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	河川洗堀	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。

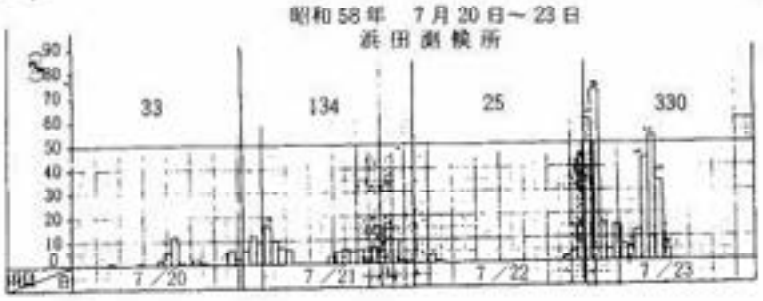
表より今回の山腹災害は、昭和57年の長崎災害の降雨パターンに酷似しており、災害日も7月23日と同じである。7月23日に共に400～500㎜の降雨があり、その前に今回は21日200㎜程度の降雨があり、長崎の場合は20日に240㎜の降雨があった。

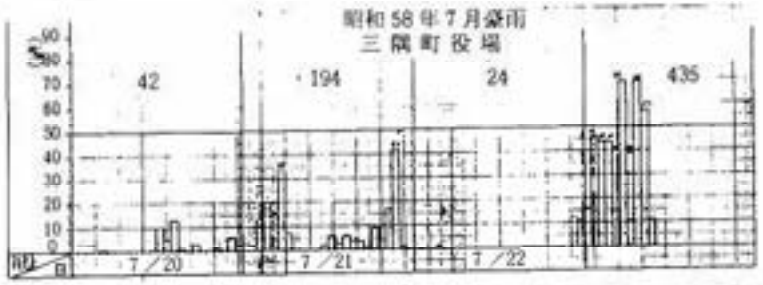
すなわち、初めの降雨で地盤の含水比が高くなっているところへ、30㎜以上の時間降雨が10時間にわたり連続して降った。うち50㎜を越す降雨は3時間もあり、最大時間降雨量は90㎜に達している。

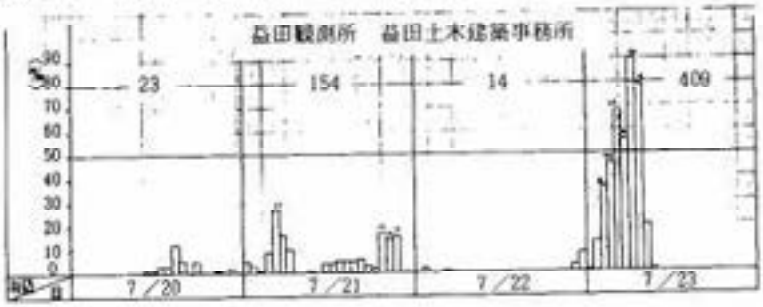
昭和47年豪雨は、7月9日から12日にかけて連続して降雨があったが、時間雨量が最大で30㎜程度であり、今回の豪雨に比べれば比較にならない。

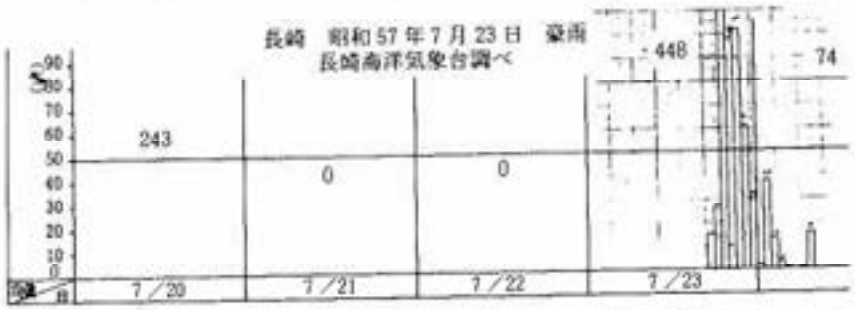
又、昭和55年7月豪雨は、特に出雲部で地すべり災害が多く発生したので記載した。

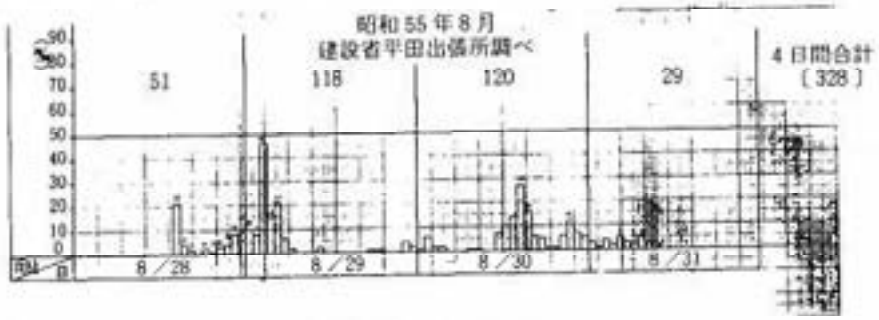
図－1－1

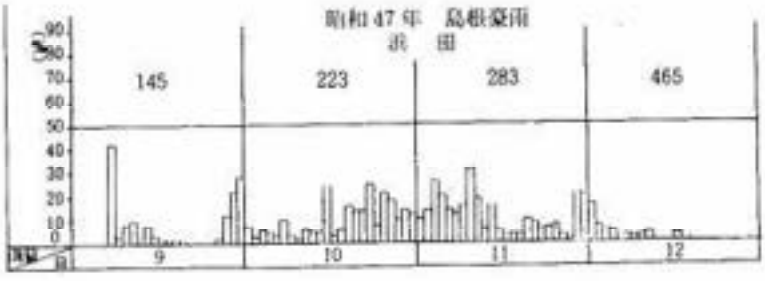

昭和58年　7月20日～23日
浜田測候所
33
134
25
330
7／20
7／21
7／22
7／23


昭和58年7月豪雨
三隅町役場
42
194
24
435
7／20
7／21
7／22


益田観測所　益田土木建築事務所
23
154
14
409
7／20
7／21
7／22
7／23


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
7／20
7／21
7／22
7／23

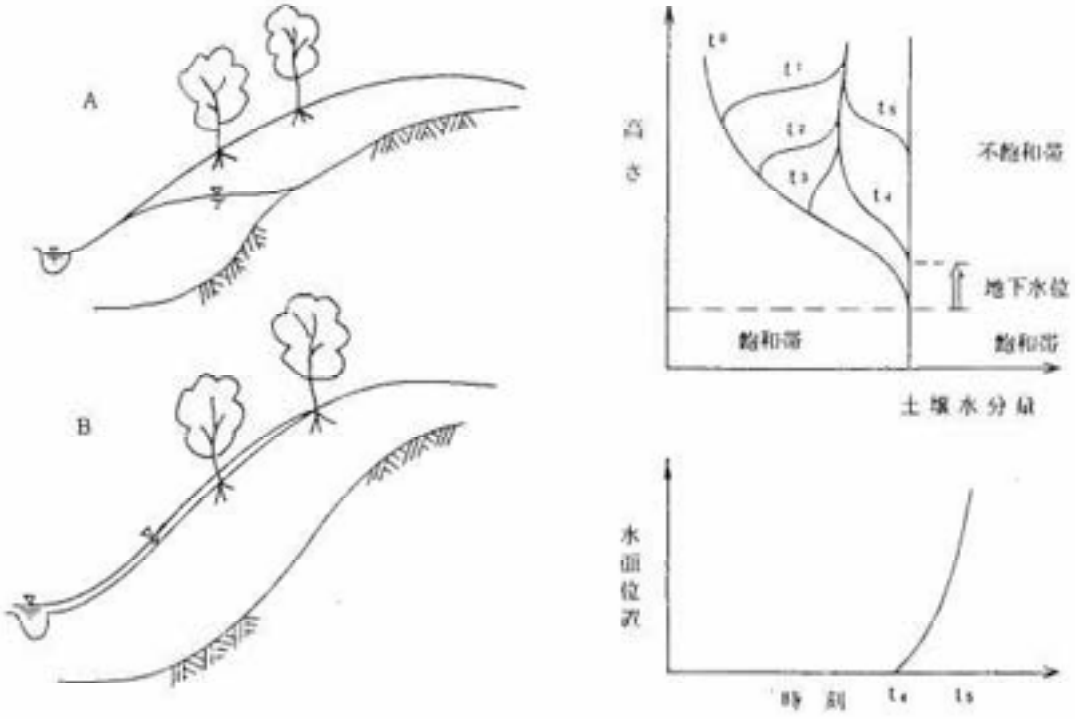

昭和55年8月
建設省平田出張所調べ
51
118
120
29
4日間合計
〔328〕
8／28
8／29
8／30
8／31


昭和47年　島根豪雨
浜田
145
223
283
465
9
10
11
12

2　降雨と地下水

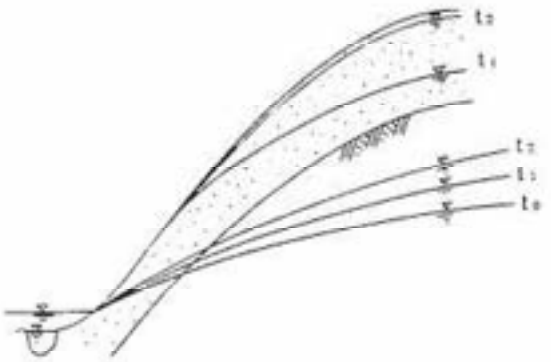
降雨水は、地表面を流下する直接流出と一時地下に浸透し地下水を上昇せしめ長期に流出する間接流出に分けることが出来る。

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いの様に水分量がかなり多くなっても水面は上昇しない。t_4 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、風化土と透水性の悪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。

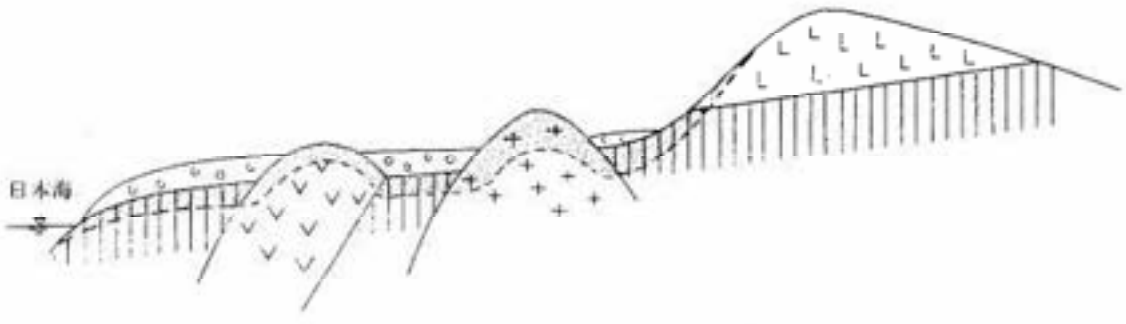
集中豪雨型の場合は、上層の水位上昇が下層に比べて早く、表層崩壊が多いことがうなずける。

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. 白亜紀進入岩類

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。

その後白亜紀進入岩類が貫入している。この進入岩類は、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、同時期の白亜紀進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。

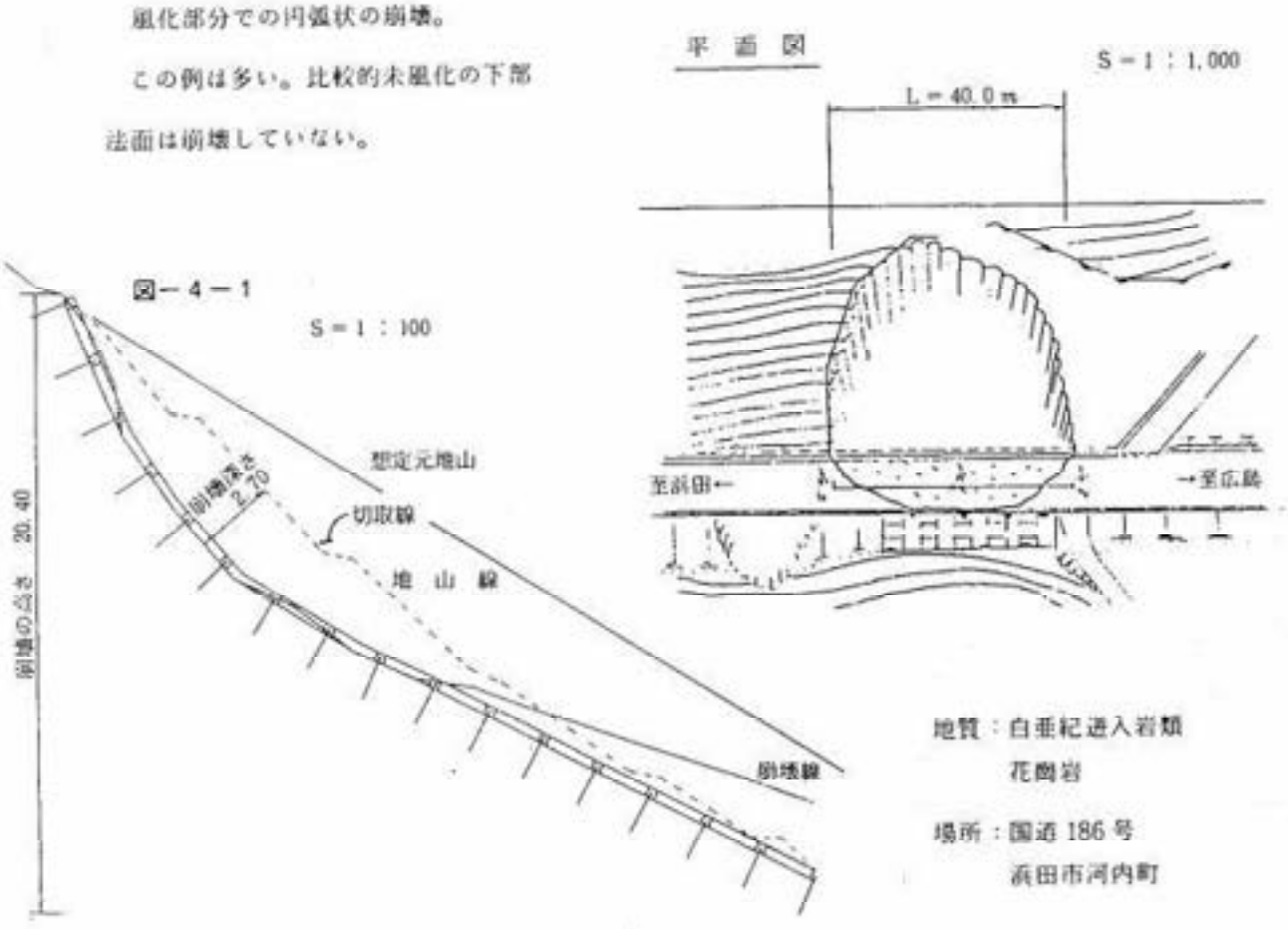
切土斜面の崩壊	1) 切土法面頭部風化層の崩壊 2) 切土法面全体の地すべり性崩壊 3) 切土法面の表面風化内の崩壊
自然斜面の崩壊	4) 谷地形部分の小崩壊 5) 範囲の広い表層崩壊

1) 切取法面頭部風化層の崩壊（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

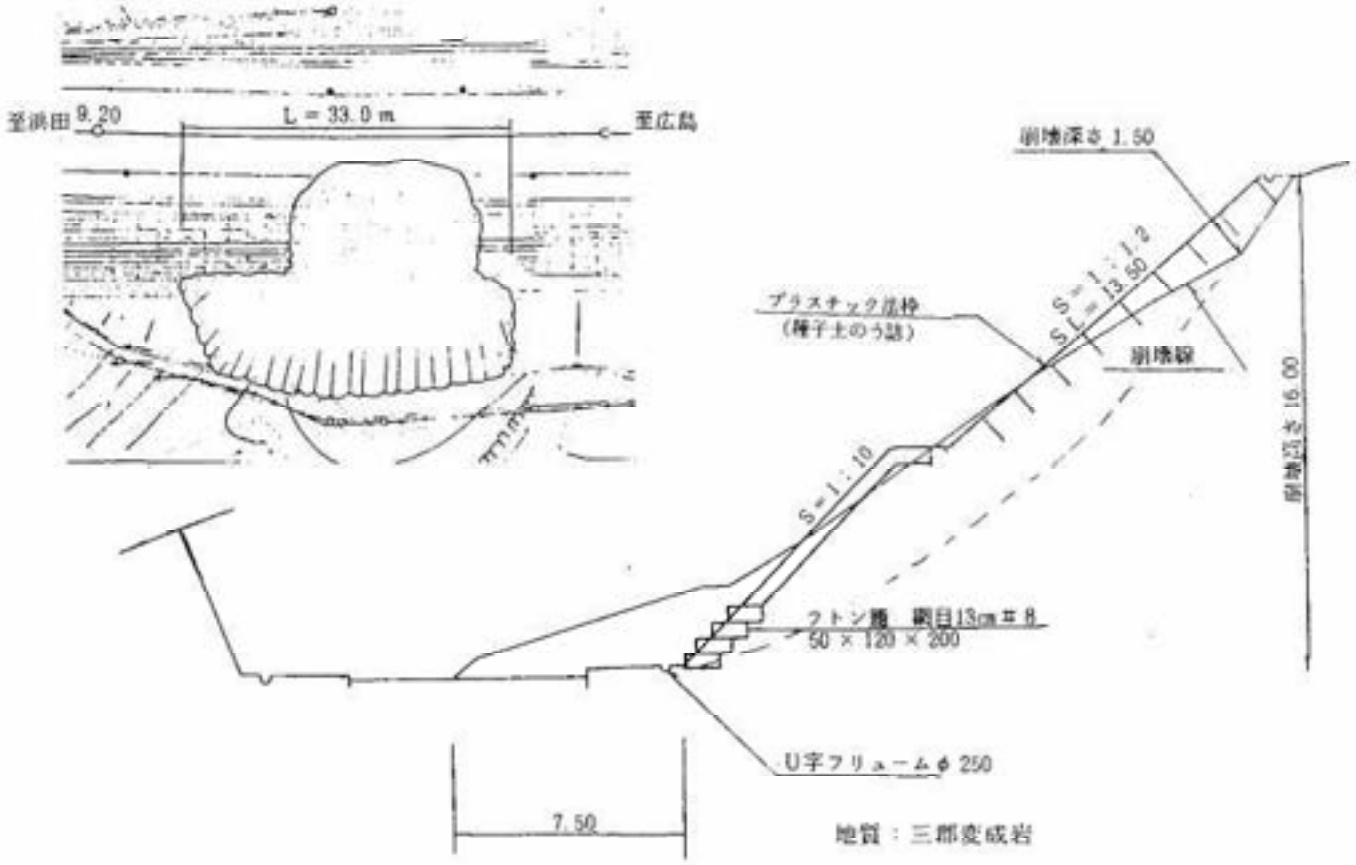


地質：白亜紀迸入岩類
花崗岩

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



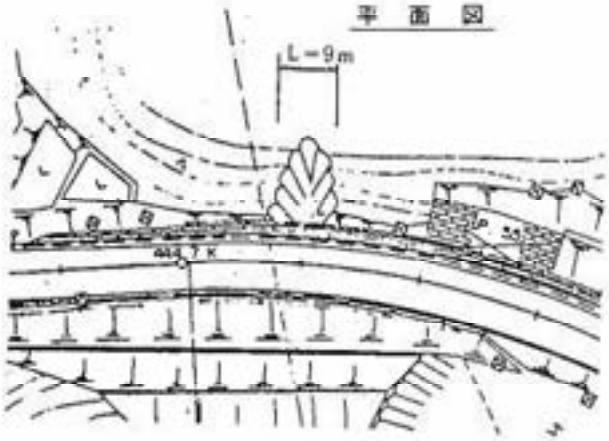
地質：三郎変成岩

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

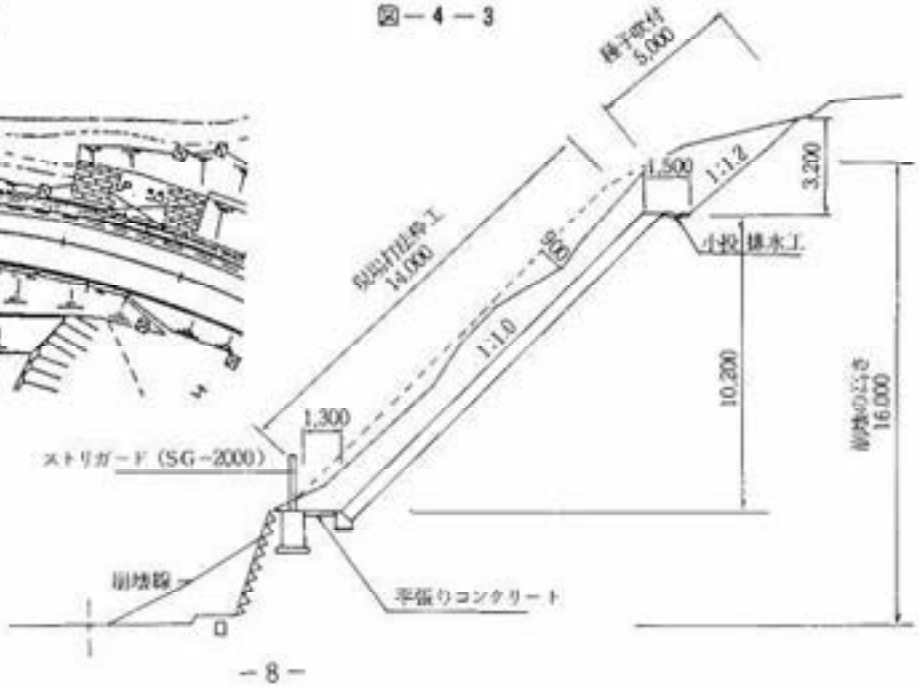


地質：凝灰岩

場所：国道９号線

浜田市敬川町

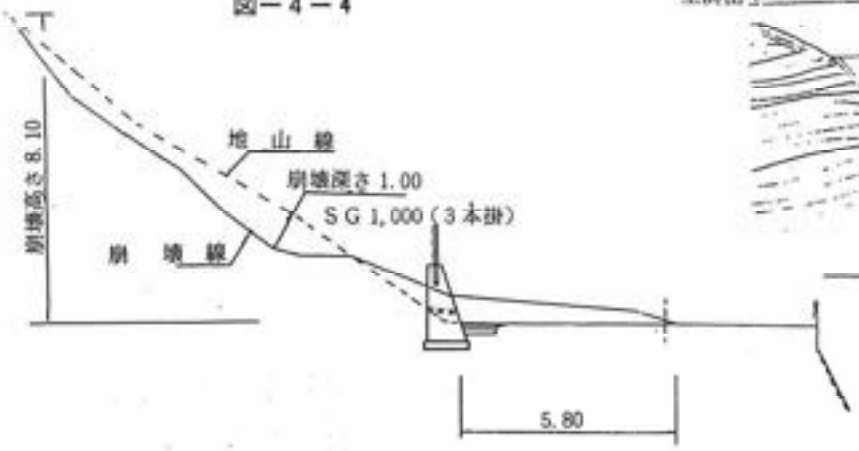
図－4－3

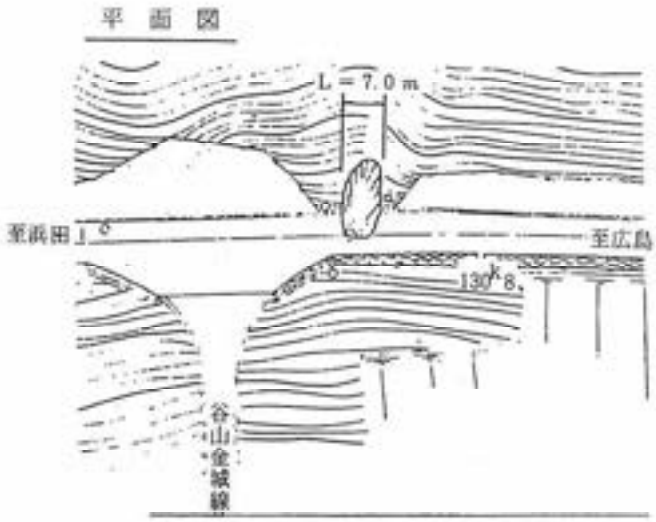


4）谷地形部分の小崩壊（図－4－4）

谷地形での表層崩壊がきわめて多い。

図－4－4





地質：花崗岩

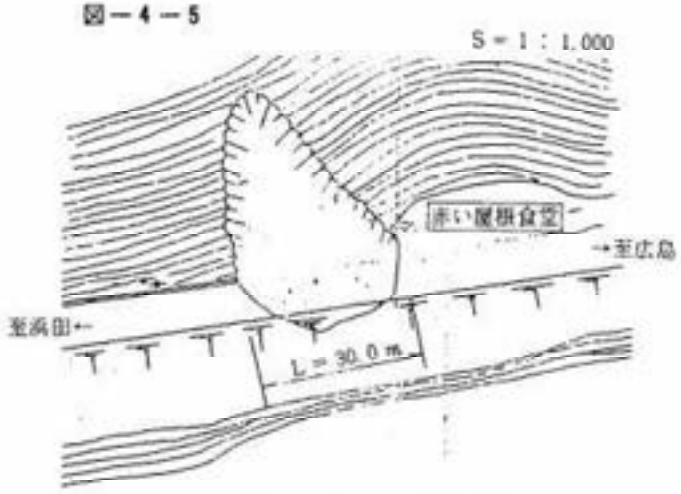
場所：金城町小国

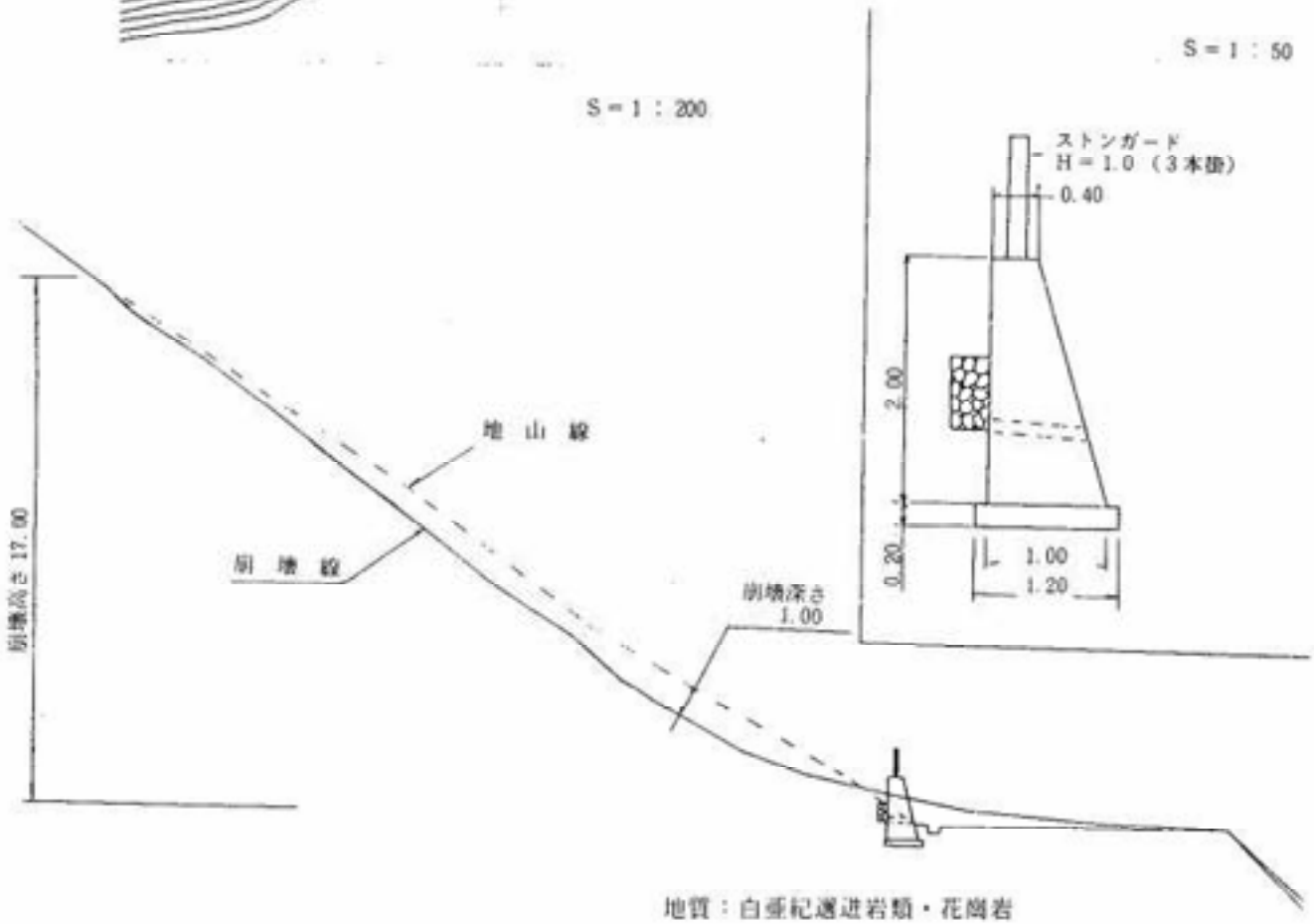
5）範囲の広い表層崩壊（図－4－5）

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：白亜紀邊进岩類・花崗岩

場所：金城町小国

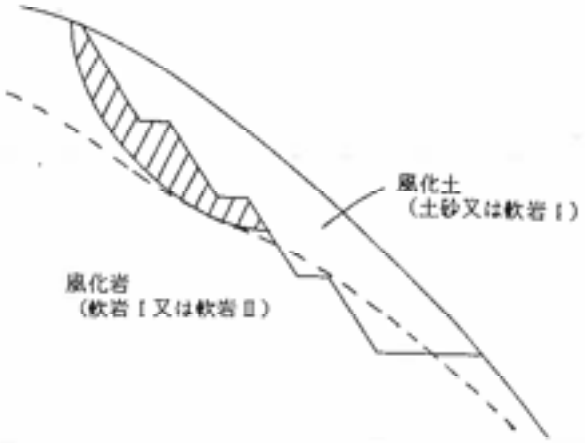
4－2　切土工についての考察

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

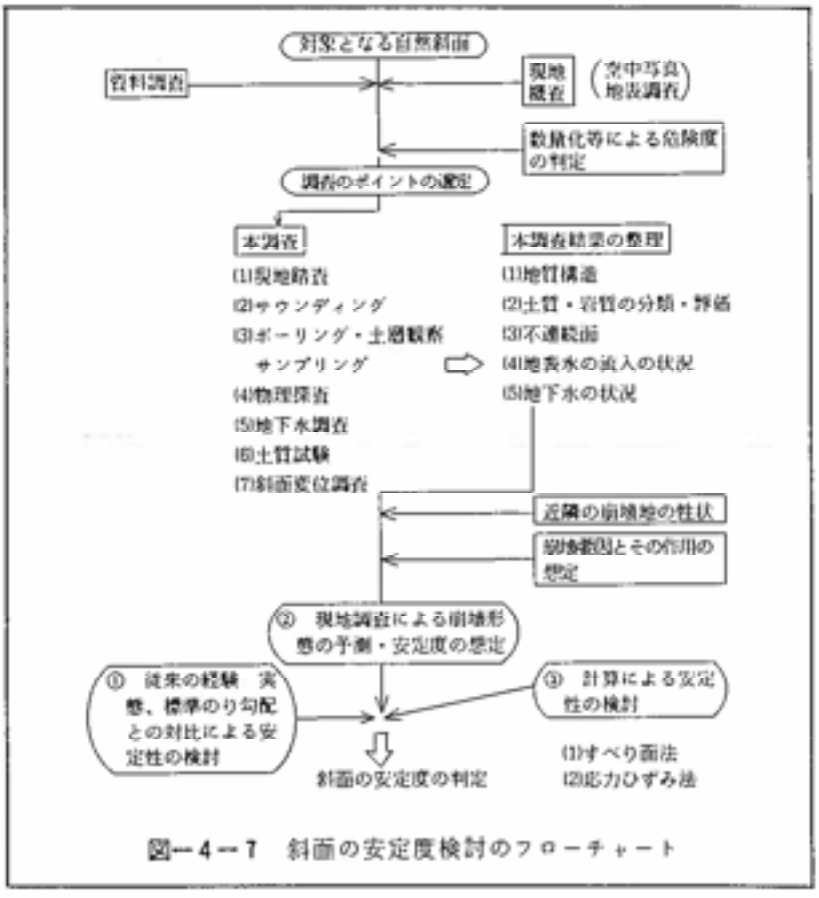


道路に限らず、今回の斜面崩壊について、風化部分が多くかかわっていることが報告されている。

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	595	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	3.45
	標準係数	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	–

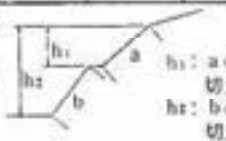
⑤ （崩土の到達距離）／（斜面の高さ）は被災の範囲の実態として重要なものであるが、0.2～0.39 が最頻値で、0.6 以下で全体の 72.5%を占める。斜面の末端から斜面の高さの 1.4 倍までの到達距離を考えれば、全体の 94.2%が含まれる。斜面の高さの３倍以上離れていれば、一般に被災を受けないとしてもよい。

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。

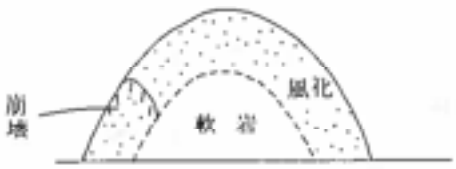
① 谷地形をしている部分の切取には、法勾配の決定などに注意しておく必要がある。

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