山陰災害からみた道路土工の問題点

㈱藤井基礎設計事務所　藤　井　三千勇

はじめに

昭和58年7月22日から23日にかけての島根県西部の豪雨は、かつて前例のないものであった。110余名の人名が失われ、3,600億円を超す被害は記憶に新しいところである。斜面崩壊又はがけ崩れ等についての地質学的又は技術的な検討は各方面でなされており、ここでは道路に焦点を合わせ、今後の道路の計画・設計・施工等に今回の山陰災害の教訓を反映させるべく整理してみたい。

そもそも山岳道路は、谷に沿って作られるのが一般的で、自然の力を利用し、削られた平坦部を利用するわけであるが、同時に谷は自然の弱線であるわけで、この弱線に切土又は盛土をほどこし更に自然のバランスを崩すのは、はなはだ危険な行為と云わざるを得ない。

ここでは、連続降雨量500㎜以上の降雨地域の主要な道路について現地踏査を行い資料を収集した。主として一般国道9号線、186号、191号、主要地方道浜田美都線、仝三隅美都線である。次いで道路土工指針にもとずく分類として、切土、盛土、のり面の保護、排水、等につき整理し問題点を抽出することとする。

又今回の災害の規模を昭和47年度災害と比較すれば表－1の通りである。

表－1　昭和47年、58年の被害の比較

（億円）

土木関係	S　47	S　58	S58／S47
河　川	218（67%）	687（53%）	3.25
砂　防	9（3%）	152（12%）	16.9
道　路	85（26%）	396（31%）	4.7
橋　梁	11（3%）	47（4%）	4.3
港　湾	2（1%）	2　－	1
その他	1（0）	7　－	7.0
合　計	326	1,291	4.0

又道路災害の種別と箇処数を主要路線毎に整理すれば表－2の通りである。

表－2　災害種別分類表

	切土斜面		自然斜面		地すべり	土石流		盛土					計
	法面内	法面上部	谷部小崩壊	表層崩壊		小規模	大規模	路肩	法面	河川洗掘	盛土破壊	流失	
国道9号	23	8	1	7	0	3	2	5	5	5	2	2	63
〃186号	4	1	3	4	0	2	0	7	3	4	2	0	30
〃191号	1	3	1	1	2	1	0	0	0	9	0	2	20
〃261号	2	2	0	2	0	2	2	2	0	4	0	0	17
計	30	15	5	14	2	8	4	14	8	22	4	4	130
比率(%)	23.0	11.5	3.8	10.8	1.5	6.2	31	10.8	6.2	16.9	3.1	3.1	100
	34.5		14.6		1.5	9.3		40.1					100

1. 降雨特性

今回の昭和58年7月豪雨、及び昭和57年7月長崎豪雨、昭和47年7月豪雨、更に昭和55年7月の豪雨の降雨記録を比較したものを次ページに示す。

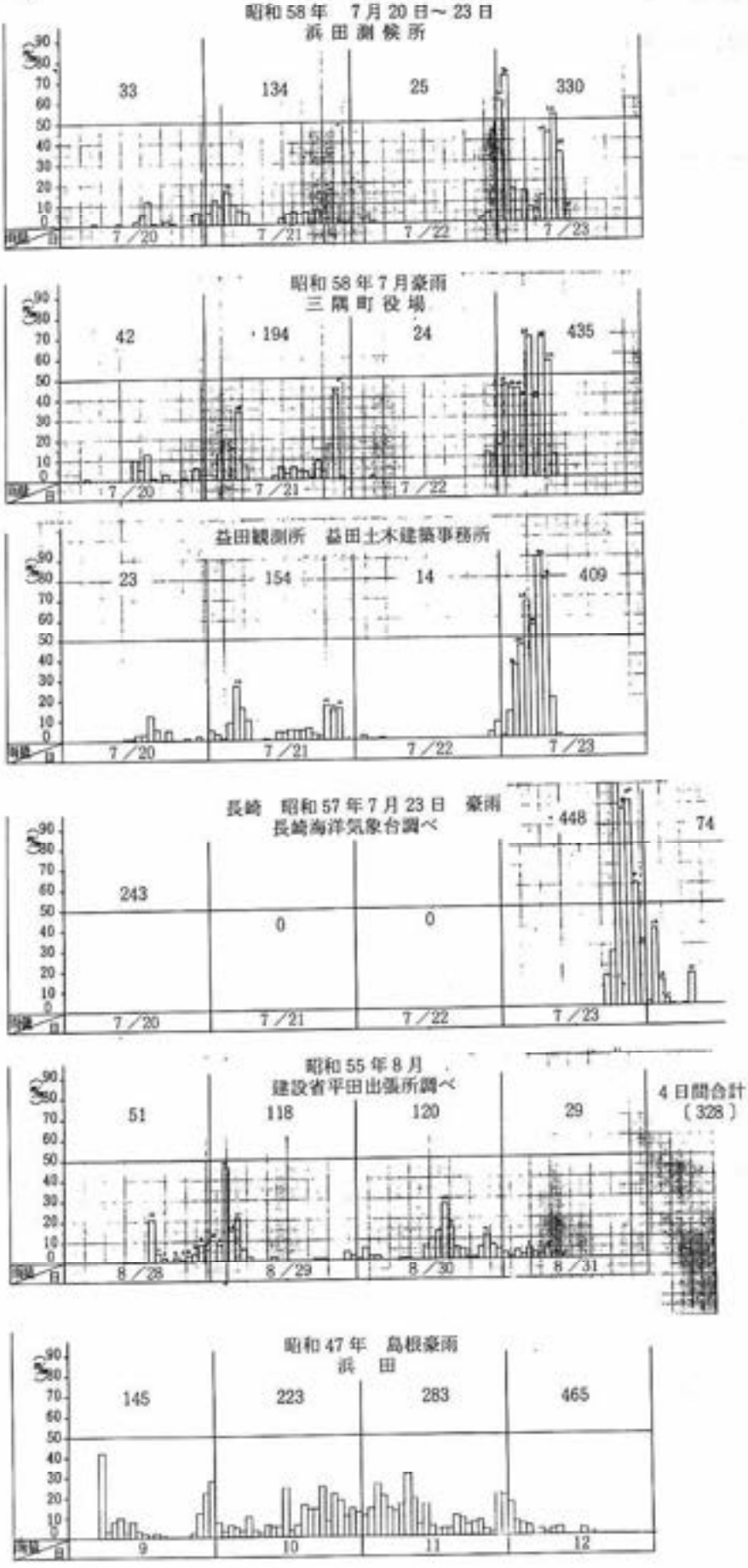
表より今回の山陰災害は、昭和57年の長崎災害の降雨パターンに酷似しており、災害日も7月23日と同じである。7月23日に共に400～500㎜の降雨があり、その前に今回は21日200㎜程度の降雨があり、長崎の場合は20日に240㎜の降雨があった。

すなわち、初めの降雨で地盤の含水比が高くなっているところへ、30㎜以上の時間降雨が10時間にわたり連続して降った。うち50㎜を越す降雨は3時間もあり、最大時間降雨量は90㎜に達している。

昭和47年豪雨は、7月9日から12日にかけて連続して降雨があったが、時間雨量が最大で30㎜程度であり、今回の豪雨に比べれば比較にならない。

又、昭和55年7月豪雨は、特に出雲部で地すべり災害が多く発生したので記載した。

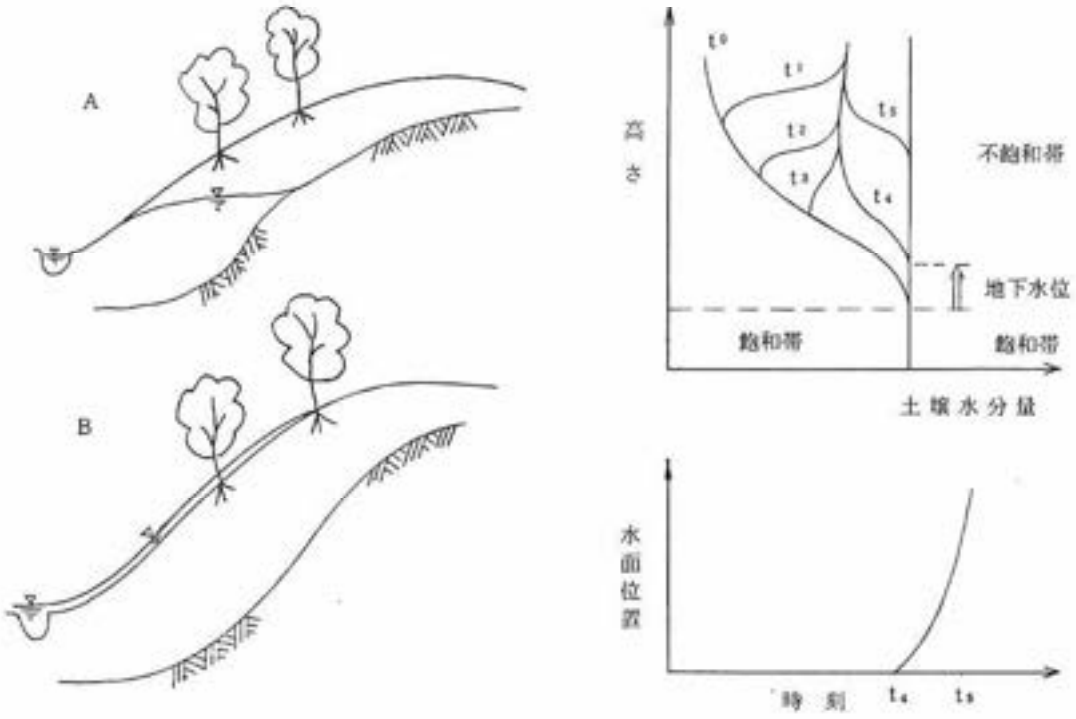
図－1－1


昭和58年　7月20日～23日
浜田測候所
33
134
25
330
昭和58年7月豪雨
三隅町役場
42
194
24
435
益田観測所　益田土木建築事務所
23
154
14
409
長崎　昭和57年7月23日　豪雨
長崎海洋気象台調べ
243
0
0
448
74
昭和55年8月
建設省平田出張所調べ
51
118
120
29
4日間合計
（328）
昭和47年　島根豪雨
浜田
145
223
283
465
7／20
7／21
7／22
7／23
8／28
8／29
8／30
8／31
9
10
11
12

2　降雨と地下水

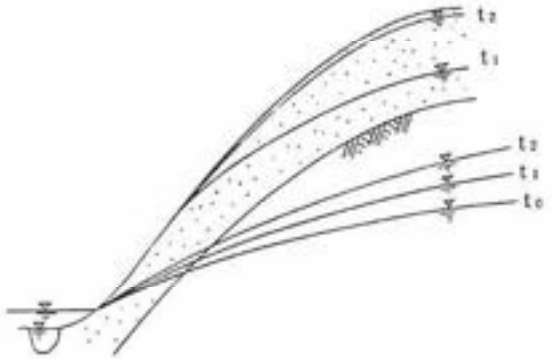
降雨水は、地表面を流下する直接流出と一時地下に浸透し地下水を上昇せしめ長期に流出する間接流出に分けることが出来る。

図－2－1



Aは、無降雨時又は通常程度の降雨時の河川と地下水との関係の模式図であり、Bは降雨量が莫大な場合で表土層はほぼ飽和状態となり新しい降雨は表面流出となる状況を示す。又、右側図は降雨水が地下へ浸透した時の水分の増え方と水面上昇の過程を模式的に示したものである。即ち、供給水は不飽和で貯留されt₅の様に水分量がかなり多くなっても水面は上昇しない。t₄以降も水を供給すれば水面は急に上昇することとなる。

図－2－2



一般の山では比較的透水性のよい表土、風化土と透水性の低い岩盤とに分けて考えることが出来、上記の考えを適用すれば降雨時には二つの地下水位が形成されることになる。

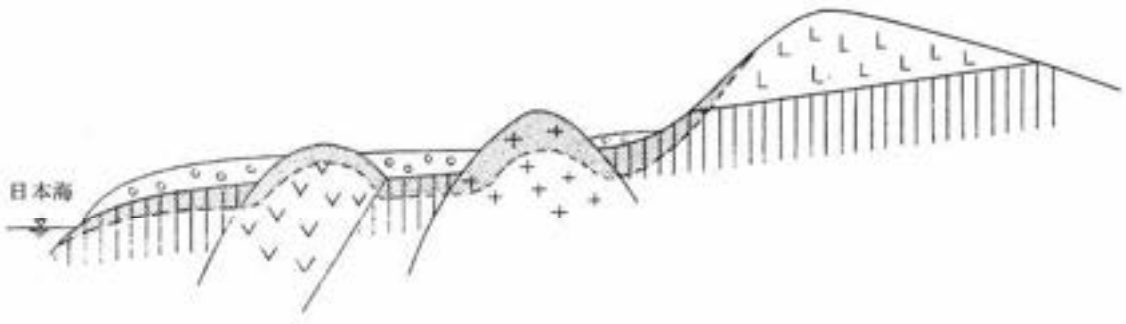
集中豪雨型の場合は、上層の水位上昇が下層に比べて早く、表層崩壊が多いことがうなずける。

3. 地 質 状 況

災害地の地質の概要は、図－３－１に示す通りである。図－４には同時に主要な道路名、及び連続降雨量分布も示した。

図－３－１

図－３－２　標準模式断面図



災害地の地質は概略次の様に分類できる。

1. 三郡変成岩類　　2. 非変成古生層　　3. 後期白亜紀火山岩類　　4. 白亜紀迸入岩類

5. 第三紀波多亜層群石英安山岩　　6. 第四紀都野津層群

三郡変成岩と非変成古生層は、共に頁岩・粘板岩・砂岩を主とし、海成の古生層である。三郡変成岩は非変成古生層の動力変成作用を受けた部分と考えられ、この変成作用により石墨千枚岩・緑泥千枚岩・片状砂岩・緑色片岩等の岩石となっている。

白亜紀火山岩類は、流紋石英安山岩の活動を主とする一連の火山活動に伴ったものである。山陽・山陰を分ける急峻な背稜山地を構成する岩石もこの火山岩類である。

その後白亜紀迸入岩類が貫入している。この迸入岩類は、花崗閃緑岩・黒雲母花崗岩・煌斑岩等からなっている。

第三紀波多亜層群は、新第三紀中新世の中で最も古いもので基盤岩類を不整合でおおい、火山積成物と湖成積成物からなっている。火山積成物は火成活動によるもので複輝石安山岩・石英安山岩・流紋岩等の熔岩、岩脈、集塊岩、凝灰岩、凝灰角礫岩からなる。新第三紀末～第四紀都野津層は、江津市都野津町周辺を模式地とする砂層・礫層・粘土層を主とする厚さ数10 mの殆んど水平な地層からなる堆積物である。

土木材料的には、第四紀都野津層は固結度が弱く土砂に分類されるが、その他の新鮮なものは硬岩に分類され、風化の程度により軟岩・土砂に分けられる。

日本海から中国山脈に向っての模式断面図は、図－5に示す通りである。

今回の崩壊に関して島根大学三浦清教授は、都野津層直下の三郡変成岩の厚い赤色風化残留層に斜面崩壊が多発しているとし、同時期の白亜紀迸入岩類又は第三紀の石英安山岩類の赤色風化帯が、今回の崩壊の地質的特徴としている。この赤色風化帯は、第三紀末にかけて気温上昇に基づく強い風化作用によるものとされている。模式断面図にその状況を示した。この赤色風化帯は、河川の侵蝕に弱いため上流域又は谷部分では流失している部分も多い。

4. 切土斜面・自然斜面

4－1　切土法面・自然斜面等の崩壊実例

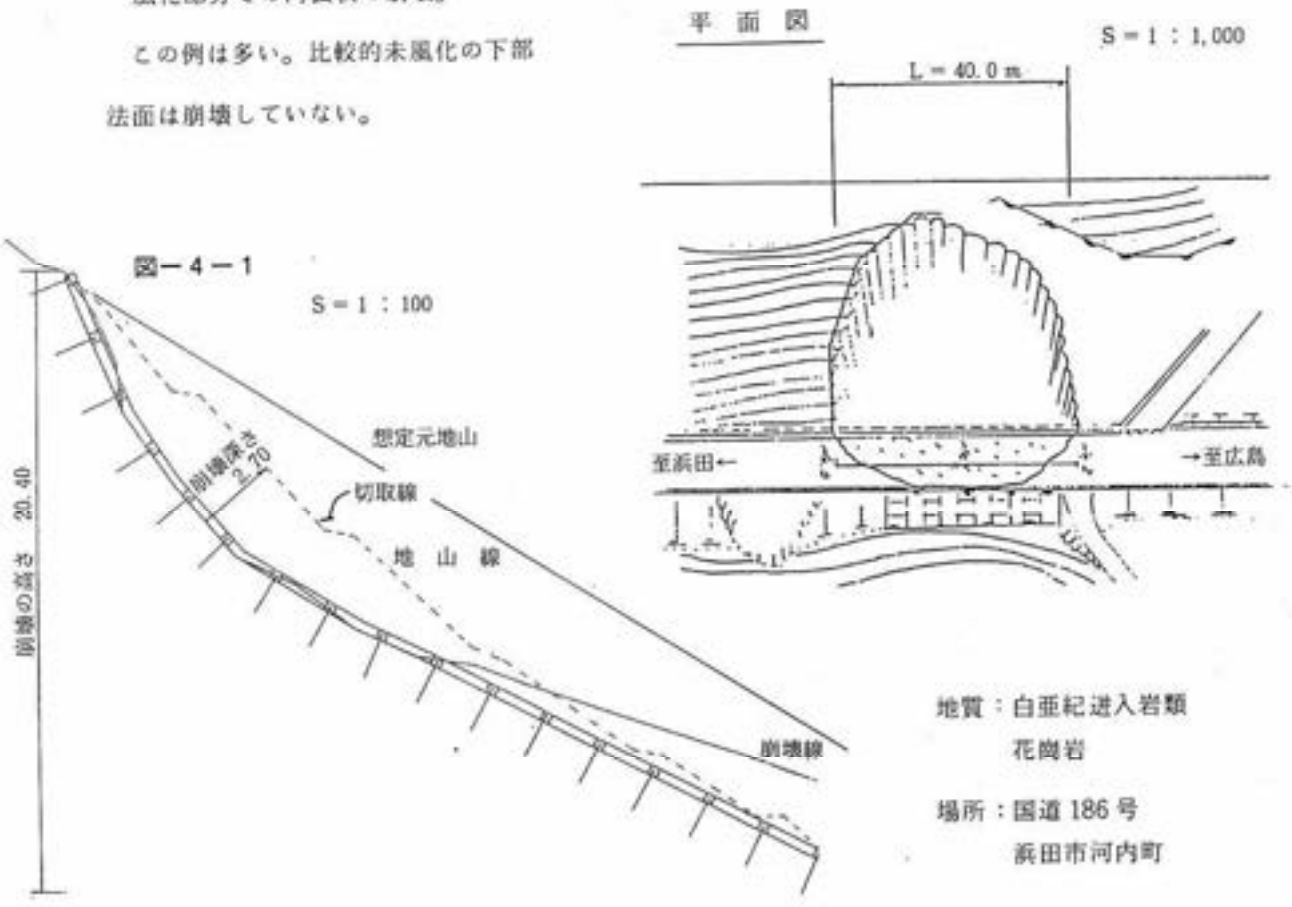
道路の切取斜面又は自然斜面の崩壊を現地踏査の結果に基づいて整理する。

切土斜面の崩壊	1) 切土法面頂部風化層の崩壊 2) 切土法面全体の地すべり性崩壊 3) 切土法面の表面風化内の崩壊
自然斜面の崩壊	4) 谷地形部分の小崩壊 5) 範囲の広い表層崩壊

1) 切取法面頂部風化層の崩壊（図－4－1）

風化部分での円弧状の崩壊。

この例は多い。比較的未風化の下部法面は崩壊していない。



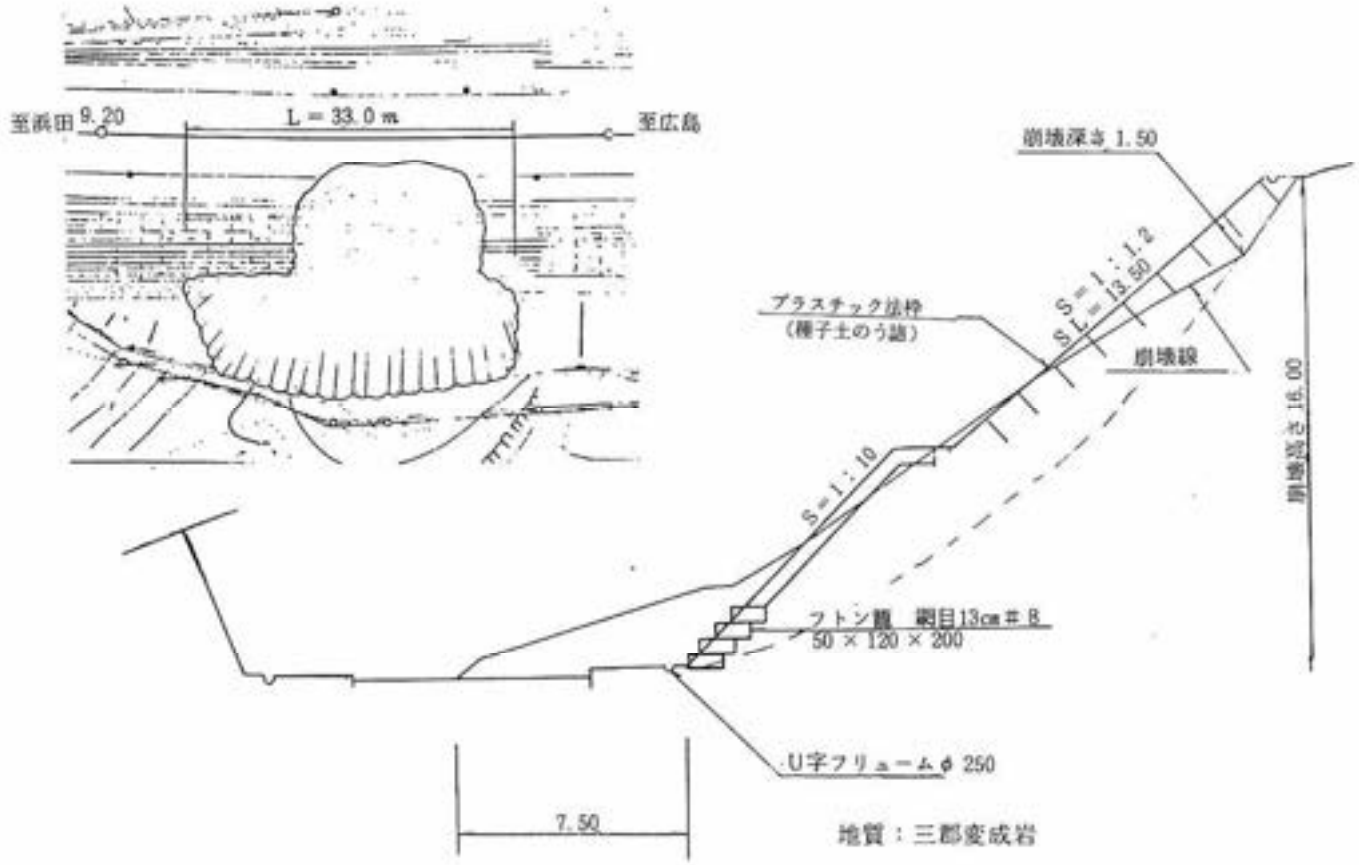
図－4－1

地質：白亜紀迸入岩類
花崗岩

場所：国道186号
浜田市河内町

2）切土法面全体の地すべり性崩壊（図－4－2）

平　面　図　　図－4－2



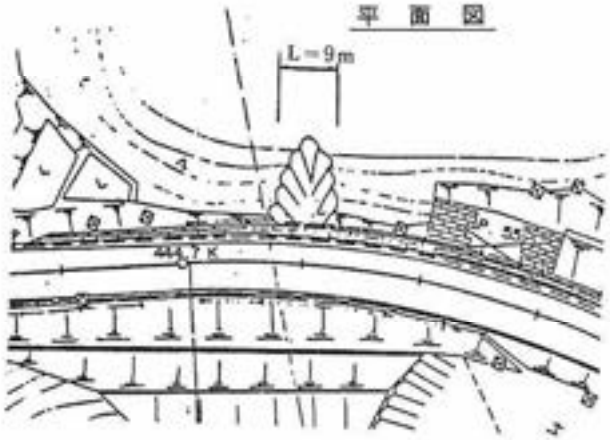
地質：三郡変成岩

場所：国道191号　美都町都茂

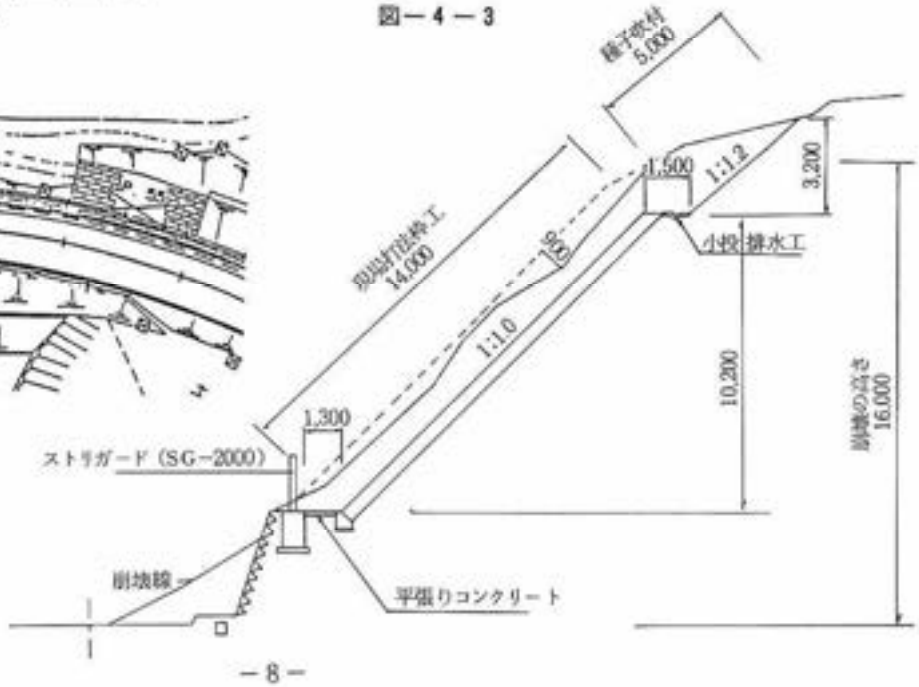
3）切土法面の表面風化層内の崩壊（図－4－3）

切土法面から時間と共に風化が進行し、法面より1.0 mの深さの範囲で法面に沿う表層崩壊が特に国道9号線に多発している。

平　面　図



図－4－3



地質：流紋岩

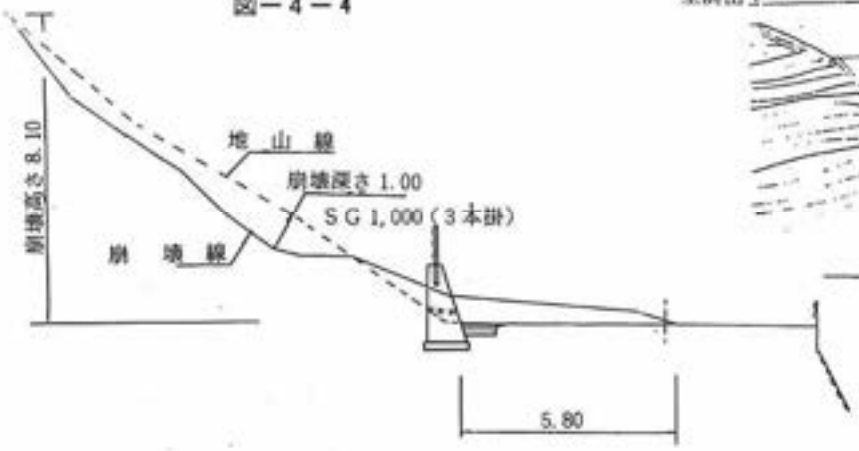
場所：国道9号線

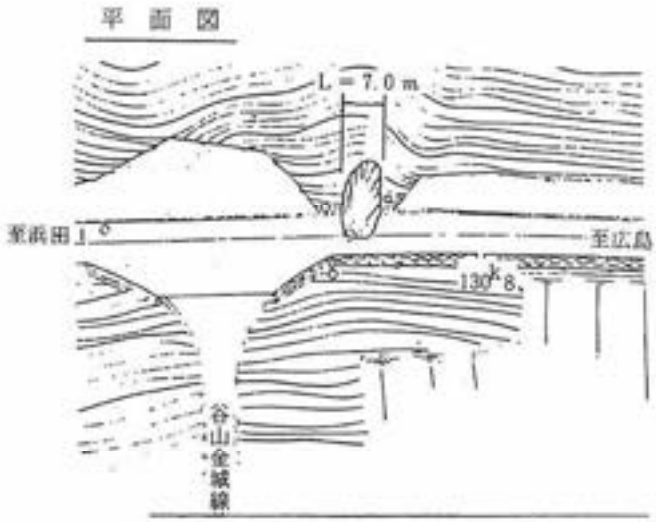
浜田市敬川町

4）谷地形部分の小崩壊（図－4－4）

谷地形での表層崩壊がきわめて多い。

図－4－4





地質：花崗岩

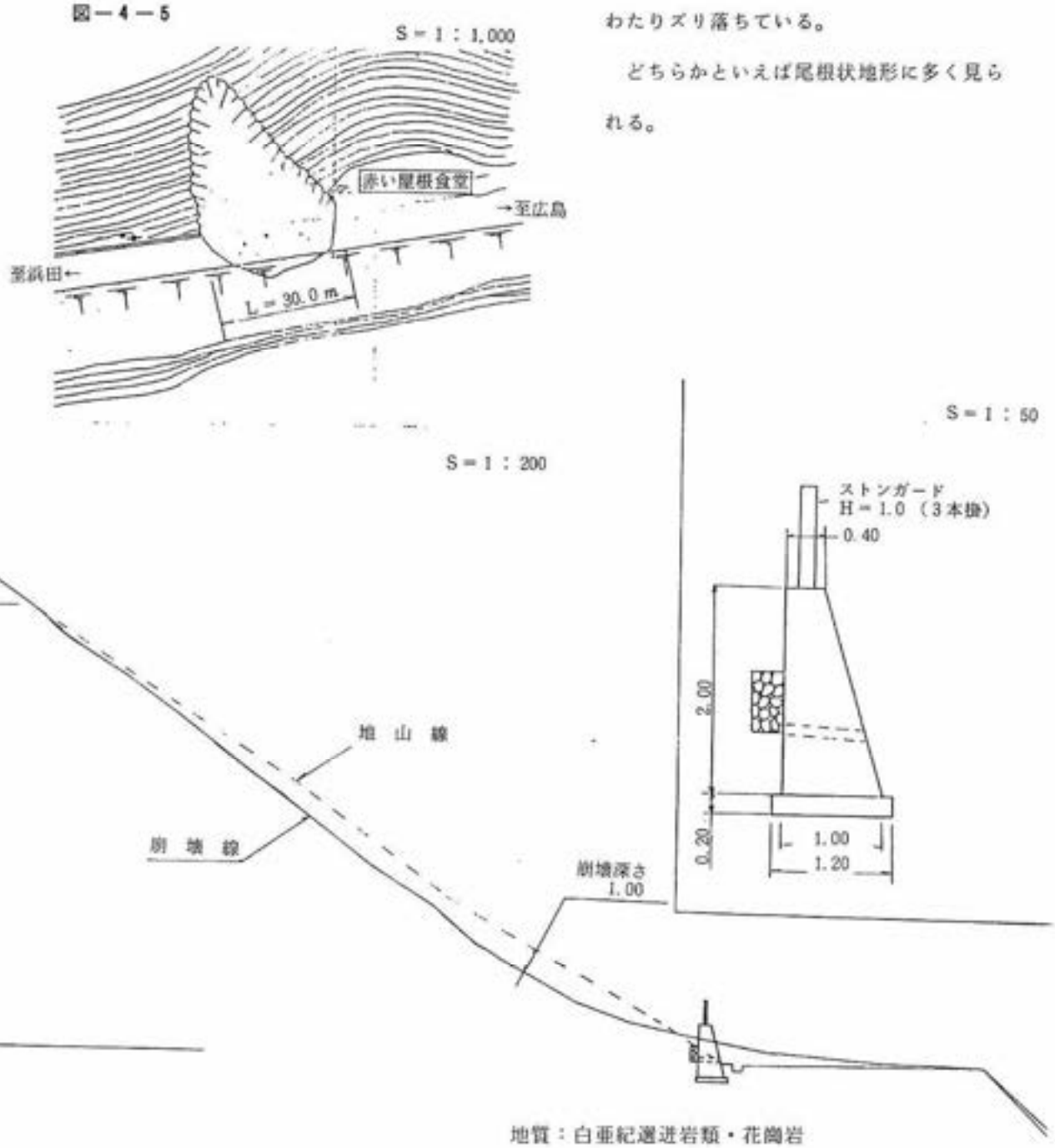
場所：金城町小国

5）範囲の広い表層崩壊（図－4－5）

表土とルーズな岩塊が、相当広い範囲にわたりズリ落ちている。

どちらかといえば尾根状地形に多く見られる。

図－4－5



地質：白亜紀邊迸岩類・花崗岩

場所：金城町小国

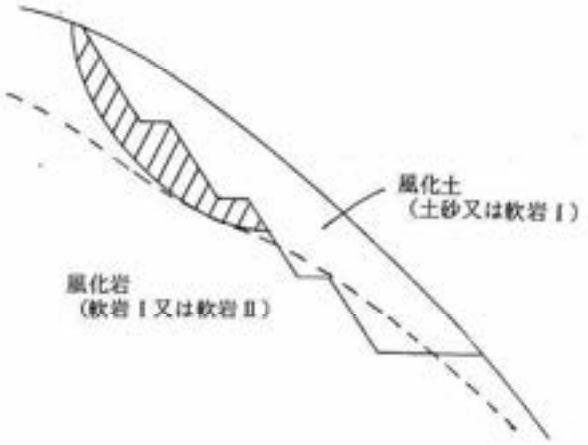
4－2　切土工についての考察

以上の崩壊例を参考として、道路の切土工を計画し、調査・設計する場合、考慮すべき点につき考えてみる。

先ず斜面を切土する場合、岩質による安定法勾配を土工指針に従って求めるのが一般的である。これに対して現在の自然斜面の安定度を予測し、同時に崩壊型態を予測した上で切土計画を立てることが重要と考えられる。

切土斜面の崩壊例からもわかる様に、風化部分での崩壊が多く風化部分が厚ければ円弧状、うすければ直線状となっている。

図－4－6

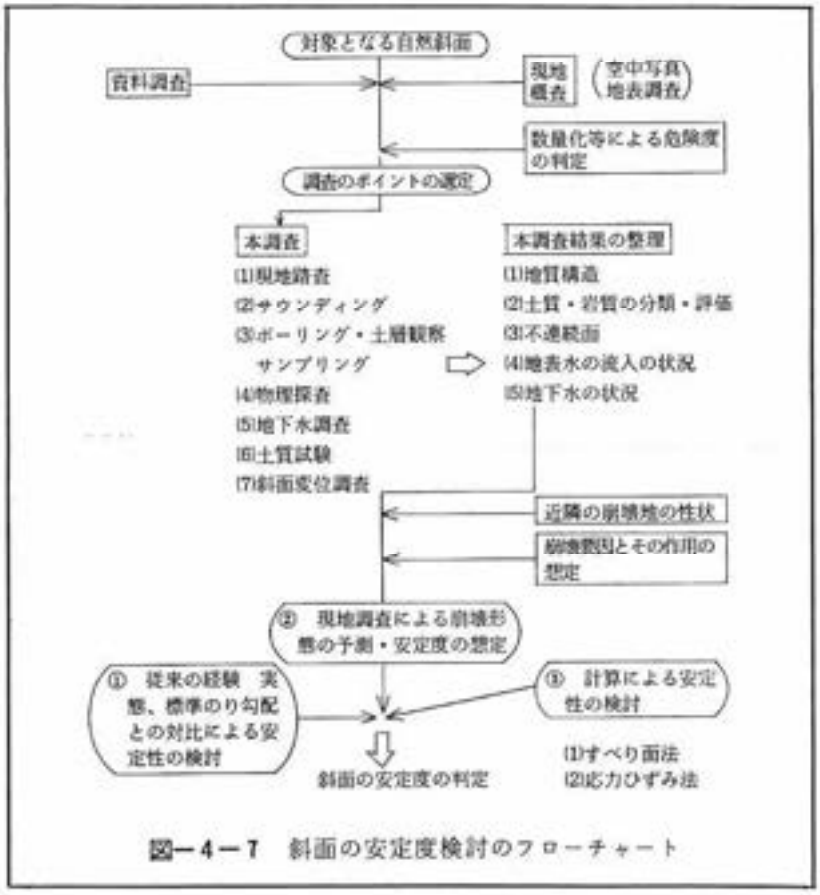


道路に限らず、今回の斜面崩壊について、風化部分が多くかかわっていることが報告されている。

切土計画をする場合に、風化部分の存在を調査で把握し崩壊予測を行った上で安定と考えられる法勾配を決定すべきであろう。その時に土工指針にある「のり面勾配の標準」が参考となる。（表－3）

自然斜面の安定度を検討する方法として「急傾斜地崩壊防止工事技術指針」が参考となる。図－4－7はそのフローである。

又、同書には、斜面崩壊の実態として、次の様に整理され今回の崩壊実態と一致している。



図－4－7　斜面の安定度検討のフローチャート

1）従来の経験、実態、標準のり勾配との対比による安定性の検討

斜面崩壊の実態については自然斜面における崩壊の資料の集積と崩壊対策事業の進歩に伴って漸次はきりしてきた。次のように要約される[3-1]。

① 斜面崩壊の多くは地山（基盤）の上にのる表土、崩積土などの崩壊であり、地山を構成する地質（岩石の種類）には比較的関連がない。

② 斜面崩壊の発生しやすい地形は明瞭に尾根とか谷とか判断できるような箇所より、むしろ一見して大きな変化のない斜面である。

③ 岩質の地山自体が崩壊する場合は、成層、層理面の存在とその方向・位地などと地下水の影響を受ける傾向があり、崩壊の規模が大きいほどこの傾向は著しい。

④ 斜面崩壊の平均的規模は表３－５に示すように、厚さ1.5～2m、幅17～18m、長さ20～25m、崩壊土量は半数近くが100㎥以下で、300㎥以下だけで80%を占める。

表３－５ 崩壊規模平均値

		崩壊の高さ h	崩壊の幅 W	崩壊の深さ d	崩壊土量 V	崩土の到達距離 L	崩壊の斜面長 ℓ	崩壊の位置 h／H	崩土の範囲 L／H	崩壊の形状 W／h
第2回調査	平均値	16.6 m	17.6 m	1.60 m	335.6 ㎥	12.0 m	23.9 m	0.77	0.52	1.47
	個数	596	600	600	592	598	590	590	598	1.612
	分散	249.3	250.2	4.67	58.1	604.6	922.8	0.08	0.50	3.46
	標準偏差	15.8	15.8	2.16	6,176.2	24.6	30.4	0.29	0.71	1.86
	変動係数	95.2%	90.1%	124.5 %	1,062.1%	20.5%	127.2%	372 %	0.135%	1.27 %
	最小値～最大値	1.3～200	2～120	0.52～8	1～15,000	0.5～350	1.7～340	0.03～5	0.01～12.9	0.06～25.0
第1回調査	平均値	19.4 m	17.1 m	2.10 m	684.0 ㎥	12.8 m	– m	–	0.71	–
	個数	201	201	201	201	199	–	–	199	–

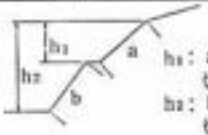
⑤ （崩土の到達距離）／（斜面の高さ）は被災の範囲の実態として重要なものであるが、0.2～0.39が最頻値で、0.6以下で全体の72.5%を占める。斜面の末端から斜面の高さの1.4倍までの到達距離を考えれば、全体の94.2%が含まれる。斜面の高さの3倍以上離れていれば、一般に被災を受けないとしてもよい。

⑥ 降雨については、崩壊の発生件数が最も多いのは梅雨期の豪雨による崩壊の場合のように、降雨が連続して地盤が湿潤状態になっているときに強い雨が降ったケースであった。これを崩壊発生機構から考えると、前期降雨により地盤の含水率が増加し、地盤の強度低下と重量増が生じているところに降雨強度の高い雨が降り、間隙(水)圧が一時に上昇したり表面流水による侵食が生じやすくなることが主な原因であろう。

表－3　地山の土質に対する標準のり面勾配

地山の土質		切土高	勾配
硬岩			1：0.3～1：0.8
軟岩			1：0.5～1：1.2
砂	密実でない粒度分布の悪いもの		1：1.5～
砂質土	密実なもの	5m以下	1：0.8～1：1.0
		5～10m	1：1.0～1：1.2
	密実でないもの	5m以下	1：1.0～1：1.2
		5～10m	1：1.2～1：1.5
砂利または岩塊まじり砂質土	密実なもの、または粒度分布のよいもの	10m以下	1：0.8～1：1.0
		10～15m	1：1.0～1：1.2
	密実でないもの、または粒度分布の悪いもの	10m以下	1：1.0～1：1.2
		10～15m	1：1.2～1：1.5
粘性土		0～10m	1：0.8～1：1.2
岩塊または玉石まじりの粘性土		5m以下	1：1.0～1：1.2
		5～10m	1：1.2～1：1.5

注：シルトは粘性土に入れる。
上記以外の土質は別途考慮のこと。



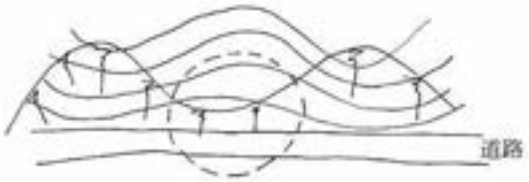
h1：aのり面に対する切土高
h2：bのり面に対する切土高

その他の留意事項として、次の様な点が挙げられる。

① 谷地形をしている部分の切取には、法勾配の決定などに注意しておく必要がある。

特にゆるいコンターの谷部分は、凸部分にくらべて何らかの弱線となっているため、勾配を緩くするとか、擁壁を設置する等、地盤を調査した上で慎重に検討する必要がある。

図－4－8

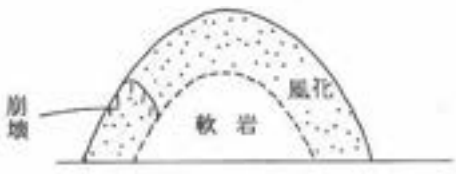


又小渓流部の切取りは、出来るだけさける様に計画すべきであるが、やむを得ず切取する場合には、擁壁を設置し小崩壊の防止を図り合せて水処理を十分行う必要がある。

② 切土法面は時間と共に風化が進行するため、これを阻止する法面保護工を考慮する必要がある。大型現場打法枠工等で法面に荷重を加え除荷によるゆるみに抵抗させるのも一方法である。

③ 尾根部の切土についても図に示す様に、側方部が風化が進行している場合が多く、崩壊が発生している場合が多い。①同様切土勾配を中央断面より緩にする様な配慮が必要である。

図－4－9



5. 地すべり

5－1　地すべりの実例（図－5－1）

切土法面トップより 15 m 上部にクラックが発生、車道と歩道との境界附近を境として歩道部分が隆起した。

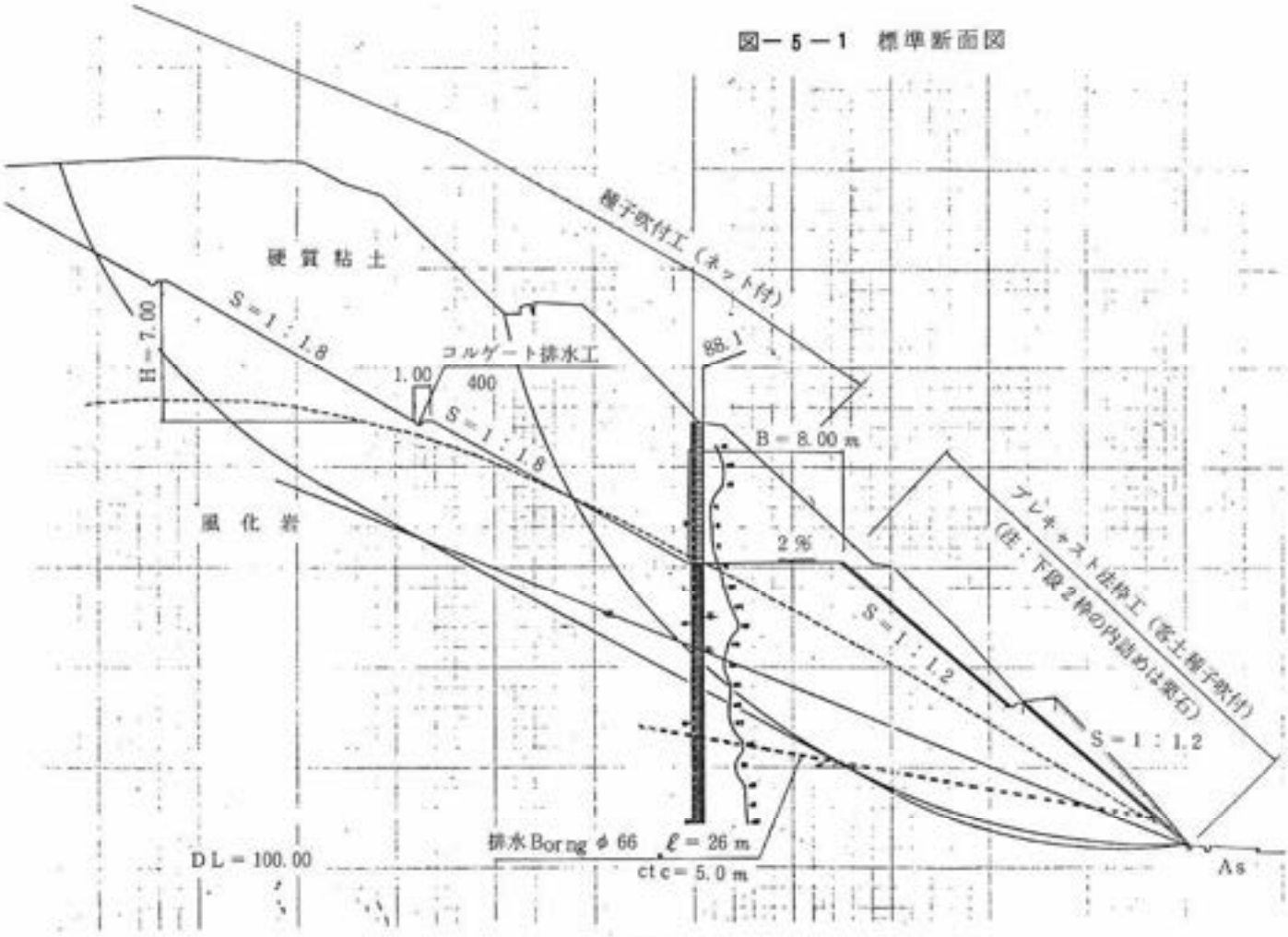
地質：三郡変成岩・黒色片岩

路線名：国道 191 号

場所：美都町都茂郷

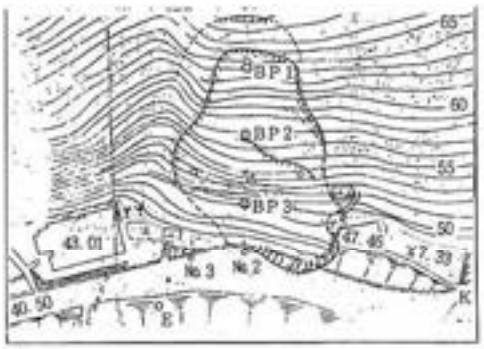
平　面　図

図－5－1　標準断面図

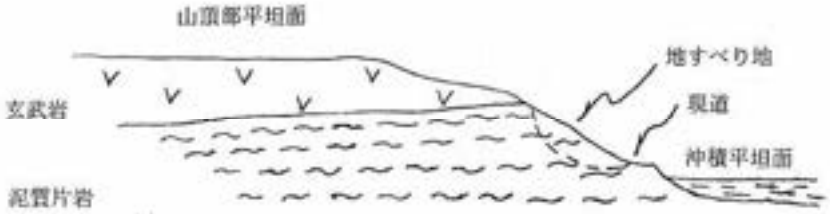


地質名：三郡変成岩・泥質片岩

路線名：主要地方道浜田美都線、浜田市内田地内

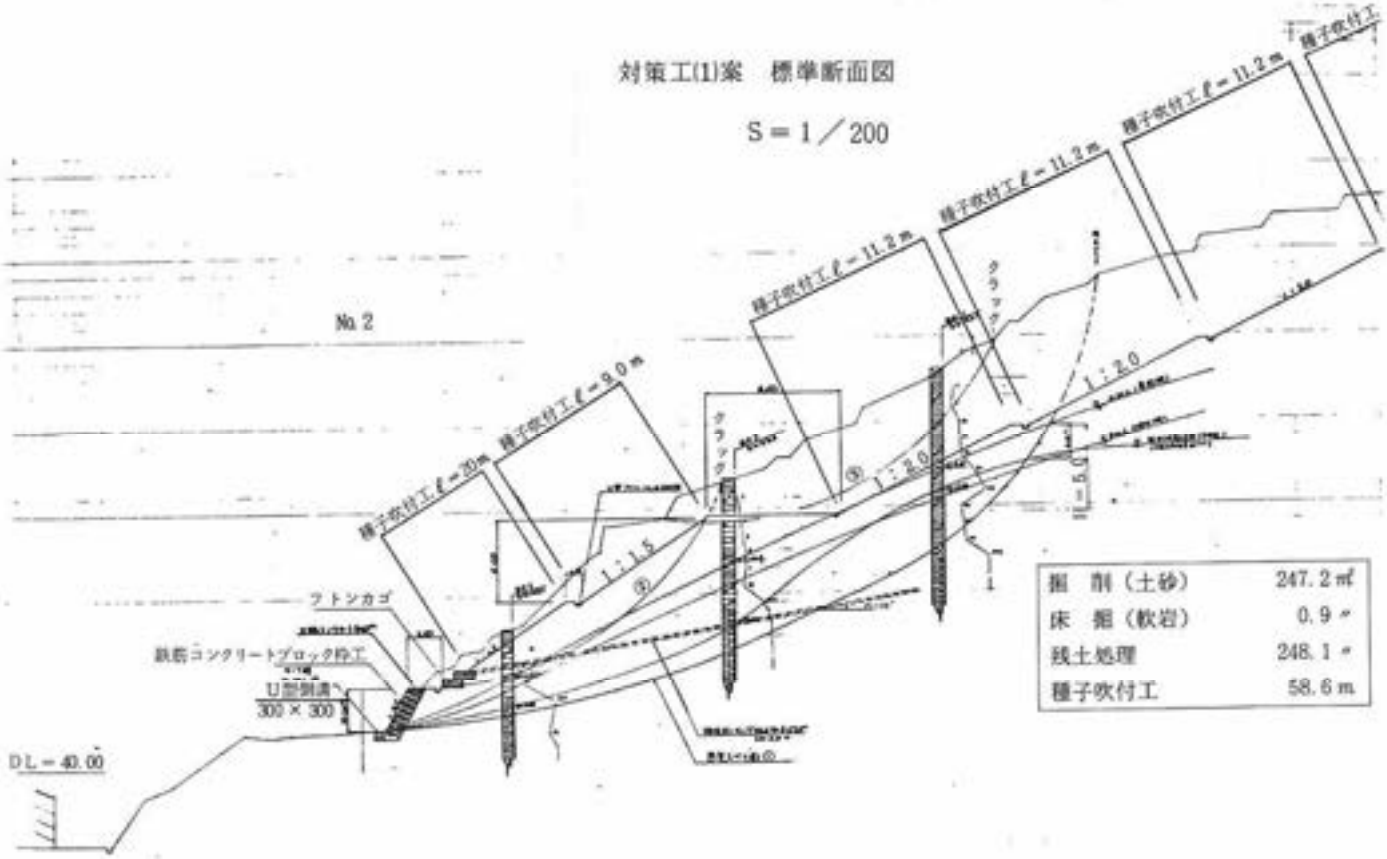


図－5－2



対策工(1)案　標準断面図

S＝1／200



掘　削（土砂）	247.2 ㎥
床　掘（軟岩）	0.9 〃
残土処理	248.1 〃
種子吹付工	58.6 m

5－2　地すべりについての考察

ここで云う地すべりとは、道路土工指針で云う「深い切土崩壊」「深く広範囲に及ぶ崩壊」を含む、所謂地すべり災害に該当するものを対象とする。（表－4 参照）

今回の災害では、地すべり指定地での大規模な道路地すべり災害はなかった。

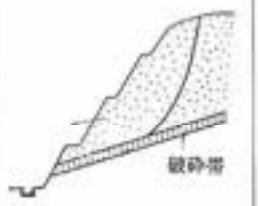
公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法第２条には災害を次の様に定義づけている。**災害とは暴風、こう水、高潮、地震、その他の異常な天然現象により生ずる災害をいう。**

又、**異常な天然現象による災害**の採択範囲として仝方針３・１に次の様に示されている。

> **3）異常な天然現象による災害の採択範囲（方針三・1）**
> (1) 河川災害
> イ　**警戒水位以上**の水位。
> ロ　河岸高の**5割程度以上**の水位（警戒水位の定めのない場合）。
> ハ　河床低下等のため、警戒水位の定めが不適当な場合の、警戒水位未満の出水。
> ニ　比較的長時間にわたる融雪出水等。
> (2) 河川以外の施設災害
> イ　**最大24時間雨量80㎜以上**の降雨。
> ロ　時間雨量が特に大である場合。
> (3) 最大風速（10分間平均風速の最大）**15ｍ**以上。
> (4) 高潮、波浪、津波による災害で被害程度の高いもの。
> (5) 地震、地すべり等によって発生した施設災害。

即ち、一般的に云う地すべり災害とは、河川以外の施設災害のうち(5)の地すべりによって発生した施設災害と云うことが出来る。

表－4

崩壊の種類	解　　説	模　式　図	代表地質	備　　考
深い切土崩壊	③　のり面のうらに断層破砕帯や大きな割目があり、地下水の浸透などによって崩壊する。		主としてたい積岩（砂岩、粘板岩、泥岩及びそれらの互層など）花こう岩、はん岩など火成岩でも発生する。	
ⓒ　深く広範囲に及ぶ崩壊	①　断層、風化岩と岩盤の境界面あるいは極度に弱い層などをすべり面として斜面のかなり深い部分から土塊が一体となって崩壊する。		どのような地質の場合にも起こるが、断層の頻度の高い中・古生層に特に多い。	なおこの他に火成岩の生成時に変質して局部的に軟弱化した部分または岩の造岩鉱物が変質して風化しやすいものに変わっている場合に生ずる。
深く広範囲に及ぶ崩壊	②　流れ盤に沿って岩盤が移動する。		層理、節理、シームなどが規則正しく発達した岩石 結晶片岩 粘板岩等	
	③　軟弱な土塊が地下水位の高いところで、徐々に移動して崩壊する。旧地すべり地の末端を切土したり頭部に盛土したときに生ずる。		活動的あるいは活動を停止した地すべり地に多いが、大規模な崖すいたい積物、変質の著しい凝灰岩、風化の進んだ結晶片岩でも起こる。	

例に示す地すべりは、道路土工指針上は「深く広範囲に及ぶ崩壊」の範疇に入る。今回発生した地すべりはその殆んどが三郡変成岩に属している。

三郡変成岩地すべりについて特色を述べる。

1. 風化が著しく進行している。（N＜20）
2. 片理面又は節理面は、多く発達しているが、地すべり面を決定してはいない様である。
3. 片理面、節理面が流れ盤であればすべり易く、すべり面形状は円弧状又は複合型である。

4. 常時地下水が高く、且つ風化層が厚いため、今回の様な集中豪雨でも二重の地下水を構成することなく水位が上昇するものと考えられる。

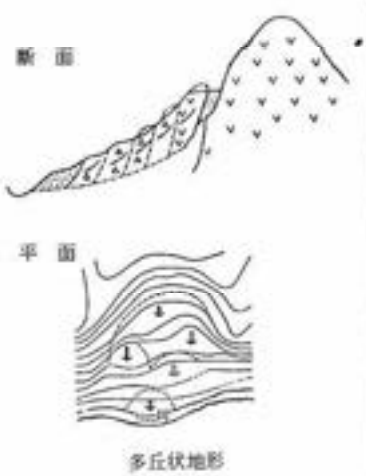
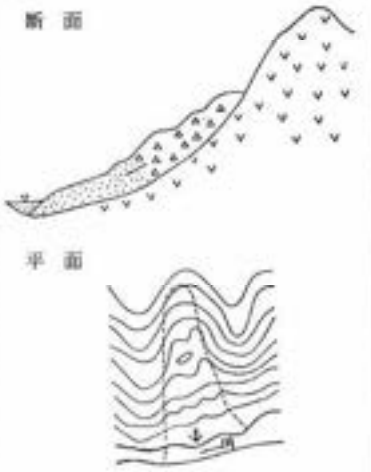
5. 対策工は、排土工と地下水低下工である。

本格的な地すべりについては、道路土工指針に次に示す岩盤すべり、風化岩すべり、崩壊土すべり、粘質土すべりと4種類に分類されており、山岳道路のルート選定時注意する必要がある。山岳部では、岩盤すべり、風化岩すべりは以外に多く存在するものである。

これらの土工指針の分類は、前建設省土木研究所地すべり研究室長 渡　正亮 の作成したものが基本となっているが、これらの特長・対策工等について表－5.6を添付する。

表－5

崩壊の種類	解　　説	模　　式　　図	代表地質	備　　考
㊀ 岩盤地すべり	① 凸状尾根形地形ですべり面は椅子型、舟型、部から発生 ② 頭部では岩盤または弱風化岩、末端で風化岩状 ③ 突発性で予知は非常に困難、綿密な踏査、精査を必要とする。	断面 平面 凸状尾根形地形	断層破砕帯の影響をうけるものが多い。 北松型第三紀層、結晶片岩、第三紀層等	大規模土工、斜面水没、地震、豪雨が原因となって発生する。
㊁ 風化岩地すべり	① 凸状台地形または単丘状、凹状台地形ですべり面は椅子型、舟型 ② 頭部できれつの多い風化岩、末端では巨れきまじり土砂より成る。 ③ 数十年以上の間隔をもつ断続的な運動で1／3,000～1／5,000の地形図で視察できる。	断面 平面 単丘状地形 凸状台地状地形	結晶片岩、新第三紀層で断層、破砕帯の影響をうける。	集中豪雨、異常融雪、地震、中規模な土工が原因となる。

① 崩積土地すべり	① 多丘状、凹状台地形をなしすべり面は階段状、層状で2～3ブロックに分割できる。 ② 主としてれきまじり土砂よりなり末端で粘土化。 ③ 5～20年に再発を繰り返すやや継続的な運動形態となる。地形的に地すべり履歴が明らかで1／5,000～1／10,000地形図でも確認でき地元での聞き込みも有用。		結晶片岩、新第三紀層、蛇紋岩等	融雪、台風、集中豪雨、中規模土工が原因で発生
① 粘質土地すべり	① 凹状緩斜地形をなしすべり面はさらに階段状、層状形となって多数のブロックに分けられる。ブロック間の相互関連度は深まる。 ② 主として粘土またはれきまじり粘土からなる。 ③ 1～5年のうちに再発し継続的な移動を示すため、地すべりの存在は地元に明らかに知られている。		新第三紀層 御荷鉾破砕帯 温泉余土等	霧雨、融雪、河川浸食、小規模土工で容易に活発化

表－6

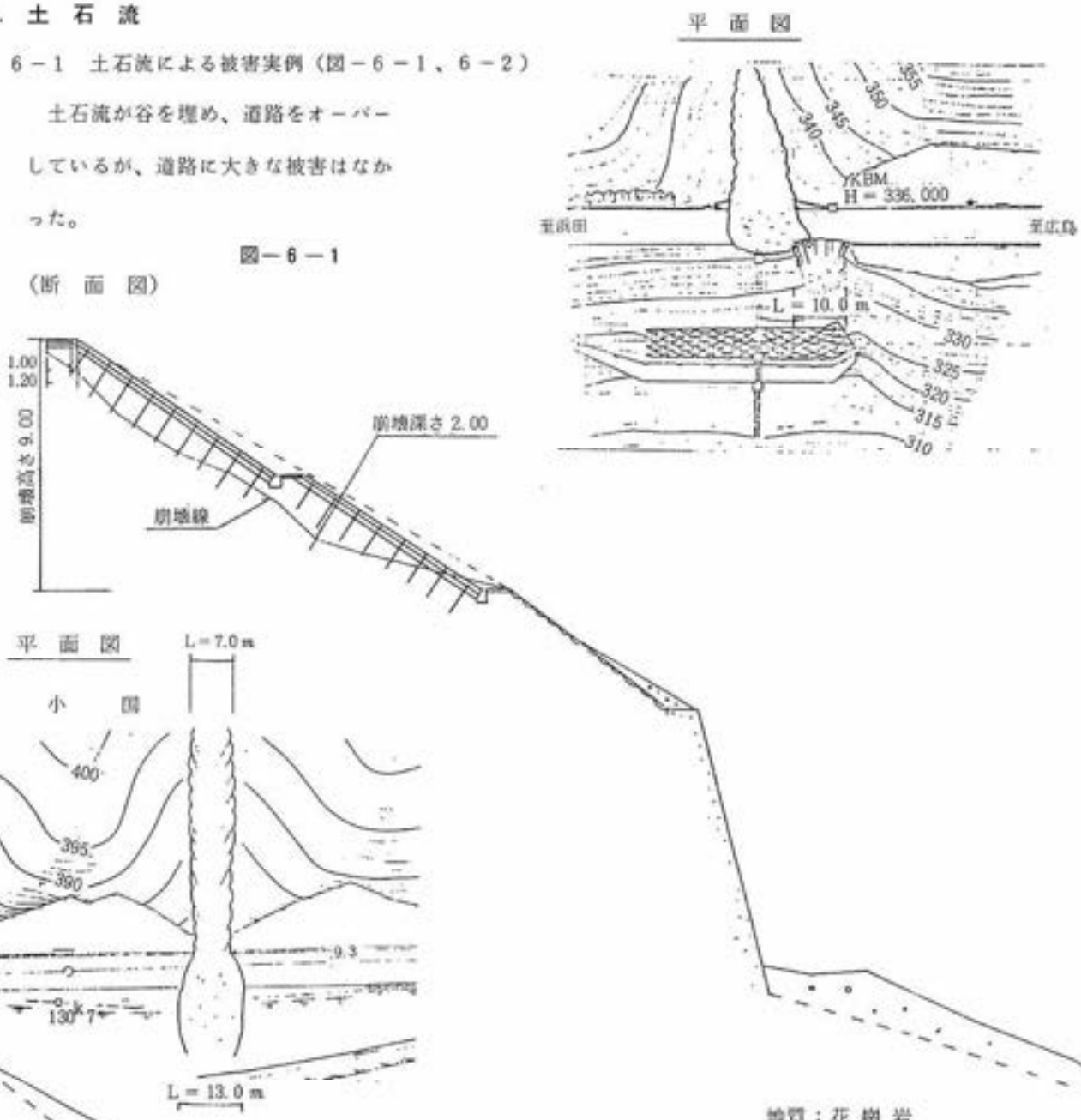
特徴 ＼ 分類	岩盤地すべり	風化岩地すべり	崩積土地すべり	粘質土地すべり
平面形	馬蹄形、角形	馬蹄形、角形	馬蹄形、角形、涙形、ボトルネック形	涙形、ボトルネック形
微地形	凸状尾根地形	凸状台地形 単丘状凹状台地形	多丘状凹状台地形	凹状緩地形
すべり面形	椅子型、舟型	椅子型、舟型	階段状、層状	階段状、層状
旧分類名	幼年型	青年型	壮年型	老年型
主な土塊の性質（頭部）	岩盤または弱風化岩	風化岩（キレツが多い）	レキ混じり土砂	巨レキまたはレキ混じり土砂
〃（末端部）	風化岩	巨レキ混じり土砂	レキ混じり土砂、一部粘土化	粘土またはレキ混り粘土
運動速度	2cm／day以上	1.0～2.0cm／day程度	0.5～1.0cm／day	0.5cm／day以下
運動の継続性	短時間突発的	ある程度断続的（数十～数百年に一度）	断続的（5～20年に1回程度）	継続的（1～5年に1回程度）
すべり面の形状	平面すべり（椅子型）	平面すべり（頭部と末端がやや円弧状）	円弧と直線状、末端が流動化	頭部が円弧状だが大部分は流動状
ブロック化	大抵1ブロック	末端、側面に2次的地すべり発生	頭部がいくつかに分割され2～3ブロックになる。	全体が多くのブロックに分かれ、相互に関連し合って運動
予知の難易	非常に困難、綿密な踏査と精査を必要とする。	1／3,000～1／5,000地形図で予知できるし、空中写真の利用も可能	1／5,000～1／10,000地形図でも確認できる。地元での聞込みも有用	地元での聞込みによって予知できるし、非常に容易に確認できる。
一般的な斜面形	一般に台地部があるが不明瞭である。凸型斜面に多く、頭部から発生する。	明瞭な段落ち、帯状の階段地と台地を有す。大きくみれば舟型だが、主要部は凸型	滑落崖を形成し、その下に頭、崖地等の台地あり、頭部に幾つかの残丘あり、舟型斜面に多い	頭部に不明瞭な台地を残し大部分は一様な緩斜面、涙状の斜面である。
平均的な安全率	大抵の場合Fs＞1.10、一時的にある程度の切土、盛土も可能	Fs＝1.05～1.10、一時的に5%程度の安全率を低下させる事は可能	Fs＝1.03～1.05 一時的には3%程度安定率を悪化させても安定している。	切土、盛土は不可能。小量の土工でも運動を再発する。
主要な対策工	深層地下水排除、土塊除去、地表水排除、抑止工	深層地下排除、土塊除去、地表水排除、抑止工	頭部での深層地下水排除、地表水排除、抑止工	頭部での集水井工、末端での浅層地下水、地表水排除、擁壁工
対策工の効果	即効的で完全安定化可能	即効的であるが、異状天然現象時に再発の恐れがある。	対策工施工後1～3年を要す、末端部の安定化が困難	運動性で対策工施工後数年を要し、完全な安定化は困難
主な原因	大規模な土工、斜面の一部の水没、地震、豪雨	集中豪雨、異常な融雪や河岸欠損、地震、中規模の土工その他	異常な豪雨、融雪、台風、集中豪雨、土工等	霧雨、融雪、河川浸食、豪雨、小規模な土工
主な地質と構造	断層、破砕帯の影響を受けるものが多い。	結晶片岩地帯、新第三紀層に広く分布する。断層、破砕帯の影響あり。	結晶片岩地帯、新第三紀層に広く分布	新第三紀層に最も多く、御荷鉾破砕帯等の構造線沿いにも一部見られる。

6. 土 石 流

6－1　土石流による被害実例（図－6－1、6－2）

土石流が谷を埋め、道路をオーバーしているが、道路に大きな被害はなかった。

図－6－1



図－6－2

6－2　土石流についての考察

土石流とは、山間のけい流において、多量の土砂・石れき、ときにはこれに木材などの破片を混じたものが、それ自身の重量と水の潤滑作用とによって流下する現象を云う。（土木用語事典）

土石流発生の原因としては、次のものが考えられる。

1. 豪雨時に山崩れが発生しこの崩壊土が多量の水分を含みけい流を流下するもの
2. けい流の側方山腹に山崩れを生じ、これがけい流をせきとめ、一時的に湛水し池を生じ水圧などにより破壊を起したもの。
3. けい流を異状な洪水が流れ、けい床、けい岸を侵食して多量の土石を含み流下するもの

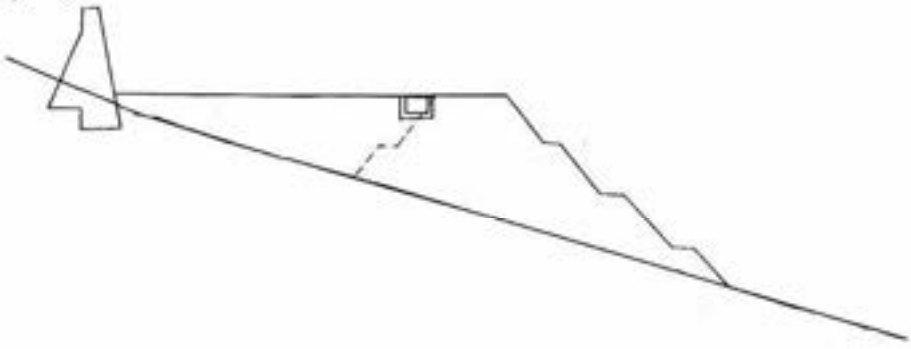
土石流の道路への被害は、小けい流で、道路と同じ高さか多少けい流を切土しているところで、道路上に土砂が堆積している場合が多い。

又けい流よりも道路が高い場合、けい流を盛土している場合は、道路の山側の凹部に土砂が堆積し、横断排水構造物を閉塞し、時には路面上にも土砂の堆積をみるものもある。道路をオーバーした土砂流は、多かれ少かれ盛土法面を損傷させる場合が多い。しかし盛土自体を土石流が押し流した例は、国道についてはない。

土石流危険けい流については、建設省河川局砂防部において危険区域調査がなされており、重要路線のルート選定にあたっては、十分参考としその規模を想定した上でルートを決定する必要がある。

規模が大きい場合には、橋梁とするか、図のように山側を残土処理し、その上流に土石流対策堰堤を設ける等の配慮が必要であろう。

図－6－3



小規模けい流については、重要路線の場合は、けい流調査を行い走行車輌に被害が少い様な対策を立てる必要がある。土石流がけい流を流下する状況は、大略けい床勾配に支配され、表－7のとおりである。

表－7　渓床勾配の区分　（θ：渓床勾配）

区　　分	参　　考
$0° \leqq \theta < 3°$	土砂流堆積区間
$3° \leqq \theta < 10°$	土石流、土砂流堆積区間
$10° \leqq \theta < 15°$	土石流流下堆積、土砂流流下区間
$15° \leqq \theta < 20°$	発生区間、流下区間
$20° < \theta$	発生区間

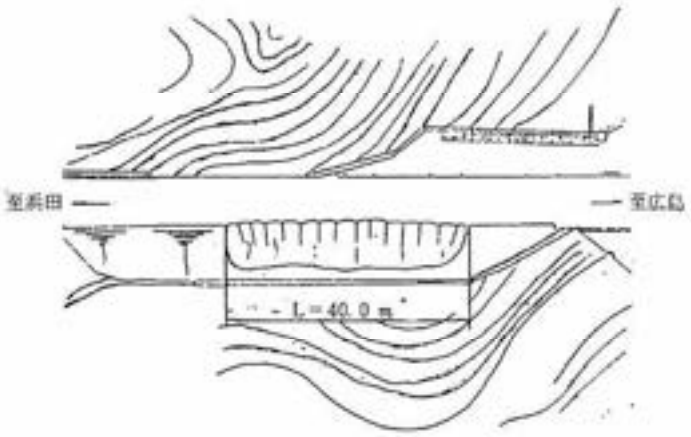
7. 盛　　土

7－1　盛土法面の崩壊実例

1）盛土路肩部分の小崩壊（図－7－1）

路面から雨水が浸透し飽和し易い路肩部分が崩壊する。被災ヶ処が多い。

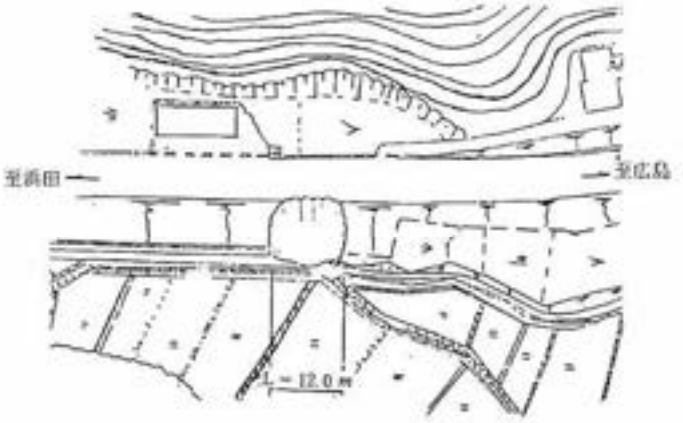
図－7－1



路線名：国道 186 号線

2）盛土法面の崩壊（図－7－2、7－3）

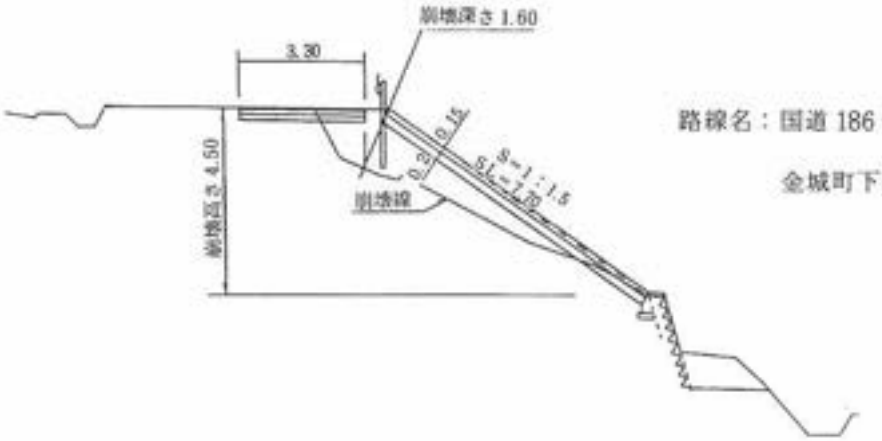
前例の規模が大きいもので、同様の原因である。この場合下部に擁壁がある場合は、大抵擁壁は安全である。



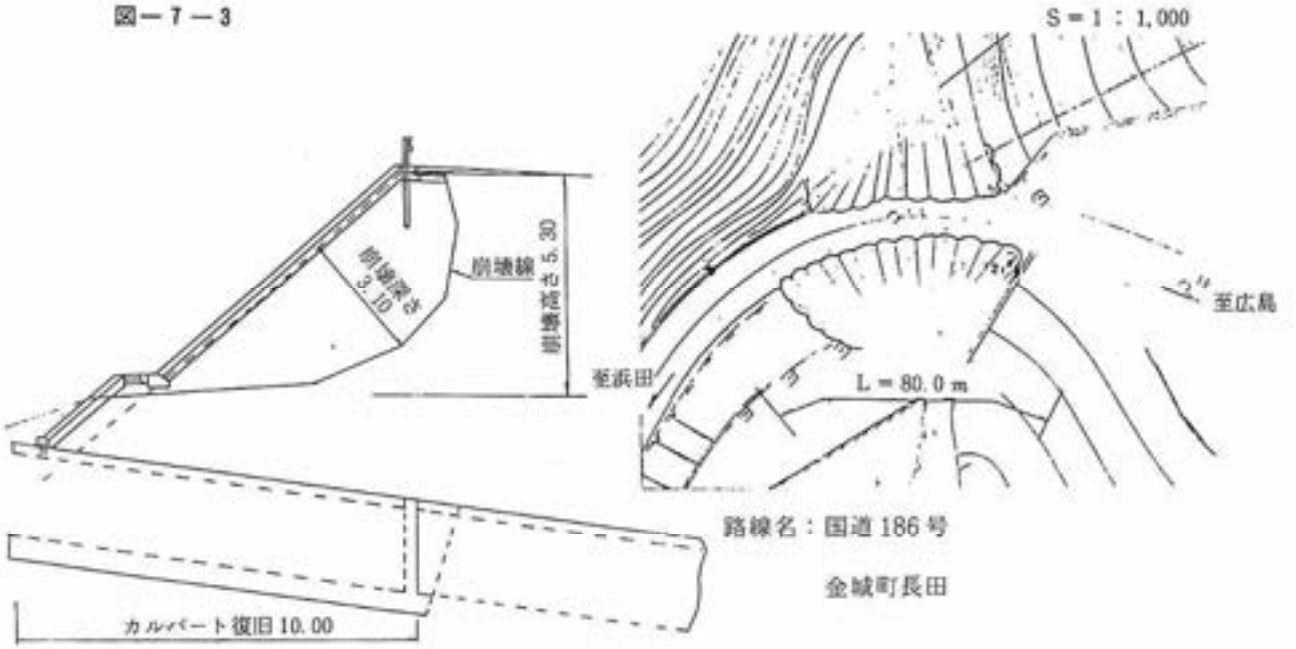
路線名：国道 186 号線

金城町下来原

図－7－2



図－7－3



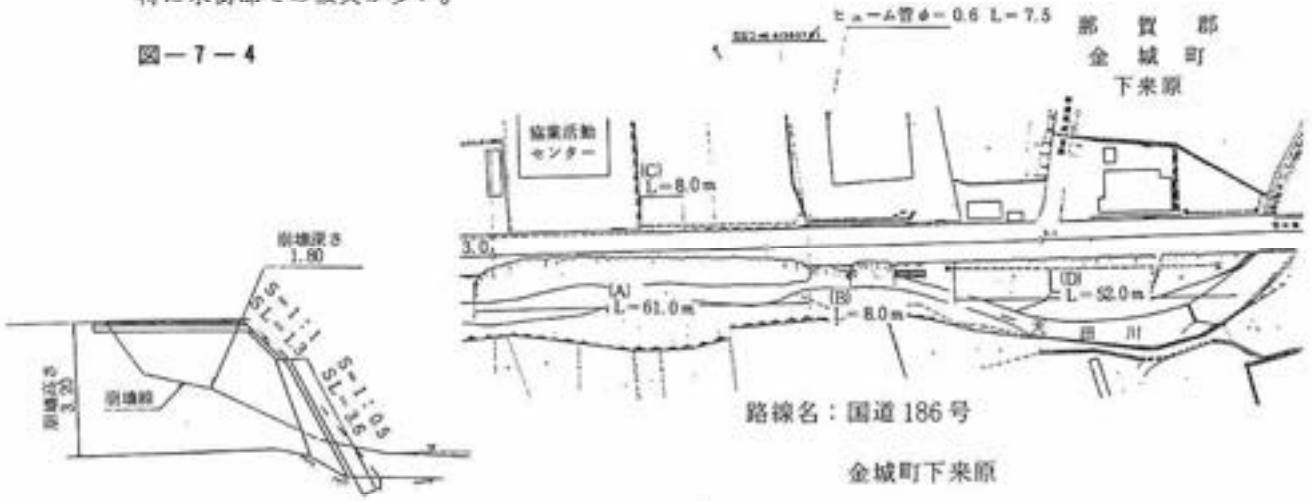
路線名：国道186号

金城町長田

3）河川の洗掘による盛土護岸の崩壊（図－7－4、7－5）

特に水衝部での被災が多い。

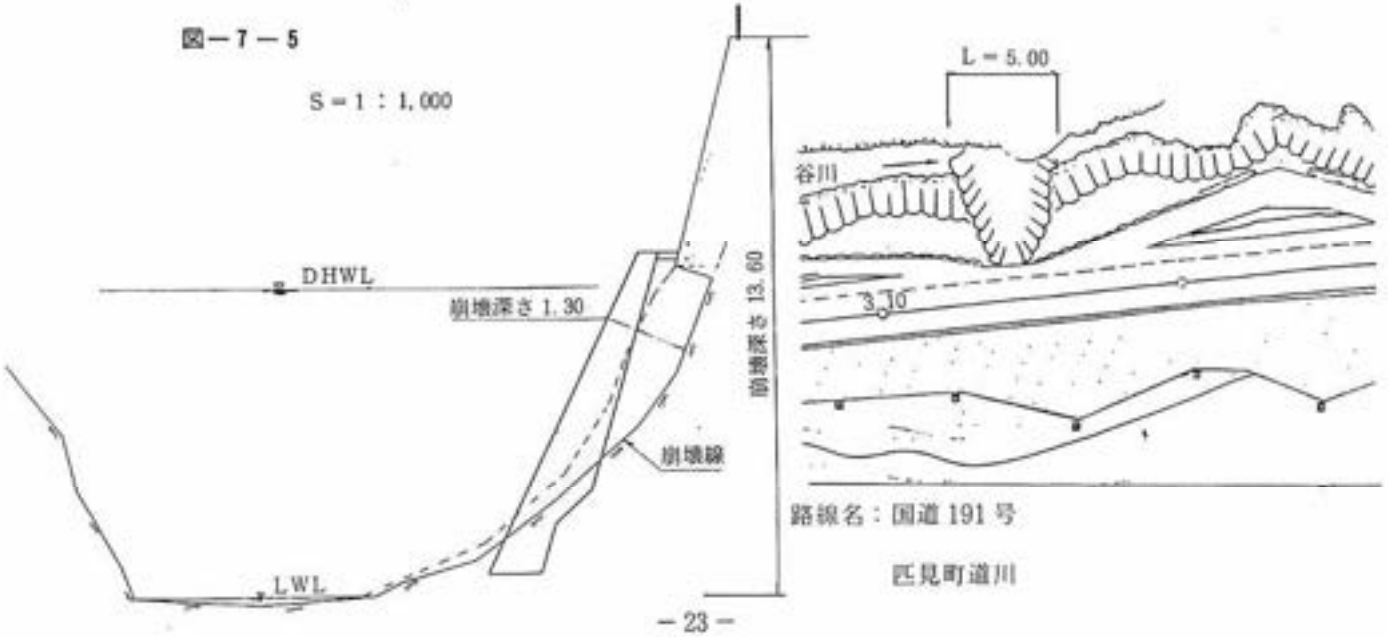
図－7－4



路線名：国道186号

金城町下来原

図－7－5

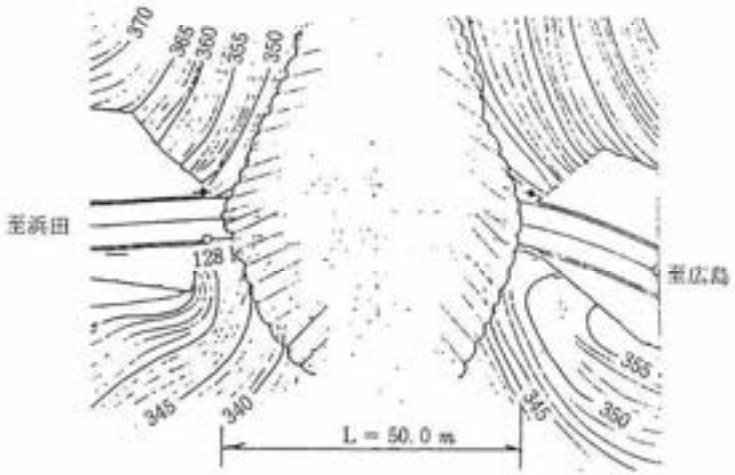


路線名：国道191号

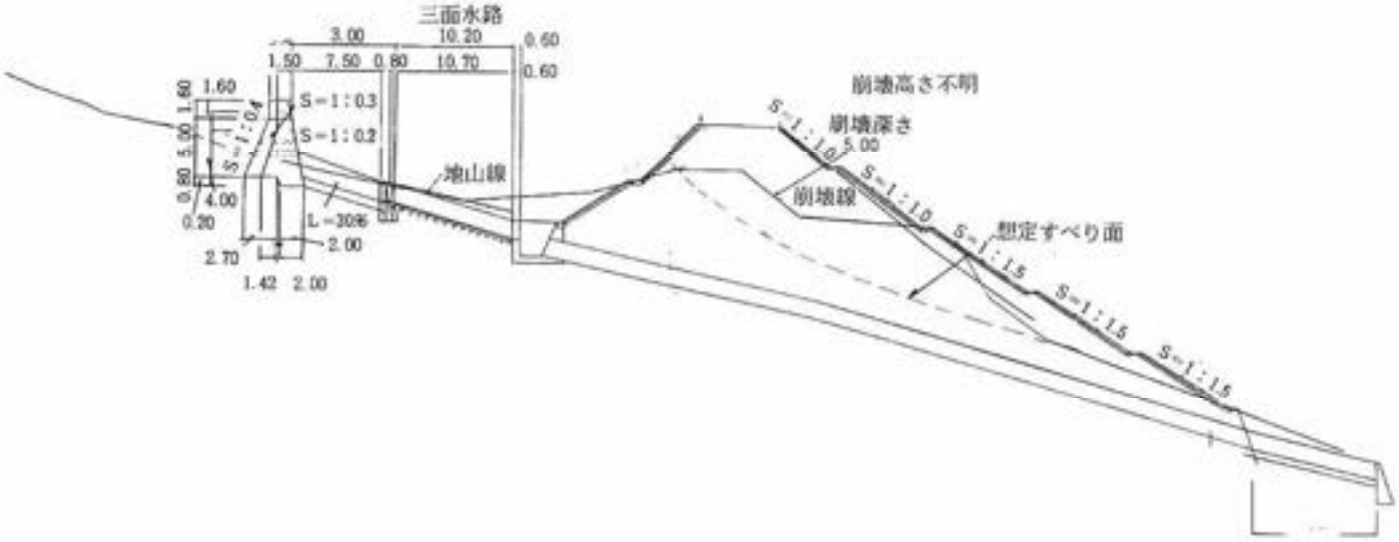
匹見町道川

4）大規模な盛土法面崩壊（図－7－6）

路面を含む盛土全体が崩壊したものである。谷からの土砂流出により、横断排水路がつまり、山側のポケットが急激に水位上昇し、盛土自体の間隙水圧の上昇と、山側からの土砂流による押し出しとにより崩壊したものと考えられる。



図－7－6



路線名：国道 186 号

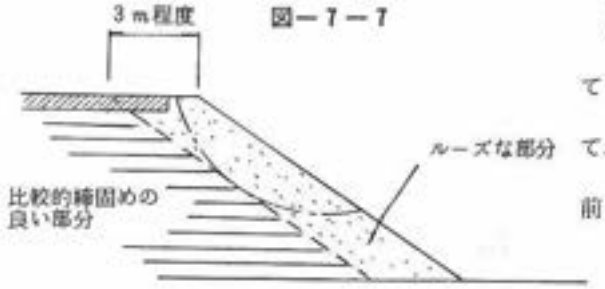
金城町小国

7－2　盛土工についての考察

以上の崩壊例をもとに、今後盛土工の設計・施工にあたっての留意点につき述べる。

1）盛土路肩部分の小崩壊及び、2）盛土法面の崩壊は、盛土自体の地下水の上昇に起因しているのでなく、盛土の締固めが不十分な法面に沿うルーズな部分で発生している。（図－7－7）

図－7－7

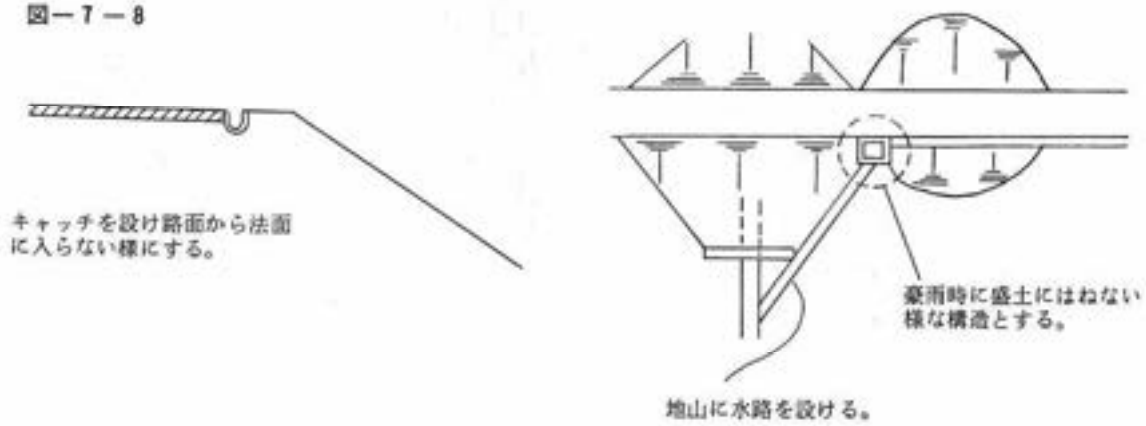


いづれの場合も路肩附近を中心として崩壊が発生しているのは、比較的締固めの良い部分を不透水層として、ルーズな部分の上部から飽和し、下部が飽和する前に上部の飽和部分で崩壊したものと考えられる。

対策として考慮すべき点は、次の通りである。

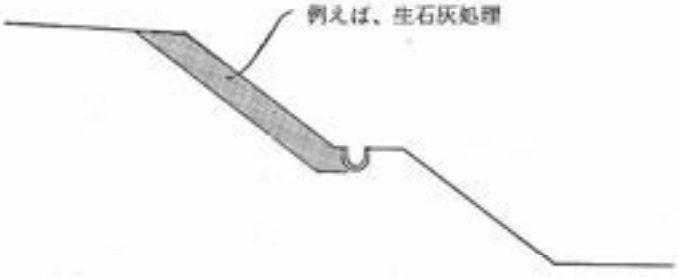
① 路面及び縦断の高い側からの水処理を十分にすること。

図－7－8



② 法面保護工は、上部に重点を置き、不透水性のものを用いる。

図－7－9

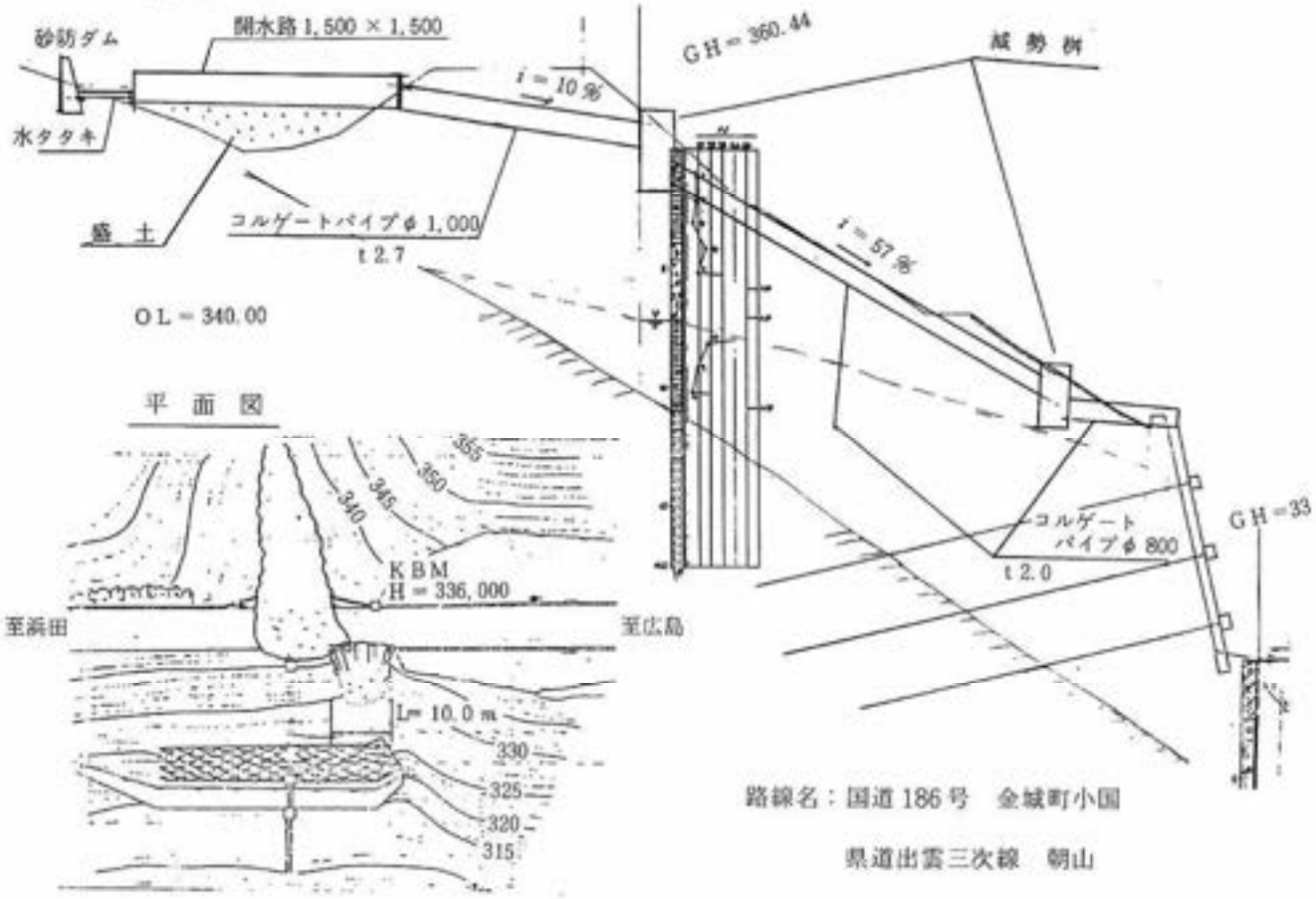


③ ルーズな法面附近には、サンドマットを挿入し、地下浸透水をすみやかに地表に導く。

2）大規模な法面崩壊については、十分な調査資料がないが、重要な路線については、今後十分対策を立てておくべき問題であろう。

今までの経験からこれらの大規模な崩壊は、盛土が築造されてから、徐々に地下水位が上昇し、その上に、集中豪雨により急激に水位上昇を来たしたものと考えられる。即ち常時地下水が高い位置に形成されていたことが、崩壊の素因であると考える。以下これらの例を示す。

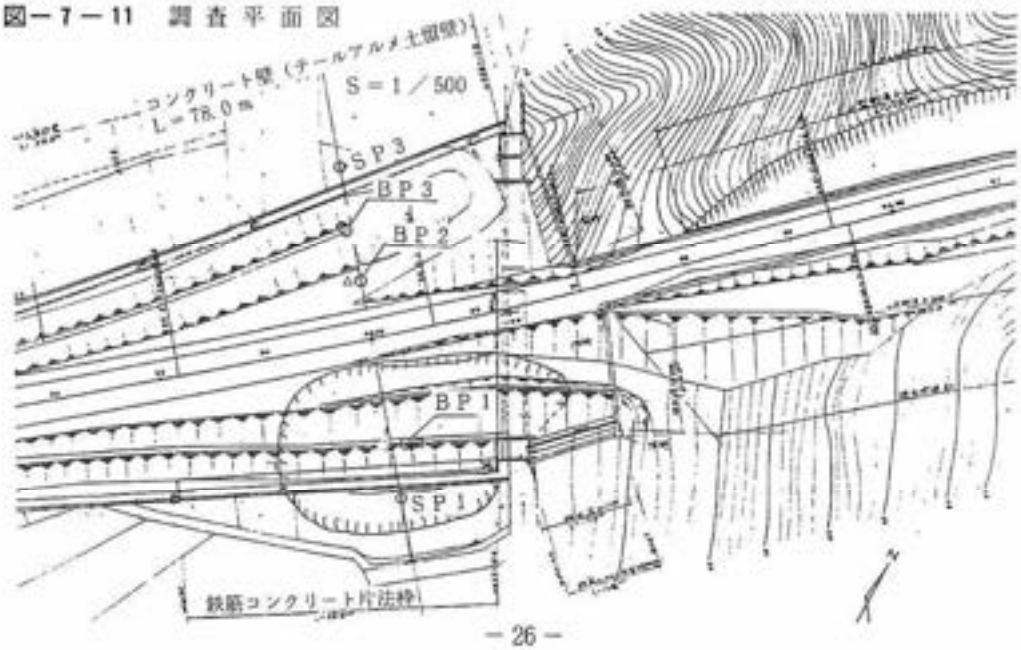
図－7－10



路線名：国道 186 号　金城町小国

県道出雲三次線　朝山

図－7－11　調 査 平 面 図



盛土は、十年も経過すれば、自然地盤と変らない様になる。盛土当初は、地山線にあった地下水位が、周辺の地下水環境に適合した様に、新たな地下水位が盛土内に形成されていく。特にゆるい谷地形の傾斜地に盛土する場合には、山側の広範囲の雨水が盛土に入り込むことになり、一般に地下水位が高い場合が多い。

又、盛土を一種の自然地盤と見た場合には、崖錐・崩積土より更に弱い土と見なし得る。盛土のN値は、殆んど10以下である。

従って大規模な盛土区間については、設計時に十分な検討が必要である。

道路土工指針では、特に注意の必要な盛土として、1）傾斜地盤上の盛土　をあげて次のように書かれている。

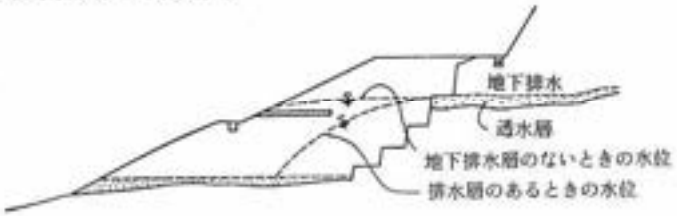
特に注意の必要な盛土

盛土の安定は盛土のり面のみならず、本体（路体）の安定に注目する必要があるということはいうまでもない。のり面の安定には湧水、降雨による影響が主因であり、水の処理が重要となる。

1）傾斜地盤上の盛土

傾斜地盤上の盛土、谷間をうめる盛土、谷間をうめる盛土、片切り片盛り、切盛境では地山からの湧水が盛土内に浸透し、盛土のり面を不安定にすることが多い。このような場合は、盛土内へ地下水が浸透しないように地下排水溝を設計し、かつ盛土内の水圧を減少させるために盛土に排水層を設けるとよい（図－3・29参照）

なお傾斜地盤の中には軟弱な層をはさみ、盛土の崩壊を招くこともあるので、第5章に準じた基礎地盤の調査・設計を適用することもある。



図－3・29　傾斜地盤上の盛土の地下排水溝と排水層

山岳地、丘陵地、台地などに発達する谷間の湿田、かんがい用水路などはその周辺の地下水が流出している場所であり、盛土の接する地山から盛土への地下水流入が崩壊に大きく影響する。したがって地山の透水層、不透水層に注目して降雨、融雪水などの浸透水をも地下排水工で処理するのがのぞましい。

なお盛土の地下水位を低下させることは、降雨災害の軽減はもちろん、耐震対策としても有効であるとされている。

8. 法 面 保 護 工

8－1　切土法面保護工

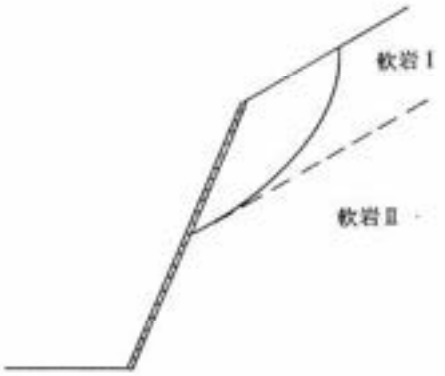
今回の災害でモルタル吹付工の破損が多い。原因は次の二点が考えられる。

1）地山自体が不安定である。

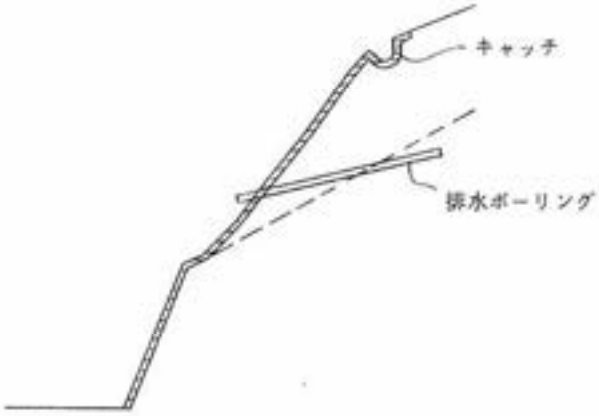
2）地山からの水圧

殆んどが、1）の理由で、「切土法面内の表層崩壊」に属するものである。

図－8－1



図－8－2

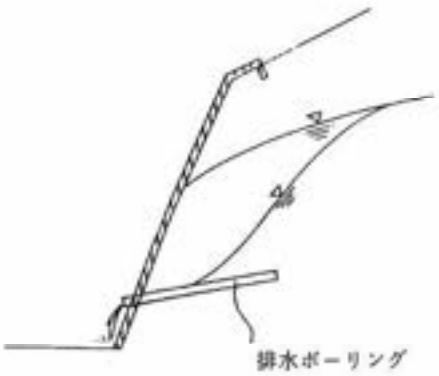


もし、上部を安定法勾配に切土していれば、安定であったと思われる場合が多い。軟岩状であっても法勾配を緩くしているところでは破損していない。

2)の地山からの水圧は、1)の地山の安定と同時に考えるべきもので、今回の崩壊の多い風化部分の急激な地下水に対するものと、地山自体にもともと存在している地下水に対するものとがある。

重要路線については、図－8－2の様に風化部分に、排水ボーリングを行い豪雨時すみやかに排水し、法面の安定を図る必要があろう。

図－8－3



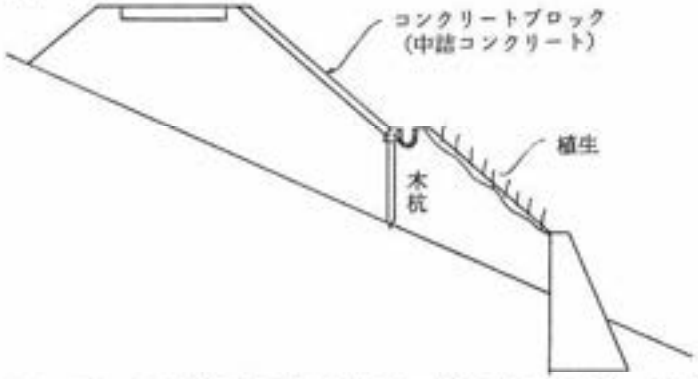
又、地山自体に地下水がある場合、とかく湧水箇所のみにとらわれるが、地下水位が高ければ、水圧の大きい下部へ排水ボーリングを行い法面附近の安定を図る必要がある。

（図－8－3）

8－2　盛土法面保護工

盛土路肩附近の崩壊が多いことから、路肩に近い上部法面に構造物による法面保護工をほどこし雨水が浸透しない構造とすべきと考える。

図－8－4



道路工指針には一つの法面で工種を変える場合は、重いものを下部に軽いものを上部に使用するのを原則とするとしているが、今後検討を要す事項と考える。

重要な道路の長大法面、又は盛土下に人家のある法面は、植生工は避け、コンクリート張り、コンクリートブロック等、不透水性の構造物による法面保護工を選定すべきである。勿論排水についての配慮は十分行うものとする。又法尻には十分安全な擁壁を設置し、盛土法面を少くする様に考える。(図－8－4)

9. 排　水　工

9－1 横 断 排 水

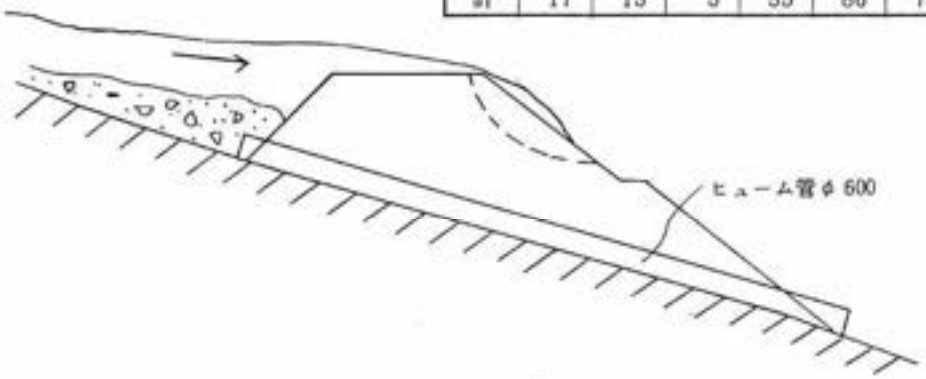
横断排水工の被害状況は、表－1の通りである。

山岳部で、谷を横断するパイプ又はカルバートボックスが、流出土砂又は土石流により埋没した例は多い。

表－8　横断排水の被災状況

	被災有				被災無				合計	
	Box	Pipe	他	計	Box	Pipe	他	計		
186	4	5	0	9	9	13	0	22	31	29%
191	3	3	3	9	10	5	0	15	24	38%
261	0	2	0	2	16	9	0	25	27	7%
9	10	3	2	15	51	51	10	112	127	12%
計	17	13	5	35	86	78	10	174	209	17%

図－9－1

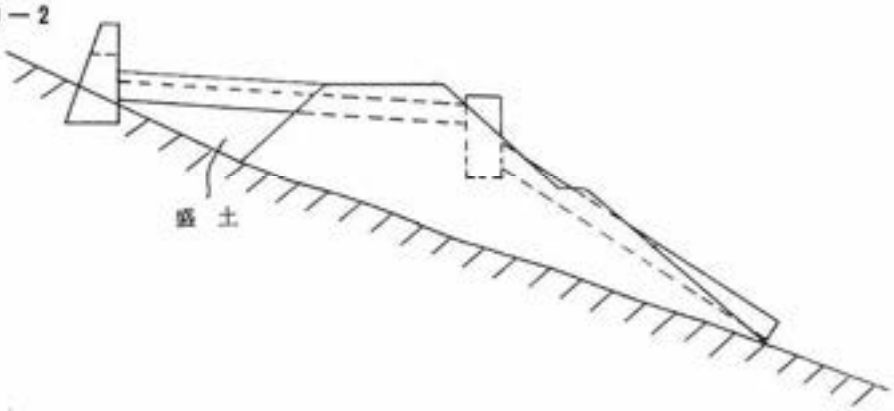


図－9－1に示す様に流域面積0.1㎢以下の比較的規模の小さい谷では、ヒューム管φ600程度のものが谷底に沿って設置されている場合が多い。

国道186号及び国道191号の調査結果から、横断排水の約30%が埋没し被災している。降雨時には、流水が道路をオーバーしたものと考えられる。

今後の対策としては、図－9－2に示す様に、上流部に堰堤を設け、上流側の谷部分を埋めて、排水路は、出来るだけ地表面を通す様にする必要がある。

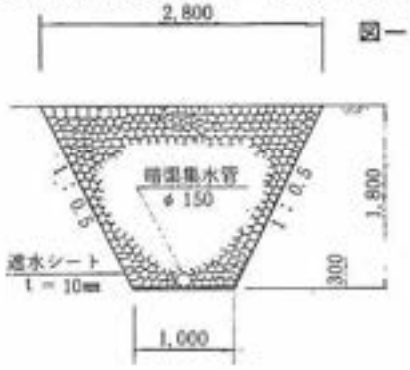
図－9－2



又、谷が大きくハイバンクになる部分では、流出土砂量を予測し、土石流の可能性等を十分検討した上で、十分な断面を確保する必要がある。場合によっては、橋梁とする場合もあろう。

9－2　地下排水工

盛土内の地下水位上昇をおさえる一つの方法として、盲暗渠がある。盲暗渠は、きわめて重要であるわりには、注意がはらわれていない様に思われる。



図－9－3

一般に左図に示す構造のものが多く、φ40㎜以下の砕石を使用していることが多い。

道路土工指針では、フィルター材について次の基準がある。

これはフィルターの機能を永く維持するための条件で、周辺の土粒子によってフィルターの目ずまりが起らないためのものである。

フィルター材料の選定

排水溝内に穴あき管を設置して埋め戻す場合、あるいは路床上にしゃ断排水層を設ける場合には、その機能を永く維持させるために、次のような条件に適合した材料を使用しなければならない。

このフィルター材料には、透水性が大きく、かつ粒度配合のよい天然の砂利、あるいは粒度調整をした砂利、砕石などを用いる。

フィルター材料として必要な条件は、粒子自体の安定性が高く、風化したり、溶解しないことと、粒度曲線が適切でなければならないことである。必要な粒度曲線は、路床土の粒度曲線及び穴あき管の穴の大きさに関係を持つ。すなわち、フィルター材料が路床から流入してくる微粒子によってつまらない条件として、

$$\frac{D_{15}\text{（フィルター材料）}}{D_{85}\text{（路床土）}} < 5 \quad \cdots\cdots (3-14)$$

を満足しなければならない。ここにD_{15}、D_{85}はそれぞれ、粒径加積曲線において通過重量百分率の15が、85%に相当する粒径である。

更にフィルター材料が路床上に比較して十分な透水性があるための条件として、

$$\frac{D_{15}\text{（フィルター材料）}}{D_{15}\text{（路床土）}} > 5 \quad \cdots\cdots (3-15)$$

を満足しなければならない。

フィルター材料の粒度は、穴あき管の場合には式（3－16）のように穴あきの大きさによって定められる。

$$\frac{D_{85}\text{（フィルター材料）}}{D\text{（穴の径）}} > 2 \quad \cdots\cdots (3-16)$$

フィルター材料の粒径加積曲線は、図3－30に示すようにできるだけ路床土の粒径加積曲線に平行で、かつ滑らかな曲線がよい。

路床土にかなり大きいれきを含むときは、粒径が25㎜以上の粒子を除いた土について粒径加積曲線を作ってフィルター材料の選定を行う。

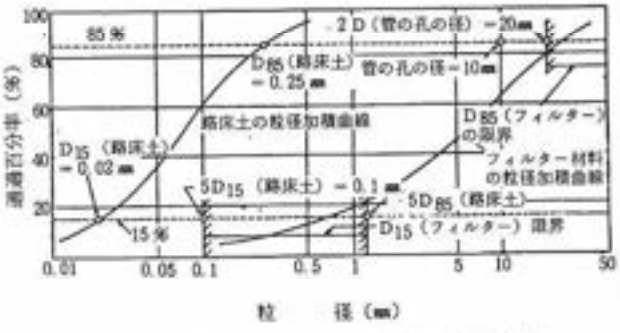


図3－30　フィルター材料の粒度曲線

参考例　精神薄弱者厚生施設造成工事（大田市）

フィルター構造について

シラスは、比重が軽く（$\gamma s = 2.10$）且つ細粒分が多いことから、盲暗渠等の栗石間をシラス土粒子が移動し、目づまりを起すこととなる。

したがって、盲暗渠、擁壁裏栗石等のフィルター部分は、慎重に設計し施工する必要がある。

フィルター材の選定条件は、次のとおりである。（道路土工指針より）

①　フィルター材がつまらないための条件

$$\frac{D_{15}\ (フィルター)}{D_{85}\ (シ\ ラ\ ス)} < 5$$

②　フィルターが十分透水性があるための条件

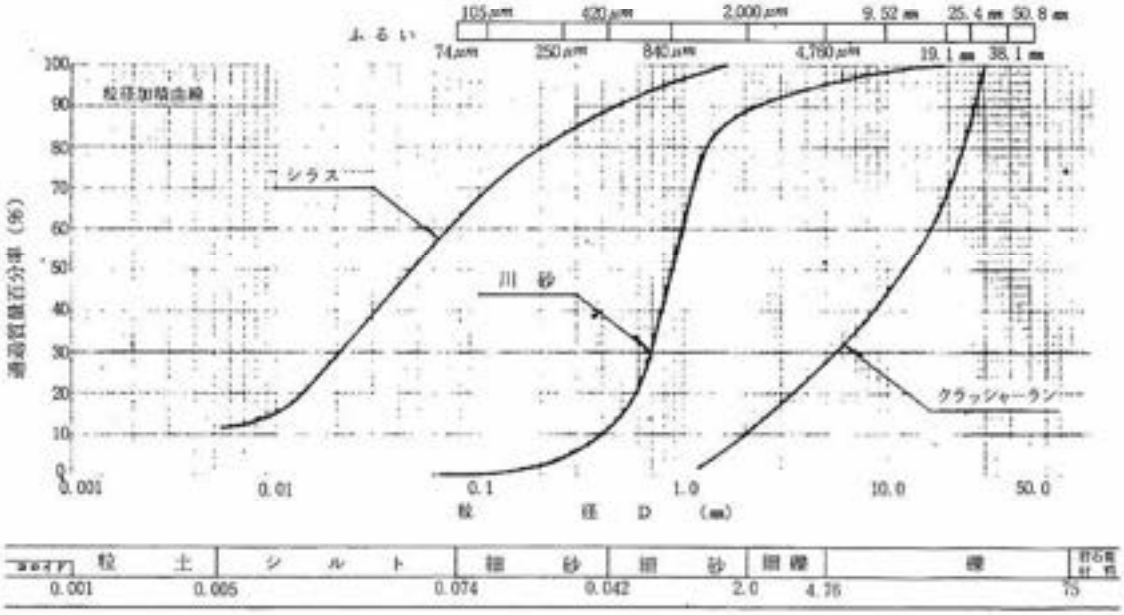
$$\frac{D_{15}\ (フィルター)}{D_{15}\ (シ\ ラ\ ス)} > 5$$

③　管の孔にフィルター材が入りこまないための条件

$$\frac{D_{85}\ (フイルター)}{D\ \ (管の孔の径)} > 2$$

フィルター材に30㎜以下のクラッシャーランと川砂を使用することにする。

各材料の粒径加積曲線は次の通りである。



通過質量百分率	粒径 (mm)		
	シラス(S)	川砂(S)	クラッシャーラン(C)
D85	0.3	1.5	2.5
D15	0.01	0.5	2.6

シラスと川砂

①の条件

$$\frac{D_{15}(S)}{D_{85}(シ)} = \frac{0.5}{0.3} = 1.66 < 5 \qquad OK$$

②の条件

$$\frac{D_{15}(S)}{D_{15}(シ)} = \frac{0.5}{0.01} = 50 > 5 \qquad OK$$

川砂とクラッシャーラン

①の条件

$$\frac{D_{15}(C)}{D_{85}(S)} = \frac{3}{1.5} = 2.0 < 5 \qquad OK$$

②の条件

$$\frac{D_{15}(C)}{D_{15}(S)} = \frac{2.6}{0.5} = 5.2 > 5 \qquad OK$$

クラッシャーランとパイプ

③の条件

$$\frac{D_{85}(C)}{D} = \frac{25}{5} = 5 > 2 \qquad OK$$

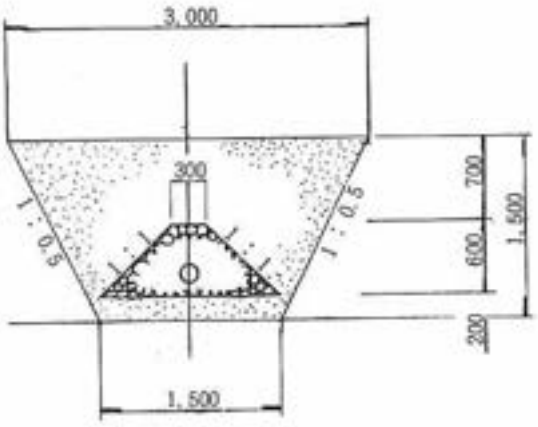
但し、パイプの孔の径：5㎜（ネトロンパイプ使用）

以上の結果より2種類のフィルターを使用するものとする。

(1) 川　　砂

(2) クラッシャーラン

標準の暗渠構造は下記の通り。



あ と が き

たった一日の自然の営力が、人間にとっては3,600億円を越す金と、2,000日の復旧の時間を要すると云うことは、如何に自然が偉大であるかを示すものである。

人間が自然に対して、逆らえば逆らうほど、そのしっぺ返しも大きい。

道路においても、規格が大きいほど被害も大きく、地形に逆らわない低規格道路では被害も少ない。道路の計画にあっては、出来るだけ自然に逆らわないことを基本に考えるべきであろう。

今回は、災害地を踏査し、土工上の問題点を摘出する事につとめたが、土工指針にフィードバックした時に、土工指針に明確に解明されていることが多々あった。基本に忠実に設計・施工を行うことが重要である。

参　考　文　献

道路土工要綱　日本道路協会

道路土工　のり面工・斜面安定工指針　日本道路協会

道路土工　排水工指針　日本道路協会

斜面崩壊防止工事の設計と実例　全国治水砂防協会

島根災害と斜面崩壊　地すべり学会関西支部シンポジウム

島根大学地質学研究報告第3号　島根大学理学部地質学教室

谷　誠　不飽和浸透水による地下水面の上昇　第8回地すべり研究会

島根県地質図　島根県水産商工部商工課

昭和58年7月豪雨被害実態調査報告書　島根県

県道出雲三次線道路改良工事高盛土対策報告書　藤井基礎設計事務所

国道186号（小国地内）道路災害防除調査設計報告書　藤井基礎設計事務所

国道191号（都茂地内）災害復旧工事調査設計報告書　藤井基礎設計事務所

浜田美都線道路災害復旧工事調査設計報告書　藤井基礎設計事務所

精神薄弱者厚生施設土地造成工事調査設計報告書　藤井基礎設計事務所