

静岡市石部大崩海岸道路の大崩壊の実態・要因および防災上の問題

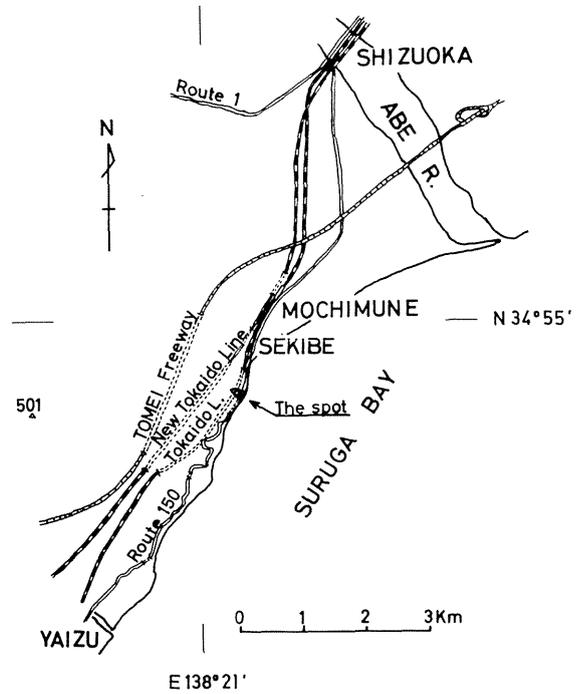
メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-07-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 岩橋, 徹, 木宮, 一邦 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00005794">https://doi.org/10.14945/00005794</a>

# 静岡市石部大崩海岸道路の大崩壊の 実態・要因および防災上の問題\*

岩橋 徹\*\*・木宮 一邦\*\*

## 1. ま え が き

国道150号は国道1号のバイパスの役目を果たすと同時に、駿河湾西岸の静岡・焼津・大井川・吉田・榛原・相良の2市4町ならびに遠州灘に沿う浜岡・大浜・大須賀・磐田・浜松等の2市6町を連ねる重要な路線である。静岡市石部・焼津市浜当日間の通称「大崩海岸」は150号随一の交通の難所であって(第1図),路線は急峻な海食崖に沿って走るため、これまでにもしばしば崩壊や落石が起こり、交通が遮断されるばかりでなく、ときには通行中の車輛が被災することもあった。このため道路管理者である建設省および静岡県土木部では、交通量が増加するにつれて、\*\*\*1943年以前より、順次危険度の高い箇所から後述するような各種の防災工事を行ってきた。しかし、1971年7月5日午前8時45分頃に発生した崩壊は、道路管理者の予想を遙かに上まわる大規模なものであって、路面上約40~90mの高処における傾斜70°



第1図 位置図

内外の岸壁が一瞬のうちに大崩壊を起こした。その崩壊による堆積土石量は約6,400<sup>\*\*\*\*</sup>m<sup>3</sup>に達した。道路を蔽っていた鋼製門構は一瞬のうちに押し潰され、通行中の乗用車中、2台が損傷をうけ、1台は潰された門構の下敷になり、運転者1名が即死するという惨事を招いた。

筆者らは災害の実態把握ならびに崩壊の要因および誘因を究明するために、直ちに現地調査を開始した。現地においては、崩壊箇所の微地形・地質・地質構造・節理および亀裂の状況・岩石の風化状況・湧水状況・崩壊状況・被災状況等を調査すると共に、崩壊面の全面的詳細な写真を撮影し、岩石の強度等を測定するための試料を採集した。

\* 日本地質学会第79年学術大会及び文部省特定研究「中部地区における自然災害」第3回シンポジウムで講演、内容一部加筆  
 \*\* 静岡大学教育学部地学教室  
 \*\*\* 1971年6月の交通量調査の結果、日中12時間に11,000台の車輛が通行した。  
 \*\*\*\* 空中写真図化機による1/500地形図をもとにして、崩土石の水平断面積を1m間隔で求め、総土石量を算定した値である。

他方、降雨量記録・地震記録・空中立体写真・過去の災害記録・防災および災害復旧工事記録・崩壊地の写真等の資料を収集し、その解析を行なった。なお、現地で採集した岩石試料について、岩石引張り強度試験・比重測定・簡易透水試験・有効間隙率および吸水率の測定を行なった。本稿では、これまで発表した調査ならびに試験結果（岩橋・木宮、1972 a:岩橋・木宮、1972 b）をもとにし、その後得た新知見を加えて述べることにする。

この研究を行なうに当たり、側面から一方ならぬご支援を頂いた名古屋大学名誉教授松沢勲博士および有益なご意見とご批判をいただいた名古屋大学工学部教授西畑勇夫博士に対し深甚なる謝意を表わす。また、静岡県土木部道路維持課清家幸蔵課長・坂部好叙課長補佐には、各種の貴重な資料を提供いただき、現地調査の便宜をいただいた。静岡県土木部大崩バイパス工事事務所、島田土木事務所ならびに静岡地方気象台からも資料収集にご協力いただいた。当教室の半田孝司氏には附図の浄書・資料整理の労をわずらわせた。ここにあわせて厚くお礼申し上げる。

なお、この研究には文部省科学研究費（特定研究課題番号 90065）を使用した。記して当局に感謝する。

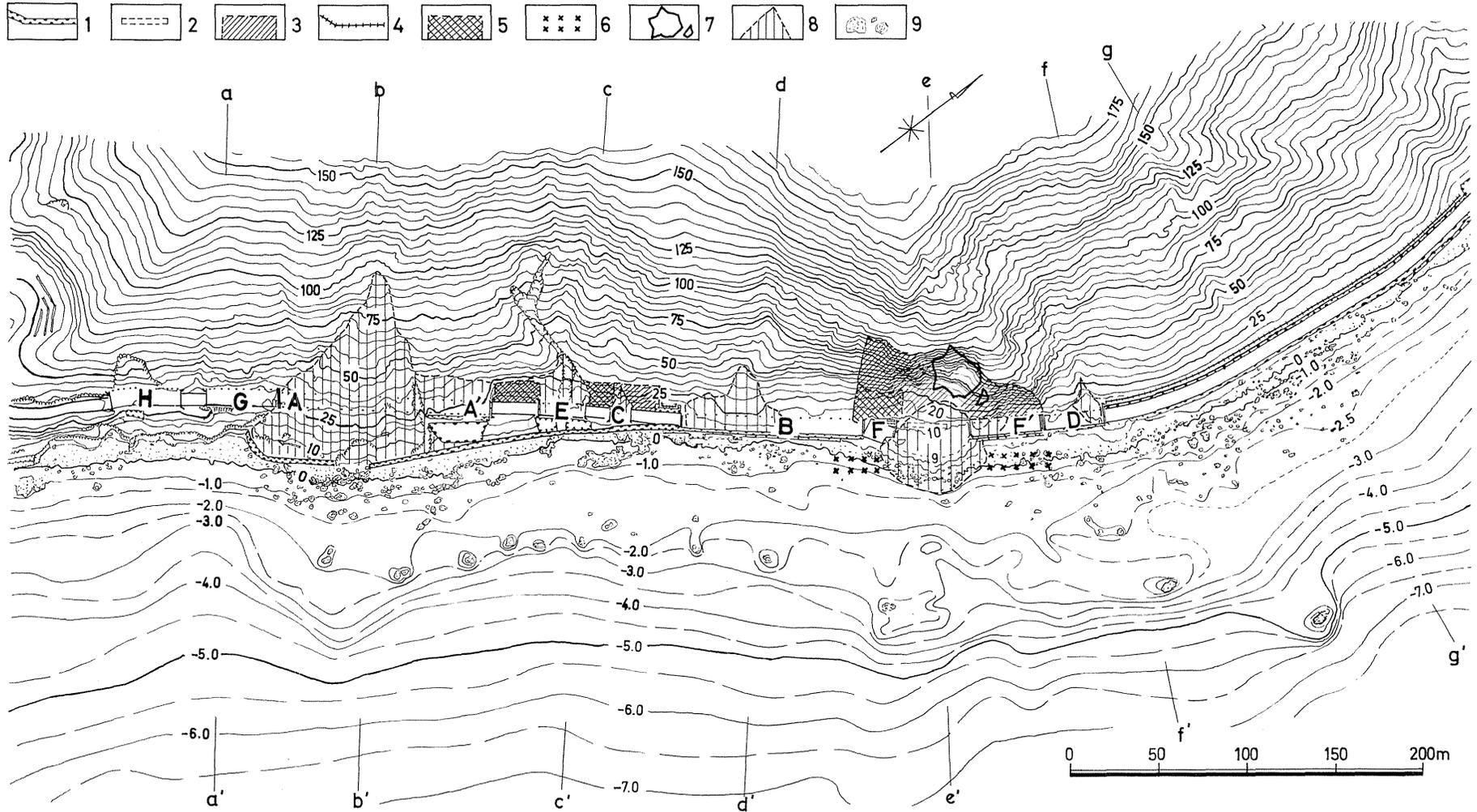
## 2. これまでの災害と既設構造物

### 2.A これまでの災害

これまでの崩壊の状況については別稿（木宮、1972）でその詳細が記述されている。大崩海岸道路総延長約 4 Km の間において、1965年より 1971年までのわずか 6 年半の間で記録に残されている災害は 32 件の多きに達し、その内物件に損傷を与えたのは 9 件であり、このほか記録されない小規模な落石は各所でかなり高い頻度で起こっている。この中で比較的大規模なものは、焼津市浜当目地内で発生した海食による道路崩壊流失、および 1965年静岡市石部地内第 4 洞門山側急傾斜谷部で、約 1,700 m<sup>3</sup> の土石が滑落した例が挙げられる（第 2 図 E 山側）。

### 2.B 既設構造物

今回崩壊が発生した静岡市石部地内では、道路の幅員は平均 6 m、縦断面勾配は 0 ~ 6.0 %（一部 10 %）、高級アスファルト舗装道路である。第 2 図 A - A' 間には主に崖錐を貫いていると考えられる石部隧道が設けられている。当時の調査および工事記録は失われて明らかでないが、恐らく 1935 年頃に施行されたものであろう。この隧道は山側から崖錐の偏圧を受け随所に亀裂およびずれを伴う破断（スラスト）を生じ、隧道横断面における縦方向の中心線は海側に数度傾斜している（写真 1 ~ 4）。



第2図 崩壊発生地点附近の地形および既設防災諸施設

A-A' : 石部隧道、B : 第一洞門 (鉄筋コンクリート製、以下F.C.と略す)、C : 第二洞門 (F.C.)、D : 第三洞門 (F.C.)、E : 第四洞門 (F.C.)  
 F-F' : 第五洞門 (今回被災、鉄骨ラーメン構造、以下F.と略す)、F' : 第五洞門焼津側残存部、F' : 同静岡側残存部、G : 第六洞門 (F)、H : 第七洞門 (F)、  
 1 : コンクリート擁壁 (波返し擁壁を含む)、2 : 谷止工 (えん堤)、3 : コンクリート吹付け、4 : ストーンガード、5 : スロープネット、6 : テトラポッド、  
 7 : 今回の崩壊地、8 : 崖錐、9 : 岩礁、露岩および転石、a-a'、b-b'、……g-g' は第3図のブロックダイアグラム中の地形断面図の位置を示す。

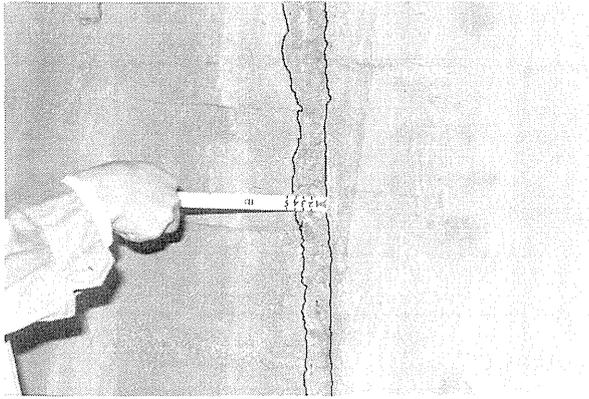


写真1 国道石部隧道内部の破断  
破断の西側が海側へ約4cmずれている。

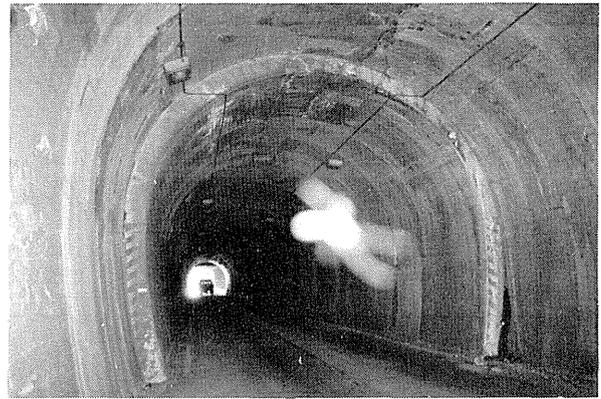


写真2 石部隧道内部の補強工  
手前の未補強部に変状が認められる。手前が静岡側。



写真3 石部隧道静岡側入口附近の変状  
天井中心線より山側約1mの箇所破断・変移量7~8cm。

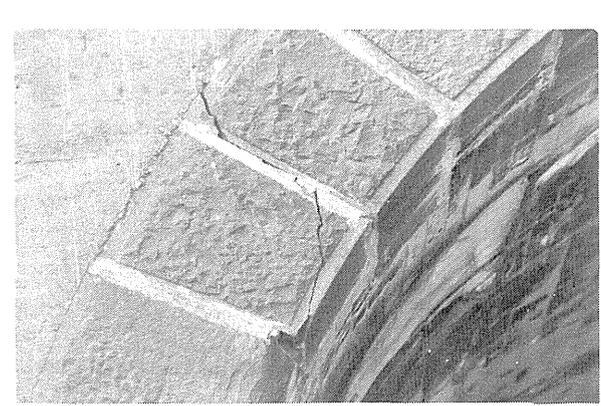


写真4 石部隧道静岡口のクラック  
向って左側が海側、クラックの幅は1cm未満

第2図Bは第一洞門であって、1943年2月完成した鉄筋コンクリート製、天井のコンクリートには亀裂を生じ、漏水が顕著であり、また海水の飛沫を浴びて、コンクリート中の鉄筋は腐蝕が激しく、その膨脹および通行大型車輛による擦傷のためコンクリートの破損が著しく、この洞門の強度はかなり低下しているものと考えられる。洞門の南半部は最大厚10mの崖錐に蔽われている。

第2図Cの第二洞門は第一洞門と同様コンクリート製であり、第一洞門の後に建設されたものであるが、詳細な記録は残されていない。

第三および第四洞門(第2図D、E)は、1965年D地点で発生した約1,700 $m^3$ の土石崩壊の経験を生かして設計された鉄筋コンクリート製洞門(前者は1968年9月竣工)であるが、2~3年を経過した現在、著しい土石の被覆はみられない。

第五、第六および第七洞門(第2図:F-F'、GおよびH)はこれまでの洞門の間隙を連結するように1969年以後に建設された最新のもので、このうち第五洞門が今回被災したものである。この3洞門は大崩落に対処するために設計された構築物ではなく、通行車輛等を落石から保護するために設けられた「落石覆い工」である。いずれも同一型式の鋼製ラーメン構造の門構であり、H型鋼材(断面:600×200×11×17mm)を組合せた柱および梁が2.5m間隔に設けられ、これが洞門の主構造を構成している(写真5.6)。

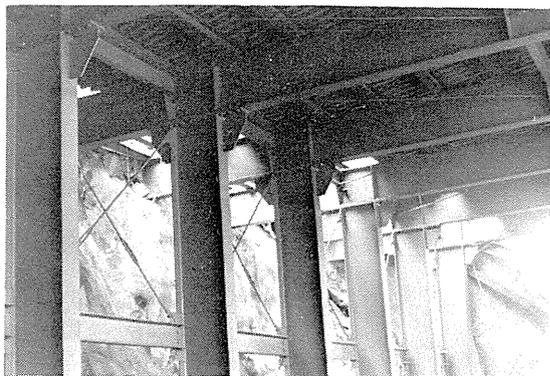


写真5 第五洞門内部構造  
焼津山側・天井部材は崩災の際海側に引ずられた。



写真6 第五洞門内部構造  
焼津側残存部・H型鋼柱の断面は600×200×11×17mm

洞門の海岸側にはほとんど連続したコンクリート波返し擁壁工が設けられ、要所にはテトラポッドが配されて、消波および海岸浸食に備えている。他方、道路の山側では、道路際には崩土防止用擁壁、急崖には落石防止および風化防止の目的でコンクリート吹付、落石の防護のためストーンガード、スロープネット等が設けられている（第2図）。

以上のように、海岸線に沿う波返し擁壁および1968年頃までに建設された門構は、とくに老朽化した石部隧道および第1洞門を除けば、鉄筋コンクリート製の比較的堅固な構造物となっているが、1969年以降に設けられた門構は主として落石から通行車輛等を保護する目的で設計施工された鋼製門構であって、今回のような大規模な崩壊を予想した構造物でなかったといえることができる。

### 3. 今回の崩壊の規模と被害状況

#### 3.A 崩壊の規模

崩壊が発生した箇所は海拔50m～99m間（道路面上約40m～90m、第五洞門の天端を基準にすると、その土位35～85m）の高処にある。抜け落ちた滑落地塊は最大幅約26m、奥行約18m、高さ約50m。同地塊の下底は幅約8m、奥行7m、傾斜角55°の滑落面に接している。

崩壊土石の落下方向を水平面に投影すると、道路に対して約40°の角をなして滑落した後、弧を描いて洞門にほぼ直角方向に流下したことが推定される。崩壊地塊は落下の途中で破碎され、大部分は直径1m以下の礫になっているが、中には直径3mを越え、体積にして27m<sup>3</sup>、重量70tに達するものも含まれている。直径1mを越える粗大礫は道路附近から汀線附近、いいかえれば崖錐の末端附近に比較的多くみられる。崖錐の幅は最大56m、高さ約40m、崖錐の総土石量は第五洞門上に堆積したものを含めて上述のように約6,400m<sup>3</sup>と算定した。

#### 3.B 被害状況

1970年当初に完成した鋼製の第五洞門は全長101.5mのうち、中央焼津寄りの41.5mが海側に倒壊し、静岡側42.5mと焼津側17.5mが倒壊を免れた。しかし残された部分の門構も、倒壊部に接した箇所では倒壊部に向かってそれぞれ数本の鋼柱が屈曲している。なお、焼津側残存部の天井部材は下

部構造（柱・梁・桁）から分離して、その南東かどを中心に右まわり $20^{\circ}$ 回転している。以上のような現場の状況からみて、土石の力の方向は洞門に対してほぼ直角（やや焼津方向）、山側から水平面に対し約 $45^{\circ}$ の角度をもっていたものと推定される。

鋼材はすべて赤色の防錆塗料が施されているが、倒壊部における鋼柱は屈曲した箇所では塗料が真黒に焦げ、ところによっては鋼柱が剪断され、また基礎取付部における鋼柱取付ボルトが破断された事実など、および当時の目撃者の証言を総合的に判断すると、第五洞門はほとんど一瞬のうちに海側に押し出されるように押し潰されたものと考えられる。換言すれば、崩落土石の殆んど全量がこの瞬間に落下したものとみられる。

門構の被災部の山側には道路に沿って高さ約 $3\text{ m}$ 、長さ約 $25\text{ m}$ の谷止工（砂防えん堤）が設けられ、これを基礎としてこの上にさらに高さ約 $3\text{ m}$ の擁壁が嵩上げされていた。嵩上げ部分の擁壁は今回の崩落土石のために接合部で破断し、道路側に倒壊している（岩橋・木宮、1972a、写真3参照）。

被災した3台の自動車のうち、1台の乗用車は門構の倒壊部のほぼ中央部で押し潰され、ほとんど原型をとどめない、厚さ $30\text{ cm}$ 程の鋼塊と化し、その圧力の強大さを示している。崩壊を目前に急停車した他の1台の小型トラックは、車体の前部が落石に埋まり大破したが、運転者は無事脱出することができた。他の1台の自動車は落石により軽微な損害をうけた。

#### 4. 崩壊の諸要因

今回の崩壊には、地形、地震動およびその他の振動、含水率の変化、地下水、地質および地質構造、岩石の風化状況、等の諸要因が関係をもつものと予想されたので、これらの諸要因について検討を行なった。

##### 4.A 地 形

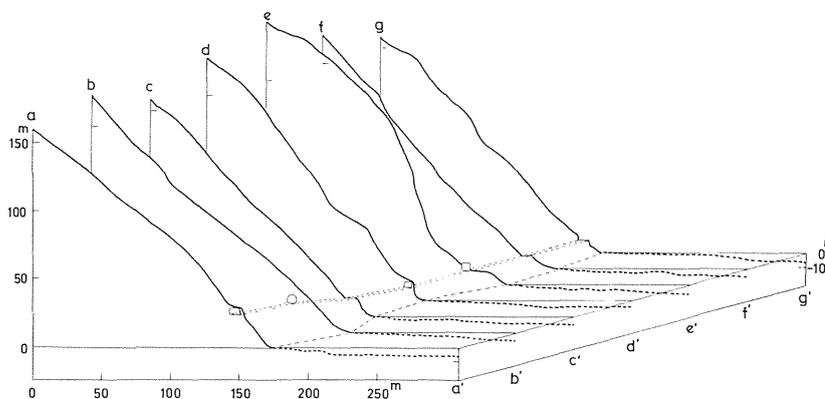
1889年の測量による2万分の1地形図によれば、大崩海岸の焼津市浜当目虚空蔵山附近から、その北方約 $1\text{ km}$ の地点までの区間は急崖下に海浜が認められないが、その北部の石部に至る約 $2.8\text{ km}$ の海岸にはほとんど連続的に砂礫が堆積する幅 $40\sim 100\text{ m}$ の海浜が発達し、しかも海浜上に道路が通じていた。しかし現在の海岸線をみると、上述の海浜のうち、平部落およびその北方 $700\text{ m}$ （それぞれ長さ約 $400\text{ m}$ ）の海浜を除き、他は道路を含めてほとんど完全に侵食し去られている（第4図）。このため、この区間では海岸の急斜面を切取って道路が付換えられた。

大崩海岸に沿う海岸斜面の高さは $100\sim 280\text{ m}$ 、海岸線から山稜までの海岸斜面の平均勾配は第4図に示すように、最大 $40^{\circ}$ 、最小 $36^{\circ}$ 〔元小浜（平）附近の $36^{\circ}$ 、石部トンネル南の $27^{\circ}$ 等は厳密な

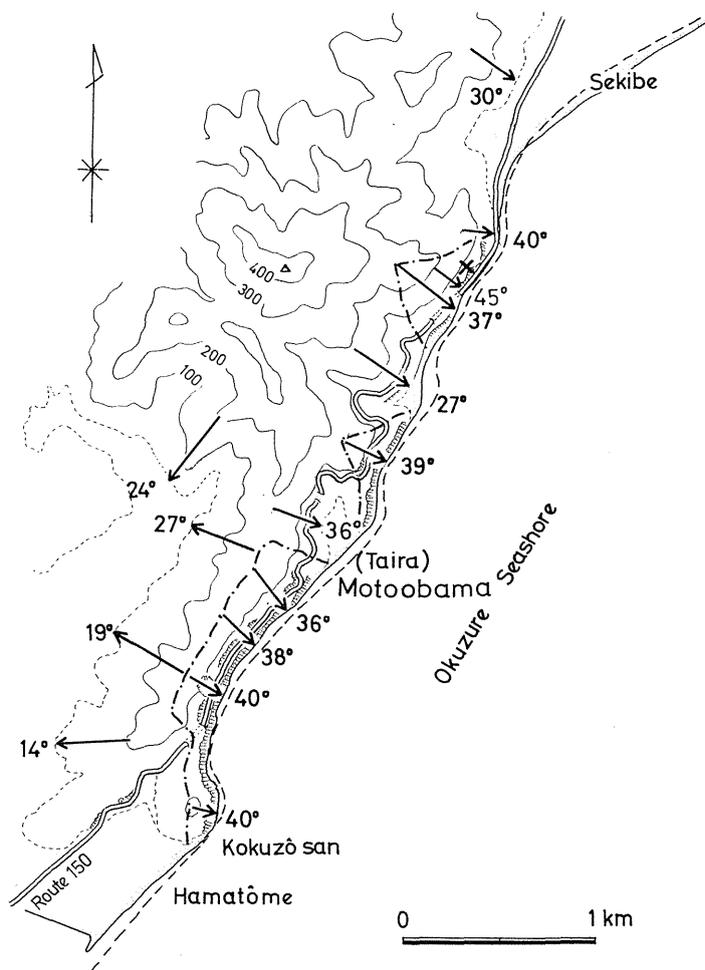
意味の海岸斜面でない  
 ので削除 ]、7箇  
 所の平均傾斜は  $39^\circ$   
 となり、一般に急斜  
 面である。また、第  
 4図の傾斜角計測箇  
 所を調べると、斜面  
 は海岸線附近で、し  
 ばしば高さ  $50 \sim 100$   
 m、傾斜角  $50 \sim 90^\circ$

の波食崖を形成し、海岸斜面  
 の平均勾配より大となってい  
 る。これに対して陸側斜面は  
 計測値が少ないが、最大  $27^\circ$   
 最少  $14^\circ$ 、4箇所の平均は  $21^\circ$   
 であって、海岸斜面に比べて  
 かなり緩斜面となっていて、  
 まれに小規模の表土滑落がみ  
 られるだけで、地山の斜面は  
 一応安定しているものと考え  
 られる。

第4図中に鎖線で示すよう  
 に、崩壊現場附近および元小  
 浜(平)北部には高さそれぞれ  
 約  $280\text{ m}$  および約  $180\text{ m}$  の三  
 角形の斜面がある。これは元  
 来海岸線にほぼ直角方向(東  
 南東)に伸びていた尾根が海  
 岸線附近の波食と、続いて起  
 こる上部斜面の崩壊とを繰返  
 して、海岸線が後退してでき  
 たものである。また元小浜一  
 虚空蔵山間の海岸線は海岸線  
 にほぼ平行な山稜が同じよう



第3図 崩壊地点附近の地形ブロックダイグラム  
 断面線の位置は第2図参照。崩壊発生地点は e-e' 断面上。山麓沿いの平行な  
 2点線は国道150号。



第4図 大崩海岸の海岸線の変化と斜面の傾斜角

点線は1889年測量になる2万分の1地形図「宇津谷峠」にもとづいて画いた  
 海岸線である。×印は1971年7月5日の崩壊地点。鎖線で囲まれた区域は  
 海岸侵食および崩壊の発生の著しい箇所である。

に侵食が進んで海岸線が後退したものと考えられる。従って陸側における沖積地と山地との境界線がかなり複雑な曲線を描くに対し、大崩海岸線は一般に単調な様相を呈している。

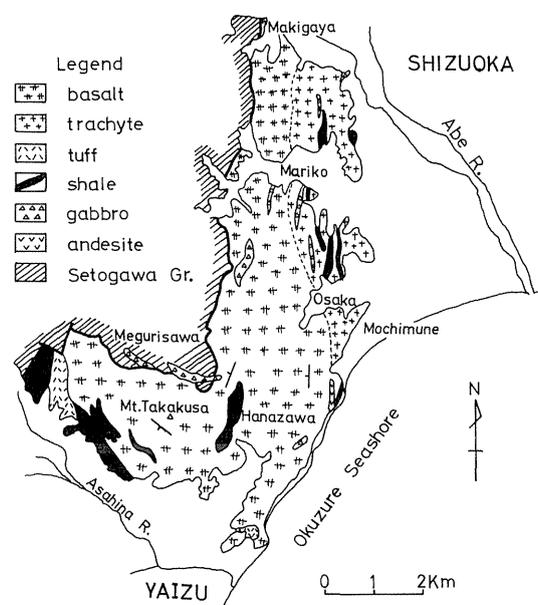
以上のように海側斜面は陸側斜面と地形的に特徴を異にしている。この地形の違いが生じたのは大崩海岸において海岸侵食が極めて旺盛であることに起因していることは明らかであり、従って、現在の海岸斜面は決して安定なものではなく、今後も海岸線に沿う削はくと斜面の崩壊が続くことが予想される。仮に人工的に擁壁等を設けて海岸線に沿う侵食をくい止めることができても、海岸擁壁より高処に続く不安定な急斜面は、適切な防災対策を講じない限り、その崩壊を避けることはできない。このような崩壊は海側斜面（海食崖）が安定勾配へ移行しようとする侵食過程の一断面を示しているものであり、地山の一応の安定勾配の $20\sim 26^\circ$ に近付くまで、今後も崩壊を繰返すことが考えられる。

崩壊発生日点附近の地形は第2図および第3図 e - e' 断面に示すように、第五洞門附近において斜面の傾斜は最大となり、海拔 $20m\sim 100m$ の間で最大勾配 $85^\circ$ 、最小勾配 $72^\circ$ 、平均勾配 $74^\circ$ 、標高差 $70\sim 80m$ 、長さ約 $100m$ の懸崖を形成している。今回の崩壊はこの急崖のほぼ中央上部の海拔 $50\sim 99m$ 、幅約 $26m$ の部分が崩落したのである（第2図）。崩壊前の斜面を復元すると、その斜面の傾斜角は約 $72^\circ$ と推定される（第2および第8図）。要するに今回の崩壊は傾斜角が $70^\circ$ を越える急崖に発生していることが一つの特徴であり、従って地形的特質（要素）は今回の崩壊における重大な要因の一つであるということができよう。

#### 4. B 地質および地質構造

大崩海岸の地質：大崩海岸地域は第5図に示すように、主として海底噴火による溶岩、火山碎屑岩からなり、これらを安山岩、ハンレイ岩などの岩脈・岩床が貫いている。これら一連の火成活動の所産は竜爪層群と命名、その地質時代は新第三紀中新世前期とされている。竜爪層群の分布は北北東に細長く伸び、山梨県南西部に達する。同層群はその西側に十枚山構造線、東側に糸魚川－静岡構造線を介して、それぞれ古第三紀始新世～漸新世と考えられている瀬戸川層群および中新世中期とされている静岡層群と接している。

竜爪層群は牧ヶ谷－丸子－花沢間では、ほぼ南北の走向をもち、西に $5\sim 30^\circ$ の角度で傾斜する。一方高草山周辺では同層群は一般に $N 60^\circ W$ の走向を示し、北東または南西に $50^\circ$ 内外の角度で急傾斜する。上記の両地区は異なった地質構造を示すので、断層で分断されている可能性がある。



第5図 大崩海岸周辺地質略図  
 鮫島(1967)を一部加筆修正

崩壊地附近の地質：第2図に示す範囲では、竜爪層群に属するアルカリ玄武岩溶岩が主体をなし、数枚の薄い黒色頁岩および凝灰岩をはさむほか、ハンレイ岩の岩脈がみとめられる。急斜面のために一般に山腹や尾根を覆う表土は薄く、随所に風化の進んだ亀裂に富む玄武岩が露出している。急崖下の緩斜面は風化岩盤が露出することがあるが、一般に崖錐からなり、国道はこの附近では、主に崖錐とその下位の風化岩盤の境界附近を切開いたり、貫いて建設されている。

海底は第2,3図に示すように、海深3mまでは極めて平坦であり、-2~-5mに多少急斜面が認められ、以深は再び緩斜面になっている。-2~-3mの等深線に沿って岩礁が点在している。海上橋計画調査時の試錐によれば、一般に海底の堆積物は薄く、この平坦な海底面は岩盤が波食によって形成された波食台であり、主に玄武岩溶岩および緑灰色の凝灰岩で構成されている。

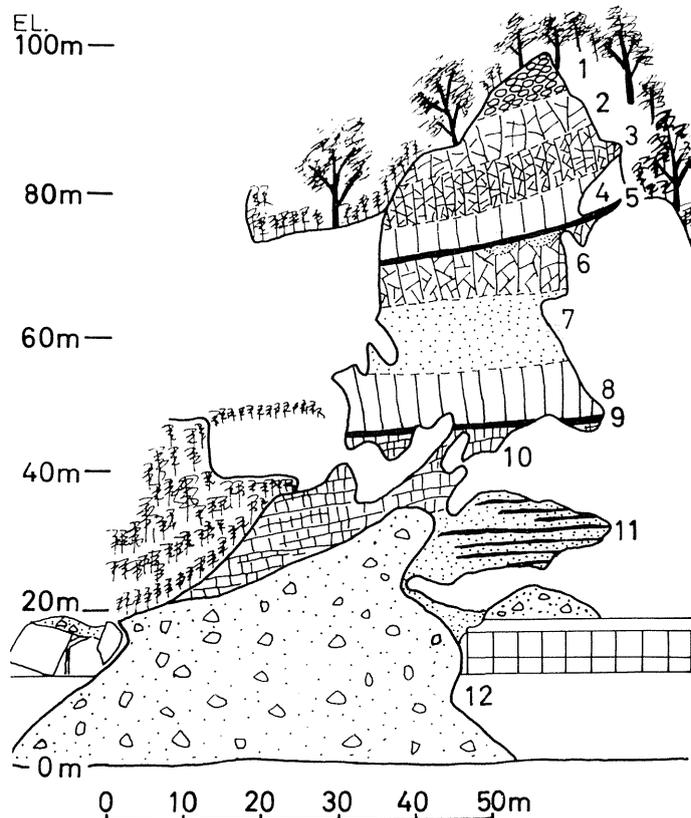
崩壊地点の地質および岩石の風化：第6,7,8図に示すように、崩壊地は主に玄武岩溶岩で構成されている。海拔70~80m、および50m附近に、溶岩の間にはさまる厚さ1m内外の黒色頁岩(図中番号5および9)を境に、便宜上、

上・中・下の3部にわけることができる。頁岩の走向はN15°Eで西に3~5°の角度で緩傾斜する。なお、今回崩壊したのは主として1~7の部分であり、この崩壊に伴って8の東延長部が崩落し、この崩落土石は11の東延長部を削り取るように崩壊させ、第五洞門静岡側残存部上に土石を堆積させた。

上部は上から(下記の番号は第6,7,8図中の番号と共通)

(1) 枕状溶岩：典型的枕状溶岩で、1つの枕の大きさは50~60cm程度。表層はかなり風化が進んでいる。枕と枕の間には粉状充填物および沸石方解石脈があり、枕と枕の固結力はやや弱い。枕を割ると放射状沸石脈が認められ、中心部は新鮮な堅硬な岩石からなる。

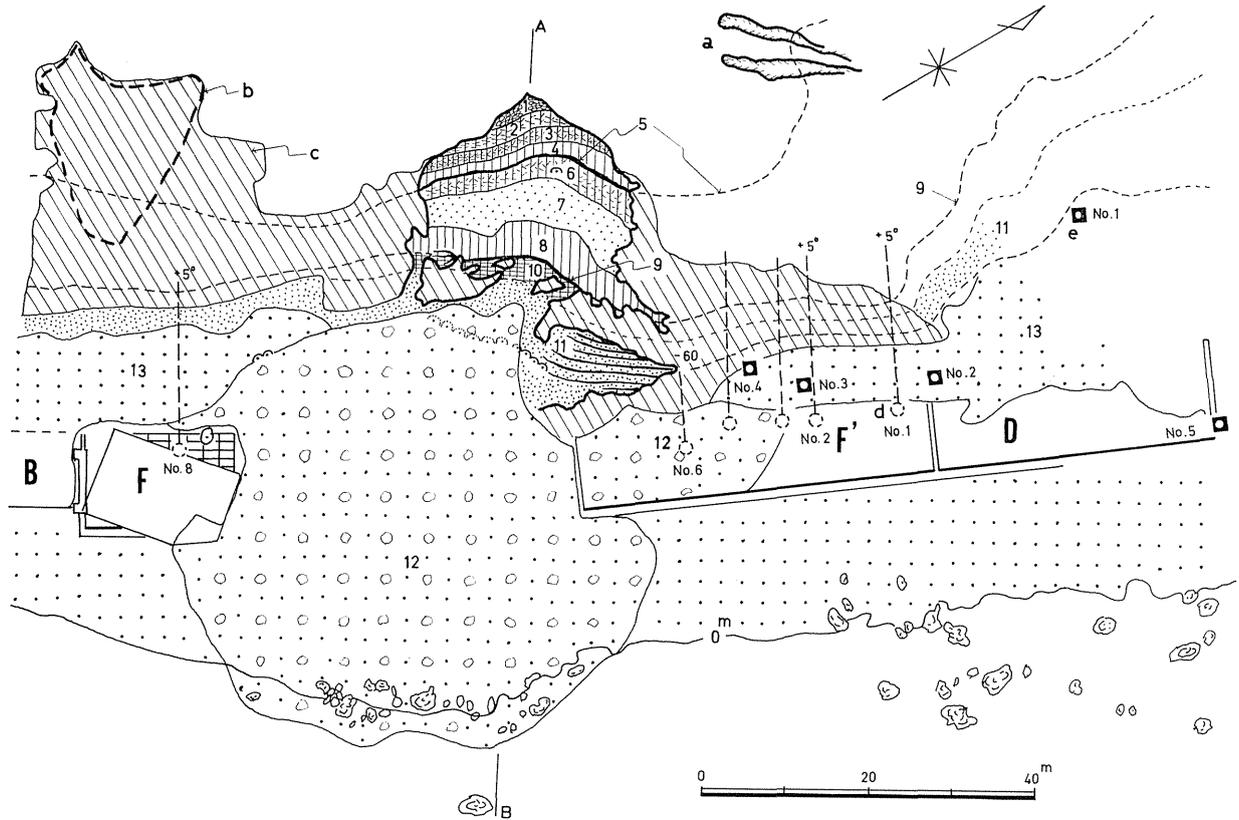
(2) 塊状溶岩：脈状沸石および気ほうを埋めた沸石が認められ、われ目沿いに風化して灰白色を呈するが、中心部の新鮮な岩石は青灰色で硬い。



第6図 崩壊箇所地質見取図

1：枕状溶岩、2：塊状溶岩、3：細片状溶岩、4：柱状溶岩、5：黒色頁岩、6：塊状溶岩、7：赤色風化溶岩、8：柱状溶岩、9：黒色頁岩、10：灰緑色風化溶岩、11：溶岩・凝灰岩・黒色頁岩互層、12：崩壊によってできた崖錐

- (3) 細片状溶岩：見掛上厚さ40～50 cm毎に層理が認められ、風化著しく、極めて細かいわれ目が無数に入っている。露頭での岩肌は一般に灰白色、岩石はやや脆弱。
- (4) 柱状溶岩：厚さ約4 m。露頭で灰白色、われ目に灰白色の鏡肌がみとめられる。沸石類は稀で岩石は硬い。地殻変動に伴う岩石変形によって生じたと思われる平行節理が発達。



第7図 崩壊箇所の地質図（平面図）

図中の1～13は第6図と同じ。a、bは以前の崩壊箇所、c：コンクリートを吹付けた急崖、d：試錐位置および方向・深度、道路面で実施、e：地震計設置地点、○印は地下水湧出箇所、B：第一洞門、D：第三洞門、F-F'：第五洞門、太線で囲んだ部分が今回の崩壊箇所

中部は上から

- (5) 黒色頁岩：厚さ1 m弱。層理面明瞭、縦のわれ目は少ない。黒色、緻密、堅硬。
- (6) 塊状溶岩：かなり風化を受け灰黄色、硬度はやや低く、気ほうを埋める沸石に富み、われ目も多い。上部には起伏面が認められ、この凹部は赤褐色の凝灰質砂岩が堆積している。
- (7) 赤色風化溶岩：風化がかなり著しく進み、われ目沿いは赤褐色、中心部は灰黄色。沸石で埋められた気ほうが顕著で、われ目もやや多い。岩石の硬度は一般に低い。
- (8) 柱状溶岩：見掛上柱状を呈する溶岩で、われ目沿いに鏡肌が見られることがあり、灰白色を呈する。新鮮な岩石は青灰色、気ほうは沸石で埋められている。この溶岩は一般に風化の程度が低く、岩石が堅硬なため、この溶岩は今回ほとんど崩壊せず、これより上位の赤色風化溶岩から上の部分が主に崩落している。

下部は

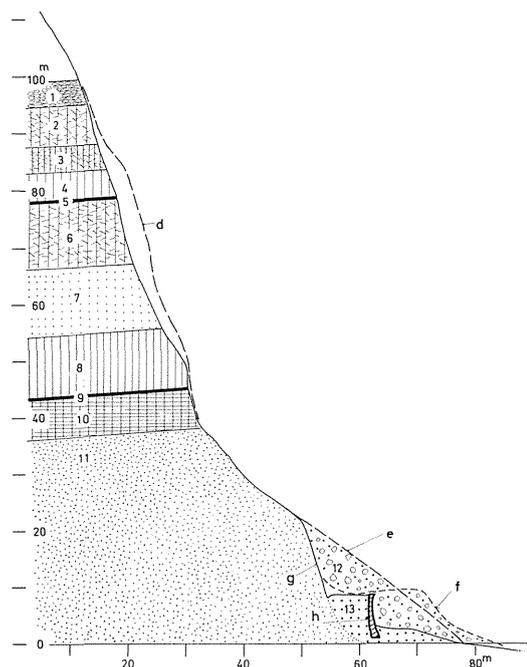
- (9) 黒色頁岩：厚さ 1 m 内外、われ目が多く、風化が進み、硬度もやや低い。
- (10) 灰緑色風化溶岩：脈状・網状・滴状・沸石に富む。このため岩石の硬度は著しく低く、われ目も多く、大塊を採集できない。
- (11) 溶岩・凝灰岩・黒色頁岩互層：風化著しく、細片状にわれる。硬度はかなり低い。

上述のように崩壊は崖を構成する岩石の性質、とくにその風化の程度に深い関係があることがわかる。つまり、風化が著しく進み、赤褐色を呈し、沸石に富み、岩石硬度の低い第7層と、その上位の一般に風化が進み、われ目の多い部分が崩壊し、風化が比較的進んでいない堅固な第8層が支持岩盤となって、その下位の各層が崩壊を免れたといえる。いいかえれば、風化して脆弱化した第7層およびその上位層に今回の崩壊の重要な素因の一つを求めることができる。

第7図に示す地点で行なわれた水抜き試錐のコアの観察によれば、地表面から5～6 mの深さまでは、岩石のわれ目に沿って多少とも風化が

認められる。われ目は主に方解石および沸石脈に沿って生じている。沸石脈をはさみ、岩石がほとんど風化していない試錐コアを水に浸しておくと、1～2週間を経ると沸石脈に沿って微細なわれ目を生じ、3～4週間経過するとわれ目は開いて、手で容易に破断することができる。

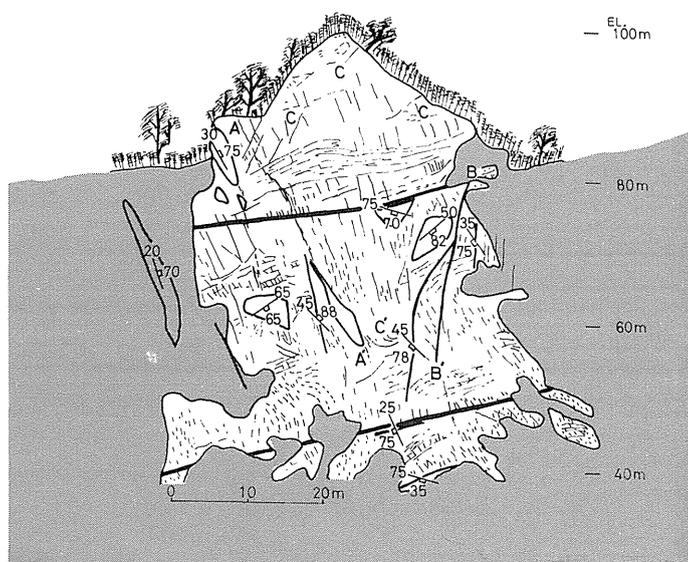
上述したように、崩壊現場の岩壁を構成する玄武岩溶岩や火山碎屑岩には一部を除きほとんど全体にわたり、かなり高い密度で沸石・方解石脈が走っているため、とくに地表に近い箇所では、この脈に沿ってわれ目が開き、岩石の風化を促進させ、岩片間の結合力を低下させ、岩盤としての強度を下げ、次第に脆弱なものにしている。この沸石・方解石脈は今回の崩壊ばかりでなく、大崩海岸の各所で起こっている崩壊の重要な素因の一つと考えられる。



第8図 崩壊箇所の地質断面図

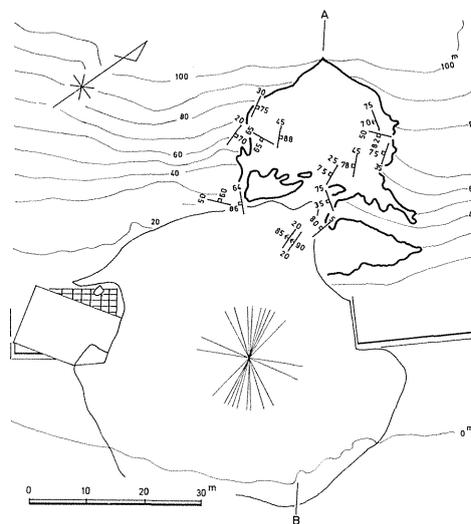
- 1, 2, ..., 13は第6図の地質を示す番号と同じ。
- d：崩壊前の推定斜面
- e：崩壊直後の崩壊土石堆積面
- f：埋没車救出後の地表面
- g：崩壊前の地表面
- h：海岸擁壁

崩壊地点の地質構造および岩石のわれ目：崩壊地点の岩壁にみられる数枚の黒色頁岩はほぼ平行に横たわり、その走向はN 15°Eで西に3～5°緩やかに傾斜している。従って、この付近では凝灰岩や頁岩をはさむ玄武岩溶岩層は比較的単純な構造をなしているものと考えられる。しかし、崩壊地点の東・西両側には1～2 Km以内の近距離に、糸魚川－静岡構造線および十枚山構造線がほぼ南北に走ることが予想され、また崩壊現場にはN 20°W、85°W：N 20°W、90°：N 75°W、70°Sなど水平横ずれ断層や次に述べるわれ目（節理・亀裂）がかなり高い頻度で発達するので、見掛は単純な構造を示すが、実際には竜爪層群全体として構造線の運動に伴って生じた引ずり褶曲やせん断破壊によってじょう乱を受けているものと考えられる。



第9図 崩壊箇所が発達するわれ目

30— $\frac{65}{\text{---}}$ — : われ目の走向傾斜、太横線は第6.7.8図における第5および第9黒色頁岩層、網目の部分はコンクリート吹付けの部分



第10図 崩壊箇所の小断層およびわれ目

20— $\frac{50}{\text{---}}$ — われ目の走向傾斜、 $\text{---}$  断層の走向傾斜、A—Bは第11図の断面図の位置を示す、放射状線はわれ目の走向を示す。

崩壊現場の岩石のわれ目は第9. 10. 11図に示すように、かなり高い頻度で発達している。われ目の頻度は岩石の種類、いかえれば層準によって異なるが、その方向は岩石の種類（層準）によらずほぼ一定で、次の3方向にまとめることができる。

すなわち、

- (1) NNW—SSEの走向で、70°以上の角度で東傾斜するもの。
- (2) 同じ走向で、70°以上の角度で西傾斜するもの。
- (3) N 50～65°E走向で、南へ傾斜するものである。

第9図は主なわれ目の方向とその位置を示したものであるが、ここに記入していない細かいわれ目は、上記の3方向にほとんど平行なものである。

今回の崩壊は第9図のA—A'、B—B'、C—C'（C—C'は紙面にほぼ平行で手前に急斜する滑落面）のわれ目およびA'—B'で囲まれた部分が抜け落ちている。これらのわれ目の方向

はそれぞれ、前記の(1)、(2)および(3)の方向に相当する。

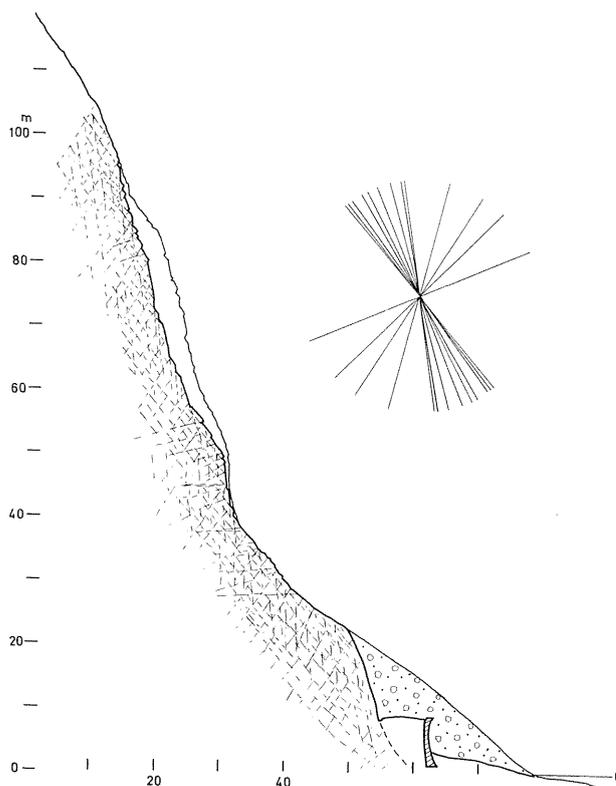
これらのわれ目のうち(1)の方向のわれ目をもっとも出現頻度が高く、しばしば数cm～十数cm間隔の平行われ目を見ることができる。

層準別にわれ目の頻度をみると、枕状溶岩・塊状～柱状溶岩(第1,2,4,6,8の各層)は比較的われ目が少なく、幅1mあたりに出現するわれ目の数は0～4本であるが、細片状溶岩、灰緑色風化溶岩、および溶岩・凝灰岩・黒色頁岩互層(第3,10,11の各層)は一般にわれ目が多く、1m当たり4～10本ときには10本以上に及ぶことがある。第7層の赤色風化溶岩は一般に粘土化が進んでいるので見掛け上われ目がみとめにくいところがある。なお、われ目は第8層のものを除き、一般に開いているものが多く、前述の試錐においても深度5～6mまではその傾向が認められるものと、われ目の中に岩石が風化してできた粘土をはさむものが認められている。

以上のように、崩壊地点は二つの構造線の間位置するのでじょう乱を受けていることが予想されるが、事実、岩層は見掛上単純な構造を示すが、岩盤にわれ目が多く、水平横ずれ断層が発達し、じょう乱を受けている。このため岩盤の強度が、われ目に沿う風化の進行に伴って急速に低下することが考えられ、これが今回の崩壊発生的重要原因をなしているものとみられる。

#### 4.C 降雨量と地下水

第12図に示すように、災害が発生した1971年の月別降水量を、過去20年間の平均月別降水量と比べると、1～5月はほぼ平年並みであるが、6月のそれは20年平均降水量のわずか1/3の112.0mmにすぎない。つまり崩壊前1ヶ月は全体としてかなり地山が乾燥状態にあったということが推定できる。



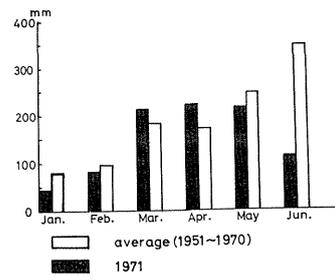
第11図 崩壊箇所の断面におけるわれ目系  
断面図の位置は第7図、第10図中のA-B線上。空間に画いた放射線は本断面におけるわれ目の見掛の傾斜を示したものである。断面図のわれ目はこれにもとづいて描いたものである。

第13図の災害発生前約1ヶ月間の日別降雨量をみると6月27日頃までの3週間に、日雨量が5mmを越えたのはわずか2日間(合計約15mm)、1~5mmは6日間(合計約13mm)、降雨0は10日間であった。このような乾燥状態のため、表土および風化帯中のわれ目に沿う粘土鉱物は乾燥収縮し、われ目は開き、岩片間の結合力が低下し、内部摩さつ力を低下させ、6月28日から続いた降雨の侵入を容易にさせている。

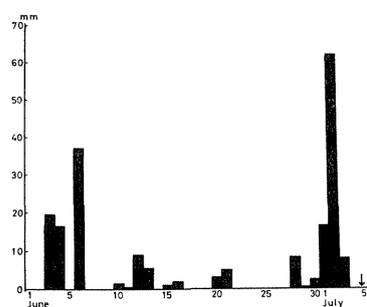
6月28日から7月3日まで続いた降雨は約97mmであったが、地山が乾燥していたため、われ目を伝って効率よく表土および岩石風化帯、岩盤の間に供給され、地下水流は揚圧力を生じ、われ目中の細粒砂やシルト粒子を流失させ、風化物質の凝集力および内部摩さつ係数を低下させ、地山の自重・間隙水圧を加速度的に増大させ、大規模な崩壊をひき起こす主要な誘因になったと考えられる。

#### 4.D 地震動およびその他の振動

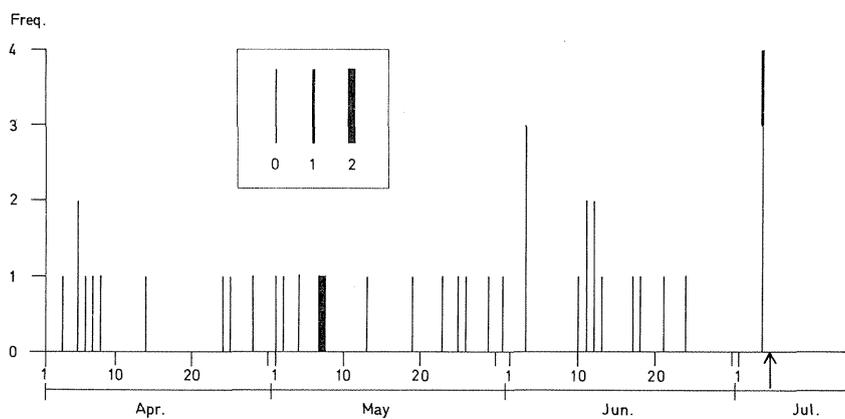
第14図は静岡地方気象台において観測された地震記録にもとづいて作製した、1971年4月から崩壊発生日の同年7月5日までの日別地震発生頻度・震度階図である。この記録によると、崩壊発生前約2ヶ月前の5月7日22時頃、中央気象台震度階(1949)で震度Ⅱ：軽震、崩壊発生前約14時間前(7月4日18時頃)震度Ⅰ：微震が記録されたほかは、すべて震度0：無感の地震が散発的に発生している。今回崩壊した地塊が大局的にみれば、安定平衡から不安定平衡へ、不安定平衡から準安定平衡へと反復しながら次第に不安定の度を高めていた段階で、上記の5月7日ならびに7月4日の地震動が崩壊が起きようとしている地塊に何らの影響も与えなかったとは断定し難いが、一般に地震によって発生したといわれている山崩れは、地震の発生時または直後に起こるといわれているので、とくに7月4日の地震は直接崩壊を起こさせた誘因とは考え難い。



第12図 静岡における過去20年平均月別降雨量と1971年月別降雨量との比較 (静岡地方気象台資料より)



第13図 静岡における災害発生前約1ヶ月の日別降雨量、矢印は崩壊発生日



第14図 崩壊発生前3ヶ月の地震記録 (静岡地方気象台資料より)  
0:気象庁の震度階の震度0(無感)、1:同、震度Ⅰ(微震)、2:同、震度Ⅱ(軽震)の地震。縦軸は地震発生回数、矢印は崩壊発生日

崩壊発生の一因として、崩壊地の地下内部を通る東海道本線の列車や、国道を通行する大型トラックがひき起こす振動が考えられるのではないかとということで、静岡県静岡土木事務所が調査会社に依頼して、崩壊箇所およびその近接地点(40~50m)に地震計を設置し、振動を記録した。その結果は表1の通りであって、滑落崖における列車振動の最大変位は概略2 $\mu$ 、加速度は0.8 gal未満と考えられた。

また大型ダンプトラックによる振動もこれとほぼ同程度であると考えられた。結局、列車振動および大型トラックによる振動は気象庁の地震の震度階で震度0(地震計にのみ記録され、人体には無感)の震度であり、また変位については、通行車輛の多い所で観測される振動(2 $\mu$ を超えることも多い)と同程度あるいは以下である。調査者はこの観測結果からみる限りでは列車振動が崩壊発生の直接的な原因、あるいは、崩壊の発生を促進する原因には、ほとんどなり得ないものと結論している。

表-1 列車・車輛の震動測定の結果(地震計設置地点は第7図に示す)

(静岡県:1972)

記録 №	観測点 №	最大速度 (Kein)	最大加速度 (gal)	最大変位 ( $\mu$ )	周波数 領域
記録 № 1 東海道本線下り客 車通過時の振動 記録	№ 1	$7.0 \times 10^{-4}$	0.22	$2.2 \times 10^{-2}$	50 cps 前後
		$9.0 \times 10^{-4}$	0.04	0.3	7 cps "
		?	?	?	?
	№ 2	$1.4 \times 10^{-3}$	0.37	$5.1 \times 10^{-2}$	40 cps "
		$1.2 \times 10^{-3}$	0.04	0.5	5 cps "
		?	?	?	0.8 cps "
	№ 3	$2.3 \times 10^{-3}$	0.71	$7.4 \times 10^{-2}$	50 cps "
		$2 \times 10^{-3}$	0.1	0.5	7 cps "
		?	?	?	(0.8 cps ")?
	№ 4	$1.5 \times 10^{-3}$	0.42	$5.4 \times 10^{-2}$	50 cps "
		$1.6 \times 10^{-3}$	0.1	0.5	6 cps "
		?	?	?	0.8 cps "
記録 № 2 東海道本線下り貨 物列車通過時の 振動記録	№ 1	$1.04 \times 10^{-3}$	0.38	$2.8 \times 10^{-2}$	60 cps "
		$1.0 \times 10^{-3}$	0.04	0.3	7 cps "
		?	?	?	?
	№ 2	$2.4 \times 10^{-3}$	0.58	0.1	40 cps "
		$4 \times 10^{-3}$	0.2	2	5 cps "
		?	?	?	0.8 cps "
	№ 3				
	№ 4	$2.1 \times 10^{-3}$	0.78	$6.4 \times 10^{-2}$	40 cps "
$4 \times 10^{-3}$		0.2	2	4 cps "	
?		?	?	0.8 cps "	
記録 № 3 国道150号線を通 るダンプカーの 振動記録	№ 1	$1.17 \times 10^{-3}$	0.43	$3.2 \times 10^{-2}$	50 cps "
		$2 \times 10^{-3}$	0.06	1	5 cps "
		?	?	?	?
	№ 2	$1.90 \times 10^{-3}$	0.42	0.16	20~40 cps "
		$5 \times 10^{-3}$	0.2	2	5 cps "
		?	?	?	1 cps "
	№ 3				
	№ 4	$1.74 \times 10^{-3}$	0.50	$6.0 \times 10^{-2}$	50 cps "
$1.6 \times 10^{-3}$		0.1	0.7	6 cps "	
?	?	?	1 cps		

## 5. 崩壊発生の要因についての考察

今回の崩壊発生の地点は道路の高さでみると幅約 600 m、高さ約 280 m、平均傾斜約 37°、海岸から高さ 200 m までの平均傾斜 45°の三角形の急傾斜の海食崖の東端付近に位置している。大崩地域の一応の安定勾配は 20～26°と考えられるが、この三角区域はこれに比べてかなり急傾斜で、しかも海岸に沿った所では、ときには 70～80°を越え、ほとんど直立したような急崖(波食崖)が認められる。また海岸侵食もきわめて旺盛であり、第 4 図に示す平北方の三角区域および虚空蔵山東側などでは、地形図の精度の関係で正確には断定できないが、土地の人の証言も合わせて考慮すると、過去約 100 年の間に波食崖が少なくとも 10 数 m 後退したところがあることは明らかである。このような状況下にあるので、地形発達史的観点からみると、この崩壊地点付近の幅 600 m の区間ばかりでなく、第 4 図の鎖線で囲んだ区間は、海岸線に沿う岩盤や護岸工の破壊と上部に続く海食崖の崩壊が、交互に繰返すものと考えられる。仮に海岸線の維持が完全にできたとしても、斜面が安定勾配に近づくまで、道路上部の崩壊は単独で続くので、余程抜本的対策を講じない限りは(この道路は計画中の大崩バイパス完成後は国道から除外されるので、事実上このような対策は不可能に近いと考えられる)侵食という自然の一見緩慢にみえるが、巨大な力をもつ営力を完全にくい止めることはできないと考える。要するに、大崩海岸の崩壊に関しては、このような地形的素因が大きな比重をもっているものと判断される。

崩壊地の地質をみると、未風化の岩石自体は引張強度が  $128 \text{ Kg/cm}^2$  以上のものがあり(岩橋・木宮、1972b)、かなり堅固であるが、一般にわれ目が多く(幅 1 m の間に 10 数本以上の高密度に達することがある)、多くの場合われ目に沸石・方解石が沈澱し、脈状を呈し、またしばしば岩石中に不規則な網目状に入り込み、岩盤の強度を著しく低下(引張強度試験の結果、 $2 \text{ Kg/cm}^2$  以下のものが多い)させている。また主なわれ目の方向は① NNW-SSE、70～88°E、② NNW-SSE、75°W、③ N 50～65°E、60～80°S であって、①、②の系統のわれ目は崩壊地塊を両側の岩壁から分断する役目を果し、③の系統は「流れ目」となり、崩壊を容易にさせている。

崩壊跡の岩壁には明瞭な層理が認められ、便宜上 12 層に細分できるが、とくに第 7 層は風化が著しく(赤褐色に風化しているので恐らくこの溶岩噴出後に陸化・風化の時期があったのではないかと考えられる)、この層の岩石の引張強度試験の結果は試料の 50% は  $2 \text{ Kg/cm}^2$  以下、残りは  $64 \text{ Kg/cm}^2$  以下で、岩盤としての強度はさらにこれより低下しているものと考えられる。以上のように地質とくに沸石脈の存在のため、われ目が開きやすく、雨水の滲透を容易にさせ、岩石の表層風化を進行させた点、地質構造の面では二大構造線には含まれているため、一般に岩盤がじょう乱され、われ目に富み岩盤が全体として脆弱化している点が崩壊の重要な素因に加えられるものと考えられる。

沸石類とくに濁沸石は空気に触れると脱水し、粉末になる性質があり、比較的新鮮な岩石試料も浸水・乾燥を繰返すと、1～2 週間で沸石脈のところで開口き裂が生じ、多少風化の進んだ試料は水中で自然崩壊することがある。この結果から、岩石中の沸石脈の存否、沸石脈の密度は岩石の風

化速度に大きな影響を与え、ひいては岩盤の強度に大きく関係してくる。

列車および重量車輛に伴う振動は上述のように、崩壊発生の直接の誘因、あるいは崩壊を発生させる促進剤の働きをしたとはほとんど考えられない。また、崩壊約 14 時間前の地震（気象庁震度階の震度 I）の影響が皆無とは断定できないが、これが崩壊発生の直接の誘因になったとは考え難い。

今回の崩壊前 6 日間（6 月 28 日～7 月 3 日）に合計 97 mm の降雨があったが、これは過去の崩壊と雨量との関係（木宮、1972）と比較すると決して大きな降雨量とはいえない。したがって今回の崩壊は、前述のように、降雨と乾燥が反復したために、沸石類をはさんだわれ目が開き、風化を促進させたと同時に、直接には今回は乾期に続いた降水を効果的に表土や風化岩盤に受け入れ、その結果、岩石や風化して生じた粘土質の部分の結合力、凝集力を弱め、内部摩さつ力を低下させ、静水圧・間隙水圧・自重を上昇させて崩壊に導いたものと考えられる。要するに、地形・地質・構造・岩石の物性・気象等の諸要因によって、岩盤が次第に不安定平衡へ向い、7 月当初の降雨による地下水の影響が直接の誘因になって今回の崩壊をひき起こしたものと考えられる。

## 6. 防 災 上 の 問 題

崩壊の直接の誘因となる気象現象を自由に制御すること、および稀に誘因となる地震現象を人間の力でくい止めることはほとんど不可能である。また、地形発達史的・岩石風化上の見地から、安定へ向って行こうとする侵食という自然現象を完全に阻止することも莫大な経費と労力を要するので、はなはだ困難である。したがって、現在計画中の大崩バイパス道路をなるべくすみやかに開通させ、海岸道路を廃止するか、地元民の生活権を考慮して、通行車種を制限するなどして、通行車輛の絶対量を大幅に減少させることが最もよい方法だと考える。なお今後の問題としては、岩石の風化速度、斜面の安定計算、雨量と崩壊との相関関係の確立等が挙げられ、これらの調査研究が大崩海岸の災害予測に重要な手掛りとなると考えられるが、当面の問題としては、第 4 図の鎖線で示した範囲はとくに今後も危険地として残されるので、降雨時の監視に十分な注意をはらわなければならないと考える。できれば、適切な崩壊防止対策を講ずべきではないだろうか。

## 文 献

- 岩橋 徹・木宮一邦（1972 a）：大崩海岸道路における最近の大崩壊について、静大教育研報（自然科学），(22)， 15～28
- 岩橋 徹・木宮一邦（1972 b）：国道 150 号大崩海岸における最近の崩災について、中部地区における自然災害の実態と予測に関する総合研究、第 3 回シンポジウム論文集， 67～74
- 木宮一邦（1972）：山崩れ頻発地での崩壊予知の研究—大崩地区を例として—応用地質， 13(2)， 75～90
- 木宮一邦・岩橋 徹（1972）：大崩海岸崩壊地岩石試験結果と考察、静岡大学地学研究報告， 3(1)，
- 鮫島輝彦（1967）：大崩海岸の地学案内 静岡県地学会資料(1)， 1～8