

59. 岩盤強度の低下による道路災害

— 1978年伊豆大島近海地震の被害 —

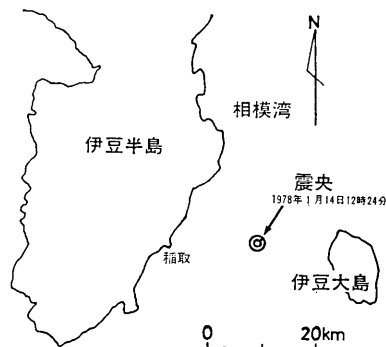
地震研究所 恒 石 幸 正

東京大学理学部地質学教室 { 伊 藤 谷 生
狩 野 謙 一

(昭和53年8月17日受理)

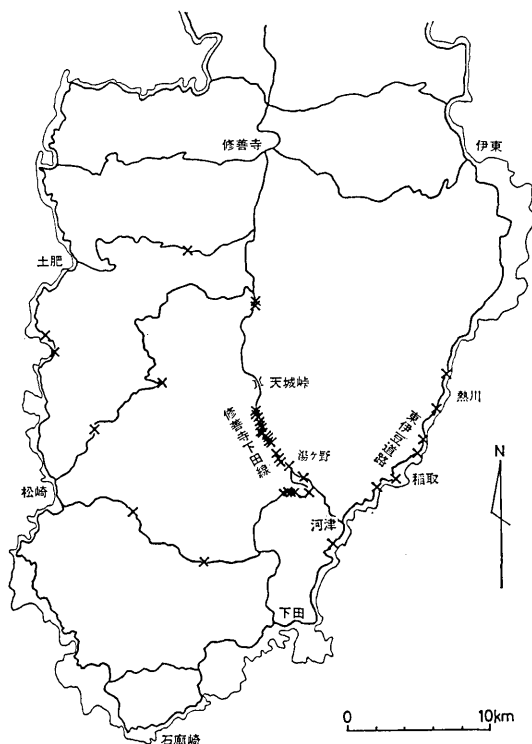
1. は じ め に

伊豆大島近海地震 (1978年1月14日12時24分, $M=7.0$) は死者25名を含む多大の被害を伊豆半島東部に与えた (第1図). 震央に近く, 被害の中心域となった静岡県賀茂郡河津町および東伊豆町は, わずかの谷底平野をのぞいて, 面積の大部分は山地・丘陵地によって占められ, 海岸線は切り立った海蝕崖となっている部分が多い. このような自然条件のために, 平野部の軟弱地盤に帰因するような被害は少なく, 稲取に出現した地震断層 (静岡大学災害地質調査班, 1978; TSUNEISHI et al., 1978; 村井他, 1978) の変位によって家屋・道路・鉄道がうけた被害を別にする, とほとんどの被害は山地ならびに海蝕崖の斜面崩壊によって道路上に生じたという特徴をあげることができる. このことは静岡県下の被害総額387億円 (2月15日現在) のうち, 37%をしめる被害額, 144億円を道路等の土木関係が占めたという事実にも表われている.



第1図 気象庁による本震の震央.

第2図は伊豆半島での動脈的道路ともいえる国道・主要地方道・公団道路および県営天城有料道路について, 一定期間全面通行止となった被害箇所を示している (静岡県下田・沼津・熱海の土木事務所の資料による). したがって, この図には小規模な崩壊や路肩のゆるみ等で片側通行をせざるを得なくなった被害箇所や, 一般県道や市町村道の数えきれない数にのぼった被害箇所は除かれている. 第2図をみると, 被害は主要地方道修善寺下田線の天城峠一湯ヶ野間に特に集中し, また, 道路公団の有料道路である東伊豆道路の熱川一河津間も被害をうけていることがわかる. なお, 東伊豆道路と平行して海側を走る国道135号線の被害も大きい, 同道路は有料道路の開通によって動脈路としての重要性を失っているので図では省略してある. 東伊豆道路の被害は修善寺下田線に比べれば軽く, 地震発生翌日には緊急自動車の通行が可能となった. 他方, 修善寺下田線にそっては, 斜面崩壊の規模が大きく, かつ箇所も多いので復旧作業は大幅におくれた.



第2図 主要道路の被害箇所。

岸側の山腹斜面をぬうようにして通っている。したがって、尾根部を横切るための小さな切通し部分を除けば道路の東側に山側斜面が、西側に谷側斜面がある。これらの斜面の勾配は $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 程度である。道路は一般に山側斜面を切り取り、谷側斜面へ盛土して作られている。道路ぞいの地質は主に中新統湯ヶ島層群の凝灰角礫岩（沢村他，1970）と第四系の玄武岩溶岩（荒牧・葉室，1977）である。

第3図は修善寺下田線の被害箇所を示している。道路の被害は山側斜面の崩壊と谷側盛土部分の破壊とに分けられる。盛土部分の破壊は10ヶ所ほどで認められるが、完全に抜け落ちたのは Loc. 34 だけで、他は路面にクラックがはいり、多少沈下した程度にとどまった。第4図は盛土部分のゆるみの比較的特徴的な Loc. 20 の状況を示している。

一方、山側斜面の崩壊は数も多く、その規模も大きい。崩壊は切り取り部およびその上位の植生のある自然の山腹斜面から発生している。切り取り部の大部分にはモルタル吹付けがなされていたが、崩壊に対しては、モルタル吹付け部は何の抑制力も示さず、無惨にも破壊された。崩壊し、移動した岩塊・土砂は二車線の道路面だけでは受けとめきれず、さらに道路をこえて谷側へ押し出した箇所も多い。

崩壊した跡を観察すると、地山を構成する岩盤の強度が何らかの形で非崩壊部に比べて低下していたことが認められた。崩壊箇所の岩盤強度を低下させた要因として、地表での風化作用（W）、熱水変質作用（H）、断層破碎作用（F）を指摘することができる。また、

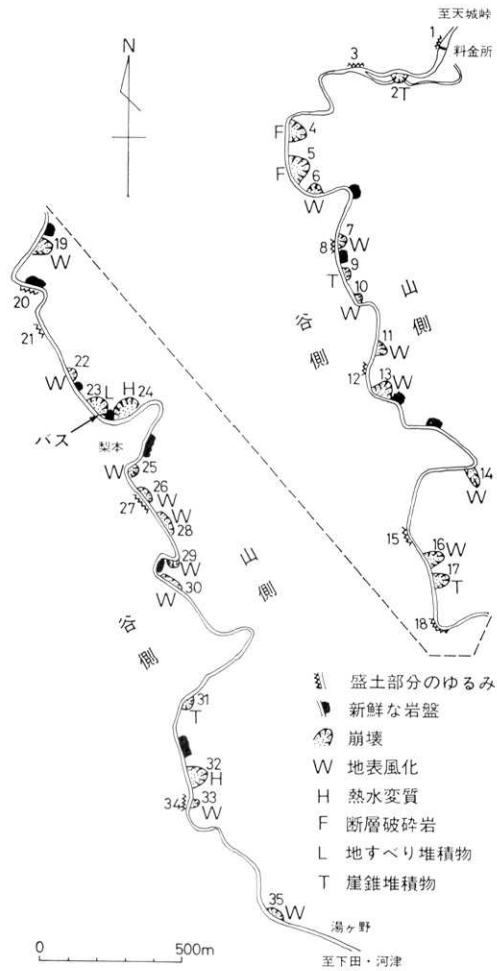
われわれは地震発生の翌日に現地にはいり、主として、修善寺下田線・東伊豆道路・国道135号線に多大の被害をもたらした斜面の崩壊現象を調査した。本稿では、これらの崩壊をもたらした原因について、岩盤強度の低下という観点から考察を加える。

謝辞：本報告にあたり、東京大学理学部地質学教室木村敏雄教授から多大の激励をいただき、かつ原稿を読んでいただいた。また、静岡県下田土木事務所・同下田警察署からは写真資料を提供していただいた。厚く感謝する。

2. 各道路における斜面崩壊とその原因

2-1 修善寺下田線

最も被害の集中した天城峠―湯ヶ野間の修善寺下田線は、河津川の左

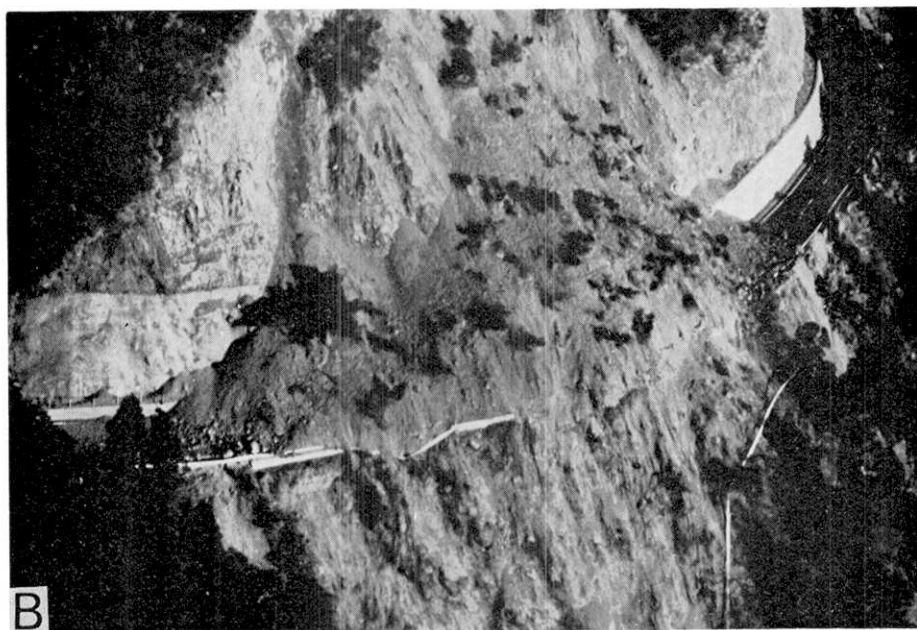
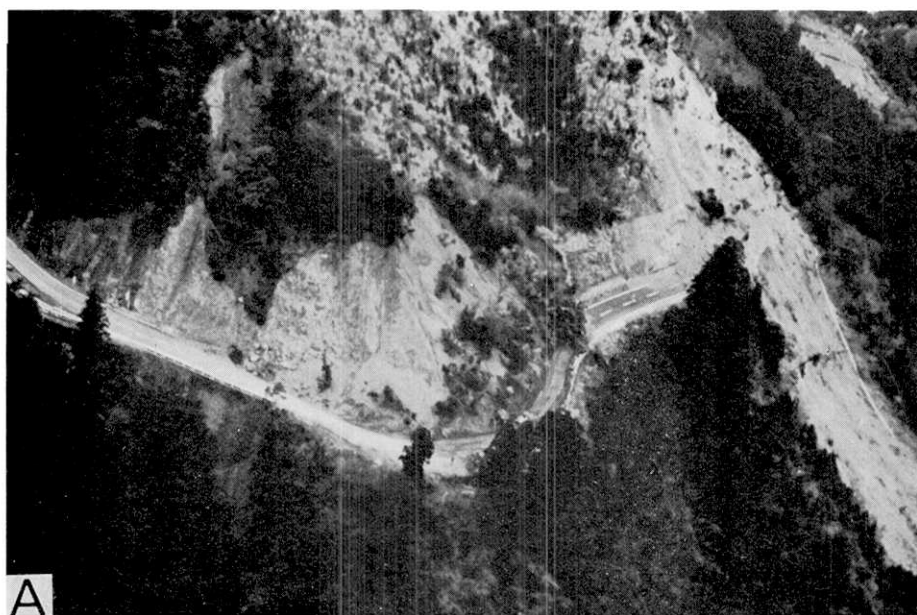


第3図 修善寺下田線の被害箇所とその分類.

過去の地すべり堆積物 (L) や崖錐堆積物 (T) などの二次的堆積物によって地山が構成されていたために、もともとの強度が低く、崩壊を導いた箇所もある。第3図では、上記の岩盤強度を低下させた要因によって崩壊地点が分類されている。道路にそって比較的新鮮で堅硬な岩盤が露出している箇所があり、その分布もあわせて第3図に示されている。こ



第4図 盛土部分のゆるみによる路面の陥没 (Loc. 20).



第5図 断層破碎作用によって強度が低下した岩盤の崩壊（下田土木事務所撮影）。

A：中央部に Loc. 4, 右方に Loc. 5 の崩壊がみえる。

B：Loc. 5 の崩壊を正面からみる。

これらの箇所では、多少の落石を除けば崩壊は起こっていない。以下に主な崩壊地点について、岩盤強度の低下をもたらした要因別に記述をおこなう。

断層破碎作用による崩壊

第5図* Aの中央部と右方に Loc. 4 と Loc. 5 の崩壊がそれぞれ写っている。両地点とも、崩壊の上端はモルタル吹付けをされた山側の切取り斜面よりも上方の自然の山腹斜面に達し、そこにあった樹木を巻きこんでいる。これらの崩壊は切取り斜面の上方から斜面下端にかけて生じた円弧状のすべり面にそって起こった。Loc. 4 の崩壊に比べて Loc. 5 の崩壊は大きく、崩れた土砂・岩塊は道路面をこえて、谷側へ押し出している（第5図B）。図の右下にたれ下がっている白い線は押し流されたガードレールである。Loc. 4 と Loc. 5 の付近の岩盤は断層運動によって生じた破碎作用を受けている（第6図）。岩石は1～10cm 大に砕かれ、破断面は光沢を有し、鏡肌となっている。この面上には断層条線もきざみこまれている。断層破碎により砕かれた岩盤は、さらに破断面にそってのちの風化作用を受け、その強度は著しく低下している。

地表風化作用による崩壊

修善寺下田線で最も数が多かったのは、地表風化作用により岩盤強度が低下したことが原因となった崩壊である。一般に風化層は地表から一定の厚さで形成される。修善寺下田線では、道路が尾根をまわり込む凸型斜面には、この風化層が厚く保存されている。一方、谷をまわりこむ凹型斜面の部分では、この風化層は侵食によって洗い流されて残っていないか、残っていてもわずかである。新鮮な岩盤はこのような部分に露出している場合が多い。したがって、この地表風化作用による崩壊は、風化層を多く残す凸型斜面に比較的多く発生し、かつ規模も大きかった。

地表風化作用による凸型斜面での崩壊の代表例として Loc. 13 の崩壊を第7図に示した。崩壊部の右側は凹型斜面にあたり、ここに露出する岩盤は比較的新鮮かつ堅硬で、全く崩壊を起こしていない。

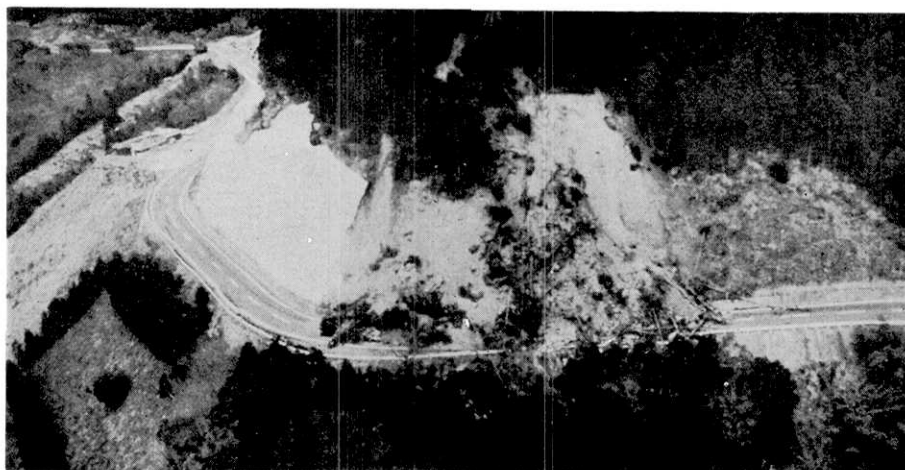
第8図は、Loc. 19 で尾根の側面に残されていた風化層が崩壊している例である。ここでは風化層と表土がコンクリート製の擁壁の上をこえて道路面まで押し出してきた。

Loc. 14 の崩壊は、同じ風化層の崩壊ではあるが、他とやや異なった地質状況のもとで発生した。ここは道路が谷をわたる凹型斜面の場所であるが、風化層は、それをおおう新期の堅硬で密度の高い玄武岩溶岩に



第6図 断層破碎をうけた岩盤 (Loc. 4 付近)。

* 第5, 7, 10, 15, 19, 20, 21, 23 図に示される写真は1月17日に静岡県下田土木事務所によってヘリコプター上より撮影されたもの。



第7図 地表風化作用によって強度が低下した岩盤の崩壊 (Loc. 13). 右手に露出する新鮮な岩盤は全く崩れていない (下田土木事務所撮影).



第8図 コンクリート擁壁の上をこえて落下した風化層の崩土 (Loc. 19).



第9図 キャップロック効果による風化層と新期玄武岩の崩壊 (Loc. 14).

保護される形で侵蝕をまぬがれていた。ここでの崩壊は下部の軟弱な風化層と上部の堅硬な溶岩との間で、地震動に対していわゆるキャップロック効果が働いたために起こったと考えられる (第9図)。

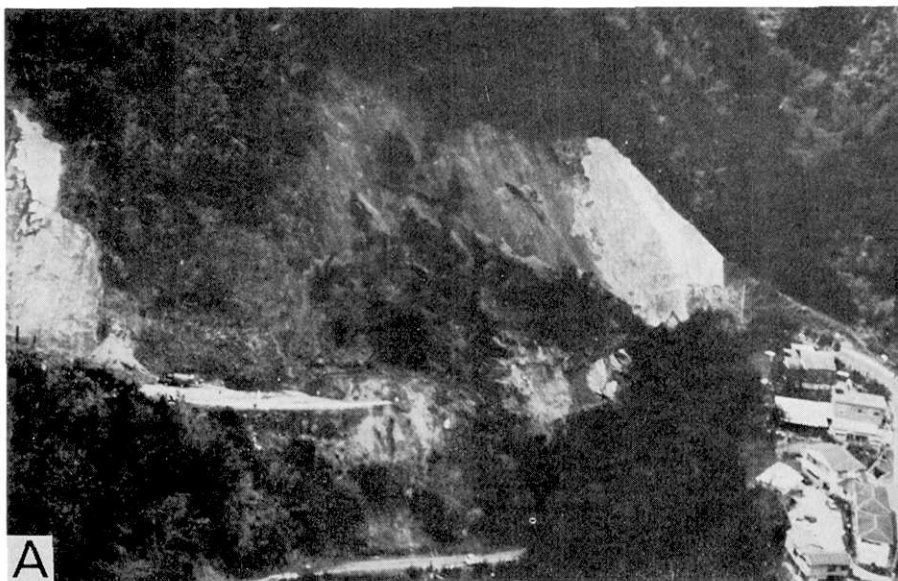
熱水変質作用による崩壊

熱水変質作用による岩盤強度の低下に起因した崩壊の事例は少ない。しかし、その規模は大きく、特に Loc. 32 の崩壊は修善寺下田線でひき起こされた崩壊の中で最大規模のものである。

Loc. 24 の崩壊は、上部に明瞭な滑落崖を現わす円弧地すべりとして起こっている (第

10図A). 崩土は道路をこえて、大量に谷側へ押し出している。滑落崖の露頭を見ると、岩盤中に網目状に白い脈が無数にはいり、強く熱水変質し粘土化しているのが認められる(第11図)。この岩盤はハンマーがプスッとつきささるほど軟弱である。

Loc. 32 の崩壊は2段の滑落崖を生じる形で起きている(第10図B)。すべり面は山



第10図 熱水変質作用によって強度が低下した岩盤の崩壊(下田土木事務所撮影)。
A: Loc. 24 の崩壊, B: Loc. 32 の崩壊。



第11図 Loc. 24 の滑落崖に現われた熱水変質によって粘土化した岩盤。



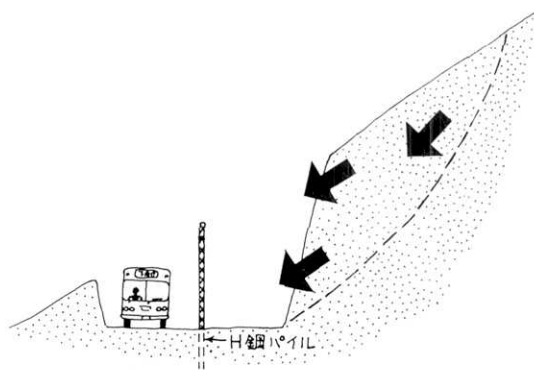
第12図 道路を越えた崩土により押し出された家屋 (Loc. 32)。

腹を深くえぐりこみ、円弧地すべりの形態を有している。崩土は全体に粘土化が進んでおり、熱水変質を受けた岩盤から由来したものと推定される。押し出した土砂は道路の上に厚くのしかかり、さらに道路下の集落に押し寄せている。第12図は崩土によって押し流された右手の家屋がさらに左手の家屋に衝突し、押し出している様子を表わしている。

二次的堆積物の崩壊

比較的強度の弱い過去の地すべり堆積物や崖錐堆積物も今回の地震によって崩壊した。ここでは、最も規模が大きく、かつ通行中のバスを埋没し、3名の死者を出した Loc. 23 の崩壊状況について記す。

Loc. 23 では、道路はカーブしながら尾根地形を横切っており、崩壊地点は分割りとなっている。今回の地震で崩壊した箇所は1976年8月18日の河津地震 ($M=5.4$) でも崩壊を起こし、その復旧工事が続いていた。現場は、二車線道路のセンター付近にH鋼パイルを打ちこみ、丸太を横にさしこんだ仮設の防護柵が作られており片側車線の交互通行となっていた。工事は当日も続けられていたが、地震の発生した12時24分には、作業員たちは現場から少しはなれた場所で休憩中であったために難をのがれた。ところが、折り悪く

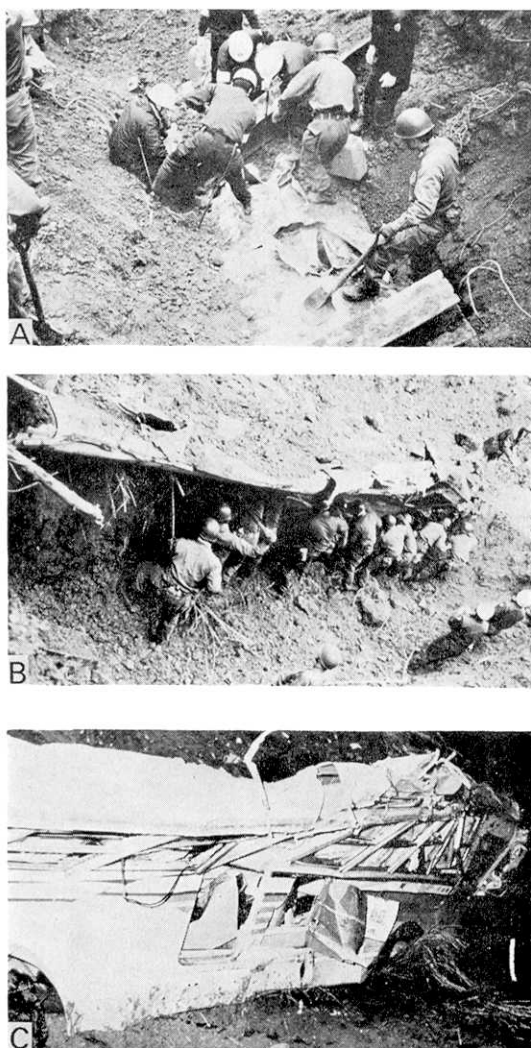


第13図 バス埋没現場の見取図 (Loc. 23)。

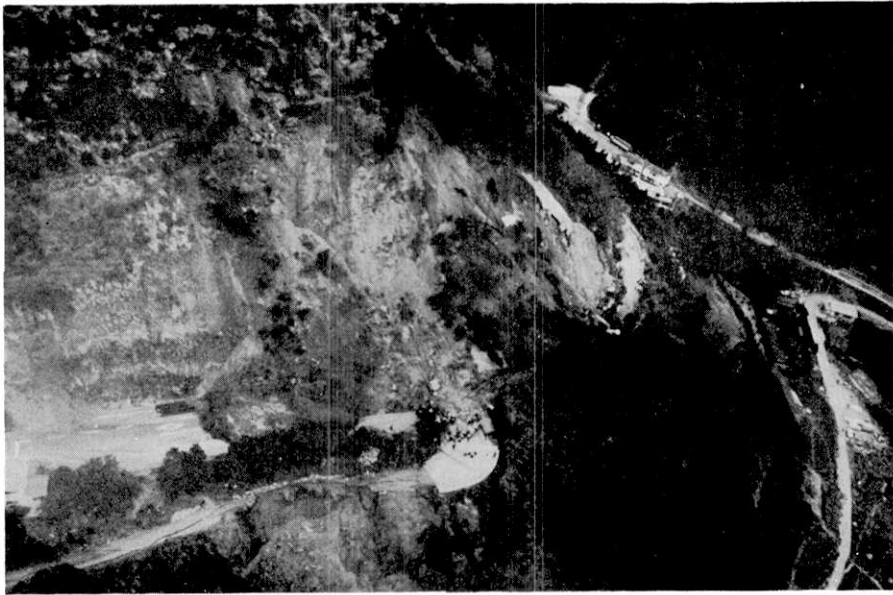
現場には修善寺発下田行の定期バスが通りかかっていた。地震発生とともに山側斜面から崩れ落ちた多量の岩塊・土砂はH鋼パイルを押し曲げ、バスを下敷にした(第13図)。バスはおおいかぶさってくる防護柵によって谷側の切り取り斜面におしつけられるようにしてつぶされた。バスの運転手はハンドル・座席・料金箱によって囲まれたわずかの空間に身を置き、手元にあったジャッキでつぶれてくる天井を支えることがで

きたことと、運転席のあるバスの前部は比較的土砂のかぶりかろうすかったために、現場の作業員によって5時間後に救出された。しかし、3名の乗客は、現場の作業員・静岡県警・自衛隊・地元消防団らの3日にわたる懸命の救出作業にもかかわらず、つぎつぎに遺体となって発見された(第14図A, B, C)。以上の被災状況は、崩壊が地震と同時に一挙に起こったこと、および崩れ落ちた岩塊・土砂の運動エネルギーの大きさを物語っている。

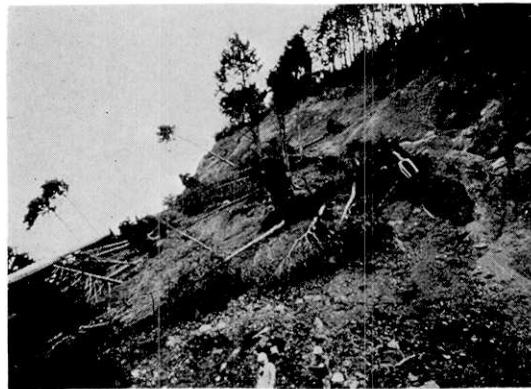
第15図は崩壊部の全景、第16図はその山側斜面を写したものである。上部には明瞭な滑落崖が現われている。崩壊は円弧地すべりとして一挙に起こったものであろう。崩壊した物質および滑落崖に露出している岩石をみると、最大径2mにおよぶ湯ヶ島層群の大礫を含む乱雑な堆積性の土砂であり、強く風化変質した部分と粘土化した部分が雑多にまじり合っているのが認められる。これらは過去の地すべり堆積物であると考えられる。崩壊部分の背後にはLoc. 24を通る熱水変質帯の存在が推定される。古い地すべりはこの熱水変質帯と関連して起こったものかも知れない。この地すべり堆積物はいったんは安定化し、現在の尾根地形を構成していたが、道路を通すための分割りが作られたことによって、斜面が不安定化し、河津地震および今回の地震により崩壊をもたらしたものであろう。



第14図 埋没したバスとその救出作業 (B, Cは下田警察署撮影)。A: 押し曲げられた H 鋼パイルの下敷きとなったバスの屋根。エンジンカッターで切りひらき、乗客の居場所を確かめている。B: バスは崩壊斜面の反対側の法面に押しつけられたために、バスの側面は屋根の下におりたまれるような形になった。C: 引きおこされて見えるようになったバスの側面。



第15図 古い地すべり堆積物の崩壊。中央右手の立木をのせて落下した崩土の下にバスが埋没した (Loc. 23; 下田土木事務所撮影)。



第16図 バス埋没地点直上の崩壊状態 (Loc. 23)。

修善寺下田線の斜面崩壊の特徴

修善寺下田線天城峠一湯ヶ野間に集中した道路被害の特徴は以下のようにまとめられる。被害のほとんどは道路に接する山側斜面の崩壊によって起こっている。道路周辺の自然斜面は $30-40^{\circ}$ の急勾配をもっている。それにもかかわらず、自然斜面では、表土あるいは火山降下物のうすいすべりは発生しているものの、岩盤にまで達する崩壊は起こっていない。このことは今回程度の地震動に対して、自然斜面はまだ安定性を保ちえたことを示している。一方において、道路の山側切り取り斜面およびその上位に崩壊が集中していることは、道路建設のための斜面の切り取りが、斜面の安定性を減少させ、このことが崩壊を

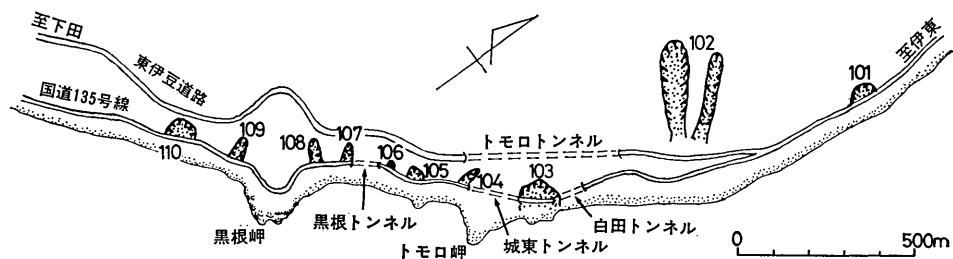
起こすひとつの要因になったといえよう。しかしながら、切り取り部分で必ず崩壊が起きたわけではない。同じ切り取り部分でも、崩壊した場所としなかった場所とが隣り合せて並んで著しい対照を示すことが多かった。

崩壊した場所は崩壊しなかった場所と比べて、かならず何らかの原因で岩盤の強度が低下していることが認められた。したがって、崩壊に至った直接的要因として、崩壊箇所における岩盤強度の低下をあげることができる。岩盤強度の低下の原因として、地表風化・熱水変質・断層破碎作用および過去の地すべり堆積物や崖錐堆積物の存在が識別された。第3図では崩壊をひき起こすにいたった最も重要な要因にしたがって分類し、説明したが、実際にはいくつかの要因が重なっているものもある。たとえば、Loc. 4と5では断層破碎を受けた岩盤に、さらに地表風化が加わっている。また、Loc. 24と32では熱水変質した岩盤にさらに地表風化が加わり、一部は崖錐堆積物におおわれていた。地表風化に起因したものの一部は斜面を移動し、熱水変質をうけた岩盤の上部に崖錐堆積物としてのっていたのであろう。しかし、これらはあくまでも副次的なものであって、主要な要因はすでに分類したとおりである。

熱水変質や断層破碎によって岩盤強度が低下している場合には、その影響は深部にまで及んでいるために、厚い二次的堆積物が破壊される場合と共に、崩壊は円弧すべりの形態をとり、多量の土砂が崩落した。一方、地表風化により形成された風化層や薄い二次的堆積物が崩壊する場合には層状すべりの形態をとっている。これはすでに述べたように、風化層は地表から一定の厚さで、斜面にはほぼ平行に形成されるからである。また、風化層が現在の斜面に残っているかどうかは微地形と関係している。風化層が侵食され、失われている場合が多い凹型斜面に比べて、風化層が保存されている凸型斜面での崩壊が顕著であった。もっとも、凸型斜面での崩壊には、凹型あるいは平面型の斜面と比べて、過剰な質量をのせることから生じる力学的不安定性の問題も含まれているであろう。

2-2 東伊豆道路

東伊豆町稲取一白田間は高さ100m程度の海蝕崖が発達している。東伊豆道路はこの海蝕崖の上にある緩斜面の海寄りのところを通っている部分が多い。この部分では、緩斜面上部の風化層が地すべり的に海側へせり出すことによって、道路面に段差やくいちがいが生じたり、路肩がゆるんだりする程度の被害が多い。しかし第17図のLoc. 101付近では、緩斜面がないために、道路は山腹を切り取って通してある。ここでは山側から、風化して



第17図 東伊豆道路と135号線の崩壊箇所。



第18図 東伊豆道路の Loc. 101での崩壊。



第19図 Loc. 102 における崩壊。下に東伊豆道路が通っている(下田土木事務所撮影)。

寸断された。崩壊が集中した付近の海蝕崖は、傾斜が急で岩盤の露出している下半部と、それより傾斜がややゆるく、植生のある上半部とに分けられる。下半部は海蝕がたえず進行しているために、岩盤は新鮮で堅硬であるが、上半部は風化作用にさらされて岩盤の強度は低下している。道路はこの海蝕崖のうちの下半部の上位を切り取って通っている部分が多い。切り取り斜面は鉛直に近い傾斜を持っている。また、伊東側から下田側へ、白田・城東・黒根の3つのトンネルが設けられている。

崩壊は海蝕崖上半部の風化層のせり出しとして起こった。この場合、修善寺下田線と異

ゆるんだ安山岩が崩落し、通行中の乗用車1台が埋められた(第18図)。

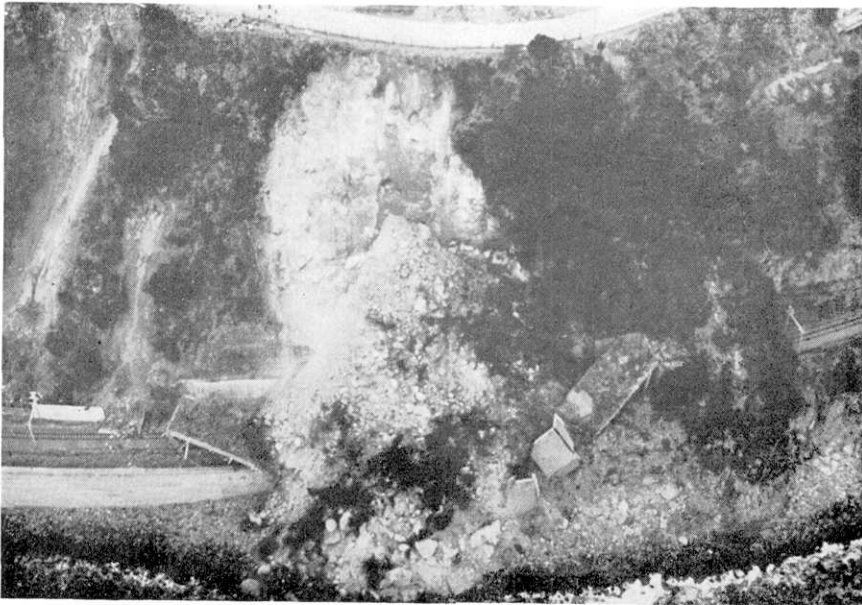
Loc. 102 では道路の背後にある高さ300mの山の上部に発達する風化した安山岩がせり出して崩落した。土砂は斜面を落下し、道路近くまで押し寄せてきた(第19図)。

第20図は稲取南西方の東伊豆町と河津町の町界付近の海岸線での崩壊である。上の道路は東伊豆道路、下の鉄道は伊豆急行線である。崩壊は、東伊豆道路路肩の海蝕崖上位にある風化した安山岩の部分で起こっている。くずれ落ちた多量の土砂は鉄道の落石よけのひさしを押し流してしまった。

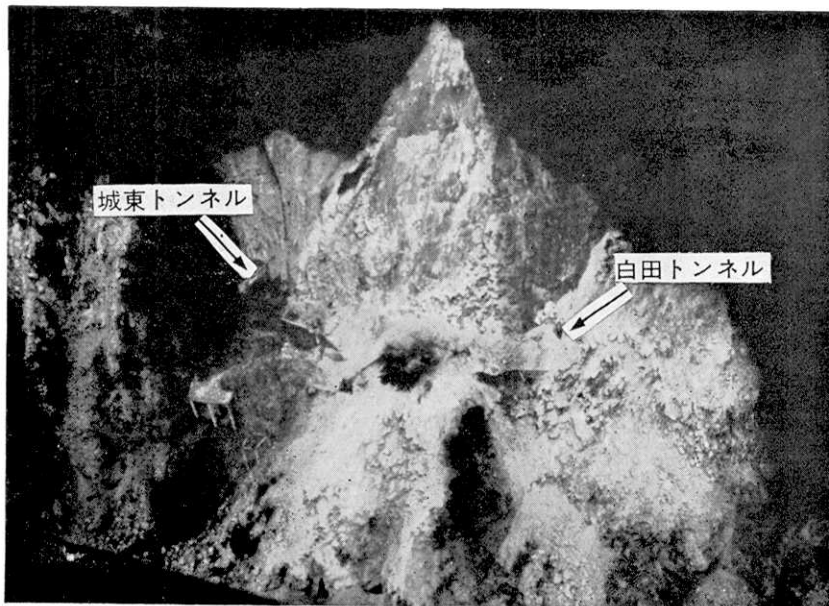
2-3 国道135号線

国道135号線は東伊豆道路と異なり、海蝕崖の中腹を切り取って通っている。

この道路は海蝕崖の上部の崩壊によって

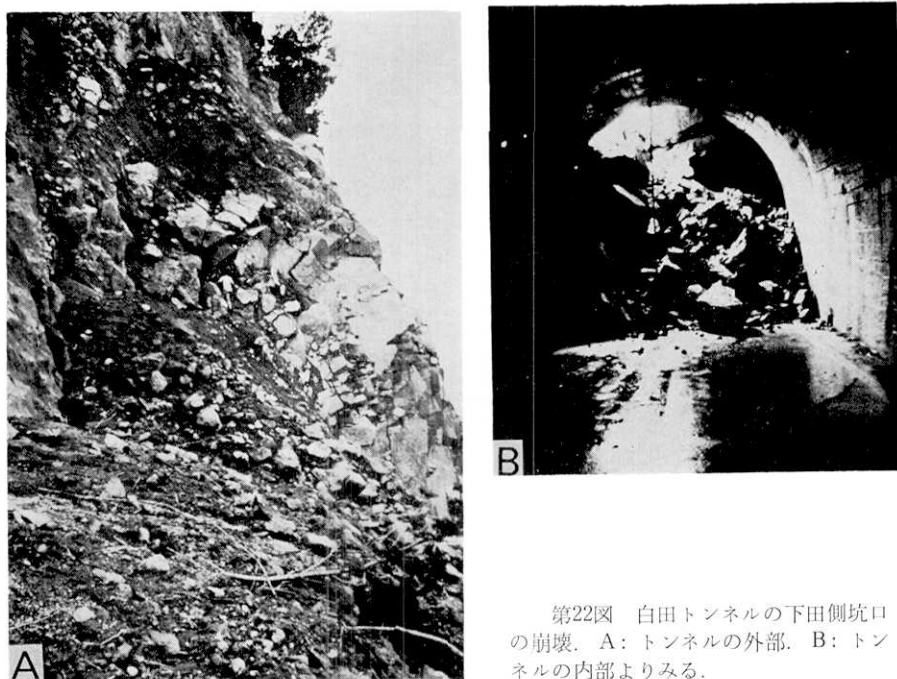


第20図 東伊豆町と河津町の町界付近での崩壊。写真上部の東伊豆道路の足元から崩れ落ちた風化安山岩は下の伊豆急行線の落石よけのひさしを押し流した（下田土木事務所撮影）。

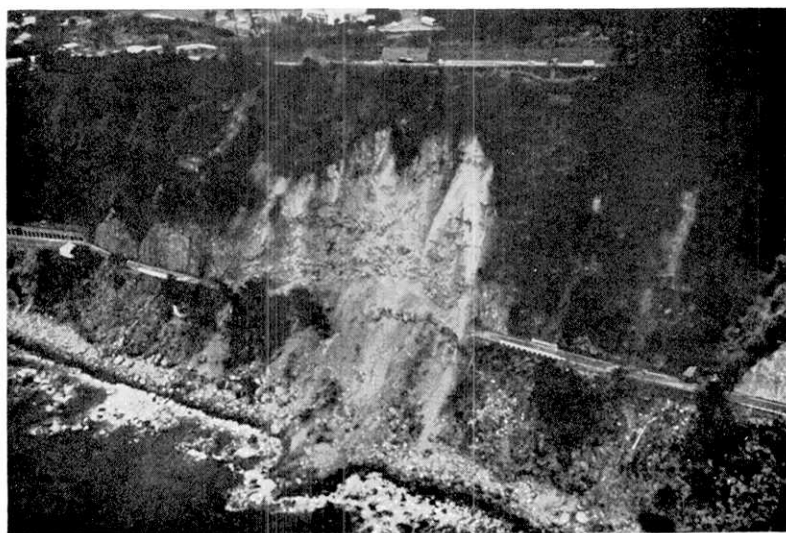


第21図 国道135号線の白田—城東トンネル間の崩壊（Loc. 103；下田土木事務所撮影）。

なり、山側の切取り斜面はその上部を除いては崩壊を起こさず、斜面に吹きつけられたモルタルは傷んではいるが、保存されている。この海蝕崖上部で起きた崩壊による岩塊土砂は、道路を埋め、一部は海に押し出している。特に崩壊の激しい白田トンネルと城東トン



第22図 白田トンネルの下田側坑口の崩壊。A: トンネルの外部。B: トンネルの内部よりみる。



第23図 Loc. 110 における崩壊。上に東伊豆道路，下に135号線がみえる。

ネルの間 (Loc. 103) では、道路は崩壊土砂によって完全に埋められてしまった (第21図)。白田トンネルの下田側坑口はこの崩壊により破壊されている (第22図A、B)。なお、国道135号線の3つのトンネル、東伊豆道路トモロトンネルおよび伊豆急行線黒根トンネルの破壊変状状態については今田(1978)によりくわしく調査されている。これらのトンネ

ルは、ほぼ平行する形でおっているが、この中で最も海側をとおり、かつ地表から浅い所にある国道135号線の3つのトンネルの被害が大きかった(今田, 1978)。このことは、地山全体が海側にせり出したのではなく、海蝕崖上部の風化層内に崩壊がとどまったことを意味している。

Loc. 110では、急傾斜した道路の切取り斜面は崩壊せずに、その上の自然斜面の風化層が崩壊して道路を埋めた。この様子が第23図によく表わされている。

Loc. 109では風化した安山岩の上に新期の玄武岩がのっている。崩壊はこの不整合部分でおこり、風化した安山岩と、その上にあった玄武岩の大塊が落下して道路をふさいだ。ここでは、強度の低下した風化層の上に堅硬で重い玄武岩層がのっていたことによるキャップロック効果が働いたと考えられる。

3. 考 察

斜面崩壊は斜面を構成する岩盤の破壊現象、および破壊後の移動現象と捉えることができる。したがって、崩壊の発生は破壊させようとする力と岩盤の強度とのかねあいによってきまる。破壊をもたらす力は、ひとつは重力であり、これは斜面勾配の正弦に比例する。また、地震動災害の場合には地震の加速度による力が付加される。もうひとつの要素として、斜面の下方への変位に抵抗する支持力をあげることができる。この支持力の存在は斜面を崩壊させようとする力を減殺すると共に、その後の移動を抑制する働きをする。さらに、降雨による斜面崩壊の場合には、地中に浸透した水の重量と間隙水圧を考慮する必要がある。

今回の地震による斜面崩壊は、岩盤の強度が何らかの作用によって低下している場所で起こっている。崩土はわずかな部分を除けばほとんどが乾燥状態にあった。したがって、水の影響はほとんど無視でき、この岩盤強度の低下が崩壊の最も重要な素因をなしたと考えられる。岩盤強度低下の要因としては、地表風化・熱水変質・断層破碎作用、および過去の地すべり堆積物や崖錐堆積物などの二次的堆積物の存在があげられた。このなかで、地表風化作用による崩壊事例が最も多かった。伊豆半島は高温多雨であり、火山地帯であり、かつテクトニックな運動のはげしい地域である。したがって、ここでは上記の岩盤強度の低下をうながす作用は、過去および現在において促進されやすい環境にあると考えられる。また、崩壊は斜面の支持力が低下した箇所が発生している。斜面の支持力の低下は、修善寺下田線では道路建設による斜面の切り取り、東海岸では自然の海蝕作用によってもたらされている。

4. お わ り に

今回の震災では、すでにのべたような地震時の直接的崩壊ばかりでなく、地震後の降雨によって引き起こされた二次的災害が著しい。これらは雨による崩壊の拡大・崩土の移動・流出と共に、地震時には単なる亀裂の生ずる程度にとどまった斜面が、雨水の浸透により一挙に崩壊するという現象を含んでいる。たとえば Loc. 102 では、その後の降雨により、崩壊はさらに進行し、斜面下位に堆積していた崩土が泥流となって押し出し、東伊豆道路とその下の国道135号線を埋没させてしまった。また、Loc. 20 の路肩のゆるみは降

雨のたびに進行し、5月19日にすべり落ちてしまった。このような二次的災害のために修善寺下田線の復旧はおくれ、半年たった現在、やっと小型車の昼間の通行のみが可能となっている。しかも、一定量以上の降雨があれば、いまでも崩壊が進行し、通行不能となる状況にある。また、修善寺下田線とともに被害の大きかった国道135号線は、東伊豆道路の完成により幹線道路としての重要性を失っているため、いまだに復旧工事は開始されていない。

幹線道路の確保は震災後の救援復旧作業にとって緊要である。今回のような種類の道路災害を予防し、道路の耐震性を高めるためには、岩盤の強度や、斜面の支持力の確保に注意を向けることが必要であると思われる。修善寺下田線については、応急的な復旧工事につづいて、抜本的な復旧計画が立案され、実施に移されている(坂部・瀬古, 1978)。

文 献

- 荒牧重雄・葉室和親, 1977, 東伊豆単成火山群の地質——1975-1977中伊豆の異常地殻活動に関連して——, 地震研究所彙報, **52**, 235-278.
- 今田 徹, 1978, 伊豆大島近海地震による被害(2), 道路トンネルの例, トンネルと地下, **9**, 445-452.
- 村井 勇・松田時彦・中村一明, 1978, 1978年伊豆大島近海地震に伴う稲取付近の地震断層, 地震研究所彙報, **53**, 995-1024.
- 坂部好叙・瀬古 誠, 1978, 伊豆大島近海地震の災害復旧, 土と基礎, **26**(9), 25-33.
- 沢村孝之助・角 清愛・小野晃司・盛谷智之, 1970, 5万分の1地質図幅及び説明書「下田」, 地質調査所.
- 静岡大学災害地質調査班, 1978, 1978年伊豆大島近海の地震に伴う震害の地質学的考察, 静大地球科学研報, **3**, 45-68.
- TSUNEISHI, Y., T. ITO and K. KANO, 1978, Surface faulting associated with the 1978 Izu-Oshima-kinkai earthquake, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **53**, 649-674.

59. *Slope Collapses along the Main Roads of the Izu Peninsula Caused by the 1978 Izu-Oshima-kinkai Earthquake.*

By Yukimasa TSUNEISHI,
Earthquake Research Institute,
Tanio ITO and Ken-ichi KANO,
Geological Institute, University of Tokyo.

A lot of slope collapses were caused along the main roads of the Izu Peninsula by the 1978 Izu-Oshima-kinkai earthquake. These slope collapses occurred on the road cuttings at places where the mechanical strength of the bedrock had been weakened and where the supporting force on the slopes was insufficient. The fracturing of rocks by faults, hydrothermal alteration and land-surface weathering are recognized as the main factors in the weakening of the strength of the bedrock. Besides, the slope collapses also occurred where the loose sediment such as talus and old landslide deposits was thickly accumulated. The deficiency of supporting force on the slopes originated from road-cutting and rapid erosion on the seaside cliff.