

1. 地 形

崩壊斜面に位置する柳谷村周辺は、四国山地の中央に位置する山岳地で標高1,100～1,500m級の山々が連続する。

山腹斜面は、一般に急峻であるが、所々侵食小起伏と思われる平坦面や、大規模地這りに起因する緩傾斜面が発達している。

崩壊斜面は、高知県に河口をもつ仁淀川に面した南向きの斜面で、河床標高240mの左岸から直接立上っている、斜面の傾斜は最大60°、平均40～50°をなし、その斜面は直高80～100m、巾約120mで、斜面上方は緩斜面が続いている。

崩壊斜面の西端（松山側）には、古い崩壊によって形成された浅い谷間があり、少量ではあるが常時水が流れている。

高知側と松山側の斜面状況を図1-1～図1-3に示すが、特に図1-3の横断面図を見ると崩壊斜面上の遷急線の違いが見られる、即ち、松山側が標高320m附近に明瞭に出ているが、高知側では標高350m附近にあり、しかも不明瞭な形を示している。



写真1-1 昭和53年度前期の柳谷村崩壊地点の全景
(松山側から高知側を望む)

図1-1 柳谷村崩壊地点平面図

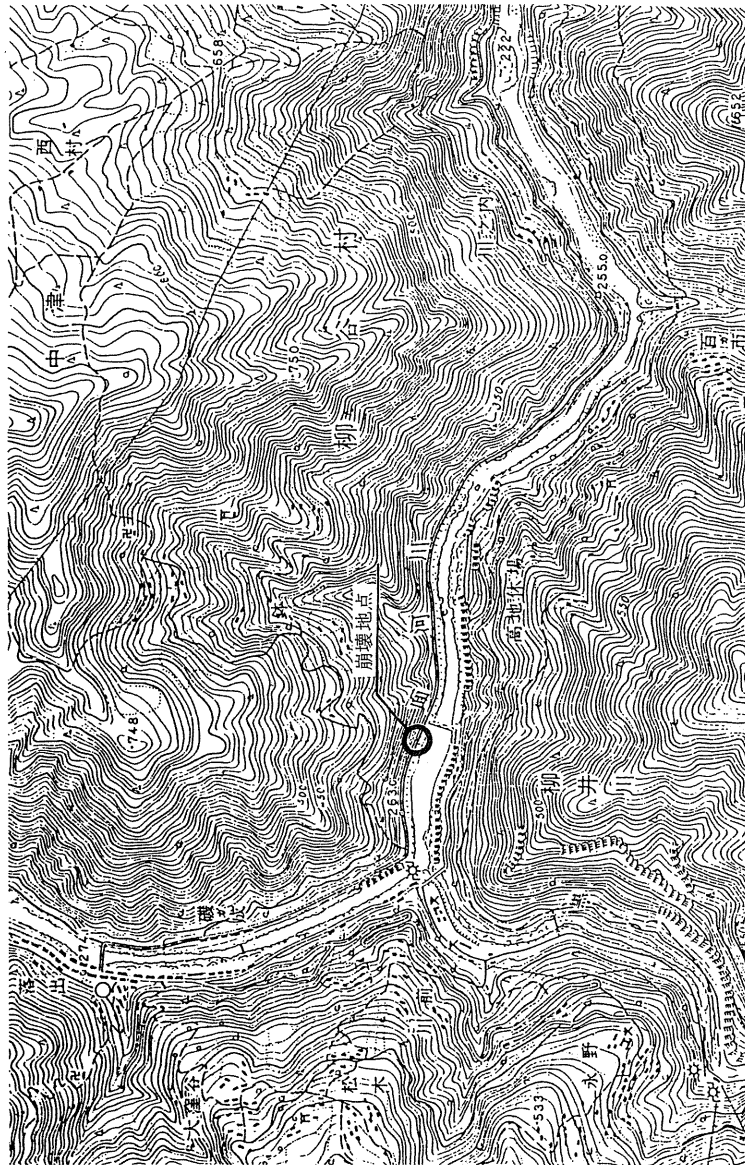


図1-2 崩壊斜面平面図

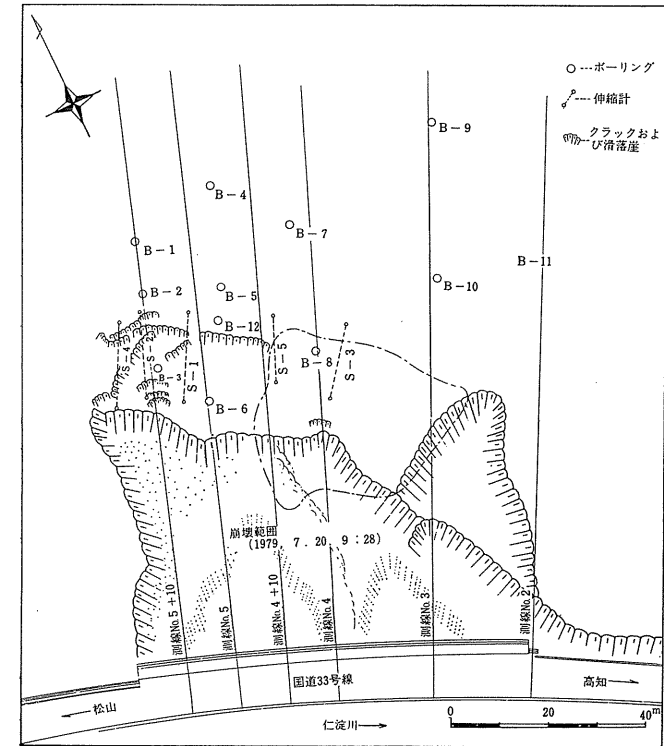
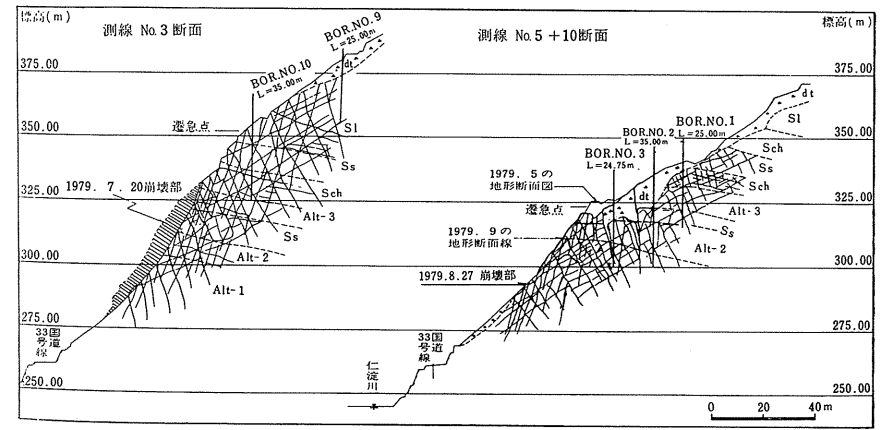


図1-3 崩壊斜面断面図

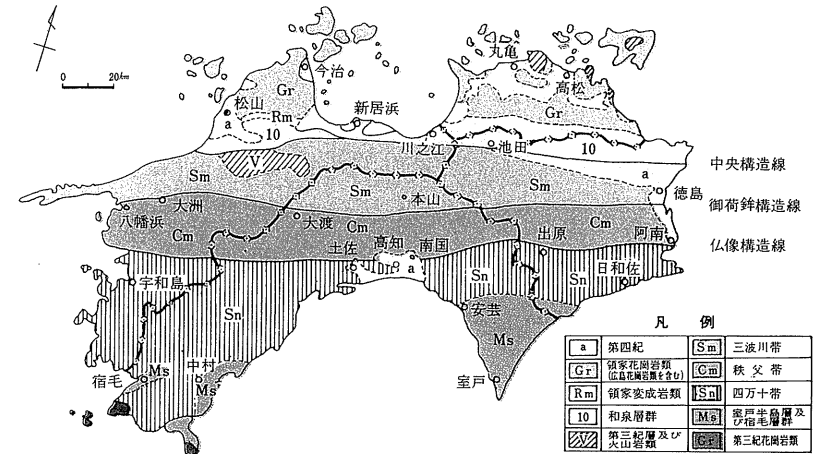


2. 地 質

四国地方の地質は、東西に連なる3本の構造線により大きく4地帯に区分される。(図2-1), 3つの構造線は、北から中央構造線、御荷鉾構造線、仏像構造線である。

また、これらによって区分される4地帯とは、北から領家帯、三波川帯、秩父帯、四万十帯である。

図2-1 四国の地質略図



崩壊地点は、秩父帯に位置し石灰紀～二疊紀の時代に形成された秩父古生層の砂岩と粘板岩が分布している。図2-2～図2-4に地質図を示すが、

崩壊斜面を構成する砂岩と粘板岩は互層をなし、全体的には砂岩優勢となっている、砂岩は堅硬で節理により大きく分断されていることが多い、又、粘板岩は準片岩化しており、剝離性が強く葉片状に割れやすい、又一部粘土化している。

斜面に分布する地層の走行はN-S～N10°Wで、東側に20°～35°傾斜し、斜面に対して緩い受盤となっている。

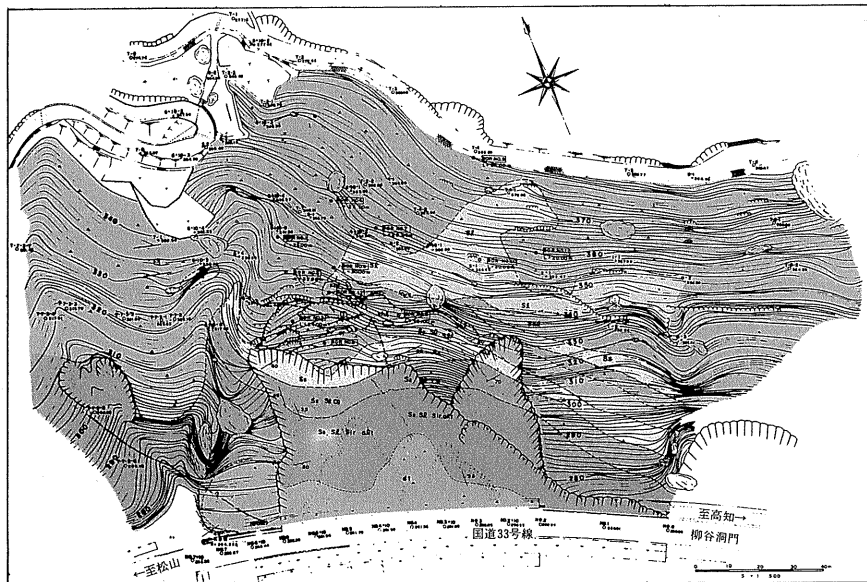
松山側の地形の緩かな部分には、崖錐堆積物が3～8mの層厚で分布している、斜面の周辺では顕著な断層は見られず、粘板岩の一部を除いて岩盤は堅硬、塊状を呈するが、規則的な節理が発達する。

これらの中で連続性の良い節理の方向は、地表面に発生した引張り、クラックの方向とほぼ一致しており、E-W～N80°Wである。

又、クラック及び滑落崖の屈曲部は、斜交する2方向の節理の会合部にあたる、崖錐堆積物中に発生した直線クラックも岩盤中の節理によって規制されている。

崩壊層は斜交する2方向の節理の会合部を頂点とするクサビ状に発生している、図2-5に主な節理系の伸びを概念的に示す。

図2-2 崩壊地点地質平面図



調査地の地質層序及び記号凡例

時代	地層名	柱状	記号	記 事
新生代	崖錐堆積物	▲▲▲	dt	角レキを主体にする。直径4m程度のチャートレキを含む。崩落物を含む。
	段丘堆積物	○●	tr	直径50cm-100cm程度の円レキが多い。褐色の砂質土がその間をうめる。33号線直下には分布のため平面図では表現していない。
古生代	ベルム紀 石炭紀	粘板岩層	Sl	黒色で初層性が非常に強い輝緑凝灰岩。砂岩の層層を挟む。全体的にもろい。
		輝緑凝灰岩層	Shl	淡緑色の輝緑凝灰岩層を主体とする。角レキ粘板岩層、砂岩層を挟む。砂岩層は高知側に向って肥厚する。全体に硬く岩塊状をなす。
		砂岩粘板岩互層	Ss, Sl alt	灰色砂岩層との互層。砂岩は粘板岩中にレキ状に含まれることがある。
		砂岩層	Ss	粗粒粒-中粒砂岩。堅固で大きな岩塊状に割れる。アミナ状に粘板岩を挟む。
		砂岩、粘板岩、珪質岩細互層	Ss, Sl, Cg alt	灰色砂岩主体の互層硬岩は、砂岩から漸移する。
		砂岩、粘板岩、珪質岩細互層	Ss, Sl, Str alt	黒色粘板岩、灰色砂岩及び珪質岩との細互層。砂岩及び珪質岩は連続性に乏しくレンズ状に粘板岩中に含まれることが多い。全体的に硬いが、一部砕かれて脆弱となっている。岩塊状をなすことが多い。

- 地層境界
- 45 地層の走向傾斜
- 80 節理の走向傾斜
- 斜面上のクラック
- 推定断層
- 崩壊によって落差が生じた断層

BOR No. 1
L = 20.00m
--- ボーリング番号
--- ボーリング深度

図2-3 高知側地質断面図

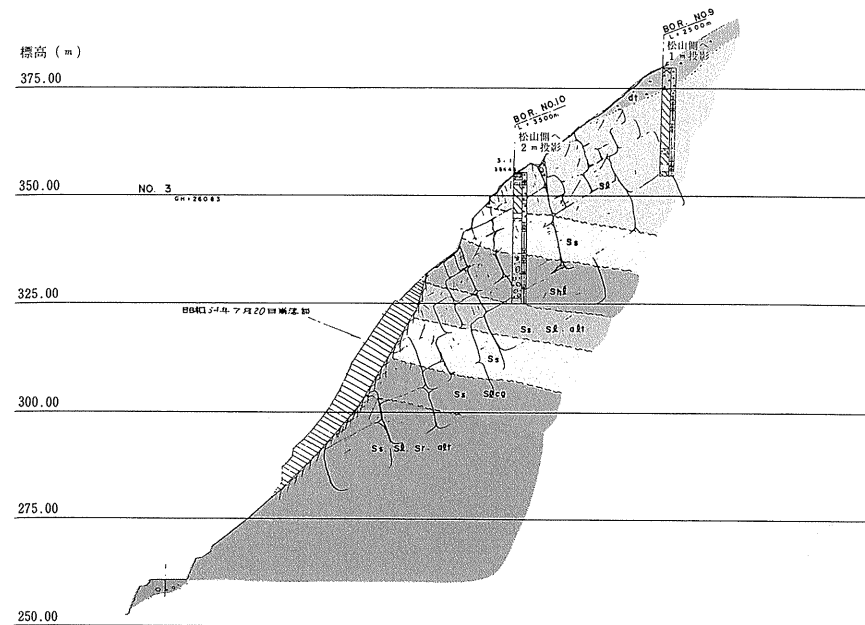


図2-4 松山側地質断面図

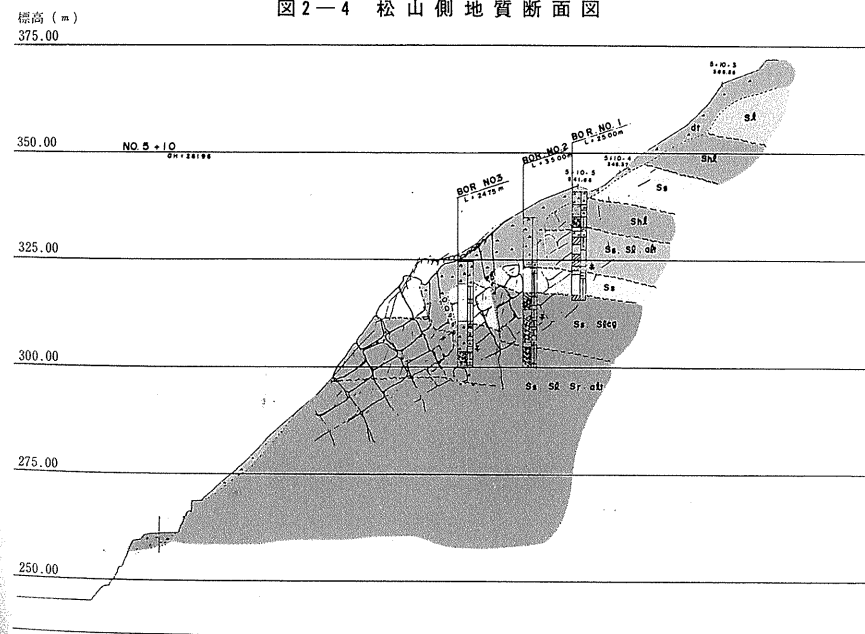
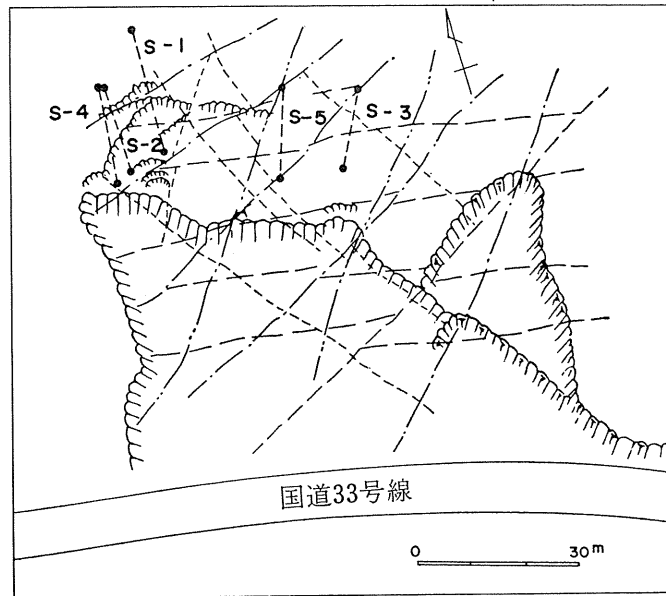


図2-5 崩壊斜面節理系図



———	走向	傾斜	———	走向	傾斜
E-W		60°S	N-S		20°~45°W
———	走向	傾斜	———	走向	傾斜
E-W		80°N	N-S		45°E

3. 気象及び変状の経緯

- 1) 気 象
- 2) 変状の経緯

3. 気象及び変状の経緯

1) 気 象

当該路線は、多雨地帯を通過していることは既にのべたが、地形の複雑さもあり、場所によって降雨の量と時間帯にかなりの差が見られる。

崩壊地点の近隣で常時雨量観測はされているが、集中豪雨の場合、特に気象状況の差が大きい。降雨にびん感な反応を示す崩壊斜面では、この差が致命的な結果となる場合が考えられる。

2) 変状の経緯

一方斜面の変状は、昭和54年4月に、山腹斜面のや、緩かな勾配となっている林の中でクラックが発見されたため、簡易的に移動量を測定するための伸縮計を設置したところ、1mm/日程度の移動が認められた。

5月7日、約70mmの降雨により、伸縮量も最大20mm/日に達したため、全体的な斜面踏査を行ったところ、クラックは他にも各所で発生しており、さらにクラックの分布や微地形から、地すべり土塊は、いくつかのブロックに分かれていることが推定された。

これらのブロック集団は、全体的に移動しているものの、各ブロックの移動速度や方向性が異なると判断されたため、各ブロック別に伸縮計を配置し、本格的な観測が開始された。

この時点で本地じりの雨量との対応性が明確になってきた。

したがって、間もなく迎えようとしている梅雨期にそなえ、国道の安全確保のため観測及び監視体勢の強化を計ることになったものである。

以降、晴天が続いたこともあって6月26日までの間では、各伸縮計とも1～15mm/日程度の移動であった。(6月26日の時点では移動量0mm/日)

ところが、6月27日未明から降りだした豪雨により、移動量は急激に大きくなり始めたため雨量が100mmを超えた同日19時の段階で国道の交通を止め、斜面の状況を観察し、安全性について検討したが、移動量は2mm/時(48mm/日)程度がピークで、以降雨が降りやむと同時に減少傾向を示したため、6月28日14時に交通を開放した。

しかし、交通開放直後から再び雨が降り始め、6月29日午前2時に6月27日からの累計雨量が180mmを記録した、これに伴い移動量が増加し始め、再度全面通行止に入った。

以降、7月4日に7.5mm、7月8日に4.5mm、7月10日～11日にかけて21mmの雨が降り、移動量も4mm/時を中心に増減をくり返していた。移動量が13.8mm/時の最大移動量を記録した7月11日の斜面では小規模の崩落が多発するなど、緊張の一コマも見られた。

7月12日以降、7月15日までほとんど降雨はなく、移動量も5～6mm/時の値を示すまでに下がってきたが7月15日の4時から8時の間に降った17mmの雨により、又、移動量が大きくなり8.8mm/時となる。さらに7月16日16時～7月17日17時までの間に降った42.5mmの雨は、7月20日の大崩落を決定づけるものとなった。

この雨の最中、7月17日7時ごろを境にして、移動量の増大が顕著になり、松山側の土塊の動きは7月17日12時に10mm/時を超え、7月18日18時には20mm/時、7月19日14時に30mm/時、同日23時に45mm/時、そして20日朝9時の値では145mm/時に達している。

高知側を同時帯の移動量で対比すると7月17日12時が5mm/時、7月18日18時で10mm/時、7月19日14時20mm/時、同日23時に22mm/時、そして崩壊直前である7月20日9時では130mm/時を記録している。

以上の結果を図3-1及び図3-2にまとめた。

図3-1 移動量及び雨量曲線

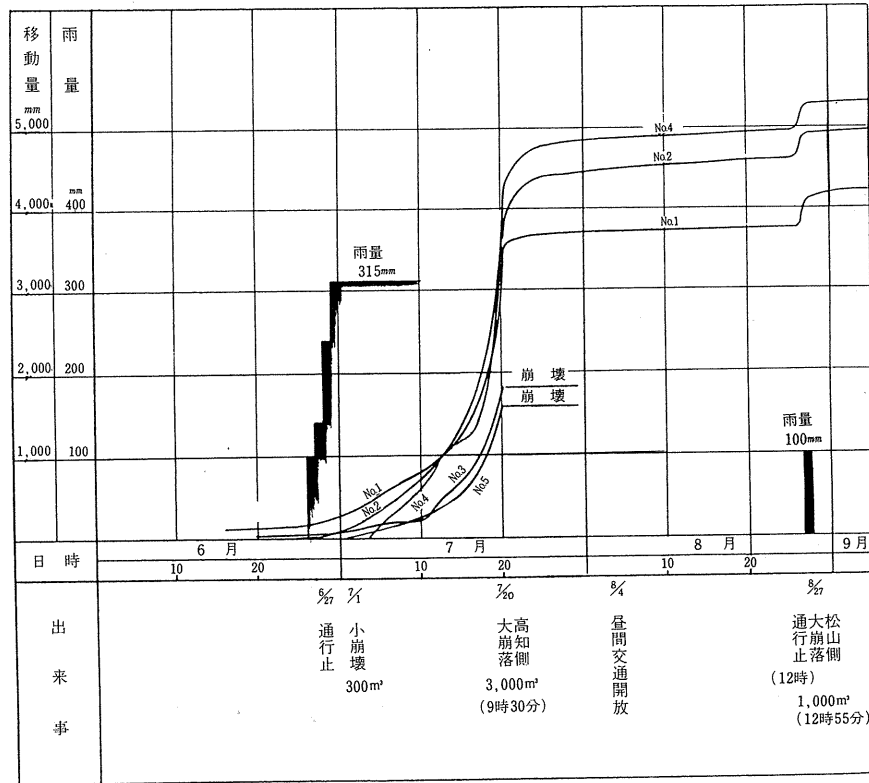
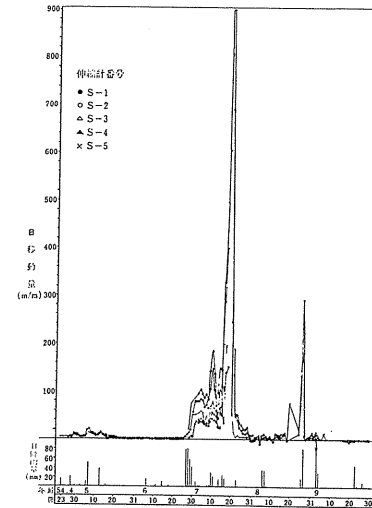


図3-2 日移動量と日降雨量の関係



斜面崩壊は昭和54年4月ごろクラックが発見された松山側の移動量が常に最大値を示していたが、結果的には、高知側のブロックが7月20日9時30分に崩落した。

その原因については後章の崩壊の機構で述べるものとするが、追って松山側も約1ヶ月後の8月27日12時55分に崩壊した。

クラック発生前から崩壊までの状況を図3-3、図3-4と写真によって整理して見る。

図3-3 高知側崩壊地点平面図

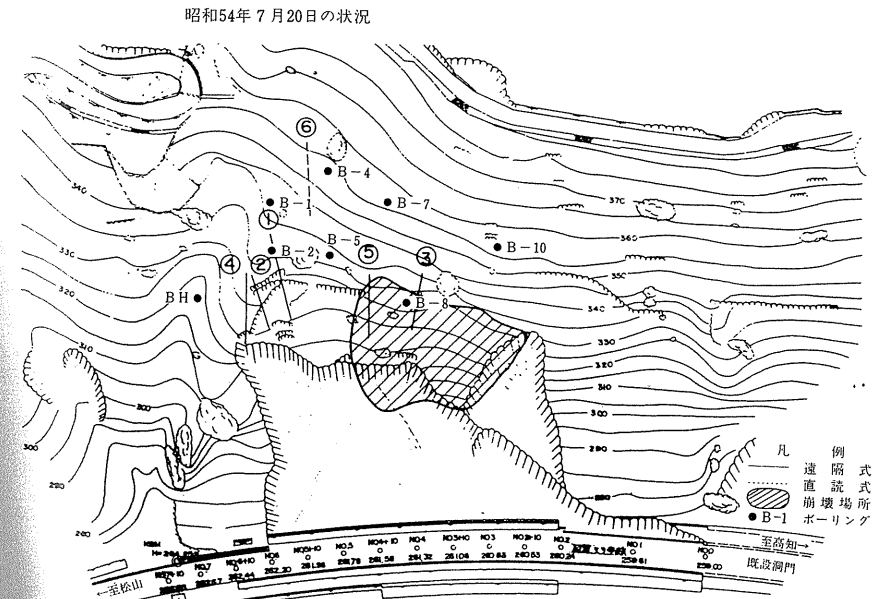


図3-4 松山側崩壊地点平面図

昭和54年8月27日の状況

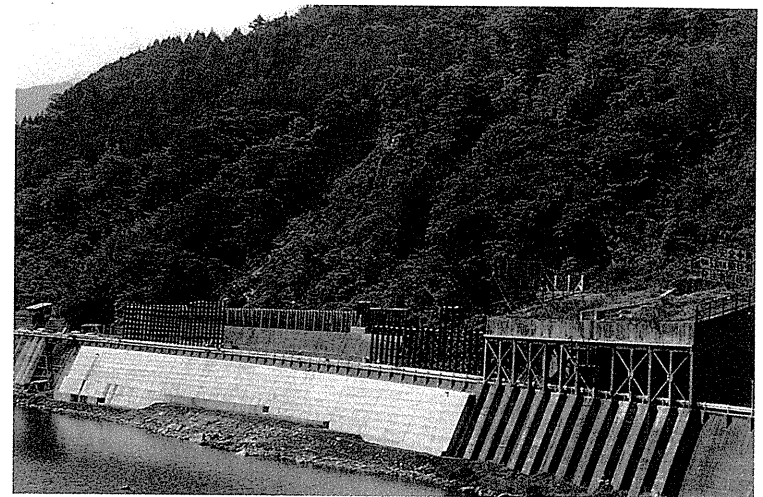
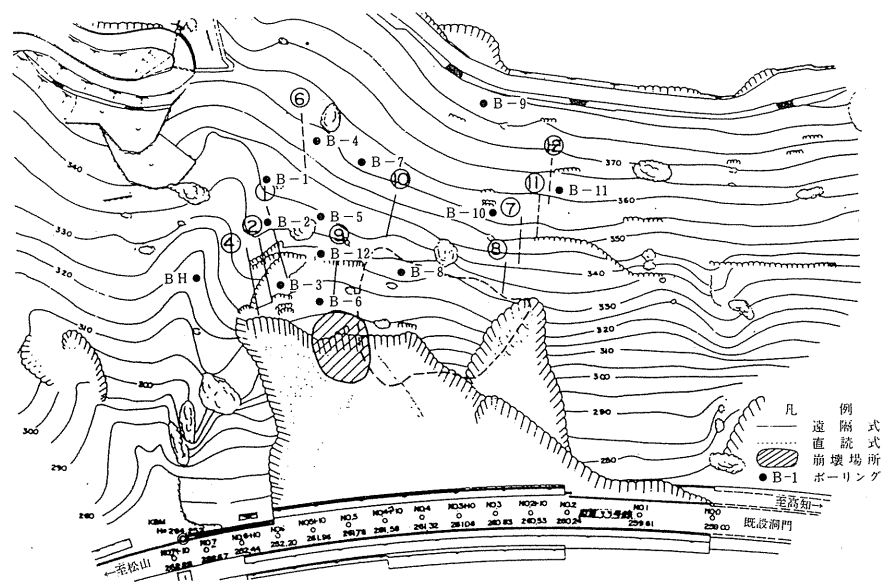


写真3-2 昭和54年5月の状況

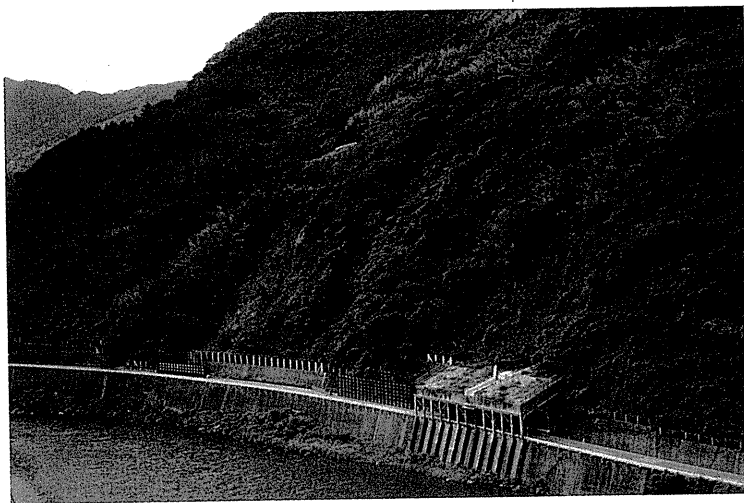


写真3-1 昭和53年度洞門工事着工前の状況

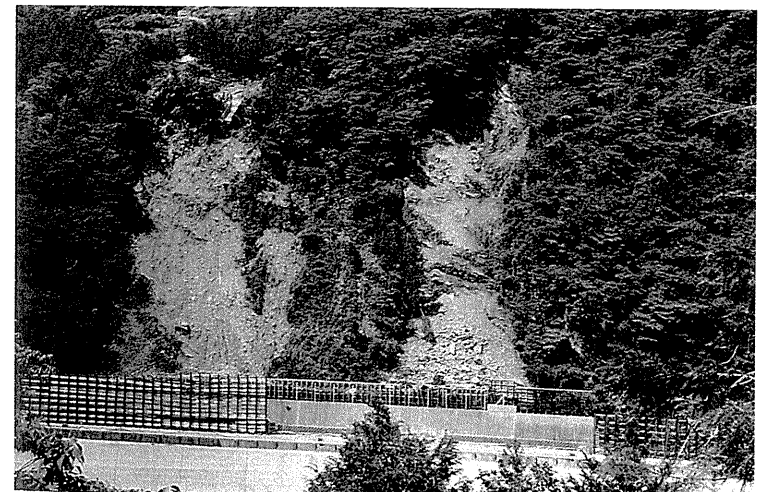


写真3-3 昭和54年6月末、松山側(左)切土作業がほぼ完了している



写真3-4 昭和54年7月11日、斜面中央付近で小崩落が断続的に発生している



写真3-5 昭和54年7月15日、高知側斜面に発生した開口クラック (高知側から松山側に向かって写す)



写真3-6 昭和54年7月15日、高知側斜面に発生した開口クラック (松山側から高知側に向かって写す)



写真3-7

昭和54年7月20日、高知側開口クラック附近から初期崩壊発生



写真3-8 昭和54年7月20日、午前9時30分、高知側斜面の岩塊が路面上に落下中



写真3-9 昭和54年7月20日午前9時30分、3,000m²に及ぶ崩落物が路面を覆う

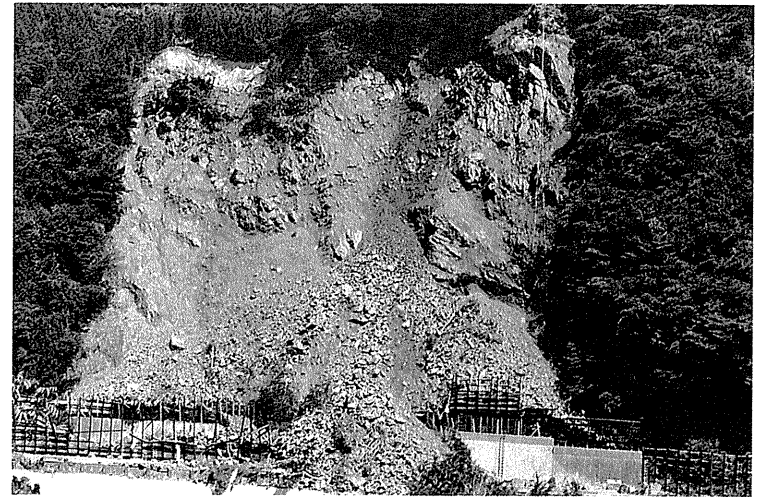


写真3-10 昭和54年7月20日午前9時30分、3,000m²に及ぶ崩落物が路面を覆う（正面より撮影）

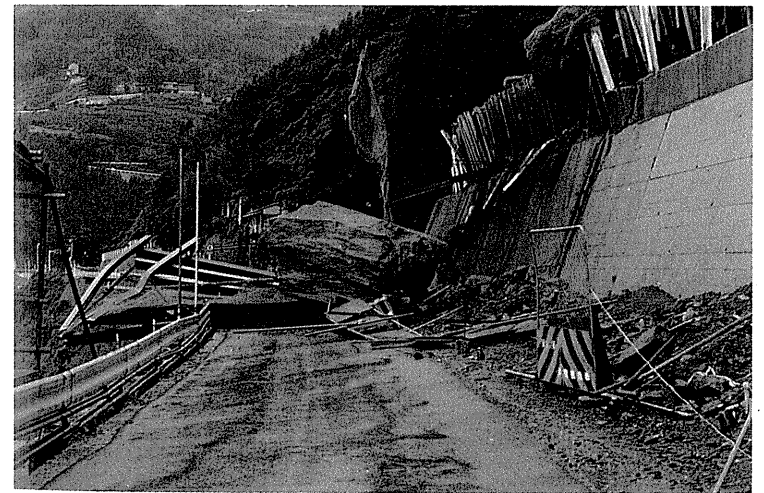


写真3-11 昭和54年8月27日12時55分、松山側斜面より約120tの岩塊が防護柵をなぎ倒し路上に落下

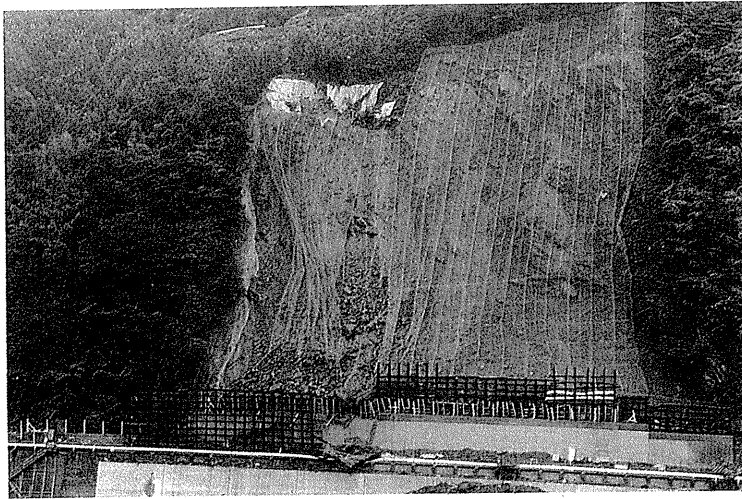


写真3-12 同上正面，昭和54年8月27日12時55分，松山側斜面崩壊の正面写真
斜面に設置されたロックネットを突きやぶり落下，
斜面には崩落物がロックネットにささえられ堆積している

一般国道33号柳谷斜面崩壊日誌

年	月日	記 事
54	4.10	松山側斜面（道路面からの高さ約70m）でクラック発見
	16	伸縮計設置
	20	路面上にD80cm級の落石数個と少量の崩土あり 現地監視人配置（24時間体制に入る） 防護柵増設工事発注
	23	伸縮計による自動警報装置取付
	24	手動式停止信号機、標識、投光器設置 迂回路調査（県道池川久万線を調査したが迂回路としては不適當である） 関係機関との打合わせ
	25	松山工事々務所災害対策運営計画に基づく「準備体制」に入る。 別途（参考資料1のとおり）柳谷地区斜面崩壊対策要領を定める。
	29	防護柵設置完了
	5.2	道路部長現地視察
	8	土木研究所急傾斜地崩壊研究室長（安江朝光氏）現地視察
	9	京大講師（元土研地質官）渡正亮氏現地視察
	10	地建局長現地視察
	26	京大講師渡正亮氏現地視察
	6.8	柳谷防災工事（応急対策山腹切土）
	10	愛媛県土木部長、道路課長現地視察
	13	愛媛大学農学部中村忠春教授現地視察、愛媛県砂防課長同行
	15	迂回路の現地調査（県道栲原・落出線～197号）
	18	一般国道33号、柳谷地区交通規制対策会議（参考資料2のとおり）
	27	降雨100mm超過時点で対策要領に基づき警戒体制に入る。同日19時全面通行止
	28	土研安江室長、京大渡講師現地視察 14時通行止解除 深夜から落石多発（防護柵内で止まる程度）
	29	伸縮計移動量が4mm/時をこえ加速傾向にあるため、対策要領に基づき同日2時全面通行止、累計雨量327mmに達する。
	6.30	松山市を中心に集中豪雨による被害続出
	7.1	高知側斜面（No.3附近）でD2m程度の岩を含め、約250m ² の崩壊あり。 2 柳谷村長から、人道迂回路整備の要望あり、 愛媛県道路課、警察本部へ状況説明を行う。 3 国鉄自動車部、トラック協会、バス協会、南海放送、テレビ愛媛、NHK、四国電力等へ状況説明を行い、協力要請 国鉄バスから高知側通行止位置上り現地（迂回路接続地点）までの車輛乗入れ要望

年	月日	記 事
54	7.4	南海放送現地取材 本局道路工事課長、道路管理課長現地視察
	5	高知川（No.3+10付近）でD2m級の岩を含む崩壊約50m ² あり 国鉄自動車部より迂回路の安全施設について要望あり
	7	対策の検討（浮石除去、H鋼高さ9m長さ35mの建込み等）
	9	H鋼建込み 通行止解除について対策会議（参考資料3のとおり） 国鉄バス（ローカル便）迂回路（人道）利用による乗り継ぎ運行開始
	11	断続的強雨により移動量が增大 斜面中央付近（No.4～No.5）で500m ² 程度の崩壊あり 柳谷村長、早期通行開放について陳情 国鉄急行バスが迂回路を使用し乗り継ぎ運行開始
	12	対策の検討（防護柵の施工について）
	13	18時地震発生（松山市内震度4）
	14	対策の検討（クラックの進行確認による）
	15	測点No.4～No.5付近で小崩落多発
	16	〃 No.5付近D0.8～2.0mの岩を含む崩落約50m ²
	17	〃 No.5+10付近D2m程度の落石 〃 No.2付近で約10m ² の崩土
	18	高知側斜面No.2～No.3付近で小崩落多発
	19	松山側No.5付近落石多発
	20	高知側No.3～No.4+10付近で午前9時30分、約3,000m ² に及ぶ大崩壊、同時に非常体制に入る。
	23	非常体制から警戒体制に変更 斜面浮石及び崩土取除き
	24	浮石除去完了
	26	路面上崩土取除き完了、同時に斜面に堆積した崩土取除き開始
	8.1	斜面部崩土取除き完了、擁壁上にH鋼建込み、路面上にH鋼建込準備
	3	H鋼建込み総て完了
	4	昼間（6時～19時）片側通行開始、警戒体制から準備体制に変更 斜面にロックネット張り作業開始
	6	12時ごろ落石2回発生（防護柵内で止まる）
	7	1時50分崩落約20m ² 岩塊Dmax2mを含む、一時通行止
	24	ロックネット張り完了
25	終日片側通行開放、今後の対策について検討会、準備体制解除	

一般国道33号柳谷地区における斜面崩壊の記録

年	月日	記 事	
54	27	台風11号の影響により100mmに達する集中豪雨あり 警戒体制に入り、12時00分全面通行止 12時55分松山側No.4～No.5附近に於て、約1,000m ² の崩壊発生(巨岩2.5m×3.75m×5m=47m ³ 約120tが路上に落下)H鋼約10m倒壊と斜面のロックネット破損	
	28	路面上巨岩取除き、同日完了	
	29	路面上H鋼復旧開始	
	30	復旧完了	
	31	昼間(6時～18時30分)片側通行	
	9.1	今後の連絡系統について打合わせ	
	4	台風12号の影響により集中豪雨(連続雨量300mmに達する) 同日6時全面通行止、13時昼間(6時～18時30分)片側通行	
	12	ロックネット補修完了、終日片側通行開放、準備体制解除	
	55	4.9	新たなクラック発生、今後の対策について打合わせ
		16	現地調査(事務所長他関係各課)
		21	愛媛県下5時40分大雨洪水警報発令19日18時からの連続雨量127mmを記録 同日10時準備体制、13時警戒体制、17時体制解除 伸縮計の移動量max10.6mm/時
		6.5	対策会議
17		斜面上方村道路面に崩落発生(村道通行止)	
7.1		大雨注意報発令により17時準備体制	
2		11時現在、連続雨量205mm、移動量max17mm/時小崩落あり	
8.4		集中豪雨(236mm)により完成したコンクリート洞門の高知側先端部に約1,500m ² 崩壊発生(通行に支障なし)同日21時、事前通行規制区間内であり、連続雨量による規制基準に達したため全面通行止、警戒体制に入る。	
5		13時通行止開放、体制解除	