

6. 伊豆半島沖地震による地下埋設管の被害調査

木下武雄・小川信行・箕輪親宏

国立防災科学技術センター大型実験研究部

1. はじめに

近年の技術革新により管路による流体の輸送が普及した。水道管、ガス管、さらに下水道管の埋設状況は都市の文化程度の一つの尺度にさえなっている。また化学工業はじめ多くの近代工業においては原料・製品の輸送を管路による例が多い。日本は有数の地震国であって、大きな地震が発生した時にはこれらの管路網が果して安全であるか否かについては十分な検討を加えなければならない。管路のうちでも地下埋設管は周囲から土圧がかかっているという条件が地震時における振動性状を極めて複雑にしている。すなわち、地下埋設管は、地震波としても散乱・反射の影響をうける地表面直下にあること、さらに表面波の伝播する表層にあることから地震波入力が複雑であること、地表附近は盛土その他土木工事による人為的影響も著しいのでこれらの調査研究には実験的手法のみならず現地調査も大へん重要である。

国立防災科学技術センターでは、このような重要性に鑑み、昭和48年度より地下埋設管の耐震性状に関する特別研究を行ってきた。これは主として起振機、大型振動台を用いた実験的手法であるが、今年5月、たまたま南伊豆において烈しい地震が発生し各地に被害が発生したので現地調査を行なった。この地域には地下埋設管としては水道管および簡易水道管しかないが、われわれの短かい現地調査においても、地震による複雑な被害の様相が明らかになった。以下その現地調査の記録を報告する。

2. 現地調査対象区域

今回の地震により南伊豆町一帯は震度5の強震をうけ各地で山くずれ、家屋の倒壊など甚大な被害をこうむったが、水道管など地下埋設管にも多大の被害があった。

このなかで今回調査対象としたのは次の地区である。(図1参照)

- (i) 静岡県賀茂郡南伊豆町下賀茂・手石・湊地区(上水道)
- (ii) " 入間・仲木地区(簡易水道)

下賀茂地区は南伊豆町の行政および商工中心地であり、湊地区は観光地として知られており、いずれも南伊豆町では最も規模の大きな地区で世帯数も多い。これらの地区では家屋の被害は世帯数の割には著しくはなかったようであるが、下賀茂地区では落石による道路・家屋の被害が見

られた。水道管にも多くの被害があり早急に掘削・復旧がなされていたので現場調査はこれらの地区を主として行なった。なお、これらの地区は温泉地として知られており水道管以外にも温泉管が埋設されている。

入間地区は比較的新しい盛土地の上にある部落なので道路舗装にも大きくひびが入り家屋の損害が著しい。またブロック屏の倒壊も目立った。

仲木地区はすでに報じられているように、地震に伴う山くずれと火災により多くの犠牲者を出したところであり、われわれの調査の折にもいたるところにえぐられた山肌や道路にくずれ落ちた岩石など生々しい山くずれの跡が見られた。これら入間・仲木地区では簡易水道が敷設されていたが今回の地震により全面的に破損したため、応急の塩化ビニール管を路上に設置して給水を行ない被害個所の掘削は行なわれていなかった。これらについては後日、道路を掘削して水道管を敷設しなおす際に再調査する予定である。

3. 下賀茂・手石・湊地区の水道敷設状況

下賀茂・手石・湊地区の地形と上水道配管敷設状況を図4^{*}に示す。図にみるように、この地区は手石湾に注ぐ青野川に沿う狭い沖積層の谷あいには市街地・道路が走り、水道管路もこれに沿って敷設されている。水源は7井の浅井戸で青野川上流にあり、南伊豆町石井にある送水ポンプにより加納配水池、さらに手石配水池に送られている。この地域の水道管は一般に石綿セメント管で直径50mm～200mmのもので、ごく一部に塩化ビニール管、铸铁管も用いられている。継手はギボルトジョイントを用いており埋設深さは1.2m程度である。石綿セメント管は表1のように試験水圧により1種、2種があり、内径50mm～600mm、長さ3m～5mの各種のものがつくられている。製法は、石綿とセメントを重量比で1:5～1:6で混合し水を加えてスラリーとし、これをフェルトの上に薄い層に引き延ばし、圧力を加えて水をしぼり、ローラーにより巻軸上に巻きつけながら成形する。石綿の混入により強度の増加だけでなく耐酸・耐アルカリ性の増加、電気抵抗の増加、熱伝導率の減少等の利点があるため、水道管以外にも化学工場の排水管又は温水配管等にも使用されているものである。なお、管の強度試験は主に保証水圧試験および曲げ試験を抜取サンプルについて行なっている。

ギボルトジョイントは図2に示すような継手で、铸铁製のスリーブとフランジおよび水密用のゴムパッキンから成る。主に石綿セメント管の接合部に伸縮性・屈曲性をもたせるために用いられる。

4. 下賀茂・手石・湊地区水道管被害状況

被害個所は図4にみられるようにこの地区のほぼ全域に分布しており、被害数は主なものでも50以上のほろ。被害のようすは大まかに言って、管の屈曲部と一般的な埋設部にわけられ、前者では主管が水道橋を渡る部分のジョイントの引抜けとか建物に入る部分の破損等、地震動による地盤・建物の被害と直接関連する被害が多く、後者では石綿セメント管および塩化ビニール管の折れた個所が多かったが、特に石綿セメント管や铸铁製のジョイントに縦方向の亀裂の入っ

*南伊豆町水道課による「南伊豆町上水道被害箇所図」をもとに作成したものである。

ているものがかなり多くみられた。

今回の調査で明らかになった被害のようすの主なものを、羅列的に示せば図5のようになる。これらの被害状況は埋設部の地盤状況とも密接な関連をもつと思われるが詳しい検討は今後の課題である。ボーリング等、地盤調査を行なった資料は少ないようであるが一例を図3に示す。これは湊地区にある国立病院の高压酸素タンク室の建設に際して行なわれたボーリング調査で(図4●印)、手石湾に近く比較的平野部といえる地点である。

図3によれば30mぐらいまで比較的軟かい層となっているがこれは沖積層である。つまり、一口にして埋設状況をいえば、軟かく厚い(手石湾付近で30m程度の)地層が狭い谷を埋め、その山沿いに盛土の道路があり、そこに水道管が埋設してあるといえる。

被害をうけた配管の埋設位置については特に著しい傾向はない。手石湾近くの平野部や、青野川と一条川、二条川の合流点附近の平野部では破損が少なく、山が迫った地点で破損が目立っている。特に南伊豆町役場附近では集中的に被害が発生しているが、これはかん没によるジョイントの抜けや破損が多かったとのことである。しかし平野部でも青野川下流域の水田を通る部分ではかなりの被害が集中している。(第5現場の説明参照)

破損個所の方位角については地震動(あるいは断層など)と関連がありそうではあるが図2でみる限りでははっきりした傾向はない。この地域は北西部の青野川上流から南東部の手石湾に開けており、この方向は全体としては南伊豆の断層線と平行している。今後、仲木・入間地区等の水道管破損状況を調べてこれらの点を明らかにしていきたい。

配管の種別では、3で述べたように使用されている管の大部分が石綿セメント管であり、したがって破損個所も石綿セメント管が圧倒的に多いが、敷設長さに対する割合でも鉄管、塩化ビニル管に比べ石綿セメント管の被害が目立つ。塩化ビニル管では $\phi 20\text{mm} \sim \phi 40\text{mm}$ のものに引き抜け、エルボの破損等、鋼管では水道橋を渡る部分などのジョイント部の引き抜け、溶接部のはがれなどが主な被害である。石綿セメント管(およびそのジョイント)では $\phi 100\text{mm}$ 以上のものに被害が多く破損のようすも複雑である。(図5参照)

なお、以上は主として幹線の被害であるが家庭用の取水部などでは鉄管、ビニル管のジョイントの引き抜けによる被害が多数発生している。

5. 水道管の破損例

現地調査は昭和49年5月16日に行なった。時間的制約もあり次の5現場につき調べた。(現場位置は図4を参照)

第1現場は青野川の上流附近で加納配水池に近く、アスファルト道路の下に $\phi 75\text{mm}$ と $\phi 200\text{mm}$ の石綿セメント管が敷設されている。(図6) 埋土は赤色土で水を多く含んでいたとのことである。被害は、 $\phi 200\text{mm}$ の管に縦方向の亀裂が走っていた。(写真1) しかし $\phi 75\text{mm}$ の管には被害はみられなかった。

第2現場は青野川を渡る来の宮橋と並んでいる水管橋で、川を渡る $\phi 200\text{mm}$ の鋼管と埋設管のジョイント部分が抜ける被害が発生している。(図7および写真2)、南伊豆町担当者の話によれば一方の橋台が沈下しているとのことであった。

第3現場では、青野川沿いの道路に敷設されている $\phi 200\text{mm}$ の石綿セメント管に第1現場と同様の縦亀裂が入っていた。(図8)他に通常の折れ方をしているものもあった。この地点では道路にクラックが長く入っており、クラックから川よりの部分は盛土と思われる。

第4現場ではギボルトジョイントのスリーブ(鋳鉄)に縦亀裂が生じている。(図9、写真3)

第5現場は、水田の中を走る砂利道に埋設された $\phi 125\text{mm}$ と $\phi 150\text{mm}$ の石綿セメント管で(図10)この附近は被害箇所が多く、特に $\phi 125\text{mm}$ の管に縦亀裂が大きく入っていた(写真4)。この地点は低地で今までにも石綿セメント管が水撃により破損する事故が度々起っているということである。

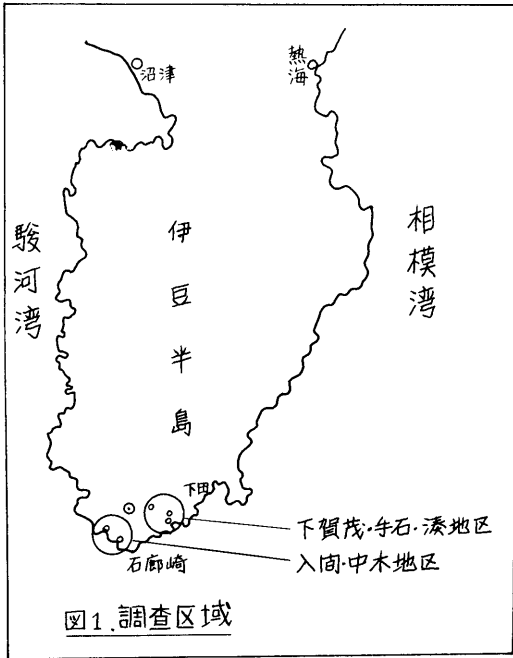
以上、いくつかの事例にもみられるように、この地区の水道管の被害は、地震動による応力集中、地盤からの強制変位などによって管が破損した場合のような一般的な被害に加えて、管又はジョイントの縦亀裂による被害が多いことが特徴である。これは大きなものでは3m~5mの石綿セメント管の全長に亘って生じている。この縦亀裂は、埋設位置で見た場合、管の上面又は側方に生じている場合が多く下面に生じた例は少ないとのことである。また、この縦亀裂は、埋設位置の道路にクラックを生じたところに多く発生している。たゞ、道路を横断しているところでは、通常の折れ方をしているものが多い。この点からいえば、縦亀裂の発生は、道路の破壊など地盤被害と密接に関連していると思われるが、一方、管には常に内部から水圧が作用しており、地震時には、外部からの振動土圧に加えて、動水圧なども考慮しなければならないと思われる。水道管は一般に静水圧(4.5~7.5kg/cm²)に、水撃などによる衝撃圧(5.5kg/cm²程度)を加えたものを設計圧力としているが、縦亀裂が水圧によるものとするれば、地震の際に管路系のどこかで設計圧力を超える動水圧が発生・伝播して管を破損させたことになる。現地では、地震以前にも、水撃による被害を経験したが、その場合、管壁の一部が吹き飛ばような破損であって、今回のような長さ3mにおよぶ縦亀裂を生じた例はないということであった。また、地震発生時、ポンプの急停止など水撃の原因になる事故もなかったとのことである。他方、管状の構造物に縦亀裂を生じたものとしては、施工中の基礎杭に、水撃による縦亀裂を生じた事故が報告されている例もある。したがって動水圧の影響があったとしても、いわゆる水撃だけで縦亀裂を生じたのではないようである。なお、同じ石綿セメント管の温泉管もこの地域にかなり敷設されているが、これについては被害も少なく縦亀裂は全くなかったということである。この温泉管は、保温のため、管の周囲に縄を巻きつけ、さらにアスファルトで固めて埋設したということであるが、他の埋設条件は水道管と大差ない。これらの点については、材料の特性や埋設条件を含めて今後の検討が必要である。

6. あとがき

今回の地震による埋設管の被害の概要は以上の通りであり、被害数・被害状況ともに多岐にわたっている。今回のわれわれの調査は南伊豆全体からみてもごく限られた地域であり、他の各地区でも多くの被害があったと報告されているようである。今回、詳しい調査のできなかった仲木・入間地区など他の地域の被害調査と合わせて、埋設管の被害の全体的な特徴を明らかにしていかなければならない。また、個々の被害例については、埋設部の地盤条件、道路の被害状況について

調査すると共に、管の材料特性や地震時動水圧の挙動も考慮して被害の原因、対策につき究明していく必要がある。

終わりに、本調査に際して現地被害個所の案内および資料の提供をしていた南伊豆町水道課の川中課長をはじめ課員の方々、また資料収集に御協力いただいた建設省沼津工事事務所および南伊豆町建設課の菊池課長をはじめ課員の方々に厚くお礼申し上げます。



内径	長さ	管厚	
		1種	2種
50mm	3m	10mm	—
75mm	3	10	—
100	3	12	10mm
125	4	14	11
150	4	16	12
200	4又は5	21	15
常用水圧		7.5 kg/cm ²	4.5 kg/cm ²
試験水圧		2.5	1.8
保証水圧		3.5	2.5

表1. 水道用石綿セメント管
(JIS-A5301より抜粋)

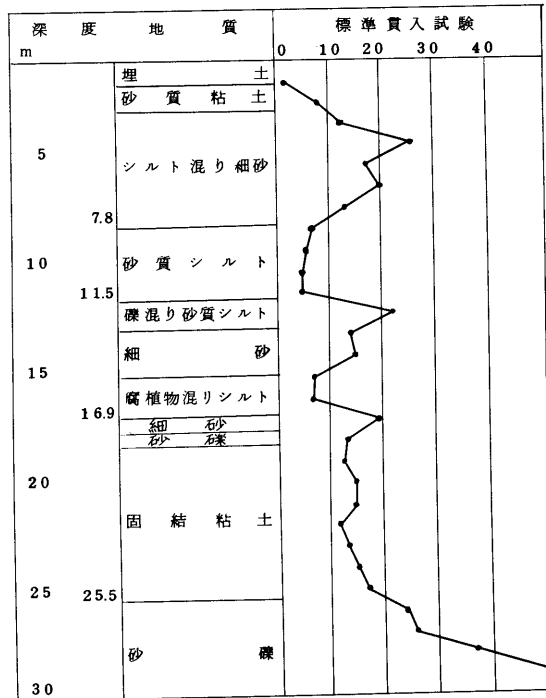
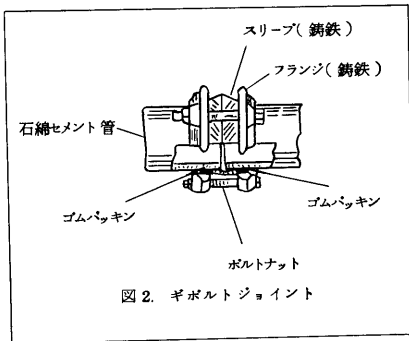
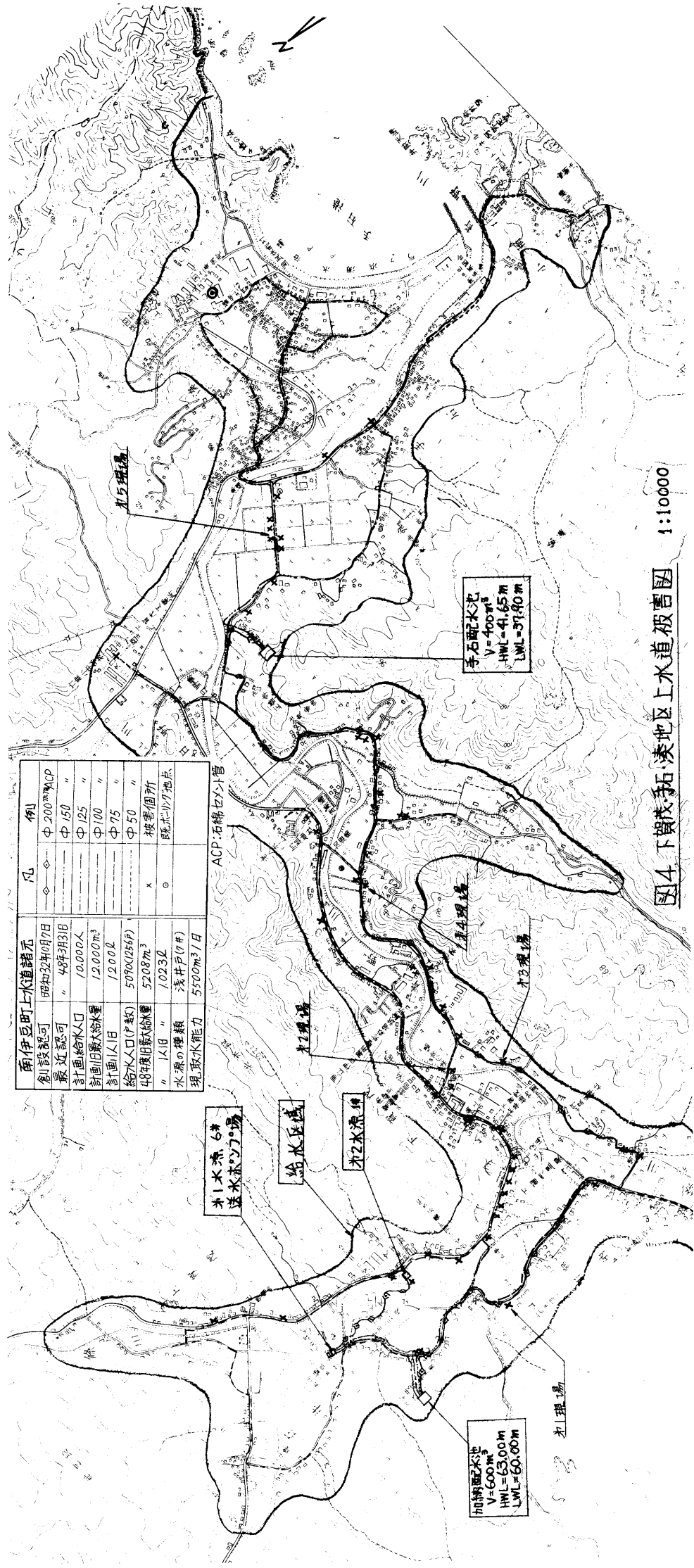


図3. ボーリング柱状図(図4の◎点)

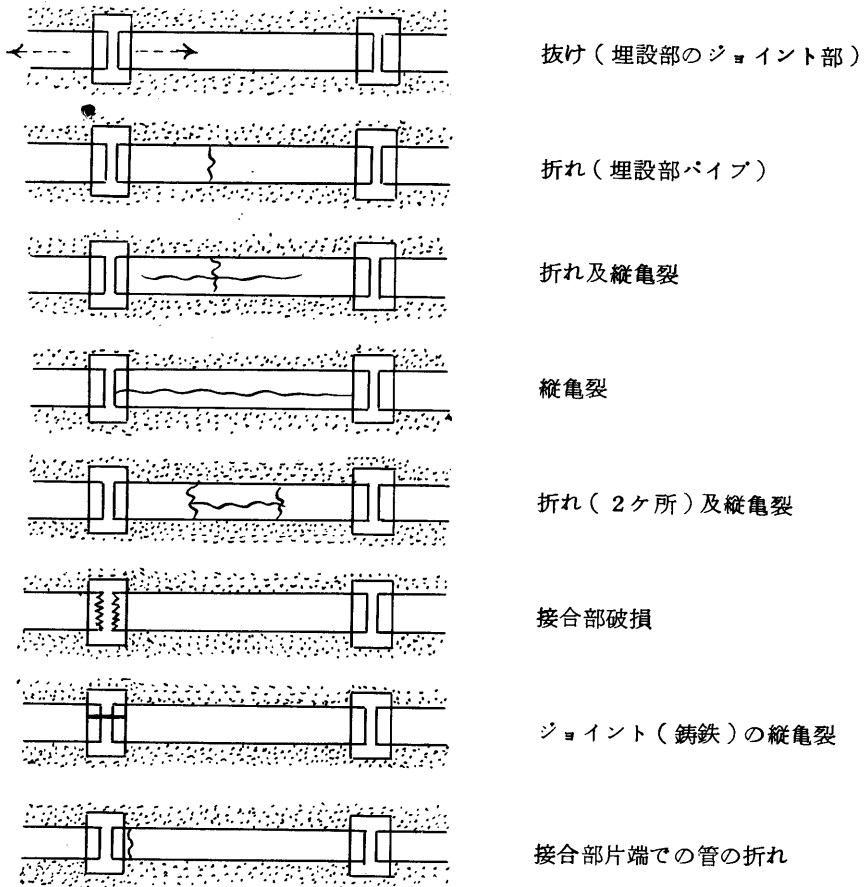


南伊豆町上水道諸示		凡	例
創設認可	昭和22年07月	◇	中 200 ^{mm} ACP
最近認可	" 48年3月3日	○	中 150 "
計画給水人口	10,000人	—	中 125 "
計画旧最大給水量	12,000 ^{m³}	—	中 100 "
計画人口(予数)	12,000	—	中 75 "
給水人口(予数)	5,000(256P)	×	被覆箇所
48年度最大給水量	5,208 ^{m³}	○	既設ポンプ場
" 人口	1,023人		
水源の種類	浅井(10#)		
現取水量	5,520 ^{m³} /日		

ACP: 石棉セメント管

図4 下賀茂新築地区上水道取書図 1:10000

一般的な埋設部



屈曲部

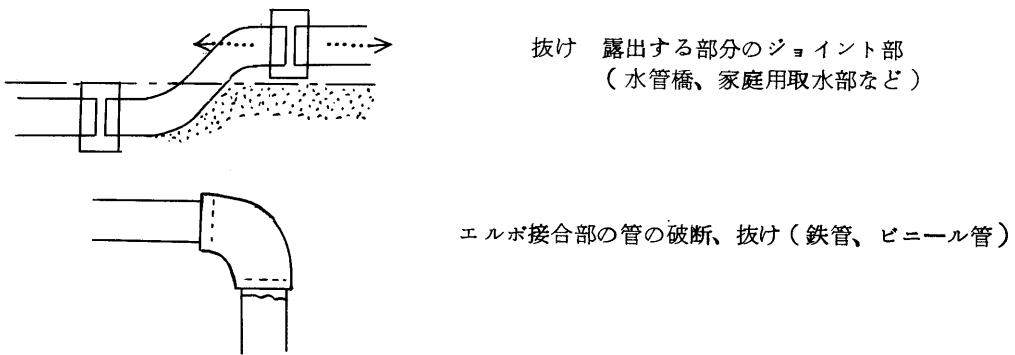


図5. 主な被害状況

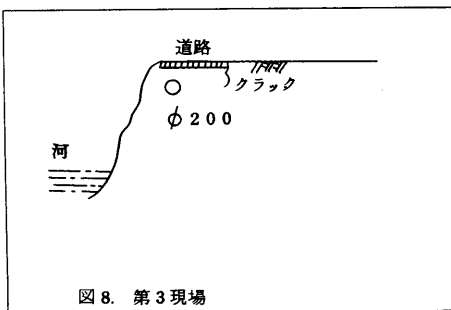
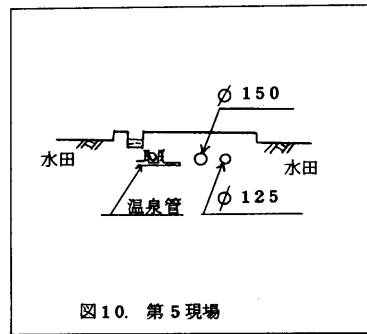
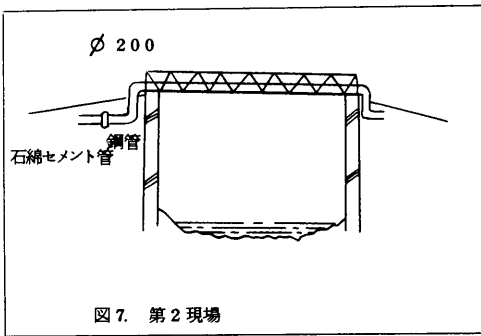
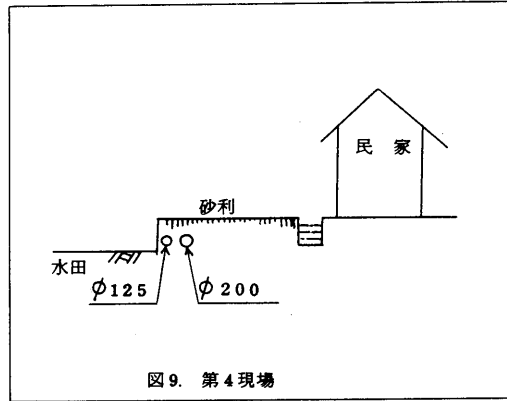
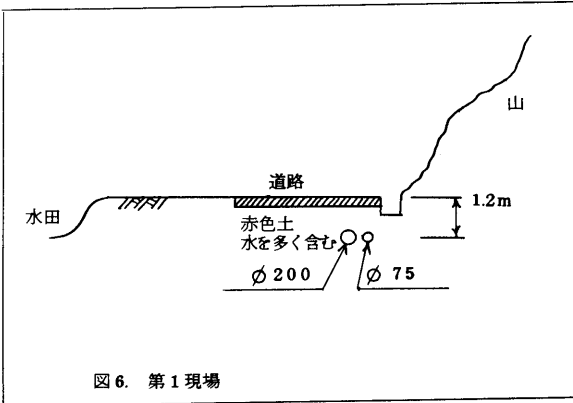




写真1. 第1現場

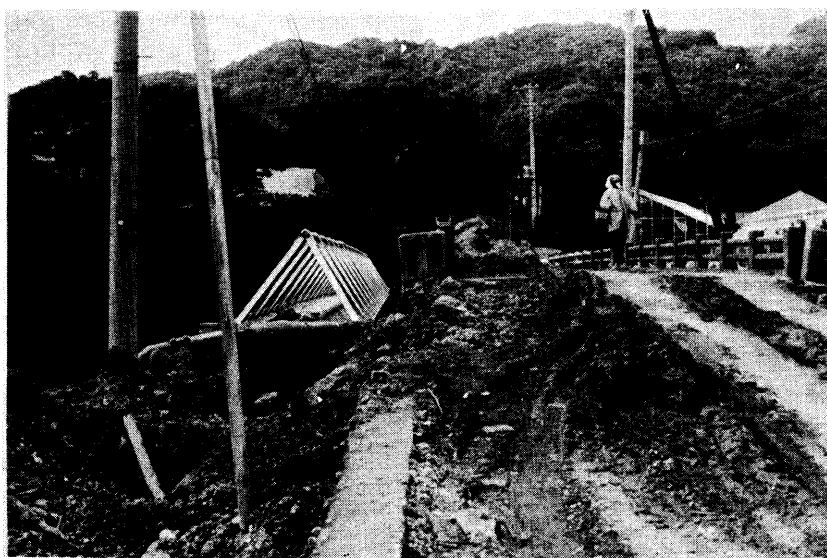


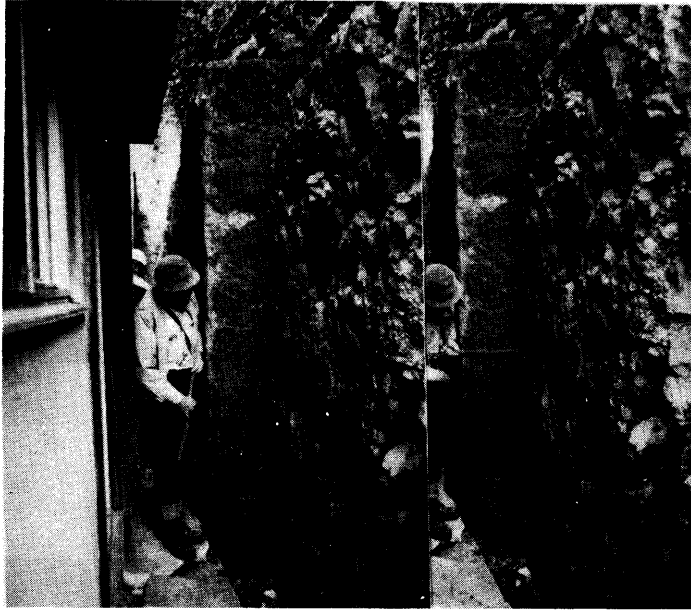
写真2. 第2現場



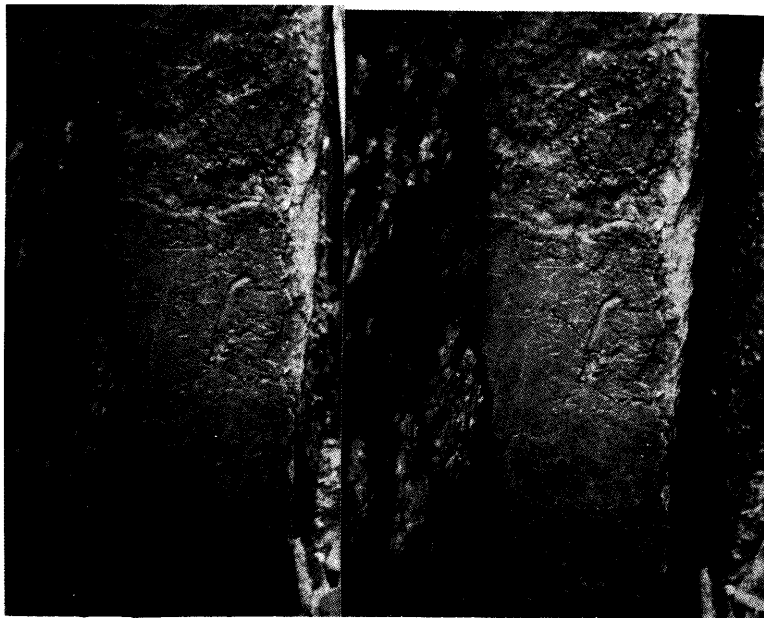
写真3. 第4現場で



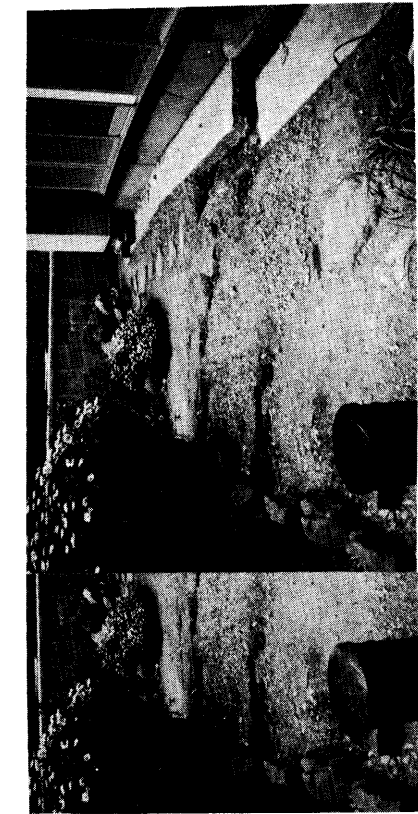
写真4. 第5現場で



写真一. 石廊崎地区稲葉幸雄氏宅裏の地震断層露头人物（地質調査所垣見俊弘氏）前の幅
30cmの面が地震時に右ずれした断層面。Loc.2



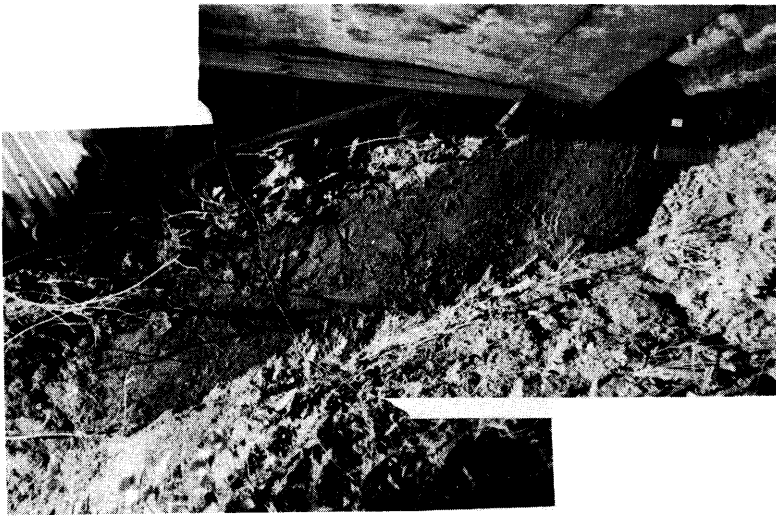
写真二. 写真一の一部で曲った条線がみとめられる。



写真一3. 石廊崎地区渡辺よねさん宅庭に入った2本の亀裂。Loc.4



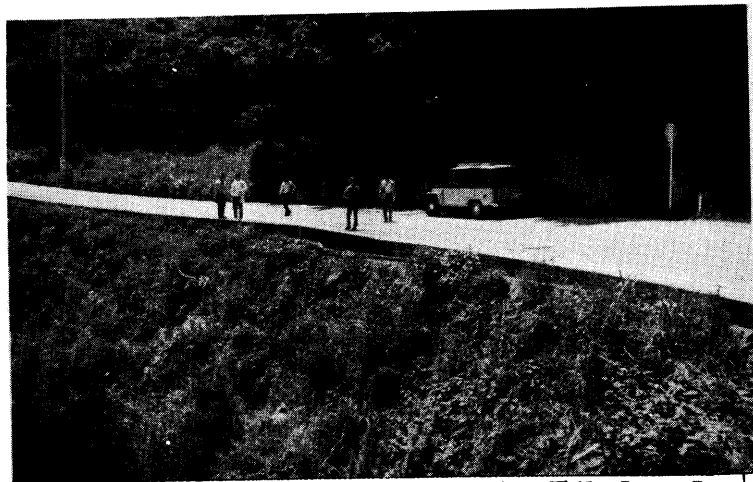
写真一4. Loc.5にみられる畠の中の開口亀裂によってうねが右ずれしている。



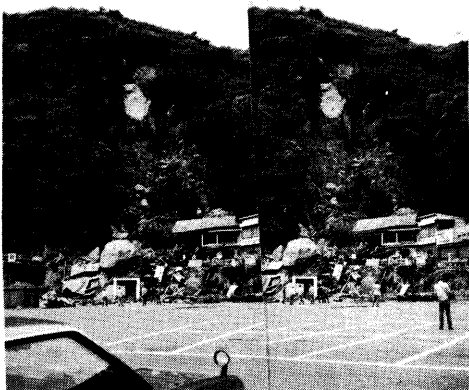
写真一5. 石廊崎地区渡辺武雄氏宅農具小屋横の断面露頭下部にはかすかに条線が認められる。Loc.6.



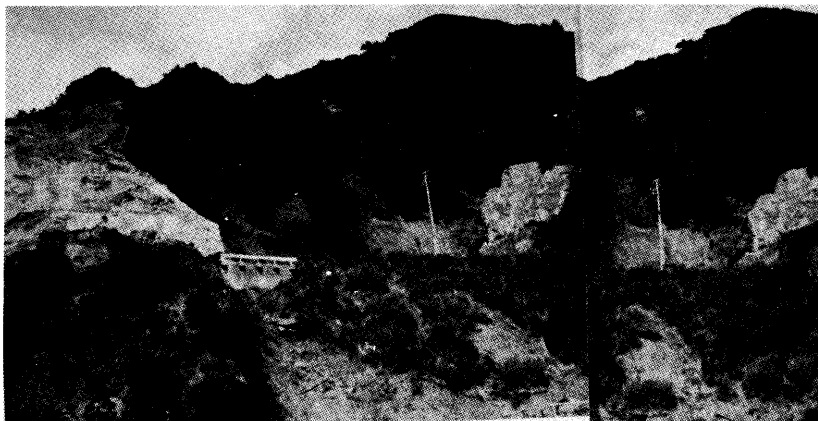
写真一七. Loc. 8の断層露頭。



写真一六. 県道石廊崎—松崎線における断層露頭。Loc. 7.



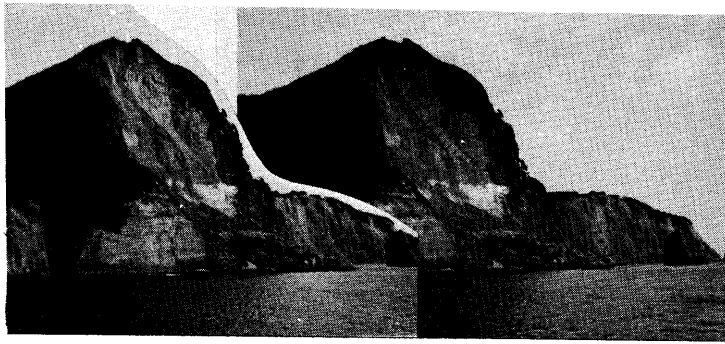
写真一八. 石廊崎地区観光船
発着所付近の崩壊。



写真一 9. 仲木北方県道石廊崎一松崎間の崩壊群。地震断層はこの屋根の背後を通っていると考えられている。



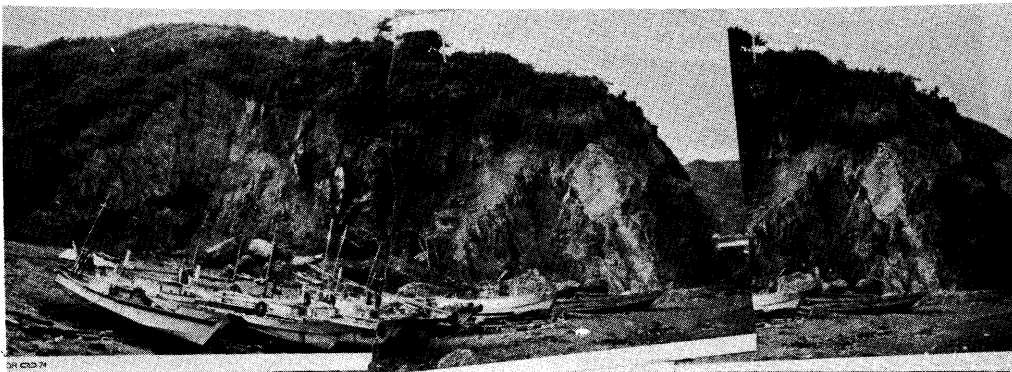
写真一 1 0. 死者・不明 2 8 名を出した仲木地区の崩壊の滑落崖より下方をみる。



写真一11. 入間地区入江東岸の大崩壊で典型的な rock slide である。主断層はこの写真範囲からはずれるが左側を通る。



写真一12. 入間地区入江西岸の巨大な落石 (rock fall)。

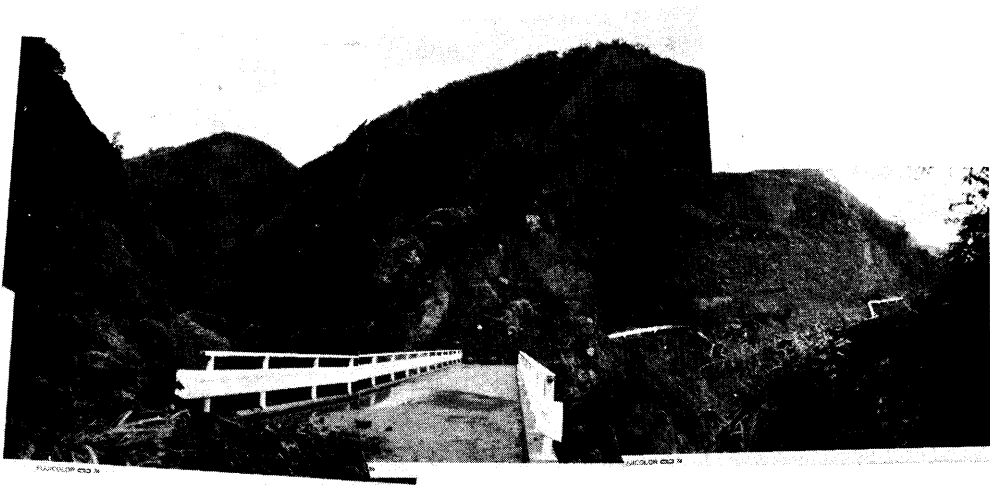


写真一13. 入間地区入江西岸の小規模な崩壊 (rock slide)。

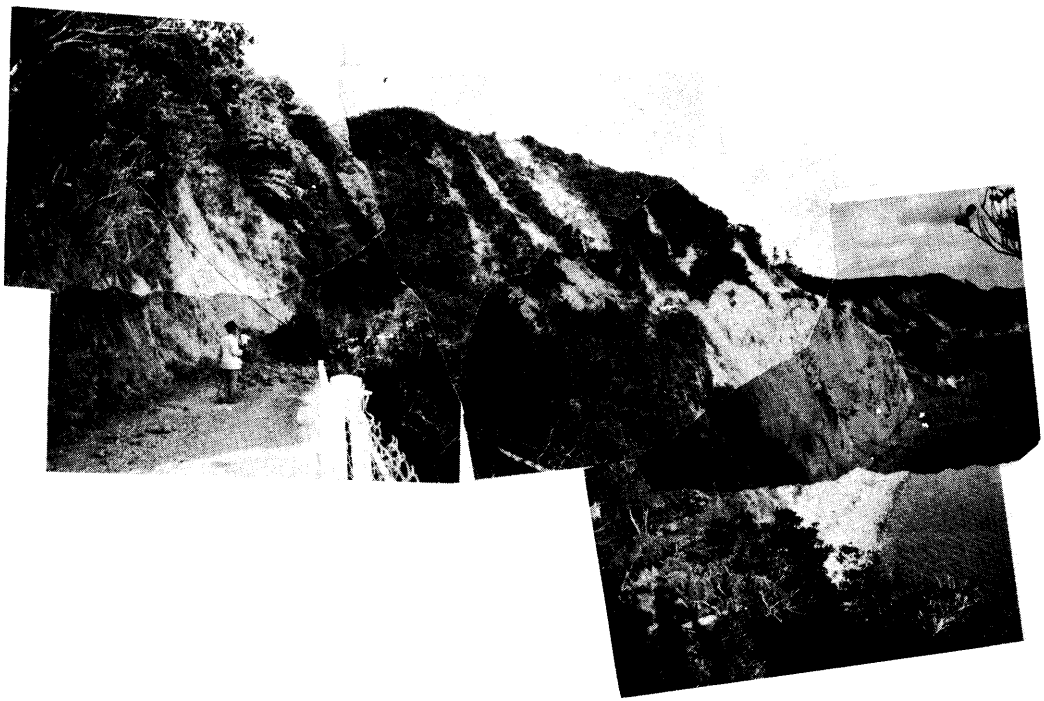
今問題になっている崩壊・亀裂群。



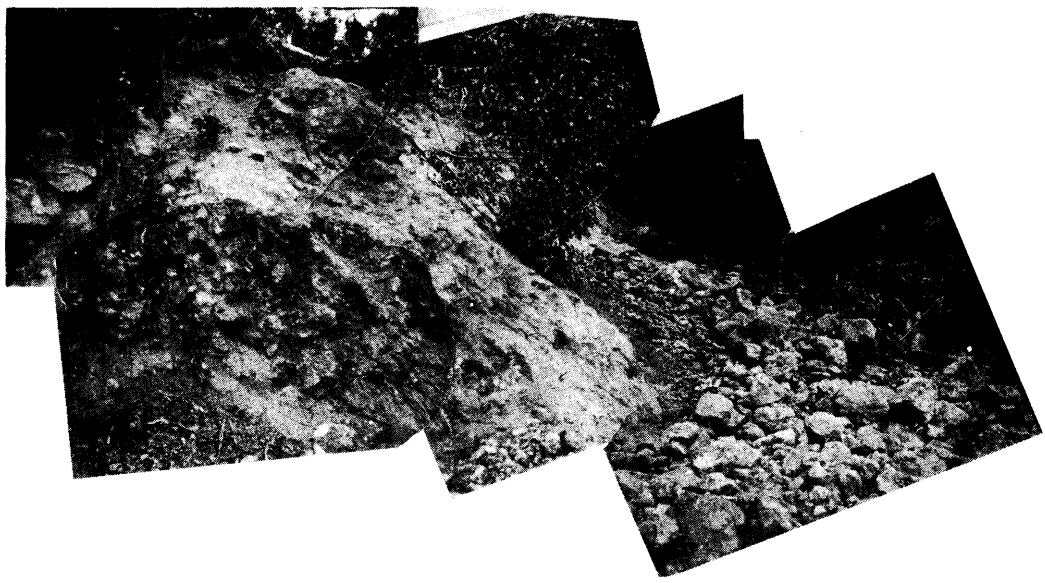
写真一14. 落居地区の崩壊（遠景）。部落真上に尾根をわけた崩壊がある。



写真一15. 落居部落入口付近の崩壊群。尾根をわけた崩壊が認められる。



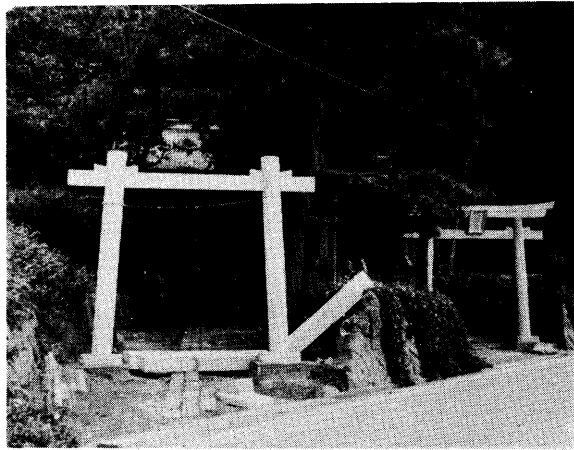
写真一16. 落居部落西の崩壊群。



写真一17. 落居部落背後（西側）の尾根に生じた小規模な崩壊。



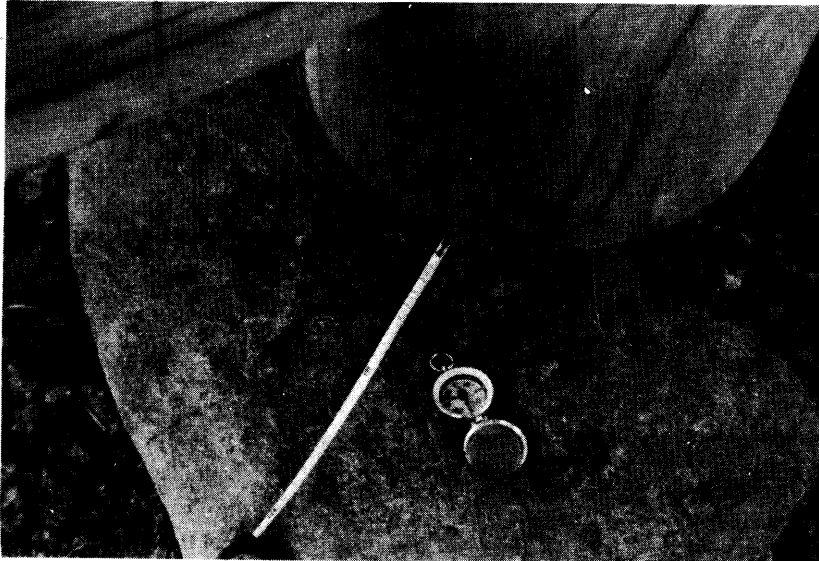
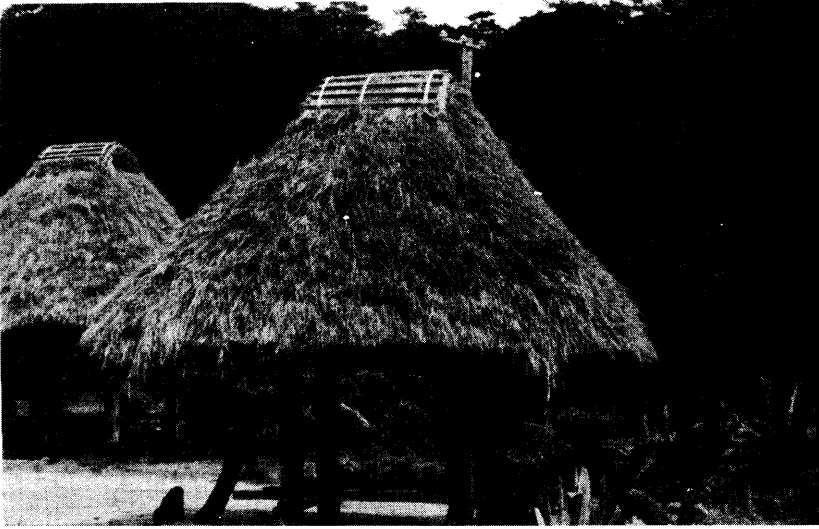
写真一18. 伊浜部落背後の
マーガレットライン駐車場末
端に入った亀裂。



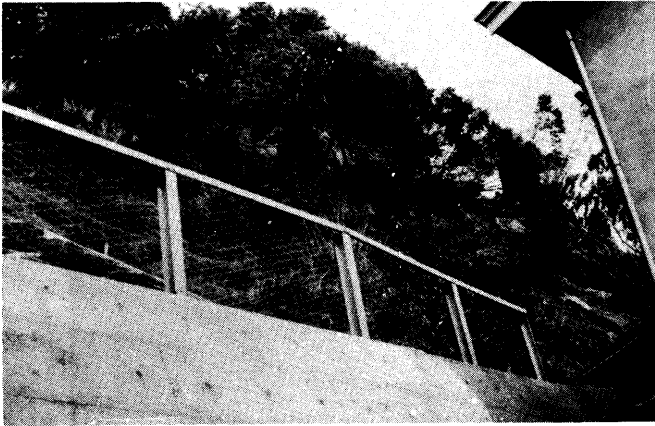
写真一19 鳥居(コンクリート製)の
'笠木'の部分の落下(S
80°E)。右側のものは'
台輪'のところではN40°
E50cmのずれで落下は免
れた。(11日 大瀬)



写真一20 墓石のずれ。(N45°E8cm)(11日 石廊崎)



写真一 21 東屋の柱のずれ (N 45° E 5.5 cm) 11日 石廊崎植物園)



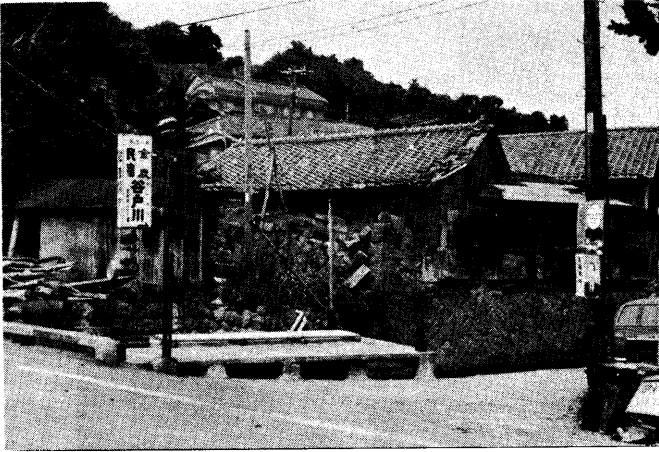
写真一 2 2 左側は急斜面崩壊防止の工事が施工してあったため被害はなかった。右側は何もなかったため、急斜面の岩石が崩壊し、大木をなぎ倒し真下の家屋数戸に被害を与えた。
(1 0 日 南伊豆町役場前)



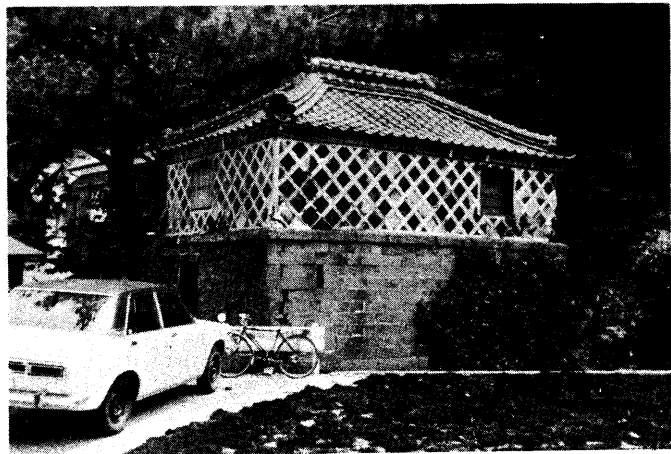
写真一 2 3 水道管の破損と橋脚の折損(10日南伊豆町)



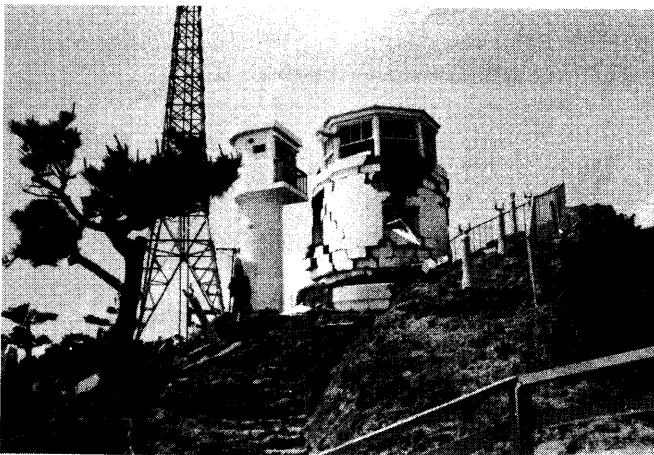
写真一 2 4 水道管の接手部分と埋め込んだ路盤の破壊状態(11日石廊崎)



写真一25 石廊崎(11日)



写真一26 同



写真一27 小稲(11日)



写真25～28 これらの写真にみられるように、
ブロック積みや石積の建造物のこわれ方が目
立った。



写真29～31 土蔵は激しくくずれた。この他屋根
がわらはほとんどの所で落ちていた。
(10日入間)

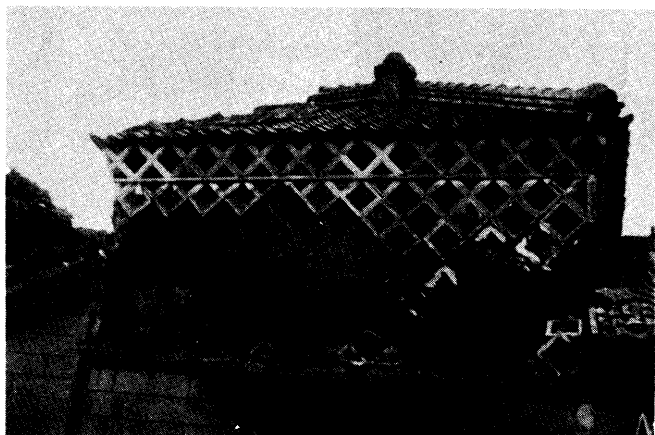




写真-32 コンクリート造りの壁。(10日 入間)



写真33～35 くずれ落ちた石垣(10 入間)



このほかにも多数のスナップ写真で現場の状況を記録したがここに収録しきれないので割合させていただく。

参考資料 当センターでは伊豆半島沖地震に関し、次の航空写真を収集しました。利用については電話542-3076あて連絡下さい。

目 的	撮影年月日	縮 尺	枚 数	種 類	撮影会社	地 域
地 域 計 画	7 3.5. 1	12.5千	86	白 黒	東 洋	伊豆半島南部
伊豆半島沖地震	7 4.5.1 0	5	38	〃	〃	〃
〃	7 4.5.1 0	4	6	〃	玉 野	〃
〃	7 4.5.1 0	10	127	〃	〃	〃
〃	7 4.5.1 6	10	19	カラー	国 際	〃

なお、当センターで収集してないその他には防衛庁で撮影したものがあります。その他ここに掲げたもの以外で撮影されたものについてお気付きの節はご連絡願います。

主要災害調査報告既刊一覧

第1号 八丈島地震災害現地調査について 昭和48年3月

第2号 昭和48年4月18日長野県萩之峰地すべり災害について 昭和48年7月

第3号 1973年6月17日根室半島沖地震現地調査報告 昭和48年10月

第4号 昭和49年4月新潟県新井市平丸地区及び山形県大蔵村赤松地区に発生した地すべり災害現地調査報告 昭和49年8月

昭和49年11月15日 印刷

昭和49年11月20日 発行

編集兼
発行者 国立防災科学技術センター
東京都中央区銀座6丁目15番1号
電話 (03) 541-4721 郵便番号104

印刷所 株式会社 実業公報社
東京都千代田区九段南4-2-12