

## 第4章 小原地区

### 4.1 被災概要

#### (1) 崩壊の発生箇所

小原地区(東臼杵郡椎葉村大字不土野)で崩壊した残土処理場は、県発注の林道十根川～三方界線の開設工事に伴い、発生した残土の処理場として、2000(H12)年、2008(H20)年及び 2009(H21)年度に造成したものである。

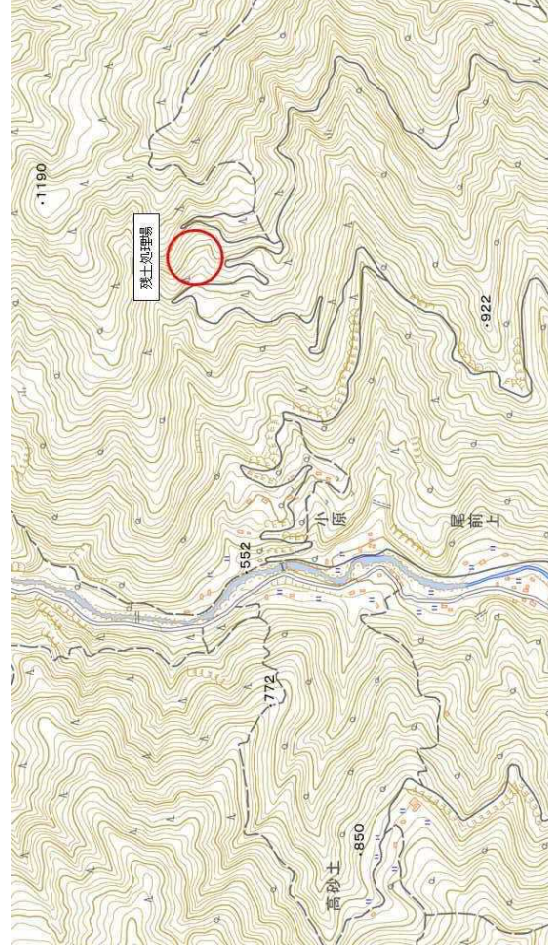


図 4.1-1 位置図



図 4.1-2 位置図 (航空写真)

## (2) 降雨の状況

宮崎地方気象台によると、椎葉村椎葉では、2022(R4)年台風第14号の接近に伴い、9月15日の降り始めから19日までの総雨量は、627.0 mmを記録している。また、宮崎県県土整備部が所管する雨量計によると、椎葉村尾前で、9月18日の午前4時から24時間雨量で、507.0 mmの最大雨量を記録している。

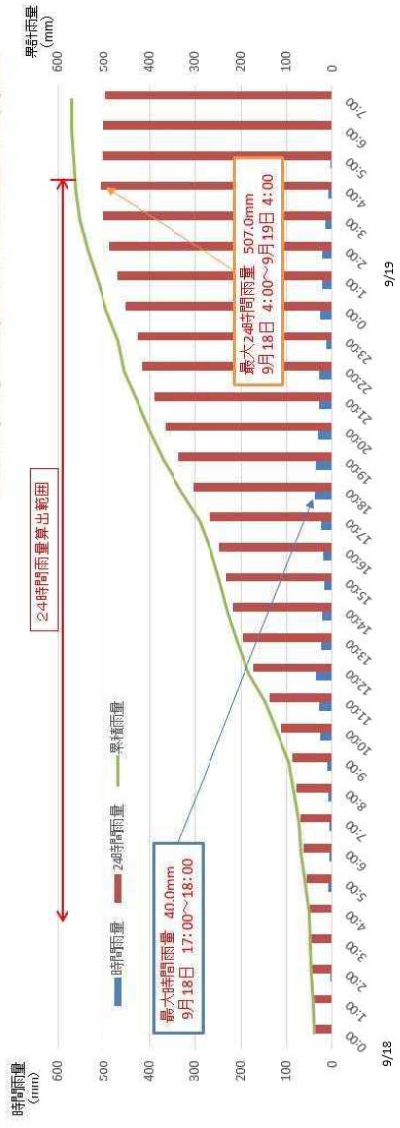


図 4.1-3 降雨状況（尾前観測所）

### (3) 崩壊の発生状況

9月18日から19日の未明にかけて、残土処理場の一部、林道十根川～三方界線及び村道尾前小原線のそれぞれが崩壊し、それらの崩壊土砂、溪床溪岸侵食土砂が土石流となって流下し、その一部が天然水製造工場敷地内に流入した。また、2005(H17)年度災害関連緊急治山事業により設置した谷止工(コンクリート製治山ダム:L=41.0m、H=10.0m)、2009(H21)年度水源地域整備事業により設置した谷止工(コンクリート製治山ダム:L=26.4m、H=8.0m)が崩壊し、押し流されるとともに、最下流の村道尾前下線の鋼橋を落橋させた。

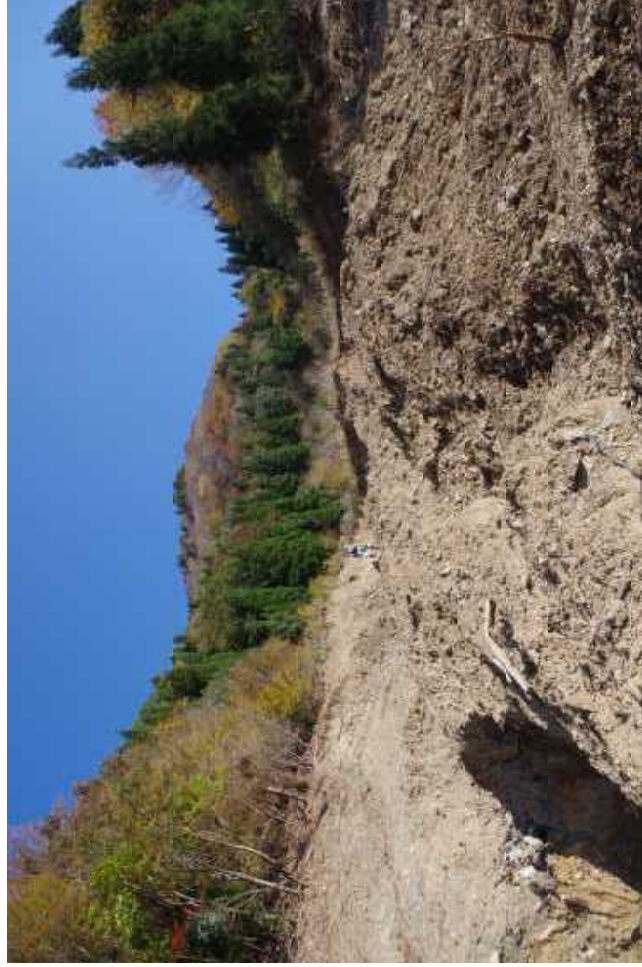


小原地区の崩壊状況(全景)





残土処理場、林道及び村道の崩壊状況(全景)



残土処理場の崩壊状況(近景)





谷止工崩壊状況(工場上流部)



谷止工崩壊状況(下流部)





天然水製造工場への土砂流入状況



村道鋼橋崩落状況(最下流部)



## 4.2 調査結果

### (1) 残土処理場の計画・施工経緯の整理

宮崎県延岡総合庁舎(東臼杵農林振興局)において、2023(R5)年2月7日に、環境森林部自然環境課技術管理担当2名により、北又江の原地区(東臼杵郡美郷町南郷神門字北又江の原)及び小原地区(東臼杵郡椎葉村大字不土野字小原)における残土処理場の選定の過程、設計の妥当性に重点を置いて、測量設計委託業務、実施設計に関し検証を行った。

小原地区の検証については、計画及び施工年度が 2000(H12)、2008(H20)、2009(H21)年度と古く、県における書類の保存期間を過ぎており、当該工事に係る設計図書等がなかったことから、施工時期の最も近い同一路線・工区の 2012(H24)年度事業の設計図書を検証した。

### (a) 計画・設計の検証

#### ① 残土処理場選定の過程

森林基幹林道十根川～三方界線は、1985(S60)年に林道内ノ八重線を編入し、国道 265 号に接する鹿野遊橋を起点とし、村道椎葉・矢部線の境谷を終点とする総延長 34.1Km の林道であり、1986(S61)年度に新規路線として、事業を実施する際に必要な全体計画調査を実施し、1987(S62)年度から開設工事を実施している。

当該残土処理場は、2000(H12)年、2008(H20)年及び 2009(H21)年度の森林基幹道開設事業十根川～三方界線(3工区)開設工事に伴い、発生した残土を処理するため、本線内において造成したものである。

2000(H12)年当時の県担当者への聞き取りの結果、本線の開設区間は、全線に亘って全体的に地形が急峻で、本線以外においても残土を処理する場所がないことから、椎葉村において、当該地を残土処理の候補地として選定するとともに、県において、地形が比較的緩やかで、常水が確認されなかったこと等、現地確認を行ったうえで、当該地を残土処理場の適地として決定していた。

#### ② 設計の妥当性

施工後 10 年以上が経過し、書類の保存期間を超過していたため、設計図書等がなく、残土処理施設の工種・数量等の確認ができなかったことから、施工時期の最も近い同一路線・工区の 2012(H24)年度事業の設計図書や関係書類等を基に、設計の妥当性について検証を行った。

その結果、残土処理の設計については、全ての工種において、当時把握されていた現地状況及び技術基準等(※2)にもとづき適正に設計されていることが確認できた(表 4.2-1)ことから、同一の受託測量設計業者が当時設計を行っていたことなどを総合的に考慮すると、同様の基準で当時設計されていたことが推測され、適正に設計がなされていたものと考えられる。

(※2)「林道必修技術編」及び「森林土木事業(治山・林道)設計積算要領(宮崎県環境森林部)」の技術基準を適用して設計(第2回委員会(R4.12.16開催)資料3にて説明)

表 4.2-1 小原地区1号残土処理場設計概要

区分	細区分	規格等	平成24年度施工		合計	
			数量	単位	数量	単位
残土処理	残土処理量		6,083.0	m <sup>3</sup>	6,083.0	m <sup>3</sup>
法面工	植生土のう張り	1 m当たり2枚	14.0	枚	14.0	枚
	種子吹付工			m <sup>2</sup>	0.0	m <sup>2</sup>
丸太筋工	丸太筋工	丸太筋工 I 横木1本重株入	117.0	m	117.0	m
排水工						
		コルゲートアリュウム	350×350	t = 1.6mm	5.0	m
		U字アリュウム	200		0.0	m
		//	200	据付けのみ	0.0	m
		//	200	撤去	0.0	m
		//	200	敷設替え	0.0	m
	//	250	新設	0.0	m	



## (b) 施工の検証

今回、崩壊した残土処理場は、県発注の林道十根川～三方界線の開設工事に伴い、発生した残土の処理場として、2000(H12)年、2008(H20)年及び2009(H21)年度に造成したものである。

崩壊した残土処理場は、施工後、10年以上が経過し、書類の保存期間を超過していたため、設計図書等が残っており、施工時の残土処理施設の工程・数量等の確認はできないが、当時の受注者(現場代理人)が平成24年度整備交付金事業十根川～三方界線(3工区)で、残土処理場を施工しており、設計図書等も確認されたことから、この関係書類を検証することで、平成20年度の施工状況を推察することとした。

検証は、2023(R5)年1月27日に、宮崎県延岡総合庁舎(東臼杵農林振興局)において、環境森林部、農政水産部及び県土整備部の工事検査の共管機関である工事検査課の工事検査専門員2名により、検証が行われた。

検証に当たっては、宮崎県環境森林部所管工事共通仕様書(2012(H24)年4月)に照らし、設計図書、施工状況写真、工事記録等を確認するなどして、盛土工、法面整形工の施工が適切であるかに重点を置いた。

### ① 盛土工

#### ①-1 盛土の滑動防止

「受注者は、1:4より急な勾配を有する地盤上に盛土を行う場合には、特に指示する場を除き、段切を行い、盛土と現地地盤との密着を図り、滑動を防止しなければならない」とされており、施工状況写真から盛土を行う際の基礎地盤の段切りを確認した。

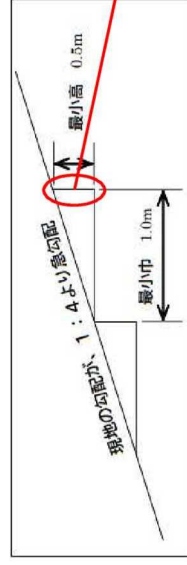


図2-1 盛土基礎地盤の段切り

共通仕様書



段切り状況

### ①-2 一層の仕上がり厚

「受注者は、盛土工の施工において、一層の仕上がり厚を 30 cm 以下とし、平坦に締めめなければならない」とされており、施工計画書及び施工状況写真から一層仕上がり厚が 30 cm 以下で締めめられていること等を確認した。



1 巻出し前



2 巻出し状況



3 巻出し完了



4 巻出し完了(接写)



5 締めめ状況



6 締めめ完了



7 締めめ完了(接写)



表面沈下量・盛土厚さ測定結果および締固め度一覧表

転圧回数 (回)	盛土筋								
	0	1	2	3	4	5	6	7	
表面沈下量 (mm)	① 0	0	62	8	15	7	4	6	0
	② 0	0	49	21	5	5	4	1	0
平均表面沈下量 (mm)	0	0	55	14	10	6	4	3	0
平均盛土厚さ (mm)	405	405	350	336	326	320	316	313	313
締固め度 (%)				84.9			91.7		93.2

【試験盛土結果による転圧回数、まき出し厚さの決定】

・転圧回数の決定  
管理密度(最大乾燥密度の85%以上)を満足する転圧回数： 5 回以上となる。  
(但し、転圧3回以上の場合は、安全側に5回以上とする。)

・必要まき出し厚さの決定 (仕上がり厚さ 30 cm)  
30 cmの仕上がり厚に必要なまき出し厚さは、試験盛土の平均まき出し厚さと転圧後の盛土厚さの関係(転圧後の盛土厚Ds：平均まき出し厚D<sub>0</sub>=目標仕上がり厚Y:Yの必要まき出し厚X)から、次式により算出する。  
管理密度(最大乾燥密度の85%以上)を満足する 5 回転圧完了後の盛土厚は、316 mmであるから、

$$\text{まき出し厚さ } X = \frac{D_0 \times Y}{D_s} = \frac{405 \times 300}{316} = 384 \therefore 38 \text{ cm (小数以下切り上げ)}$$

よって、仕上がり厚さ 30 cmに対する必要まき出し厚さは 38 cmとして、 5 回転圧とする。

①-3 石が混入する盛土材料の処置

「受注者は、盛土材料に石が混入する場合には、その施工にあたって石が1箇所に集まらないようにしなければならぬ」とされており、施工状況写真から石が1箇所に集まらないよう適切に施工されていること等を確認した。



運搬状況(土砂運搬)



運搬状況(岩石運搬)

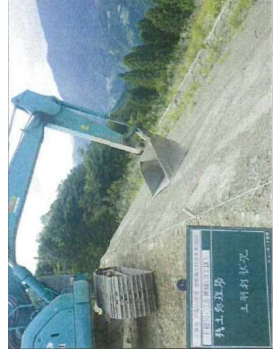
② 法面整形工

②-1 盛土の法面崩壊の防止

「受注者は、盛土部法面整形の施工にあたり、法面の崩壊が起こらないように締めを行わなければならぬ」とされており、施工状況写真からバックホウによる適切な削り取り整形がなされていることを確認した。



法面整形状況①



法面整形状況②

②-2 平場仕上げの排水処理

「受注者は、平場仕上げの施工にあたり、平坦に締固め、排水が良好に行うようにしなければならぬ」とされており、施工状況写真から排水が適切に施工されていること等を確認した。



平場仕上げ状況(最上部)



排水施設状況(縦排水)

③ 施工の妥当性

2012(H24)年度道整備交付金事業十根川～三方界線(3工区)における残土処理場に係る施工については、宮崎県環境森林部所管工事共通仕様書(2017(H29)年4月)に基づき適切に施工されていることを認めた。

検証項目		平成24年度工事	
		評価	見
盛土工	①盛土の滑動防止		
	②一層の仕上がり厚	○	
	③狭隘箇所等の締固め	○	
	④石が混入する盛土材料の処置	○	・仕様書に基づき適切に施工されている。
	⑤作業終了時の排水処理	○	
法面整形工	①盛土の法面崩壊の防止	○	
	②平場仕上げの排水処理	○	
暗渠工	①施工勾配	—	(該当なし)
	②埋戻し	—	

## (2) 地形及び地質

当地区は、秩父帯の付加体で、中生代中期から後期ジュラ紀に形成された砂岩とチャートが交互に堆積する整然とした地層で、希に泥岩が挟まれている。チャートは珪質の殻を持った微生物が堆積して形成された岩石で、ガラス質で水を通さず、砂岩も生成年代が古いことから、堅くて水を通し難い特徴があり、両岩石とも風化、侵食に強い。(図 4.2-1)

また、当地区は、古い時代の地層が長期間隆起し、長期に亘り、侵食を受けて形成されたため、急峻な地形となっている。谷も発達し、幅の狭い、傾斜の大きいものが多く見受けられる。崩壊した残土処理場の谷は、比較的幅が広く、やや傾斜の緩い谷であることから、崖錐や流下する土砂が堆積しやすい地形を成しており、後で述べるように、大きさの異なる礫が存在していたと推定される。



土地分類基本調査 5 万分の 1 「鞍岡」 表層地質図(宮崎県 2009)より 岩石説明は産総研シームレス地質図による

図 4.2-1 5 万分の 1 「鞍岡」 表層地質図



### (3) 崩壊土量・溪床溪岸侵食土量及び堆積土量

崩壊土量等は、国土地理院の被災前の航空レーザー測量データ(2012(H24)年)及び残土処理場を施工した受注者の完成時施工管理測量データと被災後のドローンレーザー計測による点群測量結果により、地形差の解析を行い、崩壊土量・溪床溪岸侵食土量及び堆積土量を算定した。

その結果、残土処理場がある最上部の約 100m 区間に係る崩壊土量は、約 12,400 m<sup>3</sup>、溪床溪岸侵食土量は、約 7,600 m<sup>3</sup>となり、下流域へ流出した土量は、合計約 20,000 m<sup>3</sup>となった。

また、上記の残土処理場がある最上部の約 100m 区間からの流出土量約 12,400 m<sup>3</sup>のほか、最下流まで含めた溪流区間の溪床溪岸侵食土量は約 54,900 m<sup>3</sup>となり、合計約 67,300 m<sup>3</sup>で、一方で溪流内には約 6,000 m<sup>3</sup>が堆積していることが分かった。

参照 崩壊土・溪床溪岸侵食土・堆積土数量計算表(小原地区)

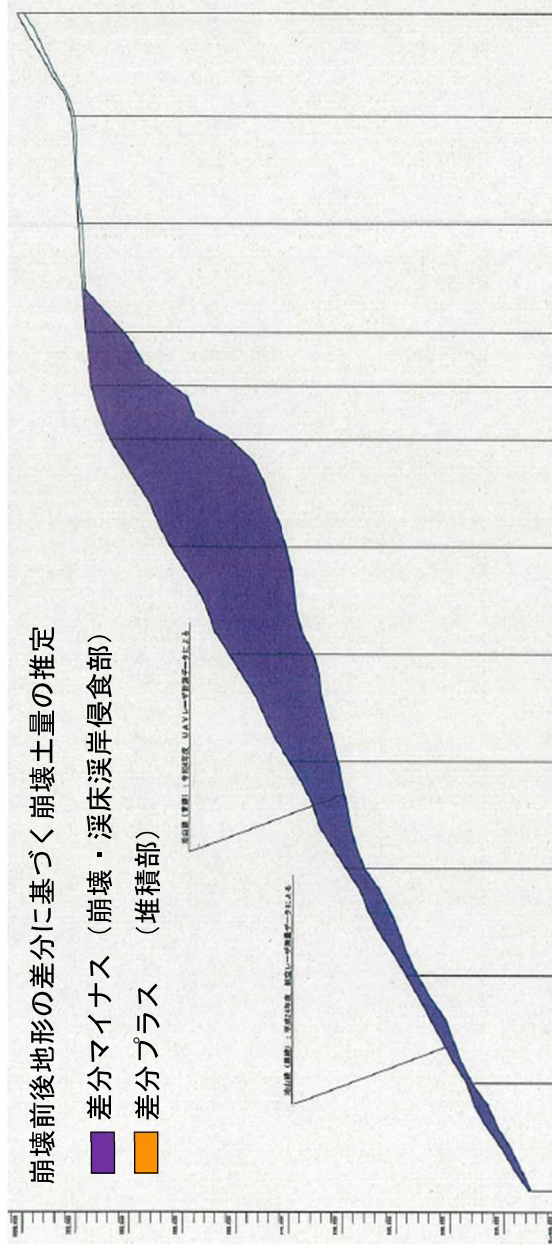


図 4.2-2 崩壊土量・溪床溪岸侵食土量及び堆積土量の推定概要図

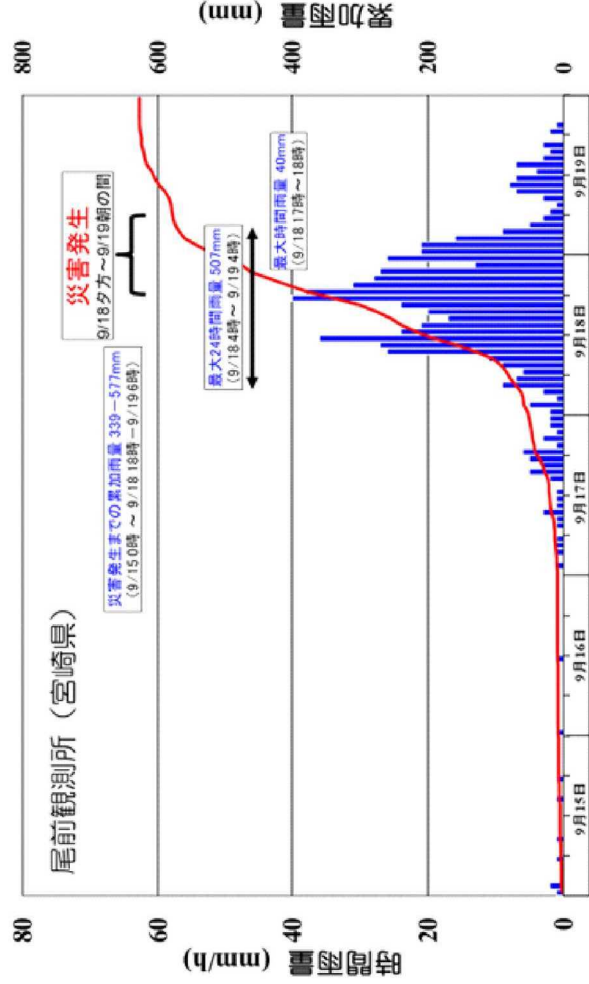
#### (4) 水文調査及び地表地質踏査

##### ① 現地調査

2022(R4)年 11 月 9 日に被害状況調査、地形・地質調査及び 2022(R4)年 11 月 30 日に水文調査、地形・地質調査を行った。

##### ② 降雨状況

降り始めの 2022(R4)年 9 月 15 日から 9 月 19 日の総雨量が 627 mm を超える記録的な降雨が観測された。(図 4.2-3)



最大時間雨量 40mm (9/18 17 時～18 時)

最大 24 時間雨量 507mm (9/18 4 時～ 9/19 4 時) 日雨量 451mm (9/18)

災害発生までの累加雨量 339—577mm

(9/15 0 時 ～ 9/18 18 時—9/19 6 時)

9/15～9/19 の総雨量 627mm

図 4.2-3 降雨状況 (尾前観測所)



### ③ 地形及び地質

当地区一帯は急峻な地形であり、地質は、秩父帯の付加体地質で、岩石は砂岩が主体であり、破碎が著しい箇所が見受けられる。(図 4.2-4)

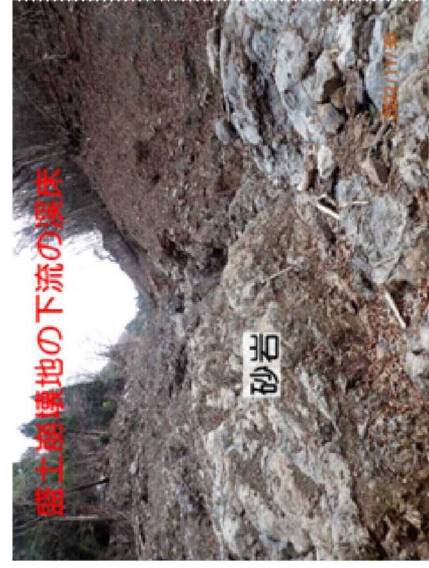


図 4.2-4 残土処理場の崩壊により直下に現れた砂岩

崩壊した残土処理場付近は、等高線が乱れ、斜面中腹は、緩傾斜が広がる等、いわゆる「地すべり地形」を呈している。(図 4.2-5)

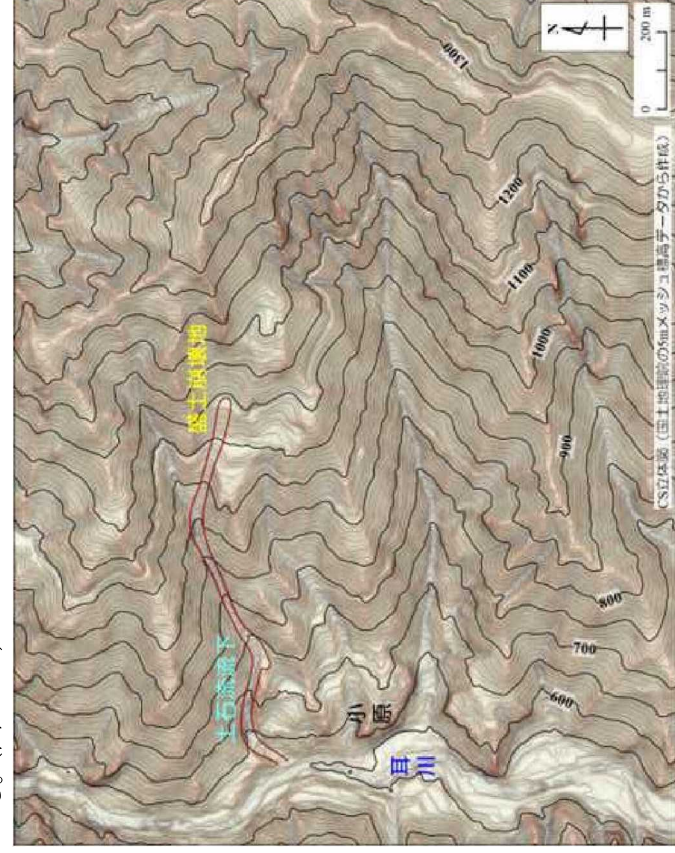


図 4.2-5 崩壊した残土処理場周辺の地形

崩壊した残土処理場の底部や土砂が流下した溪流内には、過去に移動した崖錐堆積物や厚い溪床堆積物があり、過去に繰り返し、崩壊や土石流等の土砂移動があったことが伺える。(図 4.2-6)

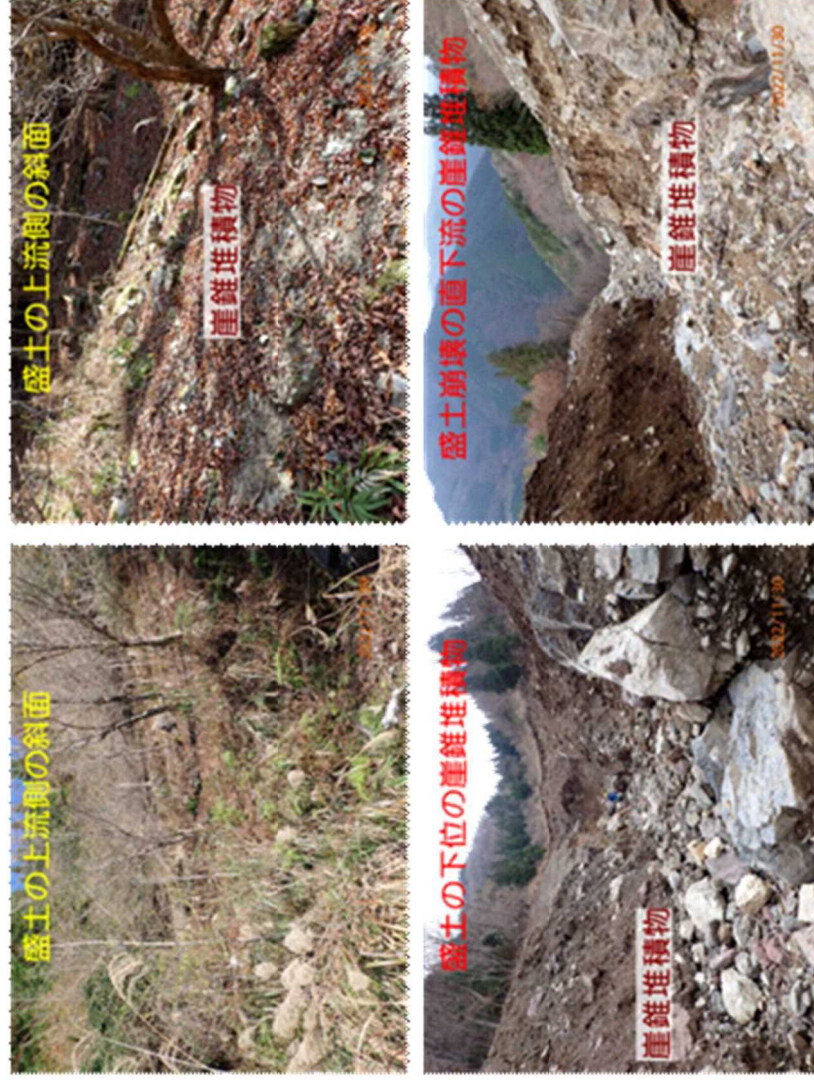


図 4.2-6 崩壊した残土処理場周辺の崖錐堆積物

なお、椎葉村では、2005(R17)年の台風第 14 号豪雨の影響により深層崩壊が発生しており、集中豪雨による崩壊が起こり易い地区となっている。今回の崩壊に関して、盛土の残った部分や周辺の地表面に侵食の形跡は確認できなかった。

#### ④ 既往の災害状況

これまでの災害履歴によると、小原地区一带は 800mm を超える降雨があると、大規模な崩壊(深層崩壊)が起きている。近年では 2005(H17)年台風第 14 号の大雨により、椎葉村や美郷町において、複数の深層崩壊が発生しており、今回、残土処理場が崩壊した溪流は 2005(H17)年にも土石流災害が発生していた。



## ⑤ 崩壊状況

崩壊した残土処理場は、崖錐堆積物が分布する谷の上部付近に林道開設工事で生じた土砂を処理するため、盛土が行われたものである。現在、崩壊せず残存している残土処理場の天端に亀裂等が確認されていないため、今後、残存部分が直ちに再崩壊するおそれはないと判断された。

また、残存部分に表面侵食の痕跡が確認されなかったことから、表面水が起因する崩壊ではないと判断される。

今回の崩壊は、残土処理場及びその底部の崖錐堆積物が崩壊し、土石流となって溪床及び溪岸を侵食しながら流下し、その途中、土石流の一部が左岸側の小さな溪岸の尾根を乗り越えて、天然水製工場敷地内にある資材倉庫を破損させた。また、本溪流を流下した土石流は、設置された谷止工2基を破壊、破損させるとともに、さらに、最下流の村道の鋼橋を落橋させ、耳川に流れ込んだ。

## ⑥ 溪流の流量測定等

### ⑥-1 水文調査方法

無降雨が継続している条件の中、溪床に基盤岩が露出している箇所等、溪流水が伏流していない箇所において、流量を計測した。

なお、計測方法は北又江の原地区で実施した内容と同様である。(図 3.2-5)

### ⑥-2 水文調査結果

図 4.2-7 は、小流域の下流端において水文調査を実施している状況である。



図 4.2-7 崩壊地下流における溪流水の流量、電気伝導度等の測定状況

表 4.2-2 は、水文調査結果をまとめたものであり、図 4.2-8 は、調査測点の位置と比流量を CS 立体図に表示したものである。

表 4.2-2 水文調査結果

測点番号	測定年月日時分	緯度	経度	標高 m	流量 l/s	EC mS/m	pH	水温 °C	水温 °C	SiO <sub>2</sub> 濃度 mg/l	地形的流域面積 km <sup>2</sup>	比流量 l/s km <sup>2</sup>	比流量 m <sup>3</sup> /s km <sup>2</sup>	備考
1	202211301157	32.51268296	131.08208450	872	0.77	4.3	6.4	10.6	13.4	9	0.109	7	0.007	盛土が崩壊した直下流において砂岩の岩盤上で流量測定、伏流なし
2	202211301133	32.51290429	131.08199357	869	0.81	4.0	6.2	11.8	16.6	12	0.141	6	0.006	測点1の隣りの渓流、砂岩の岩盤上で流量測定、伏流なし
3	202211301520	32.51040197	131.08021933	751	0.30	6.9	6.1	13.0	15.4	10	0.081	4	0.004	床固工の外排きパイプで流量測定、伏流なし
4	202211301447	32.50797600	131.08515500	831	0.48	4.4	6.6	12.1	15.0	10	0.446	1	0.001	治山ダムの水抜きパイプで流量測定、伏流なし
5	202211301541	32.51070983	131.07490890	561	-	6.6	5.9	11.3	16.6	11	0.443	-	-	田川に合流する直上流、流量測定できず

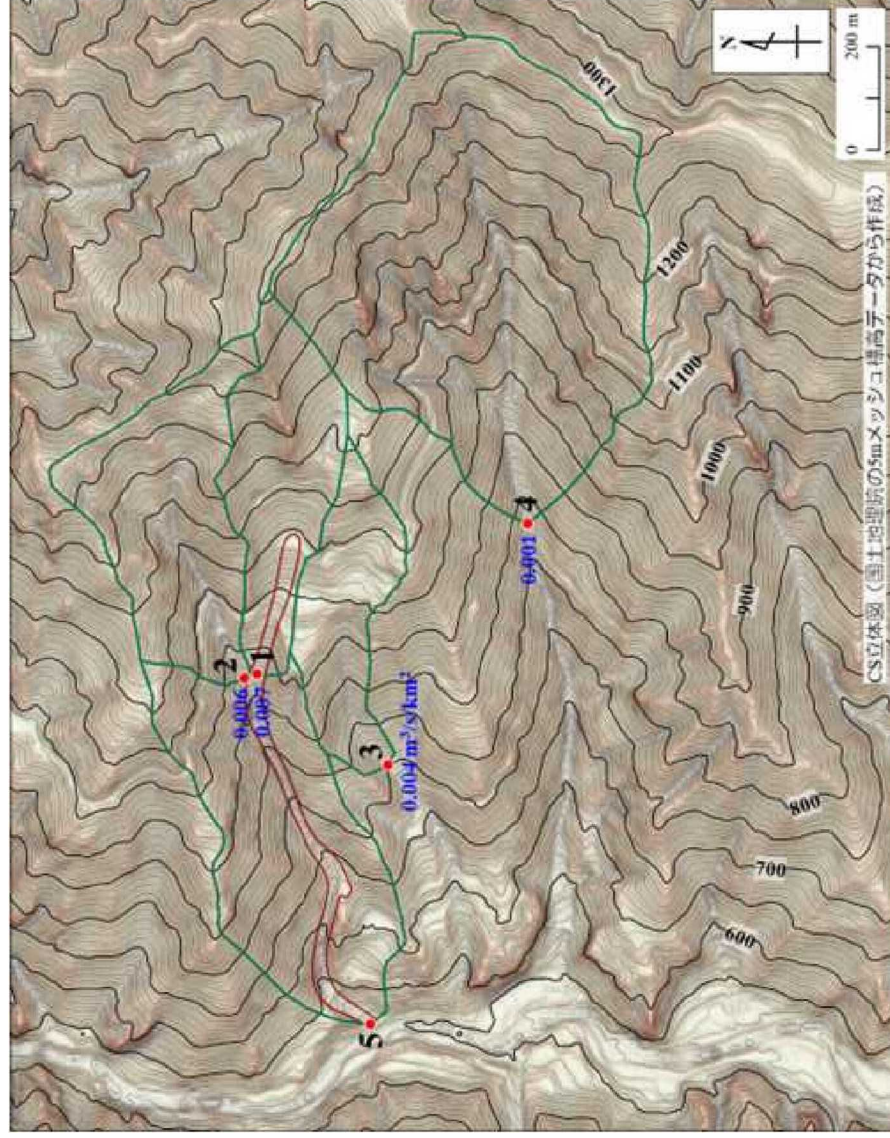


図 4.2-8 溪流の比流量の分布(1～5は表1の測点番号)



調査した5か所における渓流水の電気伝導率(EC)やシリカ(SiO<sub>2</sub>)濃度は、秩父帯の付加体地質の山地で観測される一般的な値を示しており、場所による違いはなく、pH 値も標準的な値を示している一方、比流量は、溪流によって大きな違いがみられる。

流量の測定結果は、表 4.2-2 のとおりで、測点1の崩壊地付近の比流量が大きいことから、流域は地形的流域界より広い水文的流域界に規制された隣接流域からも地下水が広範囲に集まっていることが推定された。崩壊発生から3日後の9月21日に宮崎県が撮影した写真、図 4.2-9 では、崖錐堆積物上を表面水が流下していることが確認できる。通常、水は、崖錐堆積物の中を伏流しているが、飽和して地表を流れていることから、被災時は相当量の地下水が集中し、地下水位が上昇していたことが分かる貴重な写真である。

更に、崩壊発生時は、多量の地下水が崖錐堆積物内を流動していたことが推測される。

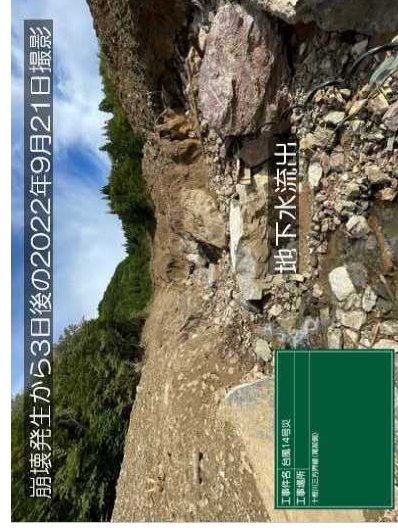


図 4.2-9 残土処理場崩壊箇所における地下水流出状況

左写真 崩壊発生から3日後の2022(R4)年9月21日に宮崎県撮影

残土処理場崩壊箇所には多量の地下水が集中していたことが推測される。

右写真 2022(R4)年11月30日に撮影、流水はみられない。

地下水は崖錐堆積物内を伏流して下流で湧出している。

### (5) 土質試験

土質試験は、現場密度試験を行った3箇所を試料を採取し、土質試験、粒度試験、土質試験、透水試験及び三軸圧縮試験を行った。(表 4.2-3)

工学的な材料としての残土処理場の盛土の分類は、日本統一土質分類によると、「細粒分質砂質礫」に分類され、これは、一般的な盛土材料としては、非常に良質な材料に分類され、締固めも良くできる材料である。一般的に道路土工に使うには非常に良い材料に分類される。

透水性については、透水係数が  $3.33 \times 10^{-5} \text{m/s}$  となっており、北又江の原地区よりもやや大きく、細粒土よりも大きく、きれいな礫よりも小さく中程度となる。

強度定数としては、粘着力 ( $c'$ ) =  $1.4 \text{kN/m}^2$ 、内部摩擦角 ( $\phi'$ ) =  $31.3^\circ$  で、北又江の原地区の材料とは、値が異なるが、そこまで大きな違いはない。特に、着目すべき事項は、締固め度で、締まり具合が北又江の原地区の盛土に比べて、非常に緩い状態になっている。当地区の現場密度試験は、盛土部の殆どが崩壊していたため、残存部分で行った。結果、締固め度の最大値は89.6%、最小値は71.7%で、平均値が80.2%となり、非常に低い締固め度となっていた。

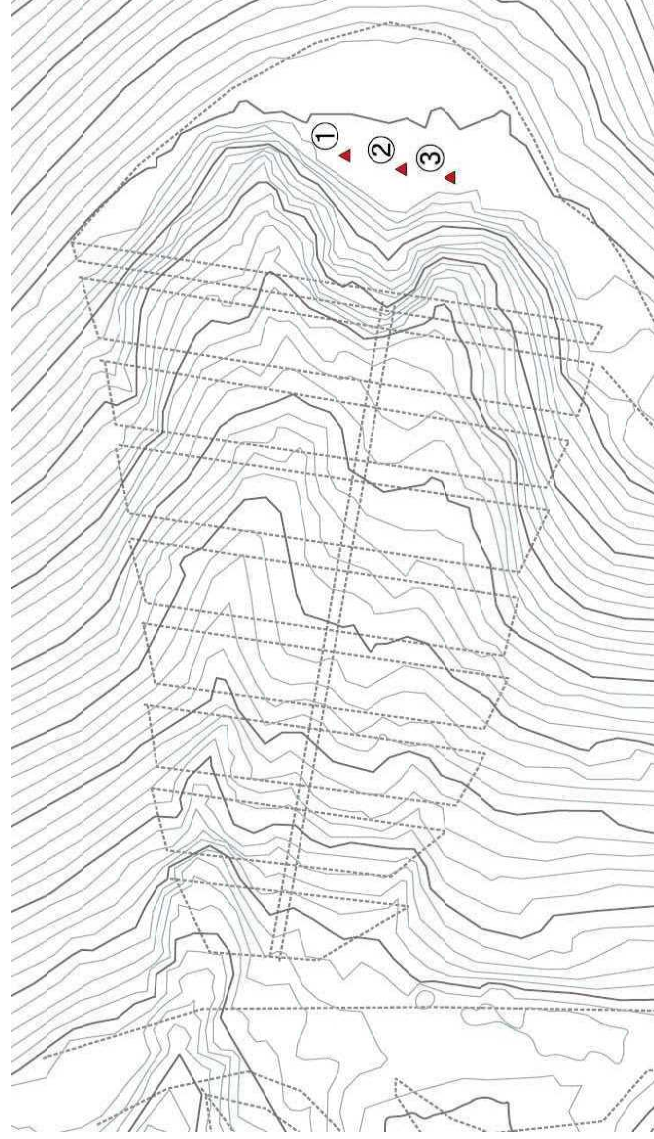


図 4.2-10 現場密度試験の実施位置





土質試験料採取状況



土質試験採取箇所(接写)

表 4.2-3 盛土材の土質試験結果

区分	試験結果
土質分類	細粒分質砂質礫 (GFS) 盛土材料としては良質
透水性	$3.33 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ 透水性は中程度
強度定数	$c' = 1.4 \text{ kN/m}^2$ $\phi' = 31.3^\circ$
盛土の状態 (締固め度)	$D_c = 80.2\%$ (平均値) 最大値 89.6%、最小値 71.7% <参考> 管理値：90%以上、下限値：80%

### 4.3 発生原因の考察

以上の各調査結果を踏まえ、崩壊の発生原因について考察した。

#### (1) 崩壊の発生メカニズム

溪流の水文調査から判断して、盛土が行われた溪流は、地形的流域界を超えて地下水が集中する地下構造が推定される。また、今回の残土処理場は、崖錐堆積物上に造成されていることを踏まえ、今回発生した崩壊の発生メカニズムとしては、【広範囲から地下水が集中し、残土処理場直下において地下水の水位が上昇したため、盛土脚部、又は崖錐堆積物の湧水地点で、地下侵食或いは崩壊が発生し、それに引きずられるように上部斜面の拡大崩壊が発生した】、または、【多量の地下水により、排水が追い付かず、地下水圧が上昇し、崖錐堆積物と残土処理場が同時に崩壊した】という2パターンが考えられる。

いずれにしても、地下水が集中する場所であるという見解となる。

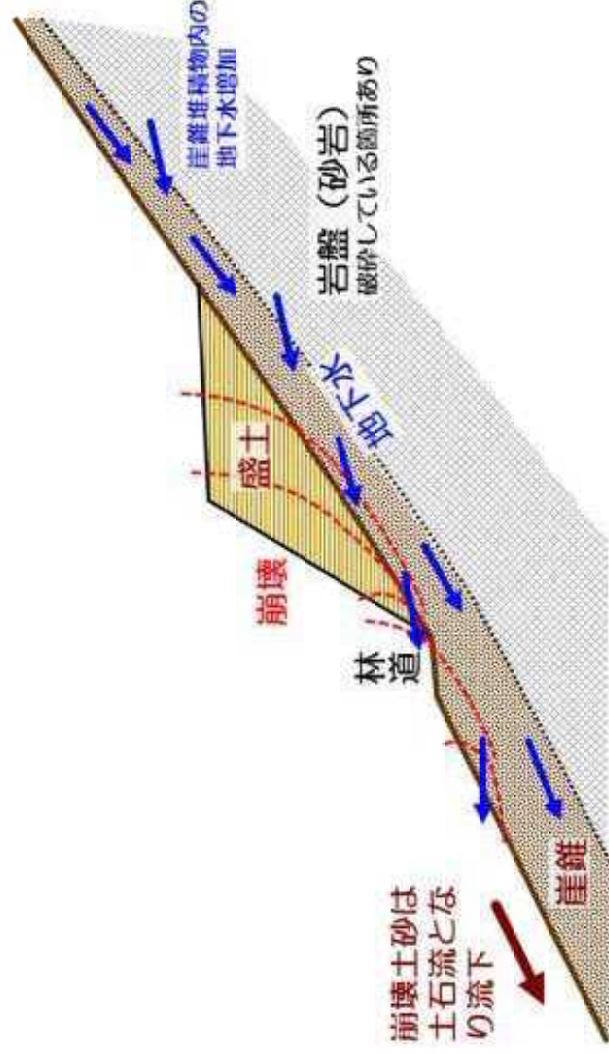


図 4.3-1 崩壊発生メカニズムの模式図

また、水文調査及び崩壊発生メカニズムを模式的に考察した結果から、北又江の原地区の崩壊とはメカニズムが異なるが、当地区の溪流の盛土直下にある透水性の高い崖錐堆積物の地層が地下水の流動層となり、地下水が集中する地下構造になっていて、この点で共通性が認められる。

今回の盛土箇所が谷頭部であることから、地下構造に規制された崖錐堆積物内に地下水が集中し、盛土脚部が崩壊したケース、或いは、盛土直下の崖錐から崩壊が起きたケース、林道路体直下の崖錐堆積物からの湧水による地下侵食により、上部方向に拡大していくパイピング崩壊が起きたケース等が想定される。

さらに、末次委員のモデル計算では、これらの想定ケース以外に、盛土の締めめが大きな要因となって崩壊したケースもあり、これに崖錐内の地下水流動を加味すると、崩壊が発生した時間が一層早くなることから、清水委員、地頭菌委員の現地調査の見解と浸透流解析結果と一致する。



## (2) 安定解析による検証

安定解析として、雨が盛土の中に入ってきた時の安定性について、残土処理場の中央断面を参考に作成した解析モデルを用いて評価を行った。今回、北又江の原地区と同様に、現存する設計図書を基に作成したところである。現地は、地山と盛土の境界部分に栗石暗渠があり、各小段には水平方向にドレーン材が入っている状態となっており、解析に用いた雨量データは、椎葉村尾前を使用した。(図 4.3-2)

地頭菌委員の所見によると、地山が滑って壊れた可能性があるということであるが、今回、地山に関する土質情報の確認が困難であったことから、盛土部のみで安定性を評価した。盛土材についても、北又江の原地区と同様に、土質試験で得られた土質定数を使用した。

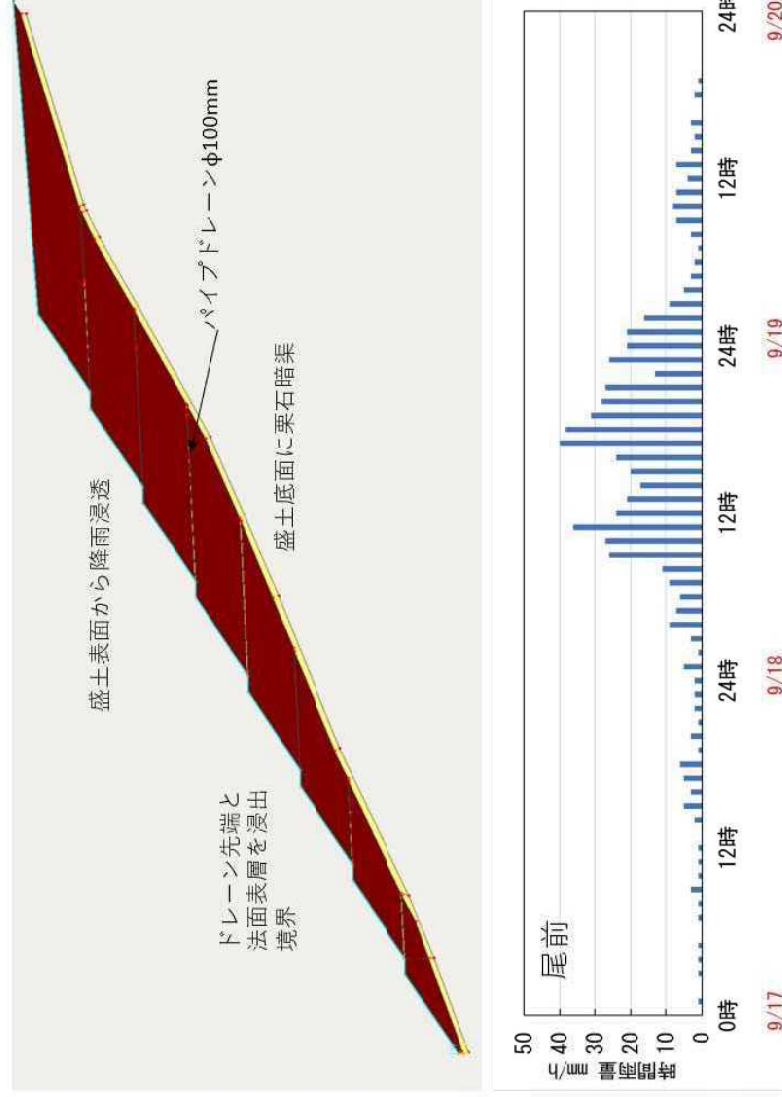


図 4.3-2 解析モデルと入力雨量

解析は、ドレーン材の透水係数を3段階に変化させて計算を行っており、一定の条件を満たすと雨水だけで盛土が崩壊するという結果であった。

ケース1の場合、水位の変化が殆ど無く、盛土の崩壊は発生しないが、ケース2の場合は、水位が上昇して、雨が降り始めて38時間経過後、すべり面に到達した段階で崩壊が発生するという結果となり、また、ケース3の場合は、この条件の場合、直ちに崩壊が発生するという結果となった。

当地区の盛土については、締固め度が低く緩い状態であり、雨水が浸透し易くなっていたと考えられ、これにより、盛土の安定性が低くなり、崩壊要因の一つになったと推察される。

さらに、小原地区の場合、初期の地下水の情報がなく、正確性を欠くが、降雨の影響によるものとして、盛土の法先において地山から盛土天端までの高さが低いことから、降雨が盛土内部に溜まることにより、地下水位が上昇して崩壊したことが推察される。このようなケースでは、盛土内部に配置した排水ドレーン材の透

水性が大きく影響するものと考えられ、盛土の崩壊は、盛土の法先部分の2段目或いは3段目から崩壊が発生したと推察される。

については、この法先の崩壊が大規模な崩壊のトリガー（引き金）になったのではないかと考えられる。

表 4.3-1 解析条件

地層名	浸透流解析			すべり安定解析		
	飽和透水係数 $k$ (m/s)	比貯留係数 $S_s$ (1/m)	飽和重量 $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	湿潤重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	内部摩擦角 $\phi'$ (°)
盛土	$3.33 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	17.2	15.3	1.4	31.3
ドレーン	下記の3ケース	$1 \times 10^{-4}$	17.2	15.3	1.4	31.3

ドレーンの透水係数を変えた解析ケース

- ・ケース1:  $k=3.4 \times 10^{-2}$ m/s (一般的な礫ドレーン材と同様の透水係数)
- ・ケース2:  $k=3.40 \times 10^{-3}$ m/s (礫材ドレーンと盛土材の中間の透水係数)
- ・ケース3:  $k=3.33 \times 10^{-5}$ m/s (盛土材と同じ。ドレーンなしの状態)

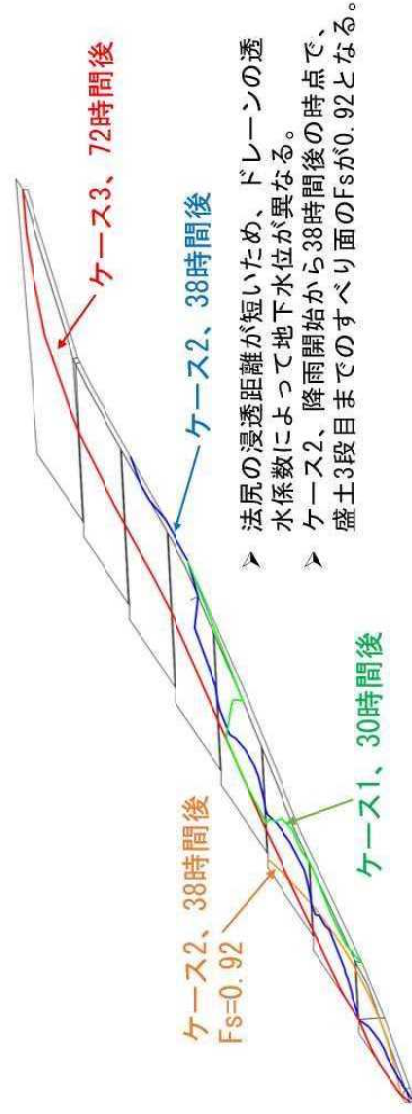


図 4.3-3 浸透流解析結果

### (3) 検証結果(総括)

今回の盛土の崩壊は、盛土内部の地下水位が上昇したことにより引き起こされたと考えられる。盛土崩壊箇所には、地形的な流域界を超えて地下水が集中する地下構造があることが推定され、これが崩壊に大きく影響したものと考えられる。

処分地の地盤特性として、地下水が集中する地下構造であることや、基礎地盤が不安定であることが把握されていた場合は、詳細な調査を行い、安定性を検討するとともに、その検討結果に基づき、地下水の集中に対処するために必要な排水施設等の対策やより精緻な施工管理が行われることとなるが、当該地の渓流部について、処分地選定の基礎調査段階では地下水が集中する地下構造を有していること等の把握が困難であることも委員会の意見とした。

以上の検証結果を踏まえ、今後は、残土処分場の選定に当たって、必要に応じて詳細な水文調査や地形・地質調査を実施し、地下構造を適切に把握するとともに、過去に発生したと考えられる土砂移動の状況を把握することが重要である。

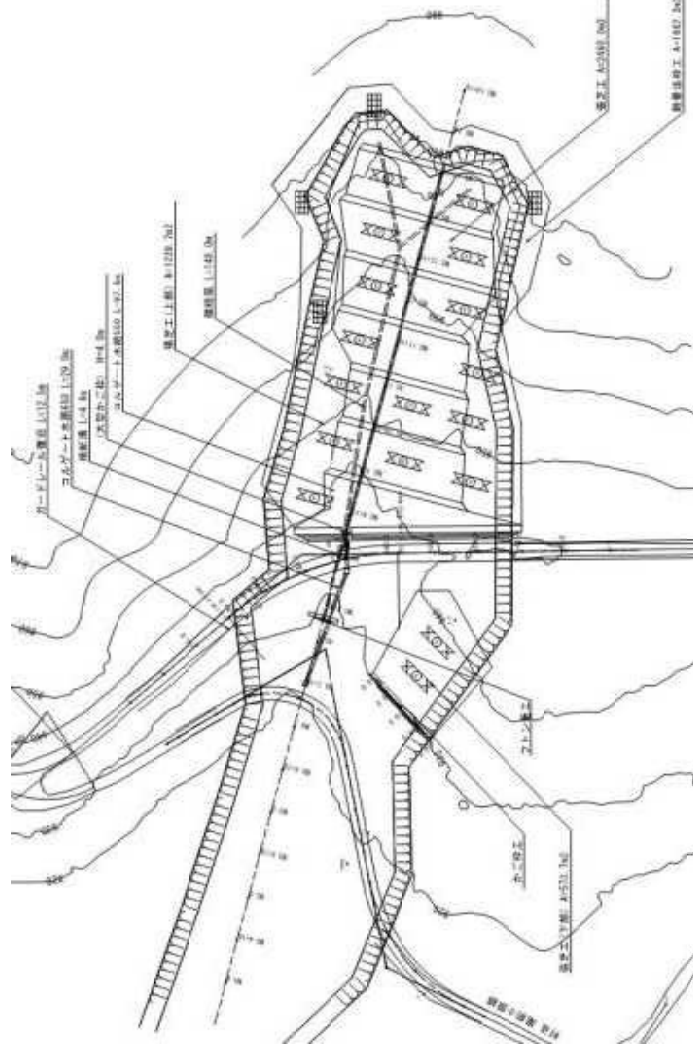


## 4.4 今後の対応

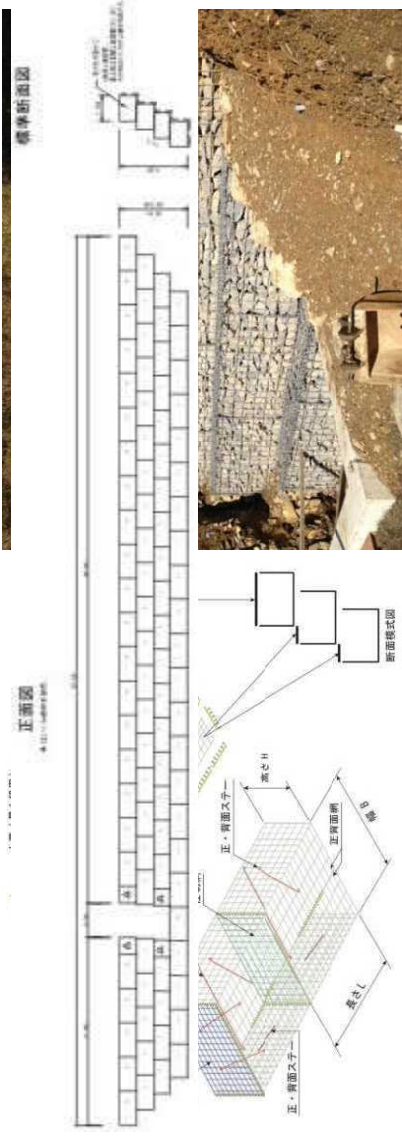
### (1) 残土処理場の復旧

今回の崩壊に伴い、その下方に位置する林道十根川～三方界線本体が崩壊したことから、その復旧は林道施設災害復旧事業により、林道の災害復旧工事として施工することとなったため、委員会では、災害の発生原因等を踏まえ、復旧計画の確認等を行った。

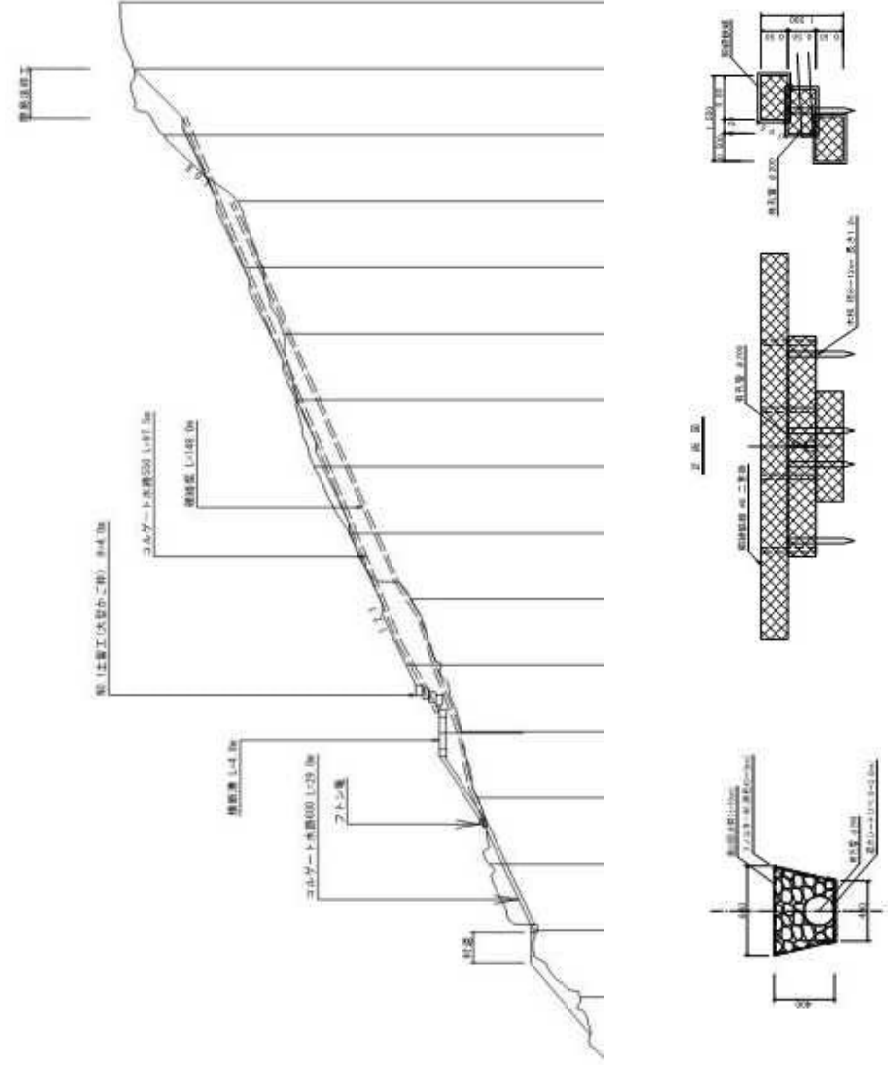
崩壊した原因が崖錐内の地下水流動の影響によるものなどであることから、地下水を効率よく排水するために、崩壊斜面内から林道本体にかけての最深部に栗石暗渠工(断面積 0.2 m<sup>2</sup>)を施工し、村道尾前小原線の排水溝に接続するとともに、表面水は小段に設けた排水施設からコルゲートプリームによる縦水路を通じて、下方部へ確実に排水させる計画とした。



次に、林道本体の復旧は、本線に堆積した土砂は除去し、路体が決壊した区間は盛土により構築し、林道と崩壊斜面の間に、透水性に優れた土留工(大型かご柱)を採用し、表面水等の円滑な排水を図ることとした。



また、滑落崖崩壊斜面については、法面整形後に簡易法枠工と植生シートを施工し、斜面の安定化を図り、盛土法面の勾配は、道路工盛土工指針等に準拠し、1:2.1として、盛土法面の安定を図ることとした。



栗石暗渠工標準図

ふとんかご標準図



盛土の安定計算は、大型かご枠背面全体で解析し、 $\phi = 35^\circ$  と  $\phi = 30^\circ$  の場合で行い、 $\phi = 35^\circ$  では水位 3m で、 $\phi = 30^\circ$  では水位 2m で安全率 1 を下回る結果となった。

### 十根川・三方界線 安定解析



#### 安定解析結果

##### 安定解析結果

すべり面定数  $c' = 1.000 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi' = 35^\circ$

水位条件	水位名	安全率
水無し	nwl	1.6560
h = 1m	hw1 1m	1.4382
h = 2m	hw1 2m	1.2114
h = 3m	hw1 3m	0.9841

すべり面定数  $c' = 1.000 \text{ kN/m}^2$ 、 $\phi' = 30^\circ$

水位条件	水位名	安全率
水無し	nwl	1.3619
h = 1m	hw1 1m	1.1858
h = 2m	hw1 2m	0.9989
h = 3m	hw1 3m	0.8114

## (2) 谷止工の復旧

今回の崩壊に伴い、2005(H17)年度の災害関連緊急治山事業により設置した谷止工(コンクリート製山ダム;L=41.0m、H=10.0m)及び2009(H21)年度水源地域整備事業により設置した谷止工(コンクリート製治山ダム;L=26.4m、H=8.0m)が一部破損及び破壊し、破損した躯体が流下したことから、林地荒廃防止施設災害復旧事業により、復旧工事を行うこととした。

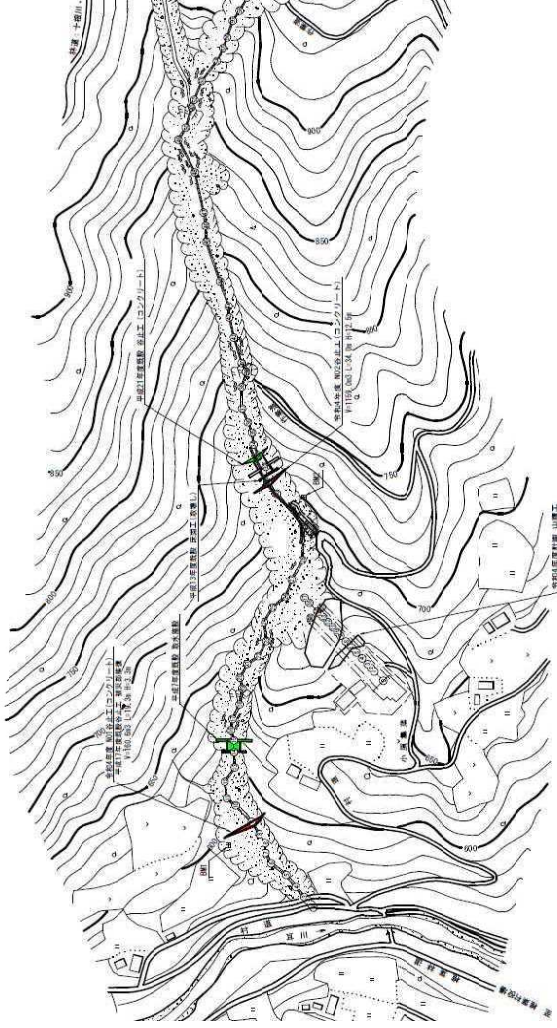


図 4.4-1 平面図

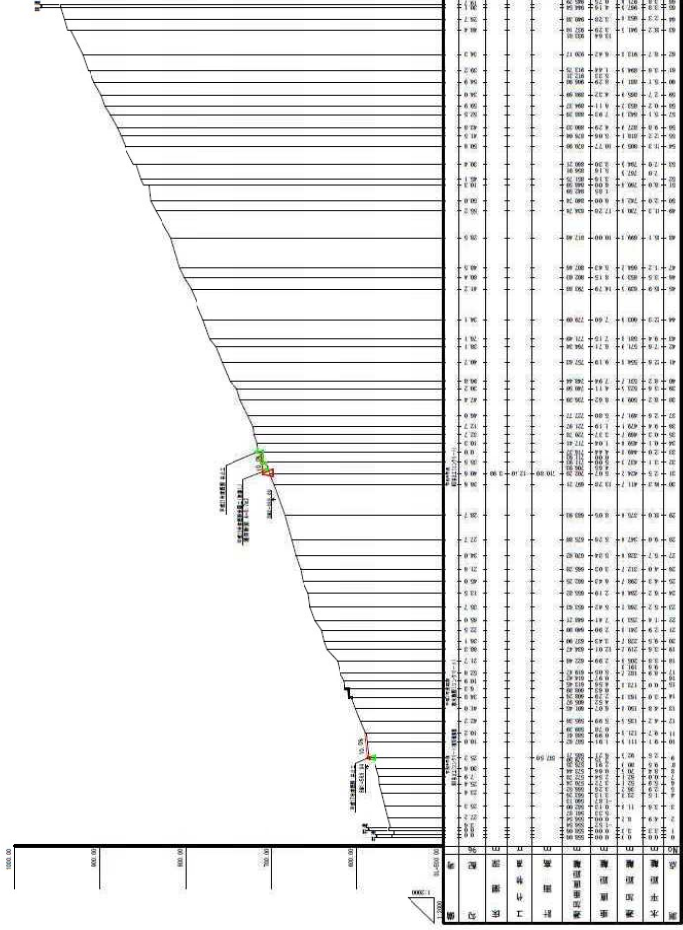
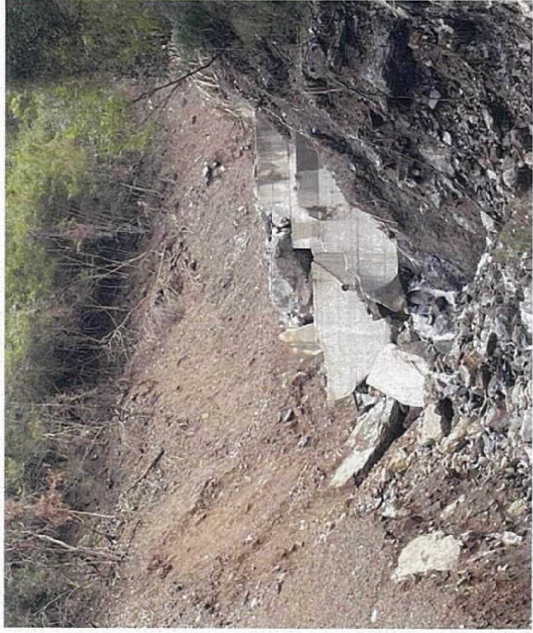


図 4.4-2 縦断面図





また、2009(H21)年度施工の谷止工の復旧工事は、既設位置での原形復旧が基本となるが、既設谷止工が殆ど破壊しており、両岸地山の侵食が著しく、巨石等も堆積しており、これらを除去し、原形復旧をすることが技術的に困難なことから、既設位置から約 25m 下流に新設の谷止工(コンクリート製治山ダム：L=34.0m、H=12.5m)を計画した。



谷止工破損状況

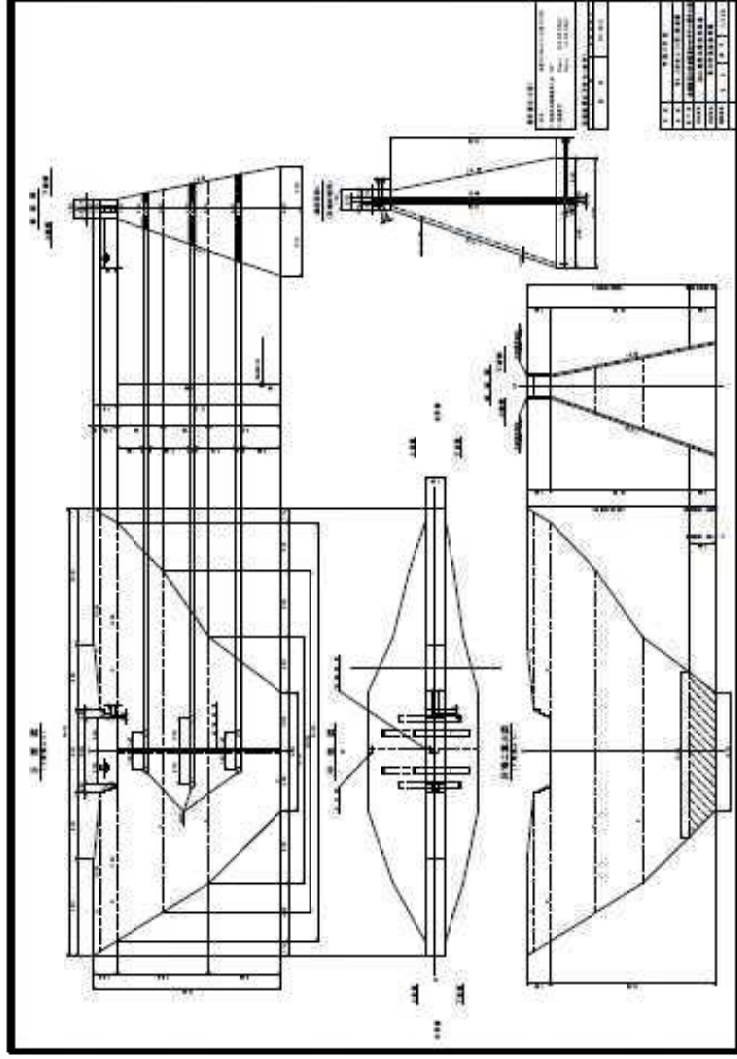


図 4.4-4 構造図