

1974年伊豆半島沖地震の被害調査報告

Report on Damages to Structures in the Off Izu Peninsula Earthquake in May 9, 1974

田 村 重四郎*

Choshiro TAMURA

I. 概 要

昭和49年5月9日午前8時半頃、伊豆半島沖合にM=6.9の地震が発生し、災害を生じたので、耐震構造学研究センターのメンバーは直ちに震災現場におもむいて、被害の調査を行った。

調査活動は5月9日から始まって数次に亘っていて、調査結果の一部は既に報告されている²⁾。

本報告の作成に当って関係したメンバーは次の通りである。(敬称略)

岡本舜三

田村重四郎 加藤勝行 安田義雄 中村豊 川上英二

佐藤壽芳 鈴木浩平

高梨見一 片山恒雄 佐藤暢彦 伊藤邦興 岡村憲光

本報告は主に構造物の被害について述べているが、地震直後震災現地では非常警戒態勢がしかれ、調査出来なかった地域もあり、又充分に行き届かない調査もあるのでこれ等の点については、他機関の報告書を参照されたい。

調査の実施にあたり、本所より交通の便宜を受けた。

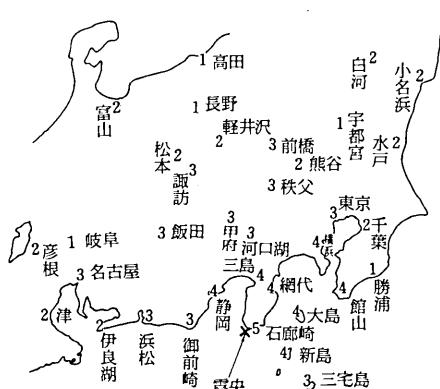


図1 震度分布

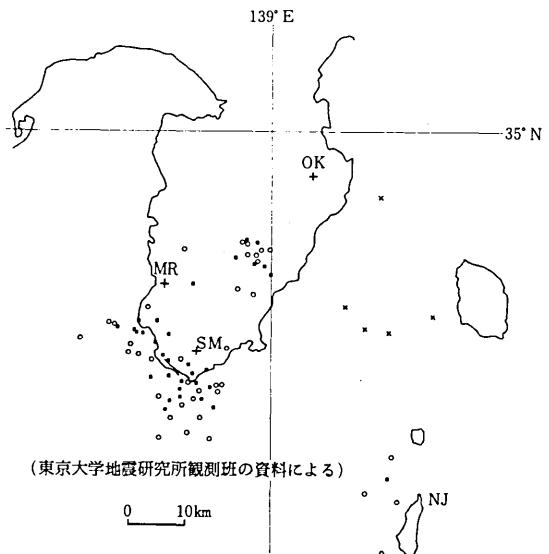


図2 5月11~15日の余震源分布

2. 地震の概略

震源の位置等は最終的に次のように決定されている。

日時:昭和49年5月9日 午前8時33'27"

位置:東経138°48'±1° 北緯34°34'±1'

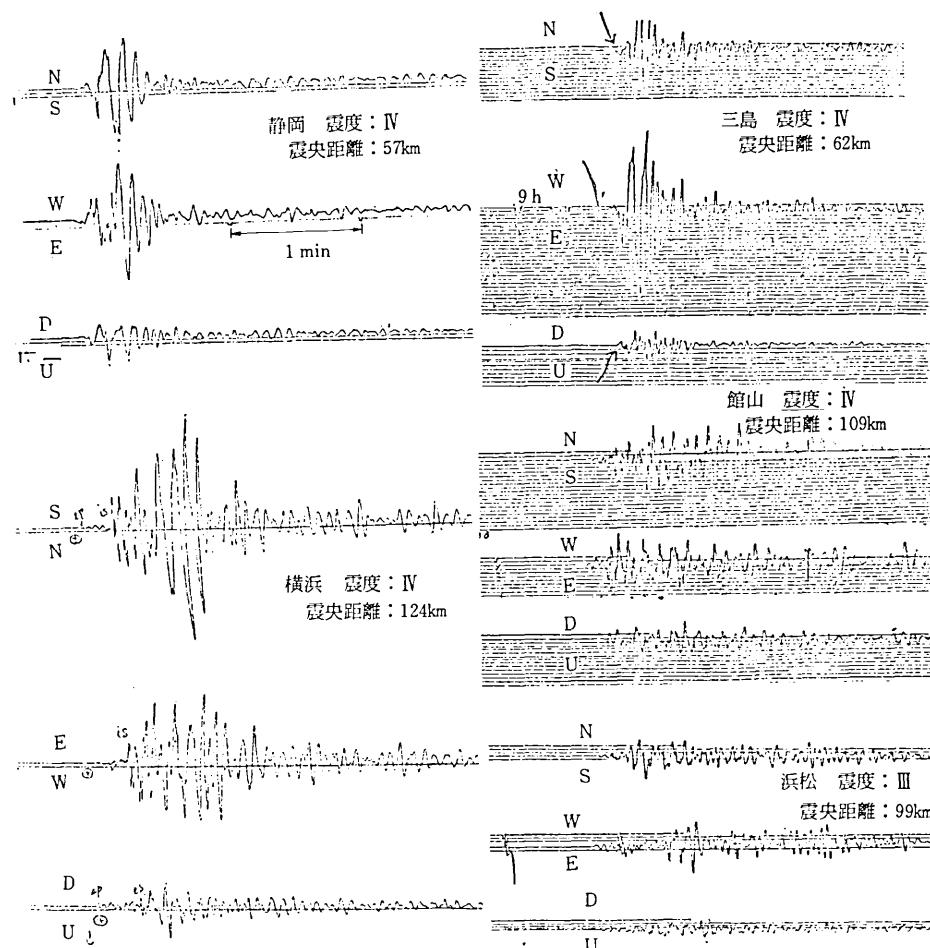
深さ:10km

M:6.9

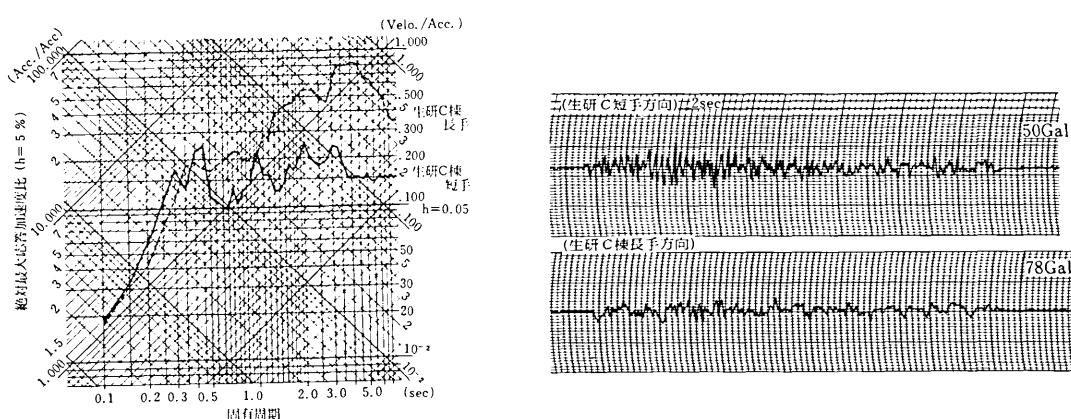
亦、各地の震度は図1に、余震の分布は図2に示してある。

最も震央に近い地震計としては石廊崎測候所(震度V、震央距離約5km)に1倍型変位計(固有周期6秒、全振巾8cm)があったが、指針はふり切れ(全振巾で10cm振れたと云われる)かつ移動したため完全な記録が得られなかった。震中距離57kmの静岡(震度IV)、同様に三島($\Delta=62$ km、震度IV)、浜松($\Delta=99$ km、震度III)、館山($\Delta=109$ km、震度IV)、横浜($\Delta=124$ km、震度IV)で得られた記録及び本所C棟で記録した地震波形(加速度)及びその応答スペクトル分析結果は図3に示す通りで、1倍変位計(水平方向固有周期公称6秒、鉛直方向固有周期公称5秒)及び固有振動数123Hzの加速度計で記録したものである。

*東京大学生産技術研究所第1部



(気象庁勝又技官の資料より)



(佐藤研究室)

図3 地震記録

静岡県熱海土木事務所伊東支所での聴取によると、地震前の5月4日に降雨があり、5月9日の地震後に降雨があったのみであり、被害に対する降雨の影響は無かったものと思われる。

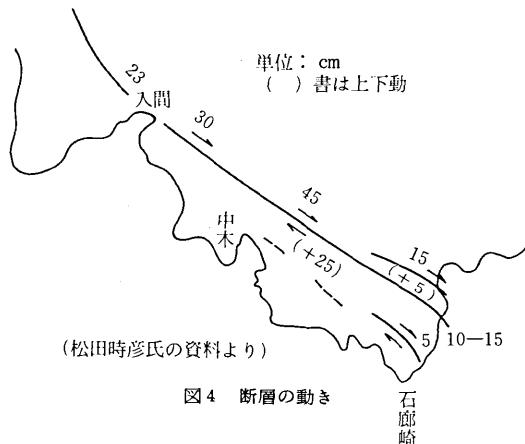


図4 断層の動き

地震後石廊崎より入間に至る間に略々N55°Wの方向にはしる断層が認められた。この断層は従来調査によってBクラスの活断層とみられていたものであり、今回の地震により右づれ量として中木附近で最大で、約45cm、入間附近で30cmとなり、上下方向は中木附近で南側が25cm上っている。M=6.9の地震の規模からみた場合、この断層の規模は小さいと言われている。

この地震では山腹崩壊、崖崩れ¹⁵⁾(石廊崎、中木、入間、小浦、落合、伊浜等)とそれにより発生した被害が震害の大部分を占めている。中木では斜面崩壊により14戸の家屋が埋没・倒壊し、火災が発生して27名の犠牲者がでた。一般の家屋では、断層線上にあって砂地盤のため大きな被害となった入間の被害、震央地域全般にみられた石積土蔵の被害等が目立ったが新しい家屋や通常の状態での家屋の被害は少なかった(表1)又可成りな規模の最新設計になった高橋脚橋梁(小浦)の被害が僅少であったのは特筆すべきで後に詳述する。

表1 一般被害状況

(昭和49年5月21日現在静岡県調)

地区	区分	人 口	世 带 数	死者	行方 不明	負 傷	住 家 被 害				非住家	が け 崩 れ		
							全 壊	半 壊	一 部 壊	全 燃		急 斜 地	道 路	そ の 他
南	仲木	331	85	23	4	8	22	34	29	5	2	3	1	3
	入間	287	64			2	14	28	25					
伊豆	伊浜	447	98	1	1	7	20	70			4	4	3	3
	落居	77	20			6	4	5	11				3	2
妻良	妻良	525	153		3	18	35	54			3	1		
	子浦	633	189			3	23	37	70			4	2	2
豆	石廊崎	438	108		8	2	40	60			4	3	4	5
	下賀茂	1,225	300			4	6	1	50			5		1
町	大瀬	467	101	1	4		4	60			5	4	2	
	その他	6,092	1,519			7	5	7	61			2	8	12
小 計		10,522	2,637	25	4	39	101	211	490	5	14	20	24	26
下	田 市	28,045	8,435		34	20	31	556			136	2	1	21
	松崎市	10,973	2,893			7		174				52	1	5
河津町		9,892	2,655		2			25			17		3	
	西伊豆町	10,276	2,696					1	8			21		4
東伊豆町		16,845	2,694		4			6				2		3
	合 計	86,553	22,010	25		82	121	243	1,259	5	242	23	33	54

1971年サンフェルナンド地震(M=6.6)は本地震と略々同規模であって、断層附近に大きな被害を発生したことはよく知られている。本地震による被害を詳細に検討した場合、地震の規模および震央附近の被害が現在採用されている耐震設計方法と対照され、貴重な資料を与えるものと考える。

以下順を追って調査結果を述べる。

3. 墓石の転倒

地震による墓石の転倒状況は、墓石が本邦隅なく分

布しその形状も大きさも類似している所から、古くより地震動の強さを知る目安として調査されている。本調査に於いても、ルート上の数ヶ所で調査を実施した。

5月11~12日の両日の調査でも、場所によっては既に一部修復されていたとみられる場所もあって、必ずしも転倒状態そのままを観察したわけではない。しかし、転倒状況は大略して2種に分けられるようである。1つは下田、妻良等にみられる墓石の転倒であり、1つは入間、中木にみられるような基礎石積土台の崩壊である。後者は前者の墓石の転倒の延長線上の現象と

してみなされるものではなく、別の面より検討されるのが適当である。何故なら一般には墓石の寸法はある範囲があるからであり、加速度を単純に考えて次式で算定した場合、

$$\frac{B}{H} \times 980 \quad (\text{gal}) \quad \begin{array}{l} H: \text{高さ} \\ B: \text{巾} \end{array}$$

450~500 gal に達すれば殆んど全部倒れてしまうことになるからであり、動的挙動を考慮しても自づと範囲があろう。一方基礎部分はこれと全く異った機構で崩壊するからである。

次に各地の倒壊状況を説明する。

i) 下田市海善寺

ここでの被害は墓石のみの回転、移動、転倒であり、墓石の方向は北東又は北西向きである。主塔の回転方向は左回り、右回り両方の方向もある。主要な地震動が墓石の断面の対角線方向に向っていたのではないかと推測される。観察では10%程度の数が転倒していたが、下田市役所での話によれば、「地震直後は約30%転倒していたが、住民によって素早く建て直された」ものである。

ii) 下田市吉佐美

墓地は山腹に位置していた。回転している墓石が見られたが、既に修復後であったため、転倒したものがあったかどうか明かでない。

iii) 南伊豆町妻良 善福寺

善福寺の墓地は山腹の東向き斜面（多少凹に弯曲している）にあって、墓石は大体この方向に面している。墓石は約60%が殆んど南側（S25°E）に倒れている。墓石の位置が土留（石積高さ2m位）の肩の近くにあって、この影響により、土留の面の方向に倒れたとみられるものもあった。又回転方向は主に右廻りが多い。

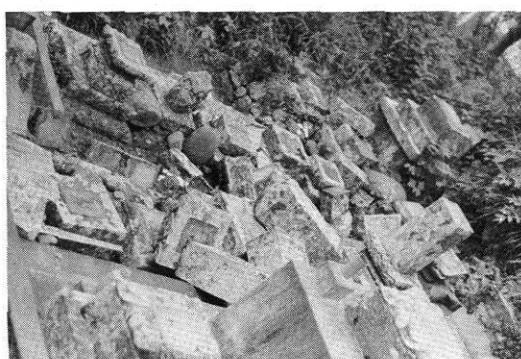


写真1 南伊豆町妻良、善福寺墓地における墓石の倒壊状況

図5で縦軸は倒れた方向の墓石の巾であり、横軸は高さを示し、・印は南側に転倒したものであり、○印は倒れないもの、又▲は墓の向きの異ったものである。これより実線を引けば440~450 gal 程度の加速度があったことになる。

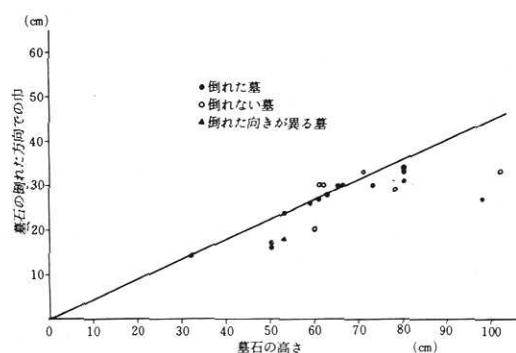


図5 南伊豆町妻良、善福寺における倒壊した墓石の高さと巾の関係

iv) 南伊豆町入間、海藏寺

この墓地は低い丘の尾根の部分に位置している。墓石は殆んど全部倒壊しており、石積土台も移動、倒壊、散乱していた。転倒方向はN10°Eが多い様であるが、



写真2 南伊豆海藏寺墓地における倒壊状況

あらゆる方向に倒れている。平たい形状の墓石ではN40°Eの向きに滑動したものもあった。巾59cm奥行き18cm高さ27cmの花立て用墓石は倒れずほぼNEの方向に移動していた。石材間の摩擦力が断れ移動したものとみられる。同様なことは石積土台の破壊状況からも推測される所である。

v) 南伊豆町中木

墓地は山腹のほぼ東向きの斜面にあるが、墓石は殆んど全部転倒（石積み基礎も崩壊散乱し、その状況は入間海禅寺の場合と同様であった。

vi) 南伊豆町、青龍寺

墓石の転倒した数は少ないが、墓石又はその直ぐ下の台石が移動し主に右廻りに回転していた。

vii) 南伊豆町、小浦、西林寺

こここの墓石は6~7割転倒している。

図6は国井等³⁾の調査結果である。全般的にみて著者

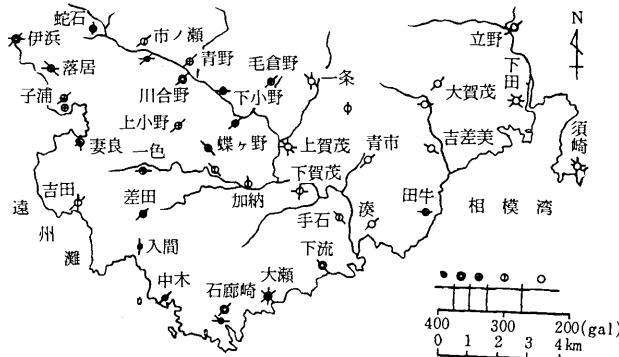


図6 推定最大加速度およびその方向

等の推定した値より小さめな数値となっているが、全般的な地震の強さの分布をみることが出来る。図7は著者がこの分布と家屋被害の分布状況を参考にして、敢えて加速度分布を画いたものである。

4. 橋梁の被害

被害地区における比較的大規模な土木構造物としては、道路公団南伊豆道路（通称マーガレットライン）に天狗橋（橋長128.5m）と伊鈴大橋（橋長105m）があったが、いずれも被害は軽微であった。これらの橋は南伊

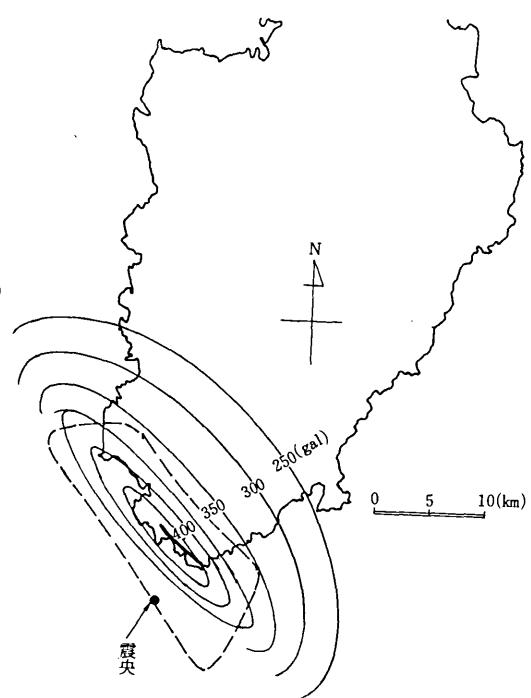
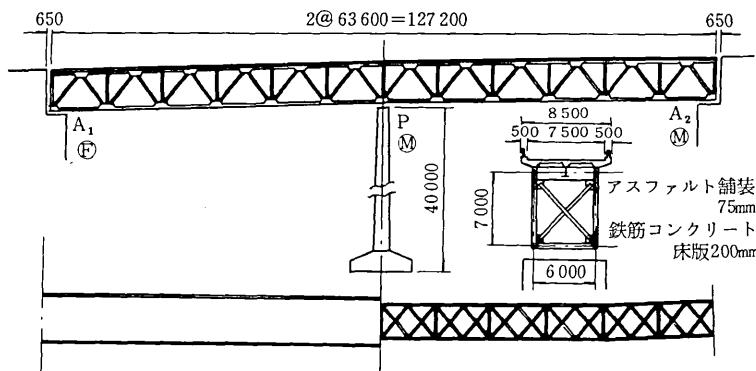


図7 最大加速度分布の推定

図8 天狗橋一般形状図¹⁰

豆町小浦地区にあり、墓石の倒壊などから推定されたこの地区的最大加速度は350～400gal程度である。

天狗橋（図8）は2径間連続トラスの上路橋で、直接基礎を有するRC橋脚の基礎底面からの高さは40mである。設計水平震度は0.25であるが、道路公団の設計要領に従い、高さによる震度の割増しが考慮されており、橋脚・横構・対傾構の設計に関しては橋脚上の震度を0.415まで増加させている。固定ピン支承の設計には、橋軸直角方向地震力として当該支承の死荷重反力の25%，橋軸方向地震力として1主構あたりの死荷重反力の和の25%がとられているが、上沓とトラスの取付ボルトは当該支承の死荷重反力の10%の上揚力で設計されている。これは可動沓の設計でも同様であ

り、上沓とトラスの取付ボルトはすべて鉛直震度0.1で設計されている。固定沓側の橋軸方向地震力で設計された耐震連結装置が両橋台に設けられている。耐震連結装置の連結板は厚さが約1.8mの橋台パラペットを貫通してパラペット背面で固定されている（図9）。被害は支承のまわりに限定されていて軽微であったが、パラペット前面の耐震連結板周辺のコンクリートの削落（写真3）と上沓・トラス間の取付ボルトの切断（写真4）が目立った。詳細な調査¹¹⁾によると、24本の取付ボルト（6個の沓の各々に4本のボルトがある）のうち、8本が破断、8本がかなり伸びており、異常なしが8本であった。設計応力と破断強度から単純に指定される鉛直方向震度は0.45程度に達している。また天狗橋の取

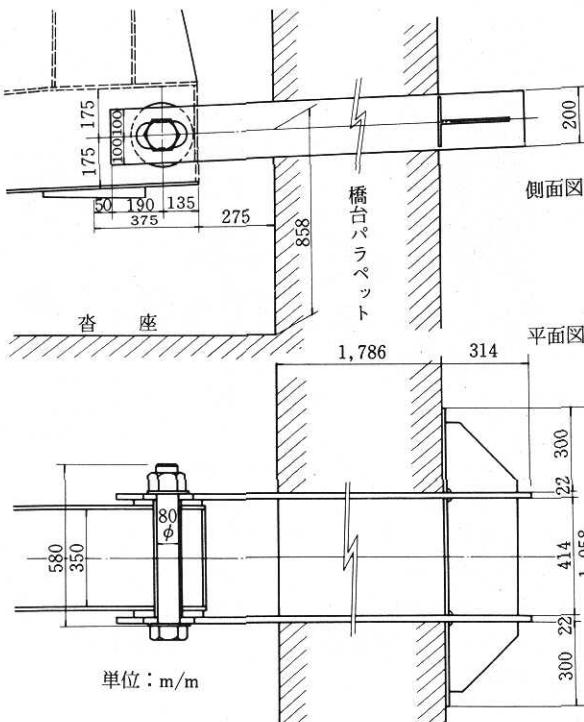


図9 天狗橋耐震連結装置

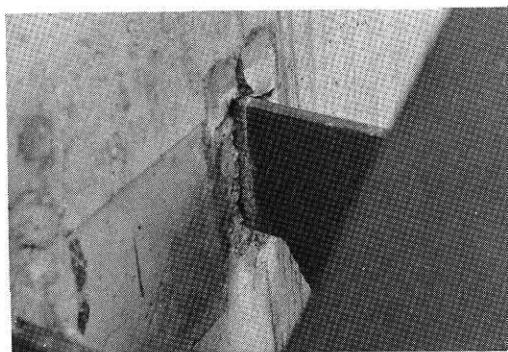


写真3 耐震連結板周辺コンクリートの削落(天狗橋)

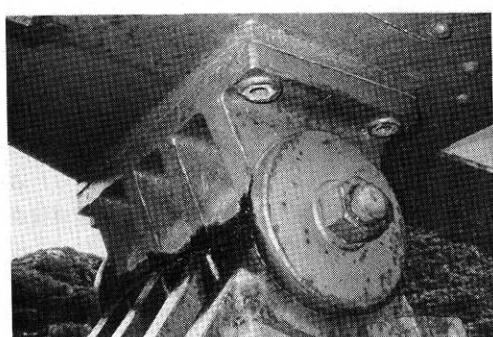


写真4 上沓とトラスの間のボルト切断(天狗橋)

付ボルトの破壊はすべて引張りによるものと報告されている¹¹⁾。取付ボルトが切断しても、上沓の上側の突起とソールプレートに設けられた孔との噛み合いで水平方向の相対運動が制限されている間は沓としての機能を保持するわけであるが、激しい鉛直方向地震動や基礎の沈下などを伴う場合には、この噛み合いが離脱する可能性もあることを考慮すると、上沓と桁との取付ボルトを(死荷重反力×鉛直震度0.1)で計算される上揚力のみで設計する現行法には検討の余地があると思われる。耐震連結板の効果を量的に評価することは困難であるが、周辺コンクリートの崩落の状態などから判断して、地震時にかなり有効に作用したものと思われ、可動・固定にかかわらず桁端を橋台に連結することが激震時の安全策として有効であると思われた。耐震連結板の1つは溶接部で破断していたが、この溶接は明らかに細部設計の不適切さから挿入されたものと思われた。このような弱点が地震時被害の出発点となることは、過去の震害例にも見られることであり、細部の入念な設計施工の重要性を示唆していると考えられる。また、可動沓例の橋台上付近の高欄は抜け出して衝突しており、この部分では少くとも6cm程度以上の相対変位があったものと推定される。

伊鈴大橋(図10)は3径間連続曲線プレートガーダ

単位:m/m

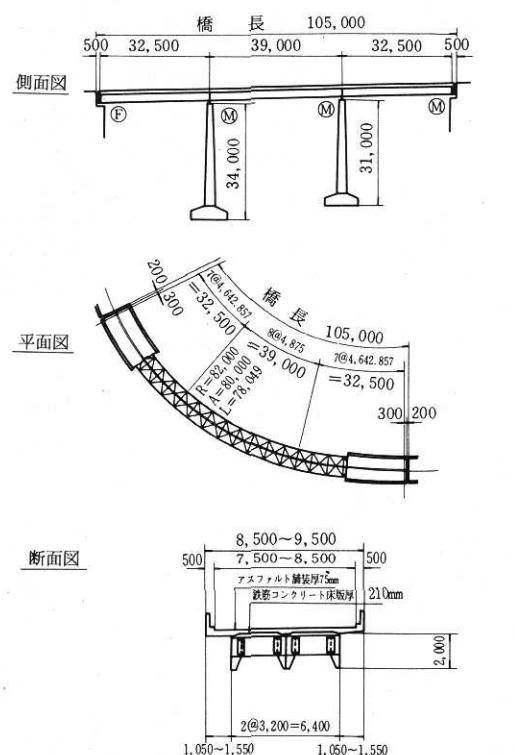


図10 伊鈴大橋一般形状図

の3主桁橋であり、2つの橋脚はともに直接基礎を有するRC構造である。基礎底面からの橋脚の高さは夫々34mおよび31mである。支承は左岸橋台上に固定端をもつペアリング支承であり、各桁端はプレートを介して6本の鋼棒をパラベット背面に固定した落下防止連結装置を有している。設計水平震度は0.25であるが、高さによる震度の割増しが行なわれており、両橋脚・横桁・構橋の設計では橋脚上で0.345まで震度を増加させている。被害は天狗橋の場合と同様で、上沓と桁の取付ボルトの破断（各沓に4本、合計48本の取付ボルト中で固定支承上の2本がせん断破壊、他は異常なし）および落下防止装置の損傷と周辺コンクリートの崩壊程度であった（写真5）。

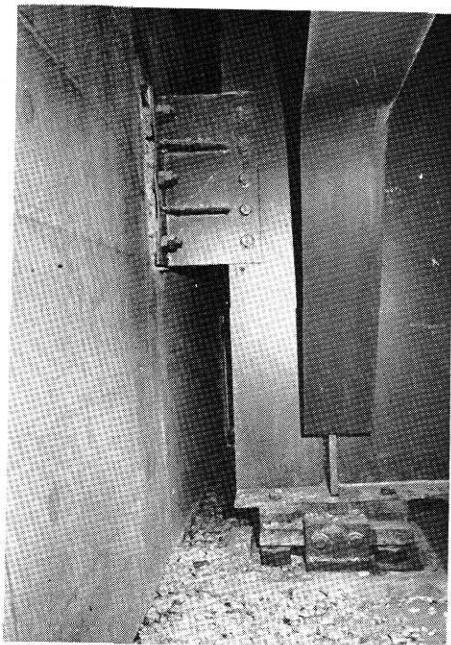


写真5 落下防止連結装置の損傷 (伊鉄大橋)

前述の2つの橋梁を除くと他は小規模な橋梁であって、その被害は取付道路の沈下、支承部でのずれなど取付部分に限られている。以下幾つかの橋の被害状況を述べる。

i) 単純版桁橋一入間

小河川を横断するための単純版桁橋（RCと思われる）の両端取付部が沈下し、両岸の石積護岸が崩落した。機能的な支障はなかった。

ii) 歩道橋一大瀬

大瀬の小学校前で道路を横断するスパン10数mの歩道橋であるが、階段を昇りつめたまり場と桁（プレトガーダー）との間にずれを生じ、又海岸側の階段の取付部にずれがみられ、小学校側の階段上り際の歩道舗板の突き上りが見られた。

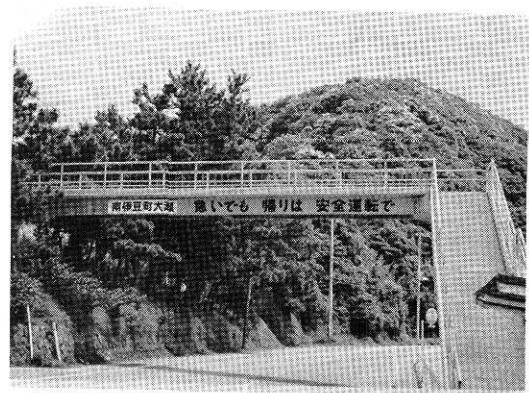


写真6 大瀬の歩道橋

iii) 八幡橋

二條川を渡る小スパンのコンクリートスラブ橋で、取付道路の沈下と取付部護岸の一部に崩落があった。

iv) 前原橋一下賀茂 ($L=24.1\text{m}$ 巾員 6.0m)

下賀茂で青野川を渡るこの橋では取付道路に数cmの沈下が発生した。

v) 湯の川橋

下賀茂で二條川を渡る湯の川橋では橋桁のづれが生じた。

vi) 木橋一田牛

2スパン橋長12~3mの木橋が海岸の近くにあるが何らの異常もみられなかった。

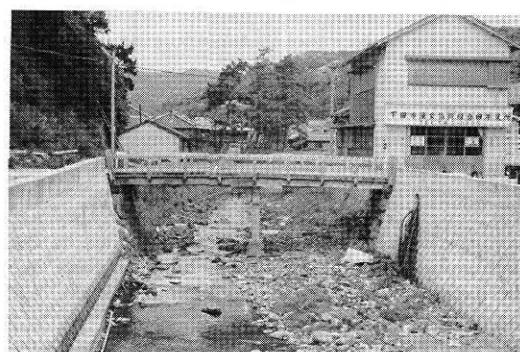


写真7 田牛部落河口部の橋

vii) 弁天橋一下田市

昭和12年完成のスパン11.1m巾員6.5mT型桁の桁橋で、コンクリートの老化に対処するためとみられるFRPによる補強が施工されていた。親柱近傍の高欄部分に亀裂が発生し、取付道路の沈下が認められた。

viii) 下田橋一下田市

3絆間単純支持六本主桁のPC橋で橋長60.2m巾員6.5mである。この橋の両端部の両側の高欄には人魚像があり橋台に固定されている。この部分と橋の高欄部分と

の間には木板で目地が設けられているが、この部分に亀裂が発生している。橋桁自体には何んの損傷も見られない。

ix) 港橋一下田市

港橋は7スパン×10mのT型桁のRC橋である。取付部分が若干沈下した。

x) 中村大橋一下田市

稻生沢川を南北に渡る橋長(30m+30m),巾10mの

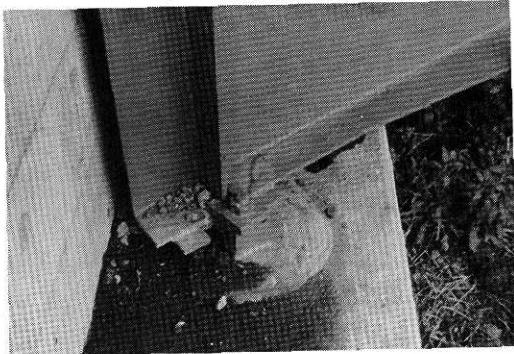


写真8 中村大橋可動支承での移動

合成桁橋で、両端の取付で数cmの沈下があり、左岸側の固定支承ではコンクリートのマウンドに亀裂が入り、可動支承側では移動が認められた。

xi) 渕橋—南伊豆町手石

3スパン、橋長39.4m、巾員5.8mT型梁の橋梁で両取付で数cmの沈下を生じ、右岸の練石積護岸が河側へはらみ出した。

xii) 朝日橋一下田市吉佐美

最近完成したもので被害なし。

以上の被害状況をまとめると、断層より2~3km乃至数kmしか離れていないに拘らず、小橋梁では注目すべき被害を受けておらず、又、橋体には被害はなく取付部分に僅かな被害があるのみであって、その程度は橋の機能に支障を与えるようなものではなかった。図7の加速度の分布と比較するとき、その設計と被害の関連を捉えることが出来る。本地震以上の強い地震動を受けた場合、被害は急激に増大するものと思われる。地盤、土質、降雨の条件は被害に大きな影響を与えることは今まで震災で明らかである。このような観点によりすると、現行の設計基準で予想される上限に近い地震動を受けた様に思われる。

高橋脚橋梁については、橋の動的挙動を考慮した耐震設計手法が有効に作用して被害を殆んど生じさせなかつたことは前述の通りである。

この様に橋の機能上の被害はなかったが、湯の川橋では桁のずれのため、又前原橋では取付の沈下のためそこに設置していた水道管が損傷した。之に対し下田市の港橋で、ガス管がアバットと橋桁の間で相対変位

が可能なように立体的な配管になっていたのはこの様な2次的な被害を防ぐ上で有効な対策であろう。

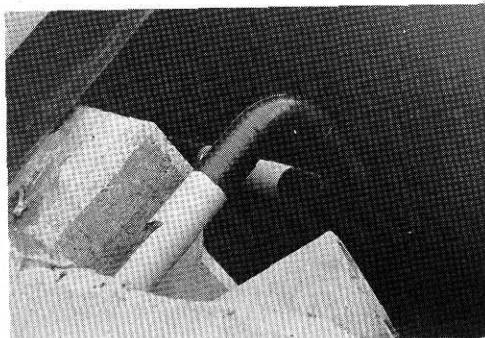


写真9 橋架取付部におけるガス管

5. 港湾、漁港

港関係の被害は、下田、手石、松崎、宇久津の各港湾、妻良、稻取の各県営漁港ならびに伊浜、中木、入間、喜佐美、須崎などの各漁港が被災しているが、何れも軽微と云うことが出来る。調査によれば余震によって被害が増大したところもあると云われている。

次に主な被害について述べる。

i) 下田港

外港部では現在海上保安庁が使用中の-4.0mの鵜島岸壁及び昭和47年完成の-4.0mの外ヶ丘物揚場に軽微な被害があった。前者は余震によって被害が増大したと云われる。後者は震度0.1で設計された4段ブロック積の岩壁で僅かに海側へ傾斜しエプロンが沈下したものである。

内港としては、港橋より左岸下流側の石積の物揚場が延長27mに亘って沈下傾斜した。

ii) 手石港

港湾区域内で青野川の河口近傍の両岸の護岸(野積み)の法面がはらみ出した。(総延長253.5m)

iii) 松崎港、宇久須港

防波堤と物揚場のエプロンに僅少ではあるが被害があった。

iv) 妻良漁港(県営)

妻良漁港の小浦地区で第3防波堤(全長80m、水深6.5m、ケーソン(L=10m, W=9.0m, H=6.5m),方塊2×2×1.5m及び捨石で根固め)が沈下、海側へ移動した。又-3m岩壁(基礎捨石、3段ブロック積上部場所打コンクリート)は海側にはらみ出し、エプロンが沈下した。

更に防潮堤裏側の道路で数10cm沈下した所があった。

妻良港では附近の海岸の崖が所々で崩落しており、軽度ではあるが何らかの被害を殆んど全部の施設が受けているとの報告がある。

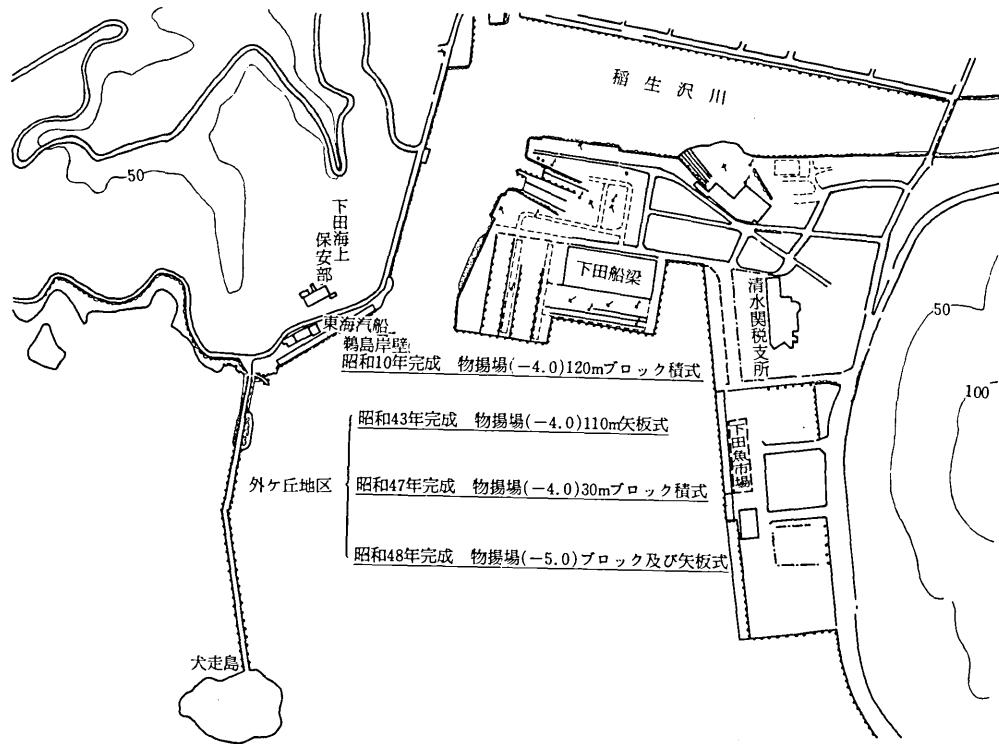


図11 下田港平面図

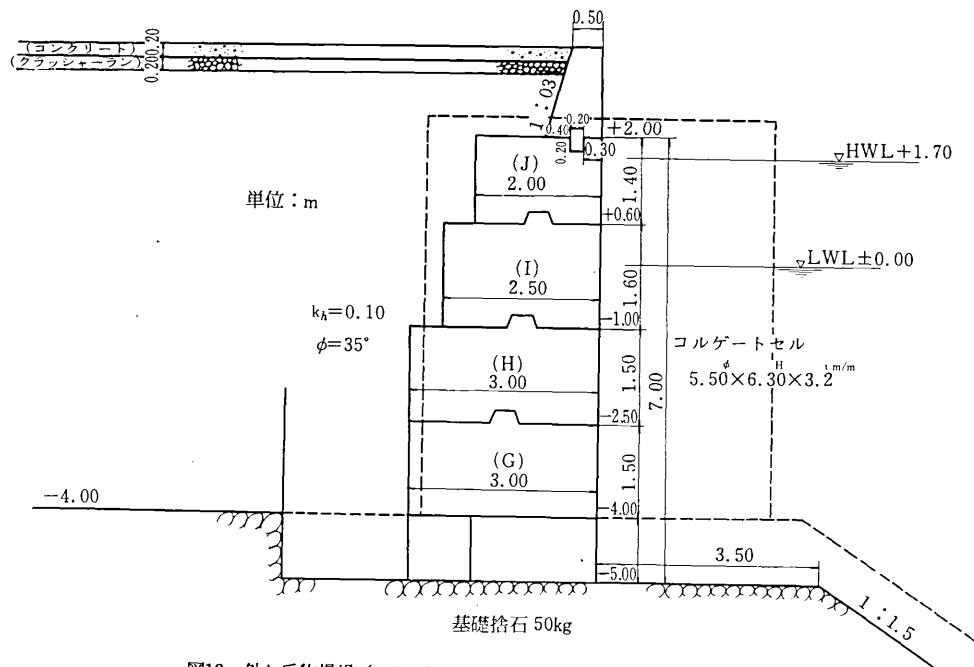


図12 外ヶ丘物揚場 (-4.0および-5.0) 標準断面図

v) 稲取漁港(県営)

突出部を構成していた-4m岩壁(重力式)は一部沈下し、クラックが発生した。設計震度は $K_h=0.2$ であった。

中央湾港及び県営漁港の被害総額は夫々31,397千円、68,309千円(8月22日現在)であった。

次に第一種漁港の被害の大略を述べる。

イ) 道路破壊 三坂漁港(入間)では砂地盤上に築

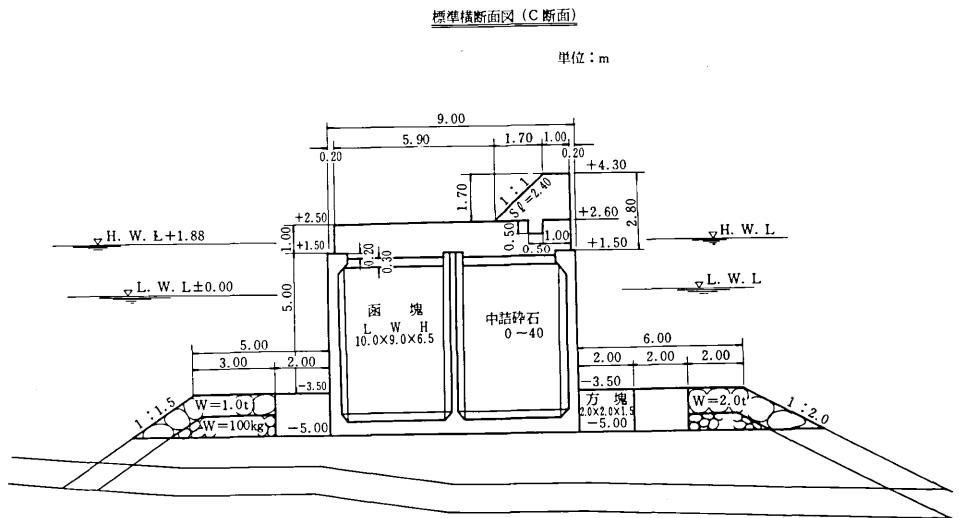


図13 妻良漁港第3防波堤

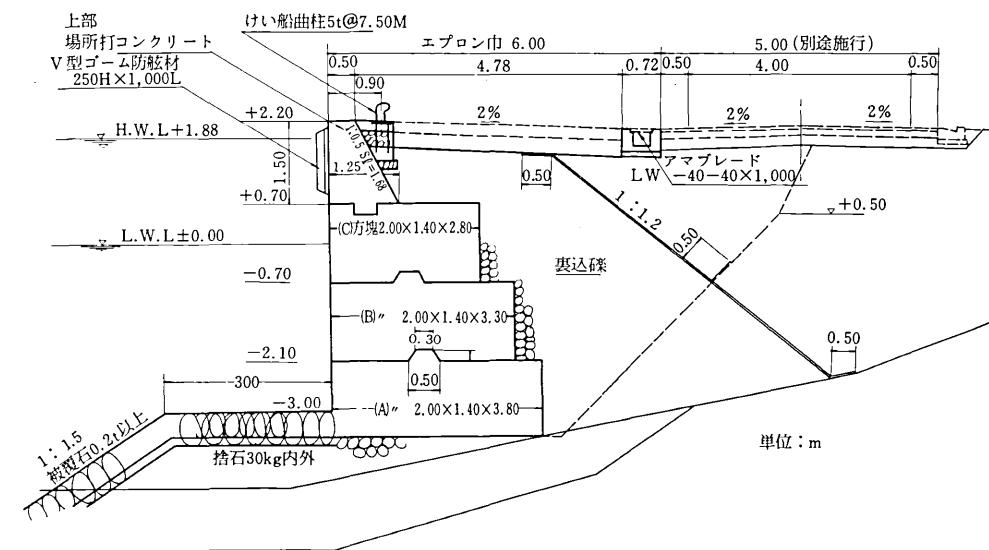


図14 妻良漁港-3m岸壁標準断面図

造されていた道路の舗装に亀裂が発生し、石廊崎漁港、小糸漁港では、切土と盛土で斜面に築造された道路の盛土部分に亀裂、陥没が生じた。

ロ) 物揚場 伊浜漁港、小糸漁港では物揚場（水深1.5m程度）のエプロンに亀裂があり沈下した。

ハ) 防波堤 中木漁港では防波堤の元付部分でそれが生じ陥没し、大瀬漁港でもクラックが発生した。岩着したものには被害はないが、防波堤で比較的深い部分が深みの方向に移動した傾向がみられると言われる。

ニ) 船揚場 石廊崎漁港ではエプロンが亀裂、陥没

(約30cm)し、入間では土砂の崩落による被害と陥没の被害があり、落居（伊浜漁港）では土砂の崩落により埋没した。

ホ) その他護岸導流堤に被害があった。

以上港湾漁港の震災の分布をみると稻取漁港を除けば被害は略々 250gal の範囲に含まれている。又、基礎地盤の安定性に起因すると思われる被害が多いようである。これらの被害の中で稻取漁港の海中深みに突出部分を形成しているブロック積みの-4mの物揚場の被害は震央より比較的はなれ、しかも $K_h=0.2$ で設

計されているに拘らず発生していることは注目される。下田港には被害のあった物揚場と同規模の一5m、一4mの矢板式物揚場があったが被害はなかった。妻良港において水深約一6.5mの地盤に築造したケーソン式の第3防波堤が沈下、移動したのはかなり烈しい地震動をうけた結果であろう。

6. 河川の被害

河川の護岸の被害は石廊崎2ヶ所、入間3ヶ所、妻良3ヶ所、小浦で1ヶ所発生している。小浦以外は2m程度の高さの護岸で、勾配は1:0.3の場合が多く、野面石張である。被害状況は亀裂、崩壊、決壊で、堤防法線の曲ったようなことはなかった。(静岡県下田土木事務所)

7. 道路の被害

被害の多かった南伊豆一帯の地質は中新世から鮮新世の所謂新第三紀のもので、南伊豆町附近では安山岩質の集塊岩、凝灰岩、凝灰角礫岩、溶岩などが分布していて、えびの地震や1968年十勝沖地震の場合の地質が火山灰ローム質のものであったにくらべて、地質条件はよいと考えられる。ここで自然斜面の崩落や落石があって大きな被害が生じたことは察知である。恐らくこの地域に既に長年月に亘る風化の蓄積があつて、之に人工的な地形の変化が加わり、地震を契機に崩壊に到ったものではないかと思われる。

道路の被害状況は図15に示す通り東側の海岸に沿っては、大川、北川附近より南側、西側の海岸線に沿っ

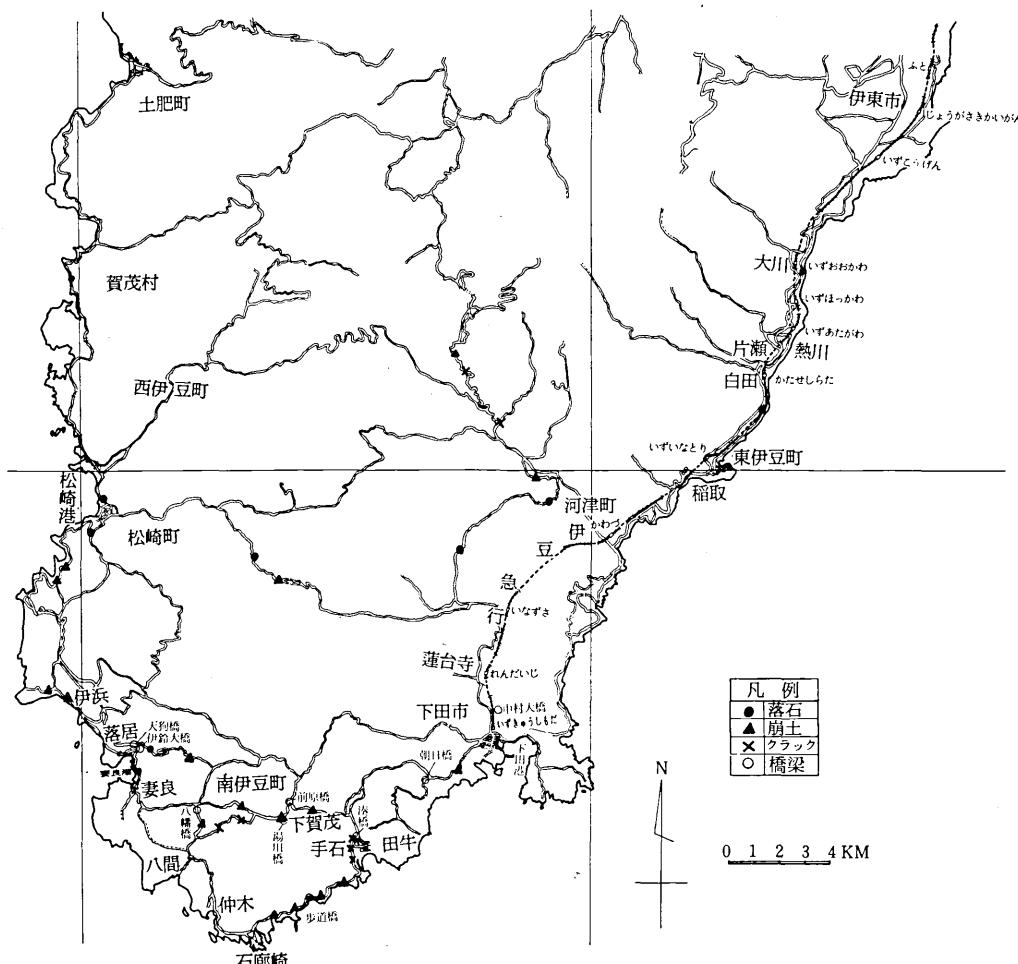


図15 道路被害の発生箇所図(5月10日夕刻)

では安良里より南側で、内陸も略々この線の南側となっている。(5月10日夕刻、下田土木事務所) 石廊崎、中木、入間、落居、マーガレットライン等の被害につい

てはその時点で確認出来なかつたため記入されていない。この図の被害の分布よりみると、そう強くない地震動で崩土、落石が発生していることがわかる。道路の



写真10 中木一入間間の道路の沈下



写真11 中木トンネル入口附近での崩土

害について別の機関により既に報告されているのでそれにゆずることにするが、調査期間中でも余震によって危険箇所が次々と発生、被害が拡大した。崩土、落石による埋没、破損、流失、盛土部分の沈下、崩壊及び土留工の崩壊などその他に断層によると思われるクラックがみられた。之等は何れも地震のときにみられるものであるが、地形の関係からか、切土部分の崩落は特に注意を引いた。手石より海岸線に沿って石廊崎に至る道路では崩土がひんぱんに発生していた。

対策としては下賀茂で実施されていた山留工は極めて有効であったようである。写真12、13は2ヶ所の土留工を示す。この山留工に隣接した崩壊した部分は岩山の尾根の先端部に当つていて、岩の状態が良好であつたため山留の処置が取られなかつたものと思われる。

これ等のこととは良好に施工された山留工の有効性を示している。

8. 地下埋設物の被害

i) 水道

上水道は下田市及び南伊豆町の一部に敷設され、南伊豆町の大部分には簡易水道が設備されている。

下田市の水道の被害をのべる前に下田市の地盤状況を図16に示す。これによると旧市街部分は40~55m以

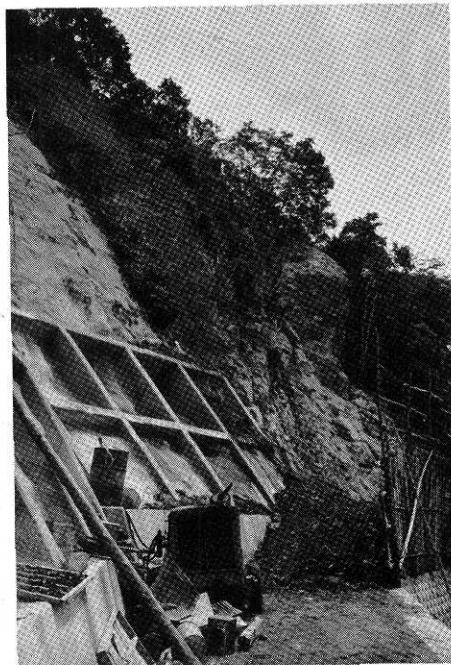


写真12 下賀茂の山留工事

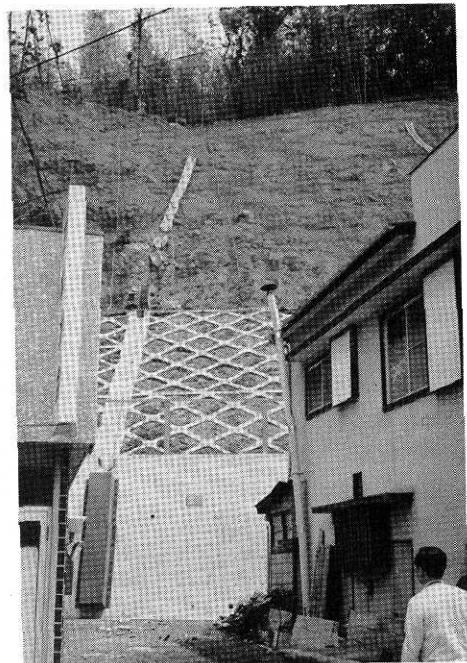
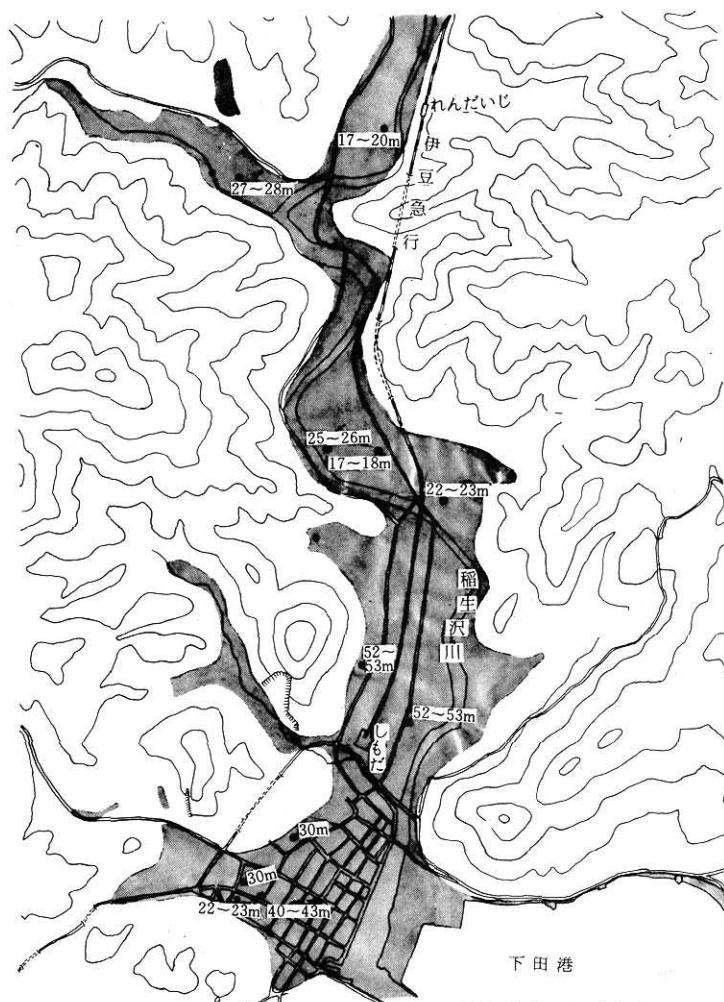


写真13 下賀茂の山留工事

上の軟質層（表面1~2mシルト粘土で、20数mまで貝殻混り腐蝕土でその下は砂層）で覆われ、基盤は凝灰砂岩、砂質凝灰岩等で両岸の山は流紋岩であり；



(注) 着色部分は沖積層の厚い所で、
数字は沖積層の厚み

図16 下田市の地盤((有)伊豆新興ボーリングの資料による)

稻生沢川に沿って中村から立野までは17~22.3mの軟弱層の厚みがあり、蓮台寺附近より漸くこの軟弱層が通常の沖積層になると云われる。下田の歴史によると嘉永年間(1624)の検地の記録と現在では殆んど差がない、町村制発効の前の明治年間に内港部分で僅かに半区画埋め立てた程度の変化と云われる。

下田市は人口約3万1千人、面積105km²であり、この約半分が給水面積となっている。落合、河内の各部落で伏流水を取水しよりφ400mmの鉄管(シンプレックスジョイント使用)で市街に送水している。この特徴は地下水位が高く、海水が含まれるため、単純なsteel pipeは腐蝕するため使用することが出来ないことで、市内では石綿管、ビニールパイプ、ダクタイル鉄管が使用されている。旧市内では配管は75cm~1.0mの深さに埋設されている場合が多いが、最近の施工

では図17の様に行われている。

被害は表2に示す様に、石綿管の被害が多く、しかも古いもの程多い。ビニールパイプについても3ヶ所程見出されている。但し、石綿管でも薄鋼板を内挿したものは被害はなかった。表2の番号は図17中の番号に対応しているが、内⑦は道路の亀裂によるものであり、⑯は道路盛土肩の沈下で又⑬はガス工事による被害であった。図でも分かるように落石1カ所とマンホールとの接続部の破損1カ所を除いては、メインパイプは延長が長いに拘らず被害のないのは注目すべきである。マンホールでの被害はマンホールにメインパイプが固定されていたためとみられる。配水管の他の被害は旧市内市街地に多いが、多くの場合分岐箇所で発生している。掘削の結果によれば被害箇所で、管端の間ではひどい段違いではなく、引張の現象は少なく主に曲げ変

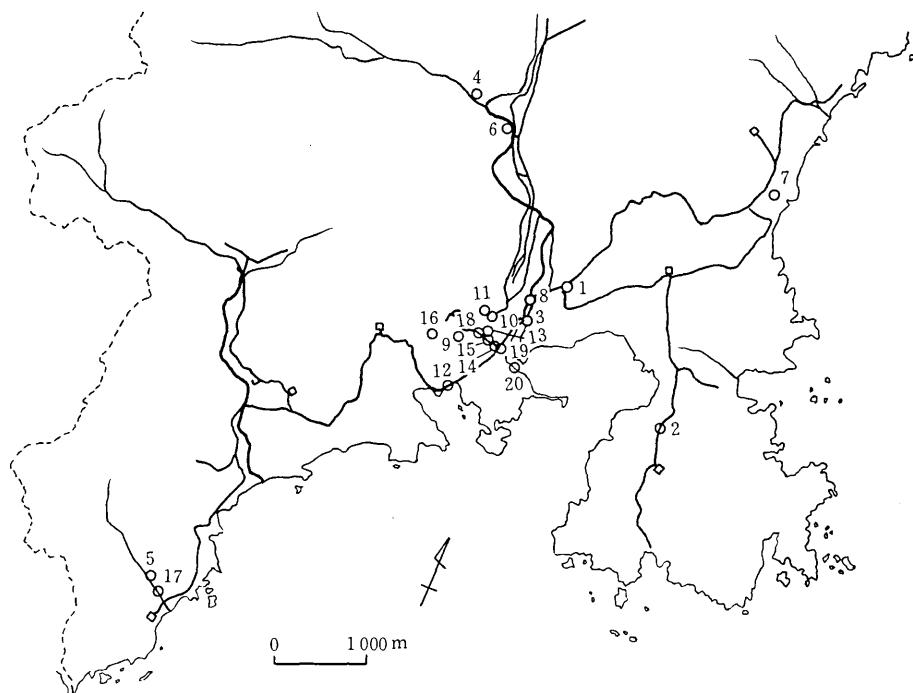


図17 下田市における上水道の被害

表2 下田市水道施設被害状況

施設名	被害箇所	被害額又は工事費	状況
① 武山配水池	水位計	100,000	
② 須崎送水管	φ125mm石綿セメント管	30,000	折損
③ 武ヶ浜配水管	φ100mm石綿セメント管	440,000	折損
④ 蓮台寺配水管	φ75mmV.P.	30,000	折損
⑤ 田牛長谷寺前配水管	φ65mm石綿セメント管	30,000	折損
⑥ 本郷反射炉前配水管	φ75mm石綿セメント管	40,000	折損
⑦ 白浜神社前共同管	φ30mmV.P.	50,000	折損, 道路の亀裂, コンクリート基礎
⑧ 赤間配水管	φ75mm石綿管	10,000	折損
⑨ 折戸雲野前配水管	φ50mm石綿管	25,000	折損
⑩ 下小前配水管	φ50mm石綿管	20,000	折損
⑪ 下小給食室裏配水管	φ50mm石綿管	40,000	折損 古い, 仮配管工事費を含む
⑫ 大浦東急ホテル横配水管	φ75mm石綿管	200,000	落石, 崩土処理費を含む
⑬ 2丁目プリンス靴店前配水管	φ75mm石綿管	20,000	折損, ガス工事のため
⑭ 清香軒横消火栓		100,000	損傷
⑮ 三幸館消火栓		100,000	損傷, 消火栓腐蝕
⑯ 横枕配水管	φ75mmV.P.	140,000	損傷, 路肩沈下, 道路を横切る
⑰ 田牛消火栓		20,000	損傷
⑱ 蓬来館前配水館	φ75mm石綿管	10,000	折損
⑲ フタバ電気配水管	φ75mm石綿管	40,000	折損
⑳ 臨港線配水管	φ50mm石綿管		折損

註 V.P. ピニールパイプ

形で破損したとみられる場合が多かった。又分水部分で、止水栓(真鍮)の両側のピニール管(φ13~20

mm)が折損しているのが多かったと云われる。パイプ以外の被害は殆んどなかった。

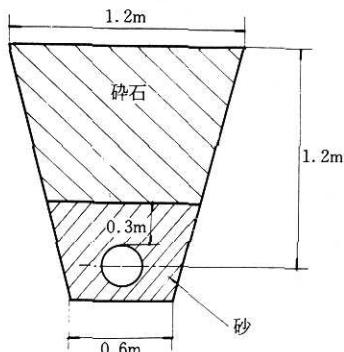


図18 標準断面

南伊豆町には下賀茂から手石まで青野川に沿った区域に給水する上水道1系統と中木、入間、石廊崎、大瀬、小浦など19の簡易水道がある。

上水道では配水管には50~200mmの石綿管が使用されており、本地震によって100ヶ所以上で漏水した。被害の内特に注目されたのは石綿管の長手方向に縦割れが発生したことである。手石区内線で田園中を走っている巾員2.5mの道路に埋設され（赤土で地盤が悪い）ている箇所、南伊豆農協前の直管部分などで（ここでは曲管部分に何の被害もなかった）発生し、この原因については究明中と云われる。

橋台との取付については湯の川橋では桁のずれのためφ200mmの管が破損し、前原橋では取付道路の沈下のため、φ125mmの管が破損した。

家庭でのDistribution pipeの被害、修理については業者が担当している。

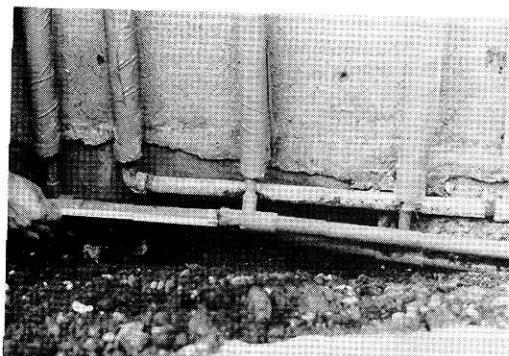


写真14 牛田における民家の水道管の被害(引き抜け1.7cm)

簡易水道のうち、入間、中木、石廊崎では地震直後、ビニールパイプで応急配管し、その後新しく再建している。小浦、妻良の各町では曲げによるとみられる石綿管の折損があり、大瀬町では古い配水池(40t)のコンクリート壁が倒壊した。この配水池は昭和19年頃完成したもので、構造的な欠かんがあったものとみられている。伊浜では小口径の配水管のみが被害を受けたが、僅かであり、二條では始んど被害はなく、下流では被害はなかった。簡易水道の被害の分布をみると

断層より2km程度の範囲及び妻良、小浦などの比較的強い地震動があったと思われる地域に限られていることが分かる。

入間部落より北へ1km~2.5kmの位置にある吉祥簡易水道は南北と東西方向にのびた丁字形の区域に設備されていて、被害は殆んど南北方向であった。南北方向の向きの給水区域は、断層に近い位置にあり、又断層の挙動からすればこの方向は軸力が作用した方向にも当り、之等のことはこの簡易水道での被害の分布に関連があるものとみられる。



写真15 水道管のひきぬけ(南伊豆町大瀬ドライブイン附近)

ii) ガス

都市ガスは稻生沢川左岸にある下田ガス製造所より、6"低圧管で川沿いに送られ、主に下田市旧市内に供給されている。中圧管として径100mm、低圧管として2", 3", 4", 6"の各鋼管が使用されており、2"管を除いては溶接合で、2"管にはソケット接合が採用され、昭和35年に大半の建設を行っている。钢管はアスファルトまたは塩化ビニールで巻き、継手部分は防食テープやアスファルトで巻いてあり、橋梁との取付けには屈曲部分を挿入してある。本管ではソケット接合部を除いて被害はない。ソケットを用いた接合部分ではもぎれ、引抜け、割れがあり、ソケット内部でねじの緩んだものも認められ、軸方向の力の大きかったことを示している。また、本管からの分岐でソケット、サドルの破損があった。本震の数時間後、並列して埋設されている水道管からの漏水が本管に流入し、ガスの供給に支

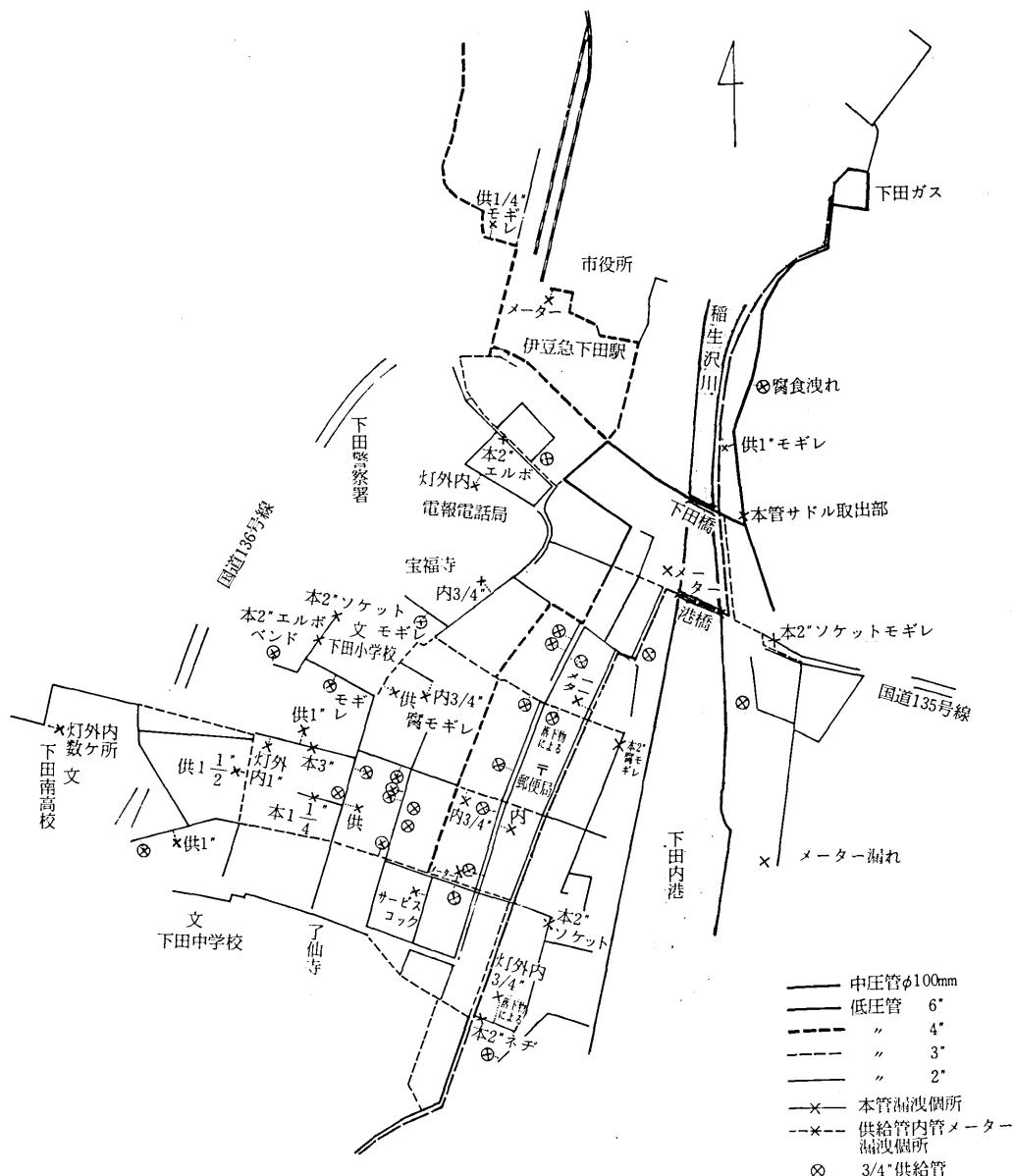


図19 都市ガス被害状況

障を来し、流入箇所の探索と排水に時間と労力を要した。これは管径が2"で小さかったことに関連がある。一方電信電話局、総合庁舎、税務所などの大きな建物の場合、地盤より建物（コンクリート）へ移る部分で被害があった。

ガス製造所の地盤はそれ程よくなかったが、ガスタンク、球形ガスホルダーなどの設備には被害はなかった。地震直後もガスは低圧で供給を続け、供給停止で予想される二次的災害に対処した。復旧に際しては静岡県ガス懇談会の組織が機能し、応援を得て、作業が

急速に進捗したと云われる。

iii) 温泉給湯

下田市では、河内、蓮台寺より稻生沢川沿いおよび旧市内、姉崎に給湯用の配管がある。管径50~200 mmのエタニットパイプが主で、旧市内では道路下深さ60~80cmに埋設されている。26か所の被害があったが、いずれも継目部分で発生しており、フランジ部の塩水による腐食で生じた強度低下が潜在し、地震により破損したものとみられる。このほか、管が埋設されている空石積護岸のゆるみが原因となっているもの、曲管

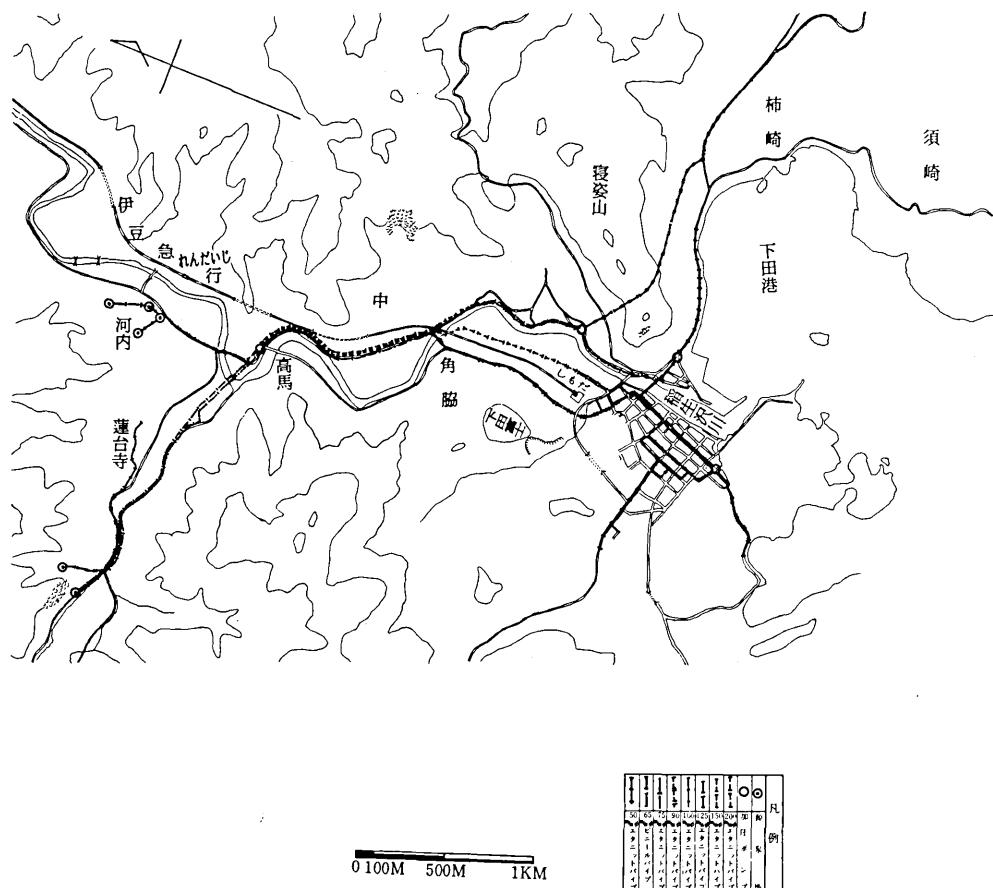


図20 下田市内温泉給湯配管図

部で腐食により管厚の減少が震害を生ずる原因とみられるもの、および水道管と交差接触した部分で破損した例がある。一部で使用されているビニールパイプでは被害はなかった。

被害とは関連しないが蓮台寺地区では、地震後水量が増加し、温度も2℃上昇し、地震直後、湧水が濁り砂が混ったと云われる。

iv) トンネル

石廊崎一中木間の県道の塚城、小城、中木の3トンネルは、いずれも坑口付近のみがコンクリートで巻き立てられ、中央部分はモルタル吹付けのみである。一部軸方向の亀裂もあるが、主に横断方向の亀裂が生じ、かなり広範囲のモルタルの欠落があった。これは、断層と関連があるものとみられる。一色隧道では坑門の頂部に地震によるとみられる亀裂が認められ、東條ト

ンネルではトンネル内落石があった。手石町の弥陀山トンネルでは被害はなく、田牛トンネルでも素掘りにもかかわらず変状は認められなかった。

被害の範囲は以上のことより判断すると極めてせまい地域に限られていることが分かる。

v) 鉄道

伊豆急電鉄では被害はほとんどなかった。運転指令所に設置された地震計が震度V相当の加速度を指示したため、当時運行中の5本の列車には停止指令が出され、徒步による線路の巡視が実施された。下田一蓮台寺間で電柱よりフックで吊り下げられ、支えられていた饋電線が1か所はずれた。これは図に示すように、わづかながら平面形が凹形に饋電線がはられており、しかも支持点の高さがその両側にくらべて低いため、はげしい上下動の作用により、饋電線はフックをはず

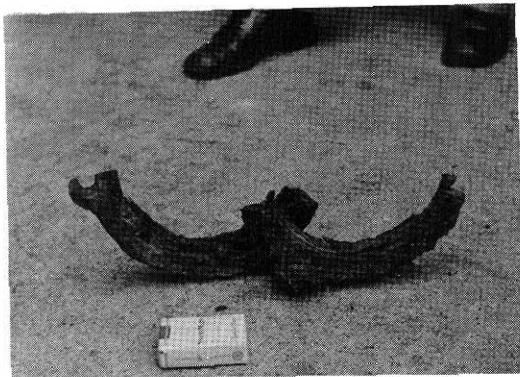


写真16 エタニットパイプのフランジ継手の腐蝕

れたものと考えられている。下田一蓮台寺間の中村架道橋（スパン19.6m）では取付部分の路肩で約10cm沈下し、また同区間では、長い区間での20~30mmの全般的な沈下があった。伊豆急稻生沢橋梁では、左岸の固定支承を囲むコンクリートのマウンドに一部亀裂が入った。列車運転者は低速運行（20km/h）中では地震を感じたが、高速運転（60km/h）中は感知されず、架線及び饋電線の異常な振動によって地震を知ったという報告がある。

vii) 電 力

震害は道路や崖の亀裂、崩落などの二次的原因による被害で、電柱の折損、欠損が主であり、石廊崎一伊

浜間で多い。支柱のずれ、電柱の沈下、傾斜、変台板の移動、引込み線の損傷、上下動が原因とみられる電線の混線などもある。傾斜した81本を含めて電柱の被害は134本で、変圧器にも被害があった。下田変電所では、床版に亀裂が入った程度であった。地震発生後約30時間でほぼ仮復旧を完了している。

主な被害は表3の如くである。

表3

電柱 流失	14本	主に落居、伊浜地区の崖崩れによる
切損	20本	主に中木地区の崩土、落石による
倒壊	19本	
傾斜	81本	
高圧線 断線	53ヶ所	
低圧線 断線	27ヶ所	
変圧機 傾いたもの	84台	
		火災で焼失したもの 3台
引込線 断線	158ヶ所	

vii) 家 屋

家屋の被害はおおむね次の3種類に分類することができる。

① 斜面の崩落や落石により、埋没または倒壊したもの。中木、石廊崎、下賀茂などに見られるものである。

② 地盤や基礎の破壊または移動によって破損した

蓮台寺駅～伊豆急下田駅間き電線垂下被害

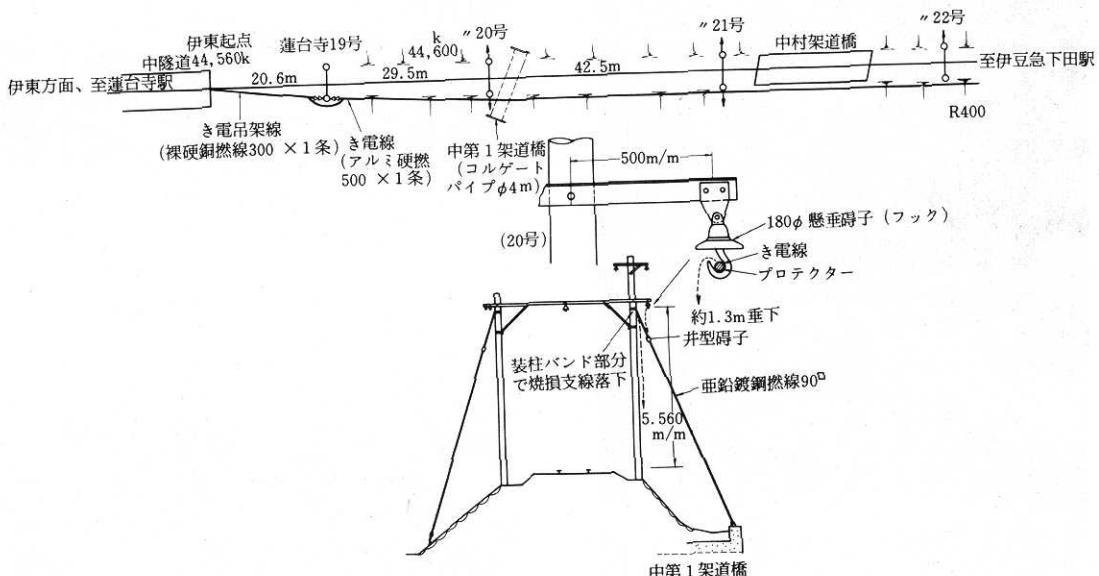


図21

もの。入間にみられる盛土地盤の崩壊や土台石の倒壊、コンクリート基礎上での家屋のずれなどである。断層上の家屋は基礎コンクリートが破壊し家屋がせん断変形したが、振動によるとみられる被害は少ないようであった。

③建物自体の振動によるもの。地域全般にみられるのは、土蔵または土蔵家屋の被害や屋根瓦、棟瓦の崩落で、老朽化した木造家屋の倒壊、傾斜の例も多い。

次に代表的な被害の例を示す。

写真18は石廊崎部落で落石によって破壊した家屋を示している。本部落では断層上にあって被害を受けた家屋の外は、被害は少ない様である。写真19は断

層上にあった稻葉幸雄氏宅（木造2階建モルタル塗り）の修理工事中のもので、コンクリート土台が剪断されずれ且つ上下にくい違いの生じていることが分かる。しかし隣家も含めて特に裂しい震動によって被害を受けた様には見られなかった。一方山上にあるジャングルハウスは大きい建物ではガラスの破損、屋根組鋼材の挫屈などがみられたが、小さい建物ではガラスの破損は見当らず、有用植物園でもガラスの破損はなかった。被害には建物の動的性質が関係していることが推測される。

写真20～22は何れも入間で被災した家屋のもので



写真17 仲木トンネル脇の電柱



写真19 断層上の稻葉幸雄氏宅の被害 (石廊崎)

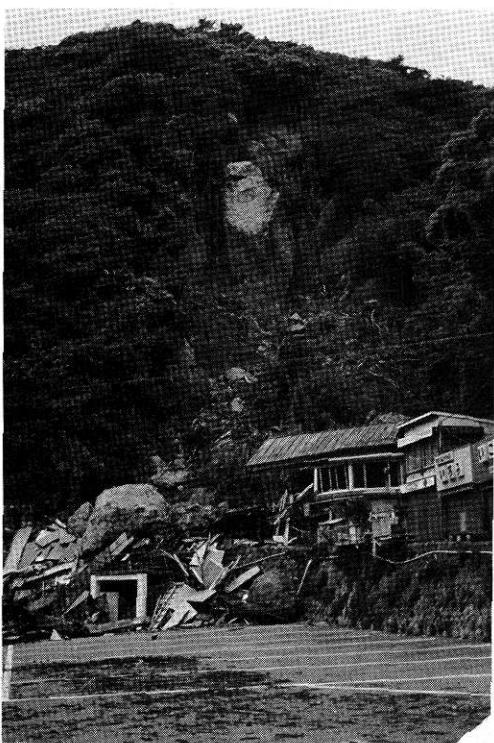


写真18 落石による被害 (石廊崎)



写真20 基礎地盤の崩壊による (入間)



写真21 震動による被害 (入間)

夫々基礎地盤の崩落によって被害を受けた家屋と震動によって被災した一般家屋と土蔵一土蔵で被害を受けた例は非常に多く被災区域全域に分布していることを示している。同程度の震動があった中木で、崩土によって倒壊埋没した14ヶの家屋を除けば、一般家屋の被害は少ないとからして、入間で家屋被害の多かったのは、地盤が砂質土であるためとされている。

写真23は下賀茂の大通り（直線部分）の北側にある商店の内部を撮ったものである。同店の説明によれば、「この建物の地盤は岩盤であり、地震の被害は全く受けず、写真の示す様に棚上の商品は1ヶも落ちなかつた」と云う。又道路をへだてた南側の区域は埋立地であり（ボーリングの結果ではかなり軟弱層は厚いと

の報告がある）この地域の家では冷蔵庫、洗濯機等が転倒した。これは地盤状況が地震動に極めて大きな影響を与えることの証拠である。このことは下田市の旧市内に於ける被害状況と東本郷地区での被害状況の差異にもあてはまり（図16参照）、田牛での家屋の被害の分布が一樣でないことも適合する様に考えられる。

写真24は田牛で見掛けた建築中の家屋で、鉄骨と木材との組合せにより、高い変形性と韌性に加えて、大きい振動減衰性を維持しているためすぐれた耐震性を建物に与えているものとみられる。

この様に家屋の耐震性が増加するに従って、今後室内設備等の耐震性の増加も並行して進めて行く必要がある。

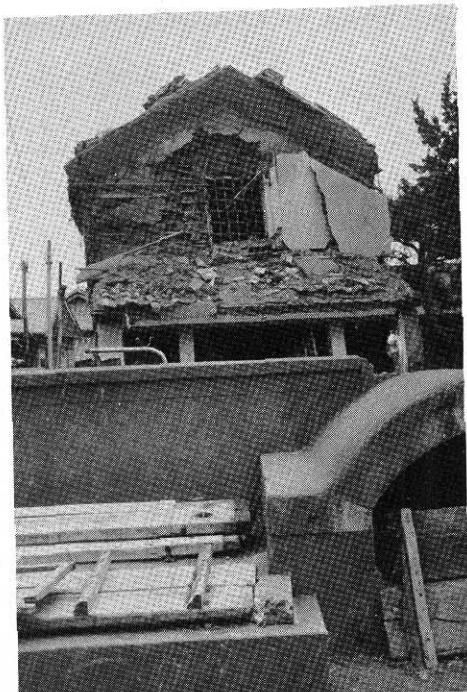


写真22 土蔵の被害（入間）

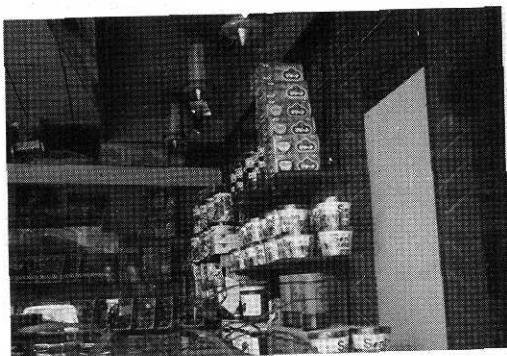


写真23 岩盤上にあった商店の内部（下賀茂）



写真24 建築中の家屋（田牛）

まとめ

以上調査した主な事項について記述したが、被害に対する解釈等について、岡本名誉教授、佐藤、高梨、片山各助教授並びに鈴木講師から、打合せの際貴重な示唆を与えた。特に片山助教授には高橋脚橋梁の被害の項の担当をお願いした。

文中で不適切な意見や不充分な記述はすべて著者の責に帰せられるものである。

最後に本調査に当って便宜と貴重な資料を与えられた運輸省港湾局中村豊氏及び諸機関を下記に記して謝意にかえたい。

下記

静岡県土木事務所
下田市役所
南伊豆町役場
東京電力(KK)沼津支店下田営業所
伊豆急行株式会社
下田ガス株式会社
下田温泉株式会社
(有)伊豆新興ボーリング

参考文献

- 1) 建設省土木研究所災害調査団; 伊豆半島沖地震に於ける土木関係被害調査速報, 土木技術資料16-7 (1974)
- 2) 柴田碧, 藤田隆史, 原文雄; 南伊豆における危険物・火災を中心とした地震被害—1974年5月9日一, 生産研究26巻12号, 1974
- 3) 国井隆弘, 望月利男, 松田磐余, 田村俊和; 1974年伊豆半島沖地震調査報告, 昭和49年7月23日
- 4) 伊豆半島沖地震の震害を見る—建設省建築研究所災害調査報告から一; 建築技術, 1974年8月号, No.276
- 5) 土木学会耐震工学委員会; 1974年伊豆半島沖地震報告, 土木学会誌Vol 59, No.11, 1974
- 6) 伯野元彦; '74伊豆半島沖地震における被害について, 土木学会耐震工学委員会提出資料
- 7) 松田時彦; 1974年5月南伊豆地震の地震断層について, 土木学会耐震工学委員会提出資料
- 8) 松田時彦; 伊豆半島南端部の活断層と地震断層について, 土木学会耐震工学委員会提出資料
- 9) 勝又護; 地震記録について, 土木学会耐震工学委員会提出資料
- 10) 東京大学地震研究所観測班; 震源分布について, 土木学会耐震工学委員会提出資料
- 11) 下村真弘; 伊豆半島沖地震(1974年)による橋梁の被害について、土木施工, 15巻10号, 1974, 9.
(1974年12月19日受理)

東京大学生産技術研究報告 刊予告

第24巻3号(英文)

荒木 基一郎著

STUDIES ON WIRE DRAWING THROUGH TURKS HEAD ROLLS
(Turks Headによる引抜の研究)

Turks Headは、平角線や異形線の引抜に利用されて、普通のダイスによる引抜加工では実現し得ない成果をあげている。原理的には、引抜加工と圧延加工とを組合せた加工法である。

筆者らは、Turks Headの特性を明らかにするために、

- 1) 2個の平ロールによる引抜
- 2) 4個の平ロールによる角線から角線の引抜
- 3) 4個の平ロールによる丸線から角線の引抜
- 4) 2個の平ロールによる丸線から平線の引抜

に関して解析と実験の両面から研究を行ない、その力学的特性を明らかにした。

従来、Turks Headのような組合せ加工を応用した現場技術として、板におけるステッケル圧延・丸線におけるローラダイス引抜などがあり、これらは本論文における自由ロールによる引抜の場合に相当する。しかしこれらは限定された境界条件のもとの加工法であり、それらのもつ利点に比して利用範囲が狭い。

本研究では、Turks Headのロールを駆動可能にした引抜圧延装置を用い、後方張力・後方押込力やロールトルクなどの境界条件を大幅に変えた場合に関する変形機構を、総合的に明らかにした。これらの研究成果は、従来の加工技術を再検討するうえに役立つだけでなく、形材の圧延や、他の複雑な断面形状材の加工にも応用可能な基礎技術となり得るし、さらに今後の課題である押出・引抜・圧延を組合せた最適加工問題を考えるうえにも役立つ点が多い。

(昭和50年2月下旬発行予定)