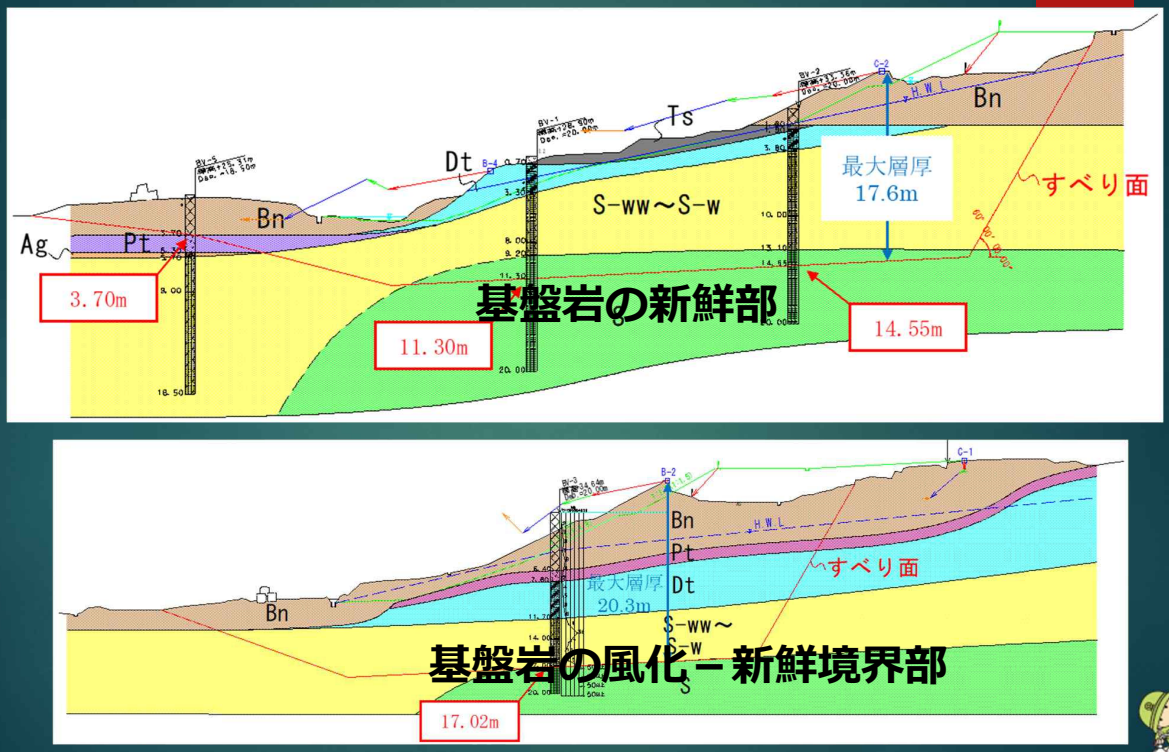


【地形的特徴】

・谷埋め盛土

・集水地形にレベルバンク

◆地質断面図（すべり面形状）



◆本崩壊の特徴

・すべり面は盛土層や盛土－シルト岩境界部ではなく、シルト岩中に形成されている

・すべり面は2～3°の低角度で、シルト岩中の軟質部や鏡肌を呈する層理面に形成されている。

＝流れ盤の層理面中にせん断強度が小さい層理面が存在【素因】

・盛土背後の谷地形はレベルバンクが設置されている

＝地下水位が上昇しやすい地形条件【誘因】



シルト岩内には擦痕や鏡肌が認められる

頭部・側面の滑落崖は茶褐色の凹凸の少ない平面で鏡肌状を呈していた。
⇒弱面が潜在していた？

23

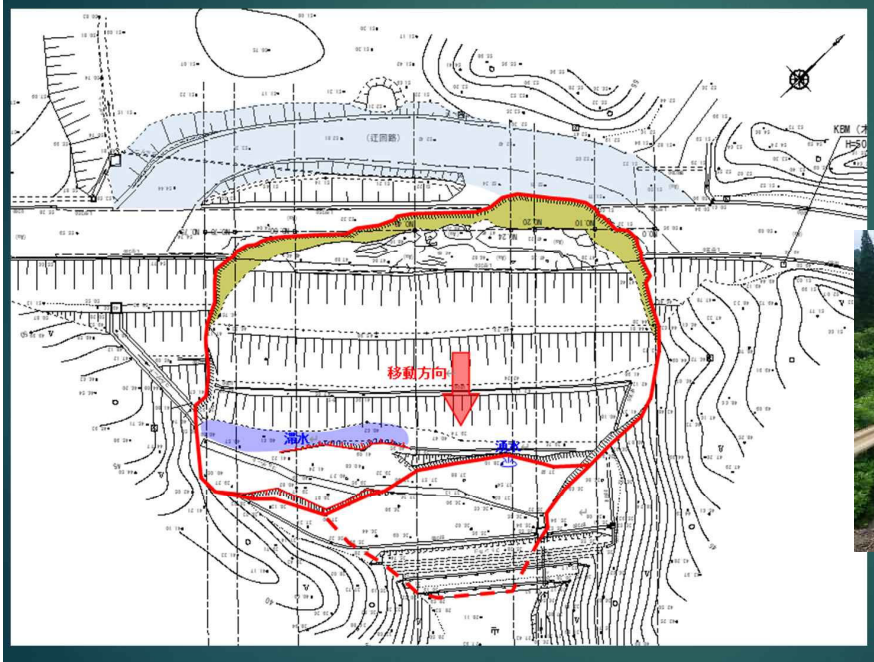
盛土崩壊事例⑤

24

崩壊事例⑤

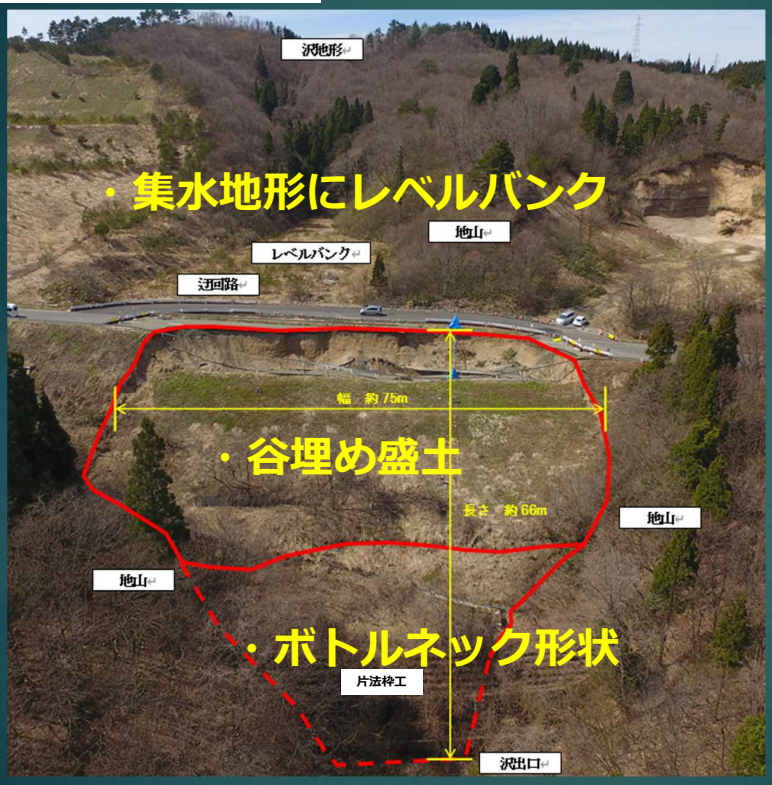
発災：H29.7.22～7.23

【崩壊規模】
崩壊幅：約75m
崩壊長：約66m
崩壊深：約12～17m





◆地形的特徴



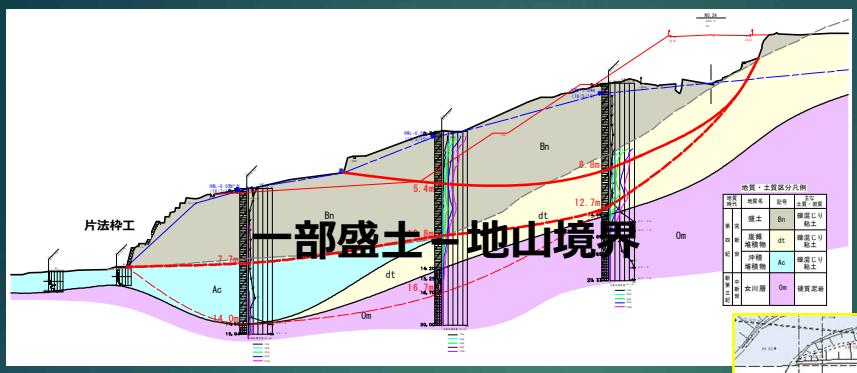
【地形的特徴】

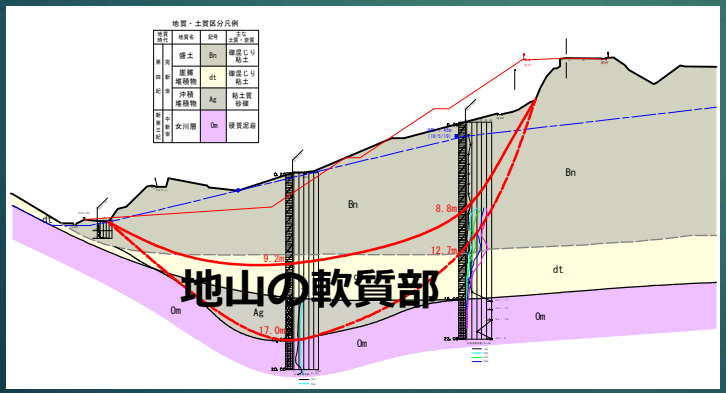
・ボトルネック形状

・谷埋め盛土

・集水地形にレベルバンク

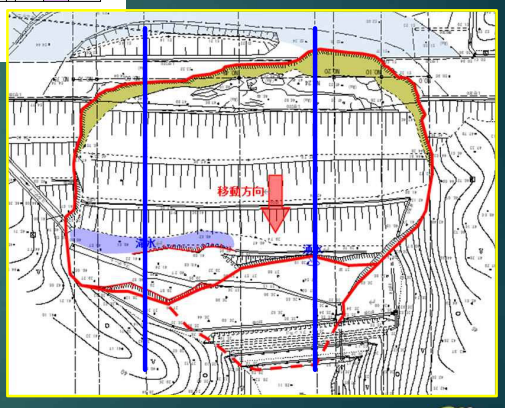
◆地質断面図（すべり面形状）



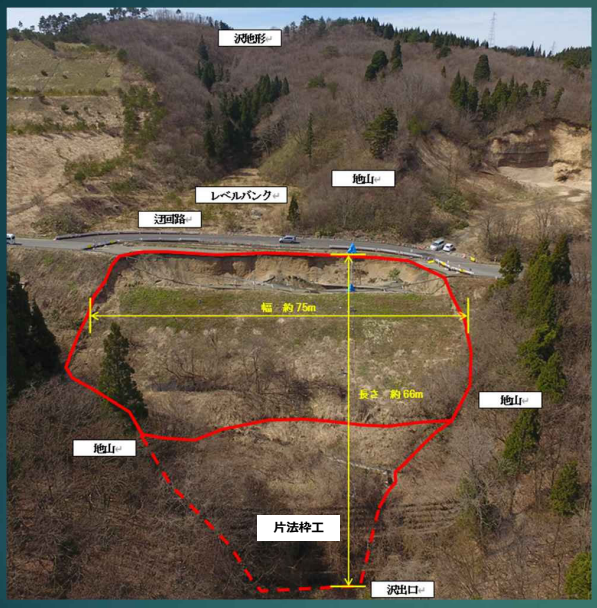


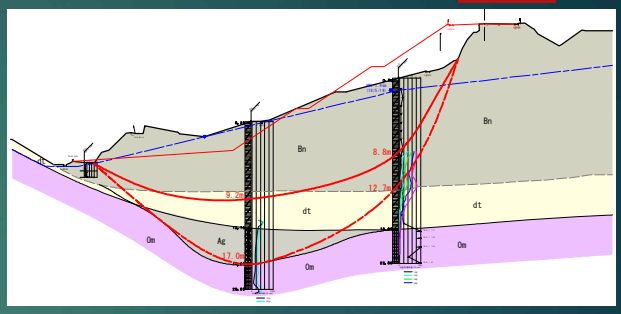
・浅層及び深層すべり

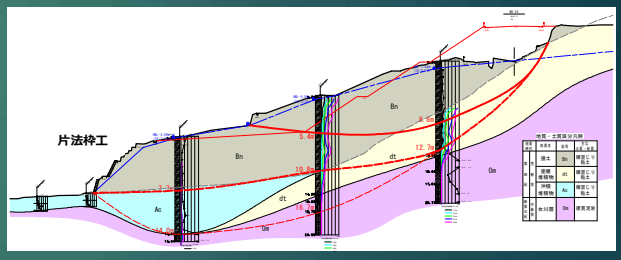
・末端の条件ですべり面形状が異なる



◆本崩壊の特徴







・末端はのり尻に片法枠工が設置されているが、踏ん張った？ため浅層すべりが発生したものと想定

・レベルバンク側は末端に尾根があることですべり面は反転し、大きく隆起する

⇒すべり面形状はすべり土塊周辺の地形条件に制約されている

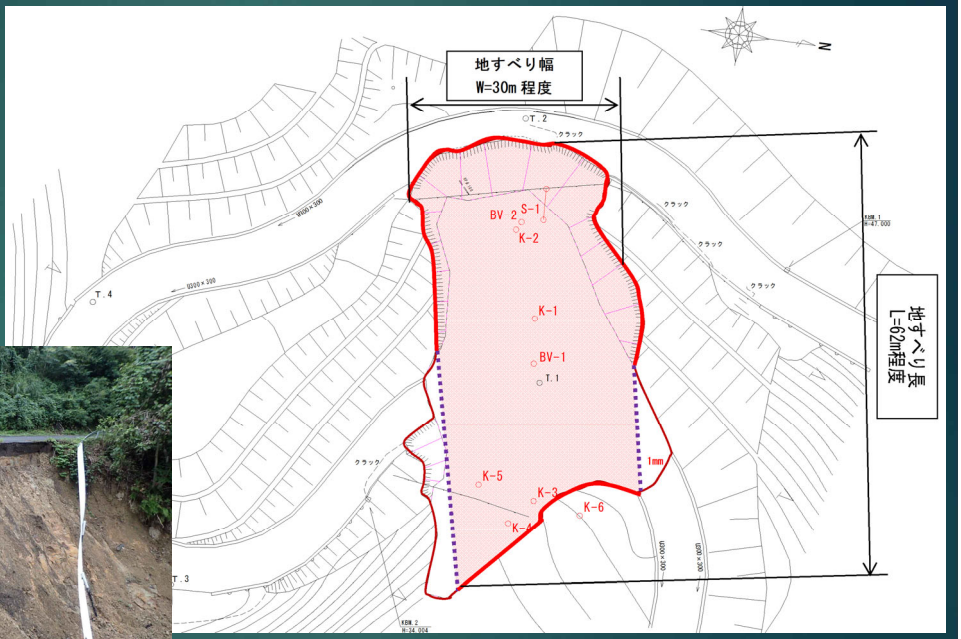
盛土崩壊事例⑥

崩壊事例⑥

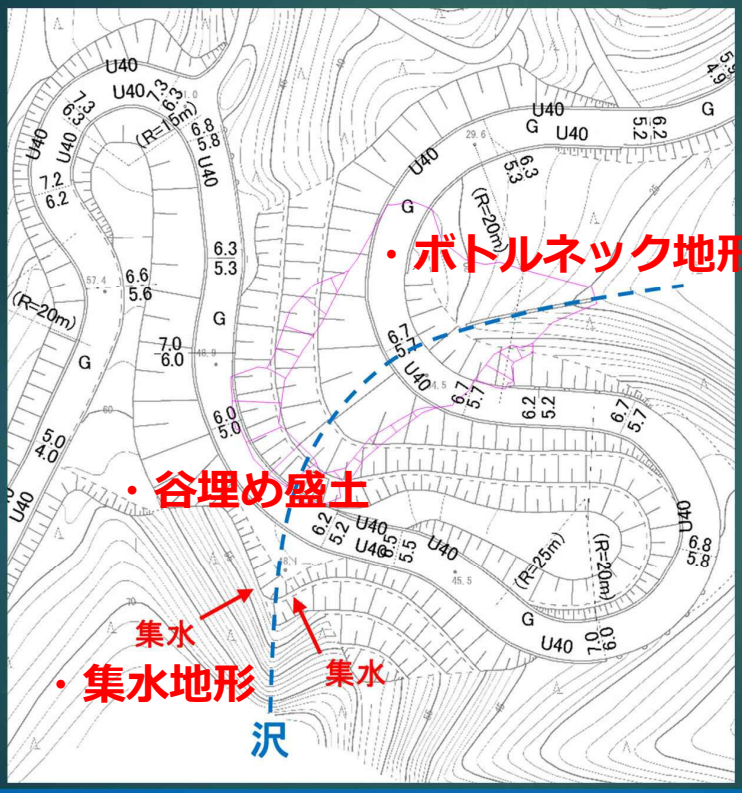
発災：H29.7.22～7.23

【崩壊規模】
崩壊幅：約30m
崩壊長：約62m
崩壊深：約5m



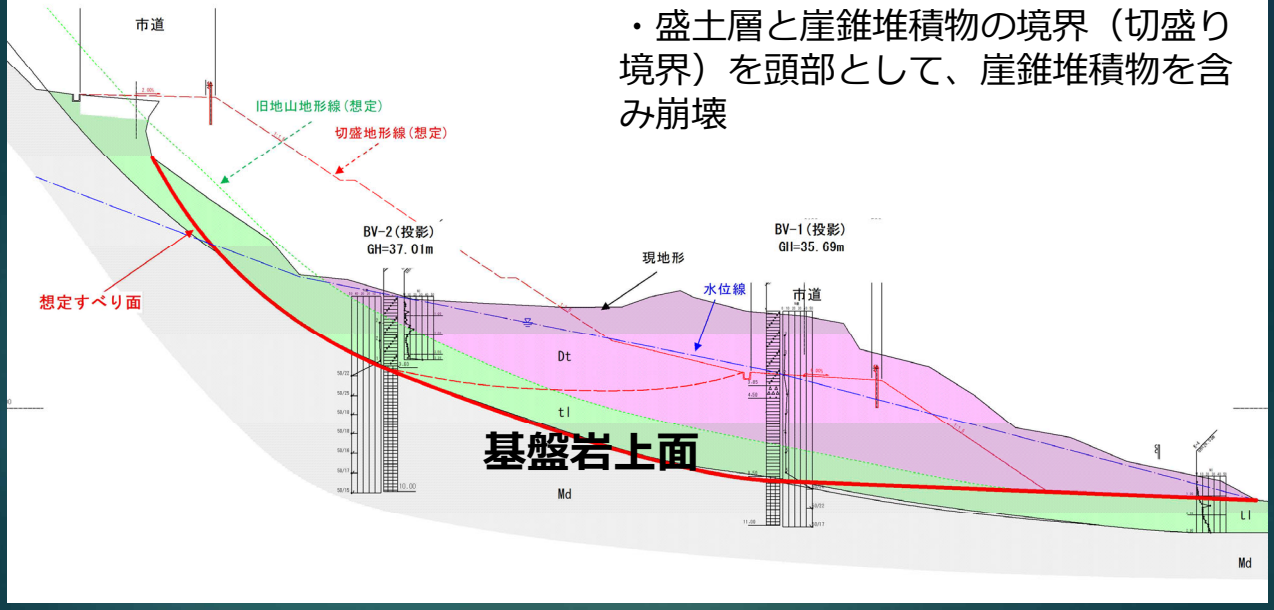


◆地形的特徴



【地形的特徴】
・集水地形
・谷埋め盛土
・ボトルネック地形

◆地質断面図（すべり面形状）



・盛土層と崖錐堆積物の境界（切盛り境界）を頭部として、崖錐堆積物を含み崩壊

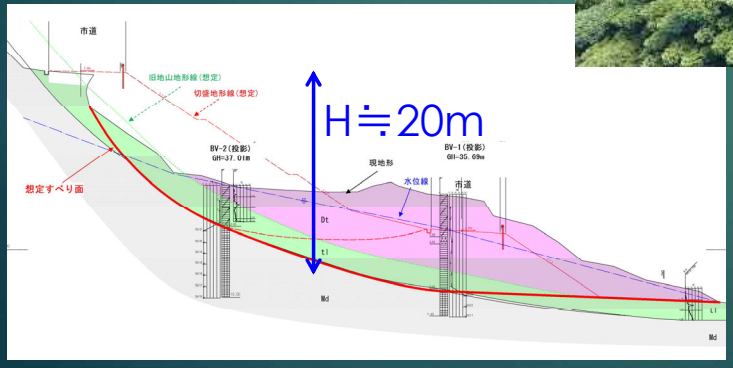
令和3年度　第1回技術講習会（NPO法人 秋田道路維持支援センター）

◆本崩壊の特徴

・盛土背後地の集水地形

・直高約20mの腹付け盛土形状





対策は補強土壁による盛土再構築と地下水排除工

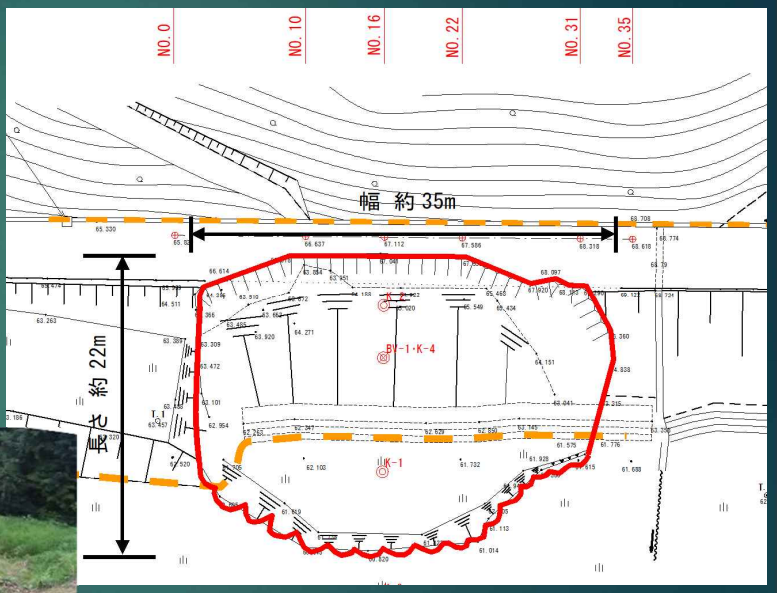
奥山ボーリング株式会社
Okuyama Boring Co.,Ltd.

盛土崩壊事例⑦

崩壊事例⑦

発災：H29.7.22～7.23

【崩壊規模】
崩壊幅：約35m
崩壊長：約22m
崩壊深：約4m



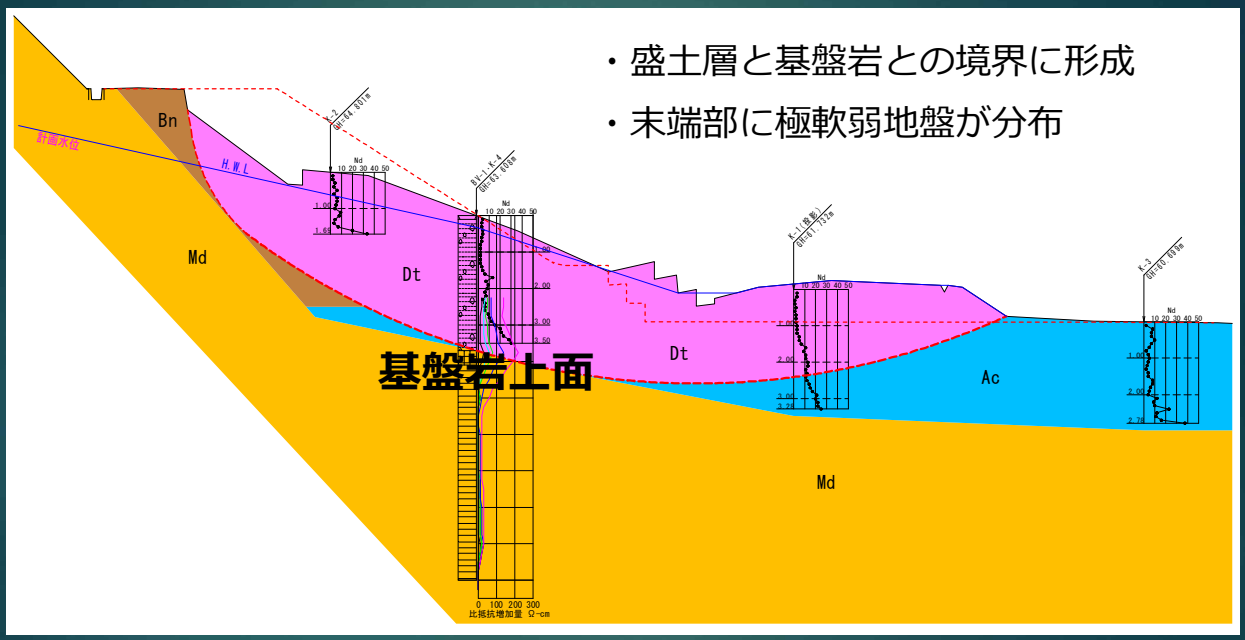


◆地形的特徴



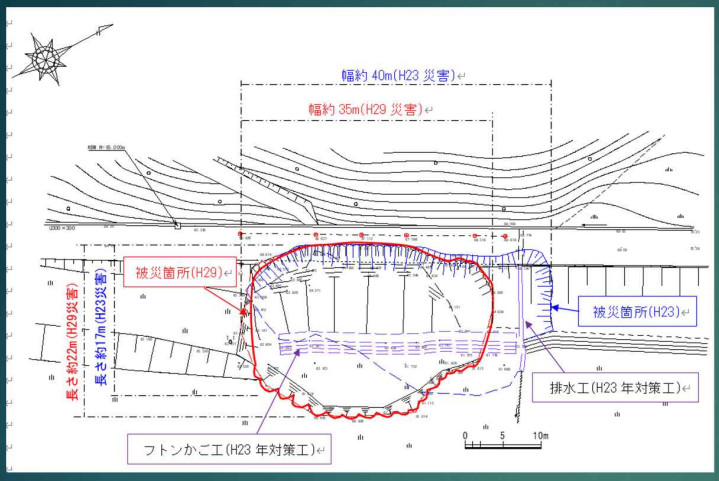
【地形的特徴】
- 集水地形
- 腹付け盛土

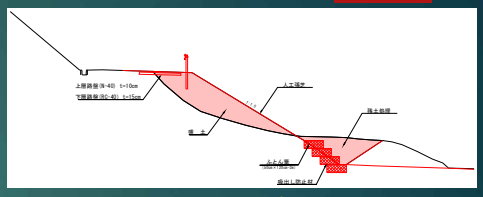
◆地質断面図（すべり面形状）



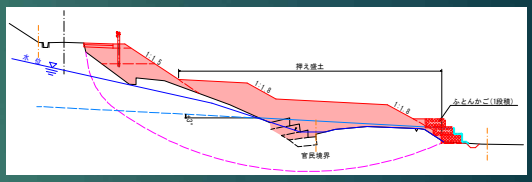
- 盛土層と基盤岩との境界に形成
- 末端部に極軟弱地盤が分布

◆本崩壊の特徴





H23の対策工　標準断面図



H29の対策工　標準断面図

- 「集水地形」＋「難透水～不透水地盤上の盛土」で地下水位が上昇しやすい条件
- 平成23年6月の豪雨（199mm/2日）時に崩壊している
- 平成23年度の対策では地下水排除工はなし（ふとんかごのみ）
- 平成29年の被災に対する対策では地下水排除工も計画

令和3年度　第1回技術講習会（NPO法人 秋田道路維持支援センター）

盛土崩壊事例⑧

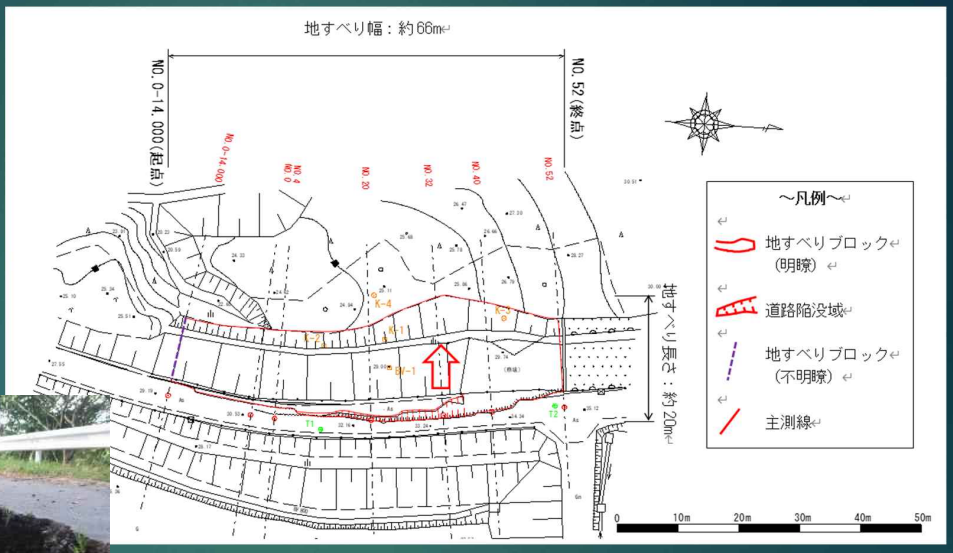
奥山ボーリング株式会社
Okuyama Boring Co.,Ltd.

崩壊事例⑧

発災：H29.7.22～7.23

【崩壊規模】
崩壊幅：約66m
崩壊長：約20m
崩壊深：約5m



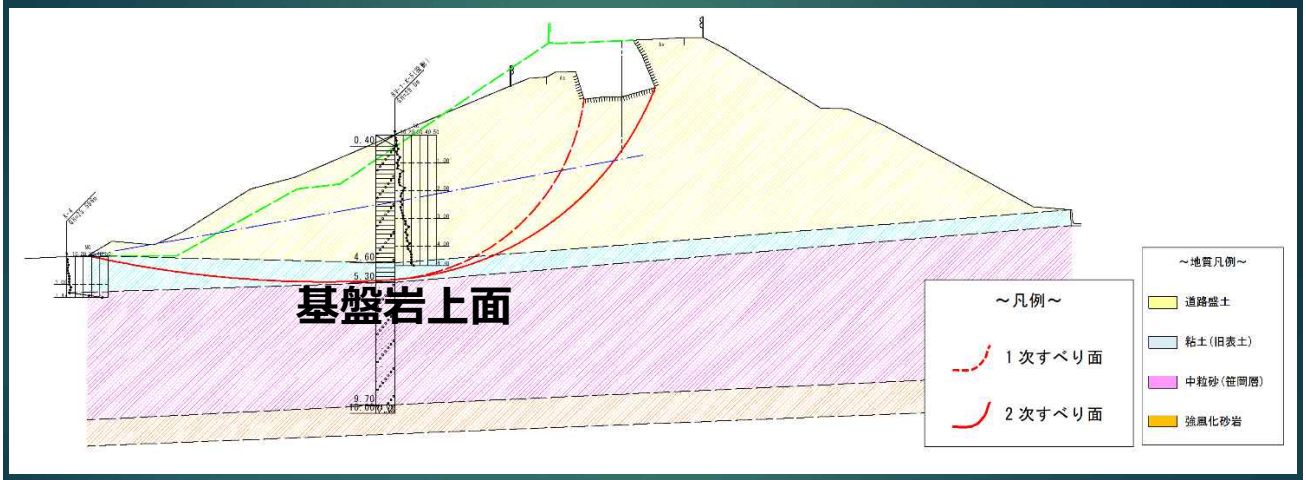


◆地形的特徴



◆地質断面図（すべり面形状）

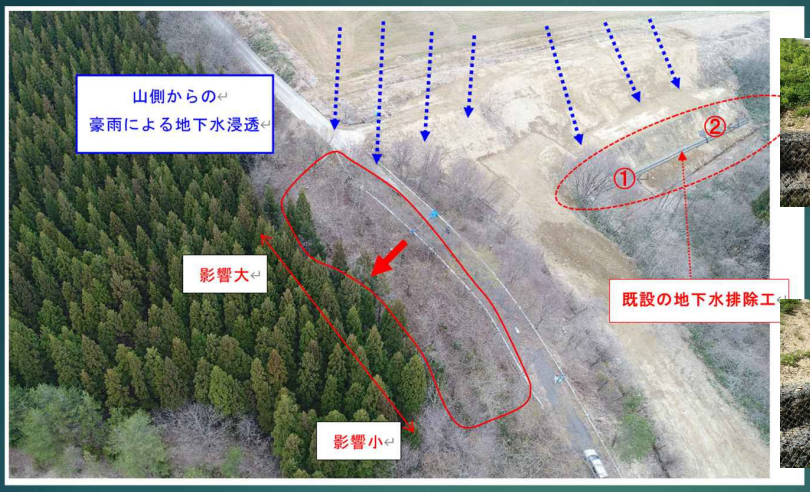
41



・シンプルな円弧すべり

◆本崩壊の特徴

42



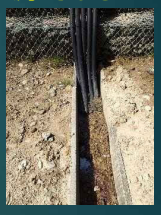




既設地下水排除工

①側の排水が良好である





・既設地下水排除工からの排水状況と、盛土の崩壊状況から、山側からの地下水浸透が影響していることが想定された。

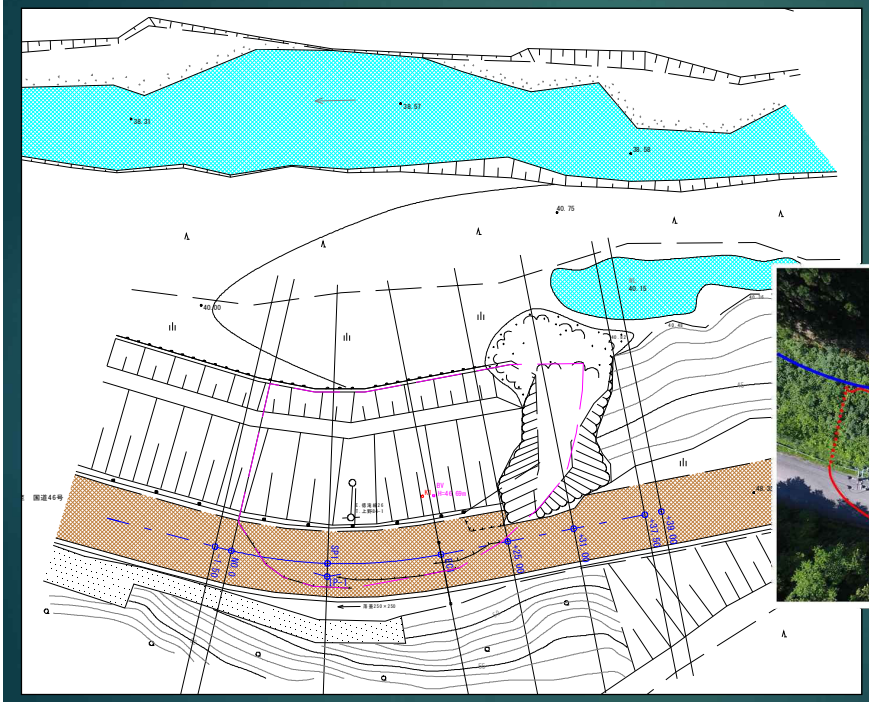
43

盛土崩壊事例⑨

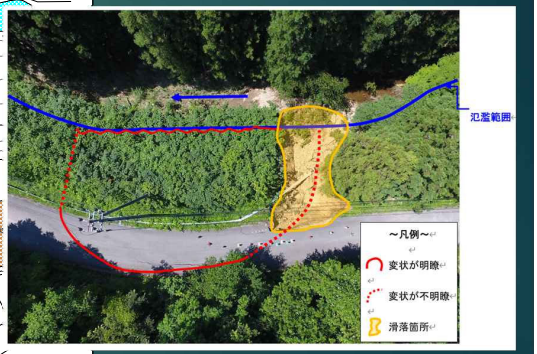
44

崩壊事例⑨

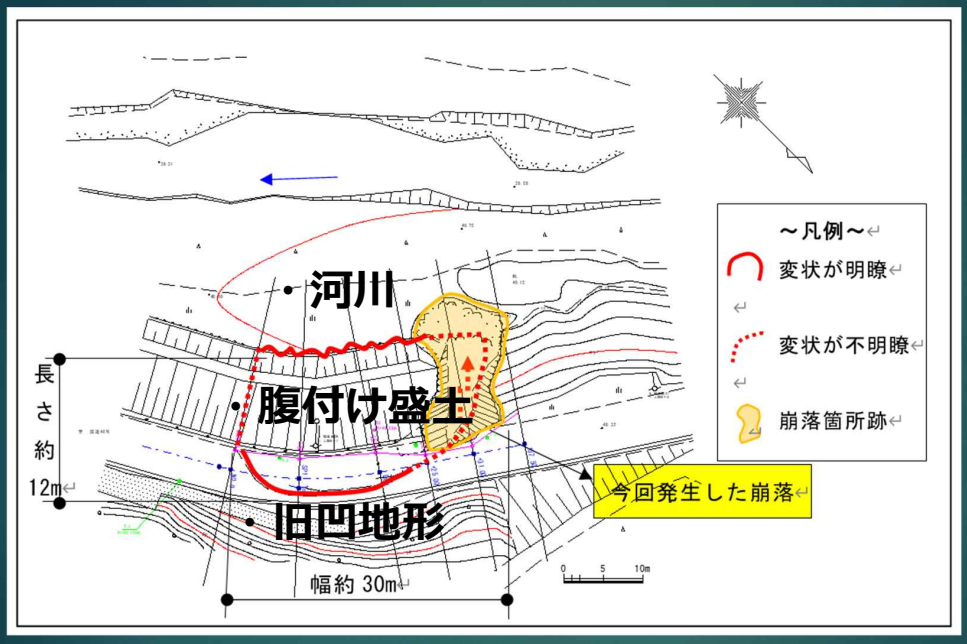
発災：H29.7.22～7.23



【崩壊規模】
崩壊幅：約30m
崩壊長：約12m
崩壊深：約6m

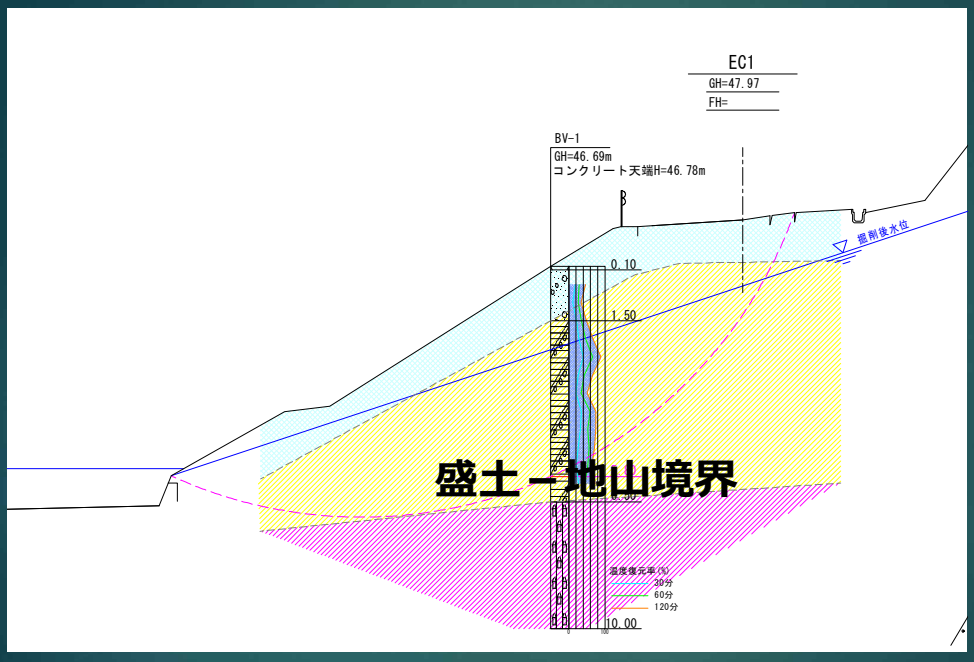


◆地形的特徴



【地形的特徴】
- 旧凹地形
- 腹付け盛土
- 末端に河川

◆地質断面図（すべり面形状）



・シンプルな円弧すべり

◆本崩壊の特徴

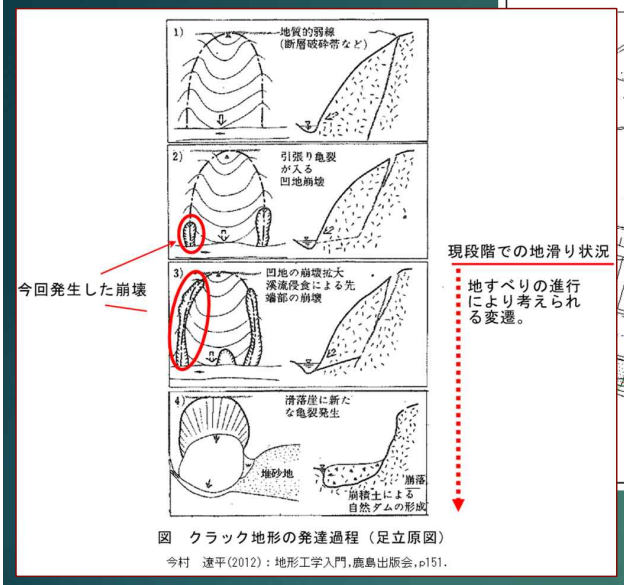
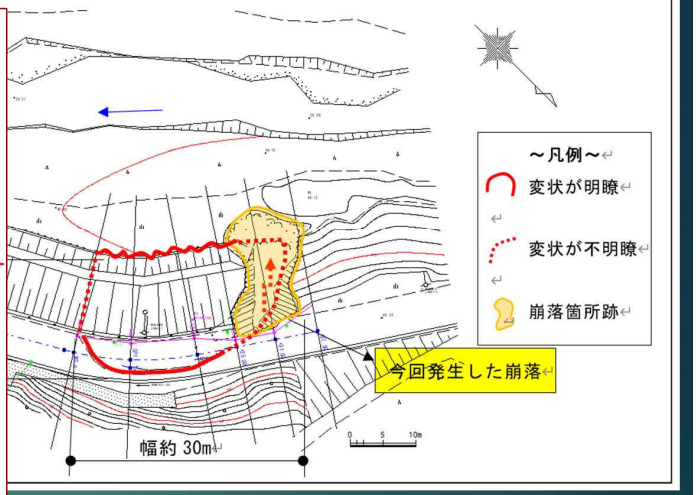


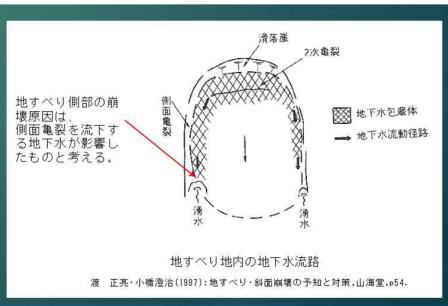
図　クラック地形の発達過程（足立原図）

今村　遼平(2012)：地形工学入門,鹿島出版会,p151.



・地すべりによって形成された亀裂沿いを地下水が流下

・地すべり側部から浸出する際に土砂も流出



地すべり地内の地下水流路

渡　正亮・小橋澄治(1987)：地すべり・斜面崩壊の予知と対策,山海堂,p54.

令和3年度　第1回技術講習会（NPO法人 秋田道路維持支援センター）

48

盛土崩壊事例⑩

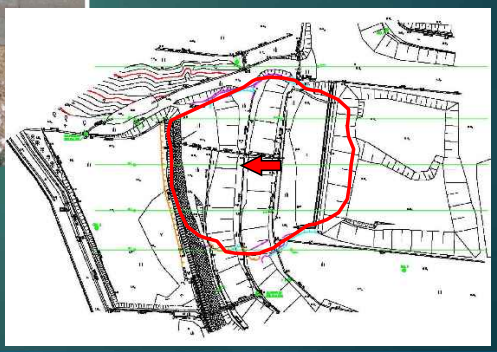
奥山ボーリング株式会社
Okuyama Boring Co.,Ltd.

崩壊事例⑩

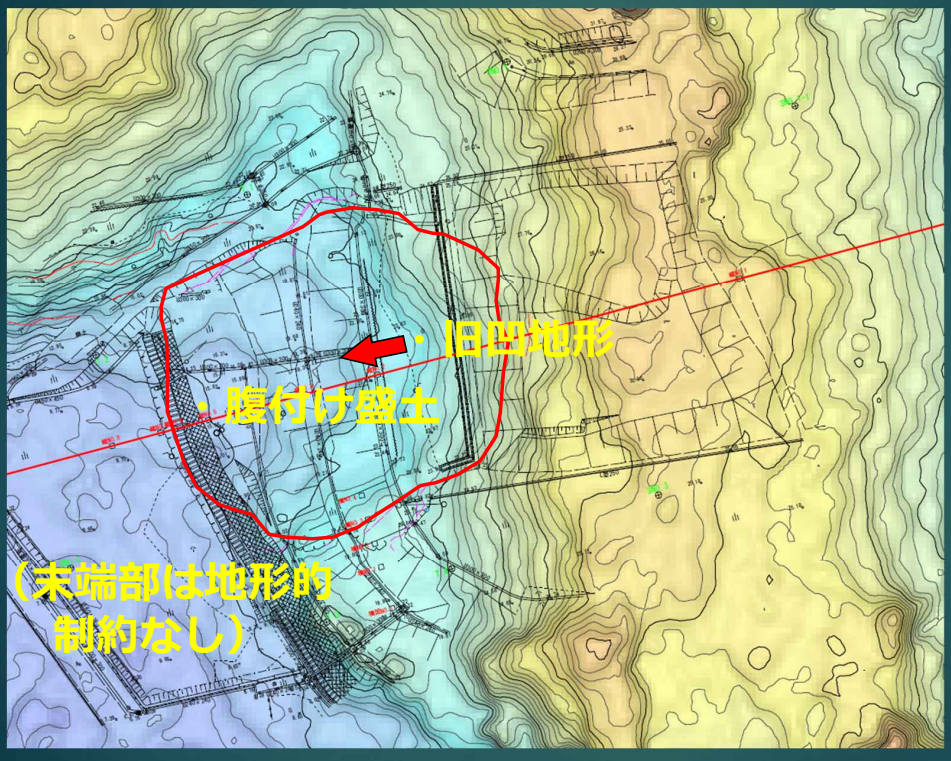
発災：R2.2



【崩壊規模】
崩壊幅：約70m
崩壊長：約75m
崩壊深：約10～12m

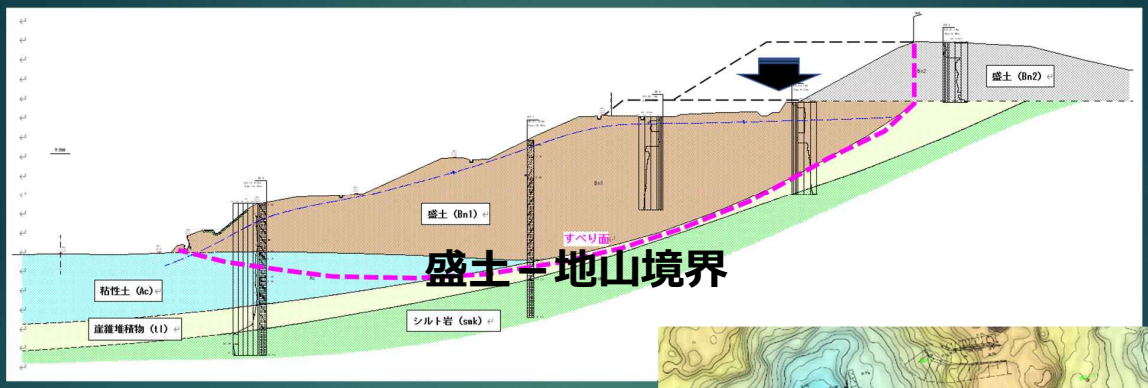


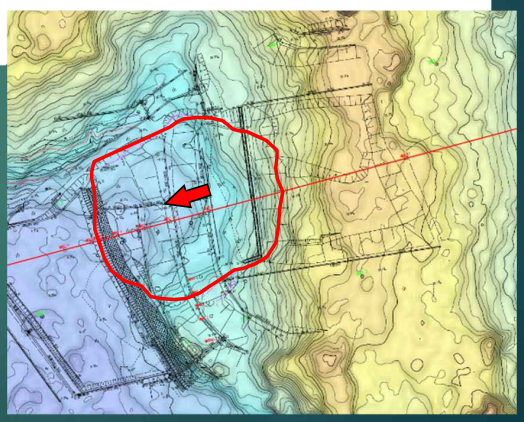
◆地形的特徴



【地形的特徴】
・旧凹地形
・腹付け盛土

◆地質断面図（すべり面形状）

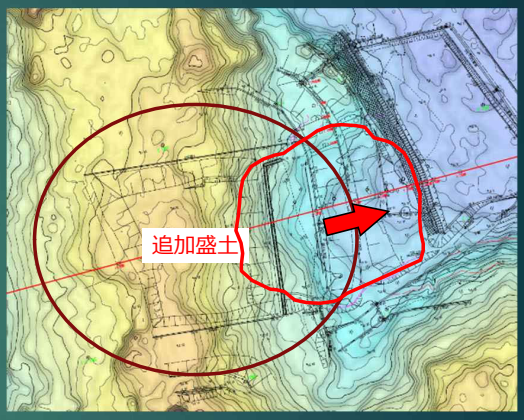




・旧凹地形に沿って形成
・頭部載荷の位置関係
・末端側の基礎地盤は粘性土分布

◆本崩壊の特徴





・当地は切土・盛土で造成された敷地であるが施工から相当年数経過していた。
・偶然？旧凹地形上に盛土した位置に頭部載荷する形で盛土してしまった。
⇒地形改変時は資料調査が重要である。

事例紹介は以上
次に、事例のまとめ



盛土崩壊事例のまとめ

○10件の盛土崩壊事例におけるキーワード整理
（超大雑把なテキストマイニング？）

【地形に関するキーワード】

	盛土形状			山側条件			谷側条件		
事例	谷埋め盛土	腹付け盛土	両盛土	集水地形	旧凹地形	レベルバンク	地形的制約なし	河川	ボトルネック地形
①	○		○	○					○
②	○			○					○
③	○			○					○
④	○					○	○		
⑤	○					○			○
⑥	○	○		○					○
⑦		○		○			○		
⑧			○				○		
⑨		○			○			○	
⑩		○			○		○		
個数	6	4	2	5	2	2	4	1	5

⇒谷埋め盛土、集水地形が多い（一般に言われている通り）



盛土崩壊事例のまとめ

【すべり面の形成位置に関するキーワード】

	基盤岩内		盛土内	地山内	土砂-岩境界
事例	基盤岩強風化部	基盤岩新鮮部	盛土－地山境界	地山軟質部	基盤岩上面
①	○				
②	○				
③			○		
④	○	○			
⑤			○	○	
⑥					○
⑦					○
⑧					○
⑨			○		
⑩			○		
個数	3	1	4	1	3

⇒盛土－地山境界や基盤岩条件が多い（一般的なイメージ）

⇒一方で、基盤岩の強風化部や新鮮部がすべり面となるケースもある



盛土崩壊事例のまとめ

【その他キーワード】

	地質構造	地下水流		火山性堆積物
事例	玄武岩	地下水供給源	パイピングホール	岩屑なだれ堆積物
①	○			
②		○		
③			○	○
⑧		○		
個数	1	2	1	1

⇒盛土背後地の沢からの地下水供給や特徴的な地質条件が影響することもある

【キーワードの登場回数】

【地形関連】

盛土形状	谷埋め盛土	6
	腹付け盛土	4
	両盛土	2
山側条件	集水地形	5
	旧凹地形	2
	レベルバンク	2
谷側条件	地形的制約なし	4
	河川	1
	ボトルネック地形	5

【地質関連】

基盤岩内	基盤岩強風化部	3
	基盤岩新鮮部	1
盛土内	盛土－地山境界	4
地山内	地山軟質部	1
土砂－岩境界	基盤岩上面	3

【その他】

地質構造	玄武岩	1
地下水流	地下水供給源	2
	パイピングホール	1
火山性堆積物	岩屑なだれ堆積物	1
	しらす	1



盛土崩壊事例のまとめ

57

盛土の予防保全に関する主な要領（**土工構造物点検**と防災点検）

【道路土工構造物点検要領】（国土交通省）

別紙１　切土又は盛土を構成する各施設の点検における着眼点

（２）盛土

盛土は、盛土のり面、のり面保護施設（擁壁、補強土等）、排水施設等を含む区域とし、区域全体を対象として点検を行う。施設ごとの点検における視点は以下のとおりである。また、必要に応じて点検に先立ち除草を行うものとする。

（ア）盛土のり面

① のり面の変状（亀裂、段差、はらみだし、浸食、湧水、小崩壊，軟弱化等）

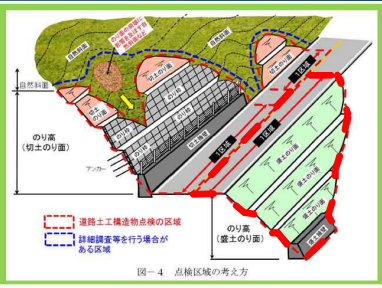
② のり尻付近の変状（亀裂、段差、はらみだし、浸食、湧水、小崩壊、軟弱化等）
③ 路面の変状（亀裂、段差）
④ 路肩部の変状（亀裂、浸食）
⑤ 路面排水施設の状況（閉塞、溢水等）

（イ）擁壁・補強土壁

「（１）切土（エ）擁壁」と同様の着眼点

（ウ）排水施設

「（１）切土（オ）排水施設」と同様の着眼点



図－４　点検区域の考え方

（エ）カルバート

① 化学的侵食による部材断面減少があるもの
② カルバート本体からの漏水が見られるもの
③ 隣接する盛土区間との著しい段差や盛土自体の損傷が見られるもの
④ 継手のずれ、開き、段差があり、カルバート内に水たまりや土砂流入が見られるもの
⑤ 取付け道路面と内部道路面の著しい段差
⑥ ウイング部のコンクリートのうき、剥離、クラック、鉄筋の露出等があるものや、ウイングと擁壁のずれやそこからの土砂流出が見られるもの

⇒いずれも、盛土本体の変状の兆候として顕在化するもの

盛土崩壊事例のまとめ

58

盛土の予防保全に関する主な要領（土工構造物点検と**防災点検**）

【道路防災点検の手引き】（全国地質調査業協会連合会）

5.8.　盛土

（１）評点の考え方

道路盛土部の崩壊は、降雨によるものが多い。降雨による盛土の崩壊は、降雨や地下水の浸透、流水による洗掘等、局部的な集水によるものが支配的である。そのため、点検においては、そのような集水の可能性に着目して現地を調べるものとする。

盛土部上部の自然斜面や切土のり面に降った雨水が流下して路面及び盛土のり面へ到達する片切・片盛部と、路面及び盛土のり面へ達しない両盛土部に大きく分けられる。

両盛土部ついては、盛土の置かれた地形条件により平坦地盛土、傾斜地盛土、渓流横過部盛土及び切盛境盛土の４つに細分される。

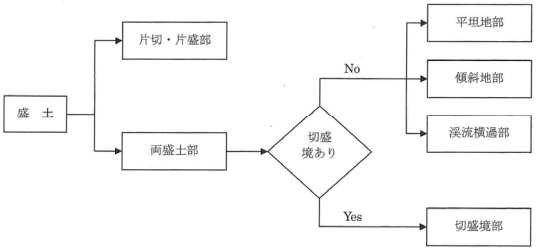


図-5.8.1　盛土条件の区分

詳細な盛土区分は、図-5.8.3 のフローチャートによる。

盛土の評価は、対象盛土に該当する上記の盛土条件によって区分された区間ごとに実施する。集水が誘因となり崩壊を生ずる可能性と災害記録との２つの観点から、その区間の盛土の安定度を評価する。崩壊を生ずる可能性は、その発生要因に基づいた評点に対策工の効果を加えて安定度の評点とする。安定度評点の考え方を以下に示す。

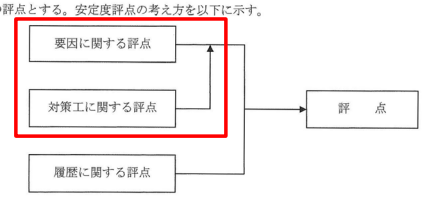


図-5.8.2　「盛土」の安定度評点の考え方

（５）特に注意が必要な盛土について

以下に該当する盛土は特に注意が必要であり、該当する場合には安定度調査表の盛土周辺の状況のチェック欄に記載する。

①地山傾斜地で集水地形上に造成された盛土
②盛土のり尻から測った盛土高が 10m 程度を上回る盛土
③盛土のり尻近傍に民家や避難施設等が存在する盛土

⇒素因となる集水地形を評価時に考慮

盛土崩壊事例のまとめ

盛土の計画、調査、設計、施工、維持管理に必要な着目点

【主に計画段階】

①集水地形なら水対策は必須（現地踏査、地形図）

【主に変状発生時や維持管理段階】

②盛土以前の地形はどうか（空中写真や設計図等の資料調査）

③対策検討時のすべり面は適切か（地質調査は基盤岩まで疑う）

④のり面だけでなく、背後地や側部などの周辺に変状の兆候は見られないか（広域な現地踏査）

【主に崩壊後対策検討時や維持管理段階】

⑤地下水対策の対象とする地下水や供給源となる地表水を把握できているか（地質調査、地下水調査）



今後の課題

　将来も含めた盛土構造物の健全性は、当然のことながら「**水**」**に強く影響を受ける。**ここまで紹介した崩壊事例を踏まえ、今後の課題とその対応について提案する。

①降雨や融雪（外的要因）

・既設盛土構造物の地下水対策としては、おそらく「暗渠工」程度、あっても「水平排水層」と思われる。

・これでは、仮に施設そのものが健全だったとしても近年多発している集中豪雨に対しては相対的に安全性が低下している状況と言える。

・さらに、地下水排除工による盛土補強や変状対策を技術指針や要領に沿って計画した場合、条件によっては工費に見合う効果が得られないケースもある（水がでない。。水みちに当たらない。。。など）。

【提案】旧地形や地下水供給源を考慮した排水対策、例えば面的計画や地下水位上昇対策としてのり尻への砕石盛土等の計画を検討するべきではないか。



今後の課題

②安定解析方法（まだ難しい課題）

・盛土の安定検討は現在も二次元が主。また、崩壊が発生した際に行う再現解析は仮定安全率から逆算とする場合が多い（場合によって強度を低減）。

・現状は、事前の調査解析で「安定」とされても崩壊している＝適切な事前評価ができていない状態と言えるのではないか。

【提案】当然であるが実際の崩壊形状は三次元形状であり、地形の影響や側部抵抗の有無も無視できないはず。

現況の最小安全率による解析は平地に盛土した場は問題ないが谷埋め盛土の場合はすべり面形状を含めて解析上の難しい課題を残している。

したがって、ギャップを解消していくには、地形およびすべり面を三次元で解析する手法を取り入れていく必要があるのではないか。



令和3年度　第1回技術講習会（NPO法人 秋田道路維持支援センター）

今後の課題

③地下水流動（まだ難しい課題）

・盛土の崩壊事例を見ると（今回のケース以外でも）、崩壊地源頭部にパイピングホールが確認されることが多い。

・河川堤防の破堤メカニズムの一つとしてパイピングがあるが、盛土崩壊地源頭部にパイピングホールがあることは、地下水流により道路盛土や造成盛土、自然斜面でも発生することを示している。

【提案】道路や造成盛土構造物でも安定度を支配する要因であり、今後の調査・設計においてパイピングを留意する必要があると考える。

崩壊機構とパイピングの詳細な関連性やパイピングホールの形成に関与する土質特性、地下水特性など、今後解明していくことが必要。



奥山ボーリング株式会社
Okuyama Boring Co.,Ltd.

以上です。
ご清聴ありがとうございました。

