177

ISSN 0386－5878
土研資料第1422号

土木研究所資料

1978年6月宮城県沖地震被害調査概報

昭和53年10月

建設省土木研究所
地震防災部・振動研究室

ま　え　が　き

昭和５３年６月１２日午後５時１４分頃、宮城県金華山の東方沖約６０kmの海底に震源をもつマグニチュード7.4の地震が発生した。この地震は気象庁により、１９７８年宮城県沖地震と命名された。我国では1968年十勝沖地震（M=7.9）以来の大規模な地震で、宮城県を中心として、死者２７名を出すほか、各種の施設に多大な被害をもたらした。

本資料は、当研究室が地震発生直後から約３カ月間に実施した、主に公共土木施設の地震被害に関する調査の中間結果を報告するものである。内容は、地震、地震動、河川・道路の被害、地盤震害等を含んでいる。

なお、当研究室では、地震動の特性と強度、土木構造物の被害、地盤流動化等に関して、より綿密な現地調査および解析調査を実施している。これらの成果については、機会を改めて報告する予定である。

昭和５３年１０月

地震防災部振動研究室
室　長　岩　崎　敏　男
研究員　川　島　一　彦
研究員　常　田　賢　一

目　　次

まえがき

1. 地震の概要 …… 1

2. 宮城県の地形および地質 …… 7

3. 地震動強度 …… 17

3－1 強震加速度記録 …… 17

3－2 墓石転倒から推定した地震動強度の分布 …… 19

4. 被害の概要 …… 40

5. 河川関連施設の被害 …… 43

5－1 概　要 …… 43

5－2 河川堤防の被害 …… 43

5－3 堰、水門の被害 …… 48

6. 道路関連施設の被害 …… 77

6－1 道路橋の被害 …… 77

6－1－1 道路橋全般の被害状況 …… 77

6－1－2 道路橋の代表的被害の状況 …… 77

6－2 道路盛土および斜面崩壊 …… 98

7. 地盤震害（特に砂質地盤の流動化） …… 141

7－1 概　要 …… 141

7－2 地盤震害 …… 141

7－3 流動化地点の状況 …… 146

7－4 地盤震害のまとめ …… 151

8. その他の被害 …… 193

9. まとめ …… 198

謝　辞 …… 199

参考文献 …… 200

1．地震の概要

昭和53年6月12日午後5時14分頃宮城県金華山東方沖約60km に震源を持つマグニチュード7.4 の地震が発生し、気象庁により「1978年宮城県沖地震」と命名された。各地の震度は図1－1に示す通りであり、仙台、福島、大船渡、新庄で震度5の強震、東京、千葉、前橋、秋田、盛岡、八戸等で震度4の中震であった。

本震後、余震と思われる地震が同海域に生じた。有感地震は表1－1に示す通りであり、時間別および日別の有感地震の発生回数は図1－2に示すように減少した。一連の余震の中で最も震度の大きかったのは、6月14日午後8時34分の地震で、福島で震度4、大船渡、宮古、盛岡等で震度3であった。

気象庁による本震および余震の発生位置は図1－3に示す通りである。この図には1968年2月20日の宮城県沖の地震（M=6.7）による本余震位置も示されている。2月の地震の本震は東経142度12分、北緯38度45分、今回の地震は東経142度13分、北緯38度9分とされているので、今回の地震は2月の地震のほぼ60km程真南に下がった地点で生じたことになる。

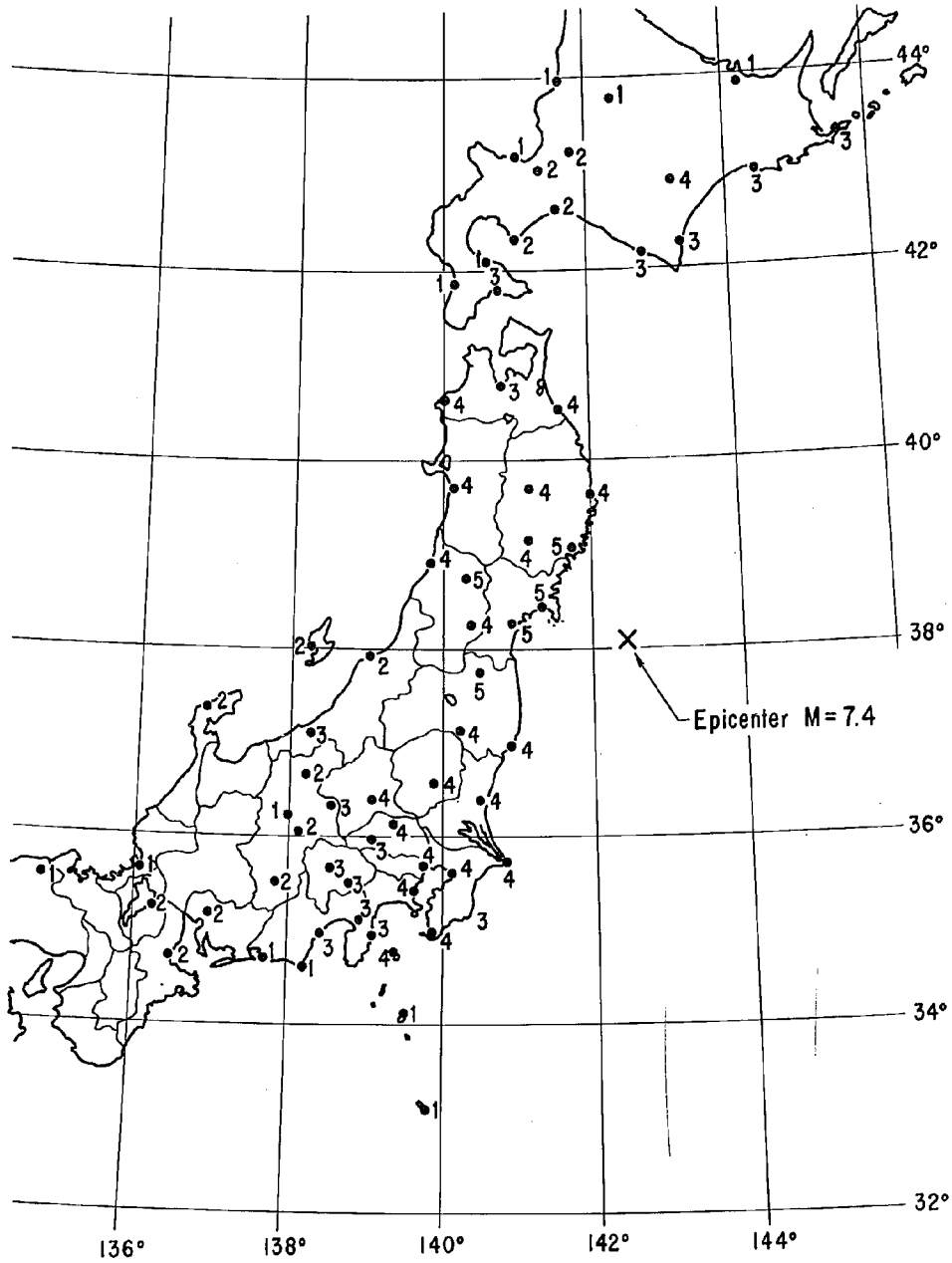
東北地方を中心とする過去の地震（M≧6.5）発生状況は図1－4に示す通りであり、今回の地震の発生した金華山沖は非常に地震発生頻度の高い地域であることがわかる。

余震観測に関しては東北大学を中心として詳細な調査が実施されつつある〔1～5〕が、図1－5は増田ら〔1〕による6月13日から6月30日までの余震分布を示したものである。また、図1－6は瀬野〔3〕によって提案された今回の地震の断層モデルである。このモデルでは、断層面の大きさは長手方向に80km、短辺方向に30km、デイップ・アングルは20度とされている。また、図1－7は相田により津波の数値計算に基づいて提案された長手方向に65km、短辺方向に25km、デイップ・アングル20度の断層モデルである。いずれの断層面も西端が牡鹿半島先端近くまで伸びているのが注目される。

なお、本震直後の午後5時21分に気象庁により津浪警報が発令されたが、津浪による海面水位上昇の最大値は、宮古で18cm、大船渡で12cm等と小さく、これによる実質的な被害はなかったため、午後8時30分までに解除されている。

表１－１　宮城県沖地震の有感余震（気象庁による）

No.	日	時　間	震度	気　　象　　台	震源（漸定値）		深　さ（km）
					北　緯	東　経	
1	12	１７時４９分	Ⅰ	大船渡			
2	12	１８時０８分	Ⅰ	大船渡、福島			
3	12	１８時１３分	Ⅱ Ⅰ	大船渡、宮古、八戸、福島 石巻、盛岡、仙台、白河、小名浜 宇都宮、東京	38.5°	142.4°	40
4	12	１８時１９分	Ⅰ	大船渡			
5	12	１８時４０分	Ⅲ Ⅱ Ⅰ	大船渡 石巻、宮古、盛岡 仙台、福島、東京	38.4°	142.2°	40
6	12	１８時５２分	Ⅰ	大船渡			
7	12	２０時０９分	Ⅰ	大船渡			
8		２０時１４分	Ⅱ Ⅰ	大船渡 仙台、盛岡、宮古、福島、白河	38.3°	142.2°	50
9	12	２２時０５分	Ⅰ	福　島			
10	12	２２時３０分	Ⅰ	大船渡			
11	12	２３時４３分	Ⅰ	大船渡			
12	13	１６時１５分	Ⅰ	大船渡、石巻	38.4°	141.6°	60
13	13	１８時３７分	Ⅰ	大船渡			
14	13	２３時１１分	Ⅰ	石　巻			
15	14	００時００分	Ⅰ	大船渡			
16	14	０４時４３分	Ⅰ	大船渡			
17	14	０５時４５分	Ⅱ Ⅰ	福　島 白河、石巻、大船渡	38.1°	141.9°	40
18	14	０６時２３分	Ⅰ	大船渡、石巻	38.5°	141.8°	40
19	14	１２時３６分	Ⅰ	大船渡	38.3°	142.1°	60
20	14	１２時４７分	Ⅰ	大船渡	38.3°	142.2°	60
21	14	２０時３４分	Ⅳ Ⅲ Ⅱ Ⅰ	福　島 大船渡、宮古、盛岡、一ノ関、石巻 東京、酒田、仙台、宇都宮、新庄 山形、熊谷、小名浜、青森、千葉 八戸、水戸 秋田、館山、横浜、浦河、甲府 釧路、名古屋、小樽、帯広、森 前橋、相川、新潟、銚子、室蘭	38.3°	142.3°	40
22	15	０５時４６分	Ⅰ	大船渡、石巻	38.5°	142.1°	40
23	15	０９時４５分	Ⅰ	石　巻	38.3°	142.1°	30
24	16	００時０３分	Ⅲ Ⅱ Ⅰ	福　島 仙台、宮古、大船渡、水戸、白河 石巻 盛岡、小名浜	38.0°	141.8°	40
25	16	０８時５４分	Ⅰ	石巻、大船渡	38.0°	142.0°	40
26	16	２２時４０分	Ⅰ	大船渡、石巻、福島	38.0°	141.8°	40



Distribution of Seismic Intensities
(Off Miyagi Prefecture Earthquake 1978.6.12)

図1－1　1978年6月宮城県沖地震による各地の震度（気象庁による）

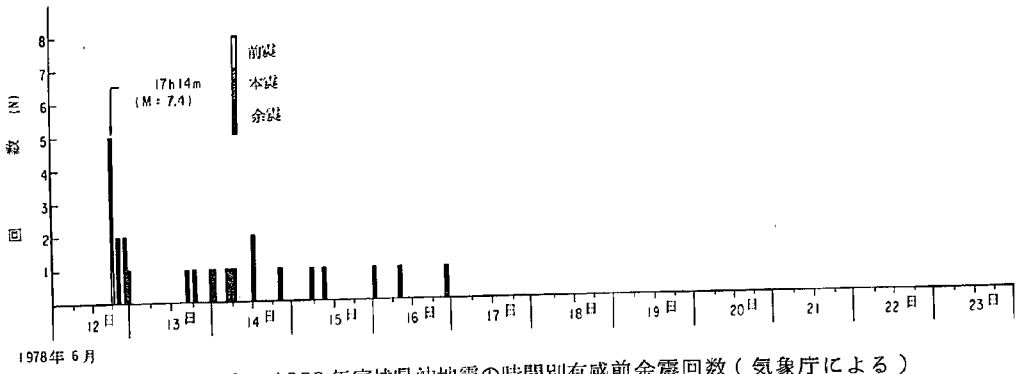
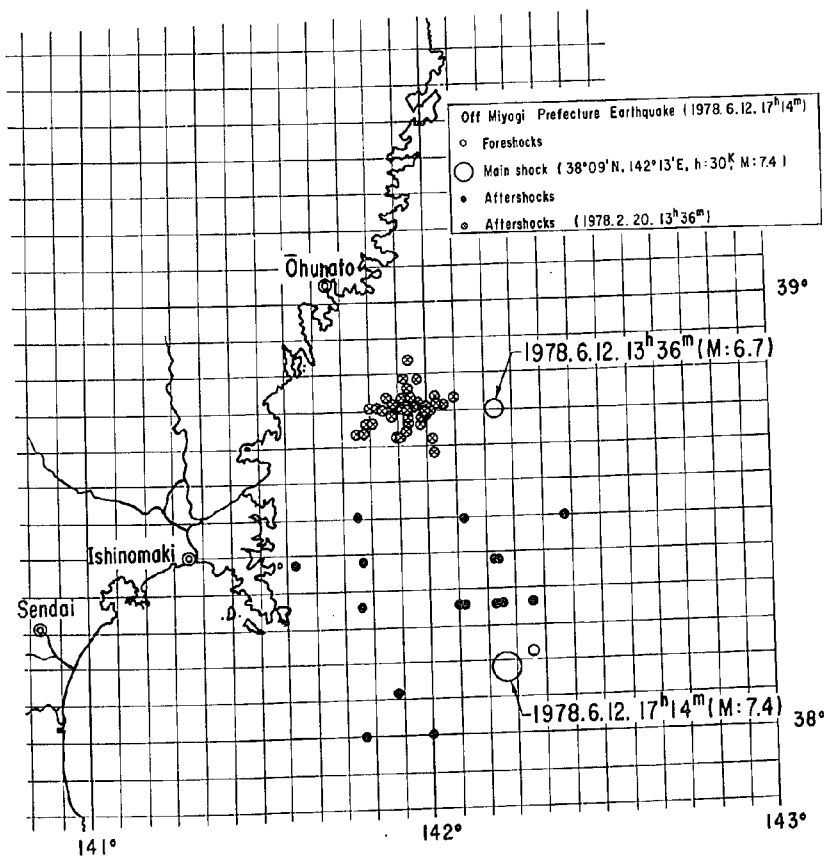


図1－2　1978年宮城県沖地震の時間別有感前余震回数（気象庁による）



Distribution of Epicenters

図1－3　余震の分布（気象庁による）

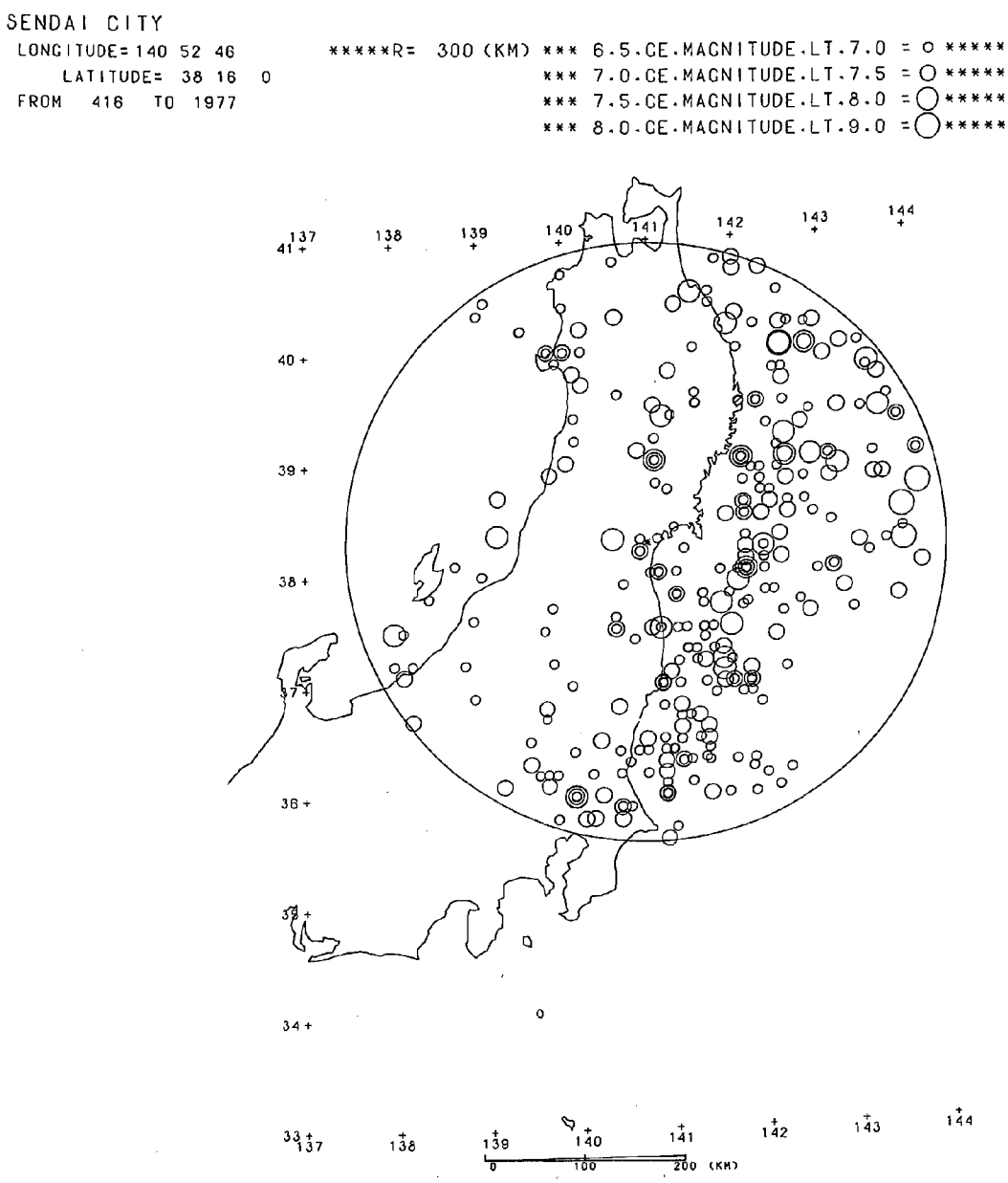


図１－４　仙台を中心とする過去の地震発生状況〔 416～1977年 〕
（気象庁のデータによる）

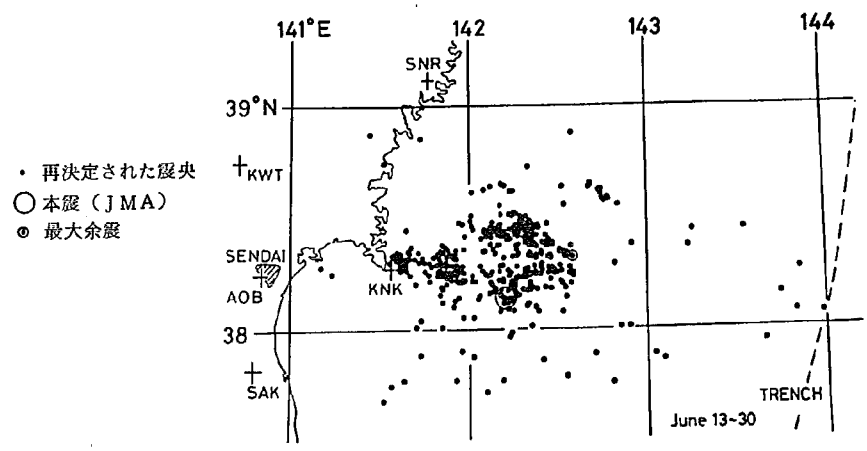


図１－５　余震分布（増田らによる）

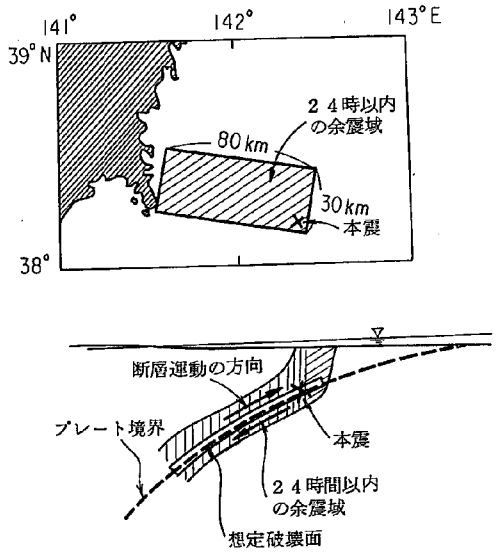


図１－６　1978年宮城県沖地震の断層モデル
の一例（瀬野らによる）

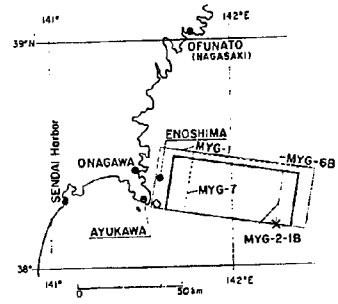


図１－７　断層モデル（相田による）

2．宮城県の地形および地質

宮城県内の地形および地質については各種の資料があるが、ここでは建設省計画局および宮城県が昭和40年に作成した「仙台湾臨海地区の地盤　都市地盤調査報告書　第10巻」〔6〕をもとにして以下に簡単に概要を紹介する。

宮城県内の地形学的および地質学的要素は、次のように大別される。すなわち、図－2.1は仙台湾臨海地帯の地質概要を示したものであるが、東部に中・古生代の地層からなる北上山地を擁し、その西南側に沿って北上川が南下するとともに多数の内陸平野を連ねて石巻海岸平野まで続いている。また、これらの内陸平野群の西南部には、第三紀および洪積世の火山噴出物からなる山地（奥羽山脈）が続き、その頂上や斜面には洪積世の砂レキ層がのっている。この洪積層の一部は段丘レキ層として仙台市街地を作っている。さらに、この西部山地の東側の阿武隈川以北から松島湾にかけて宮城野平野が広がっている。

中・古生代層からなる北上山地では、新生代の火山活動もなく安定した地塊であるために大きな河川は生れず、従って大きな平野も造成されなかった。これに反して、西部では新生代の地殻運動が激しくて、火山活動が相次ぎ、海になったり陸になったりして、種々の地層が山地を形成し、またこれが侵食されている。そして、これら中・古生代層の地塊と第三紀層の地塊との間に存在する北上川平野は、中小平野が連続してできたものであり、これらの個々の平野は第三紀層および第四紀層の山地から流出し、北上川に合流する諸河川によって造成されたものである。また、宮城野平野の平野形成の大きな原因となったのは、洪積世後期もしくは沖積世前期に起ったといわれる利府～長町構造線の断層運動である。この利府～長町断層により陥没した仙台市の臨海部では、広瀬川、名取川、七北田川などの諸河川により西部山地から堆積物が運搬されて平野が造成されたと云われている。

図－2.2は、仙台～松島～石巻にかけての地質断面図を模式的に描いたものであり、地質の変化がよくわかる。

図－2.3および図－2.4は、それぞれ宮城野平野および石巻平野を表2－1に示す地形区分にしたがって分けたものである。これによれば、仙台湾に沿って発達する平野の大部分は、沖積世の最大海進以降の海退期に形成された沖積海岸平野であり、海岸部では浜堤の発達、河川部では延長河川による砂レキの堆積や河川の氾濫時に形成された自然堤防など特徴のある微地形相を示していることがわかる。そして、阿武隈川以北、松島湾までに発達する宮城野平野および松島湾以北、石巻にわたり発達する石巻平野の特徴としては、両平野とも沖積世海進以降の海退に伴って陸化され、形成された沖積海岸平野であること、および平野は海岸から内陸部に向って、a）現海浜、b）3帯の浜堤群、c）後背湿地あるいは河川氾濫原、d）平野後背段丘地域、e）丘陵・高位段丘地帯、f）山地の6種類の配列となっていることがあげられる。

宮城野平野および石巻平野の生成過程をみると、海進時のレキ層、砂層の堆積、海退時の泥炭層の堆積、その上の氾濫原の堆積、さらには砂丘の生成といった歴史的な変化が水平垂直的に残されている。すなわち、図－2.5および図－2.6はそれぞれ、宮城野平野および石巻平野の地質概念図を示すものである。まず、宮城野平野を地形・地質的に大別すると次のようになる。

表－2.1　仙台・塩釜・石巻地区の地形区

仙台平野	A　宮城野平野	A1　中野・蒲生・荒浜・相の釜臨海部低地	A1a　中野低地 A1b　七北田川下流低地 A1c　荒浜低地 A1d　名取川下流低地 A1e　相の釜低地
		A2　苦竹・高砂・山王・霞の目低地	A2a　苦竹低地 A2b　高砂・山王低地 A2c　霞の目低地 A2d　七北田川谷底平野
		A3　名取耕土低地	A3a　広瀬川・名取川デルタファン A3b　名取低地 A3c　岩沼低地 A3d　山麓部低地
		A4　広瀬川・名取川河岸段丘	A4a　台の原段丘 A4b　上町段丘 A4c　中町段丘 A4d　下町段丘
		A5　平野周辺部段丘	A5a　七が浜段丘 A5b　多賀城段丘 A5c　小豆島段丘
	B　石巻平野	B1　釜・矢本臨海部低地	
		B2　砂押・谷地中・稲井低地	B2a　砂押低地 B2b　谷地中低地 B2c　稲井低地
	C　平野周辺部丘陵・山地	C1　国見・青葉山・高館山台地	C1a　国見台地 C1b　青葉山台地 C1c　高館山台地
		C2　平野周辺部丘陵	C2a　七が浜丘陵 C2b　松島・桃生丘陵 C2c　七北田丘陵 C2d　鹲山台地
		C3　北上山地南端部	

山 地 帯：海抜１５０ｍ以上の山地で、安山岩分布地を主とする。

丘陵地帯：海抜３０～１５０ｍの丘陵地で、第三紀の凝灰岩・泥岩類を主とするもので、一部に中生代の粘板岩も分布している。

段丘地帯：海抜３０～９０ｍの河岸段丘地で、第三紀基盤岩の上に段丘レキ層がのっている。

平野地帯：海抜０～１５ｍの平野で、第四紀のローム・泥炭・砂・レキ層などの分布地。

砂丘地帯：海岸に沿って、小規模な砂丘がほぼ２列に発達し、その間に低湿地帯が認められる。

また、石巻平野の地形・地質の特徴には、宮城野平野と共通するものが多く、次のように大別できる。

山 地 帯：北上川河口左岸地区の海抜１５０ｍ以上の山地で、中生代の粘板岩を主とする。

丘陵地帯：北上川河口右岸の日和山地区から須江～広渕～矢本地区にかけて、ほぼ半月形に点在、分布する海抜５０～１００ｍの丘陵地で、第三紀中新世～鮮新世のレキ岩・凝灰岩類を主とする。

平野地帯：海抜１～５ｍの海岸平野で、第四紀のローム、泥炭、砂などの分布地であり、局部的に軟弱地盤になっている。

砂丘地帯：海岸に沿ってほぼ２列に発達している海抜１～３ｍの砂丘分布地であるが、長浜海岸の背後地になっている山地のふもとには、海抜２０ｍに近い規模の大きいものもある。

次に、宮城野平野および石巻平野の両平野の地盤の性状の概要は以下の通りである。まず、石巻平野は北上川の沿岸に分布する内陸平野群の末端に位置するものであり、大河川のゆったりとした流れによって供給された中粒～細粒の堆積物で構成されている。これに対して、宮城野平野は権現森、佐保山などの山地から流出する広瀬川、名取川などの比較的短い河川が砂レキを運び込んで台の原、上町、中町、下町の４段の段丘を作ったうえ、沖積世になって、粗粒の土砂が厚く堆積し、平野として形成されたものである。しかし、１００～２００ｍの高度しかない七北田丘陵から流出する七北田川の流域では、粗粒の砂や砂レキは少なくて、湿性地や泥炭地が多いと言われている。

地質学的な地層区分と比較しながら、両平野の地盤を構成する地層を区分すると表－２.２のようにまとめることができる。

宮城野平野および石巻平野の両平野について、表－２.２で区分された、最上部層、上部砂層、上部粘土層および上部粘土基底砂層の等厚線を示したのが、それぞれ図－２.７、図－２.８および図－２.９である。また、各地盤地質構成層の上下関係は図－2.10に示されている。

表－2.2　仙台湾臨海地帯の地盤地質区分と地質学的区分との関係

時代			地盤地質区分		地質学的区分	
					仙塩地区	石巻地区
新生代	第四紀	完新世（冲積世）	最上部層	Um	深沼層、霞の目層、福田町層（1部）	雲雀野層、中埣層、沼向層
			上部砂層	US	岩切層（1部）、霞の目層（1部）	釜層
			上部粘土層	UC	福田町層（1部）	
			上部粘土基底砂層	UCs	岩切層（1部）	
		最新世（洪積世）	洪積土壌層	Ds	下町レキ層	
			下部砂レキ層	LS		釜層（1部）
			または下部砂・粘土互層	LSc		
			下部粘土層	LC		蛇田層（1部）
			最下部層	Lm	若林粘土層、蒲生層（1部）	蛇田層（1部）
			基盤土層（中・古期洪積層D）	B	蒲生層（1部）、青葉山レキ層	
	第三紀	鮮新世中新世	基盤岩層（第三紀層T）（古期岩類層O）	BR	竜口層、亀岡層	小牛田層、広淵層 日和山層
中生代	三畳紀				利府層	稲井層

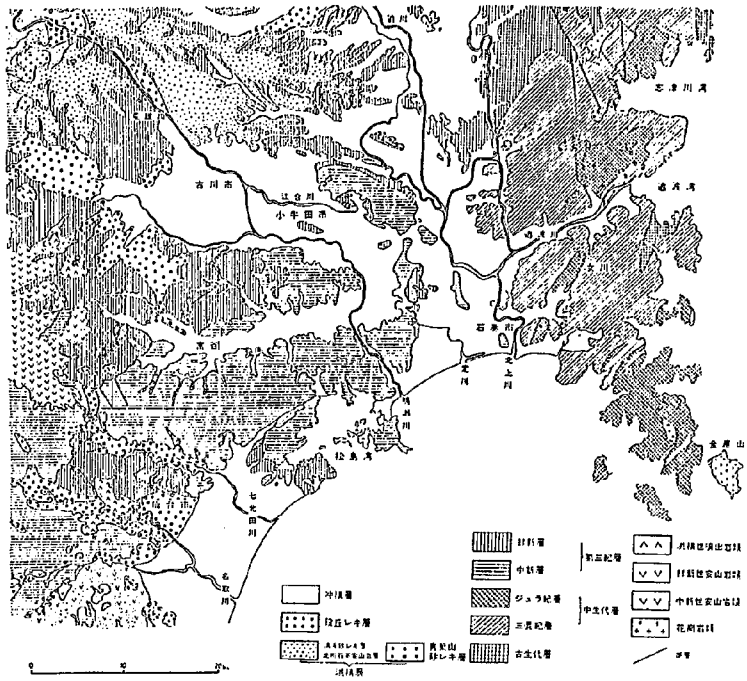


図２－１　仙台湾臨海地帯の地質概略図

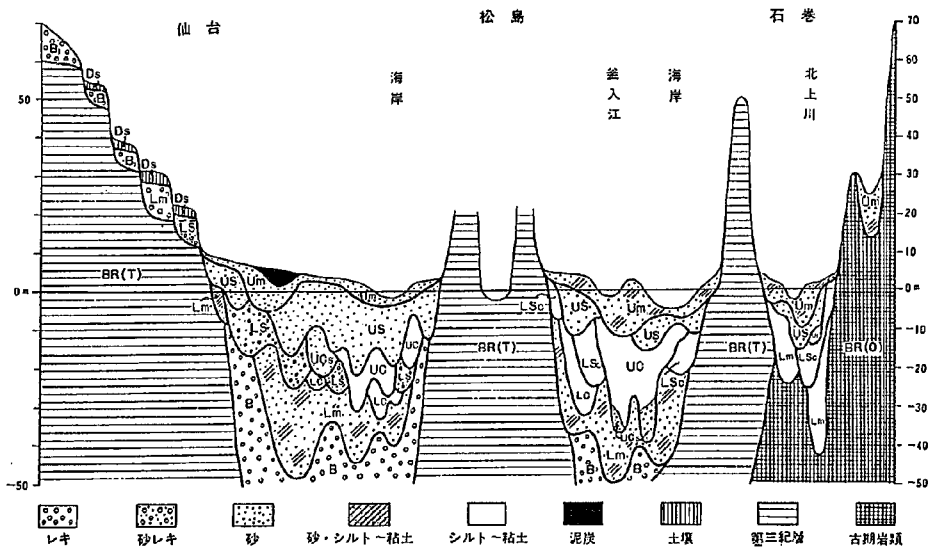


図２－２　仙台湾臨海地帯の模式断面図

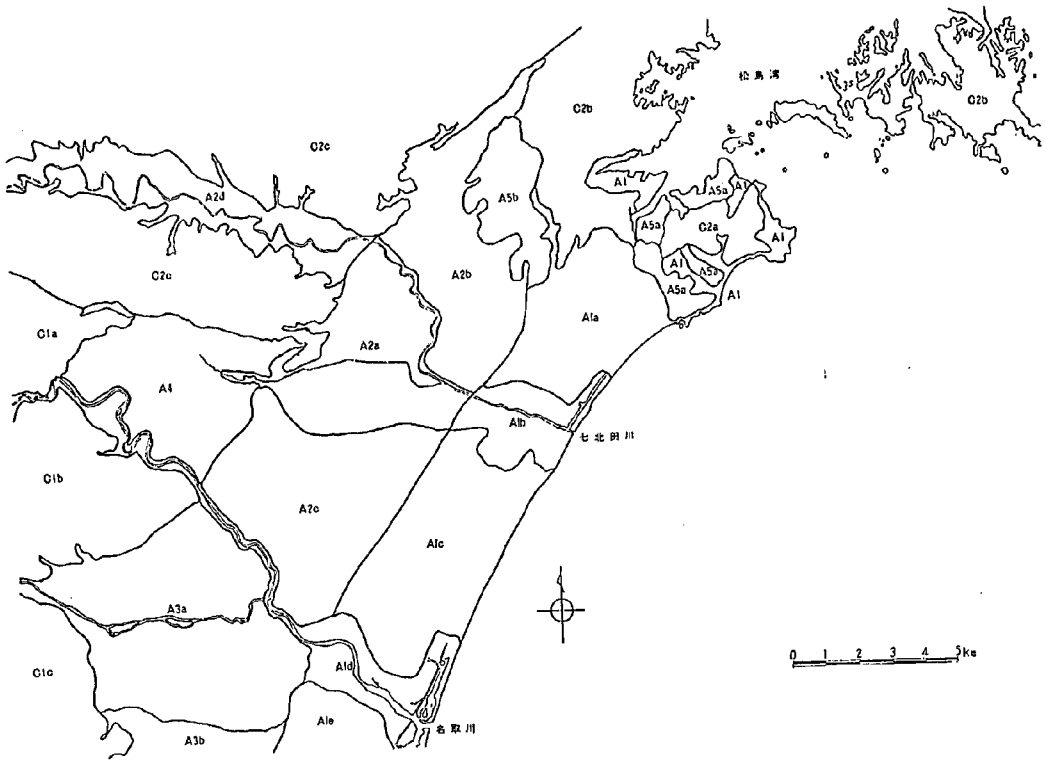


図２－３　仙塩地区の地形図

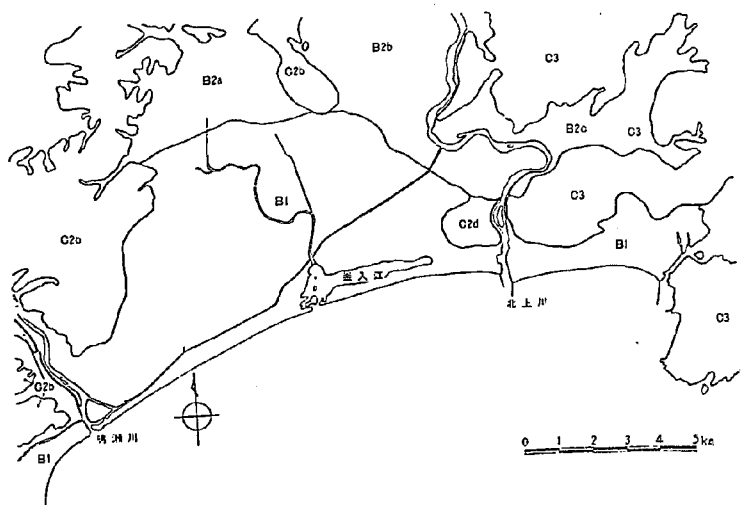


図２－４　石巻地区の地形図

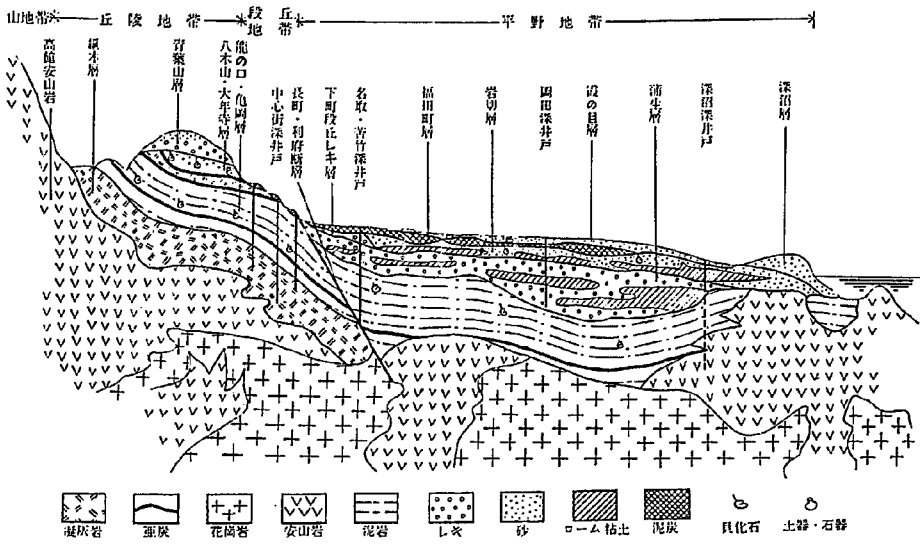


図２－５　仙塩地区の地質概念図

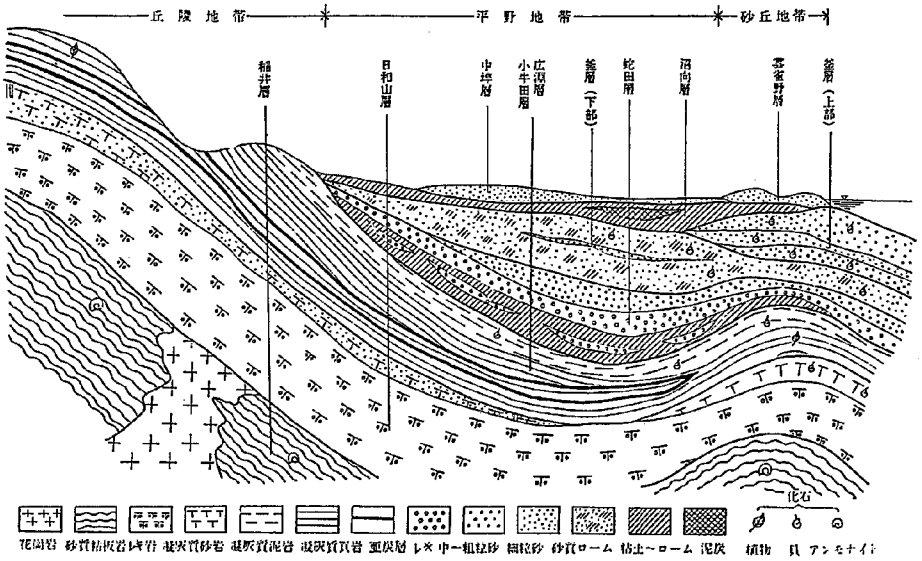


図２－６　石巻地区の地質概念図

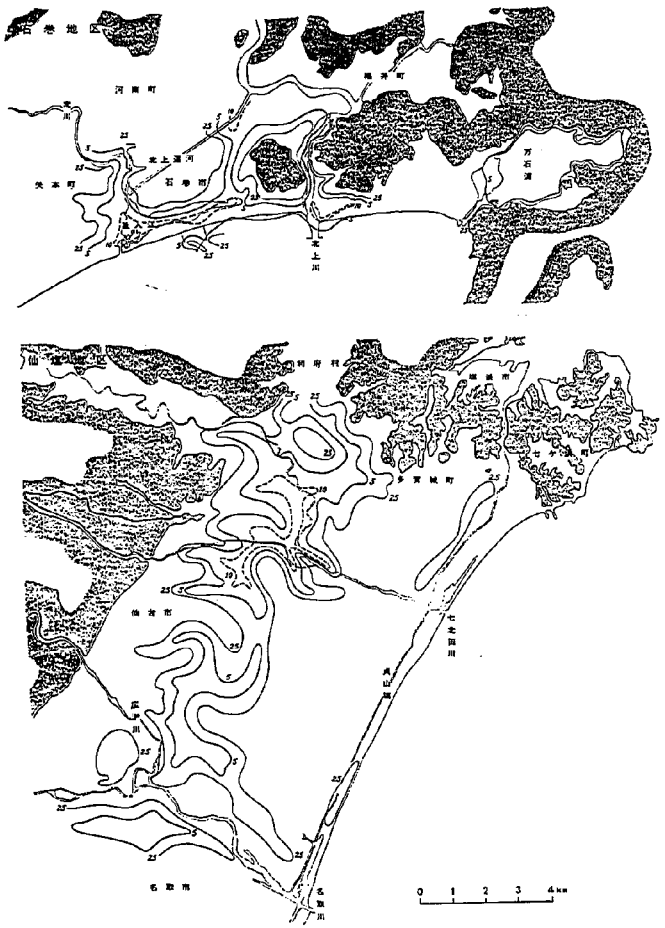


図２－７　最上部層の等厚線

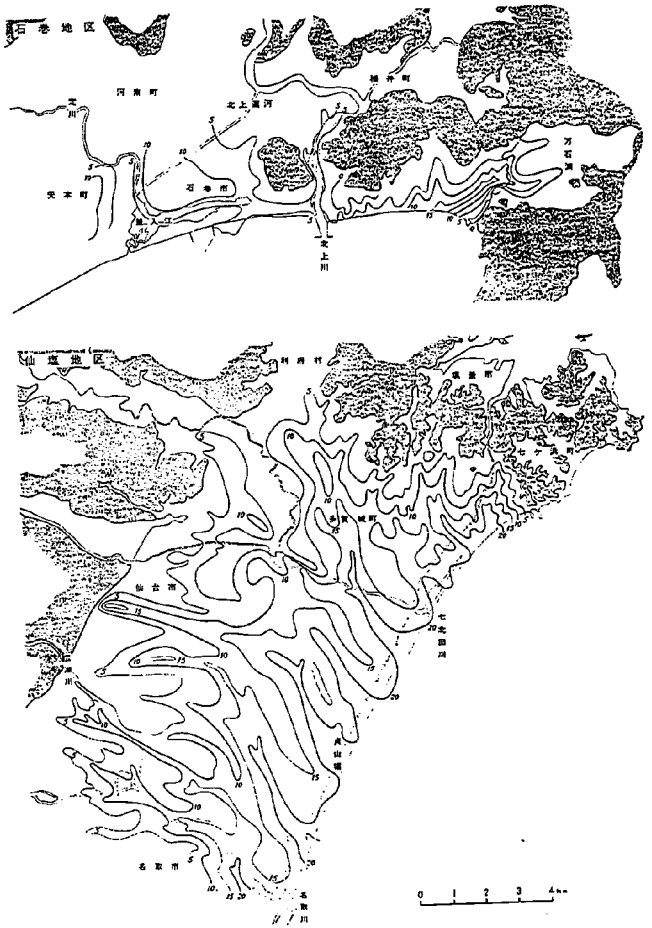


図２－８　上部砂層の等厚線

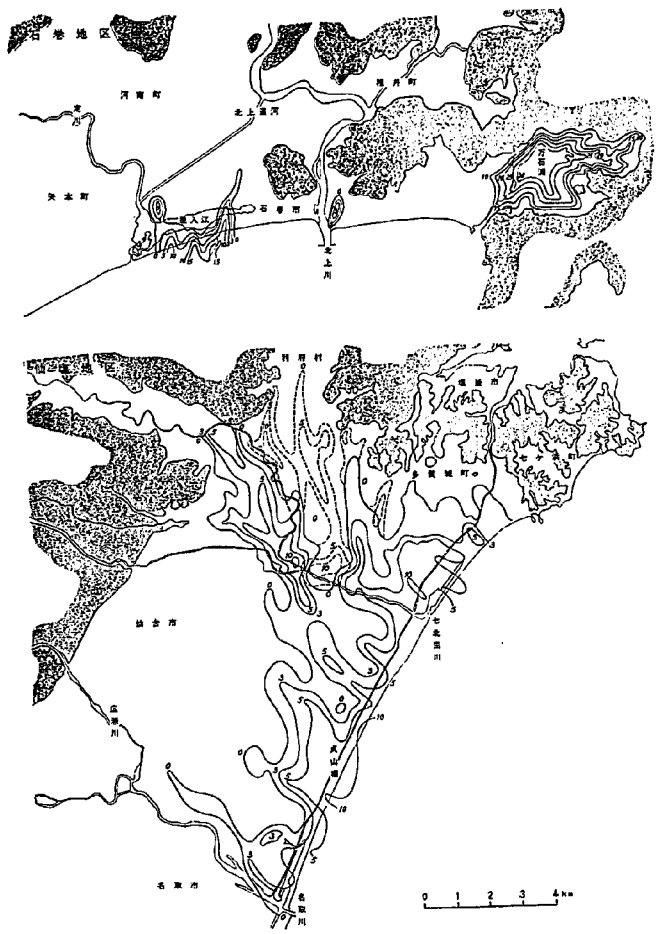


図２－９　上部粘土層（実線）および上部粘土基底砂層（破線）の等厚線

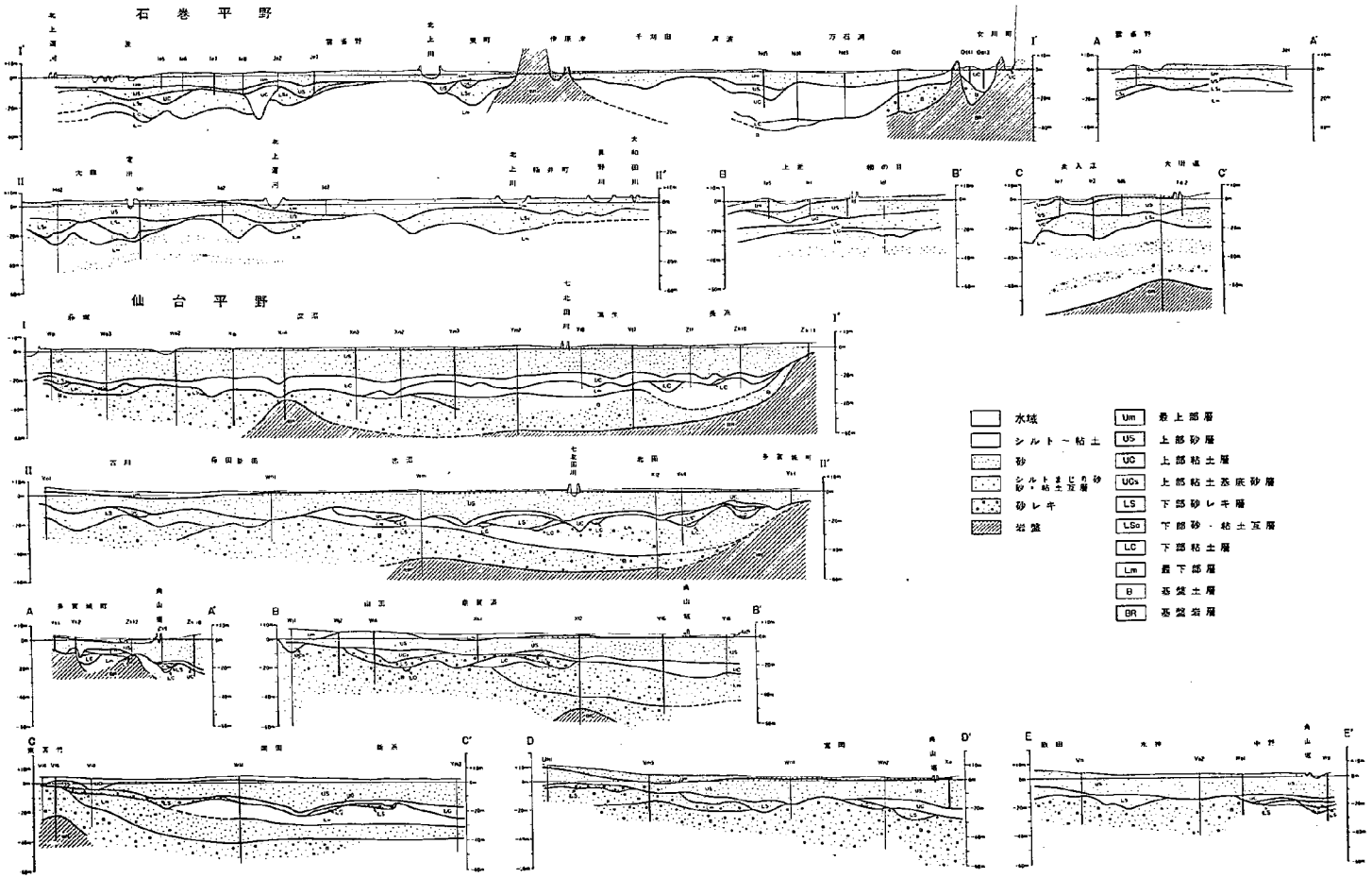


図２－１０ 仙台湾臨海地帯地盤地質断面図

3．地震動強度

3－1　加速度強震記録

宮城県を中心として岩手県、福島県等に設置されていた工学用強震計が各地で作動し、多数の強震記録が得られた。建設省（土木関連）および運輸省（港湾関連）が所掌する道路橋、ダム、港湾施設等の土木構造物に設置されたＳＭＡＣ型強震計が記録した地盤上および構造物上の最大加速度を示すと図３－１の通りである。これより、宮城県の石巻市－塩釜市－仙台市にかけては２４０～３００gal、岩手県東部沿岸地域で100～１７０gal程度の地盤加速度（水平成分の最大値）であったことがわかる。

また、地盤上の最大加速度と震央距離の関係を図３－２に示す。全体的な傾向としては、距離の増大とともに加速度が急激に減少していくが、同一距離であっても加速度値に大きな差異（２～３倍の幅がある）が現われている。この差は震源から観測点までの伝播経路の特性、観測点近傍における地盤の特性等によるものと考えられる。

(1)　開北橋の強震記録

開北橋は宮城県石巻市の一般県道河北～北上線と旧北上川の交差部に架かる橋長　２８５ｍの５径間連続の鋼ボックスガーター橋である。一般図は図３－３に示すとおりであり、Ｐ１が固定沓、その他(LA、Ｐ２、Ｐ３、Ｐ４、RA)は可動沓となっている。ただし、可動沓にはＰ４を除きダンパー（KSB 制動器、最大支持力４０ton、最大変位±５０㎜）が取付られている。地盤条件は図３－３に示したように左岸側では風化岩が露頭しており、Ｐ１、Ｐ２はそれぞれ直接基礎、ケーソン井筒基礎により岩着している。風化岩層は右岸側へは除々に傾斜して沈み込んでおり、右岸側橋台位置では約３７ｍの沖積堆積層が存在している。

強震計（SMAC－B２型）はＰ２の天端に一台、Ｐ２から約３０ｍ離れた左岸上流側の河川敷に一台それぞれ設置されている。写真３－１、３－２はそれぞれ開北橋の全景および地盤上の強震計とＰ２上の強震計の位置関係を示したものであり、写真３－３、３－４はそれぞれ強震計の設置状況の詳細を示したものである。

図３－４は強震記録を示したもので、地盤上の最大加速度は橋軸方向には１９１gal、橋軸直角方向には２９１galであり、このうち５０gal以上の地震動の継続時間は約１３秒である。一方、橋脚天端での最大加速度は橋軸直角方向には３３８gal であり、橋軸方向には強震計の許容限界加速度　５００gal を超えた振動が発生したため記録ペンが支持機構からはずれ、橋脚の振動応答の全容を記録することができなかった。

このように強い地震力を受けたにもかかわらず、開北橋は上部構造、下部構造ともに被害を蒙っておらず、写真３－５に示すような固定沓（Ｐ１）の敷きコンクリートが破損するとともに、写真３－６に示すようなタンパー支承の敷きコンクリート（強震計の設置されている Ｐ２）が剥離し、アンカーボルト（直径３２㎜）４本が変形（左岸側へ１㎝変形して移動）した程度にとどまったことは特筆に値すると思われる。また、ダンパー支承が破損していることから、地震時にダンパーは固定沓として作動したの

ではないかと考えられる。一般に、ダンパーは桁が地震により励振された後に、桁と橋脚天端の応答速度の差におおむね比例した減衰力を発揮するよう設計される。開北橋のダンパーは相当腐蝕しており、今回の地震ではこのような設計上想定した機能を発揮したとは考えられないが、ダンパーそのものが動かなくなっていたため、あたかも固定沓として機能し、地震力を各ピアーに分散させたことが、非常に有効であったと考えられる。写真３－７は左岸橋台上の沓およびダンパーである。

図３－５および図３－６はそれぞれ橋脚上および地盤上の強震記録の加速度応答スペクトル比曲線βを示したものである。また、図３－７は図３－４に示した地盤上の加速度記録を４秒ごとに区分し、それぞれの時間間隔内で振動数成分がどのように変化しているかをパワースペクトルで表わしたものである。これより、橋軸方向、橋軸直角方向とも初動の４秒間では約３Hz の地震動が卓越していること、この初動の４秒間がその後に続く地震動に比較して加速度レベルでは非常に優勢なパワーをもっていたことがわかる。なお、開北橋に関しては地盤調査を含めて、記録の詳細な解析を現在実施中である。

(2) 樽水ダムの強震記録

樽水ダム（宮城県名取市高館川上字長畑）は昭和５１年に完成した堤高４３ｍの中心コア型フィルタイプダム（図３－８　一般図、写真３－８）であり、主要諸元は表３－１に示す通りである。強震計（SMAC－E2型）は図３－８に示すように、ギャラリー内に１台、堤頂上に１台それぞれ設置（設置は昭和５０年末）されていたが、今回の地震では堤頂上の強震計が不調のため、ギャラリー内の強震記録だけが採取された。図３－９がこの強震記録であり、図３－10はその加速度応答スペクトル比曲線βを示したものである。また、図３－１１は加速度記録を４秒間ごとに区分し、それぞれの時間間隔内で振動数成

表３－１　樽水ダムの主要諸元

位置	宮城県名取市高館川上字長畑	河川名	一級河川名取川水系増田川
型式	中心コア型フィルダム	基礎地質	角礫凝灰岩及び安山岩の互層
堤高	43.00m	堤頂長	256.50 （左岩止水工120.00ｍ）
堤頂巾	10.00m	堤頂標高	E.L.64.00m
堤体積	550,800㎥	のり面勾配	上流側　1：3.7 下流側　1：2.4
グラウト ギャラリイ延長	479.70m	グラウト延長	32,400.00m
洪水吐設計流量	240㎥／s	調節水門	ローラゲート巾　3.6ｍ 高6.1ｍ　2門
クレスト頂標高	E.L.55.70m	調節用放水管	ホロージェットバルブ φ1.0ｍ
放水能力	最大　10㎥／s	集水面積	9.70㎢
総貯水量	4,700,000㎥	有効貯水量	4,200,000㎥
洪水時満水位	E.L.61.50m	常時満水位	E.L.55.70ｍ
予定堆砂面	E.L.43.10m		

分がどのように変化しているかをパワースペクトルで表わしたものである。ダム軸方向の記録では初動の4秒間がその後に続く地震動に比較して加速度レベルで非常に優勢なパワースペクトルを持っており、その卓越振動数成分は約2 Hz である。その後の12秒間では約1Hz と2～3 Hz の2つの振動数が卓越する傾向が認められる。これに対してダム軸直角方向の記録では8秒から20秒に至る12秒間（3@4秒間）では特定の時間間隔に対する著しい加速度パワーの集中は認められない。また、卓越振動数成分は約2 Hz → 1 Hz → 3 Hz と変動しているのがわかる。

なお、樽水ダムの強震記録は、仙台市内の住友ビル（18階建、地下2階）の地下2階で採取された強震記録と比較的波形特性が似ており、仙台周辺地域における岩盤上の代表的な加速度記録として、今後の解析に利用できると思われる。

(3) 伊達橋の強震記録

伊達橋は昭和40年に竣工した福島県伊達郡伊達町の一般県道伊達～霊山線と阿武隈川の交差部に架かる橋長288m、幅員7mの4径間連続鋼ワーレントラス橋である。一般図は図3－12に示す通りであり、中央のP2橋脚が固定支承、その他が可動支承となっている。伊達橋は地震により支承部および下弦材を中心としてかなりの被害を受けている（詳細は6章参照）。被害を蒙った橋で強震記録が採取されたのは今回が最初であり、今後の詳細な解析が期待される。

強震計（SMAC－B2型）はP2橋脚天端に一台（写真6－49参照）、橋から約400m離れた中学校校庭に一台設置されていたが、地盤上の強震計は前震と思われる記録をキャッチしているうちに記録紙を消耗してしまい、残念ながら本震の記録を採取することができなかった[注)]。図3－13および3－14はそれぞれP1橋脚およびP2橋脚の一般図を示したものである。

図3－15は橋脚上の加速度記録であり、最大値は橋軸方向に475gal、橋軸直交方向には319galに達している。このうち、橋軸方向の最大加速度475 gal という値は主要動の開始後約8.5秒あたりの単一のスパイク状のパルスによるものである。図3－16はこの記録の加速度応答スペクトル曲線βを示したものであり、0.5～1.0秒あたりで増幅率の大きいことがわかる。

3－2 墓石転倒から推定した地震動強度の分布

強震計の設置されている地点間の地震動強度を推定する目的で、宮城県を中心とする今回の地震による被害地域の約300箇所の墓地で墓石の転倒率を調査した。調査方針および調査方法は1978年1月の伊豆大島近海地震の場合〔43〕と同様である。

墓石転倒率の分布を0%、0～25%、25～50%、50～75%、75%以上の5つに区分して示すと図3－17のようになる。同図中には宮城県下の地盤種別を、沖積地盤、洪積地盤、およびそれ以前の地質年代の地盤

注) 一般にSMAC－B2型強震計では、いったん振動を感じて記録し始めると3分間は自動的に作動し続ける。一般に規模の大きい地震は本震の生じる前に数回の前震を伴う場合があり、したがって記録紙に十分余裕がないと前震の記録だけを採取して肝心の本震が来る頃には記録紙がないという事態になりやすい。このような点を避けるためには、震度3程度の地震があった場合には、こまめに強震計の点検をすることが肝要であろう。

の3種に分けて示してある。これらの種別は、それぞれおおよその目安として道路橋耐震設計指針に規定されている4種もしくは3種、2種、および1種地盤に相当すると考えてもよいであろう。これによれば、仙台市、古川市、白石市、登米郡の周辺で転倒率75%以上の墓地が存在する。ただし、今回の地震では伊豆大島近海地震の場合と異なり、地震の規模が比較的大きいこと、被害地域の地盤条件が多様であること等のため、震央距離だけによって墓石転倒率を整理することは十分ではなく、地盤条件が転倒率に大きな影響を及ぼしていることがうかがわれる。

次に、図3－18は、墓石の転倒方向を示したものである。転倒方向の不明のものもしくははっきりしないものは示されていない。この結果によれば、墓石の転倒方向にはかなり明瞭な方向性が認められ、仙台市以北の古川市、石巻市周辺ではほぼ東西方向に転倒した墓地が多いのに対して、仙台市以南ではほぼ南北方向に転倒した墓地が多い。墓石の転倒に規則的な方向性があるとすれば、地震動そのものにはっきりした方向性があったのではないかと考えられる。なお、これらの結果は現在解析中であり、強震計の記録と合わせることにより、今回の地震動の分布に関し貴重な資料が得られるものと期待される。

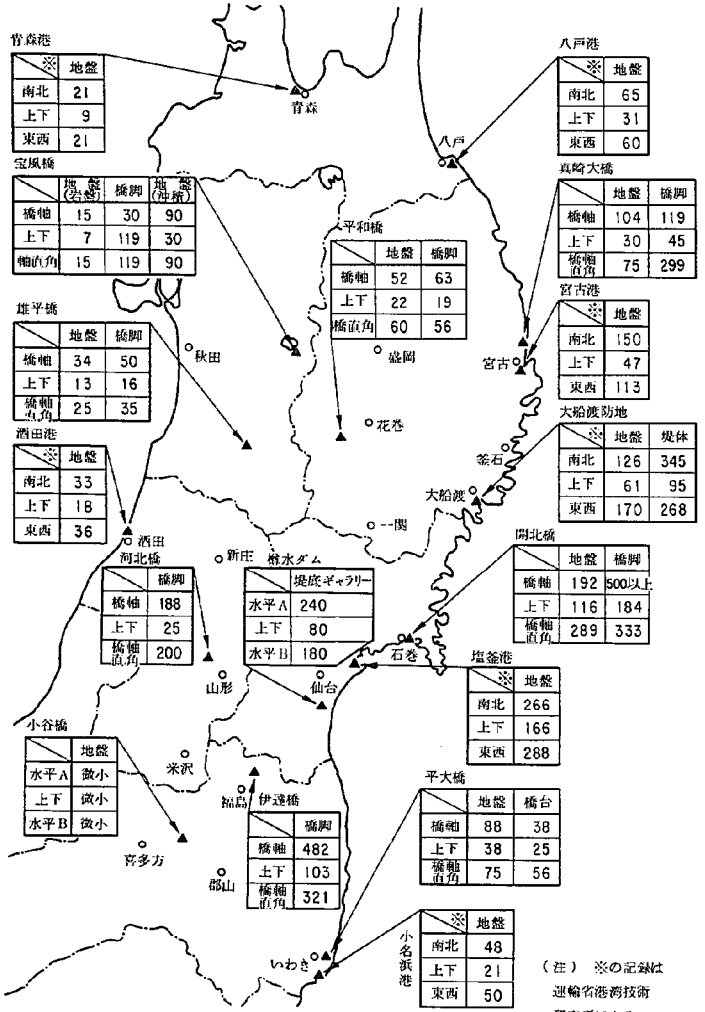


図３－１　最大加速度の分布（1978年6月12日宮城県沖地震，単位はガル）

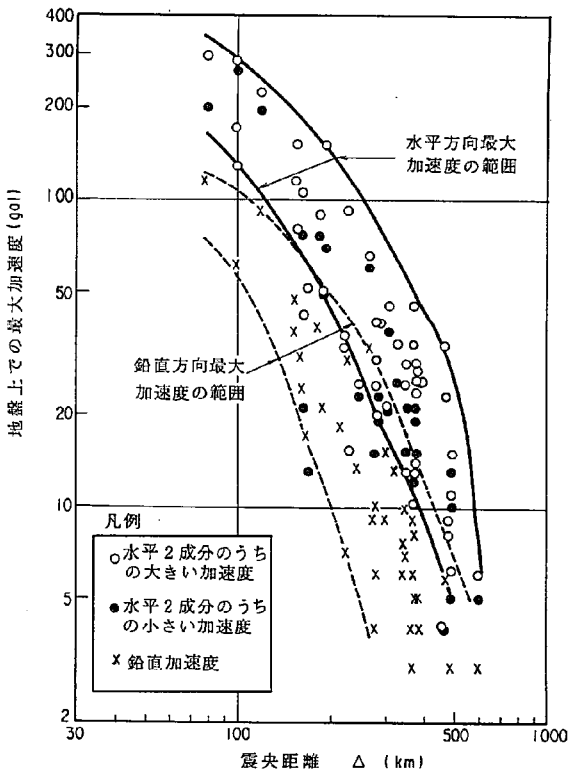


図３－２　震央距離と地盤上での最大加速度

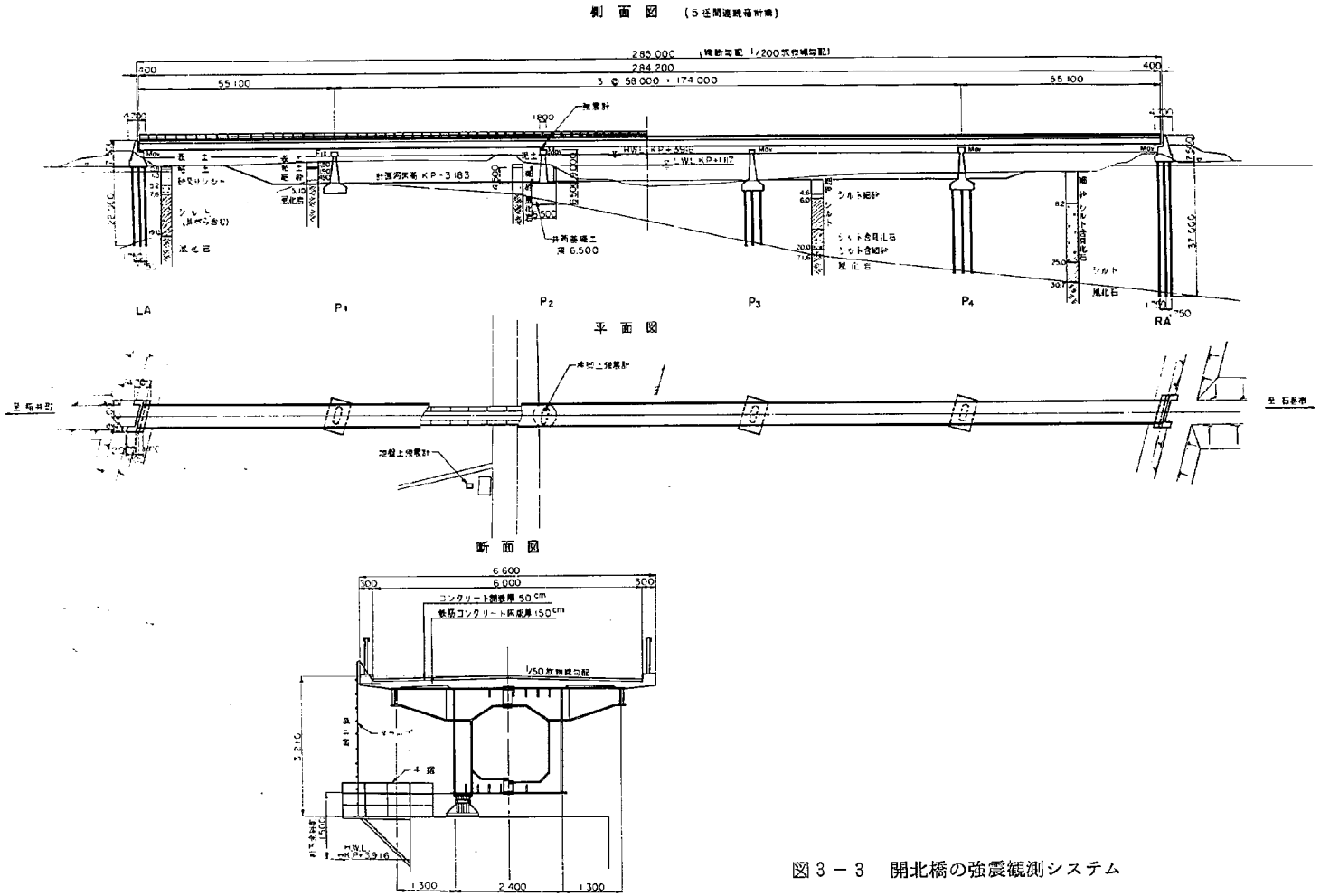
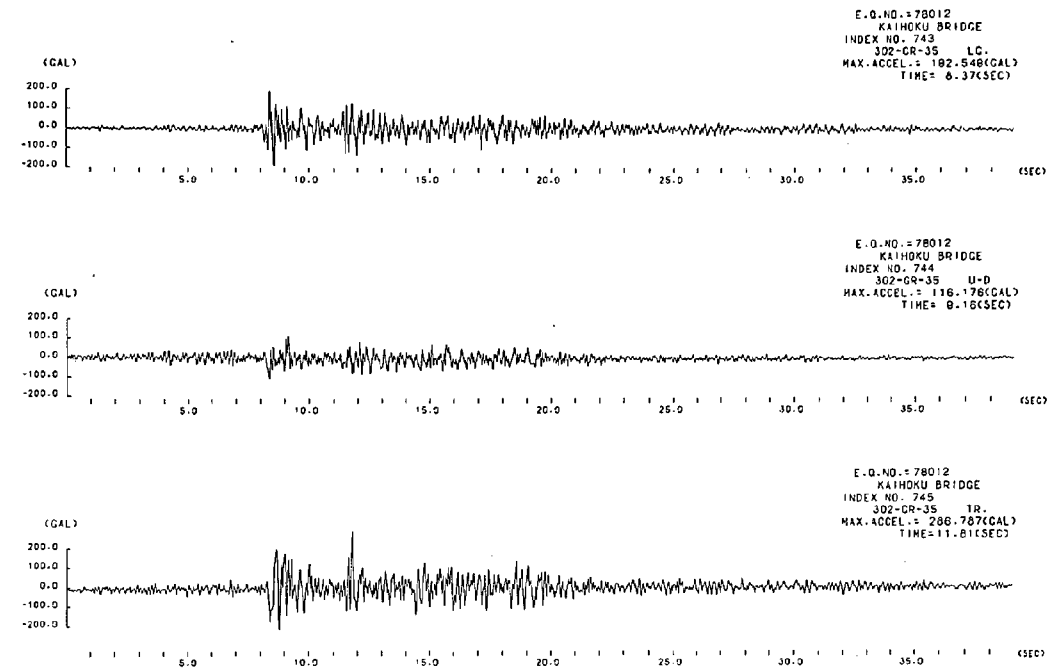
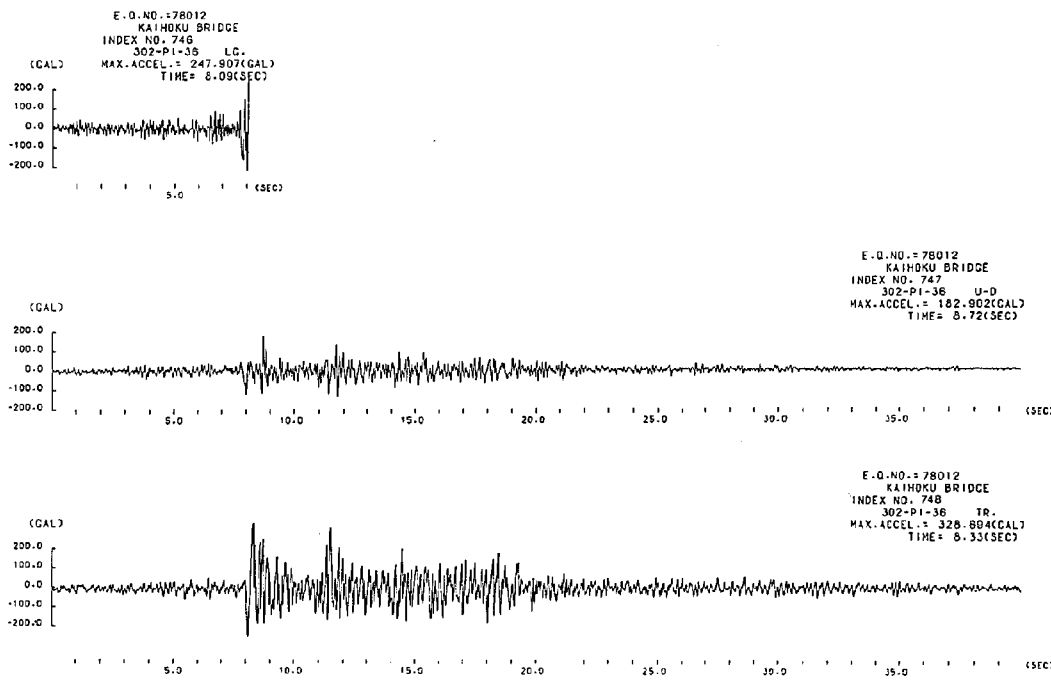


図３－３　開北橋の強震観測システム

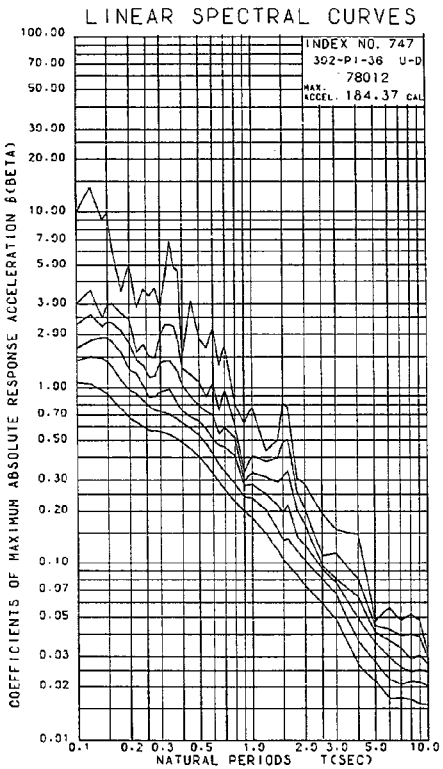


(a) 近傍地盤上

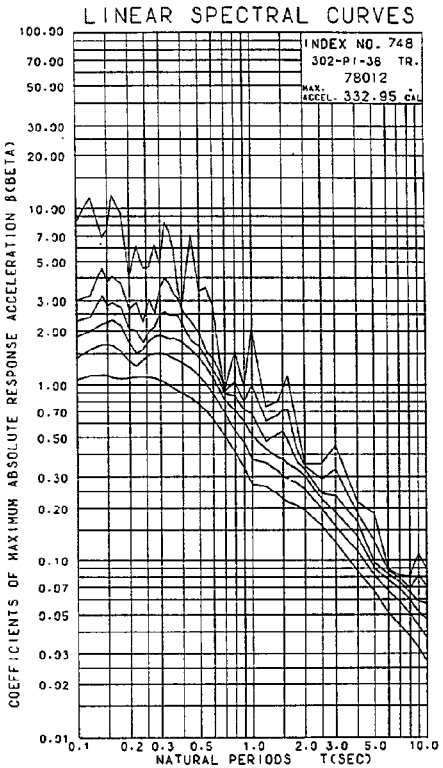


(b) 橋 脚 上

図３－４ 開北橋の加速度強震記録（ 1978.6.12 ）

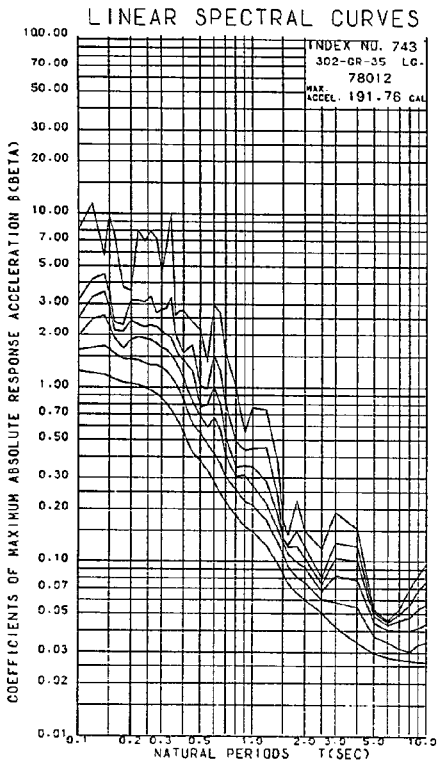


(a) 上下方向成分

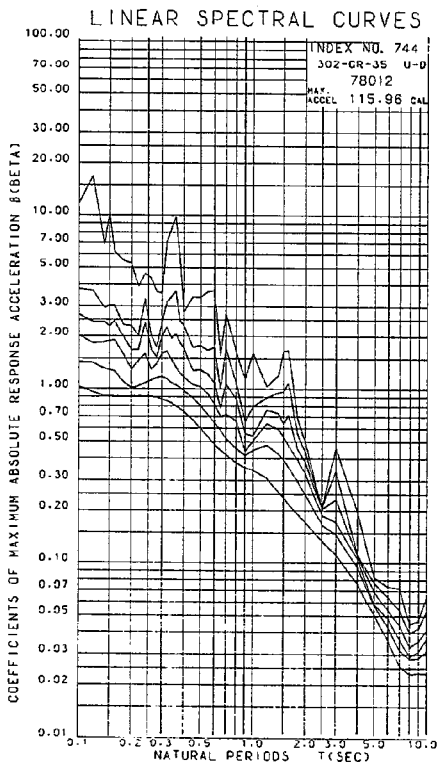


(b) 橋軸直角方向成分

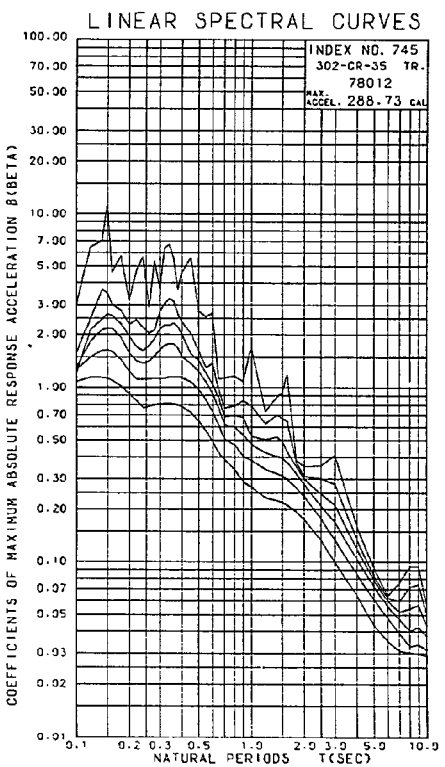
図 3 － 5　加速度応答スペクトル β（開北橋，橋脚上）



(a) 橋軸方向



(b) 上下方向



(c) 橋軸直角方向

図３－６　加速度応答スペクトル β（地盤上）

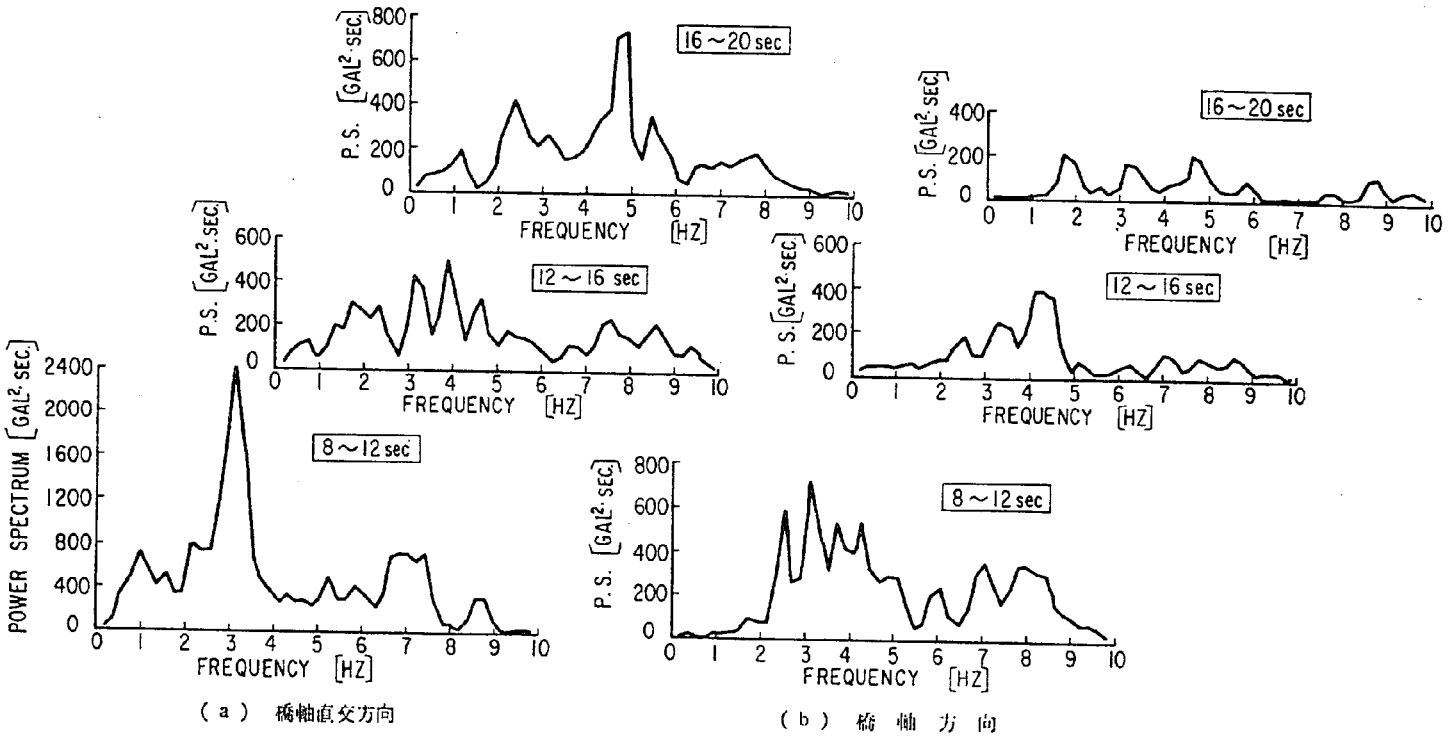


図３－７　開北橋近傍地盤上の加速度強震記録のパワースペクトル

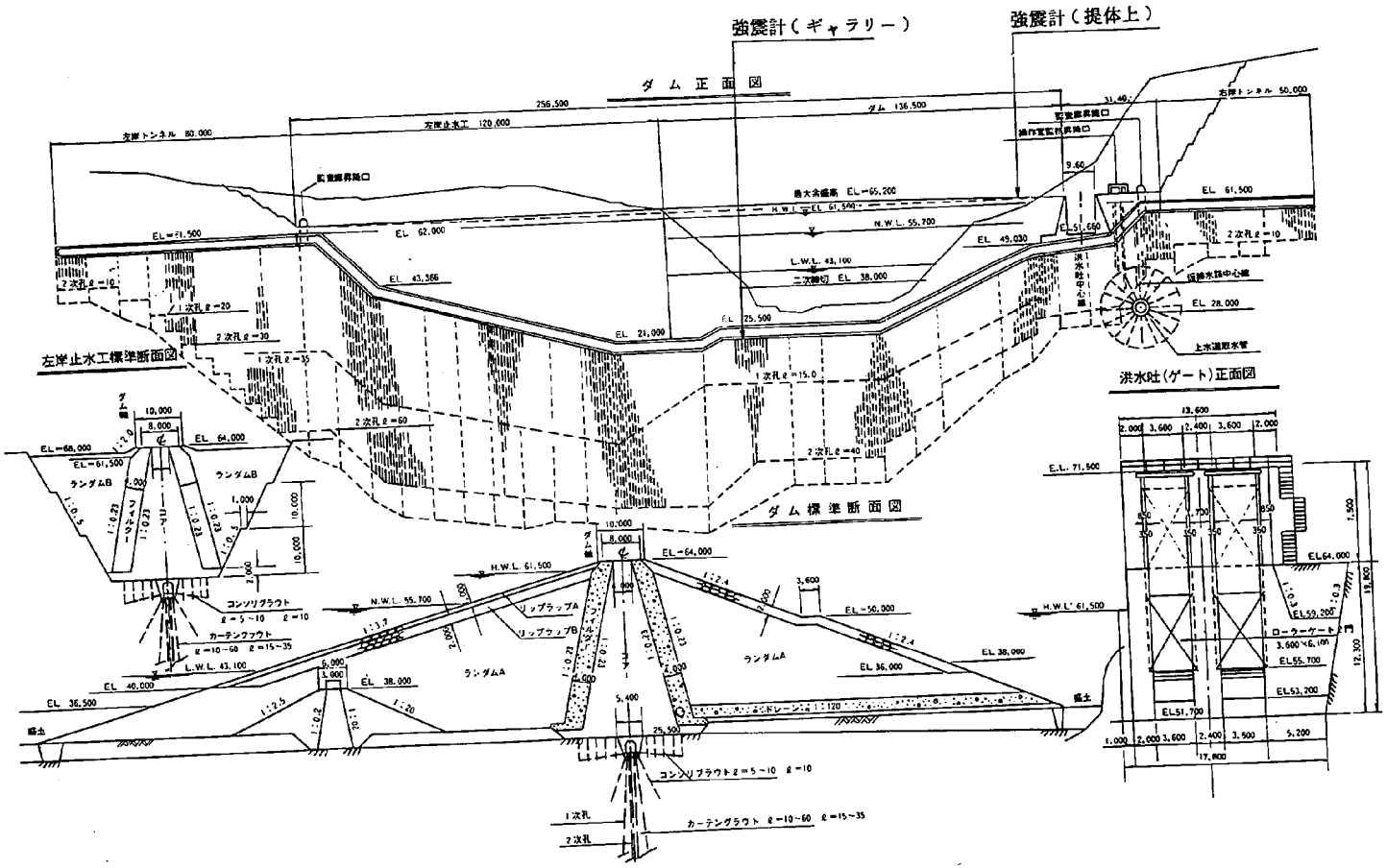


図３－８　樽水ダムの強震観測システム

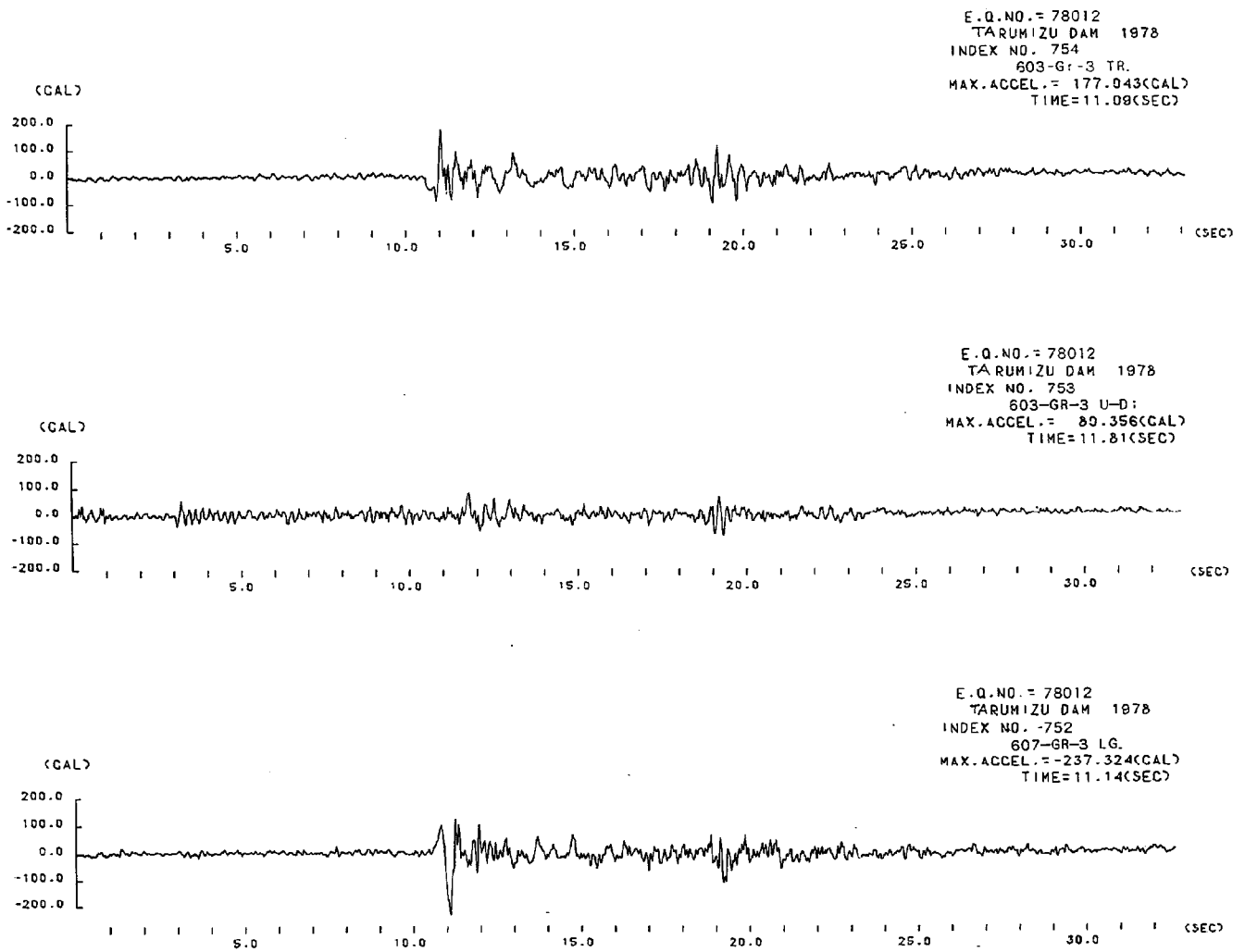
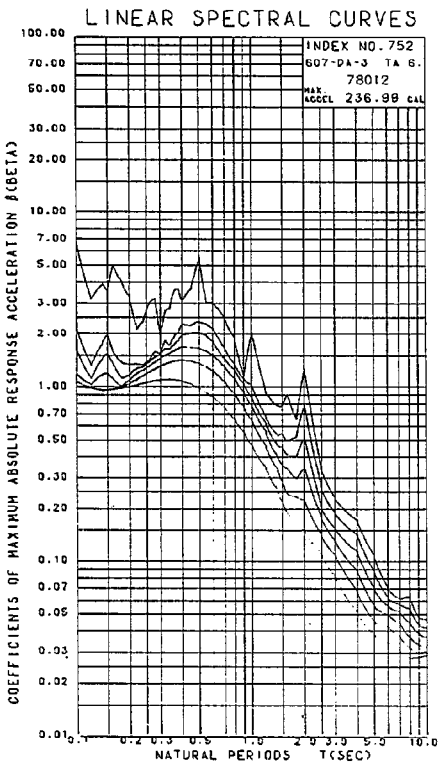
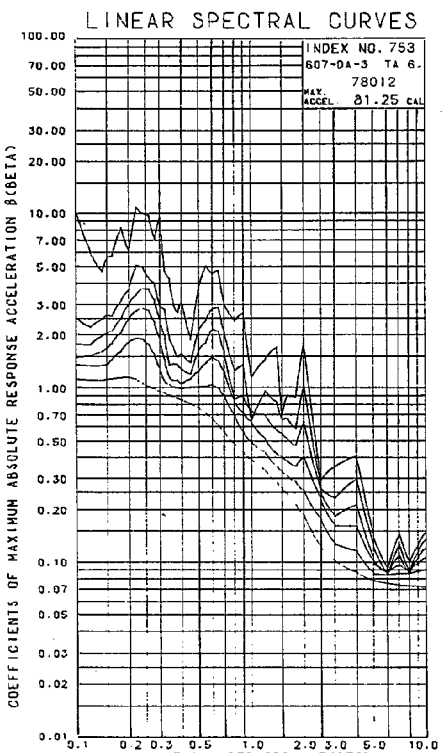


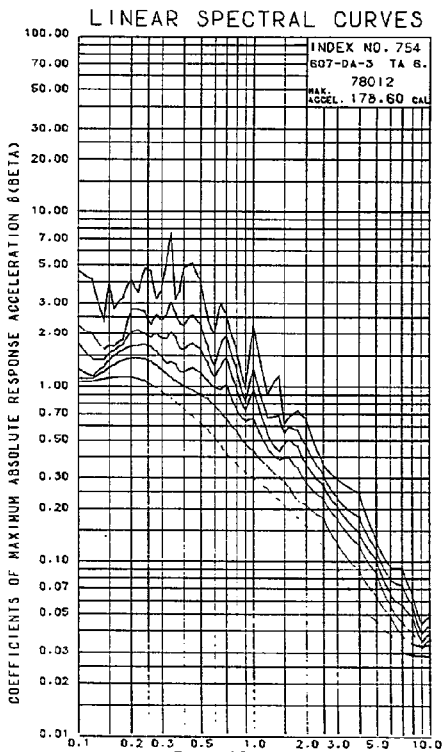
図３－９　樽水ダムギャラリーにおける加速度強震記録（ 1978.6.12 ）



(a) ダム軸方向



(b) 上下方向



(c) ダム軸直角方向

図3－10 加速度応答スペクトルβ（樽水ダム，ギャラリー）

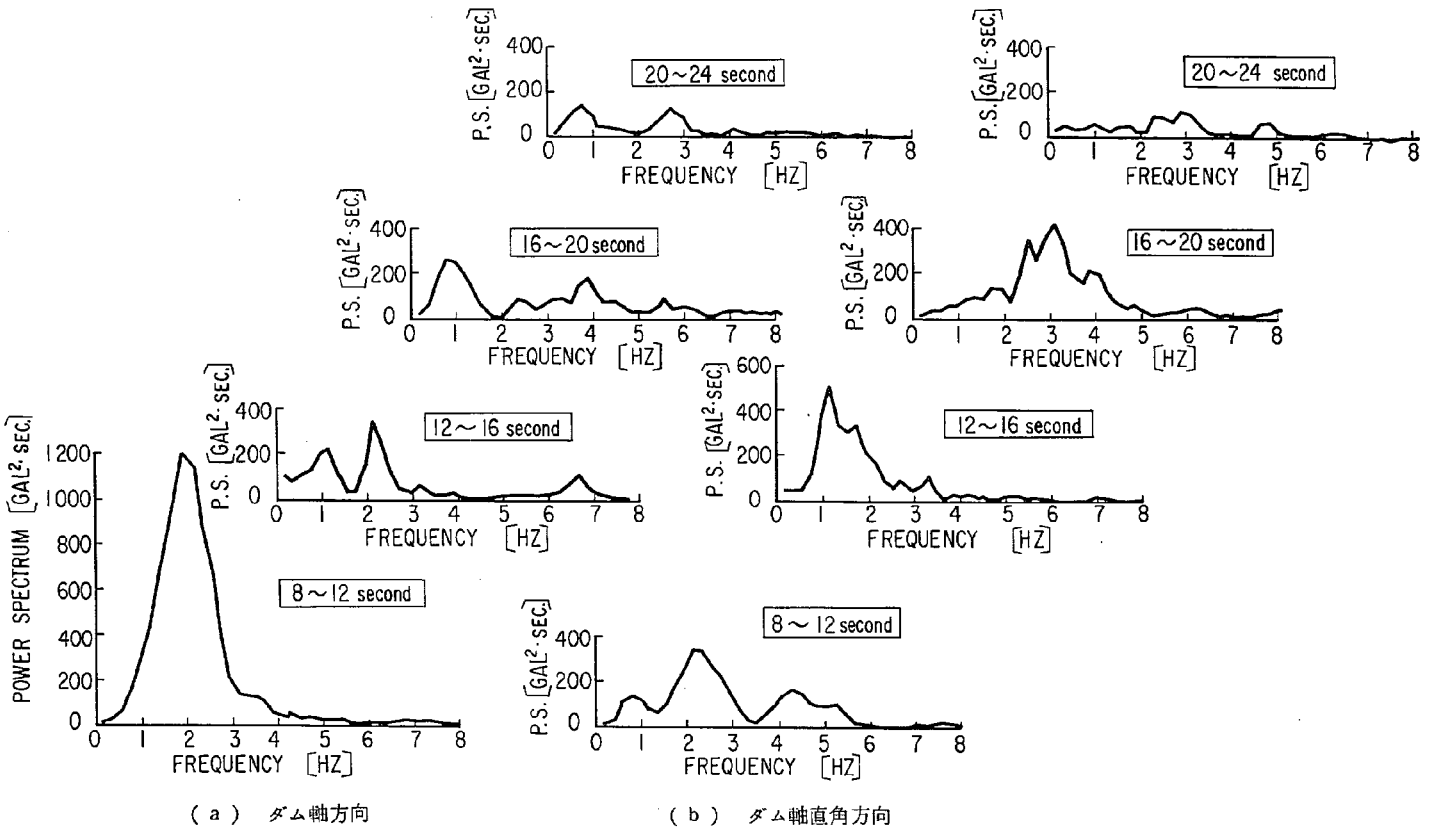


図３－11　樽水ダム強震加速度記録のパワースペクトル

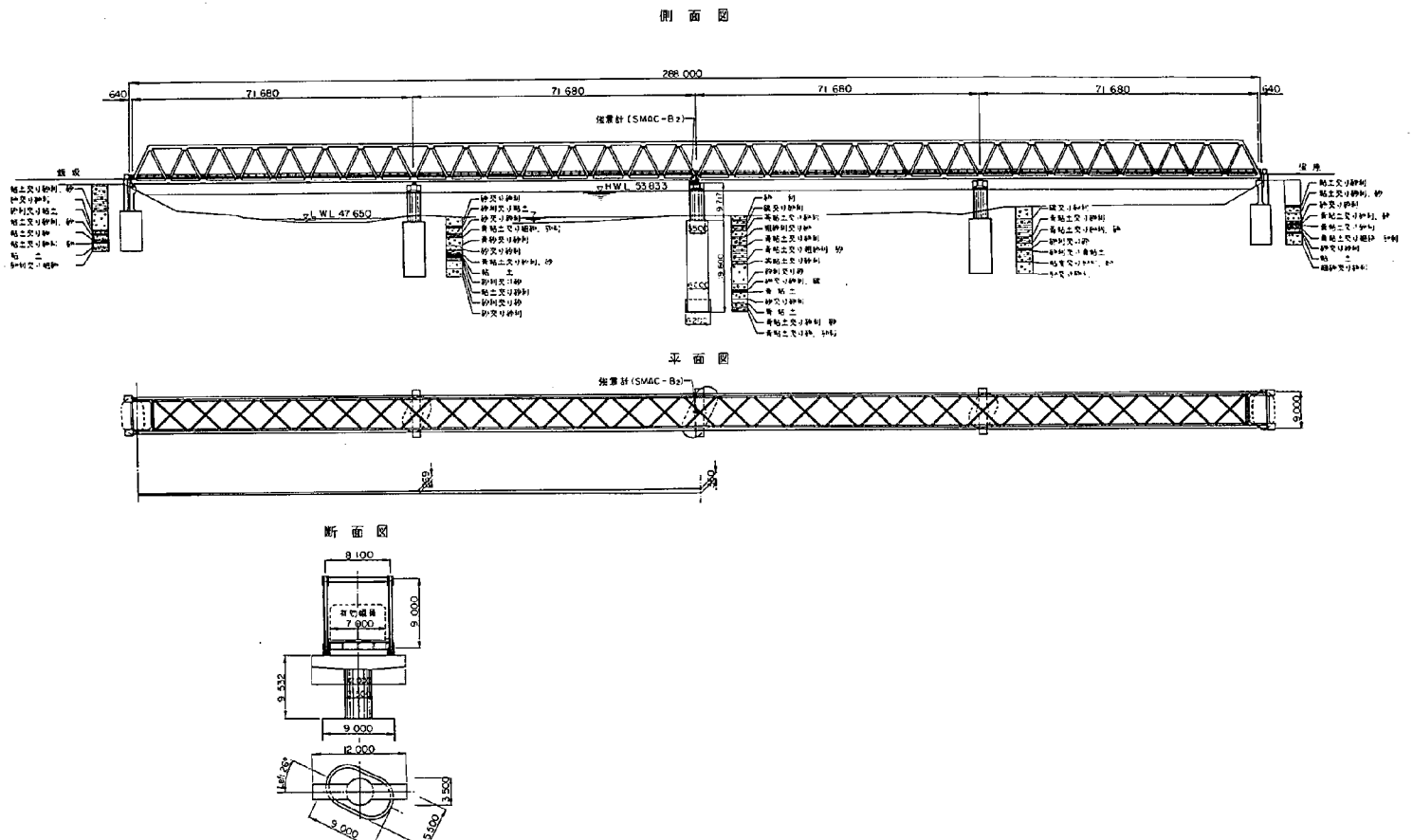


図３－12　伊達橋の強震観測システム

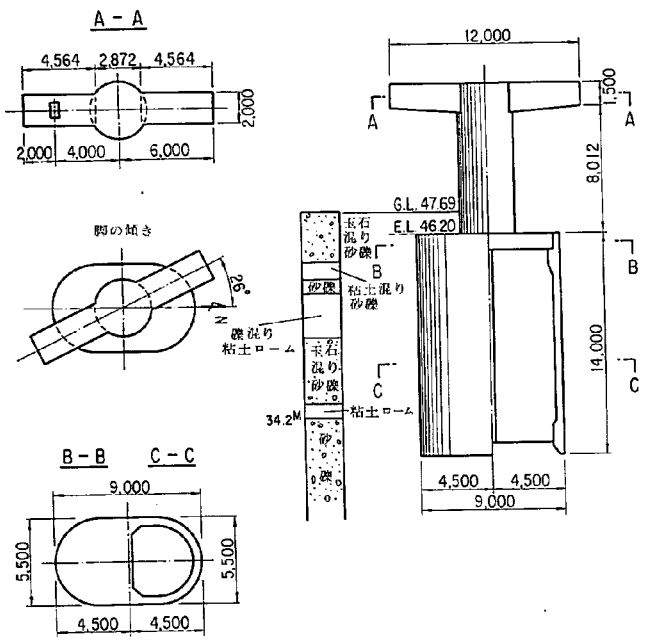


図３－13　伊達橋 P_1 橋脚

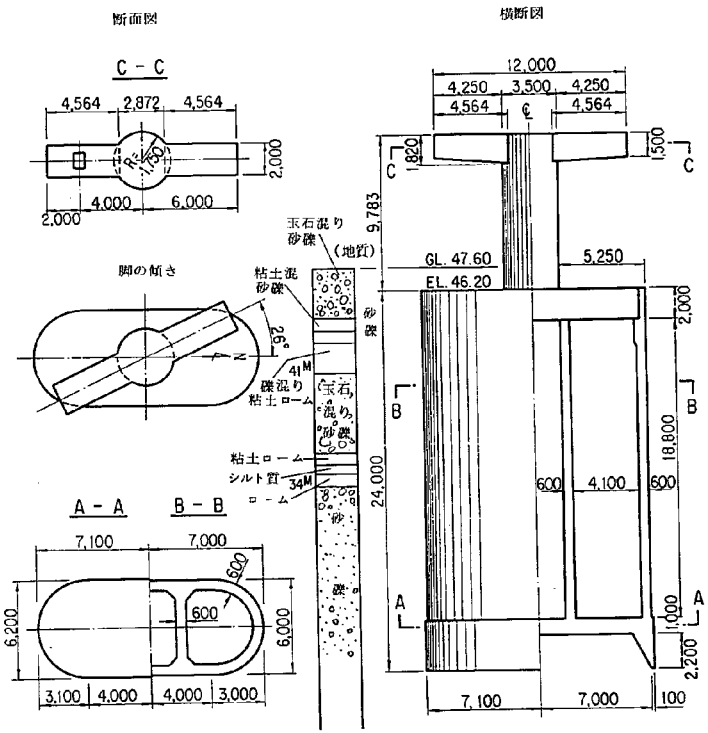


図３－14　伊達橋 P_2 橋脚

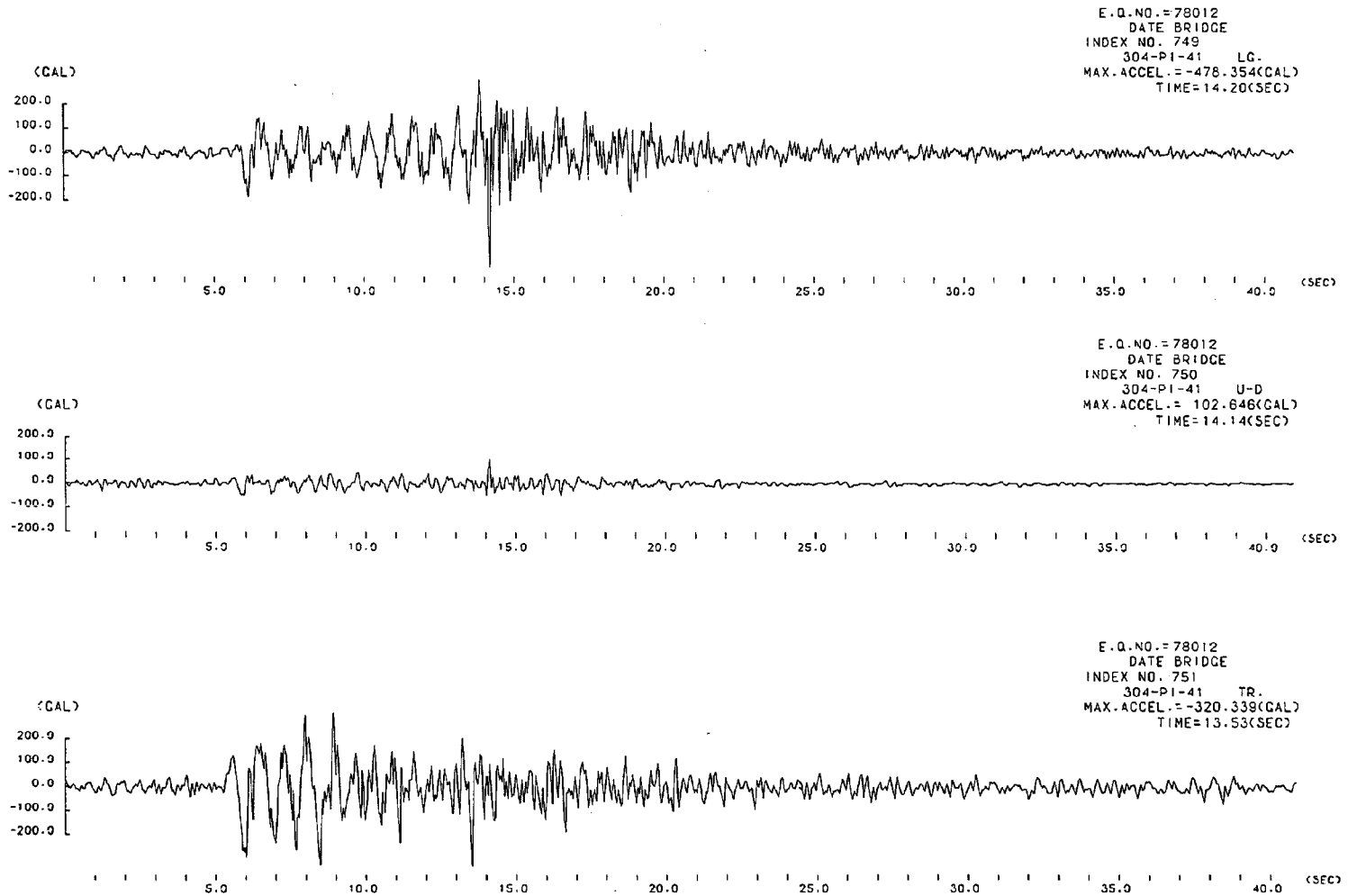
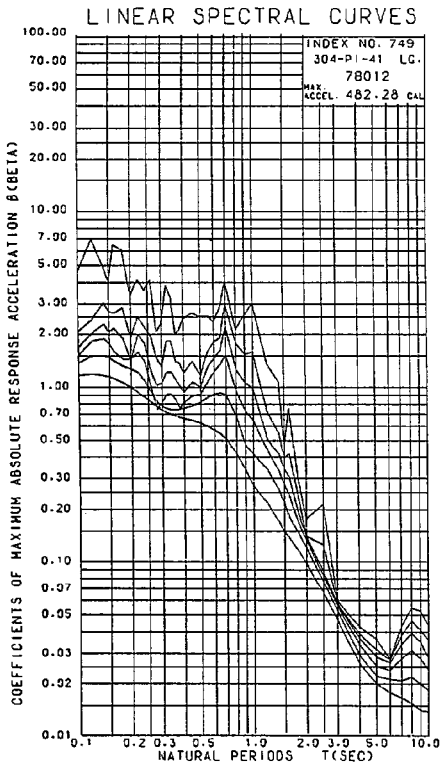
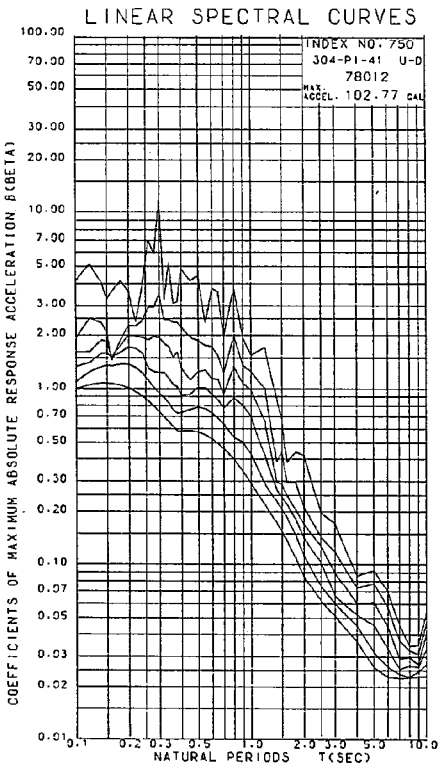


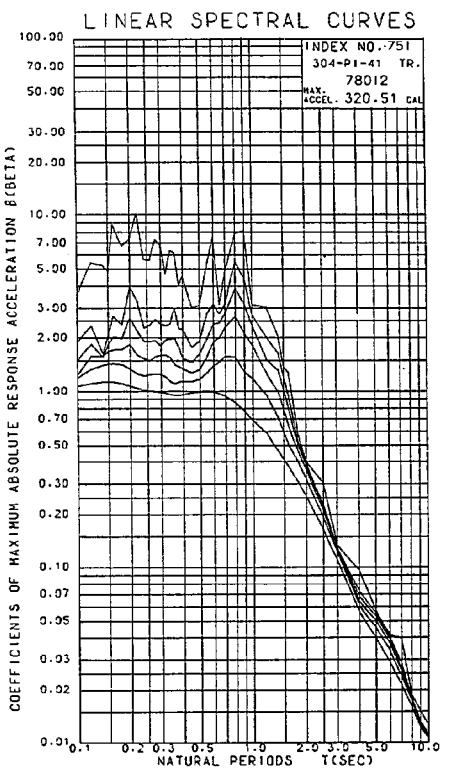
図３－１５　伊達橋橋脚上の加速度強震記録（ 1978.6.12 ）



(a) 橋 軸 方 向



(b) 上 下 方 向



(c) 橋軸直角方向

図３－１６　加速度応答スペクトルβ（伊達橋，橋脚上）

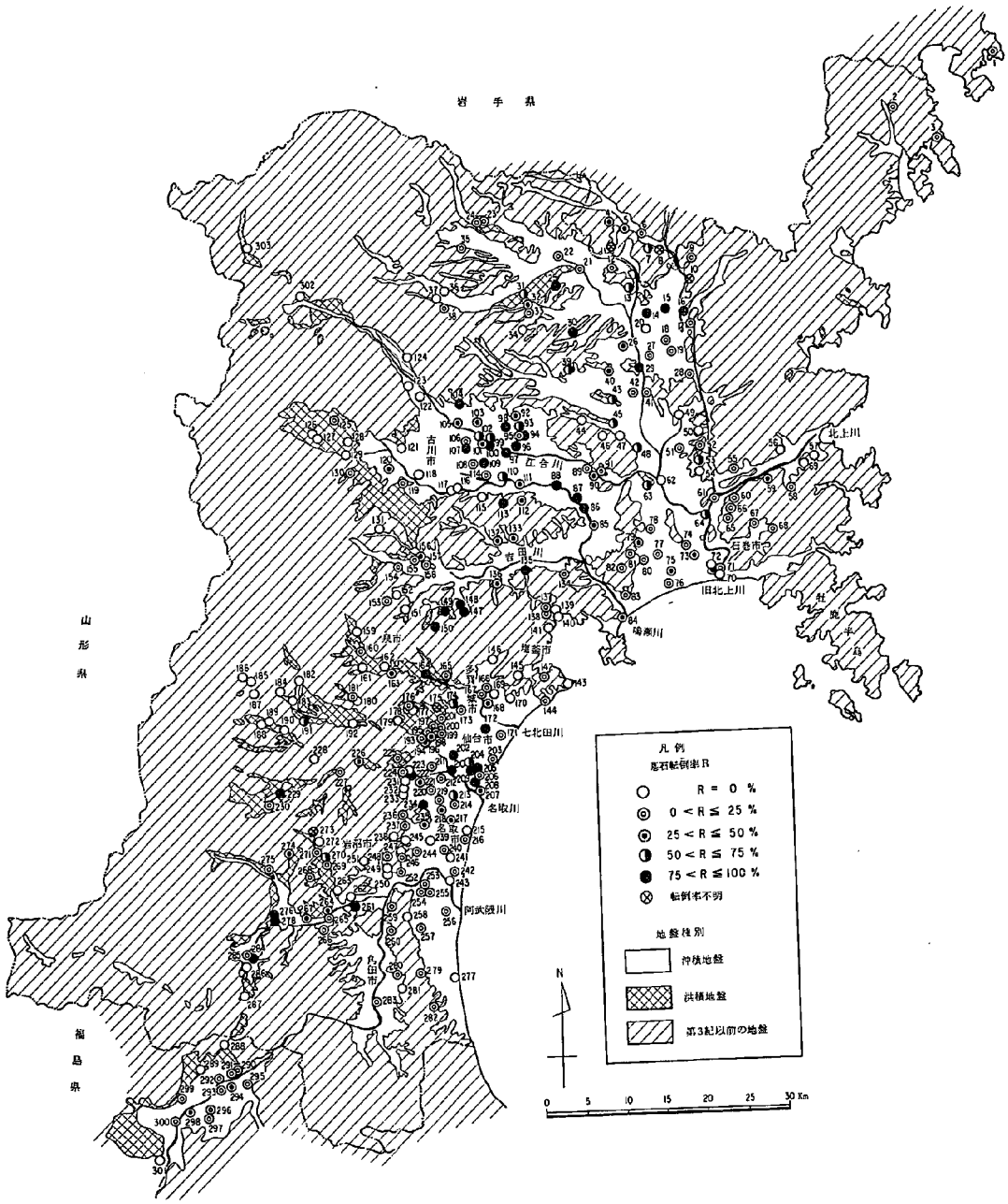


図3－17 墓石転倒率の分布

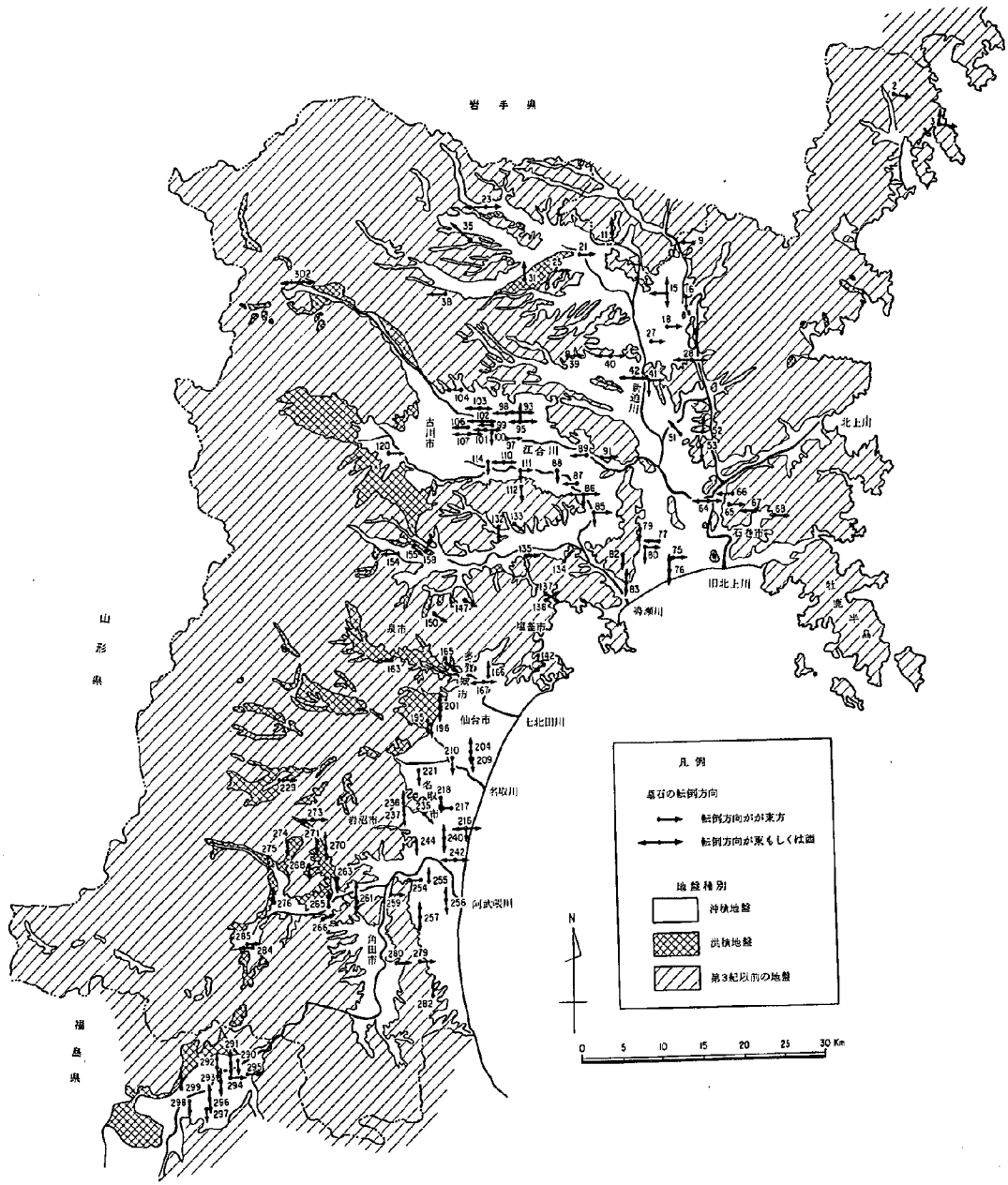


図3－18　墓石の転倒方向

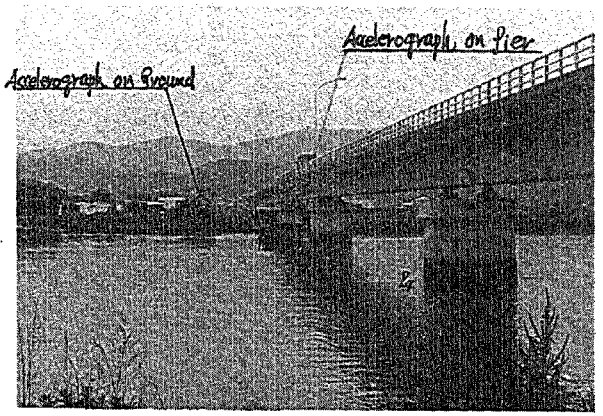


写真３－１　開北橋（右岸上流側から左岸方向を撮映，強震計は P_2 天端に設置されている）

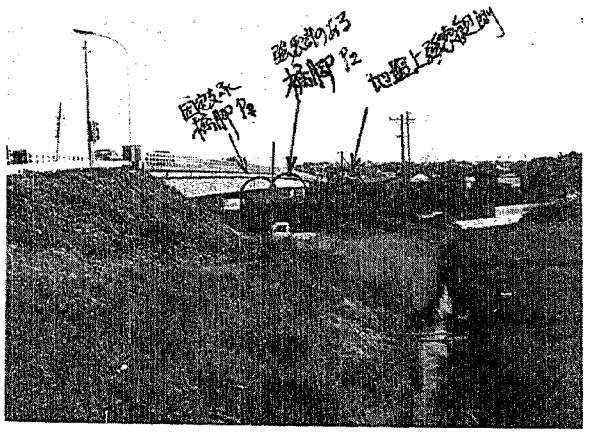


写真３－２　P_2 橋脚と地盤上の観測点の位置関係（左岸上流側より右岸方向を撮映）

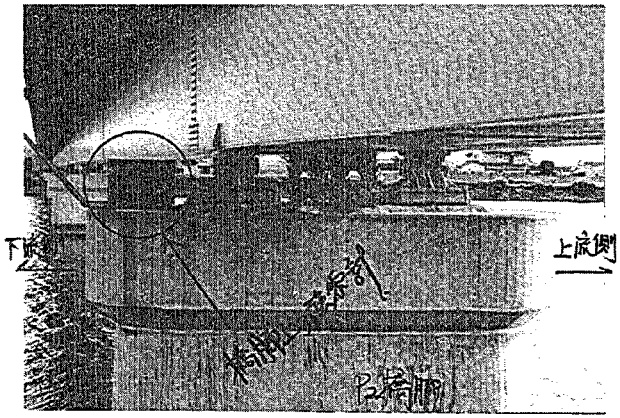


写真３－３　P_2 橋脚天端上の強震計（スチール製カバーをかぶせてある）

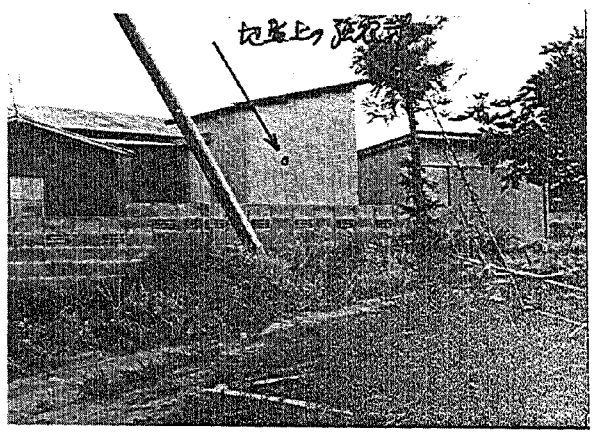


写真３－４　地盤上の観測小屋

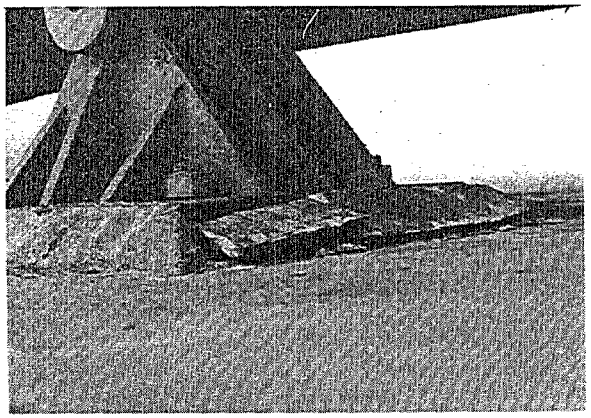


写真３－５　P_1 橋脚上固定支承（上流側）敷モルタルの破損，アンカーボルトはほとんど抜出していない。

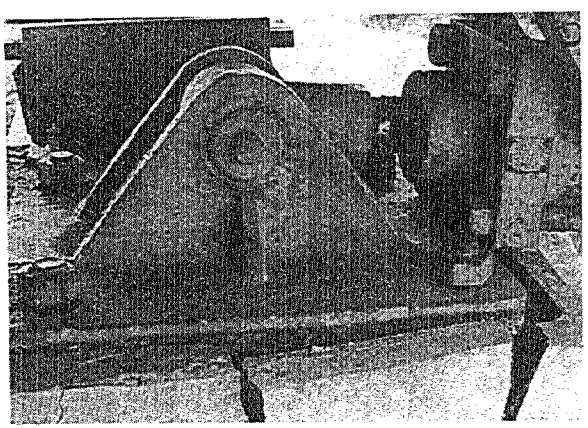


写真３－６　P_2 橋脚上ダンパー沓（下流側）の敷モルタルの破損，アンカーボルトもゆるんでいる。ダンパーからは，オイルの漏れは見られない。

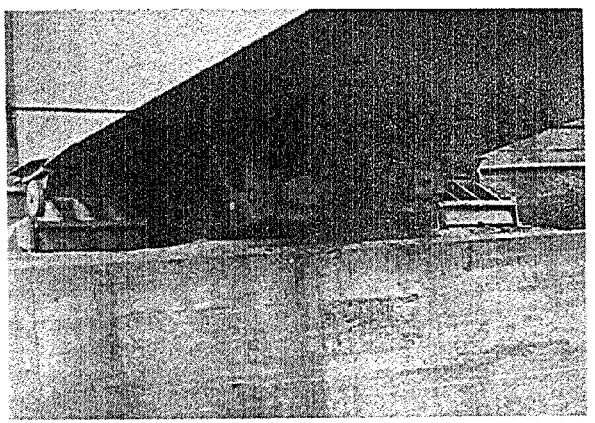
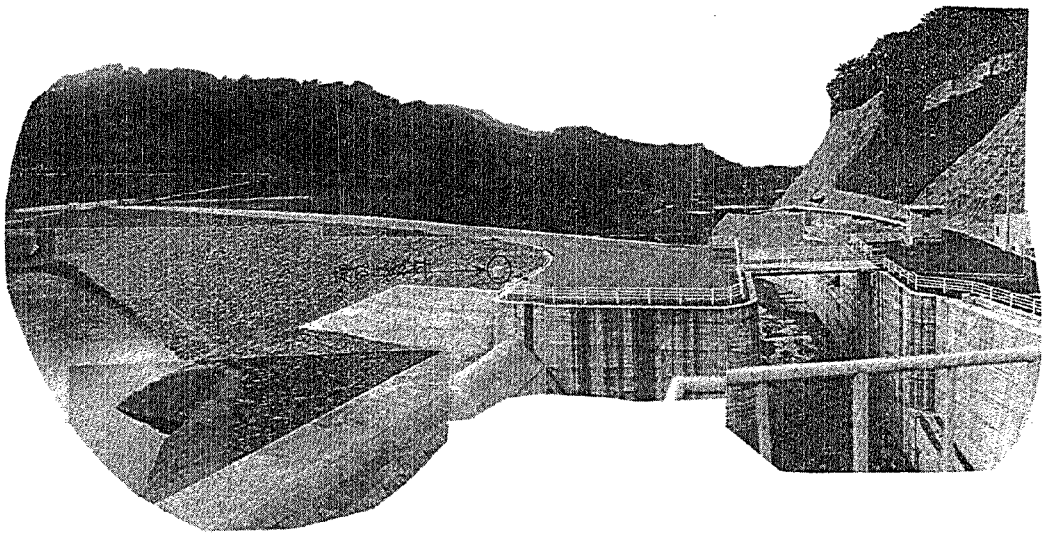


写真３－７　ＬＡ上の可動沓およびダンパー



(a)樽水ダム（管理棟から）



(b)下流側からみた樽水ダム

写真３－８　樽水ダム

4．被害の概要

建設省でまとめた今回の地震による一般被害は表4－1に示す通りであり、27名の死者が生じるとともに建物全壊593戸、道路損壊819箇所を生じた。

このうち、公共土木施設の被害は表4－2に示す通りであり、直轄および補助を合わせた被害総額は約235億円である。これは1974年5月9日の伊豆半島沖地震の際の被害総額約25億円、1978年1月14日の伊豆大島近海地震の際の被害総額約144億円をそれぞれ大きく上廻っている。土木施設の被害では河川関係の被害が最も多く約130億円にのぼり、道路関係の約100億円（橋梁の被害約65億円を含む）がこれに次いでいる。また、その他の被害は額からみると非常に少ない。このような点は盛土の被害が著しかった伊豆半島沖地震や自然斜面の被害の著しかった伊豆大島近海地震とはきわだって対照的である。

これらの被害の分布を、道路、河川、海岸、橋梁、砂防に分けて示すとそれぞれ図4－1に示す通りである。

表4－1　宮城県沖地震による一般被害（建設省河川局防災課による）

区分		単位	被害数	区分			単位	被害数
人	死者	人	27	道路損壊			箇所	819
	行方不明	人		橋梁			箇所	64
	負傷	人	1,172	堤防決壊			箇所	
建物	全壊・流失	棟	593	山（がけ）崩れ			箇所	155
	半壊	棟	5,250	鉄軌道被害			箇所	
	床上浸水	棟	3	耕地	水田	流埋	ha	
	床下浸水	棟	1			冠水	〃	
	一部破損	棟	57,258		畑	流埋	〃	
	非住家被害	棟	20,694			冠水	〃	
り災世帯数		世帯	3,543	火災			件	12
り災者数		人	15,000					

（昭和53年6月22日現在）

表4－2　宮城県沖地震被害（公共土木施設）
（建設省河川局防災課による）

(1) 直轄災害

工種別	箇所数	金額
		（千円）
河川	95	9,593,000
道路	46	429,230
合計	141	10,022,230

(2) 補助災害

（単位：千円）

区分	岩手県		宮城県		山形県		福島県		合計	
	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額	箇所	金額
河川	7	17,250	147	3,149,766	1	3,000			155	3,170,016
海岸	2	6,800	10	262,000					12	268,800
砂防			1	130,000					1	130,000
道路	119	488,159	529	2,779,119	6	24,100	1	48,000	655	3,340,078
橋梁	13	87,400	77	6,304,350	1	6,000	2	50,000	93	6,447,750
合計	141	599,609	764	12,625,935	8	33,100	3	98,000	919	13,411,644

（昭和53年6月29日現在）

この図は53年度国災第2次および第3次査定箇所をもとに作成したものである。

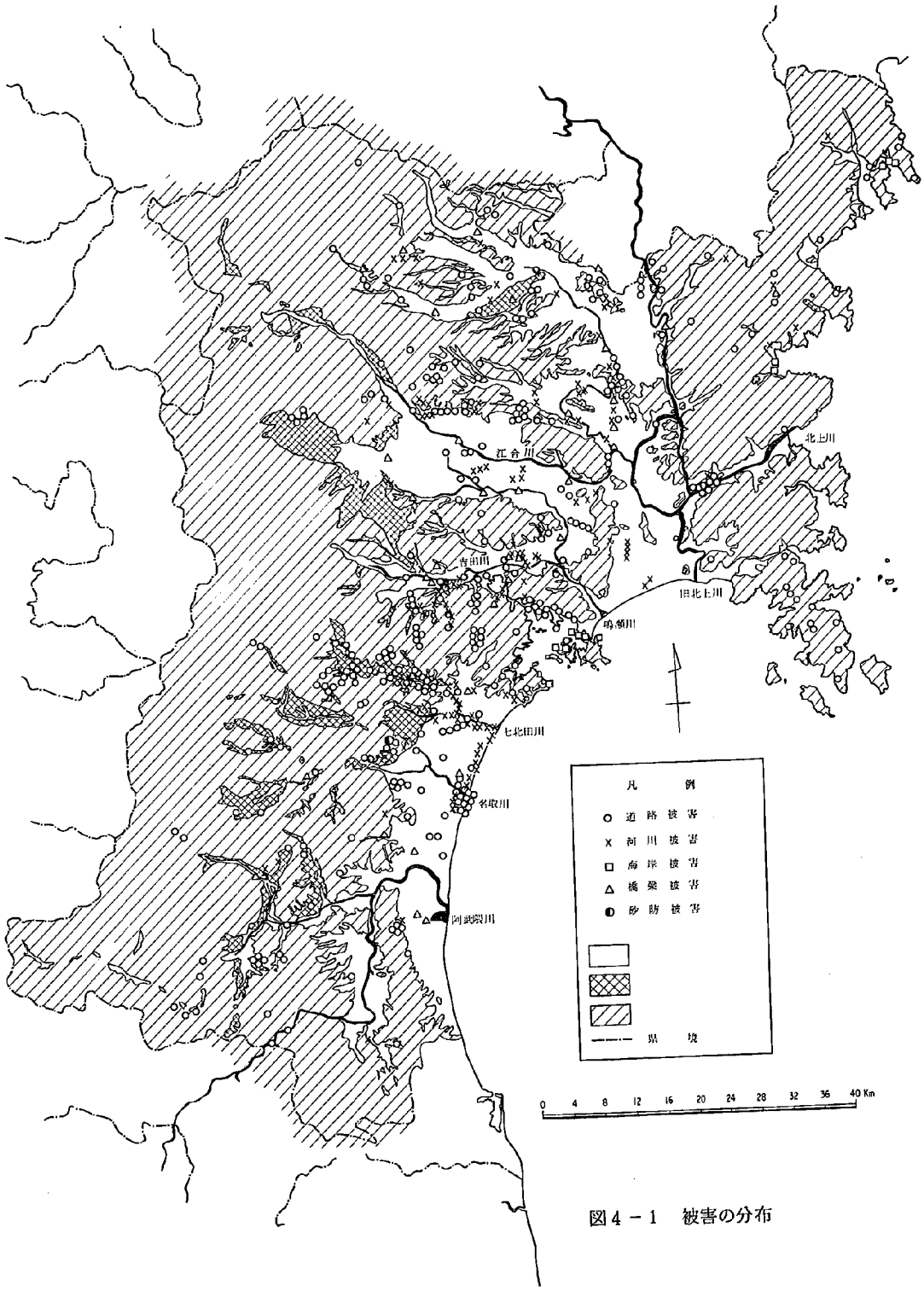

北上川
江合川
旧北上川
鳴瀬川
七北田川
名取川
阿武隈川
凡　例
道路被害
河川被害
海岸被害
橋梁被害
砂防被害
県　境
0 4 8 12 16 20 24 28 32 36 40 Km

図４－１　被害の分布

5．河川関連施設の被害

5－1　概　　要

河川関係の被害は仙台地区周辺の一級河川（北上川、旧北上川、江合川、鳴瀬川、吉田川、名取川、阿武隈川）で、約１３０カ所とされている。このうち大部分が堤防被害であり、その延長はこれらの河川だけで約25kmにも及ぶ。護岸被害は軽傷であり、水門等についても機能損傷はなかった。ただ、施工中の阿武隈堰水門戸当り部のH鋼が少しずれ、また、北上川大堰の水門戸当部に損傷が見られた程度であった。また、樋門・樋管等の堤防横断構造物にもほとんど被害がなかったことは注目されてよい。

表５－１は地震直後に東北地方建設局がとりまとめた直轄関係の河川堤防の被害の内、特に被害延長、被害程度の著しい地点を選んでまとめたものである。また、図５－１は表５－１の各被害地点の分布を示したものであり、図中の被害地点番号は表５－１と対応している。

5－2　河川堤防の被害

河川堤防は、亀裂、段差、陥没等の被害を多くの箇所で受けた。その主要な箇所は、図５－１に示されているが、東北地方建設局仙台工事事務所管内の阿武隈川０～７km、名取川０～４km、北上下流工事事務所管内の鳴瀬川０～１３km、３１～３５km、多田川０～３km、吉田川０～２３km、江合川０～２７km、旧北上川０～２２km、北上川０～１２km、２６～４９kmの区間である。建設省の直轄以外のものでも、宮城県管理の七北田川堤防、東名海岸堤防等数多くの場所で被害を被っているが、直轄区間に比べて比較的軽微なものであったと思われる。以下、土木研究所が具体的に調査した建設省直轄の河川堤防の被害について概述する。

調査した区間の中で被害の大きかった代表的箇所は、名取川左岸の中村地区（３km）、同左岸の閖上上地区（2.4km）、同河口右岸付近の閖上地区の特殊堤、鳴瀬川左岸の浜市地区（1km）、吉田川右岸の山崎地区（１3.5～１8.5km）、北上川右岸の釜谷地区（3.8～4.0km、4.2～4.3km、4.9～5.0km）、同右岸の長面地区（0.0～0.8km、1.0～3.0km）、同左岸の牧野巣地区（5.0～9.0km）等である。

これらの代表的被害地点の被害概要は次の通りである。

(1) 名取川中村地区

名取川左岸約３km付近の中村地区（図５－２参照）では、長さ１１０mにわたり幅２０cm、深さ１m程度の数多くの縦亀裂を伴う最大1.5mの堤体陥没が生じ、それに伴う堤体横断方向の亀裂もみられた。写真５－１は堤内地上流側から撮った被災地点の全景である。また、写真５－２、写真５－３、写真５－４および写真５－５は、それぞれ法面亀裂、天端縦断亀裂、天端横断亀裂および法尻付近の亀裂の一例である。図５－３は地震直後に仙台工事々務所が調査した亀裂の分布である。また、図５－４は堤防天端の縦断方向の沈下量を示したものであり、図５－５は図５－４に示した各点に対応する横断方向堤体の変状である。

なお、この堤体近くの堤内・外両地では噴砂現象が見られた。これについての詳細は７章を参照されたい。

表５－１　河川関連施設主要被害概況（直轄関係：東北地方建設局による）

番号	河川名	左右岸	位置	亀裂				陥没		護岸				備考	写真番号
			（杆標）	延長(cm)	巾 (cm)	深さ(cm)	法面亀裂	陥没深、段差	延長(m)	延長(m)	段差(cm)	法面天端傾斜(cm)	亀裂(cm)		
1	北上川	左	0.4~1.0	600	0.8									県道の肩が隆起、中心陥陥	
2	北上川	左	5.8~10	3,600	亀裂ひどし			陥陥ひどし	1,600m					牧野巣～橋浦	
3	北上川	左	37~37.4+8.0 m	480	5	100~160	あり			30			目地あき3cm		
4	北上川	左	44.2~44.5	320	20	100									
5	北上川	右	1.0~2.8	2,700	10~20			30~40						長面～釜谷	
6	北上川	右	3.8					75	50		格子折れる			釜谷	
7	北上川	右	5.0-					75	70					釜谷	
8	北上川	右	11.0	600	5										
9	北上川	右	44.8	250	3	100									
10	旧北上川	右	19.2	59	3	30		2						笈入	
11	旧北上川	右	19.6	45	30	60		全体に沈下						笈入	
	旧北上川	右	19.6	27	5~8	100								搬路	
12	江合川	左	14.6	140	30	80		60	22						
13	江合川	右	0.8	50	7	150								北和淵30m間	
14	江合川	右	0.8~3.4		5~10	50	法尻あり								
15	江合川	右	24.6	100	15	100									
16	新江合川	右	2.6~2.8	130	15	150								浜市	
17	鳴瀬川	左	1.0	120	30	150~200		30~40							
18	鳴瀬川	左	1.2~5.0	130	10~20	80		30							
19	鳴瀬川	左	12.3	40	1	180	あり								
20	鳴瀬川	左	34.0~33.7	100	10	60									
21	鳴瀬川	右	5	127	10~20	150									
22	鳴瀬川	右	6.2	265	3~5										
23	鳴瀬川	右	31k-10m	47	10	150									

番号	河川名	左右岸	位置	亀裂				陥没		護岸				備考	写真番号
			(杆標)	延長(m)	巾 (cm)	深さ(cm)	法面亀裂	陥没深、段差	延長(m)	延長(m)	段差(cm)	法面天端傾斜 (cm)	亀裂(cm)		
24	鳴瀬川	右	34.5	270	7	60									
25	吉田川	右	1.0-1.2	150		90									
26	〃	右	9.0	50	30	150~200	あり								
27	〃	右	13.6-15.0	1,400	3~5		あり							山崎	
28	〃	右	15.0-17.2	2,000	10~20									山崎	
29	〃	右	17.2-18.25	1,300	30~60	50~150		100	1,300					山崎	
30	〃	右	22.2	100	20	250								袋	
31	〃	右	22.7	100	20	250								袋	
32	〃	左	13.7	60	10~15	150								幡谷	
33	〃	左	13.8-14.0	100	5~10	3.6以上									
34	〃	左	15					150	60						
35	〃	左	16	33	30~50	170									
36	名取川	左	3.0k						110					中村	
37	名取川	右	0.0-0.5					沈下20~30cm	580					閖上	
38	名取川	右	1.7k	230	10									天端亀裂	
39	名取川	右	2.4	80										閖上上 法尻崩壊	
40	名取川	右	3-3.4	1,150	20~30									天端亀裂	
41	阿武隈川	左	6.5k	203										天端亀裂、石積崩壊	
42	阿武隈川	右	0.4-0.8							450				護岸亀裂	
43	阿武隈川	右	4.4k					沈下 50	100						
44	吉田川	右	13.7k											不来内排水機関場	
45	江合川	右	4.0k											北沢第2排水機場	
46	阿武隈川													阿武隈大堰	
47	北上川													北上大堰	

また、この場所は、本年２月の地震によっても同じ場所に規模の小さい横断亀裂が発生したところであり、昭和２５年に水衝部のため洪水により破堤した箇所でもある。

(2) 名取川閖上上地区

中村地区のほぼ対岸に位置する名取川右岸2.4km付近では堤内地で堤防に隣接する新猿候沼の周辺で地盤が沈下し、法尻をはじめとして数多くの亀裂および段差を生じた。図５－６は地震直後に調べられた亀裂の分布であり、法尻付近で多数の亀裂が発生しているのがわかる。写真５－７および５－８はそれぞれ沼の全体の様子および法尻のすべりの状況を示したものである。

なお、当地点では沼の周辺および堤外地の高水敷において噴砂がみられた(７章参照)。

(3) 名取川閖上地区

名取川河口右岸の閖上地区では数箇所において、特殊堤に被害が生じた。写真５－９および５－１０は地震後の特殊堤の被災状況の一例を示したものであり、図５－７は特殊堤の標準断面と被害概況を示している。コンクリート製特殊堤は川前方向にずれており、裏込めには縦断亀裂が発生している。

(4) 鳴瀬川浜市地区

浜市地区は図５－８に示すように鳴瀬川河口付近の左岸に位置している。ここでは1.0km付近で堤防に縦割れ沈下 (写真５－１１参照) および全体沈下が生じ、1.6km付近でも縦割れ沈下が生じている。1.0km付近は堤内地側に運河があり、現在は鳴瀬川と遮断されているが古くは鳴瀬川と連絡していた旧河道跡である。図５－９(1)、(2)および(3)はそれぞれ、1.0km、1.0km＋１４mおよび1.6km+１５４mにおける堤防横断面図 (北上川下流工事事務所の被害調査結果〔27〕に基づく) である。また、図５－１０は当該地点の地盤調査結果を示したものである〔27〕(調査位置は図５－８参照)。

(5) 吉田川山崎地区

吉田川右岸の山崎地区では１３.５km地点から１８.５km地点に至る長さ約５kmのほぼ全区間にわたり最大幅６０cm、深さ1.５m程度の数多くの縦亀裂を伴う最大約２mの堤体陥没 (写真５－１３～５－１９)が生じた。図５－１１は同地点の堤防の縦断方向の沈下状況を、また図５－１２は横断図の一例〔15〕を示したものである。図５－１１によっても判るように、堤体は横断方向および縦断方向に一様に沈下するのではない。この付近は俗称、化物幅場と言われる軟弱粘土層の厚い所で、築堤時にも何度か破壊したことがあったと言われている。このため小段を他の箇所よりやや幅広くとってある所がある。

なお、同地区の左岸堤防には特に目立った被害が生じておらず、右岸側にだけ被害が集中している。この原因が地盤条件によるものかあるいは地形的なものであるかについては今後十分に調査することが望まれる。

(6) 吉田川袋地区

山崎地区よりさらに上流の袋地区（右岸22.0～23.0km付近）では、蛇行する旧河道を改修した新堤防において法尻にすべりが生じた（写真5－22）。

(7) 北上川釜谷地区

北上川右岸の釜谷地区では、3.8～4.0km地点、4.2～4.3km地点および4.9～5.0km地点の3箇所において著しい堤防被害が生じた。写真5－23および5－24は4.9～5.0km付近の被害状況を示したものであり、縦断方向亀裂に伴ない天端の沈下・段差あるいは法肩のすべりが生じている。写真5－25～5－29は3.8～4.0km付近の状況であり、天端の陥没、法面のはらみ出しがみられ、堤外地側のコンクリート護岸格子が折損した。図5－13は本地点の被害状況をまとめた図（建設省北上川下流工事事務所による）である〔14〕。また、4.2～4.3km付近では取付道路の亀裂および天端との間に段差（写真5－30）が生じている。本地点の堤内地側では亀裂に伴ない噴砂が見られた（7章参照）。

(8) 北上川長面地区

北上川右岸の河口付近の長面地区においても小規模であるが堤防の天端の沈下、亀裂、表のり護岸の破壊等の被害が広範囲に渡って発生している。すなわち、河口より1.0km付近の釜谷水門より上流（1.0～3.0 km）の区間では北上川と富士川との間の長面築堤に写真5－33、5－34に示すような亀裂が認められ、北上川の表のり護岸にも若干の亀裂が報告されている。また、釜谷水門より下流区間（0～1.0km）では、天端の亀裂・段差がみられた〔14〕。

図5－15(g)および5－15(h)は当該地点における地盤調査結果である〔28〕。ここで、調査箇所は図5－14に示す通りである。

(9) 北川上牧野巣地区

北上川左岸の牧野巣地区では、約4 kmにわたり断続的に縦亀裂、法肩沈下が生じている。この区間での被害の特徴は、その延長距離の長さにあり、各断面での沈下等はさほど大きなものではない。この付近は、流路変更のために、堤防を河道側に付替えた所と言われており、地盤が軟弱なものと推定される。写真5－35～5－37は被害の状況を示したものである。これよりわかるように堤体天端の縦断方向に亀裂が入った事例が多い。しかし、なかには図5－16に示すように堤体の横断方向に亀裂が入った事例もある。図5－14は北上川下流工事事務所による地盤調査位置を、図5－15(a)～(f)は調査結果をそれぞれ示したものである〔28〕。

以上に例示した場所およびその他の被害箇所について、一般的に言えることは、微地形的に旧河道、旧沼地あるいは洪水時に漏水を生じている場所、さらには築堤時に問題があった場所といわれる地盤条件の悪い所で被害が生じていることである。治水地形分類図によると、旧河道および旧湿地と分類される地質上の堤防の約25%程度が直接的な被害を受けている。このような地盤条件は拡大解釈をすると、現在河川管理上氾濫区域と言われる所はすべて含まれてしまうが、現実に被害の生じた所は、それよりは狭い限られた範囲

である。なお、治水地形分類図で旧湖沼の範囲は年代によって変化するので留意を要する。地盤条件と堤体被害との関係については、後述するように周辺地盤に噴砂の形跡があり流動化したと思われる所でも堤体被害としてはさほど大きなものではない所もある（旧北上川笈入地区、江合川北和瑞地区など）。これには、震動の強度や流動化深さ等の影響があろう。このような微妙な地盤条件の差が堤体被害にかなり影響を与えるという新事実が指摘される。今後これらの差を簡便かつ正確に見出す方法を確立することは重要な課題である。

5－3　堰・水門の被害

堰・水門の被害としては、阿武隈大堰、北上大堰の2堰、および、北上川、旧北上川、吉田川、鳴瀬川水系中の7箇所で水門、樋管に被害が生じたとされている。以下には第1次調査で調査した二、三の代表的な被害について示す。

(1) 阿武隈大堰の被害

阿武隈大堰では写真5－39～5－41に示すようにゲート戸当り（上流側）のI形鋼が脱落した。これは戸当りと門柱から張り出した支柱とを結んでいるボルトが破断されたためである。また、写真5－40に示すように、支柱周辺の門柱コンクリートにも剥離が生じている。この原因は巻き上げた状態で固定されていたゲートが地震により堰の軸方向（川の流れに直角方向）に振動し、ゲートのガイドと戸当りが衝突した結果、戸当りを固定していたボルト（4@4本＝16本）が破断したためではないかと考えられる。堰ゲートが巻き上げられた状態で地震力を受けた場合には、あたかも鉤鐘が振動するような状態にあり、この振動を止めようとする（あるいは、静止し続けようとするゲートに対して門柱が振動する）ためには非常に大きな力が戸当りに作用すると考えられる。したがって、堰を使用しない状態（巻き上げた状態）が比較的長く続くような場合には、戸当り等の設計に耐震上の配慮を加えることが必要とされよう。

(2) 北上大堰の被害

北上大堰においても写真5－42に示すようにゲート戸当りが上下流方向に変形し、局部座屈を生じた。また、戸当りを門柱と結びつけている支柱が写真5－43に示すように変形するとともに、一部座屈している。ゲート、門柱、戸当りおよびローラーの関係は図5－17に示す通りであり、被害の状況および原因は阿武隈大堰の場合とよく似ているが、阿武隈大堰ではゲートが堰の軸方向に振動して戸当りと接触したと考えられるのに対し、北上大堰では図5－17に示したように上下流方向に慣性力を受けて戸当りが変形したと考えられる点が異なっている。

(3) 不来内（とずない）排水機場樋管の被害

不来内排水機場（吉田川右岸13.7km地点）では、写真5－44～5－46に示すように、樋管門柱周辺の護岸の沈下、格子の折損、門柱と護岸コンクリートの不陸、堤体の沈下等を生じた。

(4) 北沢第2排水機場樋管門柱の被害

北沢第2排水機場（江合川右岸4km地点）では、写真5－47および5－48に示すように、樋管門柱に亀裂が入り、コンクリートが剥離するとともに、周辺のコンクリート護岸との間に不陸を生じた。

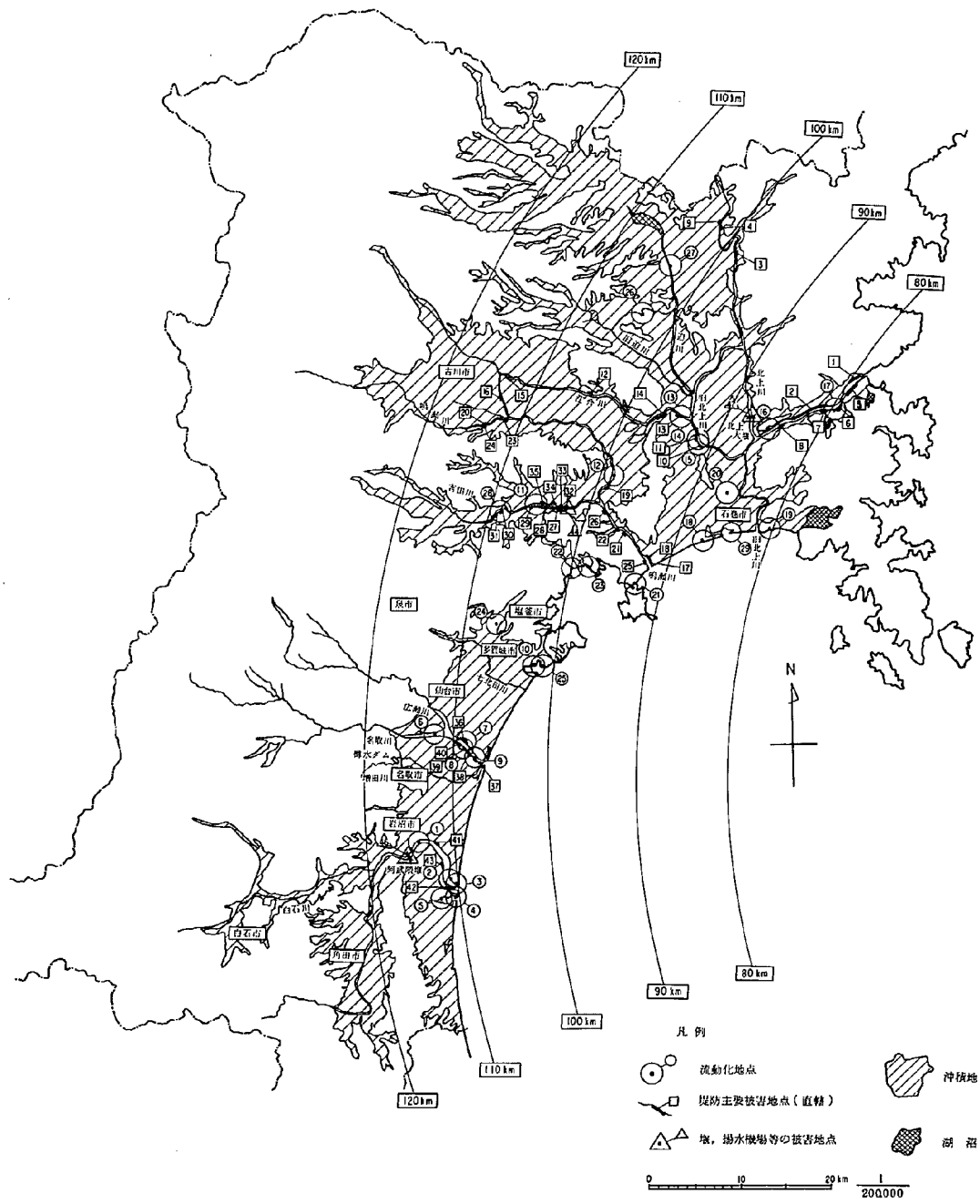


図５－１　河川関連施設の主要被害地点および流動化地点（直轄関係）

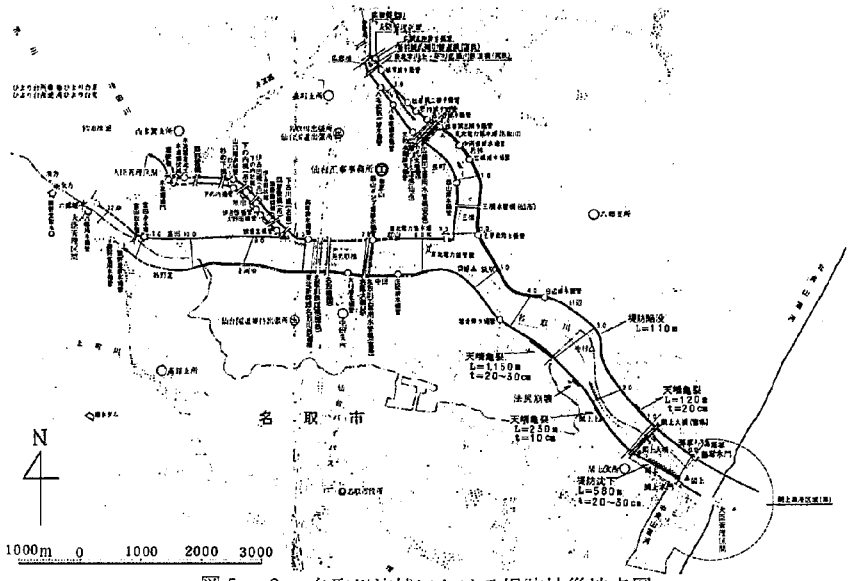


図５－２　名取川流域における提防被災地点図

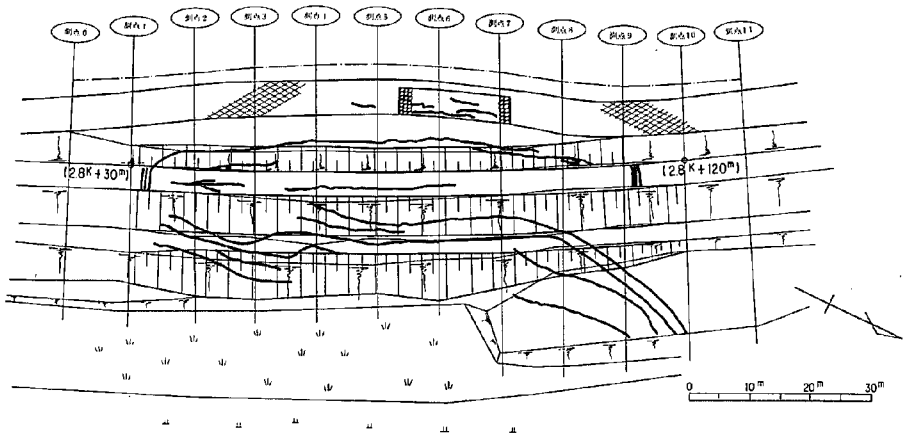
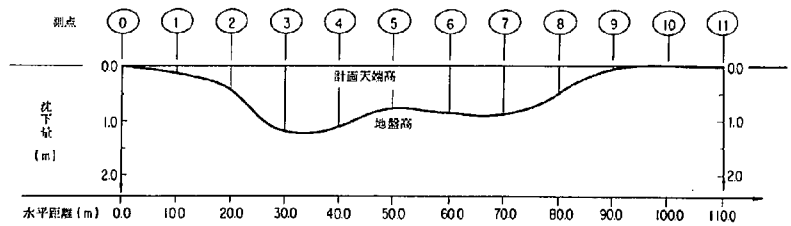


図５－３　中村地区の河川提防亀裂分布図（名取川左岸３km）
―東北地建仙台工事事務所の調査による―



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
計画天端高 (m)	7.484	7.498	7.518	7.526	7.540	7.554	7.568	7.582	7.596	7.610	7.625	7.640
地盤高 (m)	7.484	7.383	7.086	6.310	6.417	6.801	6.701	6.683	7.105	7.605	7.677	7.640
沈下量 (m)	0.000	0.115	0.432	1.216	1.123	0.753	0.867	0.899	0.471	0.005	0.048	0.000

図５－４　中村地区の河川提防の縦断方向天端沈下分布図（名取川左岸３km）

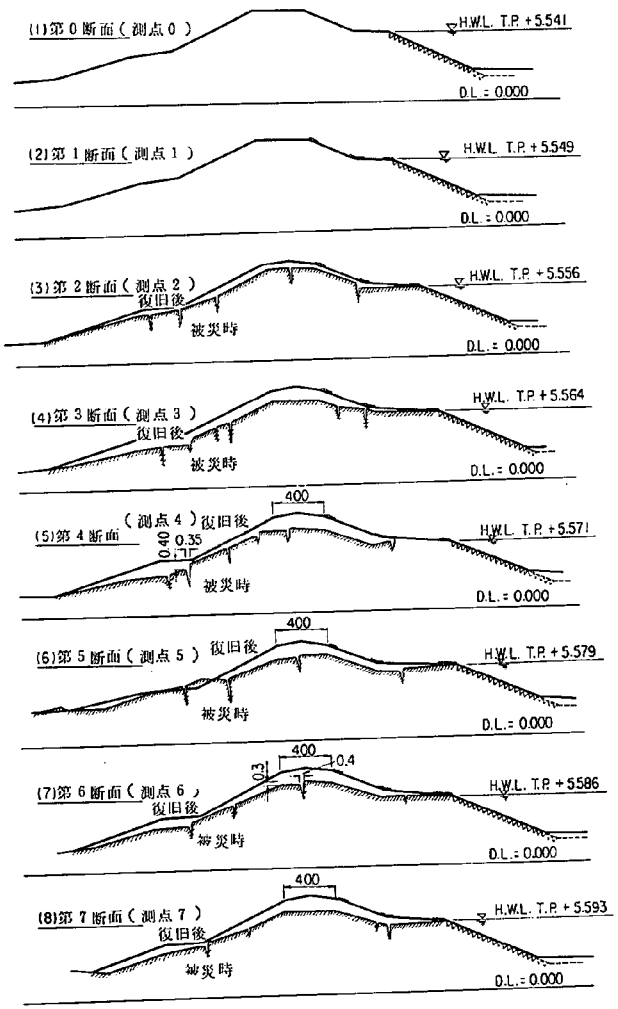


図 5 － 5 (A)　中村地区の河川提防の横断方向変状図
(名取川左岸 3 km)(その 1)

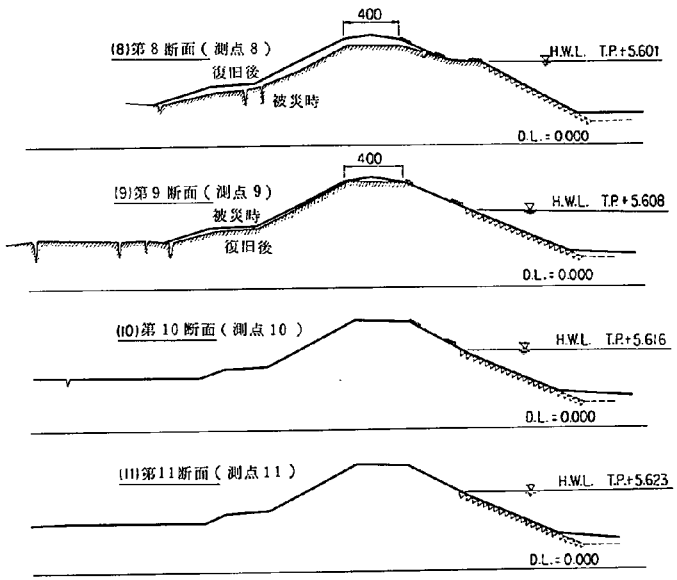


図 5 － 5 (B)　中村地区の河川提防の横断方向変状図
(名取川左岸 3 km)(その 2)

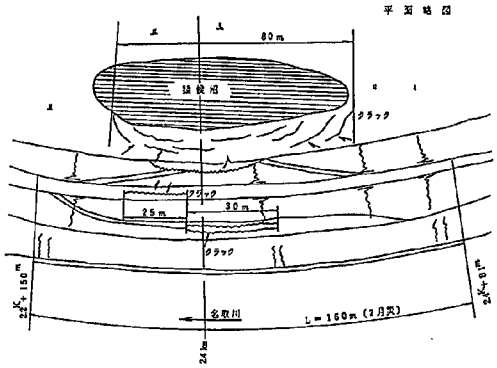


図５－６　閖上上地区の河川堤防の亀裂分布図（名取川右岸 2.4 km）

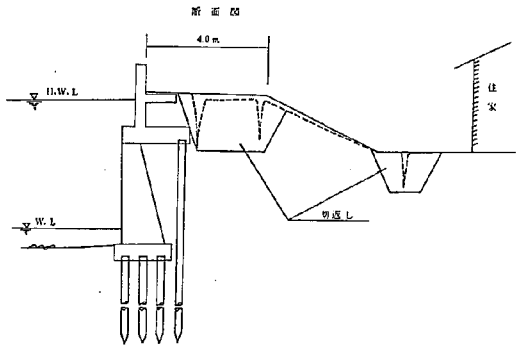


図５－７　閖上上地区特殊堤断面図および被害状況（名取川河口右岸）

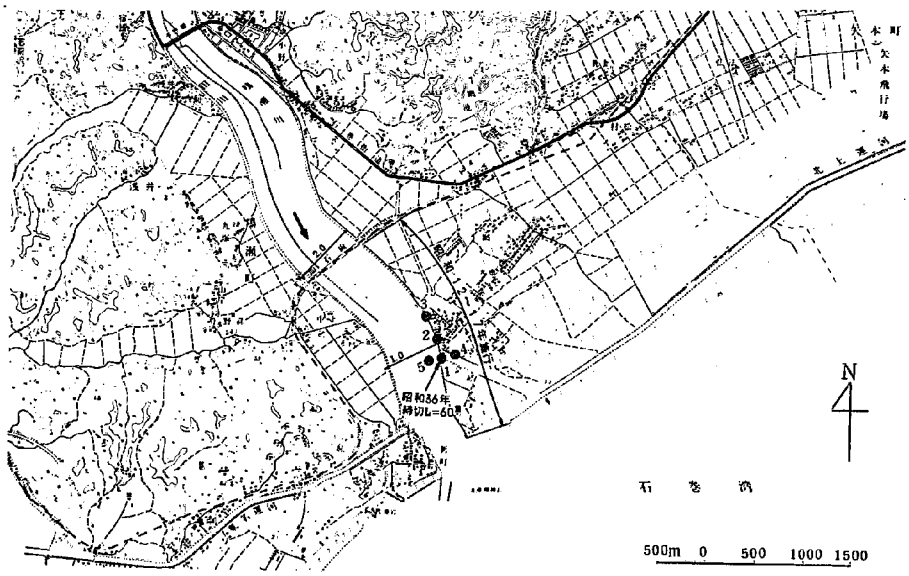


図５－８　浜市地区の位置および地盤調査地点（鳴瀬川左岸）〔 27 〕

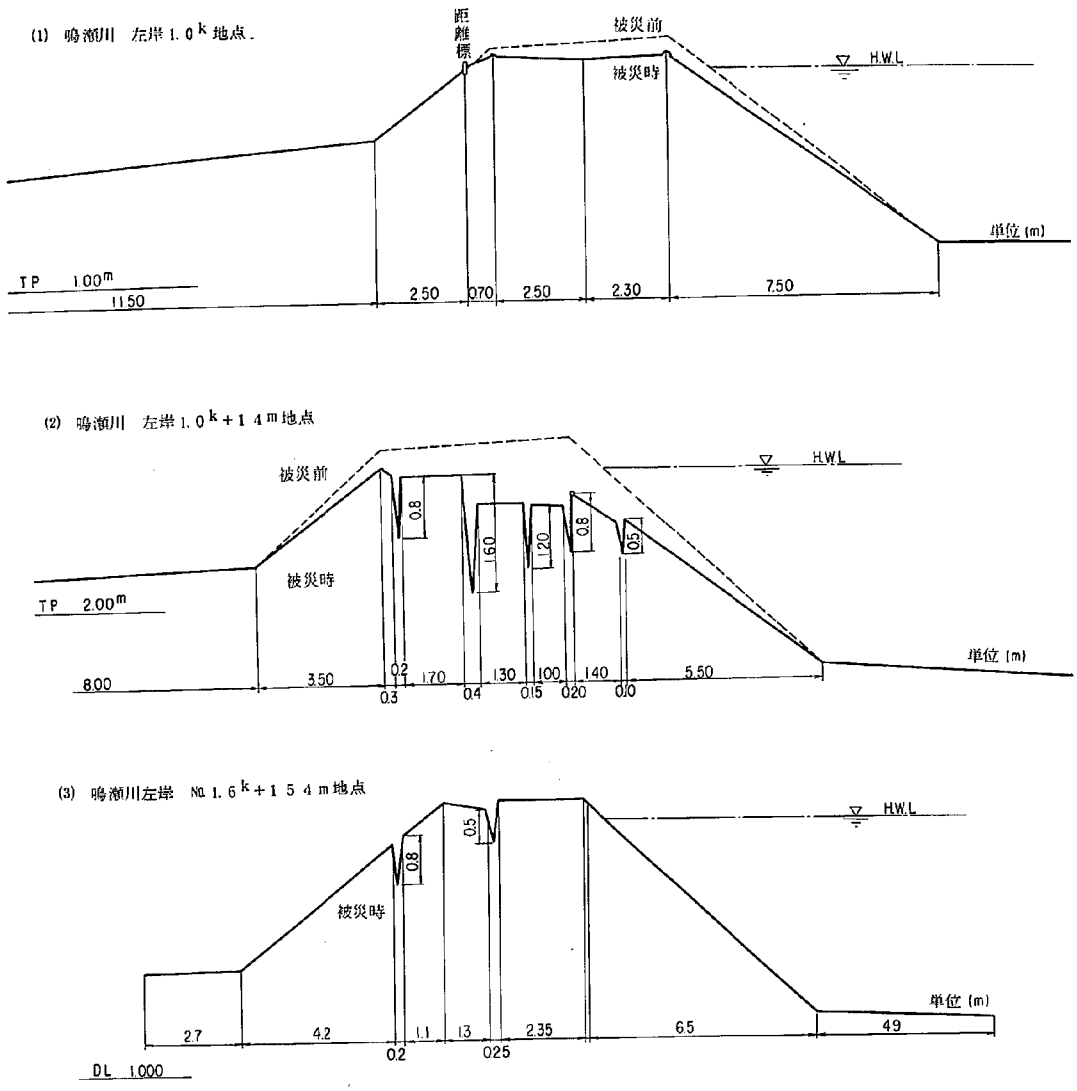


図５－９　浜市地区の堤防被害状況横断図（鳴瀬川左岸）〔27〕

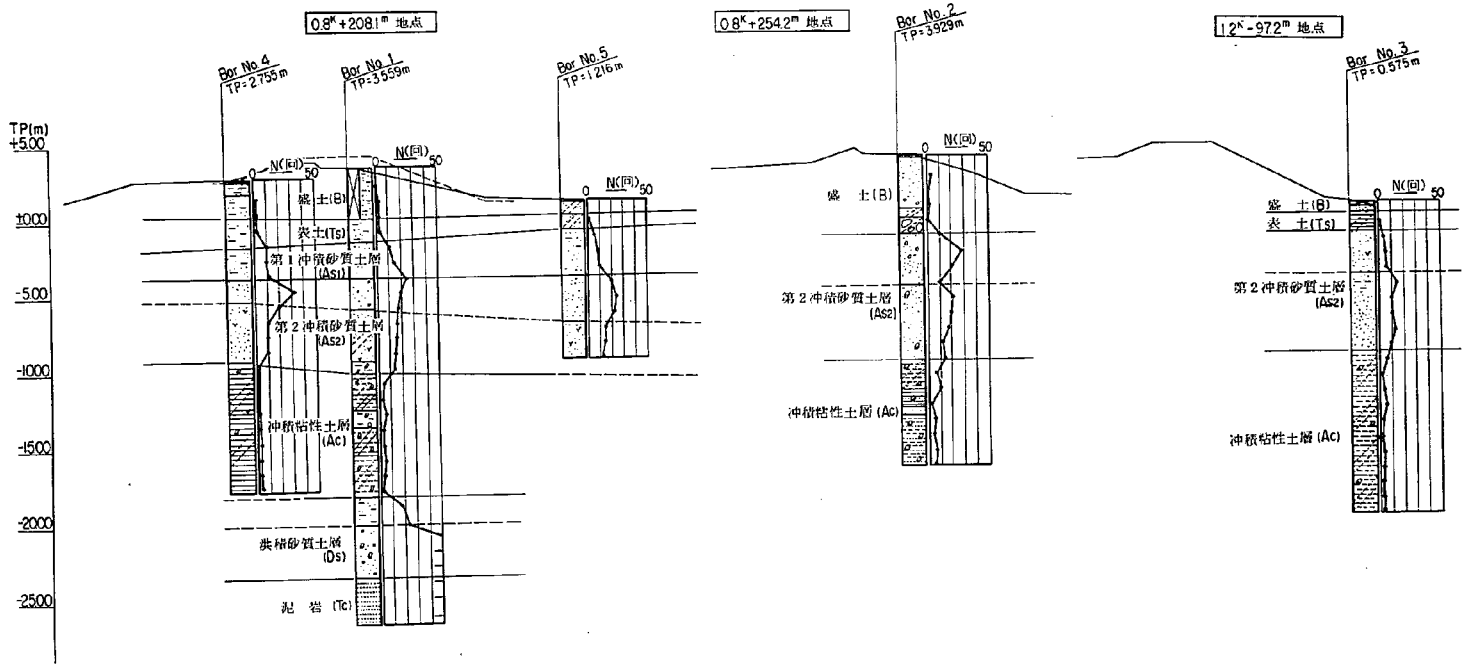


図5－10　浜市地区の地盤図（鳴瀬川左岸）〔27〕

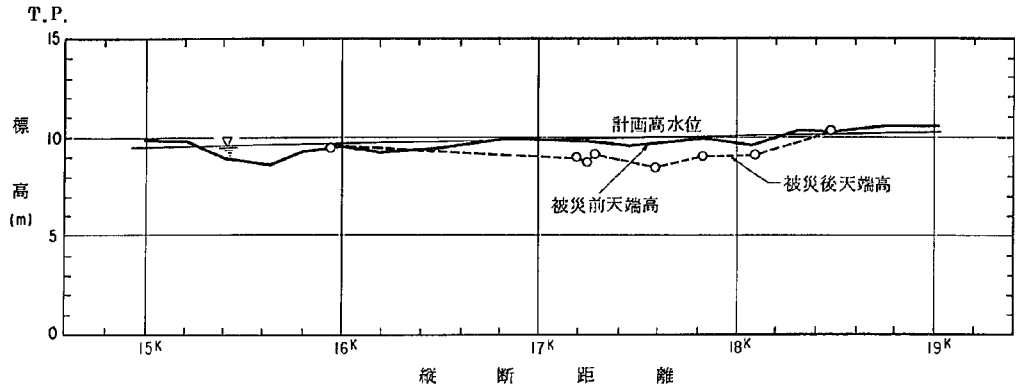


図5－11　山崎地区の堤防縦断方向沈下状況図（吉田川右岸）
―東北地建北上川下流工事事務所の調査による―

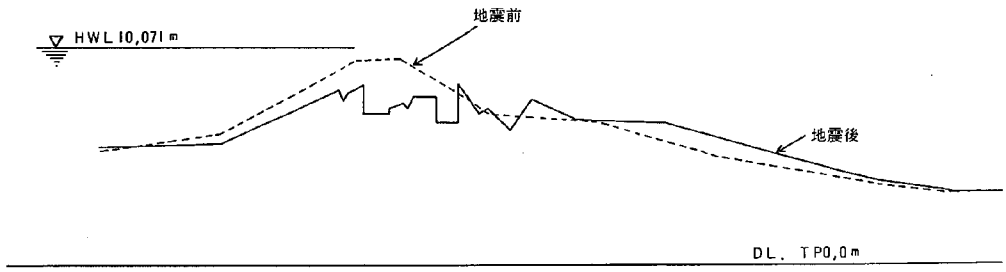


図5－12　山崎地区の堤防横断方向沈下状況例（吉田川右岸：126 km－58 m）〔14〕

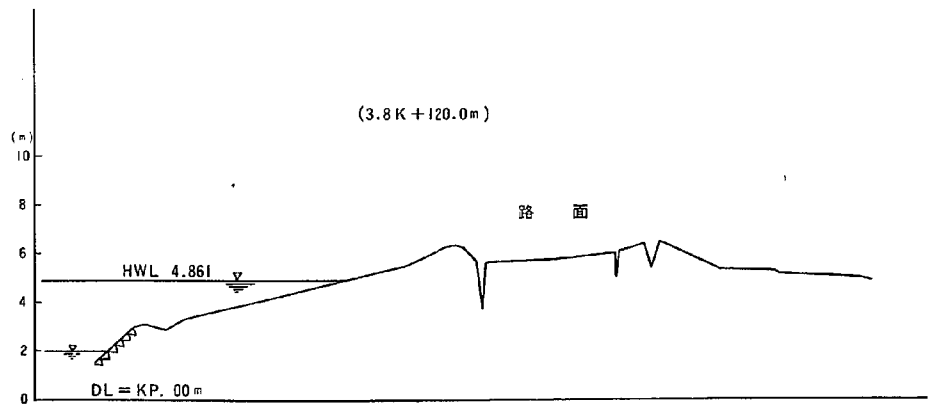


図5－13　釜谷第2堤防被害状況（北上川右岸：3.8 K＋120 m）〔14〕

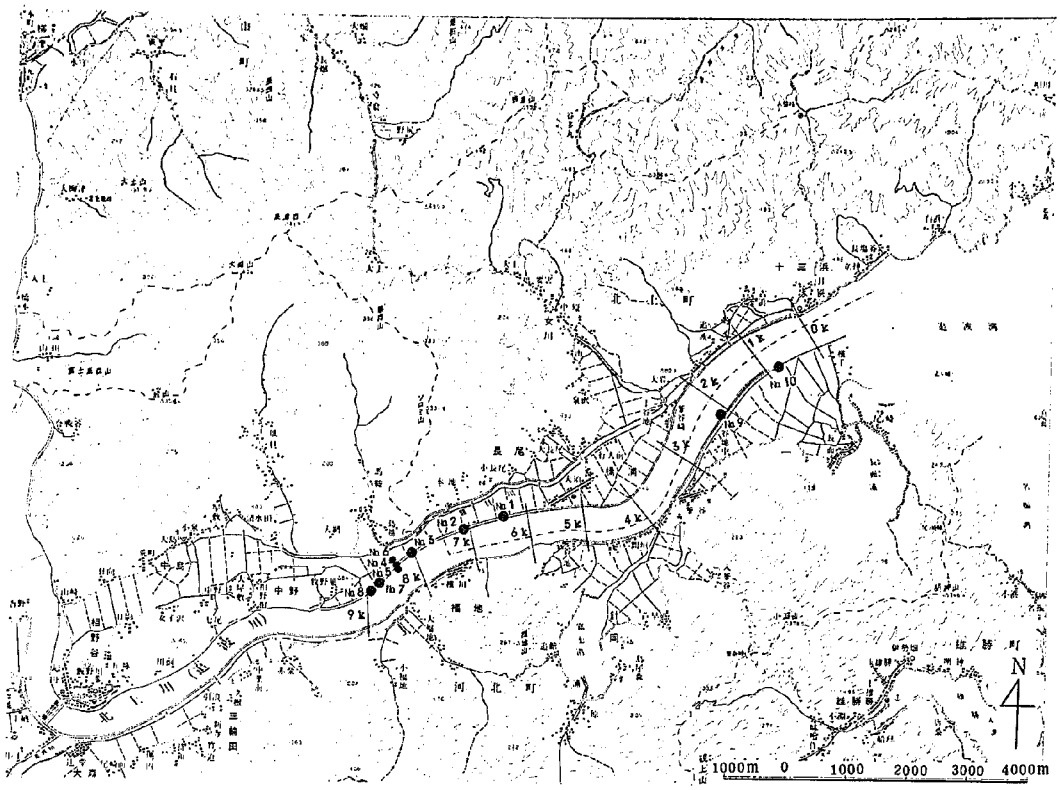


図５－１４　牧野巣・長面地区におけるボーリング調査位置図〔２８〕

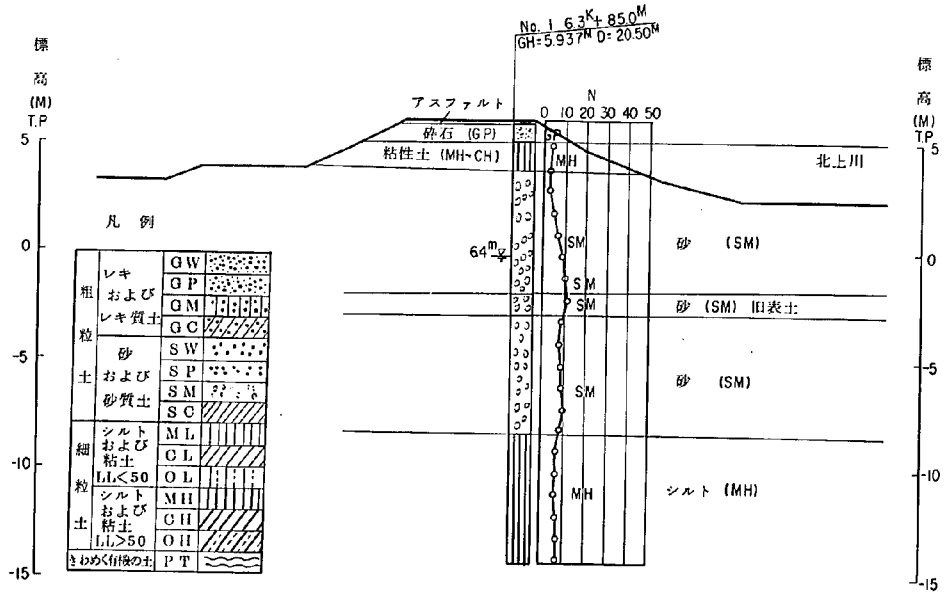


図５－１５(a)　推定土層横断図（牧野巣地区：北上左岸 6.3 K＋85.0 m）〔２８〕

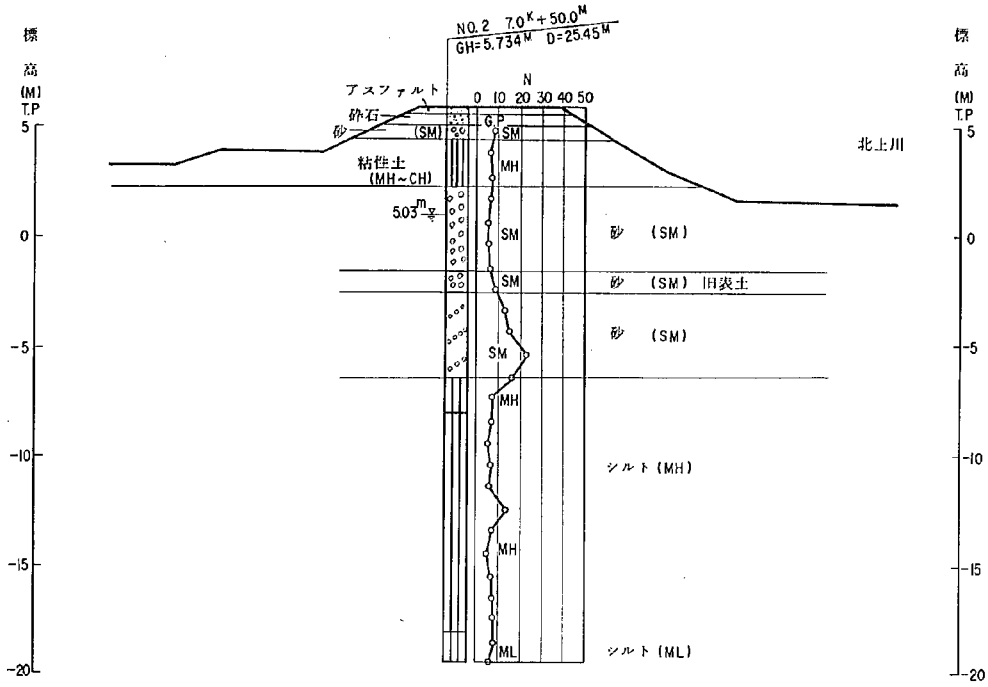


図5－15(b) 推定土層横断図（牧野巣地区：北上左岸 7.0 K＋50.0 m）〔28〕

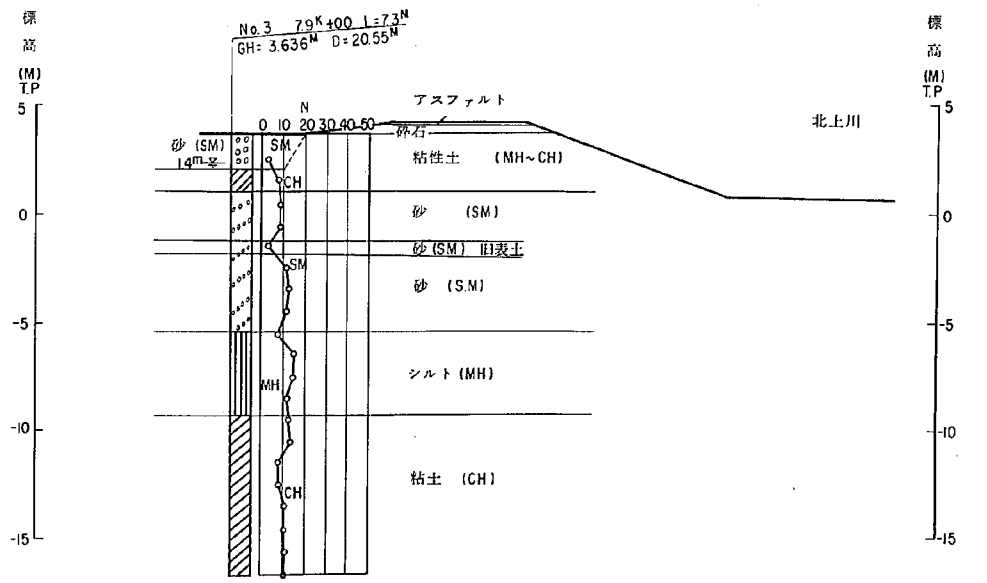


図5－15(c) 推定土層横断図（牧野巣地区：北上左岸 7.9 K）〔28〕

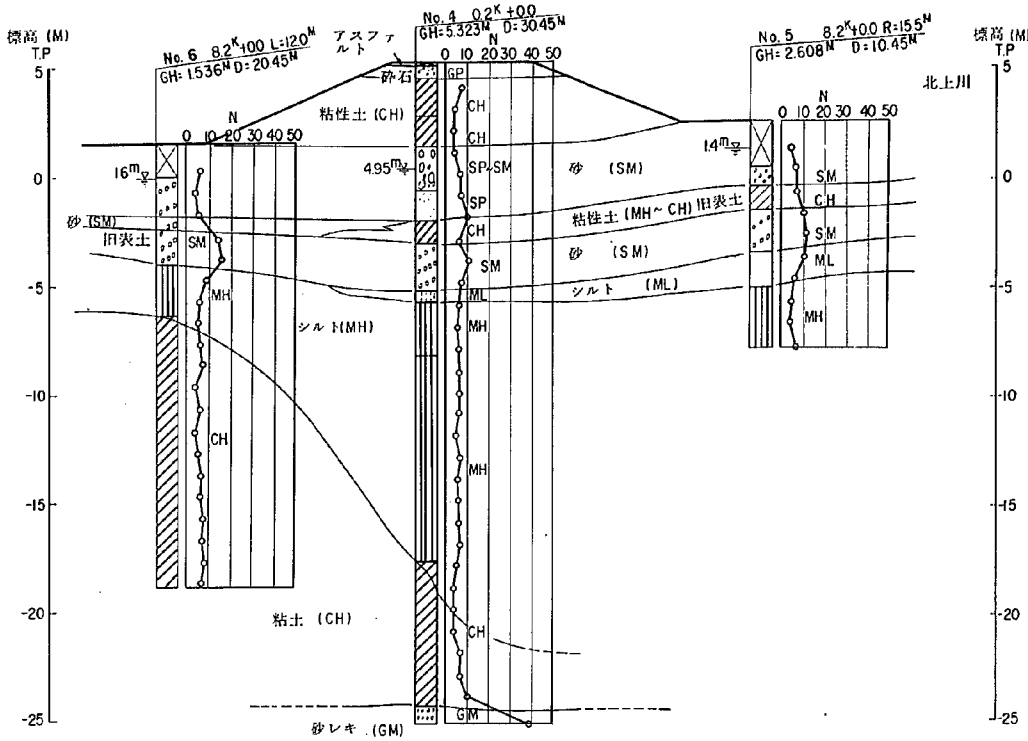


図5－15(d) 推定土層横断図（牧野巣地区：北上川左岸 8.2 K）〔28〕

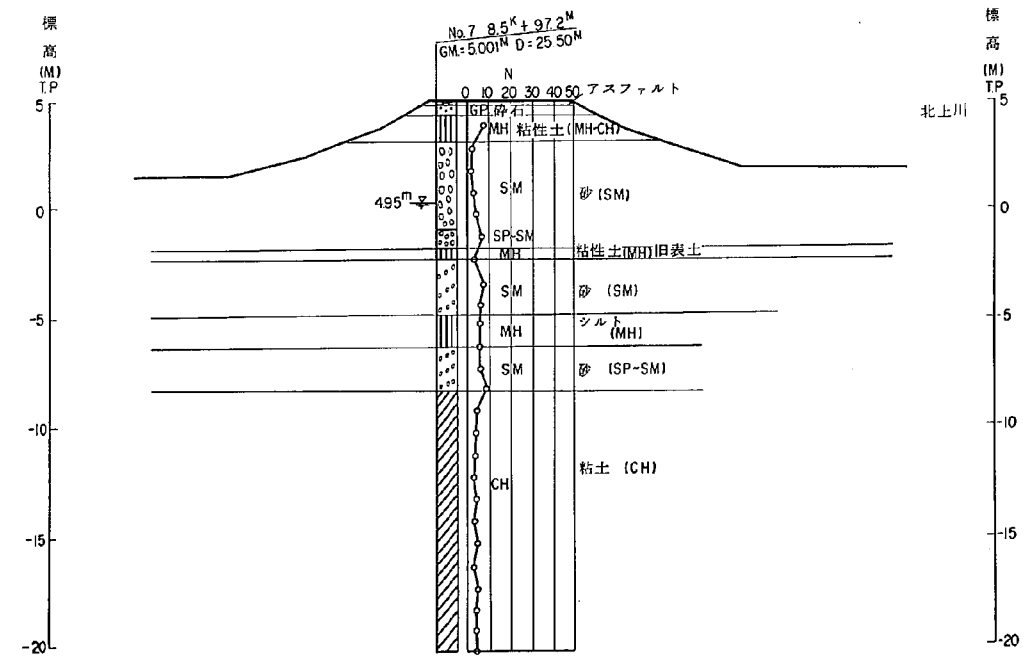


図5－15(e) 推定土層横断図（牧野巣地区：北上川左岸 8.5 K＋97.2 m）〔28〕

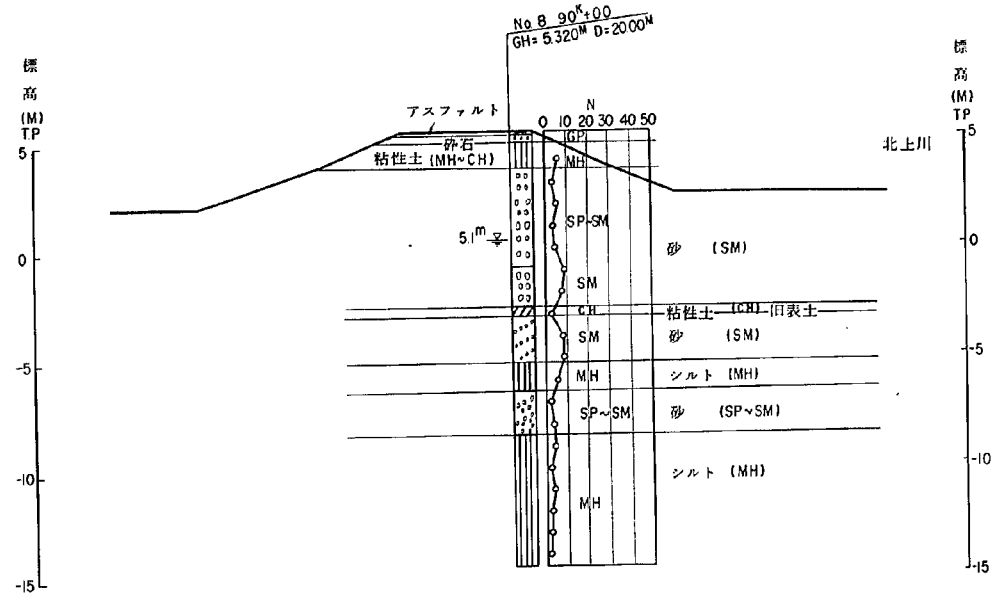


図5－15(f) 推定土層横断図（牧野巣地区：北上川左岸 2.1 K）〔28〕

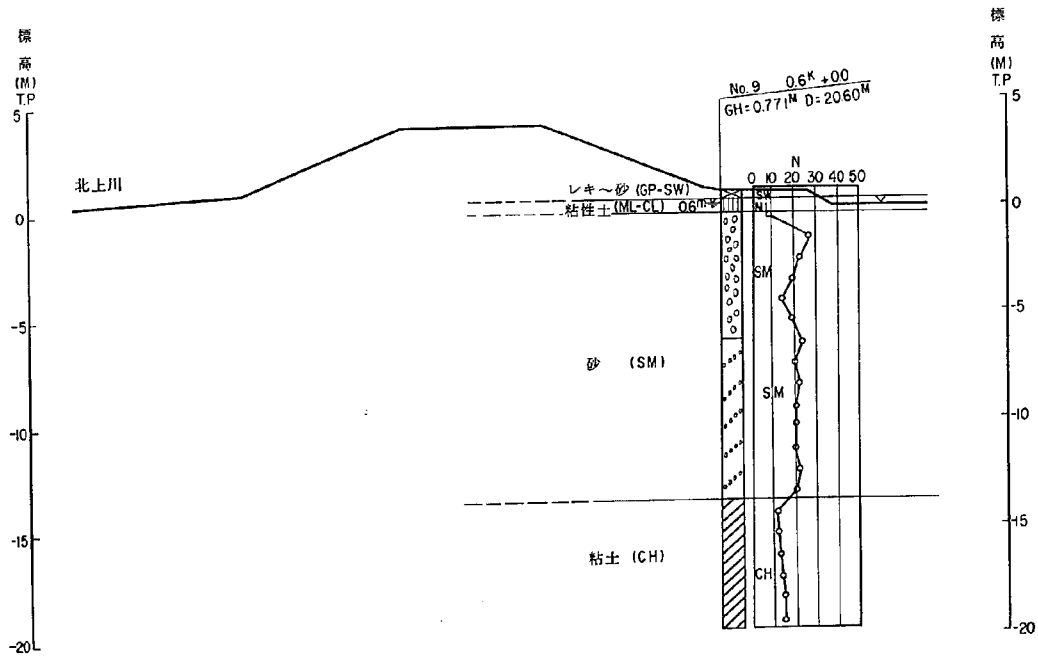


図5－15(g) 推定土層横断図（長面地区：北上川右岸 0.6 K）〔28〕

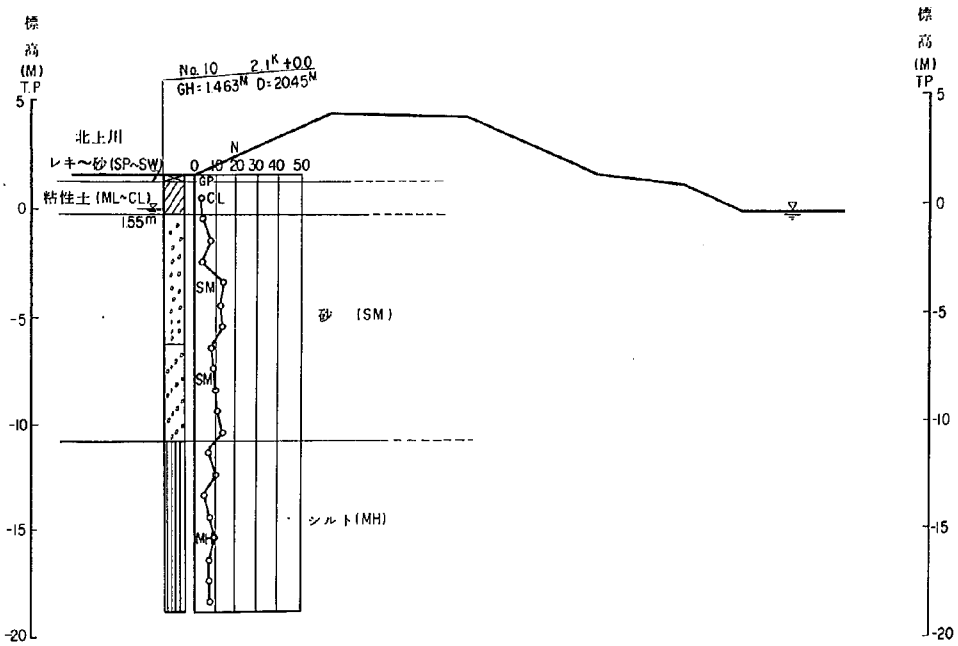


図5－15(h) 推定土層横断図（長面地区：北上川右岸 2.1 K）〔28〕

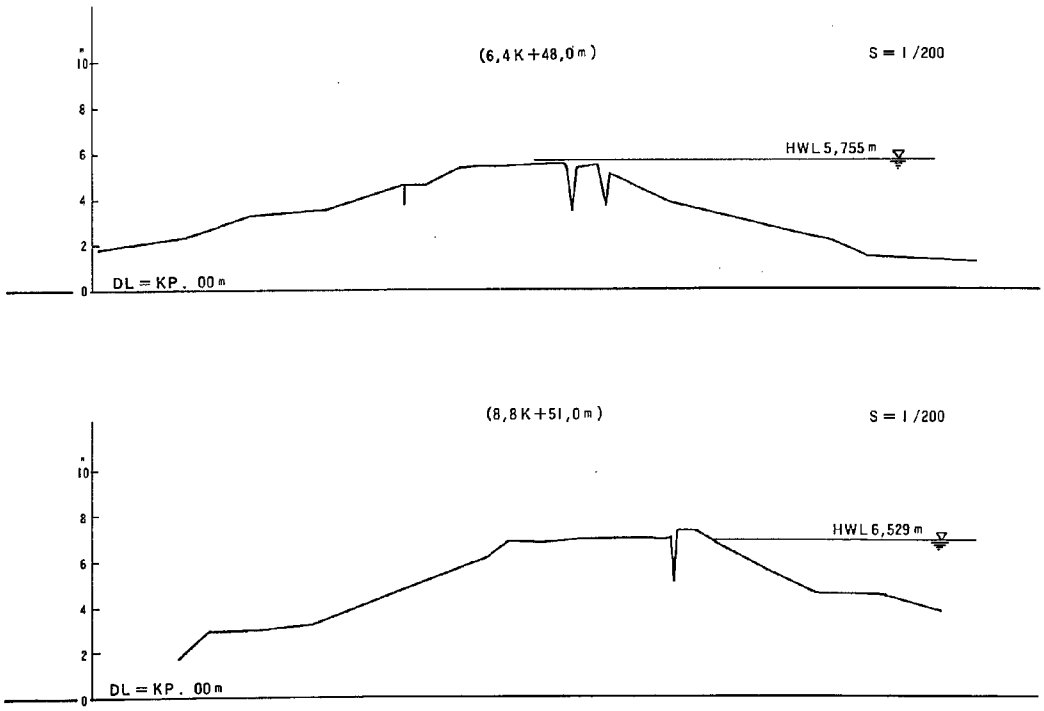


図5－16 牧野巣地区の堤防被害概況図〔14〕

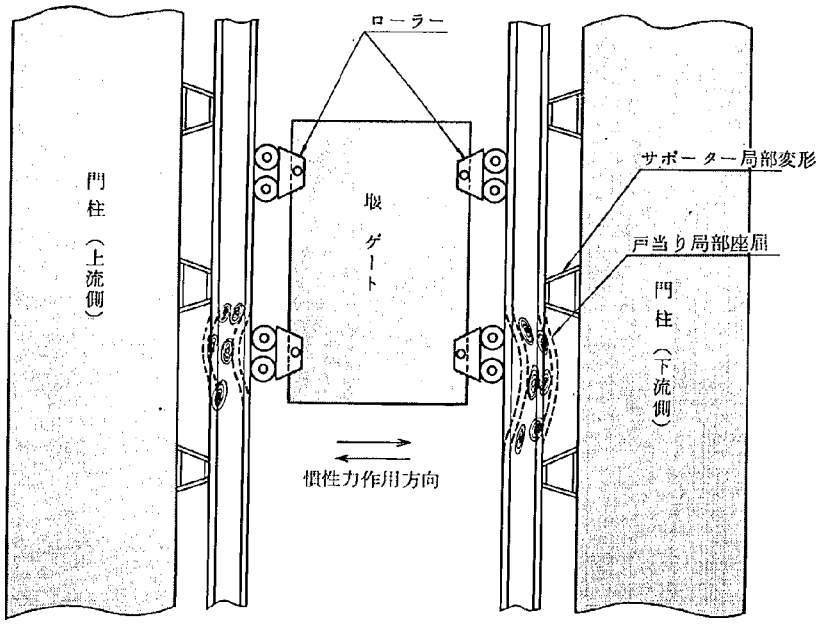


図５－１７　北上大堰の被害（ゲート，門柱，戸当り，ローラーの関係を模式的に示したものであり，形状，寸法は実物と異なる）



写真５－１　中村地区の被災堤防全景（名取川左岸3.0㎞の堤内地上流側から）



写真５－２　川表法面の亀裂・段差（中村地区：堤内地側）



写真５－３　天端の縦断亀裂・段差（中村地区）

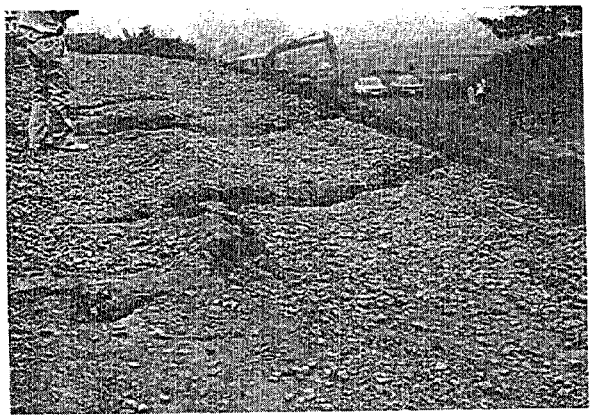


写真５－４　天端の横断亀裂（中村地区）



写真５－５　法尻付近の亀裂（中村地区：堤内地）

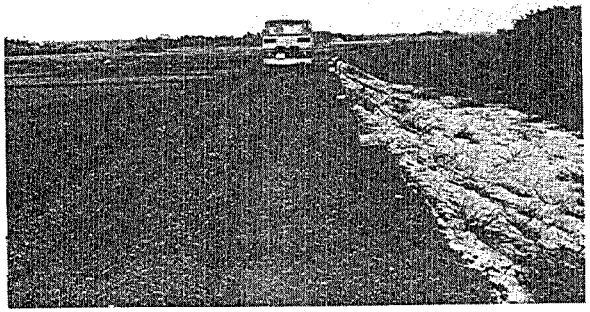


写真５－６　緊急復旧後の被災地点（中村地区：上流より）

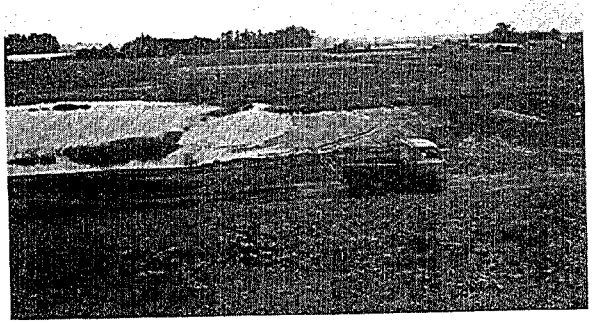


写真５－７　新猿候沼の変状（閖上上地区：天端より堤内地区を臨む）

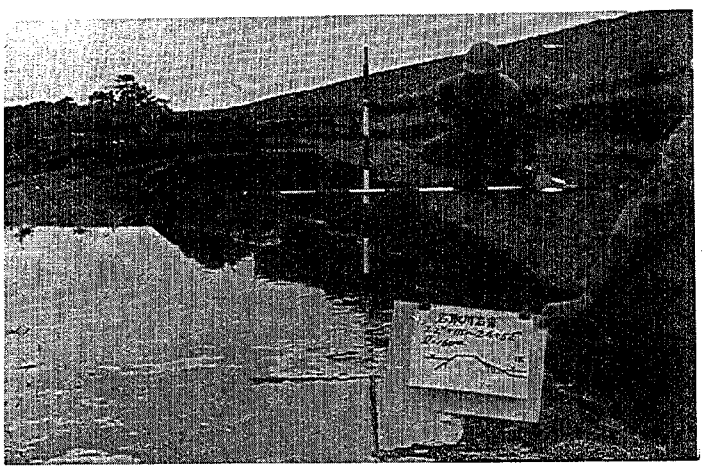


写真５－８　堤体法尻の亀裂（閖上上地区：堤内地側）
―東北地建仙台工事事務所による―

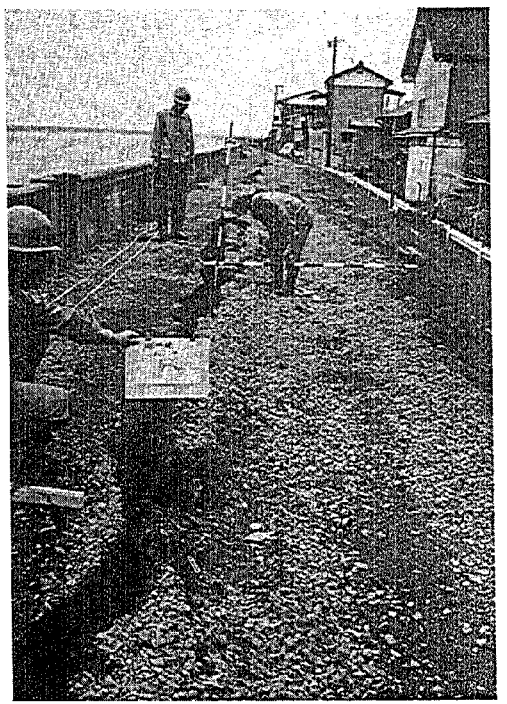


写真５－９　特殊堤の裏込の亀裂（閖上地区）
―東北地建仙台工事事務所による―

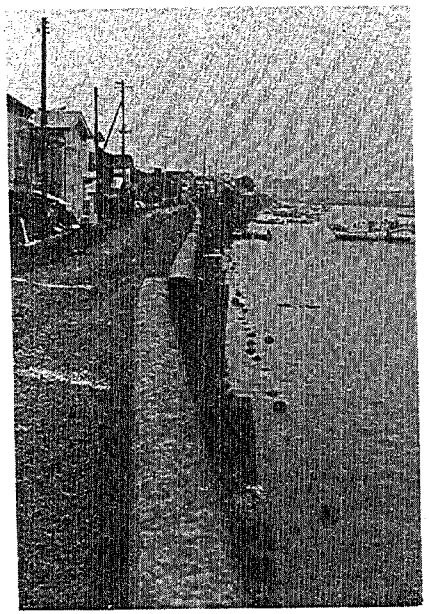


写真５－１０　特殊堤のずれ（閖上地区）
―東北地建仙台工事事務所による―

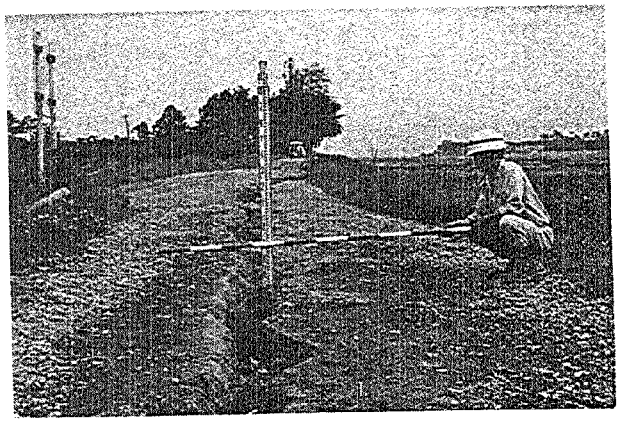


写真５－１１　天端のずれ（浜市地区：鳴瀬川左岸
0.9～1.1㎞）〔１４〕

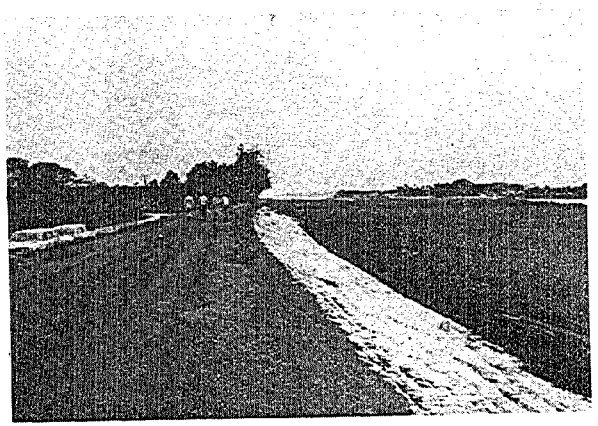


写真５－１２　緊急復旧された被災地点（浜市地区）

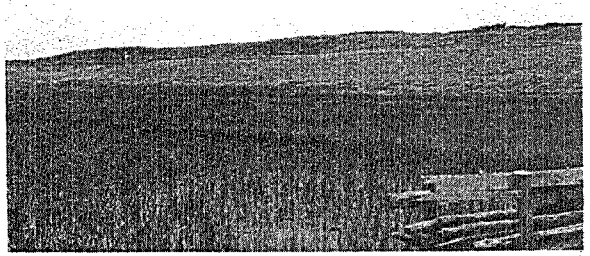


写真５－13　被災堤防遠景（山崎地区：吉田川）

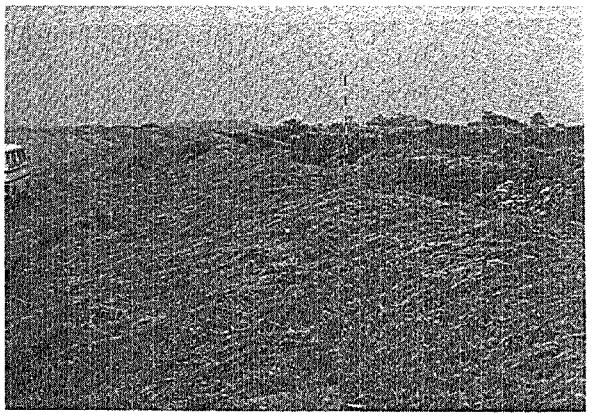


写真５－15　天端の亀裂（山崎地区）



写真５－14　裏小段の亀裂（山崎地区）



写真５－16　表小段の亀裂（山崎地区）

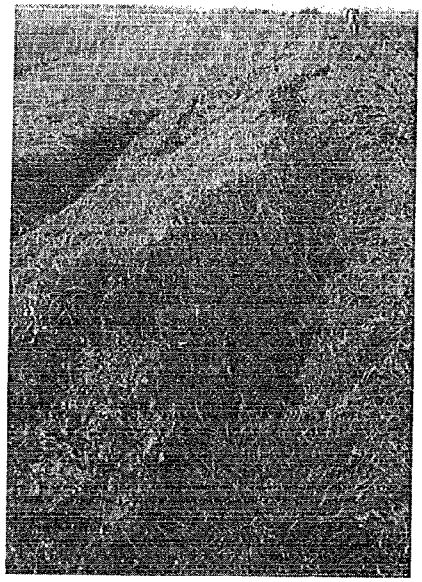


写真５－17　天端肩付近の亀裂（山崎地区）



写真５－18　裏小段の亀裂（山崎地区）



写真５－19　天端の亀裂・段差（山崎地区）

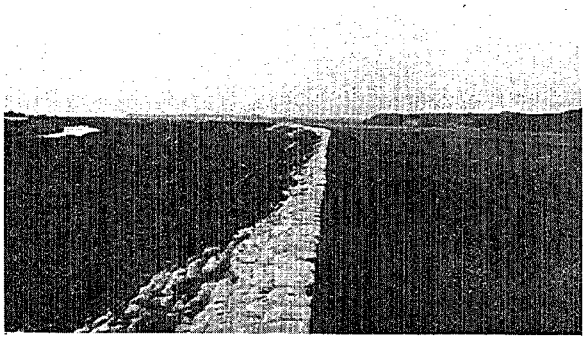


写真５－20　緊急復旧後の堤防（山崎地区）



写真５－21　緊急復旧後の堤防（山崎地区）



写真５－22　堤内地法尻付近の亀裂（袋地区：吉田川）

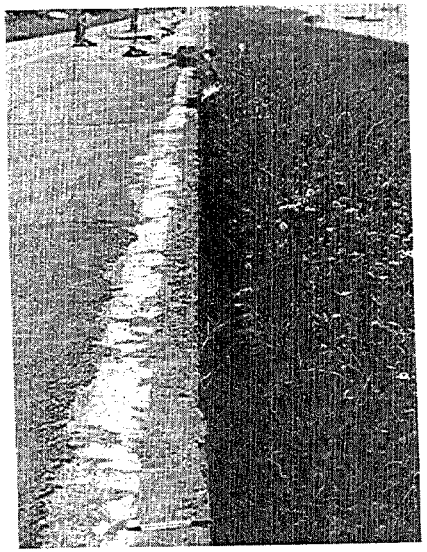


写真5－23
法肩付近のずれ（釜谷地区
：北上川右岸 4.9 ～ 5.0 km）

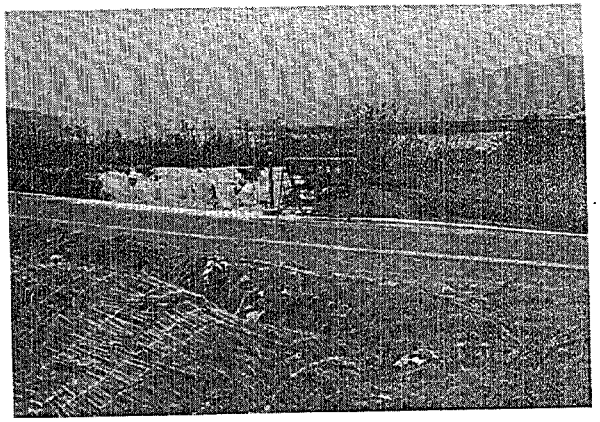


写真5－25　天端道路の沈下および法肩の段差
（釜谷地区：北上川右岸 3.8 ～ 4.0 km）

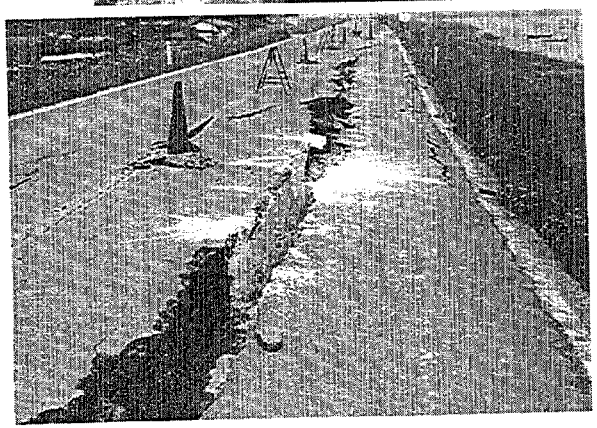


写真5－24　道路の亀裂・段差（釜谷地区：北上川
右岸 4.9 ～ 5.0 km）

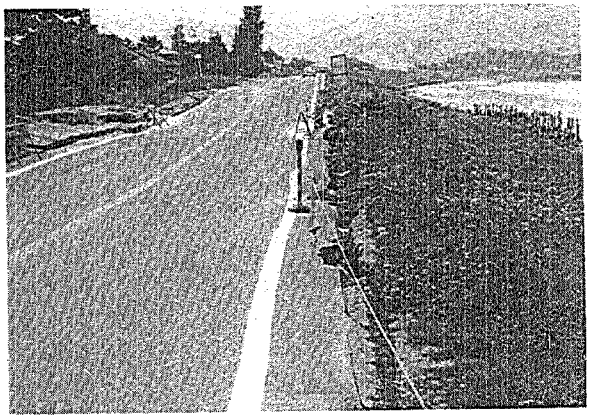


写真5－26　天端道路の沈下状況（釜谷地区：北上
川右岸 3.8 ～ 4.0 km）

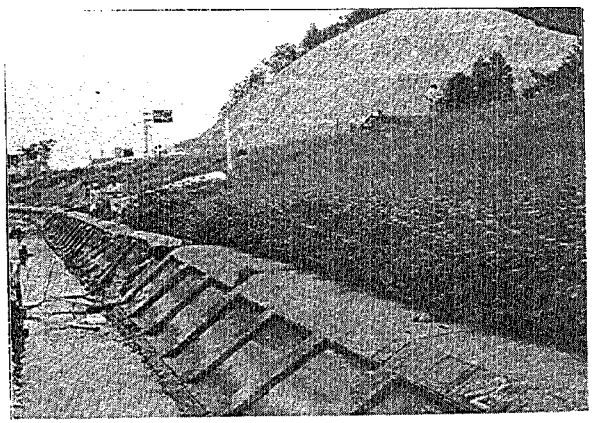


写真5－27　コンクリート護岸の破壊（釜谷地区：北上川右岸3.8～4.0㎞）

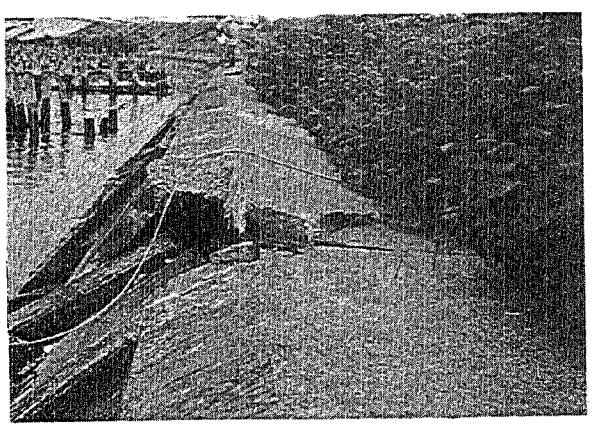


写真5－28　コンクリート護岸の破壊（釜谷地区：北上川右岸3.8～4.0㎞）

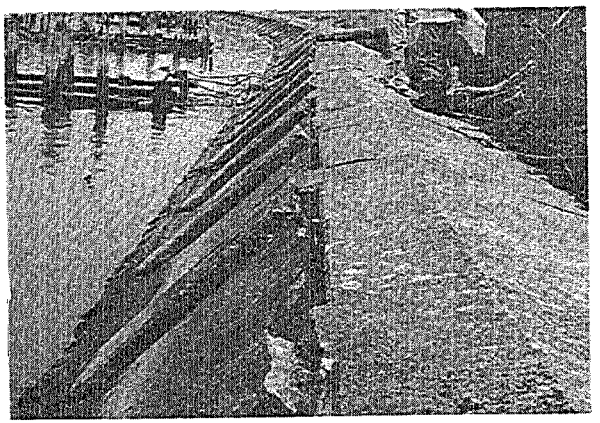


写真5－29　コンクリート護岸の破壊（釜谷地区：北上川右岸3.8～4.0㎞）

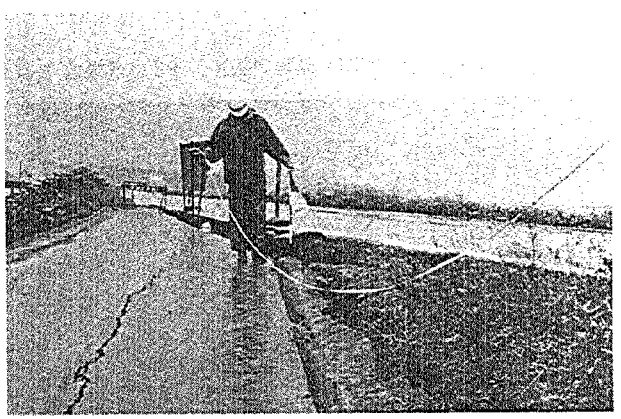


写真5－30　天端取付道路の亀裂（釜谷地区：北上川右岸4.2～4.3㎞）

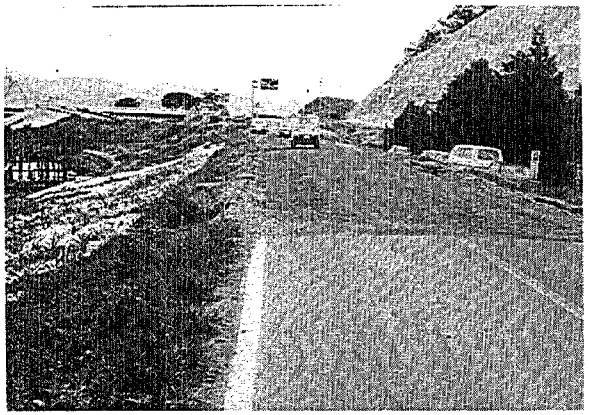


写真５－31　緊急復旧後の状況（釜谷地区：北上川右岸 4.9 ～ 5.0 km）



写真５－32　緊急復旧後の状況（釜谷地区：北上川右岸 4.9 ～ 5.0 km）



写真５－33　天端の亀裂・段差（表面地区：北上川右岸）〔14〕

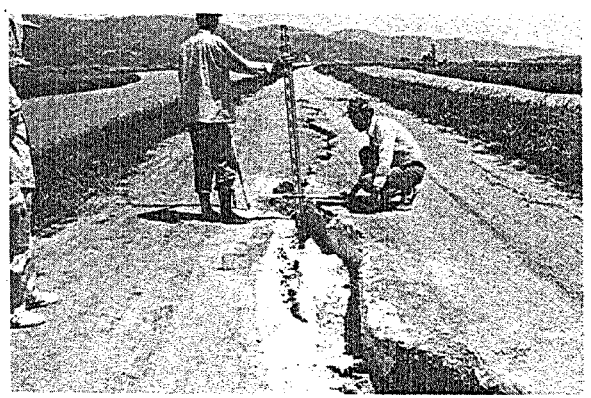


写真５－34　表小段の亀裂（表面地区：北上川右岸）〔14〕



写真5－35　表法肩の亀裂・沈下（牧野巣地区：北上川左岸）



写真5－36　天端の縦断亀裂および表法肩の亀裂・沈下（牧野巣地区）

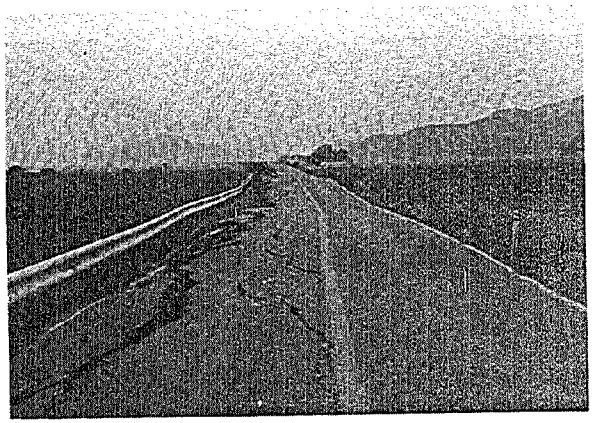


写真5－37　天端の縦断亀裂および表法肩の亀裂・沈下（牧野巣地区）

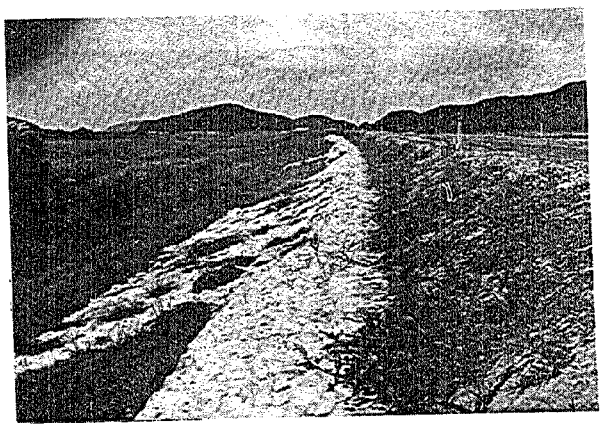


写真5－38　緊急復旧後の表法面（牧野巣地区）



写真５－39　阿武隈大堰ゲート戸当りの欠落

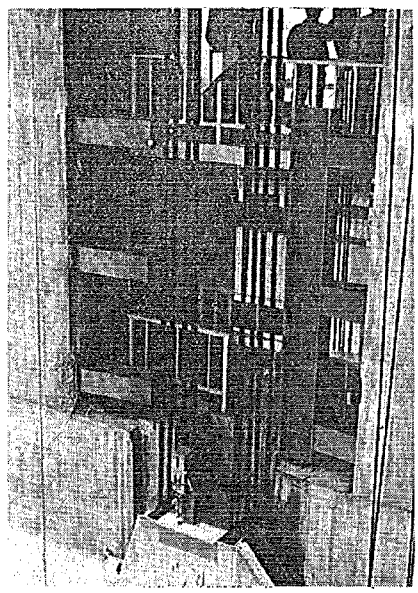


写真５－40　阿武隈大堰ゲート戸当りの欠落および戸当り支持梁周辺の門柱コンクリートの剝離（下流側の戸当りは被害なし）



写真５－41　阿武隈大堰ゲート戸当り下端セットボルトが完全に欠落している

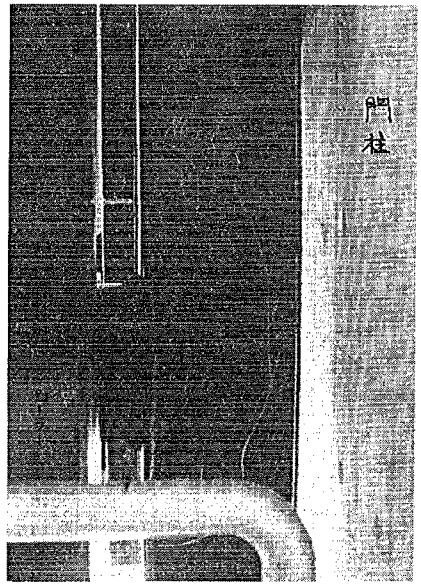


写真５－42　北上大堰戸当り（No４左岸上流側）の局部座屈（塗装のはげている箇所）



写真５－43　北上大堰戸当り支柱の異常変形および
その周辺の門柱コンクリートの破損

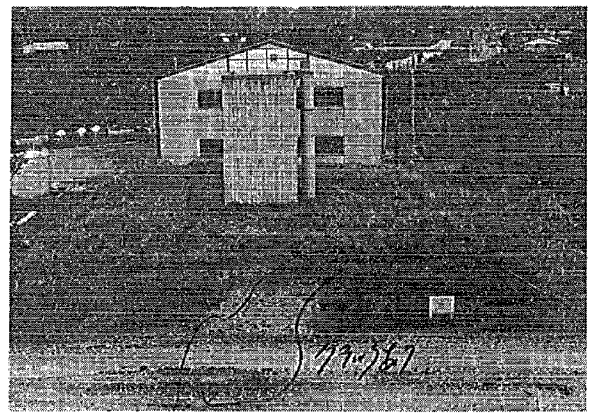


写真５－44　不来内排水機場（吉田川右岸 13.7 km）

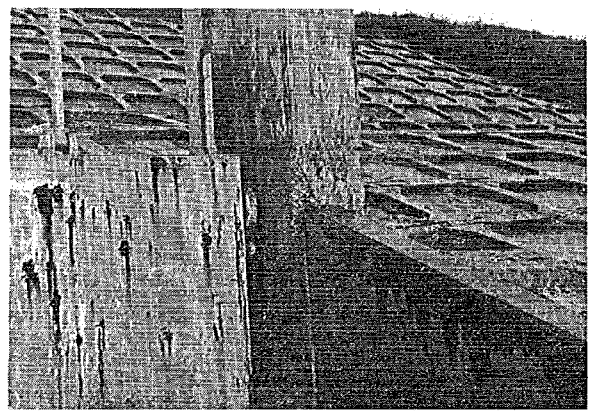


写真５－45　不来内排水機場（吉田川右岸 13.7 km）
門柱のコンクリート剝離

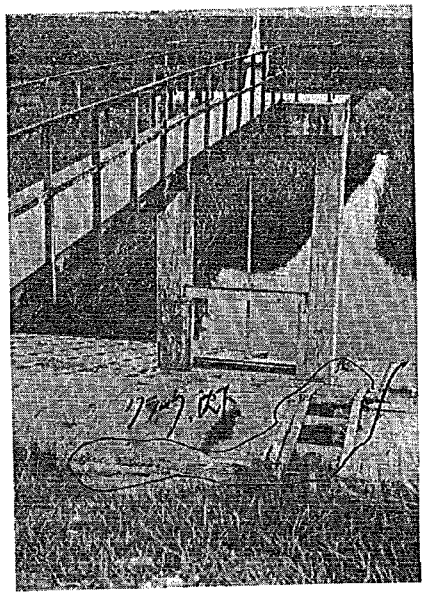


写真5－46　不来内排水機場（吉田川右岸 13.7 km）
門柱周辺の護岸沈下および格子の折損



写真5－47　北沢第2排水機場（江合川左岸 4 km）
樋管門柱の亀裂

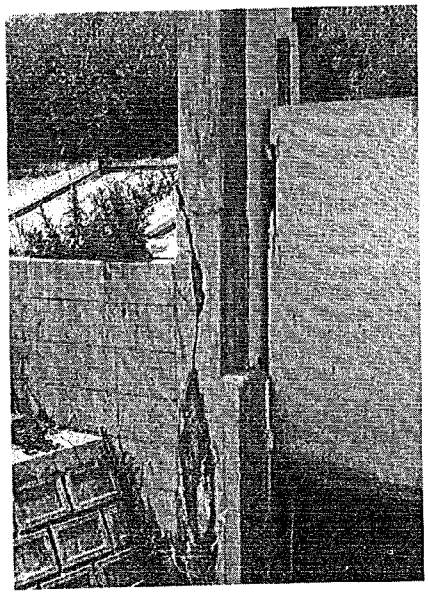


写真5－48　北沢第2排水機場（江合川左岸 4 km）
樋管門柱の亀裂

6．道路関連施設の被害

6－1　道路橋の被害

6－1－1　道路橋全般の被害状況

道路橋の被害は図4－1に示したように、宮城県、岩手県、福島県の3県にまたがっている。地震後、橋種、構造型式、支持地盤の種類等と被害の関連を調査することを目的として、宮城県の一般県道以上にある橋長20m以上の無被害橋も含めた全橋ならびに、岩手県内の北上川流域の橋、福島県福島市内の橋に対する調査が行なわれた。表6－1は、道路局が東北地方建設局、県に依頼して行なった調査結果（中間結果）の一部を整理したものである。

これによれば、今回調査された東北地建管内の直轄国道の55橋、宮城県道400橋、岩手県道170橋、福島県道4橋のうち、それぞれ42橋、92橋、20橋、2橋、合計154橋がごく軽微な被害を含めて何らかの被害を受けている。なお、横断歩道橋に関しては被害が生じていないことが注目される。

表6－1に示した被害橋梁の分布をまとめると図6－1に示すようになる。

6－1－2　道路橋の代表的被害の状況

(1) 千 代 大 橋

千代大橋は図6－2に示すように国道4号と広瀬川の交差部に昭和40年に架設された9連の活荷重合成桁（橋長310m、幅員19m）から成る一等橋である（写真6－1）。今回の地震ではP_1～P_8に至る全ての橋脚躯体（P_1～P_8）に亀裂が生じた。最も被害の著しかったのはP_6であり、写真6－2に示すようにT型橋脚躯体の橋座部と鉛直部との接合部で躯体の全周にわたりコンクリートが剥離し、鉄筋（張出部では直径32㎜の丸鋼がctc15cmで入っている）が露出するとともに降伏して内側に折れ曲がった。橋脚のまわりには大きな地ばなれは見られなかったが、橋脚を取巻く形で地盤のひび割れが認められた。また、P_6に隣接するP_5、P_7においてはコンクリートの剥離は生じなかったが、橋脚躯体の全周にわたりはっきりとした亀裂が生じた。

写真6－3はP_4橋脚躯体および躯体とケーソン井筒接合部に生じたコンクリートの剥離である。これをみるとP_6同様に丸鋼の鉄筋が降伏し、外側にはらみ出している様子がよくわかる。このような状況から橋脚躯体は地震時にケーソンとの接合部で非常に大きな曲げモーメントを受け、回転運動をしたものと思われる。

写真6－3(d)はP2橋脚の地中部に生じた亀裂であり、地震直後には発見できなかったが、橋脚根元を掘削した結果、つけ根に近い部分に亀裂が生じているのがみっかったものである。なお、千代大橋では上部構造および沓には著しい被害は生じなかった。

(2) 阿 武 隈 橋

阿武隈橋は国道6号と阿武隈川に架かる図6－3に示すように昭和7年に竣工した鋼ワーレントラスお

表６－１(a) 宮城県沖地震による全橋調査結果一覧表（建設省直轄管理）

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
N-1	名取大橋	名取川	昭37	国道４号線	宮城県仙台市	541.0	14.5	単純合成鈑桁		橋台沓座モルタル破損、一部アンカーボルト抜出し	
N-2	名取橋	名取川	昭 7	国道４号線	宮城県仙台市	190.8	7.5	単純鈑桁		地覆一部破損	
N-3	大野田橋	名取川	昭 7	国道４号線	宮城県仙台市	42.4	7.5	単純鈑桁		橋台ウィングつけねに亀裂	
N-4	長町跨線橋	東北本線	昭29	国道４号線	宮城県仙台市	68.0	9.0	ゲルバー鈑桁		橋台パラペットから桁座端部にかけて亀裂	
N-5	梅田川橋	仙石線	昭43	国道４号線	宮城県仙台市	129.0	21.0	単純合成鈑桁		橋台沓座モルタル破損、橋脚張出しにクラック 橋脚（ラーメン橋脚）に水平の亀裂 落橋防止装置ボルト破損、伸縮継手に段差	
N-6	燕沢跨線橋	東北本線	昭44	国道４号線	宮城県仙台市	41.6	28.3	単純合成鈑桁		沓モルタル剥離、橋台裏込土沈下	
N-7	泉大橋	七北田川	昭44	国道４号線	宮城県泉市	150.35	19.0	ポステン単純T桁		橋台パラペット亀裂、ゴムシューの移動、橋台裏込土沈下	
N-8	高田橋	吉田川	昭 6	国道４号線	宮城県泉市	44.1	7.5	ＲＣ単純T桁		沓座モルタル破損、コンクリート高欄破損	
N-9	三本木大橋	鳴瀬川	昭45	国道４号線	宮城県志田郡三本木町	196.1	9.5	単純合成鈑桁		橋台とコンクリート土留の間に空隙	
N-10	多田川橋	多田川	昭11	国道４号線	宮城県志田郡三本木町	77.7	7.4	ＲＣ単純T桁		６径間全部の桁が橋軸直角方向に移動、橋台パラペット亀裂、沓座モルタル破損、橋台背面土沈下	
N-11	新江合橋	江合川	昭49	国道４号線	宮城県古川市	243.0	9.5	５径間連続非合成鈑桁	鋼管杭	橋脚躯体下部の全周に亀裂、コンクリート剥離、橋台裏込土沈下、支点上の対傾構変形	
N-12	留場橋	迫川	昭28	国道４号線	宮城県栗原郡築館町	76.9	9.5	単純鈑桁		橋台背面土沈下	
N-13	荒瀬橋	迫川	昭37	国道４号線	宮城県栗原郡築館町	128.0	8.0	単純合成鈑桁		沓座モルタル破損、可動沓過大移動、橋台ウイング亀裂	
N-14	達田橋	迫川	昭38	国道４号線	宮城県栗原郡金成町	132.0	8.0	連続鈑桁		可動沓過大移動、橋台背面土沈下	
N-15	有壁跨線橋	東北本線	昭40	国道４号線	宮城県栗原郡金成町	102.8	8.0	連続合成鈑桁		沓アンカーボルト変形	
N-16	千代大橋	広瀬川	昭40	国道４号線	宮城県仙台市沖野	309.96	14 (+2@ 2.5)	単純活荷重合成桁（９連）	A オープンケーソン P オープンケーソン	橋脚コンクリート剥離	
N-17	阿武隈橋	阿武隈川	昭 7	国道６号線	宮城県亘理郡亘理町今泉	571.1	6.0 (+2.0)	鋼ワーレントラス 鋼単純鈑桁	A 杭基礎 P 井筒基礎 杭基礎	門型ラーメン橋脚の鉛直部にクラックおよびコンクリート剥離、沓アンカーボルト切断	
N-18	花京院跨線橋	仙山線 東北本線	昭26	国道４５号線		23.1	21.0	単純合成鈑桁		橋台桁座コンクリートに亀裂、橋台石積土留に亀裂	
N-19	福田橋（上り線）	梅田川	昭46	国道４５号線	宮城県仙台市福田町	53.9	10.5	単純合成Ｈ桁	杭基礎	橋台パラペット亀裂、橋台護岸亀裂	
N-20	福田橋（下り線）	梅田川	昭32	国道４５号線	宮城県仙台市福田町	51.4	10.5	単純合成鈑桁	杭基礎	沓モルタル破損、沓のずれ、橋台パラペット破損、橋台護岸亀裂、橋脚コンクリート一部剥離亀裂、親柱破損	

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
N-21	福田大橋（上り線）	七北田川	昭32	国道45号線	宮城県仙台市福田町	108.8	10.5	ゲルバー鈑桁		橋脚桁座端に亀裂、床版に亀裂、横構の座屈およびリベットの破損、沓破損	
N-22	高城大橋	高城川		国道45号線	宮城県宮城郡松島町	82.9	13.0	三径間連続鈑桁		橋台裏込土沈下、橋台護岸の亀裂	
N-23	矢本跨線橋	仙石線	昭44	国道45号線	宮城県宮城郡矢本町	25.0	9.5	単純合成鈑桁		橋台護岸に亀裂	
N-24	蛇田跨線橋	仙石線	昭41	国道45号線	宮城県石巻市	10.5	10.4			橋台護岸およびウイングに亀裂	
N-25	鹿又跨線橋	石巻線	昭44	国道45号線	宮城県桃生郡河南町	25.0	7.5	単純合成鈑桁		橋台ウィング沈下、橋台背面土沈下	
N-26	新飯野川橋	北上川	昭49	国道45号線	宮城県桃生郡河北町	441.5	10.0	3径間連続鋼床版箱桁		沓破損、橋台護岸亀裂、ウイングに亀裂	
N-27	水守橋	南沢川	昭45	国道45号線	宮城県桃生郡津山町	35.7	7.0	単純合成鈑桁		沓座モルタル破損、橋台桁座コンクリートに亀裂、橋台ウイングに亀裂、高欄破損、橋台裏込土沈下	
N-28	水尻橋	水尻川	昭46	国道45号線	宮城県本吉郡志津川町	34.1	9.7	単純H桁		舗装に亀裂	
N-29	歌津大橋	伊里前湾	昭47	国道45号線	宮城県本吉郡歌津町伊里前	303.6	7.5	ポステン単純T桁	杭基礎	沓座方向ストッパー破損	
N-30	小泉大橋	津谷川	昭50	国道45号線	宮城県本吉郡歌津町	182.1	10.5	3径間連続鋼版桁		橋台護岸沈下、橋台背面土沈下	
N-31	水野橋	鳴瀬川	昭11	国道45号線	宮城県桃生郡鳴瀬町小野	347.3	5.5	鋼単純鈑桁	井筒基礎	沓損傷、桁橋軸直角方向に移動（最大48cm）、橋脚沓座に亀裂	
N-32	天王橋	旧北上川	昭34	国道45号線	宮城県桃生郡河南町本町	367.7		鋼ランガトラス（1連）鋼ゲルバー鈑桁（7径間）	井筒基礎	沓座コンクリートの破壊、ゲルバー固定沓破壊	
N-33	岩出山大橋	江合川	昭7	国道47号線	宮城県玉造郡岩出山町	224.0	7.1	RC単純T桁		橋台パラペットに亀裂、橋台裏込土沈下、高欄破損	
N-34	川渡大橋	江合川	昭9	国道47号線	宮城県玉造郡鳴子町	219.0	7.0	RC単純T桁		橋台パラペットに亀裂	
N-35	成沢橋	荒尾川支川	昭38	国道47号線	宮城県玉造郡鳴子町	56.0	7.0	ポステン単純T桁		伸縮継手破損	
N-36	大深沢橋	荒尾川支川	昭36	国道47号線	宮城県玉造郡鳴子町	99.7	7.5	単純鋼アーチ		沓座モルタル破損	
N-37	生瀬橋	広瀬川	昭14	国道48号線	宮城県仙台市	72.2	6.8	RCゲルバーT桁		橋脚つけ根にコンクリート剥離、沓座モルタル破損	
N-38	愛子跨線橋	仙山線	昭40	国道48号線	宮城県宮城郡宮城町	12.0	8.5			橋台パラペット～ウイングに亀裂、橋台地覆の破損	
N-39	熊ケ根橋	広瀬川	昭29	国道48号線	宮城県宮城郡宮城町	138.0	8.0	単純鋼アーチ		橋台桁座コンクリート剥離	
N-40	湯渡戸橋	広瀬川	昭28	国道48号線	宮城県宮城郡宮城町	96.7	5.9	単純上路トラス		橋台桁座両端のコンクリート破損、沓座モルタル破	
N-41	泉橋	広瀬川	昭34	国道48号線	宮城県宮城郡宮城町	47.4	8.0	単純鋼アーチ		橋台桁座両端のコンクリート破損、舗装に亀裂	
N-42	荒雄橋	新江合川	昭24	国道108号線	宮城県古川市	115.0	7.5	単純鈑桁		橋台桁座コンクリートに亀裂、沓座モルタル破損およびアンカーボルトゆるみ	

表６－１(b)　宮城県沖地震による全橋調査結果一覧表（宮城県管理）

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
M-1	内川橋	白石川	昭43	国道113号	刈田郡七ヶ宿町	90.4	6.0	活荷重合成鈑桁（3連）	A ケーソン P	沓座モルタル損傷	
M-2	細淵二号橋	名取川 碁石川	昭33	国道286号	柴田郡川崎町	51.5	5.5	アーチ＋RCラーメン		RCラーメン橋脚横梁に亀裂	
M-3	高倉川橋	高倉川	昭37	主要地方道亘理大河原・川崎線	角田郡江尻町	31.8	5.5	単純プレテン（3連）	A パイルベント P パイルベント	橋台護岸に亀裂	
M-4	元堰場橋	荒川	昭40	〃	柴田郡村田町	37.0	7.6	単純プレテン（3連）	A 木杭基礎 P	橋台前面法が沈下、亀裂	
M-5	北向橋	前川	昭46	〃	柴田郡川崎町	53.0	7.0	単純PCポステン（2連）	A 直接基礎 P 直接基礎	橋台背面土沈下、橋台擁壁に亀裂、沈下、親柱の転倒	
M-6	船岡大橋	白石川	昭39	一般県道船岡船迫線	柴田郡船岡町	168.6	4.2	活荷重合成H型鋼鈑桁（13連）	A RC杭基礎 P_1～P_2、P_6～P_{12}井筒 P_3～P_7杭基礎	橋台前面ブロック積2～3cm沈下、橋台に亀裂	
M-7	熊野川	新川	昭46	一般県道柴田・村田線	柴田郡村田町	26.1	7.0	単純H型鋼鈑桁	A くい基礎	橋台護岸に亀裂	
M-8	淀ヶ窪橋	前川	昭52	一般県道不忘れ・川崎線	柴田郡川崎町	19.7	7.0	単純PCプレテンT桁（1連）		橋台ウイングに亀裂	
M-9	名取2号橋	名取川	昭50	国道286号	名取郡茂庭字人来田町	95.2	14.5	鋼鈑桁（3連）	A 直接基礎 P 直接基礎	橋台護岸に亀裂、橋台躯体に亀裂	
M-10	幷塚橋		昭47	〃	仙台郡坪沼町	30.0	7.0	鋼鈑桁（1連）	A 直接基礎	沓座モルタル損傷	
M-11	車橋	西川	昭46	主要地方道塩釜・吉岡線	黒川郡大和町	43.99	8.0	鋼鈑桁（2連）	A 杭基礎（RC） P 杭基礎	橋台護岸に亀裂	
M-12	落合橋	吉田川	昭49	〃	黒川郡大和町	176.5	11.8	単純合成鈑桁（5連）	A 杭基礎（鋼管） P 杭基礎	橋台沈下および亀裂、橋台パラペット亀裂	
M-13	七北田橋	七北田川	昭6	主要地方道仙台・泉線	泉郡錦名坂町	88.4	11.7	RCT桁（8連）	A 直接基礎 P 直接基礎	橋台コンクリート剥離、亀裂	
M-14	堂殿橋	坂元川	昭36	一般県道丸森・山元線	亘理市山元町	16.0	6.5	単純RCT桁（1連）		橋台護岸沈下、亀裂、桁に亀裂	
M-15	大行沢橋		昭44	一般県道仙台・山寺線	名取郡秋保町	26.6	5.5	単純合成鈑桁（1連）	A 直接基礎	桁と橋台パラペットの接触	
M-16	祭司の橋		昭43	〃	名取郡秋保町	24.8	4.0	単純合成鈑桁（2連）	A 直接基礎 P 直接基礎	桁どうし接触、アンカーボルト抜出し	
M-17	新鐙川橋	鐙川	昭35	一般県道亘理・松川浦・鳶線	亘理郡亘理町	23.75	4.5	単純PCプレテンスラブ（3連）	A 直接基礎 P 杭基礎（RC杭）	橋台護岸沈下、高欄ポストに亀裂	
M-18	八乙女橋	七北田川	昭43	一般県道根白石・塩釜線	泉郡上北田川東地内	30.88	5.54	単純合成桁（1連）	A 杭基礎（RC杭）	固定沓の浮上り、橋台パラペットに亀裂、橋台護岸沈下	
M-19	大沢橋	広瀬川	昭37	主要地方道大和・宮城線	宮城市落合町	88.0	5.5	単純PCポスラン（4連）	A 直接基礎（LA）、木杭 P 直接基礎、（RA）	橋台護岸亀裂	
M-20	品井沼大橋	吉田川	昭29	国道346号	宮城県松島町	155.35	5.5	単純鋼鈑桁（10連）	A 直接基礎 P 直接基礎	橋脚天端コンクリート剥離、橋台護岸沈下、亀裂、アンカーボルト抜出し、沓の折損、主桁移動、床版に亀裂、固定沓モルタル破損	
M-21	井土新橋	名取川	昭49	主要地方道塩釜・亘理線	仙台郡井土浜地内	45.8	11.5	単純PCプレテンホロースラブ（3連）	A 杭基礎（鋼管杭） P 杭基礎（鋼管杭）	橋台護岸、パラペットに亀裂	
M-22	閖上大橋	名取川	昭47	〃	仙台郡閖上地内	541.7	8.5	PC有鉸ラーメン 単純PCポステン	A 杭基礎（鋼管杭） P コンクリート井筒	橋脚コンクリート剥離、亀裂、可動沓逸脱寸前	
M-23	井土橋	名取川	昭5	〃	仙台郡井土浜地内	19.0	4.5	単純RCT桁（2連）	A 直接基礎 P パイルベント	外桁に亀裂、橋台護岸つみ石のくずれ、親柱の傾斜	
M-24	高砂大橋	七北田川	昭49	一般県道蒲生・福田線	仙台郡高砂地内	155.5	10.75	単純PCポステンT桁（5連）	A 杭基礎（鋼管杭） P 杭基礎（鋼管杭）	橋台護岸の沈下、亀裂、橋台に亀裂	
M-25	中の島橋	貞山運河	昭46	主要地方道仙台・塩釜線	塩釜郡	40.82	20.0	単純PCプレテンT桁（3連）	A 直接基礎 P 直接基礎	橋台に亀裂	
M-26	大代橋		昭38	一般県道多賀城・宮莇田線	多賀城郡大代地内	40.0	6.0	単純PCポステンT桁（1連）	A 杭基礎	主桁がパラペットに接触、沓座モルタル損傷、橋台コンクリートに亀裂	

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
M-27	貞山橋	貞山運河	昭48	一般県道塩釜花渕浜・蒜沼田線	塩釜郡牛生地内	39.7	8.0	単純活荷重合成鋼鈑桁(4連)	A 直接基礎 P 直接基礎	橋脚支承部コンクリートの剥離、アンカーボルト抜出し、取付道路沈下	
M-28	下鶴田橋	鶴田川	昭52	一般県道小牛田・松島線	黒川郡大郷町			鋼鈑桁(3連)		橋台躯体中間部に亀裂、橋脚天端コンクリート剥離、主桁移動、橋台護岸に亀裂	
M-29	西内海橋	旧北上川	昭8	主要地方道石巻・鮎川線	石巻市中央2丁目	65.2	8.4	単純合成鈑桁(6連)		沓座破損	
M-30	万石橋		昭7	主要地方道石巻・鮎川線	石巻市渡波地内	176.1	6.0	単純合成桁(18連)	A 半重力式直接基礎 P 直接基礎	主桁どうし接触、橋脚天端支承部コンクリートの剥離、沓の移動	
M-31	開北橋	旧北上川	昭44	主要地方道石巻・河北線	石巻市水押町	284.2	6.0	5径連連続鋼箱桁	A、P_3、P_4鋼管杭 P_1直接基礎 P_2井筒基礎	オイルダンパー用沓のアンカーボルト抜出し、モルタル破損、橋台パラペットに亀裂	橋脚、周辺地盤で強震記録あり
M-32	辻堂橋			主要地方道石巻・河北線	桃生郡河北町	39.7	5.12			橋台に亀裂	
M-33	新北上大橋	北上川		主要地方道女川・志津川線	桃生郡河北町	565.69	10.7	連続鋼ワーレントラス(2+2+3)	A、P_1～P_5鋼管杭 P_6特殊杭基礎	沓アンカーボルトの抜出し、可動沓での上沓のずれ、橋台護岸の沈下、橋台背面土の沈下	
M-34	神取橋		昭40	主要地方道河南・米山線	桃生郡河南町	287.0	6.0	ワーレンゲルバートラス(3連)合成鋼板桁(3連)	A_L直接基礎 P_1～P_3ニューマチックケーソン P_4、P_5、AR鋼管杭	沓座モルタル破損、可動沓での上沓のずれ、伸縮継手の目開き	
M-35	大和田橋		昭45	一般県道稲井・沢田線	石巻市大和田地内	39.65	5.5	単純合成鈑桁(1連)		主桁がパラペットと接触、沓座モルタル破損、橋台に亀裂、取付擁壁の沈下	
M-36	西福田橋	鞍坪川	昭39	一般県道鳴瀬・南郷線	桃生郡鳴瀬町	50.0	6.0	単純活荷重合成鋼鈑桁(2連)		固定沓アンカーボルト抜出し、沓座モルタル破損、可動沓における主桁の移動	
M-37	青木橋	淀川	昭39	一般県道河南・鳴瀬線	桃生郡河南町	30.0	4.9	単純RCT桁(4連)	A 杭基礎(木杭) P 杭基礎(木杭)	上部工主桁支点上に亀裂、橋台護岸沈下	
M-38	寒風沢橋		昭39	国道108号	玉造郡鳴子町	20.6	6.0	単純合成鋼鈑桁(1連)	A 直接基礎	可動沓における桁移動、橋台擁壁に亀裂、クシ型伸縮継手の密着、浮上り	
M-39	荒雄川橋	江合川	昭37	国道108号	玉造郡鳴子町	142.0	6.0	単純合成鋼鈑桁(8連)	A 直接基礎 P 井筒	沓座モルタル破損、アンカーボルトゆるみ	
M-40	田町橋		昭39	国道346号	遠田郡涌谷町	15.0	6.5	単純ホローブレテンション桁(1連)	A 杭基礎(PC)	橋台前面コンクリート剥離、橋台護岸沈下、亀裂	
M-41	涌谷大橋	江合川	昭32	国道346号	遠田郡涌谷町	147.9	7.8	単純合成鈑桁(10連)	A、P_1、P_8、P_9杭基礎 P_2～P_7井筒	沓座モルタル剥離、支承沓移動	
M-42	五十鈴橋	旧迫川	昭42	国道346号	登米遠田郡米山涌谷町	119.6	6.0	ゲルバー鋼鈑桁(3連)	A 井筒 P 井筒	沓座モルタル破損、桁の移動、橋台護岸沈下	
M-43	高川橋		昭12	国道347号	加美郡中新田町	21.8	6.0	単純RCT桁橋(3連)	A 直接基礎 P パイルベント基礎	主桁に亀裂、橋脚沓座コンクリート剥離、橋台躯体側面に亀裂	
M-44	田川橋	田川	昭24	国道347号	加美郡宮崎町	129.0	5.5	単純RCT桁橋(10連)	A 直接基礎 P 井筒	床版に亀裂、橋台側面に亀裂、橋台擁壁に亀裂、主桁に亀裂	
M-45	江合川橋	江合川	昭7	主要地方道古川～佐沼線	古川市江合地内	155.0	9.8	単純合成桁(9連)	A 杭基礎 P 井筒	ラーメン橋脚のコンクリート剥離、沓座モルタル破損、橋台に亀裂	
M-46	鳴瀬橋	鳴瀬川	昭48	主要地方道岩出山・吉岡線	加美郡中新田町	365.55	11.8	単純ポステン桁(10連)	A_L杭基礎 A_R直接基礎 P_1～P_9井筒	可動沓のサイドブロックに亀裂、可動沓ソールプレート変形、橋台護岸に亀裂	
M-47	三ツ口橋	旧迫川	昭48	主要地方道古川・登米線	遠田郡田尻町	258.5	8.0	単純ポステンT桁(10連)	A 杭基礎 P 杭基礎	伸縮継手の切断、陥没、橋台護岸の沈下、支承モルタル破損	
M-48	木間塚橋	鳴瀬川	昭6	主要地方道石巻鹿島台大衡線	遠田志田郡南郷鹿島台町	236.0	4.5	単純鋼鈑桁(19連)	A 直接基礎 P 井筒	沓座コンクリート剥離、伸縮継手破断、高欄地覆の破損	
M-49	野田橋	鳴瀬川	昭10	主要地方道鹿島台高清水線	遠田郡小牛田線	236.99	5.5	単純鋼鈑桁(13連)		支承部コンクリート亀裂、橋脚亀裂、支承軸直角方向に移動、高欄地覆の破損、アンカボルト切損	
M-50	敷玉橋	新江合川	昭27	主要地方道古川・松山線	古川市石森村	113.5	7.9	単純鋼鈑桁(5連)	A 直接基礎 P 直接基礎	主桁とパラペット接触、沓座モルタル破損、橋台ウイングの亀裂	
M-51	志田橋		昭33	主要地方道古川・松山線	古川市中ノ目松山町志引	266.2	6.0	ゲルバー鋼鈑桁(9連)	A 杭基礎(RC杭) P_1～P_8井筒	橋脚天端コンクリートの亀裂、アンカーボルト抜出し、沓座モルタル破損、可動沓残留変位大、橋脚躯体中間に亀裂	

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
M-52	三軒橋		昭42	一般県道 河南・南郷線	遠田郡南郷町	29.06	6.0	単純H鋼桁（2連）	A 杭基礎（鋼管） P 杭基礎（鋼管）	沓座モルタル破損、支承沓の浮上り	
M-53	化粧坂橋		昭42	涌谷・三本木線	遠田郡小牛田町	44.0	6.5	単純PCT桁橋（2連）		橋台護岸亀裂、橋台部地覆破損	
M-54	長谷川橋	長谷川	昭34	一般県道 小野田・三本木線	加美郡小野田町	55.46	6.0	単純RCT桁橋（4連）		支承上主桁に亀裂	
M-55	保野川橋	保野川	昭44	一般県道 小野田・三本木線		73.45	7.6	単純PCT桁橋（3連）		沓座コンクリート剥離、高欄地覆に亀裂	
M-56	高倉橋	鳴瀬川	昭46	一般県道 坂本・古川線	志田郡三本木町	208.8	6.5	単純PCポステン桁（5連）	A 杭基礎（鋼管杭） P 杭基礎（鋼管杭）	可動沓の破損、沓座モルタルの破損、橋台護岸の沈下、亀裂、アンカーボルト変形	
M-57	桜の目橋	江合川	昭38	一般県道 古川・追線	古川市桜の目地内	255.0	6.0	5径間ゲルバー鋼トラス	A 杭基礎（RC） P 井筒	可動沓の移動量大、沓座モルタル破損、アンカーボルト抜出し、床版に亀裂、橋台パラペットに亀裂	
M-58	伊勢堂跨道橋		昭51	一般県道 古川・岩手山線	古川市宮沢地内	65.0	7.0	3径間連続PC箱桁	A 直接基礎 P 直接基礎	主桁と橋台パラペット接触、橋台護岸に亀裂、路面に亀裂	
M-59	藤尾敷跨道橋		昭51	一般県道 岩出山・上姥沢線	古川市清滝地内	34.8	11.5	単純PC箱桁（1連）		橋台背面土沈下、橋台ウイングに亀裂	
M-60	長泥橋	旧迫川	昭47	一般県道 涌谷・登米線	遠田郡涌谷村	135.1	8.4	単純活荷重合成鋼鈑桁（4連）＋3径間連続鋼鈑桁	A 杭基礎（鋼管杭） P	固定沓、沓座モルタル破損、橋台護岸の沈下、亀裂	
M-61	町窓寺橋	蛭沢川	昭28	一般県道 岩出山・宮崎線	玉造郡岩出山町	15.0	4.5	単純RCT桁橋（2連）		主桁に亀裂	
M-62	大寺橋	善光寺川		主要地方道 古川・佐沼線	栗原郡瀬峰町	20.7	7.9	単純PCポステン桁（1連）		橋台に亀裂	
M-63	杉橋	鳥沢川	昭44	主要地方道 若柳・岩ケ崎線	栗原郡栗駒町	37.0	6.45	単純H型鋼鈑桁（1連）	A 直接基礎	可動沓ソールプレート破損、橋台護岸に亀裂	
M-64	箱薗橋	迫川	昭12	主要地方道 鳴子・岩ケ崎線	栗原郡一迫町	38.5	4.6	単純RCT桁（3連）	A 直接基礎 P 直接基礎	主桁と横桁に亀裂、橋台上面コンクリート剥離	
M-65	島廻橋	二迫川	昭40	主要地方道 栗駒・岩出山線	栗原郡鶯沢町	116.0	6.0 4.5	単純H型鋼鈑桁（4連）	A 直接基礎 P 直接基礎	固定沓橋脚天端コンクリート亀裂、可動沓セットボルト抜出し	
M-66	念仏堰橋	照越川	昭53	主要地方道 河南・築館線	栗原郡築館町	24.9	9.1	単純H型鋼鈑桁（1連）	A 直接基礎	橋台側壁に亀裂	
M-67	下田橋	瀬峰川	昭8	一般県道 瀬峰・河北線	栗原郡瀬峰町	19.25	3.5	単純H型鋼鈑桁（1連）		橋台躯体に亀裂、橋台ウイングに亀裂	
M-68	花山沢橋	花山沢川	昭32	一般県道 花山・一迫線	栗原郡花山町	47.4	4.4	単純H型鋼鈑桁（2連）	A P 直接基礎	橋台護岸に亀裂	
M-69	若柳大橋		昭43	一般県道 若柳・岩ケ崎線	栗原郡若柳町	78.6	8.8	RC変断面ゲルバーT桁＋単純RCT桁（2連）		橋台躯体に亀裂	
M-70	峰界橋	落堀川	昭36	一般県道 若柳・築館線	栗原郡若柳町	25.5	5.6	単純RCT桁（3連）	A 直接基礎 P 井筒	主桁端部コンクリート破壊	
M-71	夏川橋	夏川	昭42	一般県道 有壁・若柳線	栗原郡若柳町	31.0	6.0	単純H型鋼鈑桁（2連）	A 直接基礎 P 直接基礎	伸縮継手ボルト切損	
M-72	道場橋	地田川	昭51	一般県道 油島・栗駒線	栗原郡若柳町	19.75	8.8	単純H型合成鈑桁（1連）	A 直接基礎	可動沓ソールプレート切断	
M-73	山吉田橋	迫川	昭39	国道346号	登米郡米山町	195.5	6.0	単純合成鈑桁（　連）	A くい基礎（RC） P くい基礎	固定沓沓座コンクリート破損、桁沈下、橋台護岸に亀裂	
M-74	錦桜橋	北上川	昭31	国道346号	登米郡中田町	575.5	6.0	鋼単純ワーレントラス（5連）鋼ゲルバー鈑桁	A 井筒 P 井筒	ゲルバー桁落橋、沓の破損、沓座モルタルの破損、主桁と橋台パラペットの接触、アンカーボルト抜出し	
M-75	芽倉橋	二股川	昭35	国道346号	登米郡東和町	25.3	5.5	単純合成鈑桁（1連）		橋台護岸の沈下、亀裂	
M-76	登米大橋	北上川	昭20	国道342号	登米郡登米町	306.0	5.3	単純RCT桁（一部ゲルバー）（12連）	A RC壁式（中空）躯体 P 井筒	T桁に亀裂、橋脚躯体に亀裂、沓座コンクリート亀裂	
M-77	錦橋	迫川	昭34	主要地方道 古川・佐沼線	登米郡迫町	102.0	9.5	単純PC箱桁（3連）	A 杭基礎 P 井筒	沓座モルタル破損、伸縮継手の破損	
M-78	佐沼大橋	迫川	昭41	主要地方道 古川・佐沼線	登米郡迫町	118.0	8.5	単純RCT桁（5連）		伸縮継手変形、橋取付護岸に亀裂	

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
M-79	米谷大橋	北上川	昭3	主要地方道 湯沢気仙志津川線	登米郡東和町中田町	181.4	5.5	鋼ゲルバートラス	A 直接基礎 P ラーメン橋脚井筒基礎	トラス上弦材切損、固定沓ピンの抜出し、沓座破損、上構構座屈	
M-80	桜岡橋	迫川	昭45	古川・登米線	登米郡米山町松岡	195.0	6.0	単純合成鈑桁（8連）	A 杭基礎（RC） P 杭基礎	沓座モルタル破損、伸縮装置破損、橋台護岸の沈下	
M-81	巻里大橋	旧北上川	昭42	主要地方道 河南・米山線	登米郡巻里町	348.96	8.0	単純合成鈑桁（12連）	AL くい基礎（RC） AR くい基礎（RC、鋼管）	沓座コンクリート破壊	
M-82	今道橋	夏川	昭42	米谷・若柳線	登米郡石越町	99.5	6.0	単純合成鈑桁（5連）		沓座モルタル破損、桁沈下、橋台護岸沈下、亀裂	
M-83	石越跨線橋	東北本線	昭46	米谷・若柳線	登米郡石越町	566.3	6.5	単純プレテンT桁（1連）		橋台取付擁壁の亀裂	
M-84	舟場橋	夏川	昭49					単純I桁＋3径間連続鋼鈑桁	A パイルベント P 杭基礎（鋼管）	沓サイドブロック破損、主桁の移動、沓モルタル破損	
M-85	千貫橋	旧迫川		瀬峯・河北線				単純I桁（3連）		橋台護岸の沈下、亀裂	
M-86	吉田橋	二股川	昭42	東和・登米線	登米郡東和町	92.2	9.3	単純合成鈑桁（3連）		可動沓サイドブロック破損、固定沓モルタル破損、橋台護岸の沈下	
M-87	大関橋	大関川	昭42	東和・登米線	登米郡東和町	42.3	6.0	単純合成鈑桁（1連）	A 井筒	主桁と橋台パラペット接触、沓浮上り、伸縮継手の目開き	
M-88	柳津大橋	北上川	昭50	一般県道 河南・津山線	本吉郡津山町	450.0	10.5	連続鋼ワーレントラス（6連）	A 杭基礎（鋼管） P 杭基礎（鋼管）	固定沓上のトラス部材の座屈、固定沓セットボルトゆるみ、沓サイドブロック破損、橋台取付護岸の沈下、亀裂	
M-89	新流浜橋	流浜川	昭51	主要地方道 女川・志津川線	本吉郡志津川町	28.3	9.0	単純PCポステンT桁（1連）	A 直接基礎	桁移動	
M-90	浪板橋	鹿折川	昭45	気仙沼・唐桑線	気仙沼市浪板地内	45.02	9.5	単純合成鈑桁（3連）	A 杭基礎（PC杭） P 杭基礎（PC杭）	橋台躯体に亀裂、取付擁壁に沈下、亀裂	
M-91	橋本橋	大川	昭50	一般県道 気仙沼・本吉線	気仙沼郡赤岩字42	16.1	7.52	単純PCプレテンスラブ（1連）	A 直接基礎	橋台取付護岸に亀裂	
M-92	松川大橋	松川	昭36	主要地方道 白石背根川崎線	刈田郡蔵王町	178.0	8.6	5径間鋼ゲルバー		伸縮継手破損	

表６－１(c) 宮城県沖地震による全橋調査結果一覧表（岩手県管理 ― 北上川水系を中心とする）

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
I-1	岩姫橋		昭41	主要地方道 盛岡環状	滝沢玉山村	137.3	6.2	単純鋼ワーレントラス（１連）＋単純鋼鈑桁（３連）		可動沓での桁移動大、沓座モルタルの破損、橋台躯体に亀裂	
I-2	紫波橋	北上川	昭45	一般県道 紫波・大迫線	紫波町	247.0	10.5	４径間有鈑ＰＣ箱桁		護岸に亀裂	
I-3	大正橋	北上川	昭34	一般県道 石鳥谷・大迫線	石鳥谷町	181.3	6.0	単純ランガー桁（３連）		橋脚に縦亀裂	
I-4	井戸向橋		昭45	町道	石鳥谷町	183.7	6.0	ＰＣＴ桁（６連） 鋼鈑桁（５連）		固定沓沓座に亀裂、伸縮継手目開き	
I-5	東雲橋	北上川	昭37	一般県道 羽黒堂・牧橋線	石鳥谷町	237.5	4.5	単純ＲＣＴ桁（８連）		橋台沓座コンクリート剥離、橋脚上沓コンクリート剥離	
I-6	花巻大橋		昭51	市道	花巻市	372.0	8.5	３径間連続箱桁		可動沓の残留変位大	
I-7	瑞期橋	北上川	昭８(昭46)	国道１０７号	北上市	254.6	7.0	３径間ゲルバートラス斜張橋＋２径間連続ＲＣＴ桁		ＲＣ桁に亀裂、沓アンカーボルト抜出し、沓リベットヘッドの切損、伸縮装置落下、ゲルバー橋とＲＣＴ桁の衝突による床版欠損、沓セットボルトのゆるみ、親柱の変位	
I-8	立花跨線橋	東北本線	昭42	国道１０７号	北上市	148.5	15.0	単純活荷重合成鈑桁（１連） 単純Ｈ型鋼鈑桁（３連） Ｐ.Ｃプレテン鈑桁（６連）		Ｈ型桁どうしが接触、沓座モルタル破損、アンカーボルトのゆるみ、橋脚天端コンクリート破損	
I-9	国見橋	北上川	昭49	市道	北上市	537.0	6.0	４径間連続張出桁 Ｐ.Ｃ箱桁（２連）		沓ストッパーの破損、ヒンヂ部の桁落ち込み、フインガージョイントの不陸	
I-10	金ケ崎橋	北上川	昭36	一般県道 江刺・金ケ崎線	金ケ崎町	510.0	6.0	単純ＰＣＴ桁（１０連） ３径間ゲルバートラス（１連） 単純鈑桁（１連）		沓座モルタルの破損、ローラー沓ローラーカバーの変形、ゲルバー部ヒンヂのストリンガー変形	
I-11	桜木橋	北上川	昭６	主要地方道 水沢人首住田線	水沢市	359.0	6.0	１３径間ゲルバー鈑桁		ローラー沓ガイドブロックの逸脱、橋脚天端コンクリートの亀裂	
I-12	小谷木橋	北上川	昭29	主要地方道 横手・住田線	水沢市	595.3	5.5	単純鈑桁（１５連） ＲＣＴ桁（９連）		主桁ヒンヂ支点部に亀裂（ＲＣ桁）	
I-13	藤橋	北上川	昭48	国道３４３号	水沢市	705.0	8.0	３径間連続鋼鈑桁（３連） ４径間連続鋼鈑桁（１連）		固定沓ピン切断、沓座モルタルの破損	
I-14	大曲橋	北上川	昭33	一般県道 大東・前沢線	前沢町	488.0	6.0	３径間ゲルバートラス（１連） 単純ＰＣＴ桁（１０連）		ＰＣＴ桁端部に破損、支沓移動制限装置のツメ破損、アンカーボルト抜出し、重ねプレート式伸縮継手の変状	
I-15	赤生津橋	北上川	昭46	一般県道 長坂東稲前沢線	前沢町	513.57	6.0	単純ワーレントラス（４連） 単純ＰＣＴ桁（７連）		沓座コンクリート破損、ＰＣ桁支点上の割れ、アンカーボルト抜出し、床版下フランジリベットのゆるみ、セットボルトのゆるみ	
I-16	高館橋	北上川	昭35	一般県道 相川・平泉線	西磐井郡平泉町	224.14	6.0	単純ＰＣＴ桁（９連）		橋脚天端コンクリートに亀裂、沓座モルタル破損	
I-17	樋の渡橋	北上川	昭37	主要地方道 一関・北上線	一関市	219.0	6.0	単純ランガートラス（３連）	A 井筒 P 井筒	橋台護岸の沈下、下フランジリベットのゆるみ、固定沓セットボルトのゆるみ、可動沓カーブプレートの変形、沓モルタルの破損、アンカーボルトの抜出し、橋台パラペットに亀裂、上横構座屈、橋門構の変形、縦桁連続リベットのゆるみ	
I-18	北上大橋	北上川	昭13	国道２８４号	川崎村	205.0	6.0	ブレースドアーチ（１連） ３径間ゲルバー鈑桁（１連） 単純ＲＣＴ桁（２連）	A 直接基礎 P 直接基礎、井筒	可動沓移動量大、アンカーボルト抜出し、橋脚上支承コンクリートに亀裂、クシ型伸縮継手目開き	
I-19	北上川橋	北上川	昭43	主要地方道 花泉・藤沢線	西磐井郡花泉町	275.0	6.0	３径間連続鋼ワーレントラス（１連）	A 井筒 P 井筒	可動沓移動量大（橋脚の残留変位？）、床版地覆に亀裂	
I-20	一本杉橋			一般県道 網木・東海線	藤沢町	36.5	6.0	単純Ｈ型鋼鈑桁（２連）	A 直接基礎 P 直接基礎	固定沓の変形、アンカーボルト抜出し	

表６－１(d) 宮城県沖地震による全橋調査結果一覧表（福島県管理）

番号	橋名	架設河川名もしくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
F－1	伊達橋	阿武隈川	昭40	伊達・霊山線	伊達郡伊達町	288.0	7.0	4径間連続鋼 ワーレントラス	A井筒 P井筒	支承ピンの逸脱および欠落、支承上トラス、下弦材の局部座屈	橋脚上で強震記録あり
F－2	伊達崎橋	阿武隈川	昭35	梁川・霊山線	伊達郡伊達町	303.1	6.0	単純ＰＣＴ桁 （７連）	A井筒 P井筒	支承沓モルタルの破壊、支承の亀裂	

表６－１(e) 宮城県沖地震による全橋調査結果一覧表（日本道路公団管理）

番号	橋名	架設河川名もくくは鉄道	架設年	路線名	所在地	橋長(m)	幅員(m)	上部型式	下部型式	被害概要	備考
C－1	白石Ｉ．Ｃ橋	東北縦貫道		東北縦貫道		36.65		ＲＣ３径間連続 中空床版		沓座が破損、スラブが橋軸直角方向に２０cm移動	
C－2	折立橋	東北縦貫道		東北縦貫道		71.6		ＰＣ３径間連続 曲線箱桁ラーメン		支承モルタル、アンカーボルト破損	
C－3	古内跨道橋（現在は市道）					48.48		ＰＣ３径間連続 穴あき床版		橋脚コンクリート剥離（鉄筋露出）	

よび鋼単純鈑桁からなる橋であり（写真６－４）上流側には歩道橋が添加されている。被害は写真６－５および６－６に示すようにP6、P7を中心として生じ、鉄筋コンクリート製門型ラーメン橋脚の鉛直部に全周にわたるほぼ水平の亀裂ならびにコンクリートの剥離が生じた。本橋は架設年次が古いため設計書等の資料が求められないが、写真から橋脚の主鉄筋は直径約２０mmの丸鋼であることがわかる。P６およびP７では左岸側には写真６－５および６－６に示したようなコンクリートの剥離が認められるが、右岸側からはクラックがわずかにみえる程度である。また、トラス部の支承は固定がピン支承、可動がピンローラー支承であるが、両者とも下沓アンカーボルトのほとんどが切断もしくは屈曲したと報告されている〔１８〕。本地点の地盤条件は図６－４に示す通りである。

(3) 小　野　橋

小野橋は図６－５に示すように国道４５号と旧北上川の交差部に昭和１１年に架設された１３径間単純鋼鈑桁橋である。本橋では地震によりほとんどすべての桁が下流側にずれ、写真６－７に示すように最大の移動量は約４８cmに及んだ。このため、高欄、舗装、継手にも桁の移動に伴ない局部的な変形、剥離を生じた。

小野橋のすぐ下流側には幅員約２ｍの歩道橋があったが、取付道路の裏込土が５０cm程度沈下しただけで、橋本体には被害を生じなかった。

(4) 錦　桜　橋

錦桜橋は昭和３１年に竣工した５連の単純鋼ワーレントラスと９径間のゲルバー鈑桁から成り、架設時の構造一般図は図６－６に示す通りである。また、本橋周辺の地盤条件を図６－７に示す。落橋したのはP７とP８（両橋脚の一般図をそれぞれ図６－８、６－９に示す）間のゲルバー吊桁であり、写真６－８、６－９に示すように、ほとんど真下に落下している。落ちた吊桁は写真６－１０に示す通りであり、左岸側（P７側）の桁端では伸縮装置に大きな変形や部材の折れ曲がりが生じ、床版の剥離が見られる。これらは落橋時に生じたものであろう。これに対して右岸側（P８側）の桁端にはこうした被害があまり認められない。

写真６－１１はP８橋脚の右岸側コンクリート面に生じた亀裂（幅２～３㎜）である。亀裂は左岸側には生じていなかった。

P７橋脚上の上流側および下流側のゲルバーヒンヂの支持機構は写真６－１２に示すようになっており、吊桁が沓とともに落下しているのがわかる。この沓と桁の固定は直径約１９㎜のボルト４本と直径約80㎜の突起で行われていた。写真６－１３はこのようにして落下したP８側の固定沓（下沓）の裏および表の状態を示したものである。一方、写真６－１４は落橋した吊桁の桁中央にあるせん断キイを示したものであり、ほとんど損傷していない。このような点からも吊桁部は橋軸直角方向に激しく振動して落下したのではなく、橋軸方向の振動が原因で落下したのではないかと考えられる。

P８と右岸橋台との間の鈑桁は後述するようにほとんどすべて右岸側（ほぼ真南の方向）へ移動しており、ゲルバー部では桁どうしが密着していた。例えば、P８橋脚上では写真６－１５に示すように、桁

が沓座から右岸側にすべり落ちており、正規の位置から約55cmの残留変位を生じているのが認められた。この箇所では沓座と腹板が直接接触したため写真に見られるような腹板の局部座屈（塗装のはげている箇所）が生じていた。また、写真6－16は写真6－15の主桁の裏側（内側）であり、桁移動制限装置（手前のコンクリートブロック上の連結ガセット）が回転し、アンカーボルトが破断した状況を示している。P8以外にも、P8から右岸橋台までの沓はほとんど破損しており、その代表的な破損の状況は写真6－17に示すような横方向ストッパーの破断もしくは亀裂である。

一方、右岸側の橋台では沓座コンクリートが写真6－18に示すように破壊し（これは本年2月の地震により破壊したものであり、桁を支保工で仮受けして復旧中に今回の地震を受けた）桁が橋台パラペットに衝突した。このため、桁が正規の位置から約15cm程右岸側に移動したため、橋台背面の取付部において舗装面が写真6－19に示すように盛り上った。

ワーレントラス部にも、桁の移動が生じ、写真6－20に示すような伸縮継手の目開きや接触が生じた。また、P5橋脚上流側の可動沓では写真6－21に示すようにローラー全体がローラー・カバーを押しのけて脱落した。下流側可動沓でも写真6－22に示すようにローラーが逸脱寸前の状態であった。

本橋は昭和37年の宮城県北部地震（マグニチュード6.4、震央は宮城県道古川～佐沼線に近い長沼付近、内陸に発生したいわゆる直下型地震であったため多大の被害を生じた）および昭和53年2月20日の宮城県沖の地震（マグニチュード6.7、震央は今回の地震の約60 km 程真北の地点）により、それぞれ沓を中心としてかなりの被害を蒙っている。特に、本年2月20日の地震により沓、右岸側橋台の沓座コンクリートの剥離、P8橋脚の沓損傷等いずれも復旧中（一部は地震直前に復旧完了）に今回の地震を受けたことが被害の度合いを大きくしたものと思われる。

2月の地震および今回の地震後に宮城県土木部により詳細な被害調査が実施されており、そのうち、支承の被害、橋脚天端中心間の距離および伸縮装置部の開口量に対する調査結果をまとめるとそれぞれ表6－2～表6－4のようになる。表6－2(b)によれば、本年2月の地震によりすでにP7～P8間の吊桁のゲルバー固定沓は上下流側ともセットボルトがゆるんだ状態にあり、また、P8橋脚上の可動沓は横方向ストッパーが破壊されるとともに、連結ガセットが回転し、アンカーボルトがせん断破壊していたことがわかる。さらに、P9橋脚上の固定沓においても桁が橋軸直角方向（下流側）に25㎜移動し、横方向ストッパーが破壊されるなど、P8～P9間の桁、したがって、この桁に固定された落橋した吊桁、は今回の地震に際して最初から無拘束に近く、自由に運動し得る状態にあったと考えられる。一方、2月の地震によるワーレントラス桁の支沓の被害に注目すると、全体としてはP1からP2、P3、…P6 となるに従って被害の度合いが著しくなり、ことに、P5橋脚およびP6橋脚上の固定沓ではアンカーボルトの抜出し、上沓セットボルトの抜出し、沓モルタルの破損が生じている。このようなP6橋脚上の固定支承の被害は今回の地震の直前（2日程まえ）に補修されたばかりであり、モルタル等が十分強度を発揮する前に地震を受けたのではないかと推定される。いずれにしても、P5、P6橋脚は2月の地震でも今回の地震でも被害の集中する傾向が見られるので、今後、地盤調査結果とも併せて、十分調査されることが望まれる。

次に、表6－3および表6－4の調査結果をもとに、今回の地震による橋脚天端間の距離の変化量お

表６－２(a)　錦桜橋支承沓の被害状況――５３年６月１２日の地震による被害――

ピアーNo.	固定度	位置	被害
LA	可動	線支承	被害なし
P_1	固定	上流側	被害なし
		下流側	沓座モルタル表面破損
	可動	上流側	２月の地震以後ローラの逸脱が進行（約５５m抜出し）した。
		下流側	２月の地震以後ローラの逸脱が進行（約５５m抜出し）した。
P_2	固定	上流側	沓座モルタル表面破損、アンカーボルト抜出しが進行
		下流側	沓座モルタル表面破損、アンカーボルト抜出しが進行
	可動	上流側	２月の地震以後ローラーの逸脱が進行した。
		下流側	２月の地震以後ローラーの逸脱が進行した。
P_3	固定	上流側	沓座モルタル表面破損、アンカーボルト全て切断
		下流側	アンカーボルト切断（恐らく切断されているものと考えられる）
	可動	上流側	ローラー逸脱（約９６mm）
		下流側	ローラー逸脱（約９６mm）
P_4	固定	上流側	沓座モルタル表面破損、アンカーボルトのゆるみ、セットボルトのゆるみ
		下流側	沓座モルタル表面破損、アンカーボルトのゆるみ、セットボルトのゆるみ
	可動	上流側	ローラー逸脱（約６５mm）、上沓セットボルトのゆるみ
		下流側	ローラー逸脱（約６５mm）、上沓セットボルトのゆるみ
P_5	固定	上流側	沓座モルタル欠落、アンカーボルトおよびセットボルトのゆるみ
		下流側	沓座モルタル欠落、アンカーボルトおよびセットボルトのゆるみ
	可動	上流側	ローラー逸脱（傾斜しているが、約２００mm抜出し）
		下流側	ローラー完全に逸脱
P_6	固定	上流側	沓座モルタル破損、アンカーボルト抜出し、セットボルトのゆるみ
		下流側	アンカーボルト抜出し、セットボルトのゆるみ
	可動	上流側	モルタルベース破損、サイドブロック破損
		下流側	モルタルベース破損、サイドブロック破損
P_7	固定	上流側	サイドブロックに亀裂
		下流側	被害なし
P_7～P_8	可動	上流側	ボス部およびセットボルト切断
		下流側	ボス部およびセットボルト切断
	固定	上流側	ボス部およびセットボルト切断
		下流側	ボス部およびセットボルト切断
P_8	可動	上流側	右岸側へ桁が５５cm移動、サイドブロック破損、ガセット剥離
		下流側	右岸側へ桁が５５cm移動、サイドブロック破損、ガセット剥離
P_9	固定	上流側	サイドブロック破損、桁固定用ガセット回転
		下流側	サイドブロック破損、桁固定用ガセット回転
P_9～P_{10}	可動	上流側	セットボルト全てゆるんでいる、タップボルトの弛み
		下流側	セットボルト全てゆるんでいる、タップボルトの弛み
	固定	上流側	セットボルト全て切断、ソールプレートの爪が変形
		下流側	セットボルト全て切断、ソールプレートの爪が変形
P_{10}	可動	上流側	沓本体、アンカーボルトに関しては２月の地震以後変化なし、補修跡のブロック破壊
		下流側	沓本体、アンカーボルトに関しては２月の地震以後変化なし、補修跡のブロック破壊
P_{11}	固定	上流側	右岸側へ桁が４０cm移動、沓本体、付属品は２月の地震以後変化なし
		下流側	右岸側へ桁が４０cm移動、沓本体、付属品は２月の地震以後変化なし
P_{11}～P_{12}	可動	上流側	セットボルトのゆるみ（沓自体は被害なし）
		下流側	セットボルトのゆるみ（沓自体は被害なし）
	固定	上流側	セットボルト全て切断、下フランジどうしが衝突した跡あり
		下流側	セットボルト全て切断、下フランジどうしが衝突した跡あり
P_{12}	可動	上流側	右岸側へ桁が２９cm移動、サイドブロック破損
		下流側	右岸側へ桁が２９cm移動、サイドブロック破損
P_{13}	固定	上流側	右岸側へ桁が３０cm移動
		下流側	右岸側へ桁が３０cm移動、サイドブロックの破損が進行した。
P_{13}～P_{14}	可動	上流側	ソールプレート爪変形
		下流側	ソールプレート爪変形
	固定	上流側	セットボルト変形?)、沓本体の摺動部ブロックが破損
		下流側	セットボルト全て切断、ソールプレートが沓本体に接触し変形
P_{14}	可動	上流側	サイドブロック破損
		下流側	
RA	固定	上流側	沓は右岸側に２５cm移動、十字リブ露出、アンカーボルト抜出し
		下流側	アンカーボルトセン断破壊

(注)　支承の種類　P_1～P_6の固定沓はピン型支承沓、　LA、P_6の可動沓～RAは小判型線支承沓

表６－２(b) 錦桜橋支承沓の被害状況――５３年２月２０日の地震による被害（５３年４月調査）（宮城県の調査結果による）――

ピアーNo.	固定度	位置	被害
LA		線支承	被害なし
P_1	固定	上流側	沓本体は健全、ただし、沓周りモルタルが風化してない
		下流側	沓本体は健全、ただし、沓周りモルタルが風化してない
	可動	上流側	防塵用カバープレートが両方ともはずれている、サイドブロック変形
		下流側	防塵用カバープレートが両方ともはずれている、サイドブロック変形
P_2	固定	上流側	沓本体は健全、沓座モルタルはわずかに破損、アンカーボルト抜出し
		下流側	沓本体は健全、沓周りモルタルがない、アンカーボルト抜出し
	可動	上流側	防塵用カバープレートが両方とも脱落、その他は被害なし
		下流側	防塵用カバープレートが両方とも脱落、その他は被害なし
P_3	固定	上流側	沓本体は健全、アンカーボルト抜出し
		下流側	沓本体は健全、沓周りモルタルがない、アンカーボルト抜出し、変形
	可動	上流側	右岸側のカバープレート脱落、ローラーが一部見える
		下流側	右岸側のカバープレート脱落、ローラーが一部見える
P_4	固定	上流側	沓本体に被害なし
		下流側	沓本体に被害なし、上沓のセットボルト４本ともゆるみがある
	可動	上流側	沓本体に被害なし、両カバープレート脱落、ローラー右岸側に移動
		下流側	左岸側カバープレート脱落、サイドブロック変形、沓周りモルタル破損
P_5	固定	上流側	沓本体に被害なし、モルタル崩壊、アンカーボルト抜出し、変形、セットボルトのゆるみ
		下流側	沓本体に被害なし、モルタル破損、アンカーボルト抜出し、変形、セットボルトのゆるみ
	可動	上流側	ローラー右岸側へ６５mm移動、アンカーボルト異状なし
		下流側	右岸側カバープレート脱落、アンカーボルト異状なし
P_6	固定	上流側	沓本体は健全、アンカーボルト抜出し変形（沓が回転したように考えられる）
		下流側	上沓のセットボルト全てせん断破壊、アンカーボルトのゆるみあり
	可動	上流側	沓本体は健全、沓周りモルタルに破損
		下流側	沓本体は健全、ピンチプレートが右岸側に回転している。
P_7	固定	上流側	沓本体、付属品とも健全、沓周りモルタル一部破損
		下流側	沓本体、付属品とも健全、沓周りモルタル一部破損
P_7～P_8	可動	上流側	ソールプレートの口開きが左岸側によっている（桁桁が右岸側へ相対移動）
		下流側	桁ストッパーの溶接ハガレ、ピンチプレートの両爪が変形（鉛直方向）
	固定	上流側	セットボルトが全てゆるんでいる他は健全
		下流側	セットボルト一部ゆるんでいる他は健全
P_8	可動	上流側	橋方向ストッパー（主桁外側）が破壊され、浮上り防止板とともに紛失、橋方向ストッパー（主桁内側）に亀裂、連結ガセット（ ）が右岸方向に１０度回転（ボルトは２本ともせん断破壊）沓周りモルタルは割れているだけでベースは健全
		下流側	橋方向ストッパーに亀裂、連結ガセット回転（ボルトは１本せん断破壊）
P_9	固定	上流側	主桁外側および内側の橋方向ストッパーが破壊、桁中心が下流に２５mm移動
		下流側	主桁外側、連結ガセット回転（ボルト１本せん断破壊）、桁が２０mm下流側に移動、沓周りモルタルは健全
P_9～P_{10}	可動	上流側	浮上り防止板が右岸側に１０度回転
		下流側	浮上り防止板が右岸側に１０度回転
	固定	上流側	全て健全
		下流側	全て健全
P_{10}	可動	上流側	主桁外側橋方向ストッパーに亀裂、主桁内側のストッパーはすでに紛失、連結ガセット回転（ボルトゆるみ）
		下流側	橋方向ストッパー上下流側とも破壊してなくなっている。連結ガセット回転　ボルト１本せん断破壊、桁が下流側に３５mm移動
P_{11}	固定	上流側	橋方向ストッパー上下流側とも完全に破壊（S.３７年の地震によりすでにかなり破損していたと思われる）
		下流側	橋方向ストッパー、桁が１０mm下流側に移動
P_{11}～P_{12}	可動	上流側	沓本体は健全
		下流側	沓本体は健全
	固定	上流側	沓本体は健全
		下流側	沓本体は健全
P_{12}	可動	上流側	沓本体は健全、桁が左岸側に３２mm移動
		下流側	沓本体は健全、桁が左岸側に２７mm移動
P_{13}	固定	上流側	橋方向ストッパー上下流側とも完全に破壊、ソールプレートの爪破断に近い形で変形
		下流側	橋方向ストッパー上下流側とも完全に破壊、ソールプレートの爪破断に近い形で変形
P_{13}～P_{14}	可動	上流側	浮上り防止板が右岸方向に１０度回転、その他は異常なし
		下流側	浮上り防止板が右岸方向に１０度回転、その他は異常なし
	固定	上流側	健　全
		下流側	健　全
P_{14}	可動	上流側	主桁内側の橋方向ストッパー破壊
		下流側	主桁外側の橋方向ストッパー破壊、桁は下流側に１０mm移動
RA	固定	上流側	沓本体は健全、沓座コンクリートが大きくＶ字形に破壊された
		下流側	沓本体は健全、沓座コンクリートが大きくＶ字形に破壊された

（注）支承の種類　P_1～P_6の固定沓はピン型支承沓、　LA、P_6の可動沓～RAは小判型線支承沓

表６－３　橋脚天端間距離の変化

区　間	設計上の区間長(m)	橋脚天端間距離の測定値〔mm〕				６月の地震による橋脚天端間距離の変化量(mm)[3]		ＬＡを不動とした場合の各橋脚天端の移動量(mm)[4]	
		５３年２月２０日の地震後[1]		５３年６月１２日の地震後[2]					
		上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側
LA～P_1	23,200	23,379	23,381	23,406	23,402	27	21	27	21
P_1～P_2	59,700	59,780	59,767	59,832	59,757	52	−10	25	11
P_2～P_3	60,000	59,985	60,035	59,930	60,033	−55	−2	−30	9
P_3～P_4	60,000	60,030	59,956	59,972	59,943	−58	−13	−88	−4
P_4～P_5	60,000	60,134	60,053	60,031	60,049	−103	−4	−191	−8
P_5～P_6	60,000	60,102	60,188	60,498	60,216	396	28	205	20
P_6～P_7	28,300	28,311	28,275	28,005	28,280	−306	5	−101	25
P_7～P_8	28,000	28,004	27,969	27,870	27,887	−134	−82	−235	−57
P_8～P_9	28,000	28,009	28,073	28,160	28,154	151	71	−84	14
P_9～P_{10}	28,000	27,954	27,901	27,929	27,909	−25	8	−109	22
P_{10}～P_{11}	28,000	27,972	28,054	28,045	28,036	73	−18	−36	4
P_{11}～P_{12}	28,000	28,066	28,082	28,025	28,084	−41	2	−77	6
P_{12}～P_{13}	28,000	27,996	27,944	28,009	27,971	13	27	−64	33
P_{13}～P_{14}	28,000	28,035	28,010	27,973	28,003	−62	−7	−126	26
P_{14}～P_A	28,300	28,323	28,392	28,397	28,408	74	16	−52	42
合計（橋長）[3]	575.5	576,080	576,080	576,082	576,132	—	—	—	—

(注)　1）５３年４月測定　2）５３年６月測定　｝宮城県による測定値

3）（５３年６月の測定値）－（５３年２月の測定値）、したがって、プラスは橋脚間が開く場合に、マイナスは反対に閉じる場合に相当する。

4）上記3）の累積値、したがって、プラスは橋脚の残留変化が右岸側へ向う場合に、マイナスは左岸側に向う場合に相当する。

表６－４　伸縮装置部の開口量（錦桜橋）

橋台橋脚および吊支間番号	支承条件	開口量（mm）				6月の地震による開口量[3]		橋台を基準とした桁の移動量[4]		橋種
		53年2月20日の地震後[1]		53年6月12日の地震後[2]						
		上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	
LA	可動	55	55	0	0	−55	−55	−55	−55	単純鈑桁
P_1	固定 可動	115	100	60	75	−55	−25	−110	−80	
P_2	固定 可動	112	105	18	32	−94	−73	−204	−153	単純トラス（5連）
P_3	固定 可動	65	45	−10	−10	−75	−55	−275	−208	
P_4	固定 可動	95	70	20	0	−75	−70	−354	−278	
P_5	固定 可動	85	100	40	30	−45	−70	−397	−348	
P_6	固定 可動	107	100	110	110	3	10	−396	−338	
P_7	固定	−	−	−	−					
$P_7 \sim P_8$	可動 固定	100 97	95 85	落橋部						
P_8	可動	−	−	−	−					
P_9	固定	−	−	−	−					
$P_9 \sim P_{10}$	可動	70	80	0	0	−70	−80	−582	−591	
	固定	93	89	0	0	−93	−89	−512	−511	
P_{10}	可動	−	−	−	−					ゲルバー桁
P_{11}	固定	−	−	−	−					
$P_{11} \sim P_{12}$	可動	97	78	0	0	−97	−78	−419	−422	
	固定	98	90	0	0	−98	−90	−322	−344	
P_{12}	可動	−	−	−	−					
P_{13}	固定	−	−	−	−					
$P_{13} \sim P_{14}$	可動	100	111	0	0	−100	−111	−224	−254	
	固定	104	105	0	0	−104	−105			
P_{14}	可動	−	−					−124	−143	
RA	固定	20	38	0	0	−20	−38	−20	−38	

（注1　1）53年4月23日　2）53年6月15日　}測定

3）（6月の地震後の測定値）−（2月の地震後の測定値）

4）P_1からP_6までは左岸橋台を基準として、$P_{9\sim10}$からP_{14}までは右岸橋台を基準として、それぞれ求めている。

よび伸縮装置開口量の変化量を次のように推定した。

（橋脚天端間距離の変化量）≡（6月の地震後の橋脚間距離）－（2月の地震後の橋脚間距離）‥（6－1）

（開口量の変化量）≡（6月の地震後の開口量）－（2月の地震後の開口量）……（6－2）

このようにして推定した6月の地震による橋脚天端間距離の変化量および伸縮装置開口量の変化量は図6－10に示すように分布する。これによれば、橋脚天端間距離の変化量は全般的に天端上流側が下流側に比較し大きくなっており、特に、P5～P6間の距離が約40cm開き、P6～P7間の距離が約30cmせばまっているのが注目される。この測定結果が正しいとするならば、P5、P6橋脚は大きく鉛直軸まわりの回転運動をしたことになる。また、伸縮装置開口量の変化量はP6橋脚上を除くすべての点でせばまる方向に動いているのがわかる。ただし、落橋したP7～P8間の吊桁部では開口量が求められないので記入されていない。

次に、図6－10に示した測定結果から、橋脚天端の移動量ならびに桁の移動量を以下の仮定のもとに推定した。

i）橋脚天端の移動は左岸橋台を基準として求めるものとし、左岸側から橋脚天端間距離の変化量を加え合わせることにより求める。

ii）桁の移動は、左岸橋台（LA）からP7橋脚ゲルバー張出部までの区間は左岸橋台を基準として、右岸橋台（RA）からP8橋脚ゲルバー張出部までは右岸橋台を基準としてそれぞれ求めるものとする。この際、桁自身の長手方向の伸縮量は無視できるものとする。

このようにして推定した橋脚天端の移動量ならびに桁の移動量を図6－11に示す。この結果から次のような点が指摘できる。

i）橋脚天端の移動量はP5～P8橋脚で大きい。ただし、移動量が大きいのは天端上流側であり、天端下流側はほとんど移動していない。天端上流側におけるP5、P6橋脚の残留移動量はそれぞれ約20cmと求められており、この値は橋脚の残留変位量としてはやや大き過ぎるのではないかとも考えられる。しかし、表6－2(a)に示したように、P5橋脚上では沓のローラーが完全に逸脱（上沓は下沓に対して左岸側にずれ、ローラーは右岸側に抜け出している）したり、P6橋脚ではワーレントラスの固定沓のアンカーボルトが完全に抜け切っている等の点からみて、これら橋脚が相当激しく変位したであろうことだけは容易に想像される所である。

ii）P8橋脚では右岸側の側面に水平の亀裂が入っており、このような点は図6－11(a)のP8橋脚の天端移動が左岸側に向かっているという上記推定結果と調和的である。

iii）桁の残留移動は、今回の地震で落橋したP8～P9吊桁部を境として、右岸側の鈑桁は右岸側に、左岸側のワーレントラス桁は左岸側にそれぞれ向かっている。残留移動量の絶対値に着目すると、両橋台位置で小さく、P5～P9間で大きいおおむね放物線状の分布を示している。

iv）P8橋脚上での桁の移動量は、上下流側とも右岸側に約58cmである。これに対して、P7橋脚上の桁の移動量は、上下流側とも左岸側に約40cmと求められており、この結果だけから判断すると、P7～P8間で約1mの相対的な桁の残留変位があることになる。ただし、この値は、それぞれ右岸および左岸の橋台を基準として独立に求めた値であること、伸縮装置の開口量に対する測定値をもとに

していること等から相当の設差を含んでいる可能性がある。

v) P8橋脚上での桁の移動は、上下流側とも右岸側に約58cmであり、一方、P8橋脚天端の移動は上流側では約24cm、下流側では約5cmであり、ともに左岸側を向いている。従って、図6－11に示した調査結果から求められるP8橋脚上での桁と沓の相対変位は、見かけ上桁が沓より右岸側へ向かってそれぞれ上流側で約82cm、下流側で約63cm移動することになる。地震直後の調査では桁の沓座からの移動量は約55cm（これは上流側で測定した値であるが、下流側でもほとんど違いはなかった）であり、上記の推定値は上流側で約27cm、下流側では8cm程実測結果より大きく見積られていることになる。この違いは恐らく、2月の地震の後の測定と6月の地震の後の測定における測定箇所の多少の違い、測定測度の低い値（たとえば、伸縮装置の開口量）の和に伴なう累積誤差等によるのではないかと考えられる。いずれにしても、この程度の誤差は含まれているものとして上記の結果を評価する必要があろう。

vi) 上述したように、図6－11に示した桁の移動量から橋脚天端の移動量を差引いた値（両者はともに最終残留値であるので、地震時の応答を考えるうえでは、両者の絶対値和を考える方が実際の状況に近いと考えられる）は、桁と沓座の相対移動量に近似する。このようにすると、P4からP12あたりの沓で相対移動量は大きくなり、このような傾向は表6－2(a)に示した沓の被害状況とよく調和している。

ここで、沓の被害にはアンカーボルトの引抜きがよく見られるが、アンカーボルトが引抜けることにより、沓はどの程度水平方向に移動できるかを検討するために、沓とアンカーボルトを図6－12のような簡単な力学モデルに置きかえてみた。このような理想的な場合には上沓を水平に引張ることにより、下沓はB点を中心に回転運動をし、その結果生じるアンカーボルトの抜出し量ℓ_Aと 沓ピンの水平移動量u_Pは次式のようになる。

$$u_P = \frac{W_1}{2} - \sqrt{\left(\frac{W_1}{2}\right)^2 + H_1^2}\cos(\theta + \theta_1) \quad \cdots\cdots (6-3)$$

$$\ell_A = W_1 \sin\theta \quad \cdots\cdots (6-4)$$

ここで、

θ：下沓の回転角〔rad〕

W_1，H_1：下沓の底面板および高さ〔cm〕

$\theta_1 = \tan^{-1}\left(\frac{2H_1}{W_1}\right)$

いま、錦桜橋のピン型支承沓（ワーレントラスの沓）を対象として、u_Pとℓ_A の関係を求めると図6－13のようになる。これによれば、アンカーボルトの抜出しを仮に10cmとすれば桁は約15 cmの水平移動ができることになる。しかしながら、これは理想的な場合であり、実際にはアンカーボルトの変形、沓モルタルの破壊等が同時に生じる場合が多いので、10cmのアンカーボルトの抜出しがあったとすれば、15cm以上の桁移動が生じることも可能ではないかと考えられる。

(5) 閖上大橋

閖上大橋は図6－14に示すように昭和49年に完成した3径間有鉸PCラーメン橋（66.83m+92.00m＋66.83m）およびPC単純桁（スパン約45m）7連から成る橋長541.7m、総幅員8.6mの1等橋である（写真6－23参照）。地震による被害が著しいのは橋脚であり、その他、伸縮装置（ゴムジョイント）の破損、可動支承（ローラー支承）の上沓と下沓の橋軸方向のずれ（離脱寸前）、固定支承付近におけるPC単純桁ウェブの亀裂などがある。

図6－15は鹿島建設が地震後に調査した全橋脚（P_1～P_9）の被害状況のスケッチである。この中で最も被害の大きいのはP_1橋脚であり、著しいコンクリートの剥離や10㎜に及ぶ表面の段差（ずれ）が認められた。写真6－24はP_1橋脚の状況を上流側および左岸側から撮ったものである。写真6－25、6－26は有鉸PCラーメン橋を支えるP_3およびP_4橋脚の亀裂を示したものであり、多数の斜めおよび水平の亀裂が認められる。この橋脚は厚さ50cm、外径6mの円環状断面を有しており（図6－16参照）、これらの亀裂は全断面にわたって入っているのではないかと考えられる。写真6－27はP_7橋脚の状況を示したものである。

次に沓の被害状況をまとめると表6－5（沓の位置は図6－17参照）に示す通りであり、ほとんどの可動沓において浮上り止めがはずれ、アンカーボルトの付着切れが生じた。写真6－28はP_1橋脚上の可動沓の移動を示したものであり、ローラーが異常に移動し、逸脱寸前となっているのがわかる。

上部構造の被害は橋脚の被害に比較して軽微であり、写真6－29に示すような単純桁の固定支承部付近におけるウェブの斜めひび割れが見られた程度であった。

図6－18は地震後に行なわれた測量の結果求められた上下流地覆位置における橋面の橋軸直角方向および鉛直方向の移動量（右岸橋台と左岸橋台を結ぶ線を基準として求めた値）、および、高欄継目における抜け出し量（ただし、両端の値は高欄と親柱との離れ）を示したものである。地覆位置での橋面の移動量は橋軸直角方向、鉛直方向ともにP_5～P_9間で大きくなっている。この区間は地震後に噴砂が見られたことから地震時に橋脚周辺地盤が流動化したことがわかっている。橋面の移動と流動化の関係について今後の調査が望まれる。また、図6－18(c)に示した高欄の継目での抜け出しに伴なって、高欄の変形や破損が認められた。このような被害は主橋部と単純桁部の接続するP_2およびP_5橋脚上の高欄継手で著しく、写真6－30に示すように、一方の高欄が地震時に他方の高欄から抜け出し、これが再び完全にもとのようにもどらなかったために破損している。なお　橋脚上での高欄の抜け出し量の最大値は約8cmであった。

最後に、本橋周辺の地盤条件は図6－14に示した通りであり橋軸方向には地盤構成はおおむね一様である。すなわち、地表面（河床もしくは高水敷）から20m程度までは細砂層となっており、下部構造はこの細砂層の下に存在する砂礫層にまで達している。この砂礫層は厚さ約10m程度とそれ程厚いものではなく、その下は粘土と砂礫の互層となり少なくとも地表面下60mまではこのような構成が続いている。なお、このような地盤構成は大河川の下流域においてごく一般的に見られるものであるが、N値の大きい礫層に下部構造を止めれば、支持力等常時の設計には問題がなくても、地震時には河床からはるか下の基盤層を基点として表層地盤が大振幅で振動することが生じ得るため、耐震設計上留意す

表6－5　関上橋支承の破損状況（鹿島建設の調査結果による）

ピアーNo.	支承No.	被害
A_1	F_1	上下沓のリング取付用フランジ変形の疑い有り、アンカーボルトの状態より下沓のアンカー穴の変形も考えられる。アンカーボルト付着切れ有り
	F_2	アンカーボルト付着切れ有り
	F_3	F_1 と同様の傾向である。
	F_4	F_1 と同様の傾向である。
P_1	M_1	導板とローラーの接触部の圧壊、上沓切り欠き部圧壊、下沓④部破損、浮上り止メの変型及び下背接触部エグレ、アンカーボルトの曲り及び付着切れ有り
	M_2	M_1 とほぼ同様の傾向でありローラーは脱落寸前である。
	M_3	M_1 と同様の傾向である。
	M_4	M_1 と同様の傾向である。
	F_5	F_1 と同様の傾向である。
	F_6	F_1 と同様の傾向である。
	F_7	F_1 と同様の傾向である。
	F_8	F_1 と同様の傾向である。
P_2	M_5	ローラと導板の接触部圧壊、浮上り止メの変形及びアンカーボルトの付着切れ有り
	M_6	導板の曲り変形により上沓とのはめ込み部に間隙有り、歯車とローラーの取付ビス用タップ穴の破損、他はM_5と同状態である。
	M_7	M_6 と同様の傾向である。
	M_8	導板とローラー接触部に圧こん有り、浮上り止メ変形及びアンカーボルト付着切れ有り
	M_9 (D_W) M_{10} (D_W)	導板の曲り変形により上下沓とのはめ込み部の間隙大である。上沓切欠部圧壊、浮上り止メの変形及びアンカー付着切れに依り下沓アンカー穴変形の疑い有り、歯車の変形に依る止めビス破損、ローラー側タップ孔破損も考えられる。
P_5	M_{11} (D_W)	導板に曲り変形が認められ、下沓、ローラーにも影響しているものと思われる。浮上り止めも曲り変形が認められ、アンカーボルトが浮上りスキマが生じている。
	M_{12} (D_W)	M_9、M_{10} と同様の傾向である。
	M_{13}	上沓の切欠部圧壊、下沓④部破損、浮上り止メ下沓との接触部エグレ及びアンカーボルトの付着切れ有り
	M_{14}	M_{13} と同様の状態であり尚導板にローラーとの接触部の圧壊有り
	M_{15}	ローラーに破損有り、導板の圧壊が著しく又曲げ変形に依り、上沓とのはめ込み部に間隙有り、歯車の変形に依りビス孔の破損他はM_{13}と同様である。
	M_{16}	M_{14} と同様の傾向にある。
P_6	F_9	上沓リング取付用フランジに変形の疑い有り、アンカーボルト付着切れ有り。
	F_{10}	上・下沓リング取付用フランジ変形の疑い有り、アンカーボルト付着切れ有り。
	F_{11}	同　上
	F_{12}	同　上
	M_{17}	ローラーと導板の接触部の圧壊有り、アンカーボルトの付着切れ有り。
	M_{16}	同　上

ピアーNo.	支承No.	被害
P_7	M_{19}	ローラーと導板の接触部の圧壊有り、アンカーボルトの付着切れ有り。
	M_{20}	同　上
	F_{13}	上・下沓リング取付用フランジに変形の疑い有り及びアンカーボルト付着切れ有り。
	F_{14}	上沓リング取付用フランジに変形の疑い有り及びアンカーボルト付着切れ有り。
	F_{15}	同　上
	F_{16}	アンカーボルト付着切れ有り。
	M_{21}	ローラーと導板の接触部の圧壊、浮上り止メの変形及びアンカーボルト付着切れ有り。
	M_{22}	アンカーボルトの付着切れ有り。
	M_{23}	浮上り止メの変形、アンカーボルトの付着切れ有り。
	M_{24}	M_{21} と同様の傾向である。
P_8	F_{17}	上・下沓リング取付用フランジ変形の疑い有り、アンカーボルトの状態より下沓のアンカー穴の変形も考えられる、アンカーボルト付着切れ有り。
	F_{18}	下沓アンカー穴変形及びアンカーボルト付着切れ有り。
	F_{19}	F_{17} と同様の傾向である。
	F_{20}	上沓リング取付用フランジ変形の疑い有り、アンカーボルト付着切れ有り。
	M_{25}	アンカーボルト付着切れ有り。
	M_{26}	同　上
	M_{27}	導板にローラーとの接触部との圧こん有り、アンカーボルトの付着切れ有り。
	M_{28}	M_{25} と同様の傾向である。
P_9	F_{21} F_{22} F_{23} F_{24}	可動沓の状態と同様に想定し耳桁部の上沓リング取付用フランジの変形及びアンカーボルトの付着切れが充分考えられる。
	M_{29} M_{30} M_{31} M_{32}	足場の関係上測定不可能であるが脚の計測上及び下からの目視に依り、脚の傾斜及びローラーの異常な移動が認められ上沓切欠部、浮上り止メ及びアンカーボルト等の落橋防止機構、及び脚傾斜に依り導板、ローラー接触部等の圧壊が充分考えられる。
A_2	F_{25}	上下沓リング取付用フランジ変形の疑い有り、アンカーボルト付着切れ有り。
	F_{26}	上沓リング取付用フランジ変形の疑い有り、アンカーボルト付着切れ有り。
	F_{27}	同　上
	F_{28}	F_{25} と同様の傾向である、及びリング取付用ボルト1本セン断、同ボルト用タップ孔1ケ所破断

(注)　ピアーNo.および支承Noは図6－16参照

る必要のある場合がある。このような場合の耐震設計上の基盤面のとり方、耐震設計法に関し、今後の調査が必要とされよう。

(6) 江 合 橋

江合橋は図6－19に示すように昭和7年に竣工した9連の単純鈑桁橋（スパン17.2m）である（写真6－31）。基礎は図6－20に示すように2本の独立した直径約2.5mのケーソンから成り、その上に鉄筋コンクリートの閉合ラーメン橋脚を設けてこれにより上部桁を支持している。被害はP_2からP_7橋脚にいずれも図6－20に示したようにラーメン橋脚の上、下横材に亀裂を生じた。なかでもP_5、P_6、P_7橋脚で被害が著しく、写真6－32～写真6－35に示すようにコンクリートが完全に剥離し、鉄筋が露出（写真6－32(b)、6－34(b)）するとともに、横材がずり下がっているのが認められた。なお、沓には著しい被害は無いもようであり、また、上部構造も被害を受けていない。

地震後、宮城県が行なった橋脚の測量結果（A_1（古川方）とA_2（佐沼方）のそれぞれの中心を結ぶ線（基線）からのラーメン橋脚内側の距離を測定した）は、図6－21に示す通りである。これによれば、水平面内橋軸直角方向の移動は右岸側は下流側に、中央部および左岸側は上流側に向かっており、その最大値は約4.5cmである。

なお、本橋地点の地盤柱状図は図6－22に示す通りである。地表面下約25mにはシルト岩～砂岩が存在し、その上には軟質な沖積層が堆積している。

本橋は昭和37年の宮城県北部の地震（マグニチュード6.4の近距離地震）の際に、支承部のアンカーボルトの切断、沓の移動を中心として若干の被害を受けており、今回が2度目の地震被害である。

(7) 米 谷 大 橋

米谷大橋は写真6－36に示すように昭和3年に架設された県道湯沢～築館～志津川線と北上川の交差部に架かる橋長181.4m（55.7m＋44.56m＋55.7m）の3径間鋼ゲルバートラス橋である。本橋地点の地盤柱状図は図6－23に示す通りであり、地表面下約30mまでがN値10以下の粘土質シルト層となっており、その下にはN値が50程度の砂礫層が存在している。

地震により右岸側ゲルバー張出し径間上弦材（上流側）が写真6－37に示すように破断した。このため、下弦材が写真6－38に示すように異状変形した。また、縦桁および横構取付ガセットの変形等も一部に報告されている。しかしながら、上記上弦材の破断に関しては地震による被害ではなく、疲労等による破断あるいは疲労していた所へ地震力が作用したため破断したのではないかとする見方もある。

支承の状態は表6－6に示す通りであり、P_2（右岸側橋脚）において可動沓が橋軸方向に往復運動したような跡（写真6－39）が認められるとともに、P_1（左岸側橋脚）においては、上沓と下沓を結ぶ固定用のピンナット部が破壊され（上流側の沓では上下流側とも脱落、下流側の沓では下流側のみ脱落）、上流側の沓では写真6－40に示すようにピンローラーが約8cm程上流側に逸脱しかけた。また、右岸側橋台上の沓では写真6－41に示すように、アンカーボルトの抜出しおよび変形が生じるとともに、パラペット周辺の石積の崩壊が見られた。

表６－６　米谷大橋支承沓の被害状況（宮城県の調査結果による）

支点位置	支承型式	位置	被害
LA	ローラー型支承沓（可動）	上流側	アンカーボルト、支承本体は被害なし、パラペット周囲の石積ブロックが落下
		下流側	アンカーボルトなし（地震によるものではない？）、床版がパラペットに接触
P_1	ピン型支承沓（固定）	上流側	ピン固定用ナットおよび座金の欠落、上沓が回転して下沓に接触
		下流側	ピンローラーが81㎜上流側に逸脱、下流側ピンナット欠落
P_2	ローラー型支承沓（可動）	上流側	下沓カバープレート上面に沓の橋軸方向往復運動の跡あり
		下流側	下沓カバープレート上面に沓の橋軸方向往復運動の跡あり
RA	ローラー型支承沓（可動）	上流側	アンカーボルト右岸側へ抜出し、変形
		下流側	アンカーボルト切断

(8) 木間塚橋

木間塚橋は写真６－４２に示すように昭和６年に架設された橋長２３６.０ｍ（１３.４ｍ＋１７@１２.３ｍ＋１３.４ｍ）１９径間鋼単純鈑桁橋である。被害は沓座コンクリートに集中し、写真６－４３に示すように沓座縁端距離の不足と相まって、落橋寸前となった。なお、本橋地点の地盤柱状図は図６－２４に示す通りであり、地表面下約３２ｍまではシルト～砂の互層となっており、その下にＮ値１００程度以上の砂礫層が存在している。

(9) 伊達橋

伊達橋は写真６－４４に示すように昭和４０年に竣工した福島県一般県道伊達～霊山線と阿武隈川の交差部に架かる橋長２８８ｍの４径間連続鋼ワーレン橋である（一般図等は３章を参照）。

伊達橋では橋脚（P_1～P_3）上の支承６個が全て何らかの被害を蒙った。写真６－４５は、P_3 橋脚上（上流側）可動沓のピンが完全に抜け落ち、そのため、桁が橋軸方向右岸側に約２８㎜、橋軸直角方向下流側に約３３㎜移動した状況を示したものである。写真６－４６はそれぞれ P_3 橋脚上の沓から抜け落ちたローラーピンの様子を示したものである。また、写真６－４７は P_1 橋脚（下流側）可動沓のピンが逸脱しかかった状況を示したものである。

さらに、P_2 橋脚上の固定沓ではトラスの下弦材に写真６－４８に示すように局部座屈を生じた。写真６－４９はこの P_2 橋脚の全景を示したものであり、強震計は天端中央に設置されていた。

地震後実施された測量結果によれば、桁の移動および上沓と下沓のずれの分布はそれぞれ図６－２５に示す通りである。両橋台間を結ぶ基線から測った橋軸直角方向への桁の移動量は、上沓と下沓のずれ量におおむね等しいことから、橋脚躯体そのものの移動量〔残留移動量〕はそれ程大きなものではないことが推定される。桁の移動および上沓と下沓のずれ量ともに P_3 橋脚上で最も大きくなっている。

6－2　道路盛土および斜面崩壊

今回の地震により被害を蒙った地域を主として北上川、鳴瀬川、阿武隈川等の川筋の沖積平野から成り、盛土高の高い道路盛土あるいは斜面の切取部箇所が少なかったために、本年1月の伊豆大島近海の地震とは非常に対象的に大規模な道路盛土の被害、自然斜面あるいは切取斜面からの土砂崩壊等の被害は少なかった。しかしながら、写真6－50に示すように宮城県松島町の主要地方道松島～松島公園線におけるがけ崩れを始めとして、今回の地震の震源域に近かった牡鹿半島においては非常に多数のがけ崩れが生じた。また、橋梁取付部（背面土）の沈下、路肩の沈下、亀裂などは宮城県下の各地で見られた。

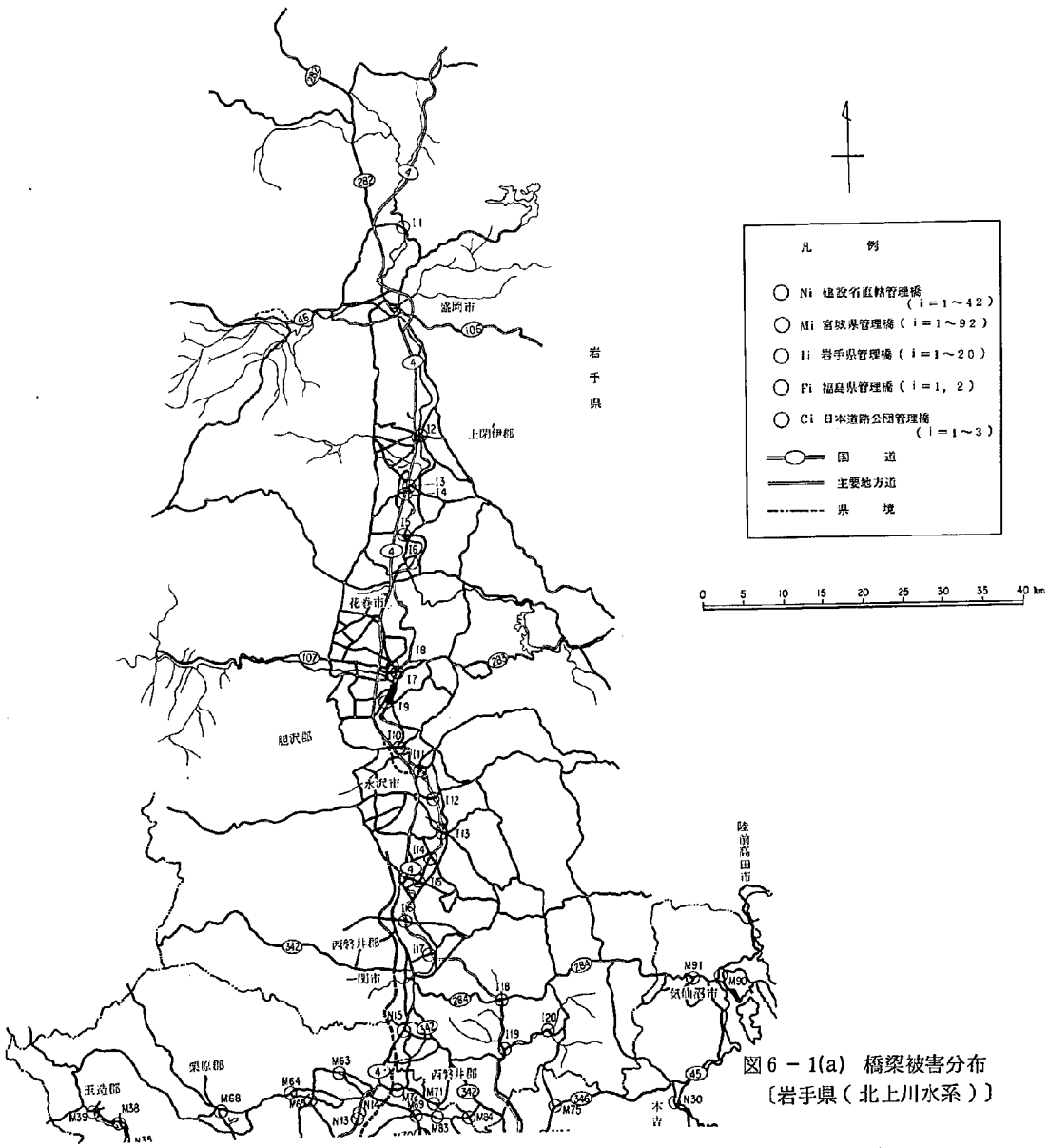


図6－1(a)　橋梁被害分布
〔岩手県（北上川水系）〕

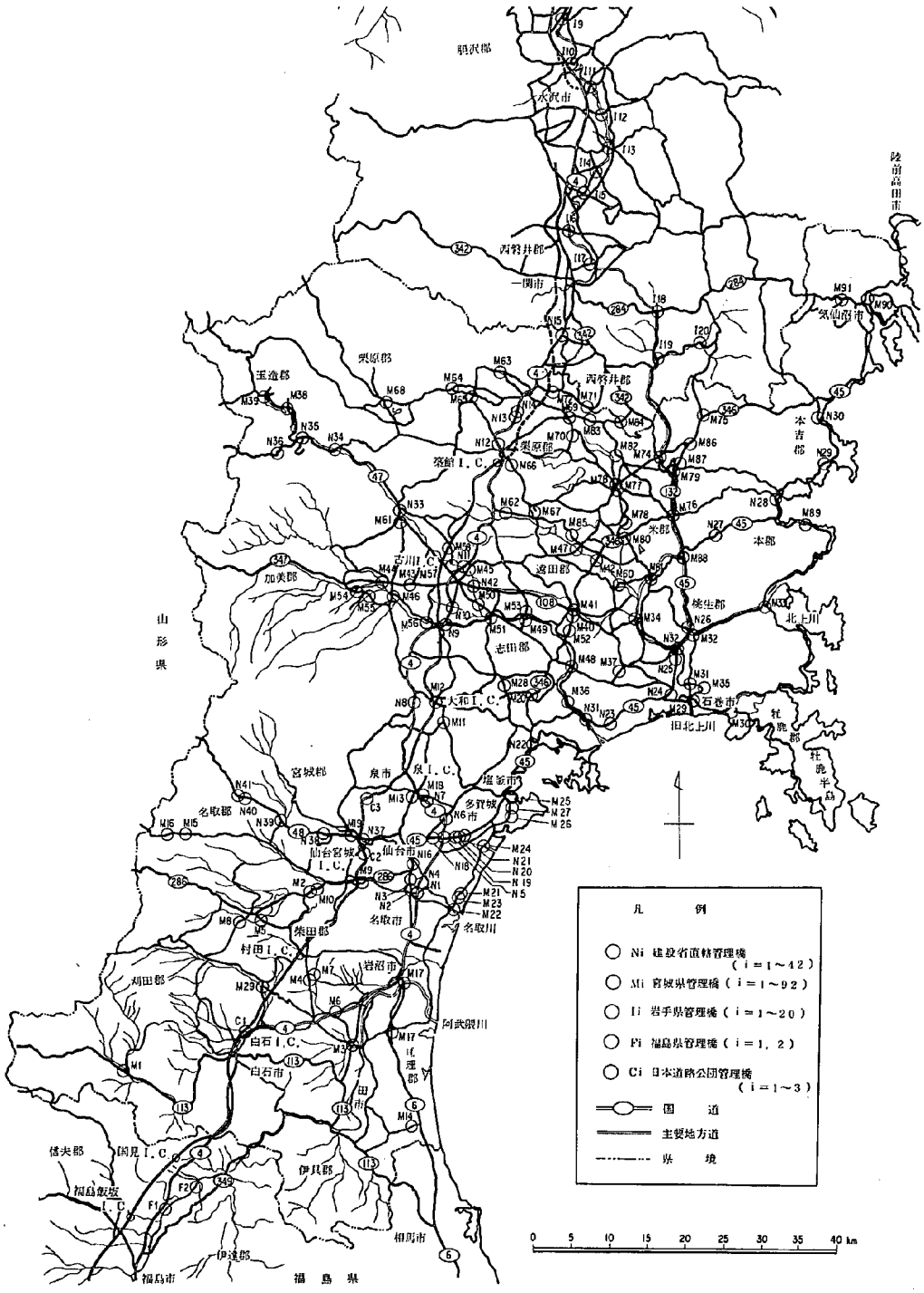


図６－１(b)　橋梁被害分布〔宮城県〕

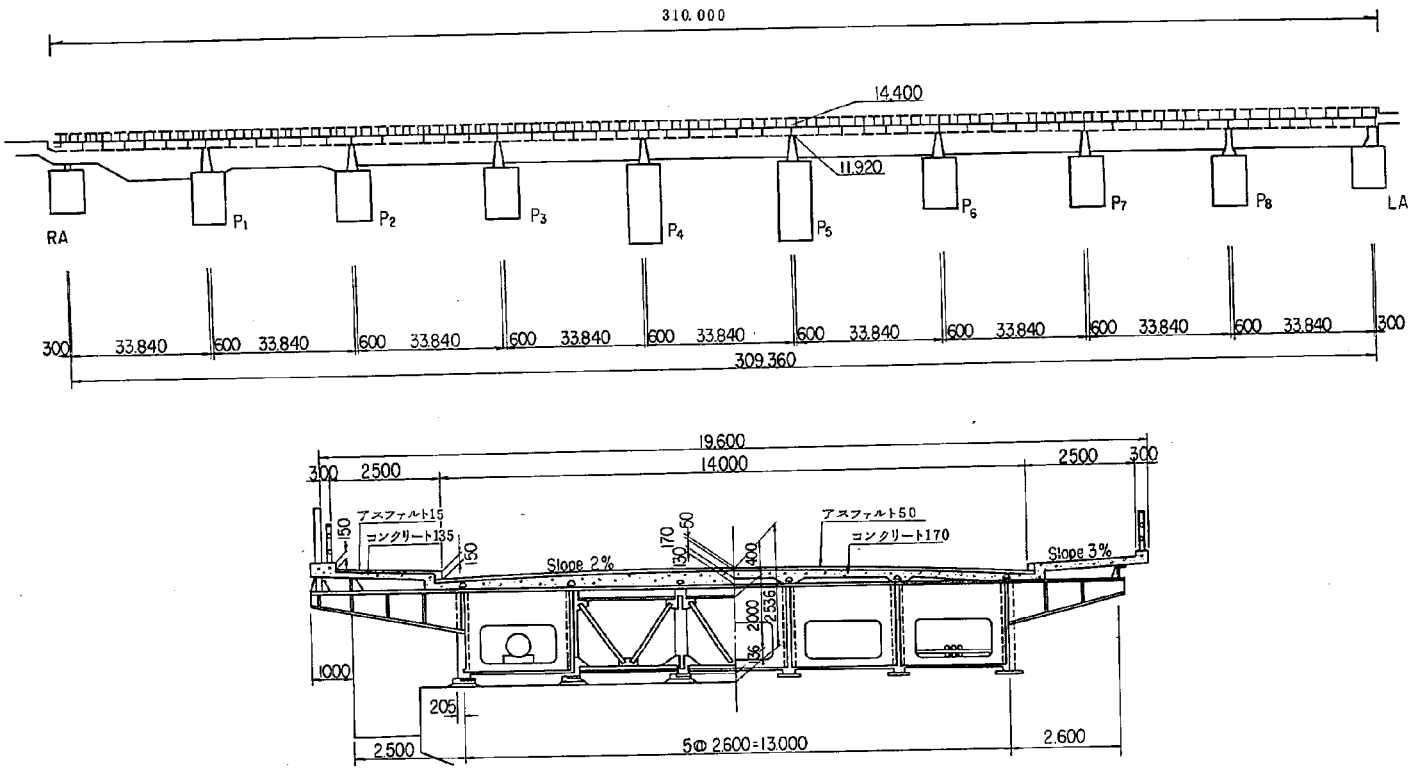


図 6 － 2(a)　千代大橋一般図

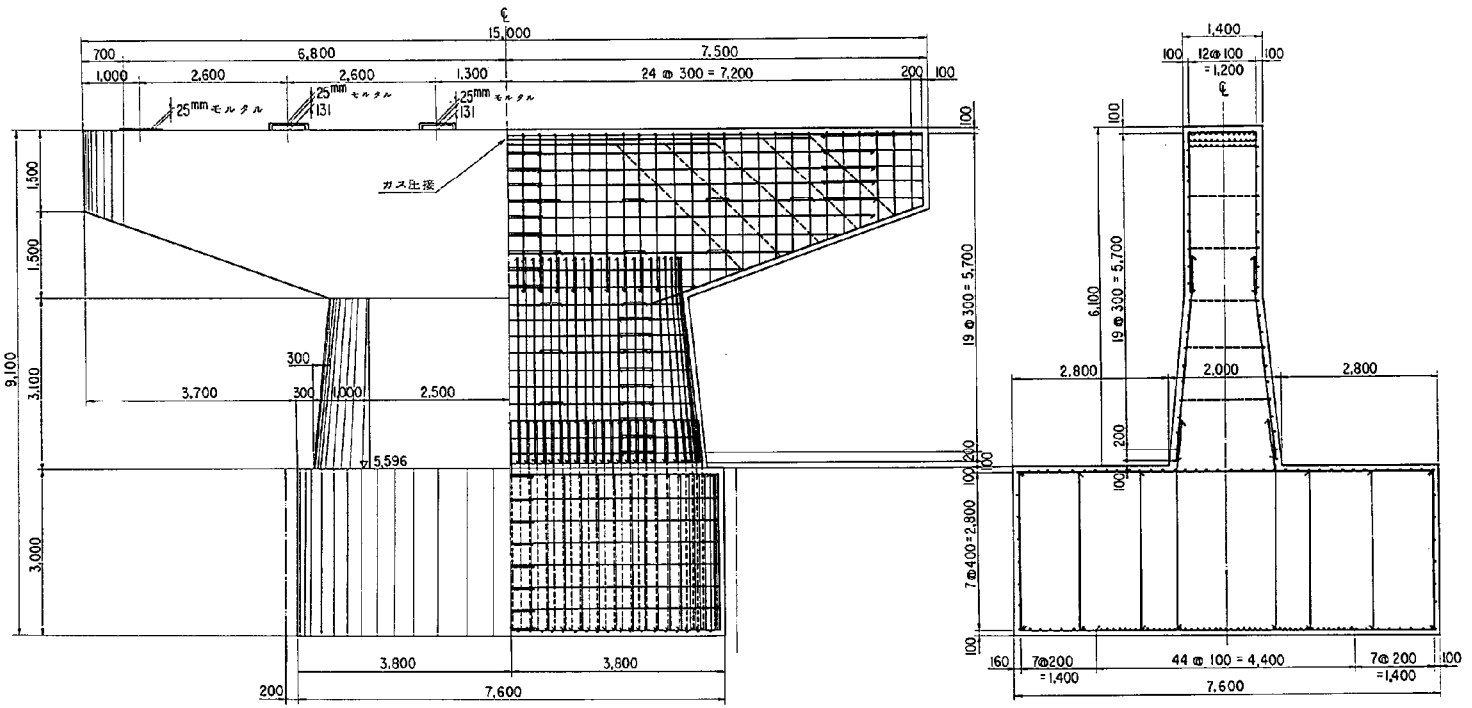


図 6 － 2(b)　千代大橋一般図

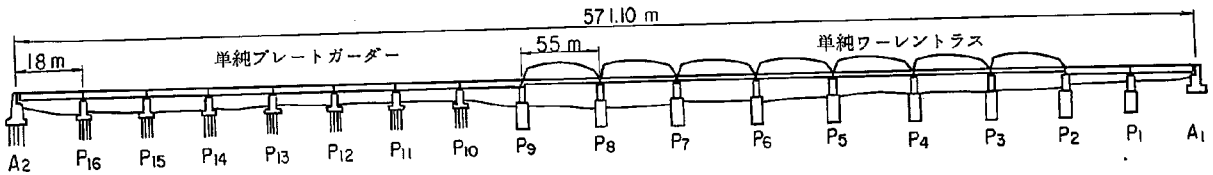


図６－３　阿武隈橋一般図

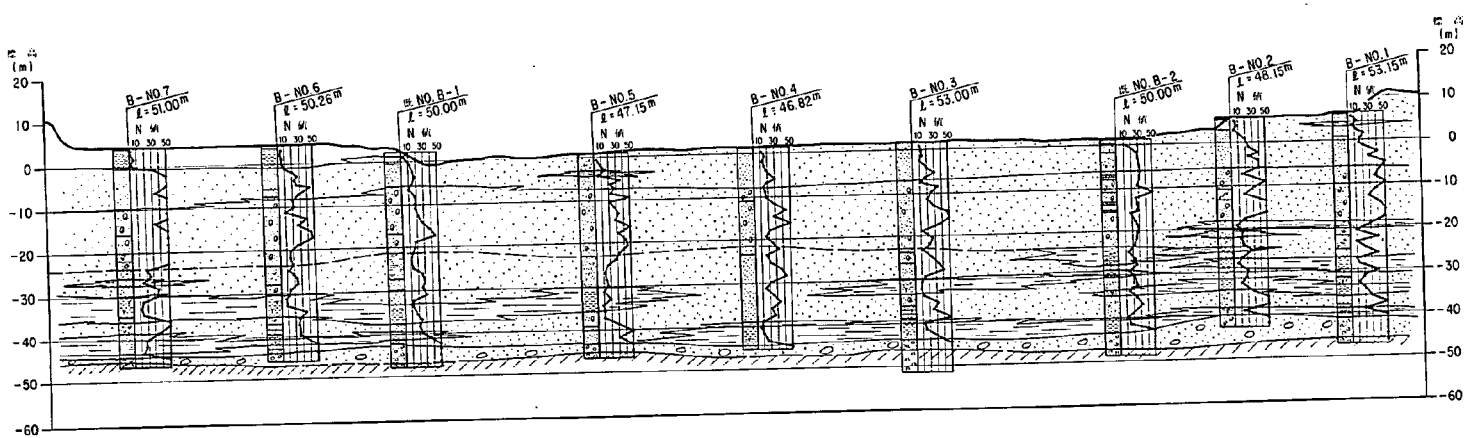


図６－４　阿武隈橋地盤図

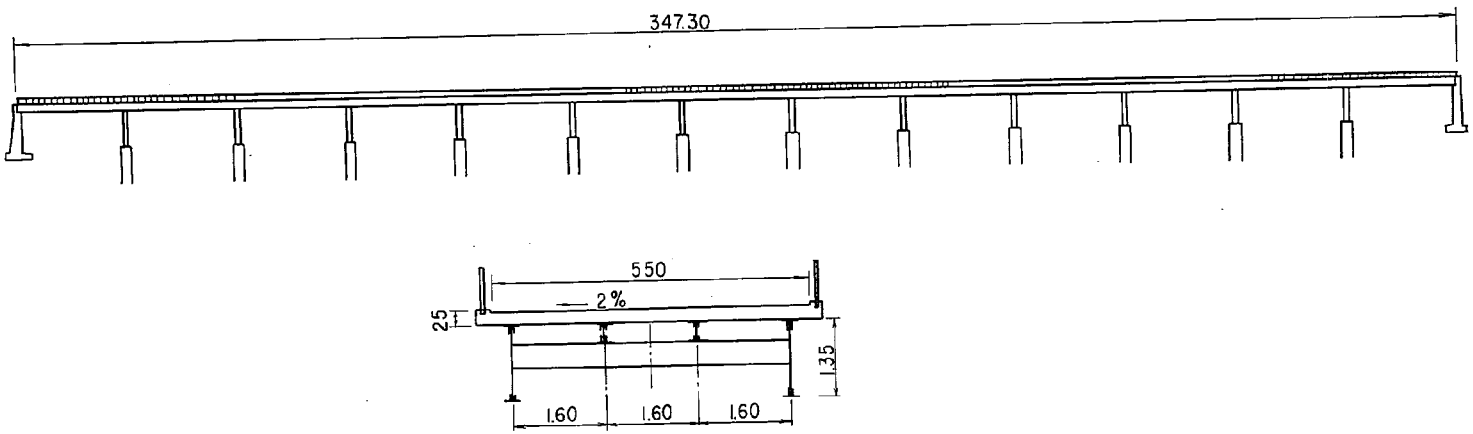


図６－５　小野橋（国道45号）一般図

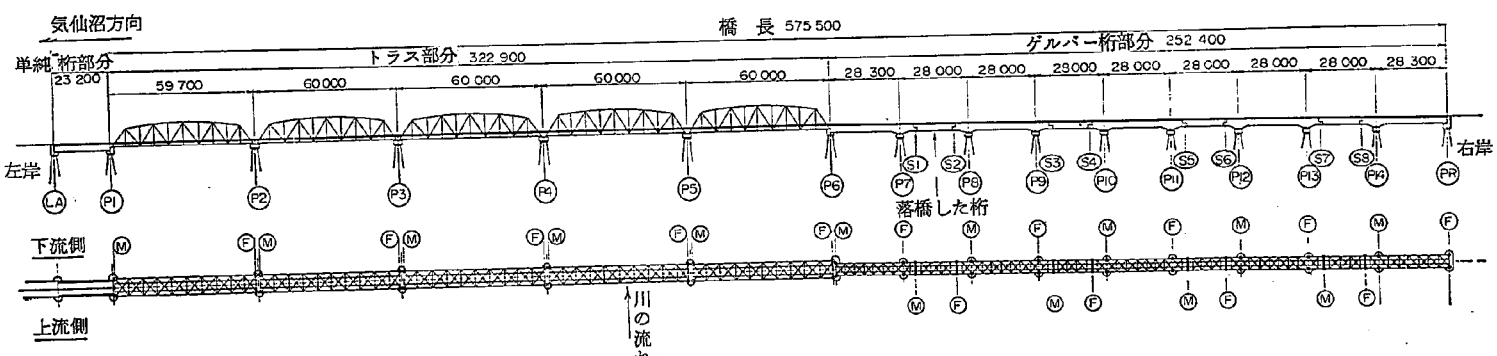
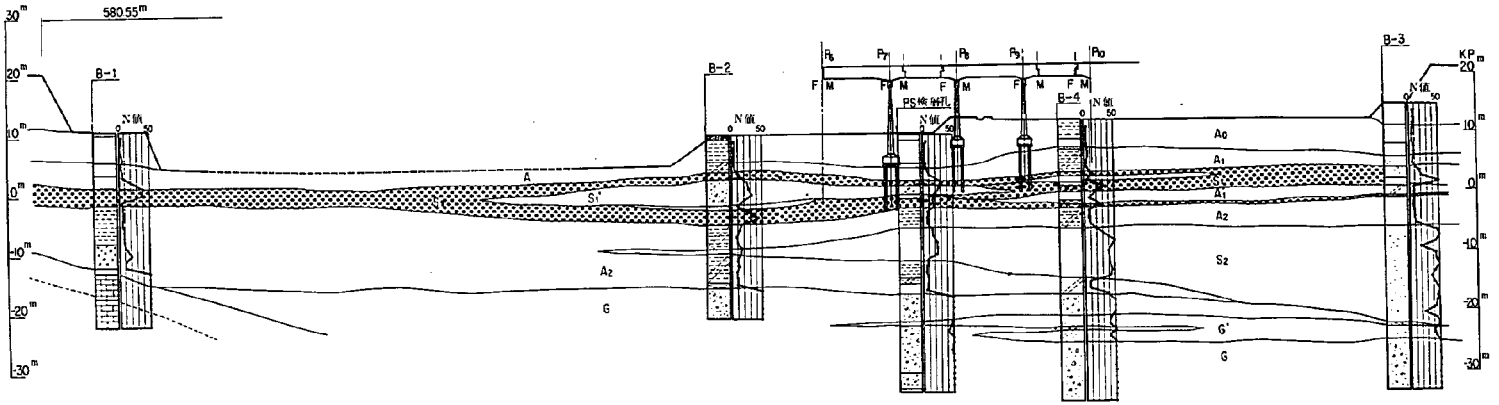


図６－６　錦桜橋構造一般図



時代	層序	記号	土質及岩質名
第四紀 現世	沖積層		堤体盛土砂質シルト N≒5
		A_0	泥炭質ナイ植物シルト～砂質シルト 局部的に砂を挟むN＝3～4 堤体により圧密を受けているとN＝5～8
		A_1	現河床に堆積している砂質シルト平面的分布がみられるN＝3～6
		S_1	上部砂層局部的にレキを挟み密度は中位程度又B－4付近ではシルト層も認む

時代	層序	記号	土質及岩質名
第四紀 現世	沖積層	A_2	下部シルト層砂質シルトを主とし局部的に粘性が強い又B－1孔ではレキを含むN＝6～9
		S_2	B－3孔を主として分布し下部シルト層に認められる密度はよく締っておりN≒40を示す
第四紀 更新世	段丘堆積物	G	沖積層基底レキ層とも考えられるもの。右岸部では砂層を挟有する全般に亜円レキを主としN値は大きい。

時代	層序	記号	土質及岩質名
新第三紀	鮮新世		高滑水層
			石成沢層
二畳紀			登米層

当橋梁地点では確認するまで掘さくはしていないシルト～砂岩，凝灰岩 宮山岩類

B－1孔左岸で確認粘板岩，レキ岩，砂岩，石灰岩を挟む傾斜不整合．当橋梁地点では（左岸）レキ層及第三紀層は欠除し沖積層よりすぐ本層となる硬質岩表面の傾斜は不明

図６－７(a)　錦桜橋地質縦断図（宮城県による）

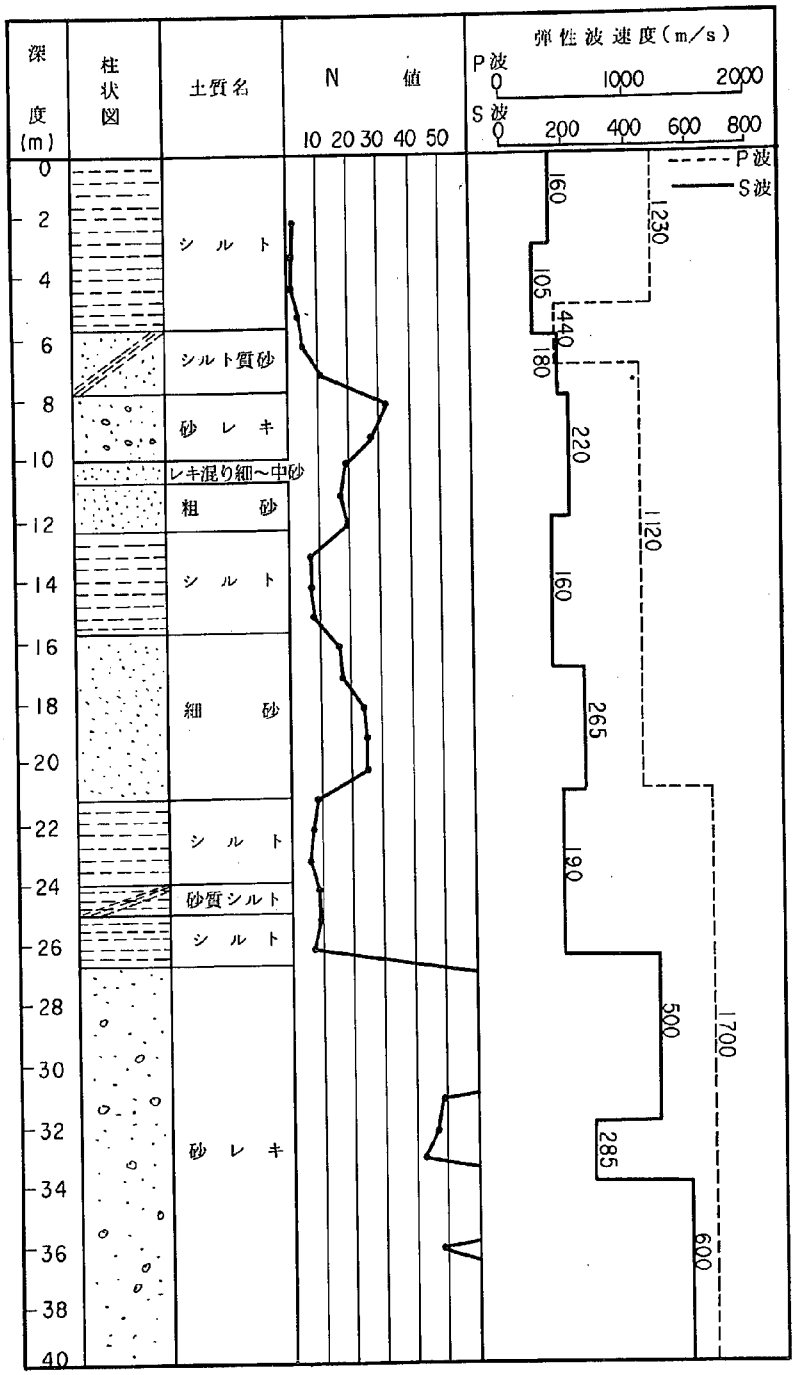


図6－7(b)　錦桜橋（P_8橋脚中心から15m下流地点）の地盤調査結果
（宮城県による）

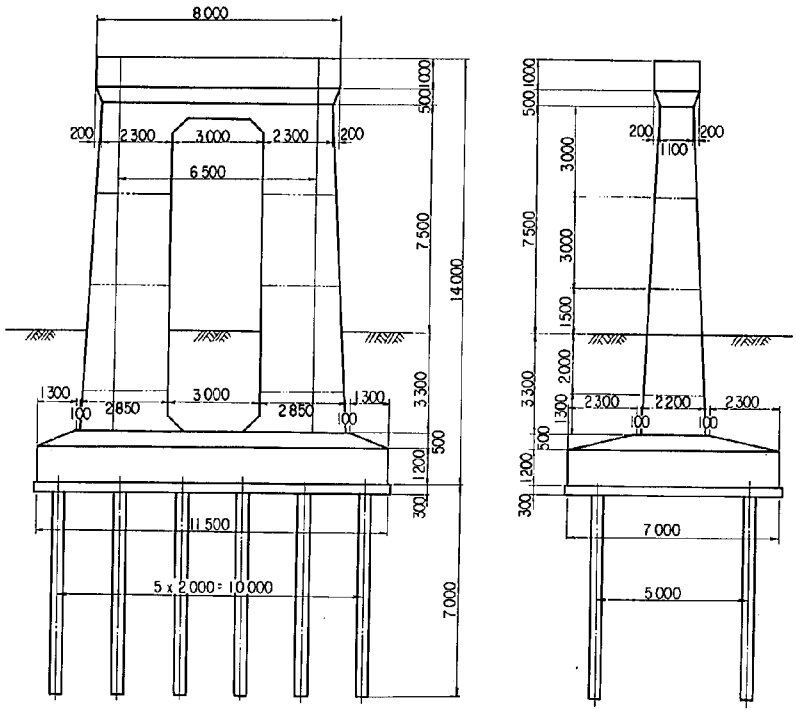


図６－８　P_7 橋脚一般図（錦桜橋）

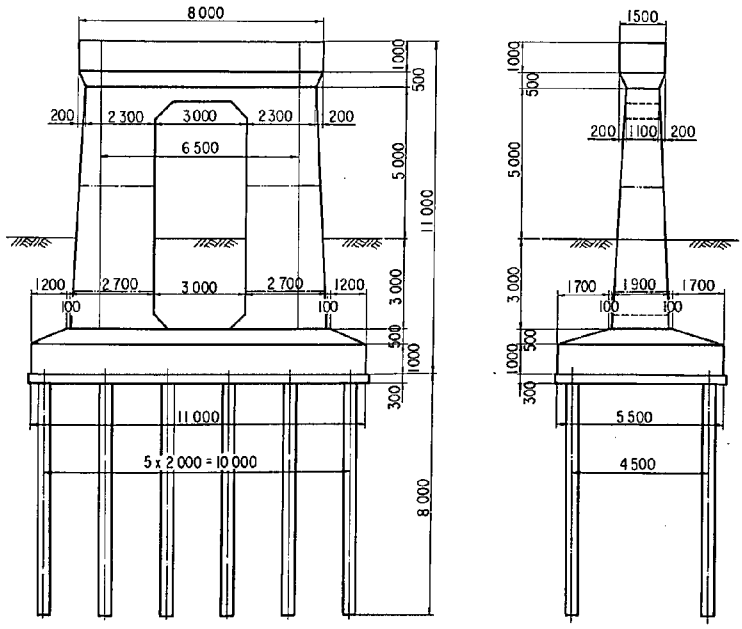


図６－９　P_8 橋脚一般図（錦桜橋）

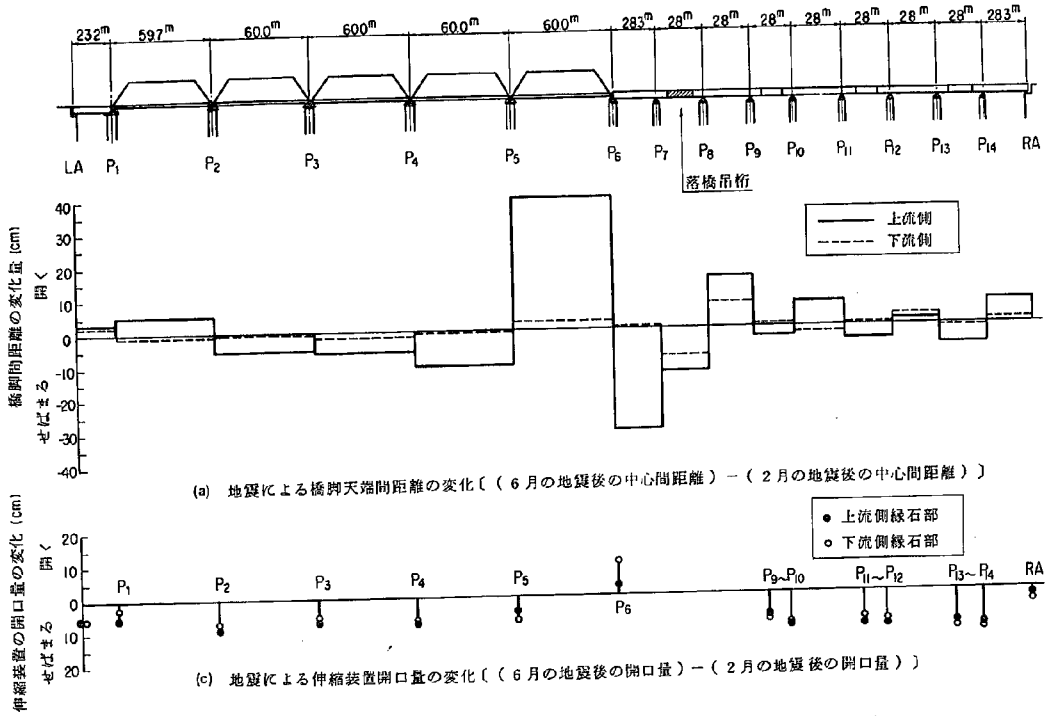


図6－10　橋脚天端中心間距離および伸縮装置開口量の変化（錦桜橋）

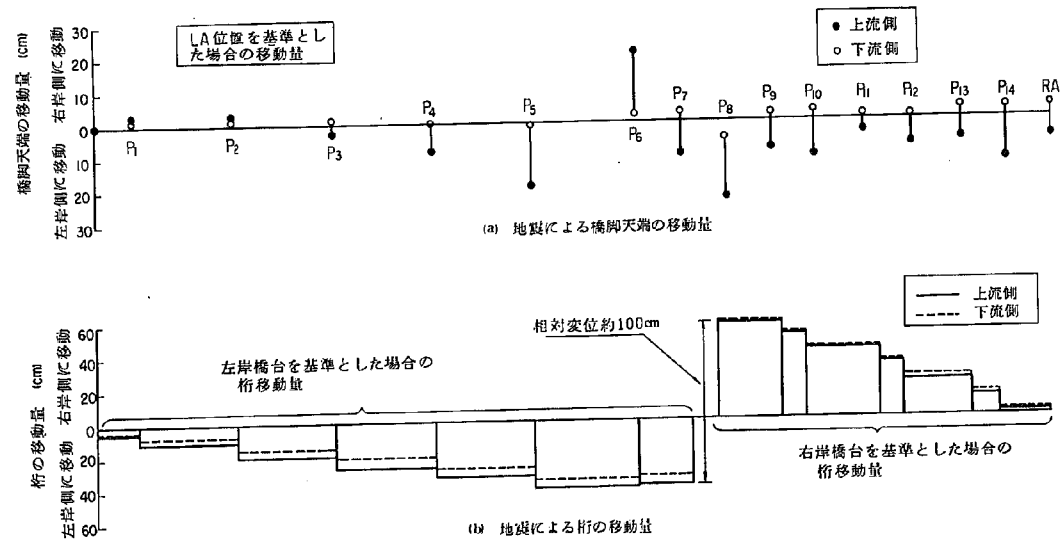


図6－11　地震による橋脚天端および桁の移動量（錦桜橋）

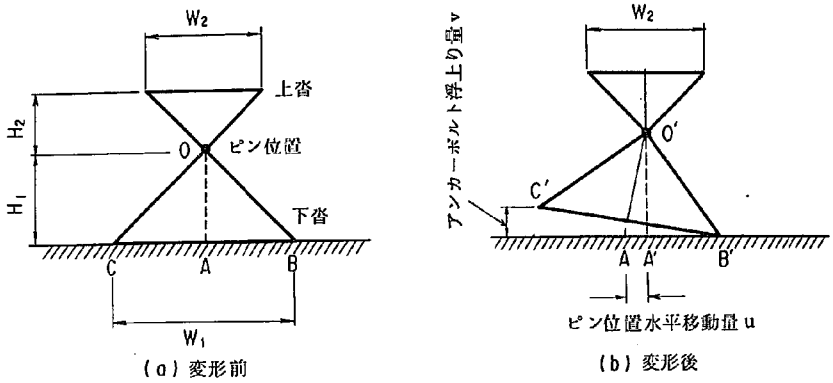


図６－12　固定沓の浮上り量と水平移動のモデル化

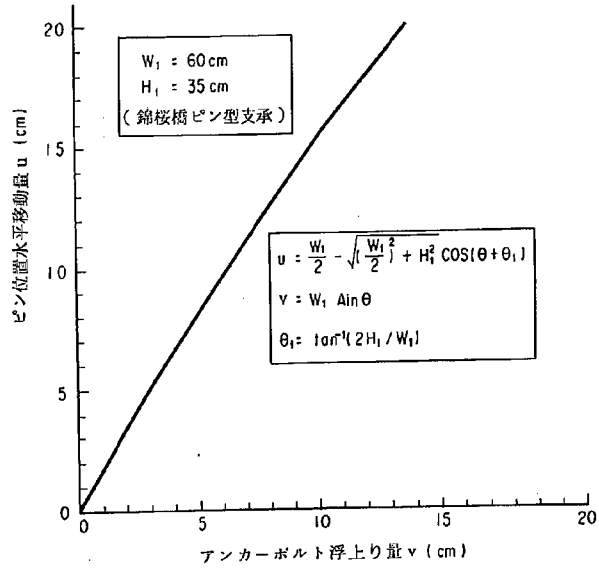
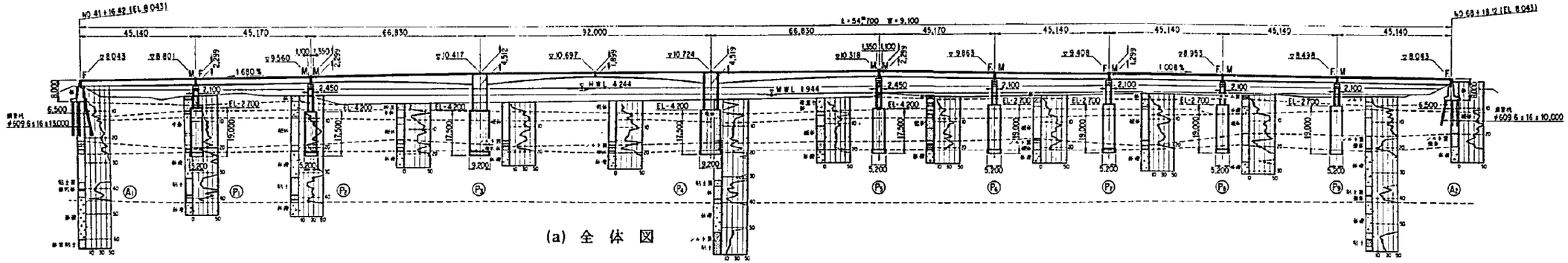
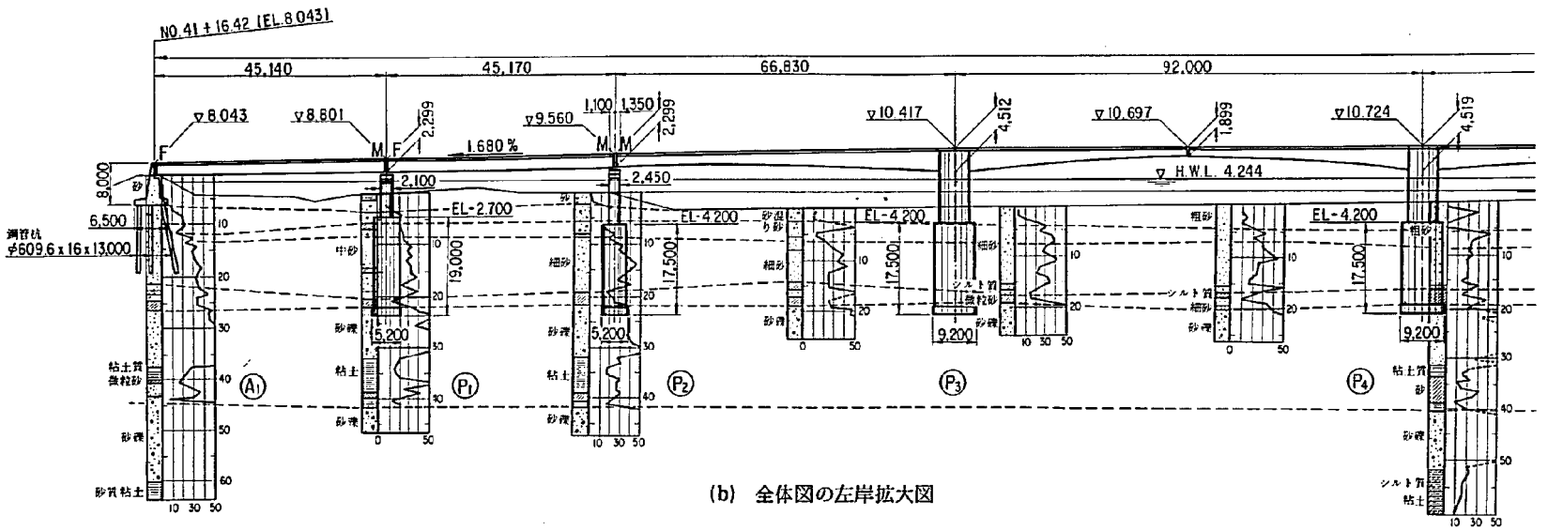


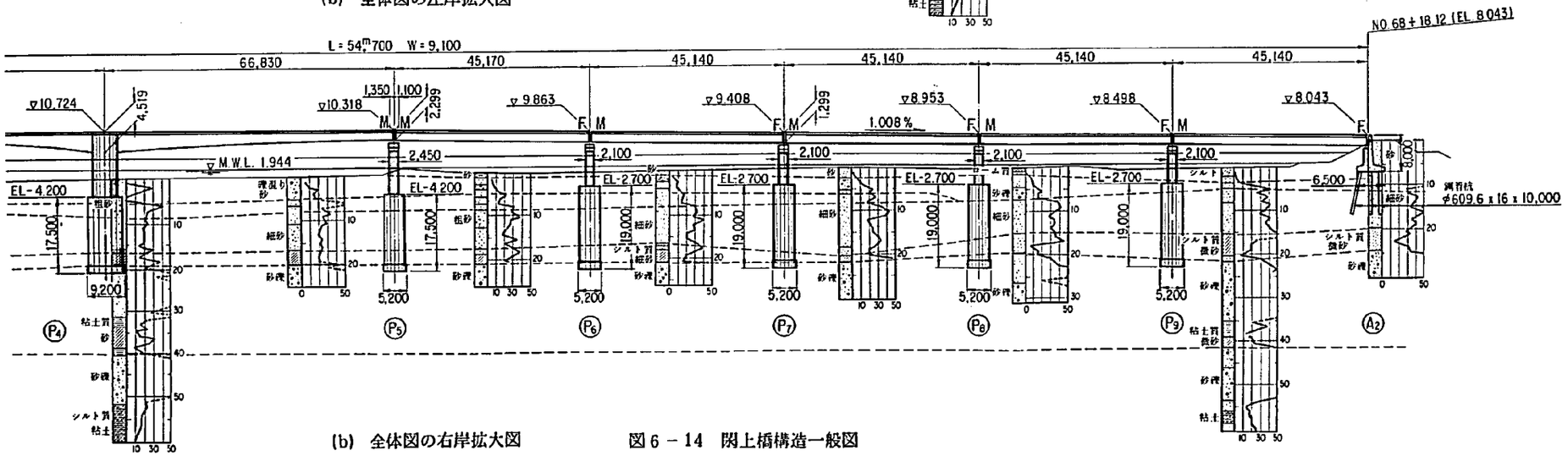
図６－13　固定沓の浮上り量と水平移動量の関係（錦桜橋の場合）



(a) 全 体 図

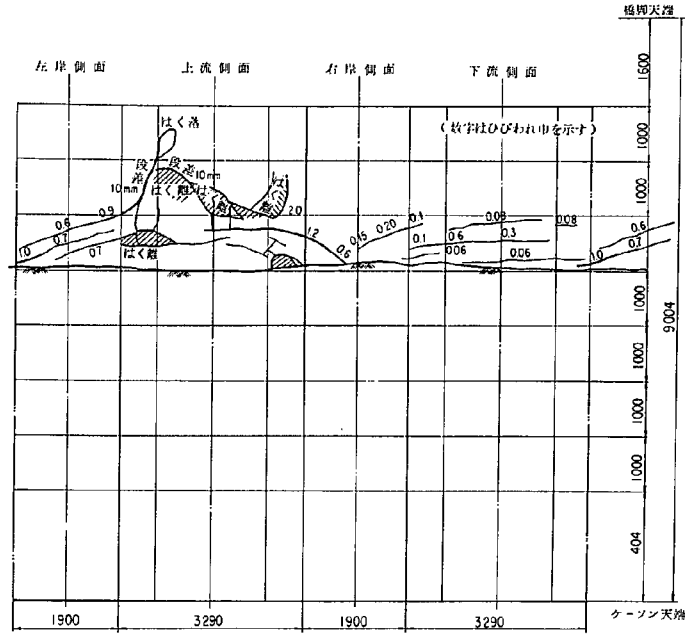


(b) 全体図の左岸拡大図



(b) 全体図の右岸拡大図

図 6 － 14 閖上橋構造一般図



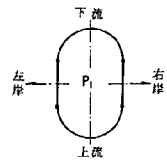
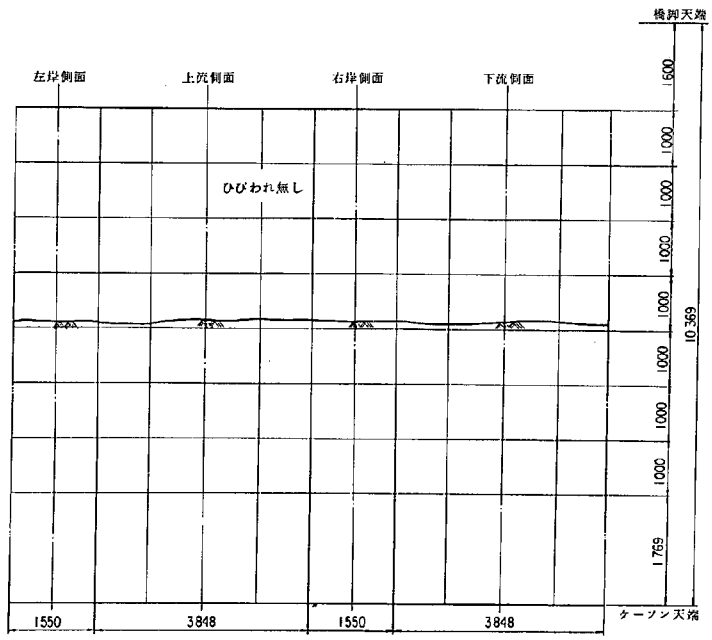


図 6 － 15(1)　P_1 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）



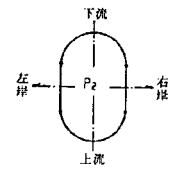


図 6 － 15(2)　P_2 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

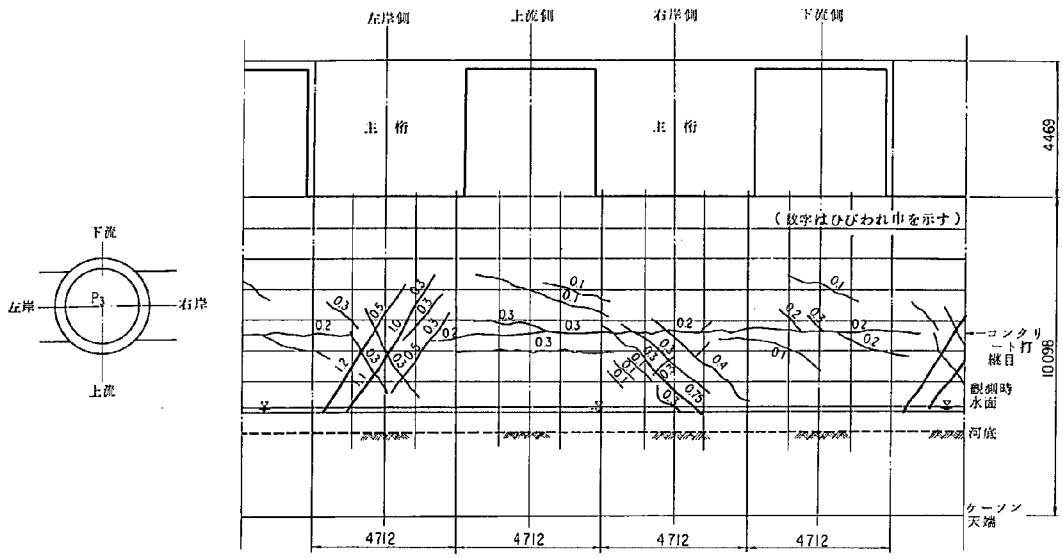


図 6 － 15(3)　P_3 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

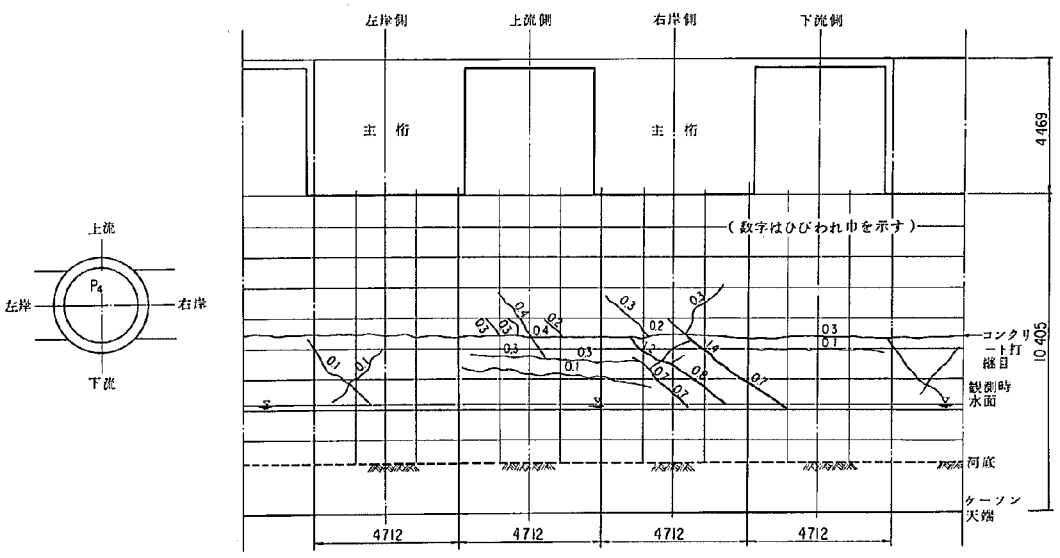


図 6 － 15(4)　P_4 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

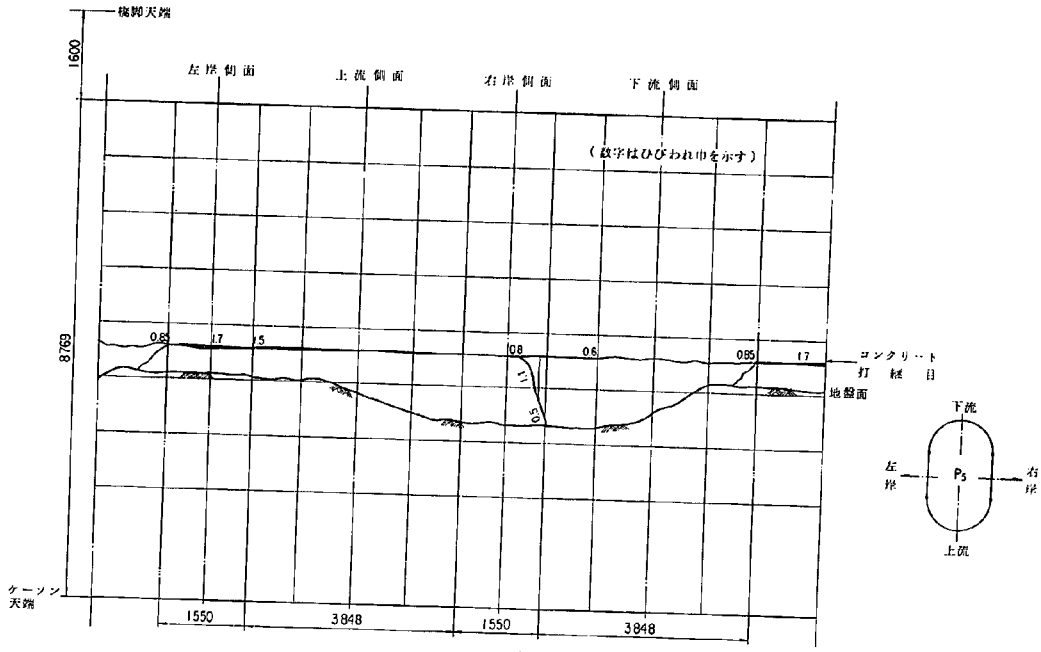


図 6 － 15(5)　P_5 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

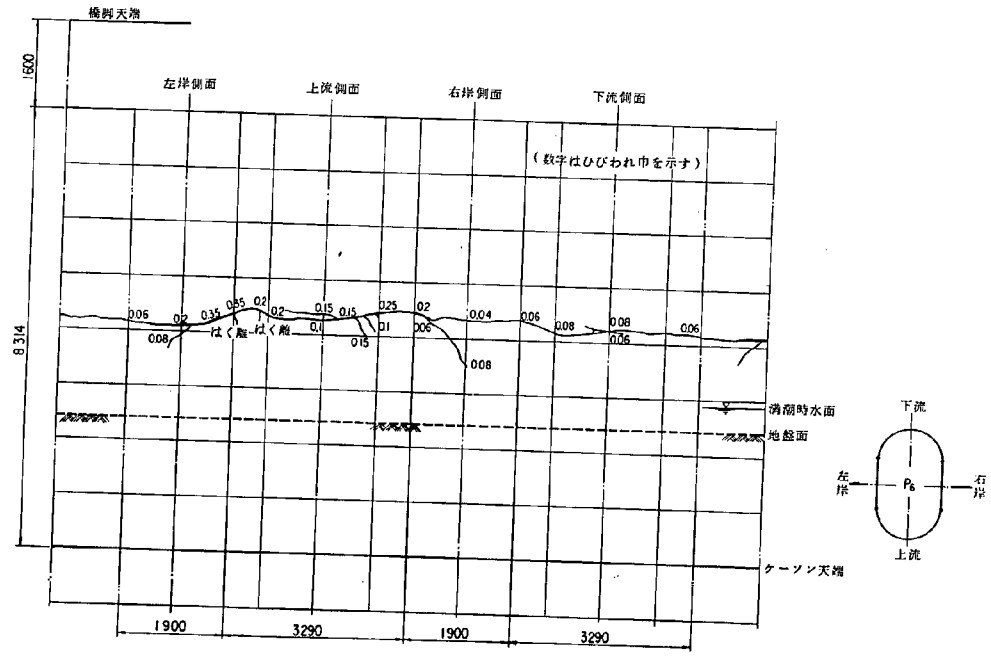


図 6 － 15(6)　P_6 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

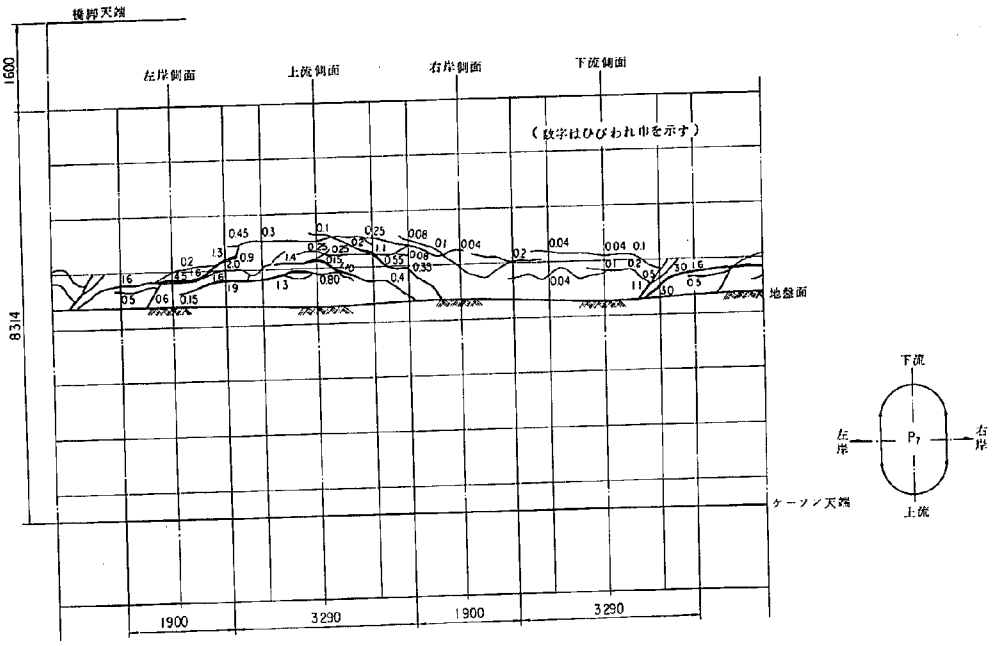


図6－15(7)　P_7 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

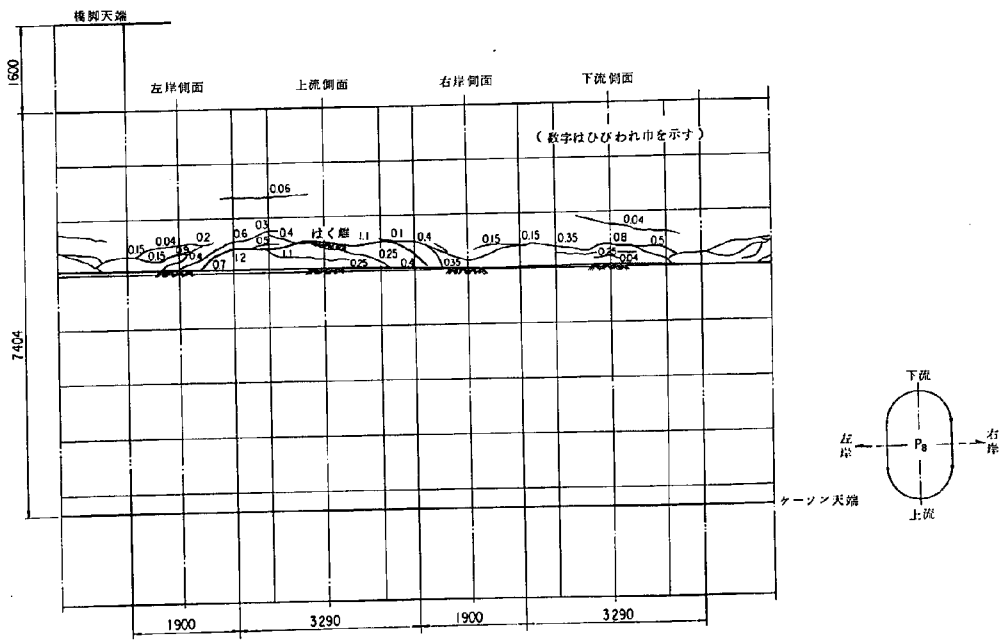


図6－15(8)　P_8 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

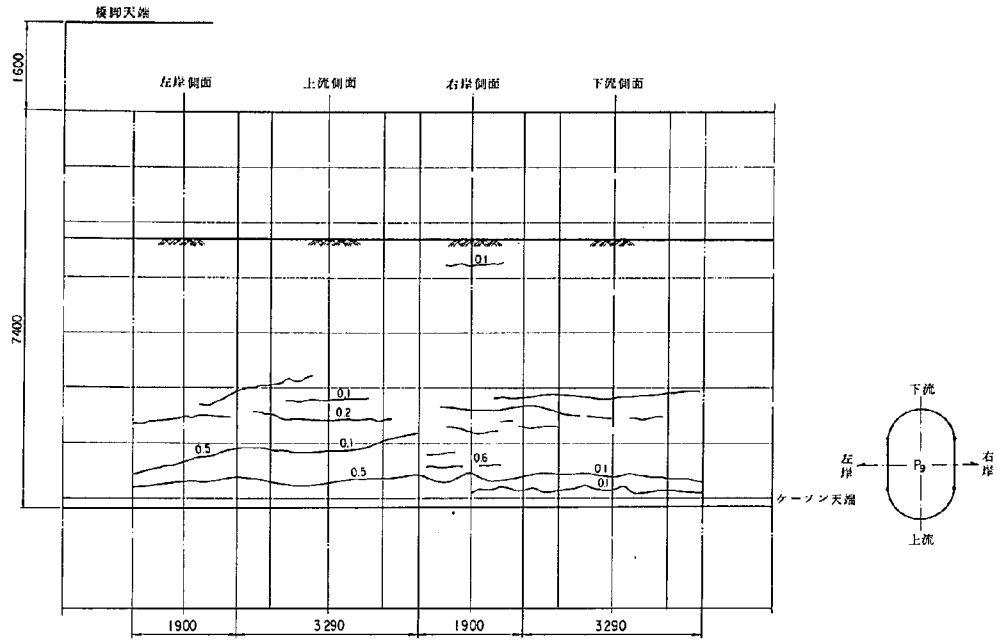


図６－15(9)　P_9 橋脚の亀裂（鹿島建設の調査による）

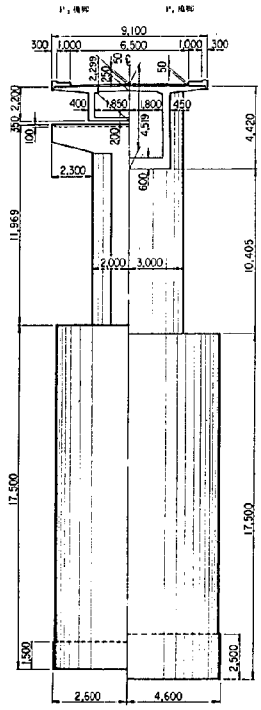


図６－16　閖上橋 P_3，P_4 橋脚一般図

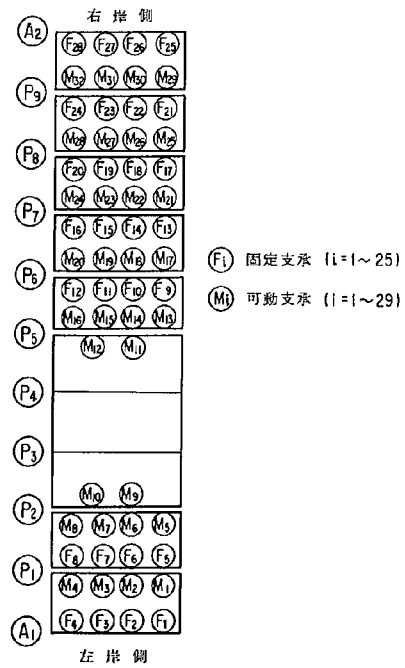


図６－17　閖上大橋支承の配置

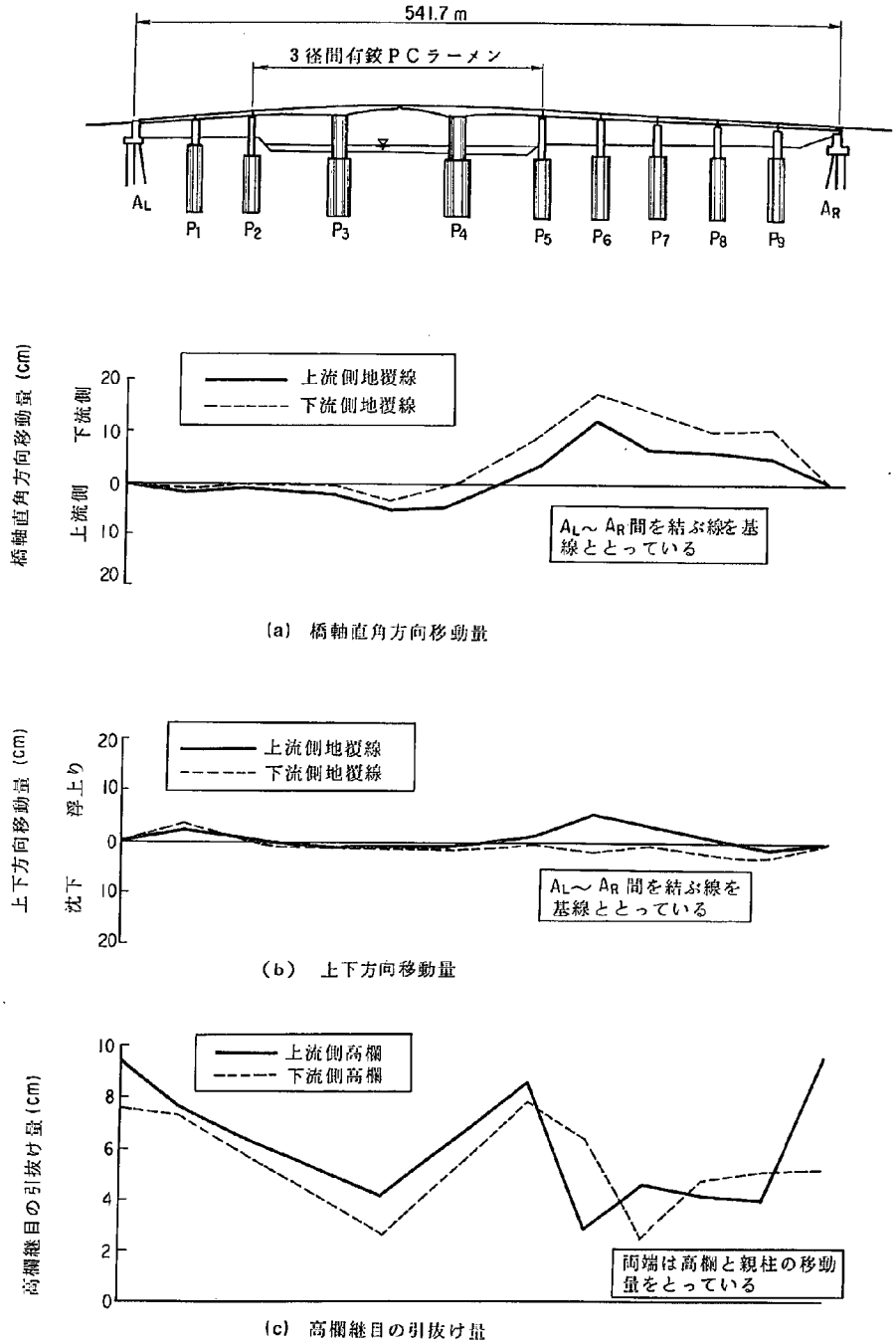


図6－18　橋面地覆の移動量および高欄継目の引抜け量（閖上大橋）

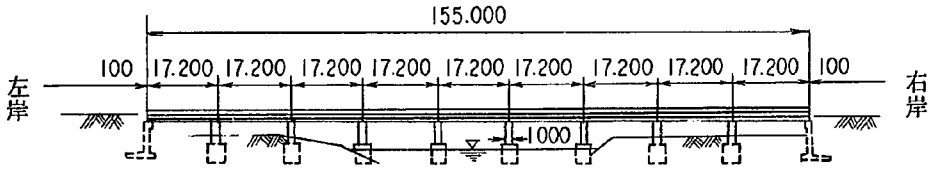


図６－19　江合橋一般図

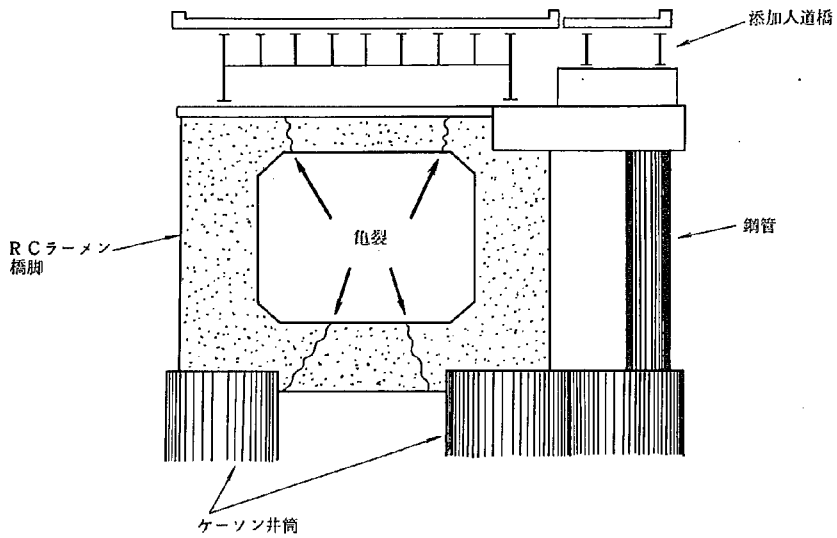


図６－20　江合橋橋脚および被害状況

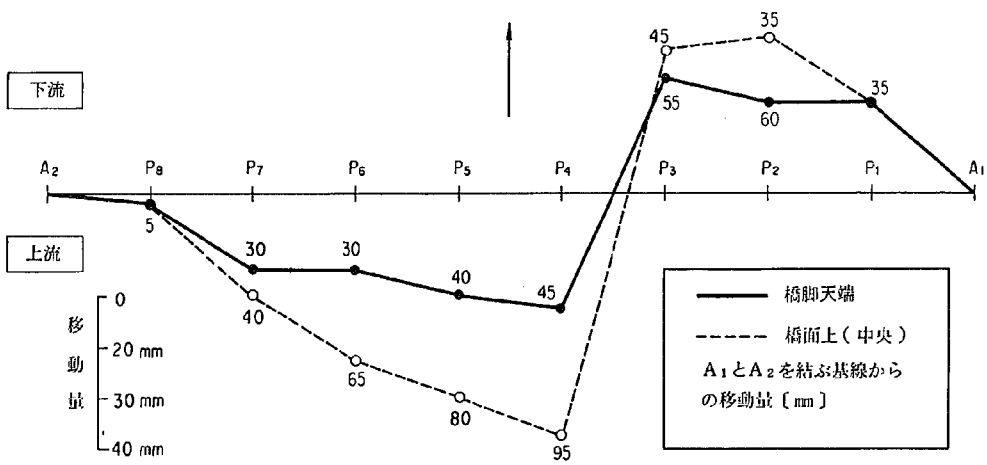


図６－２１　江合橋橋脚天端および橋面上の橋軸直角方向残留変位（宮城県による）

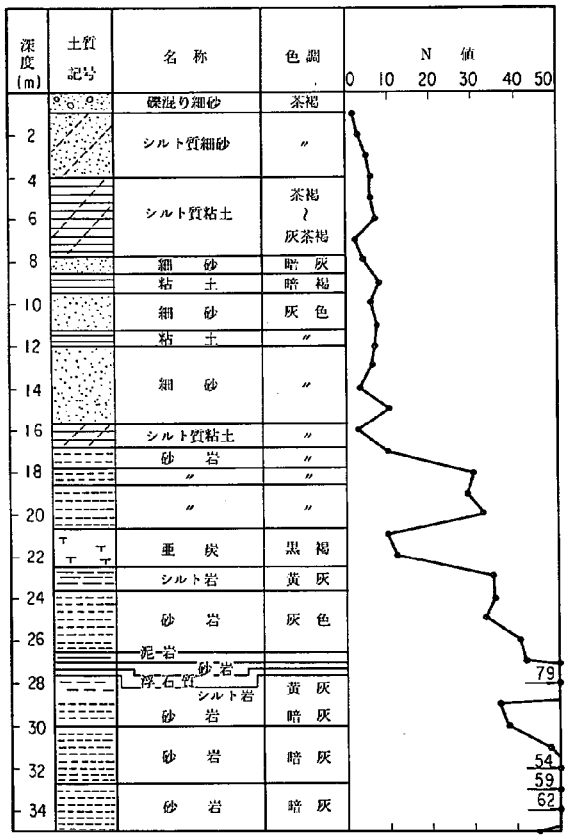


図6－22　ボーリング柱状図（江合橋）

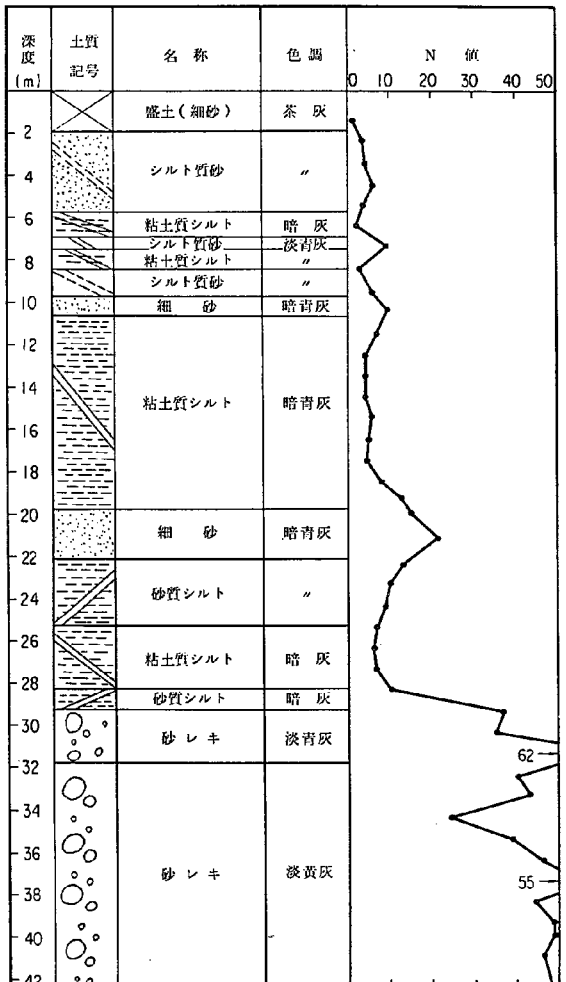


図6－23　ボーリング柱状図（米谷大橋）

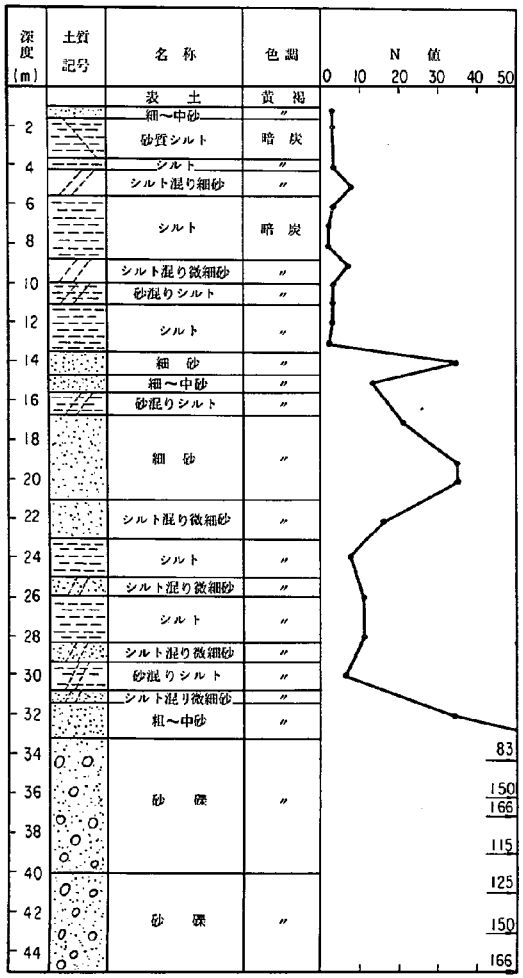


図6－24　ボーリング柱状図（木間塚橋）

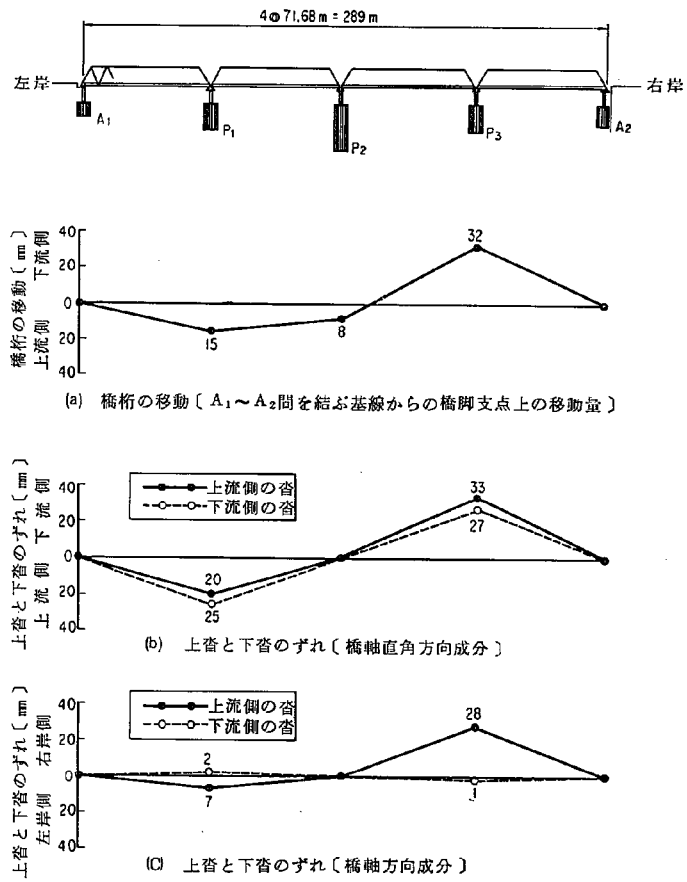


図6－25　橋行の移動および上沓と下沓のずれ量（伊達橋）

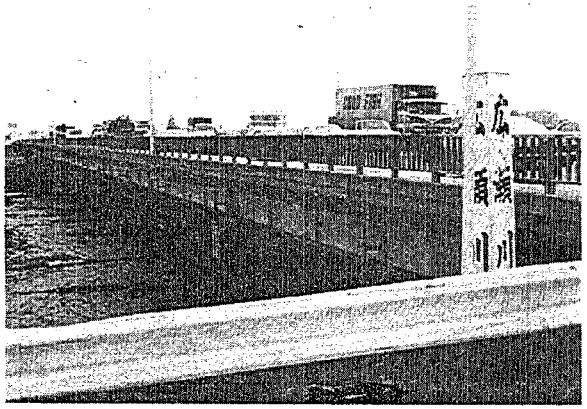


写真６－１　千代大橋全景（左岸下流側より撮映）

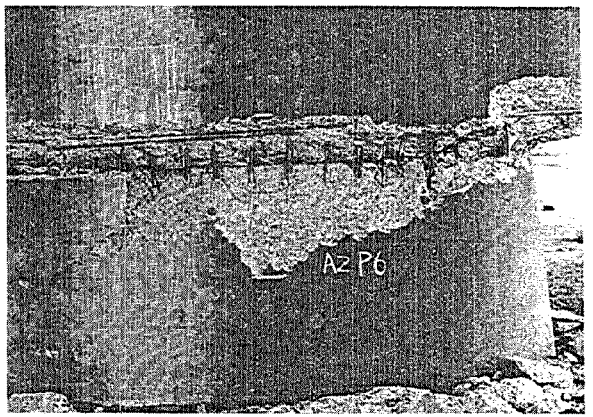


写真６－２(b)
P_6 橋脚（左岸側）
コンクリートの剝離

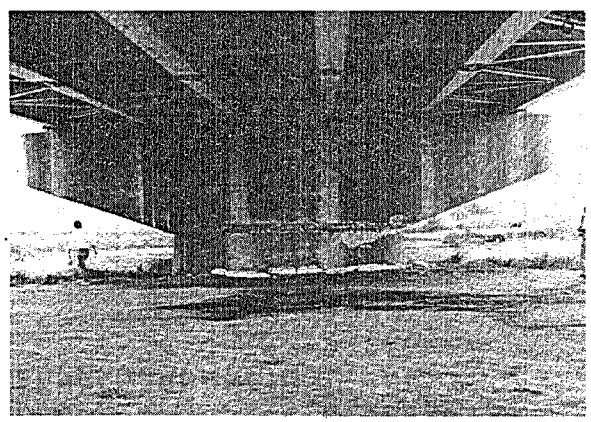


写真６－２(a)　P_6 橋脚躯体の損傷（左岸側より撮映）

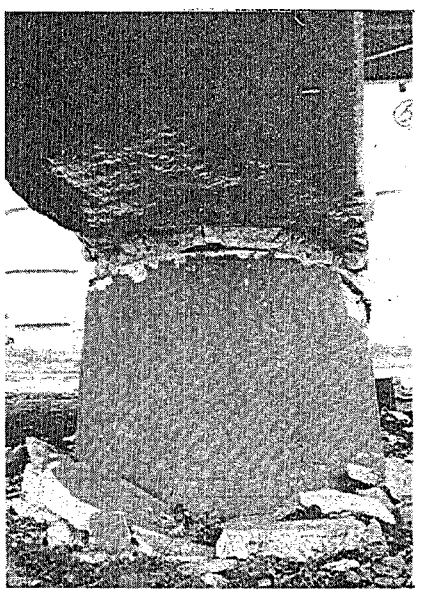


写真６－２(c)
P_6 橋脚張出部のコンクリート剝離
（上流側より撮映）

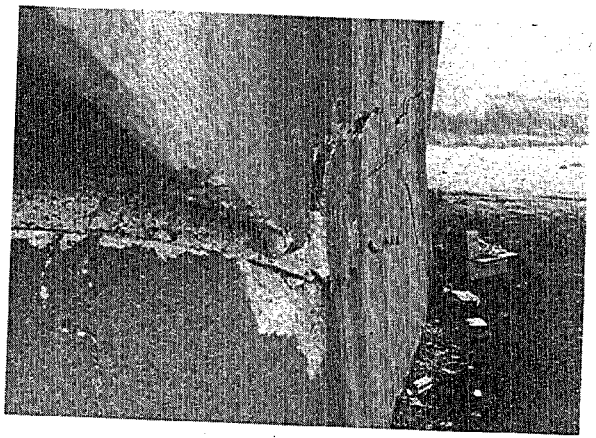


写真６－２(d)　P_6 橋脚側面および右岸側コンクリート剝離（上流側より右岸側側面を撮映）

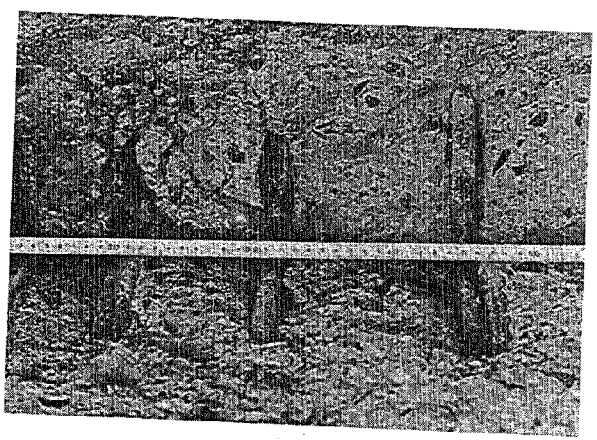


写真６－２(e)　P_6 橋脚（左岸側）鉄筋露出と折れ曲り（写真６－２(b)の拡大図）

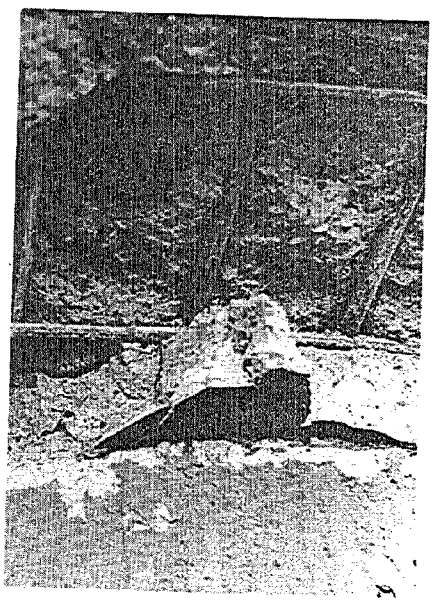


写真６－２(f)　P_6 橋脚張出部と鉛直部の接合部の鉄筋露出（写真６－２(d)の拡大図）

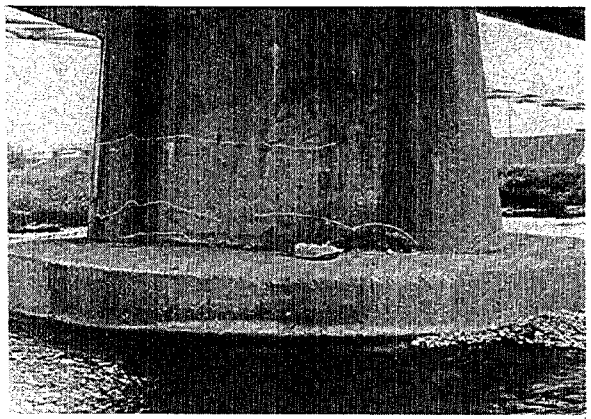


写真６－３(a)　P_4 橋脚（左岸側）の亀裂

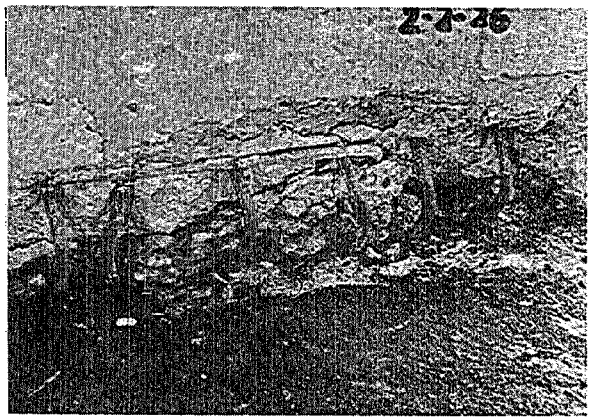


写真６－３(c)　P_4 橋脚根元の鉄筋露出（写真６－３(b)の拡大図）

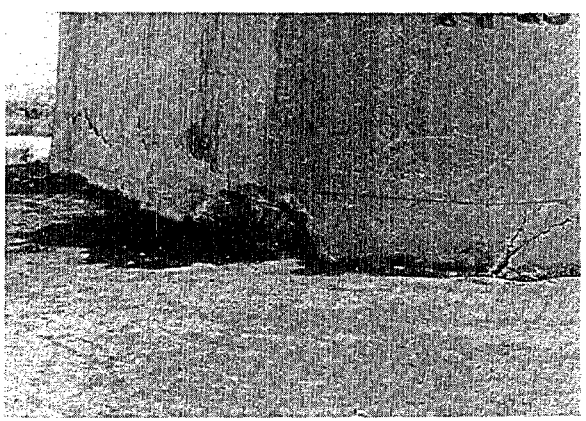


写真６－３(b)　P_4 橋脚根元のコンクリート剝離



写真６－３(d)　P_2 橋脚土中部のクラック

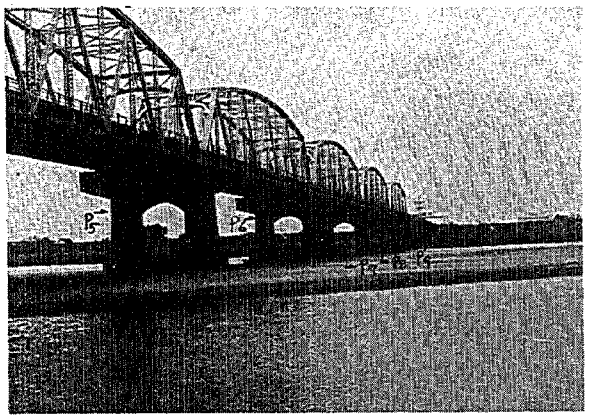


写真６－４　阿武隈橋全景（手前からP_5，P_6，P_7，P_8，P_9）

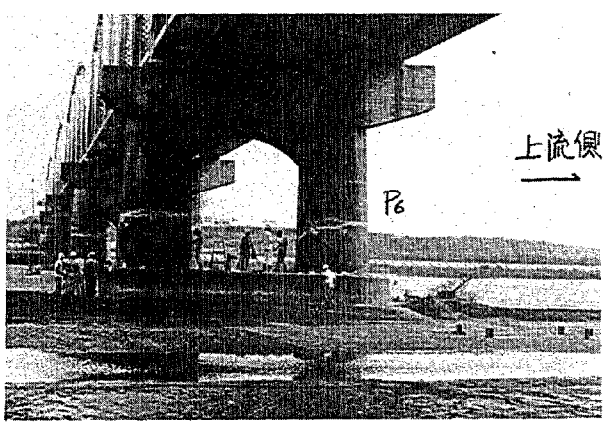


写真６－５(a)　P_6の亀裂（建設省仙台工事事務所による）

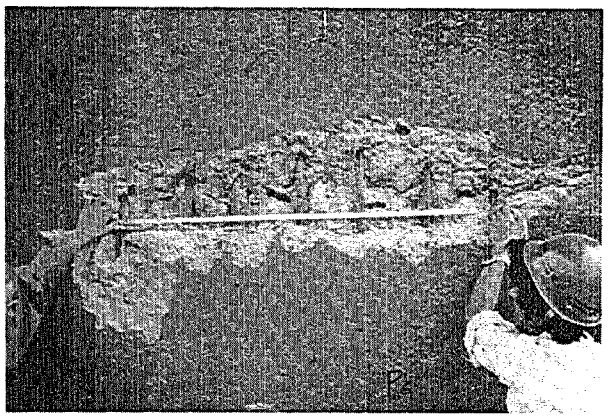


写真６－５(b)　P_6橋脚（上流側，左岸側）のコンクリート剝離（建設省仙台工事事務所による）

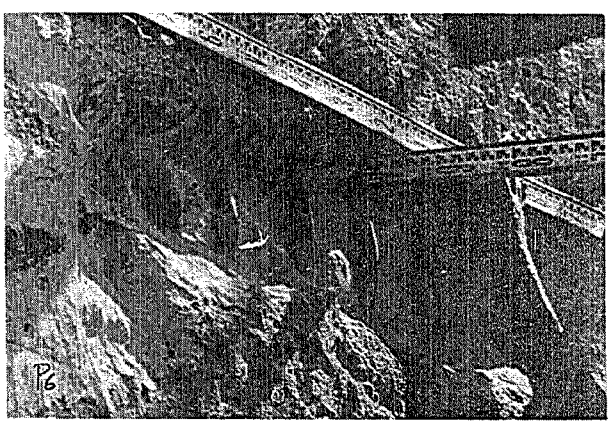


写真６－５(c)　P_6橋脚（上流側，左岸側）のコンクリート剝離（建設省仙台工事事務所による）

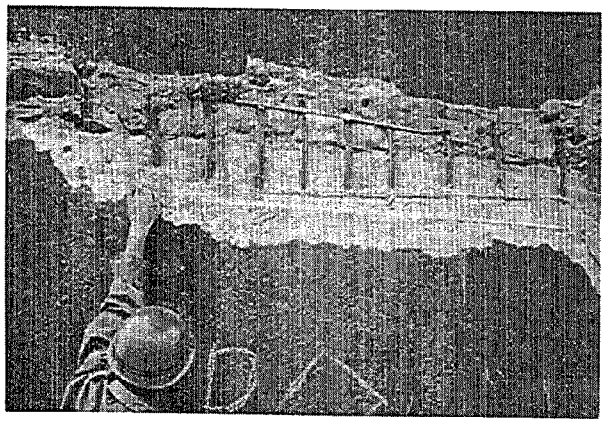


写真６－６(a)　P_7 橋脚の亀裂（建設省仙台工事事務所による）

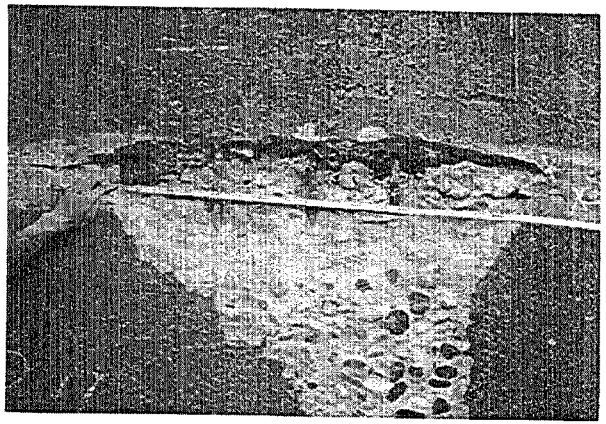


写真６－６(c)　P_7 上流側橋脚（左岸側）のコンクリート剝離（建設省仙台工事事務所による）

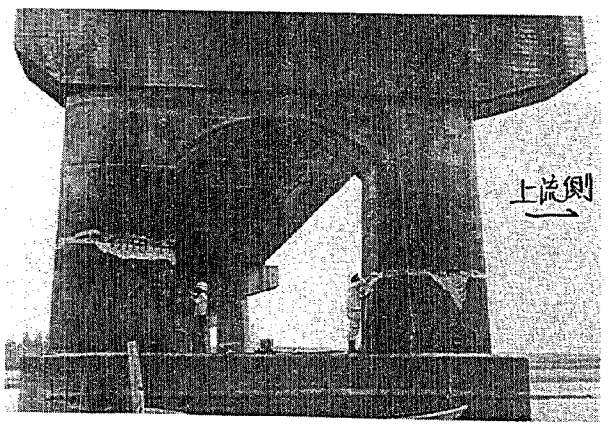


写真６－６(b)　P_7 下流側橋脚（左岸側）のコンクリート剝離（建設省仙台工事事務所による）

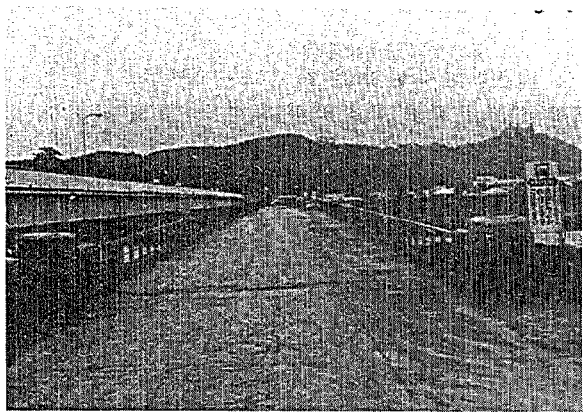


写真６－７(a)
小 野 橋

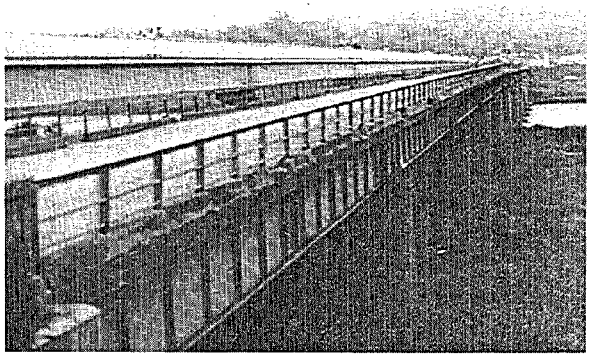


写真６－７(b)
小野橋側景（背後は歩道橋―無被害）

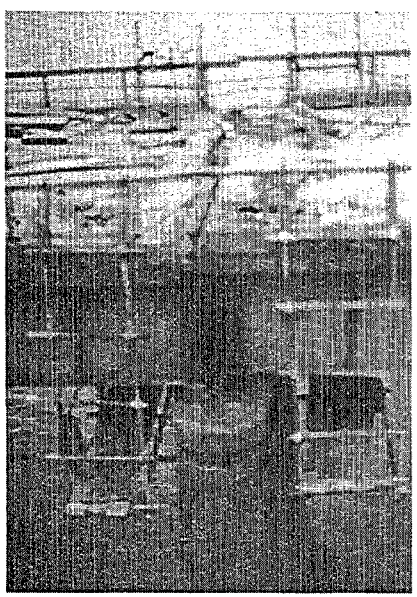


写真６－７(c)　桁の橋軸直角方向への移動

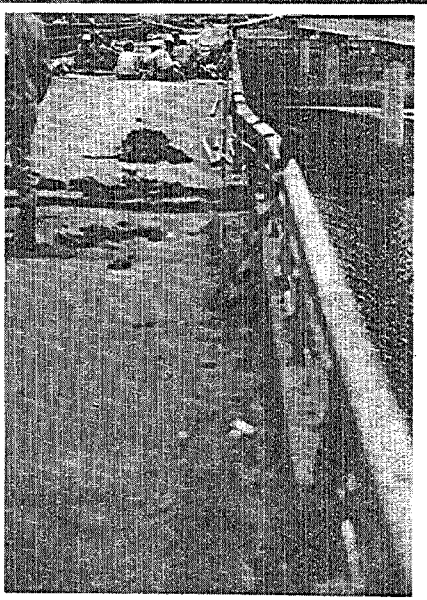


写真６－７(d)　桁移動に伴う高欄の変形

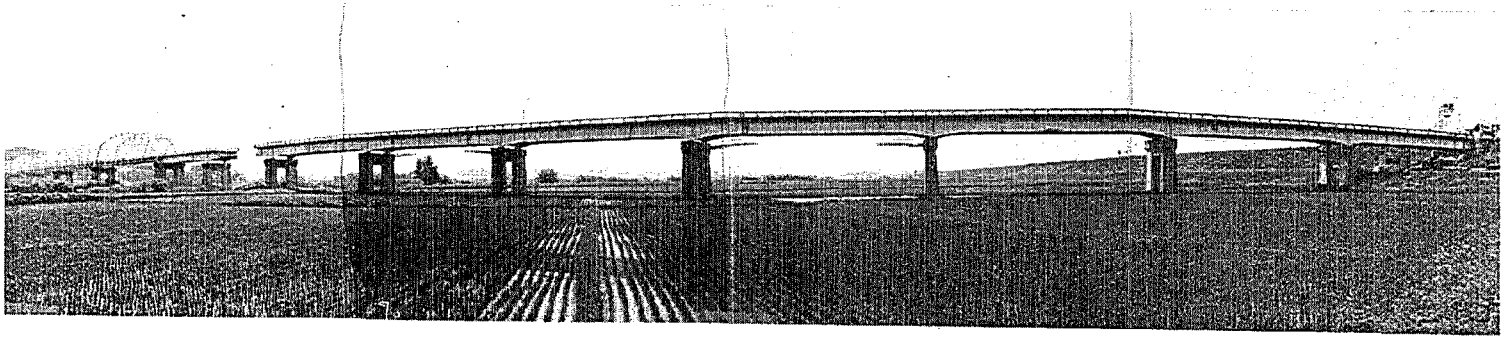


写真６－８　右岸側上流部からみた錦桜橋全景（宮城県迫土木事務所による）

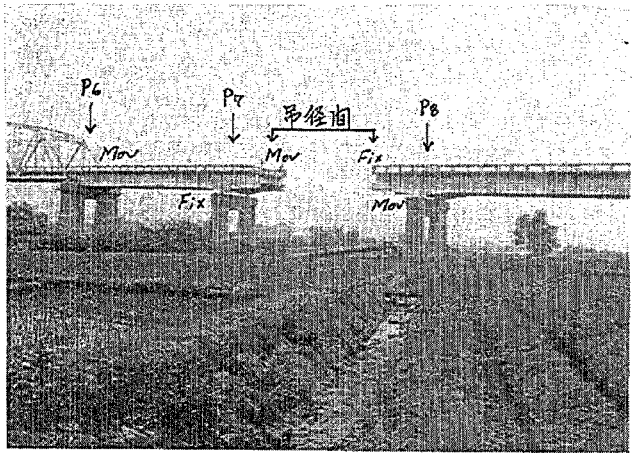


写真６－９(a)　落橋部（P_7～P_8 吊径間）（宮城県迫土木事務所による）

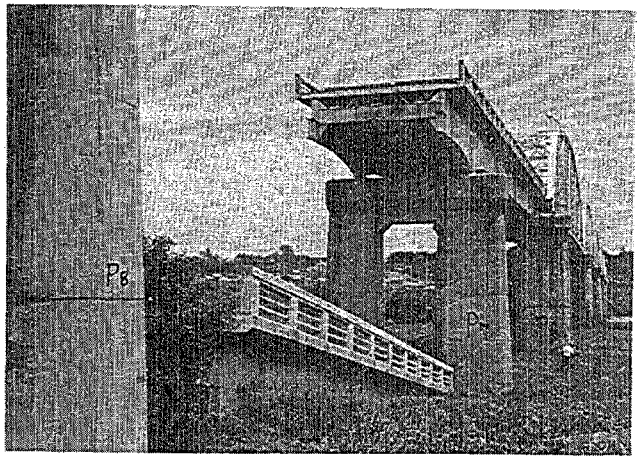


写真６－９(b)　右岸側（下流側）からみた落橋部（P_7～P_8 吊径間）
（宮城県迫土木事務所による）

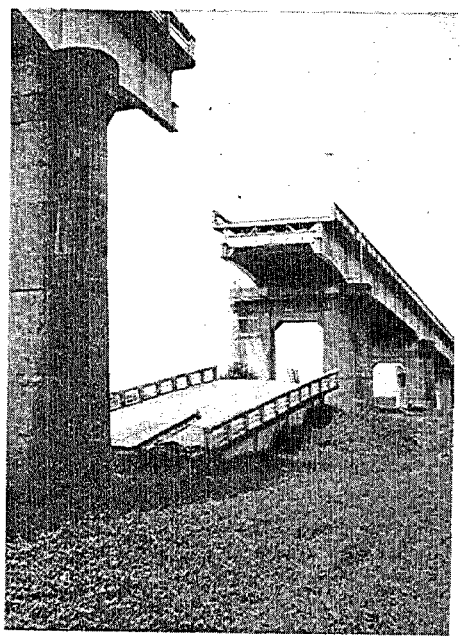


写真６－９(c)　左岸側（上流部）からみた落橋部（P_7～P_8吊径間）
（宮城県迫土木事務所による）

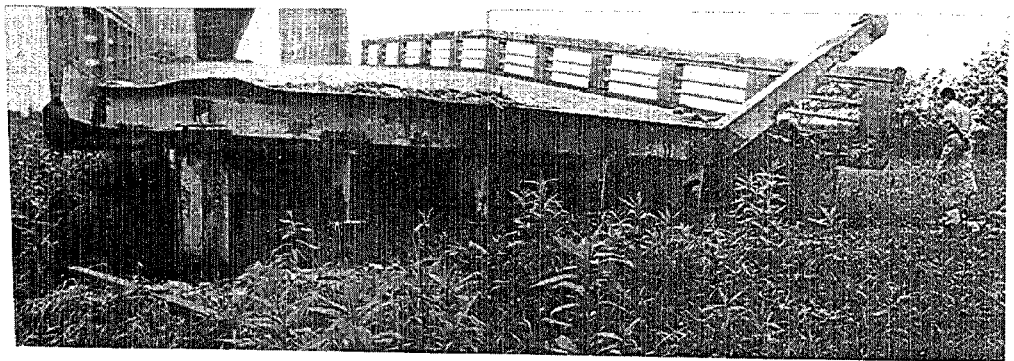


写真６－10　左岸側からみた吊桁（宮城県迫土木事務所による）

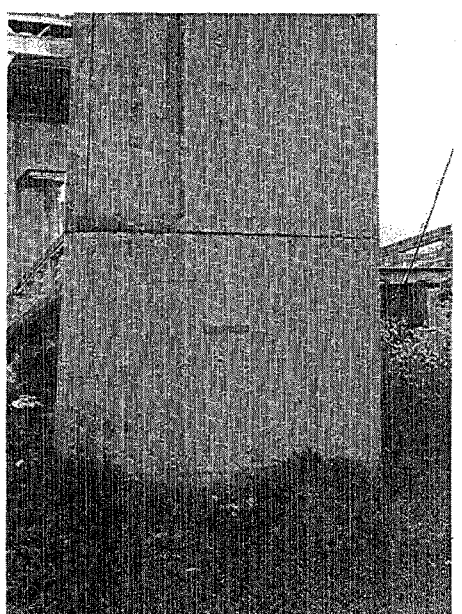


写真６－11
P_8橋脚の右岸側に入った亀裂

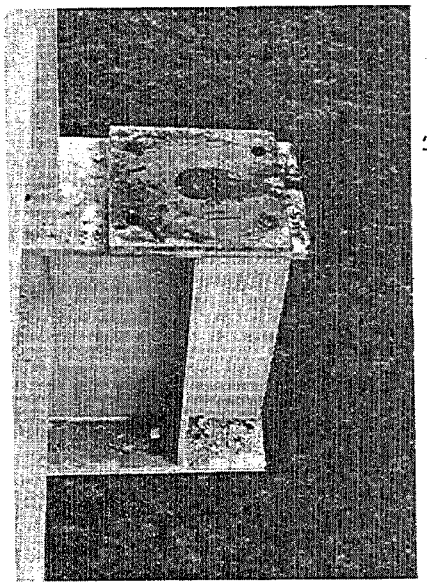


写真６－12
ゲルバーヒンヂ部の状態
（左岸側可動沓）

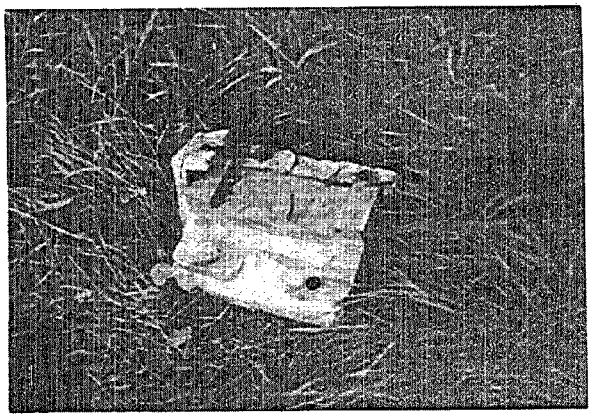


写真６－13(b)　逸脱したゲルバー固定支承沓
（下沓）

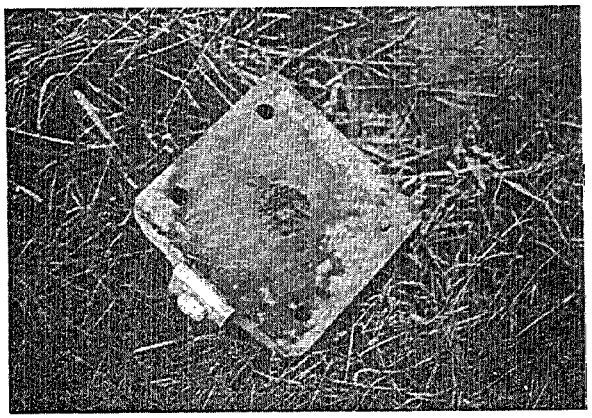


写真６－13(a)
逸脱したゲルバー
固定支承沓（裏側）

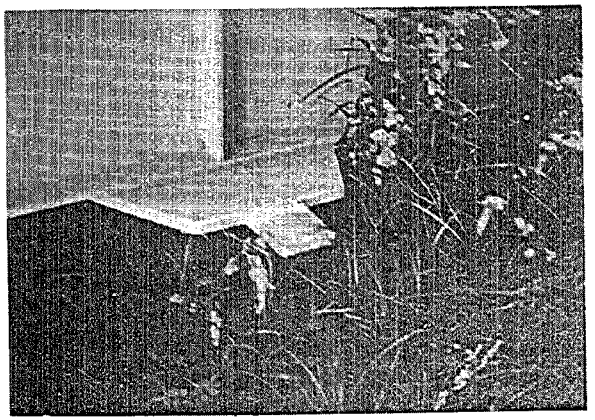


写真６－14　せん断キイ（落橋した吊径間右岸側）

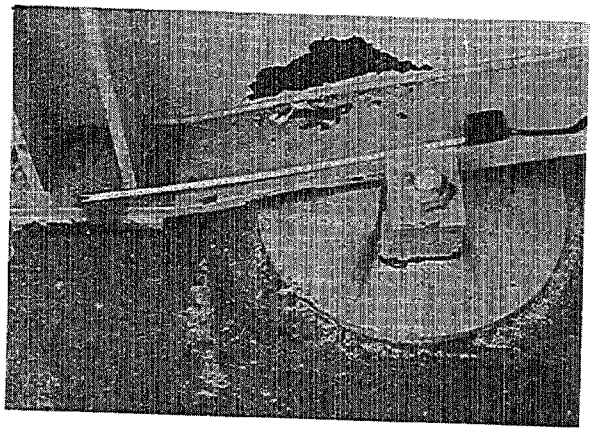


写真６－１５　P_8 での桁の移動（右岸側橋軸方向への桁移動量は約５５cmであり，腹板の一部に局部座屈が生じている）

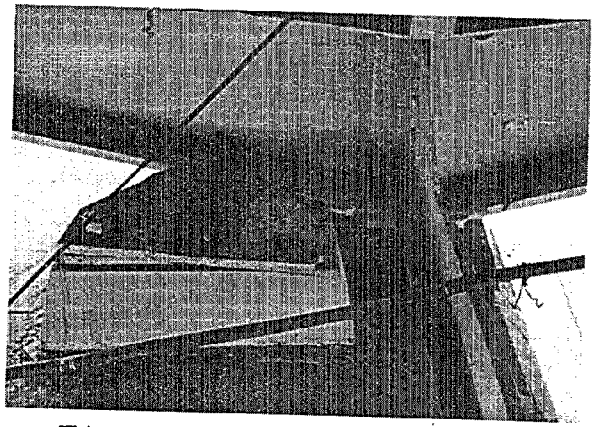


写真６－１６　P_8 での桁移動（手前のストッパーの連結ガセットが回転し，アンカーボルトが１本破断している）

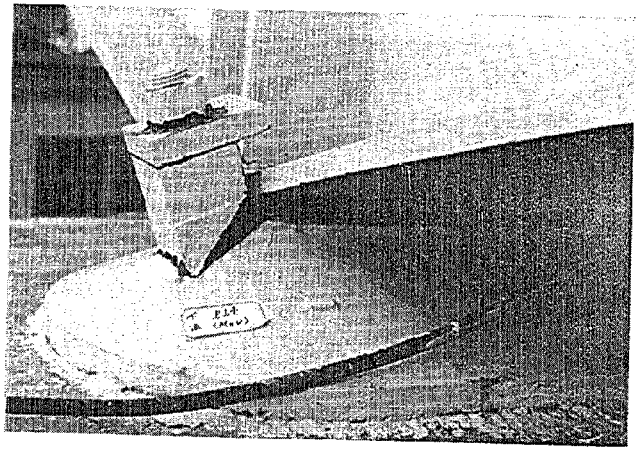


写真６－１７(a)　典型的な沓の破損例（P_{14} 可動沓下流側）

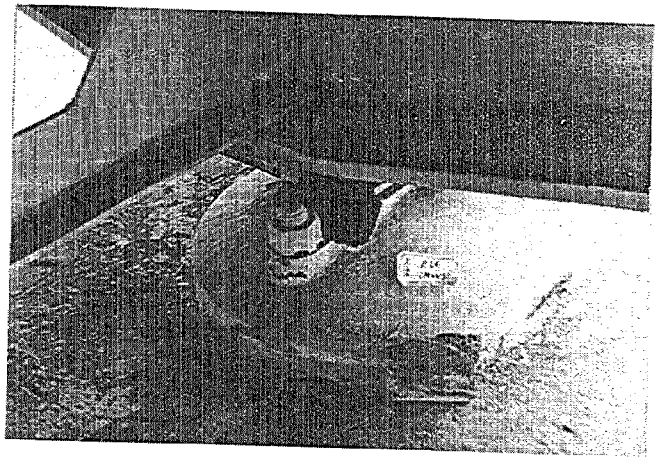


写真６－１７(b)　典型的な沓の破損例（P_{14} 可動沓上流側）

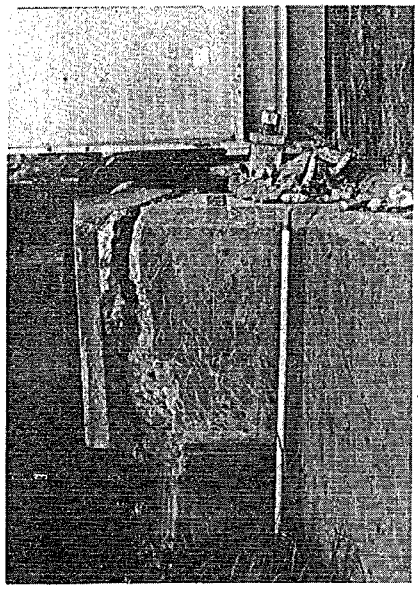


写真６－18　右岸側橋台の沓座コンクリートの破損

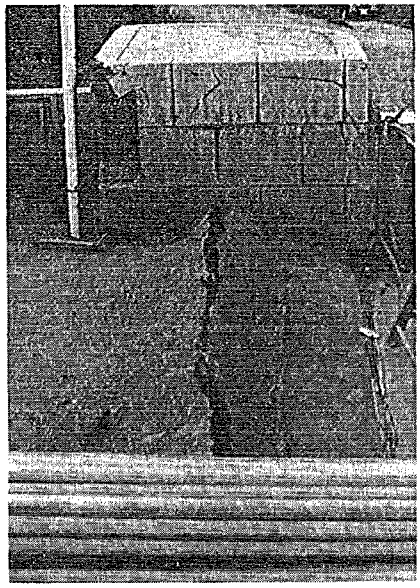


写真６－19　桁がパラペットに突きあたった結果できた舗装の盛り上り

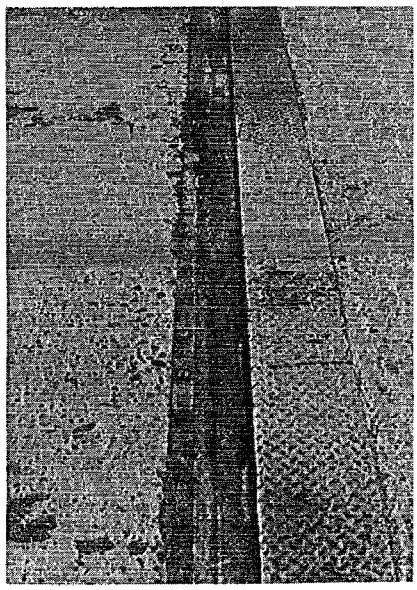


写真６－20(a)　桁の橋軸方向移動に伴なう継手の相対残留変位

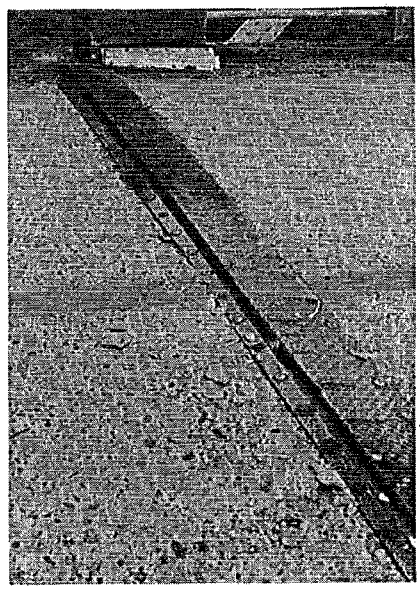


写真６－20(b)　桁の橋軸方向移動に伴なう継手の相対残留変位

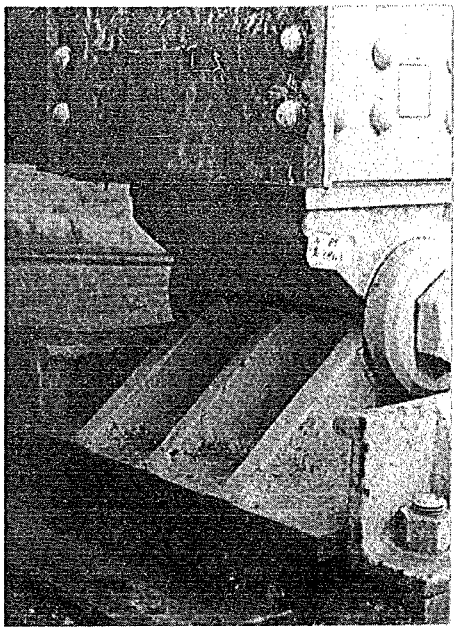


写真６－21　P_5 上流側可動沓のローラーの完全抜出し（宮城県迫土木事務所による）

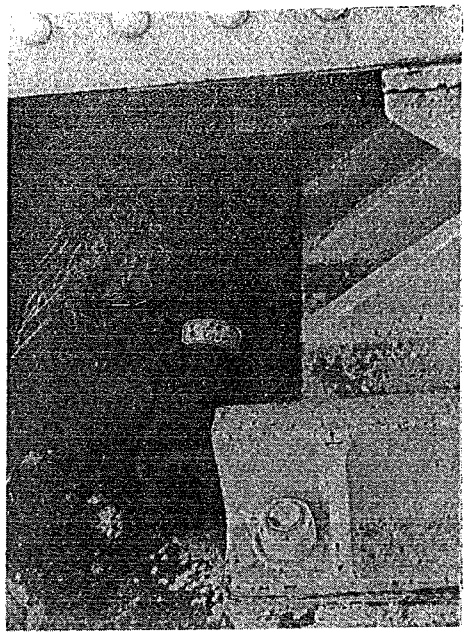


写真６－22　P_5 下流側可動沓のローラーの一部抜出し（宮城県迫土木事務所による）

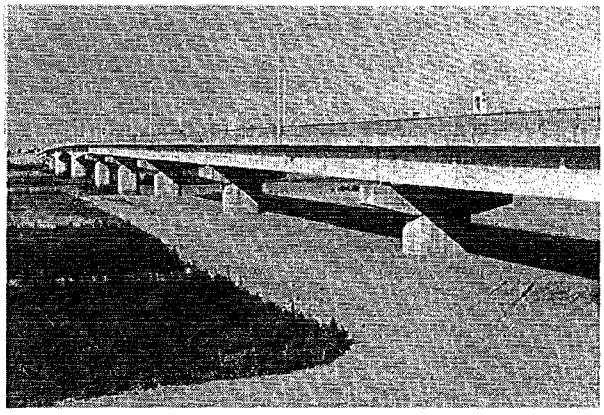


写真６－23　閖上大橋全景（右岸側より）

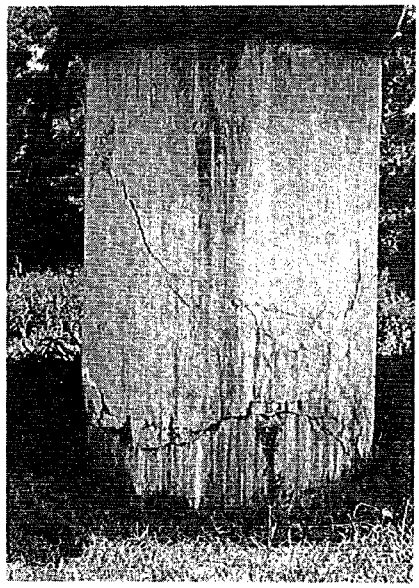


写真６－24(a)　P_1 橋脚の亀裂（上流側側面から）

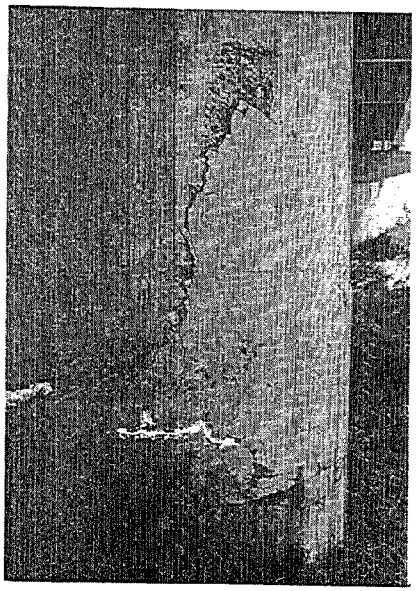


写真６－24(b)
P_1 橋脚の亀裂（左岸側から）

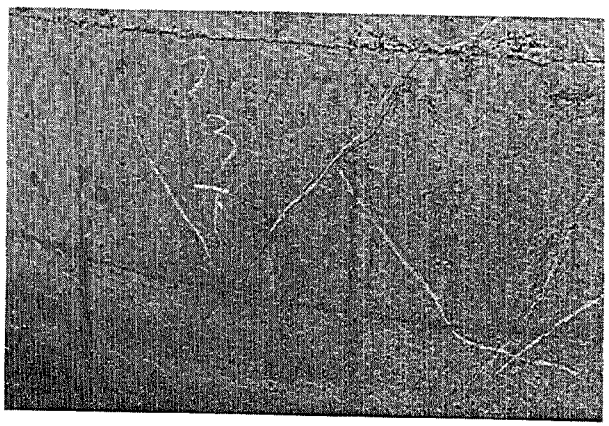


写真６－25(b)　P_3 橋脚の亀裂（写真６－25(a)の拡大

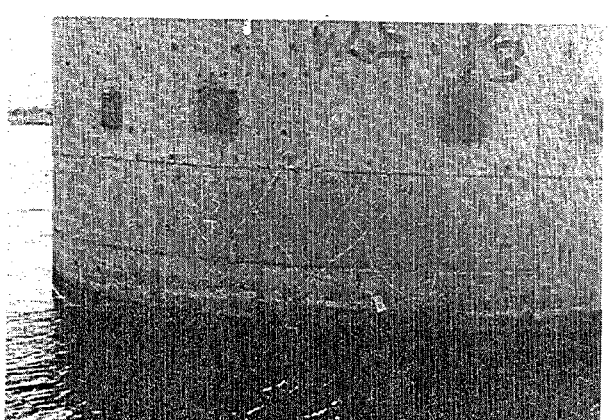


写真６－25(a)
P_3 橋脚の亀裂
（左岸側から）

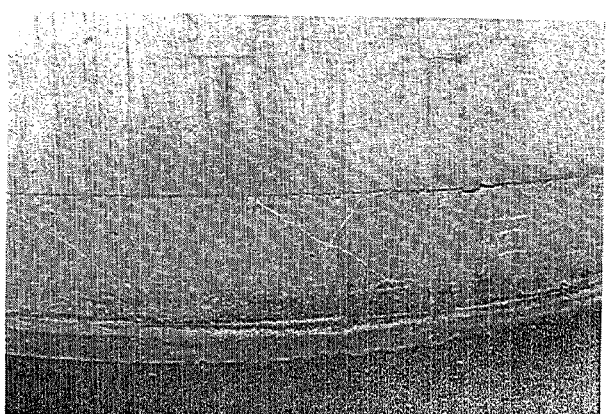


写真６－26　P_4 橋脚の亀裂（右岸側）

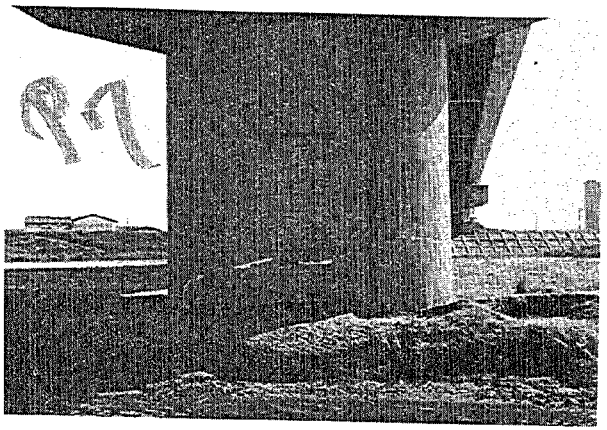


写真６－27(a)　P_7 橋脚の亀裂（左岸側）

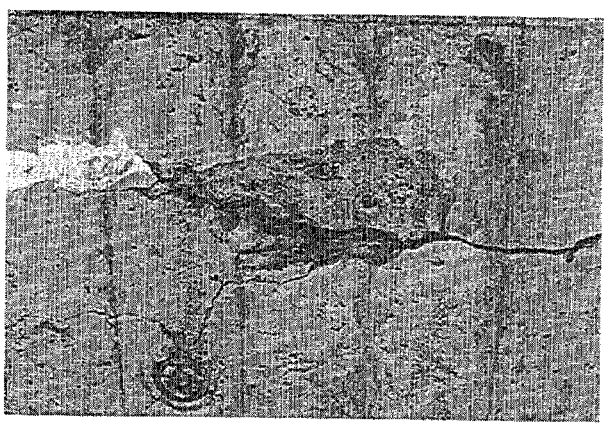


写真６－27(b)　P_7 橋脚の亀裂（写真６－27(a)の拡大）

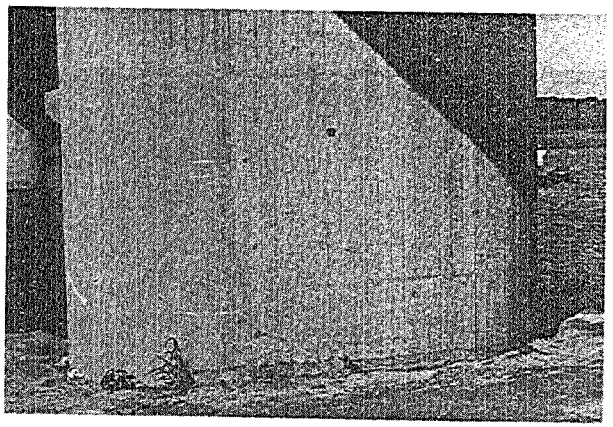


写真６－27(c)　P_7 橋脚の亀裂（右岸側）

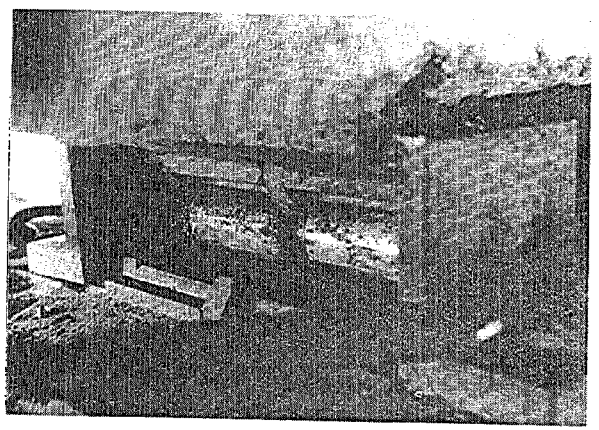


写真６－28　P_1 橋脚上可動沓の移動

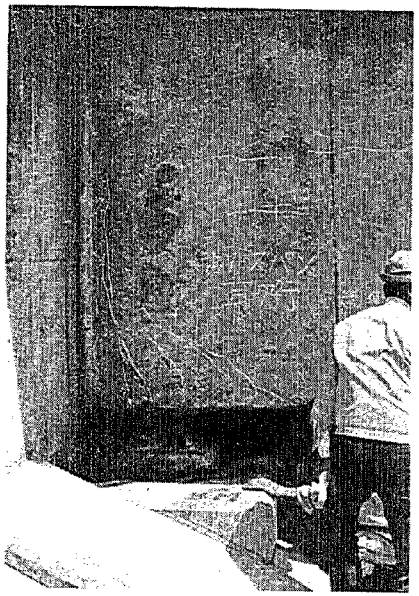


写真６－29
左岸側第１スパン支承上主桁の亀裂（上流側）

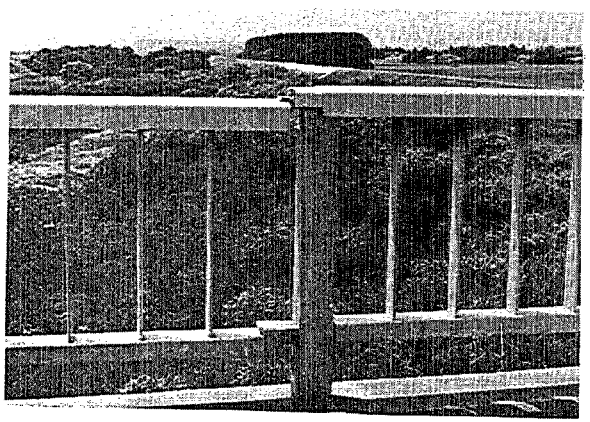


写真６－30
高欄手すりの抜出し

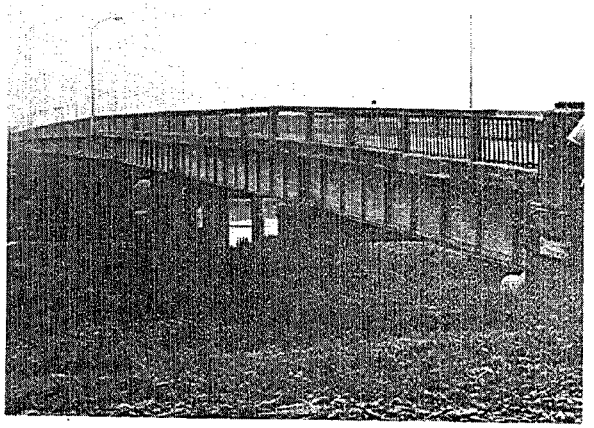


写真６－31(a)　江合橋（右岸上流側より）

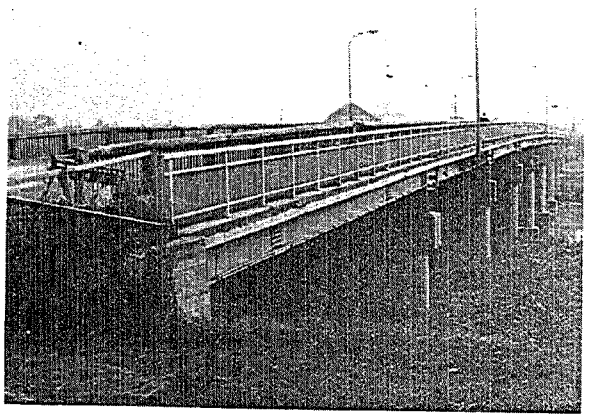


写真６－31(b)　江合橋（右岸下流側より）

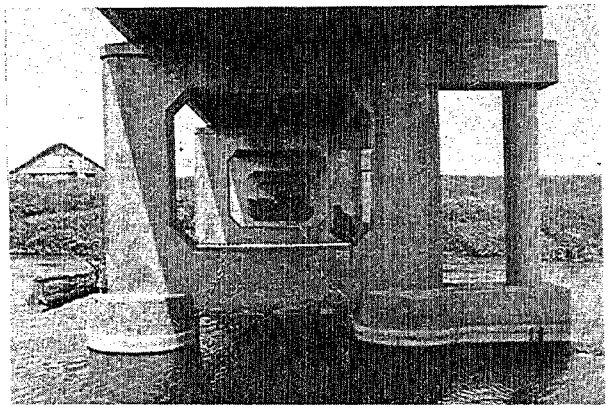


写真６－32(a)　江合橋 P_5 橋脚（左岸側より）

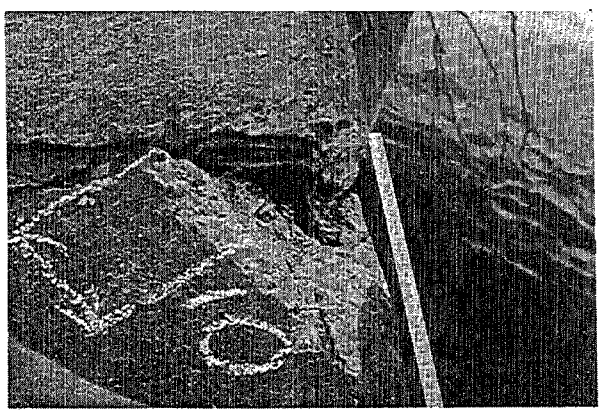


写真６－32(b)　江合橋 P_5 橋脚下横材の亀裂（宮城県による）

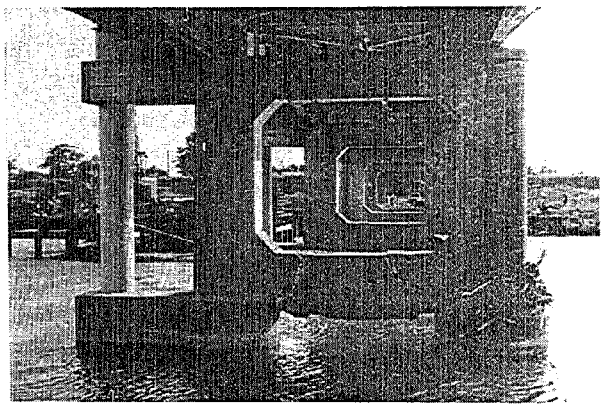


写真６－33　江合橋 P_6 橋脚（左岸側より）

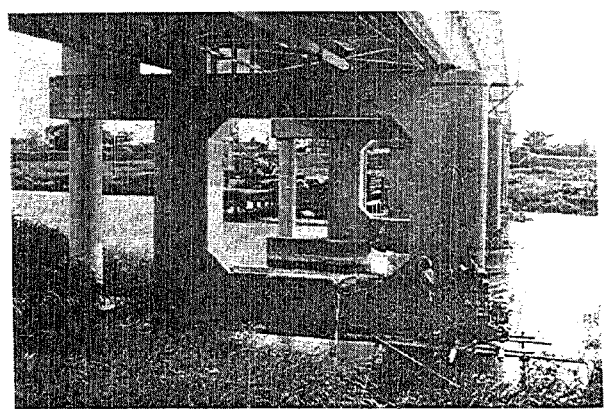


写真６－34(a)　江合橋 P_7 橋脚（左岸側より）

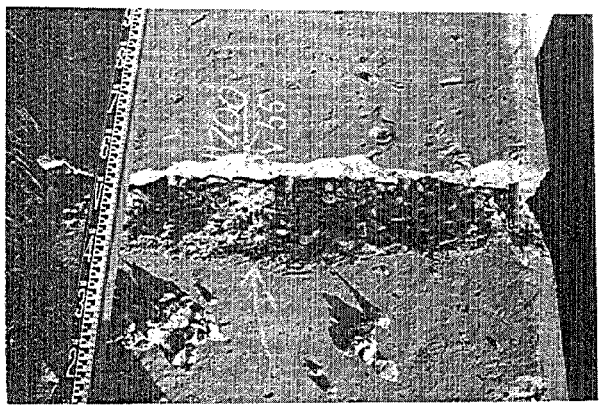


写真6－34(b)
P_7 橋脚下横材上面の
コンクリートの剝離
（宮城県による）

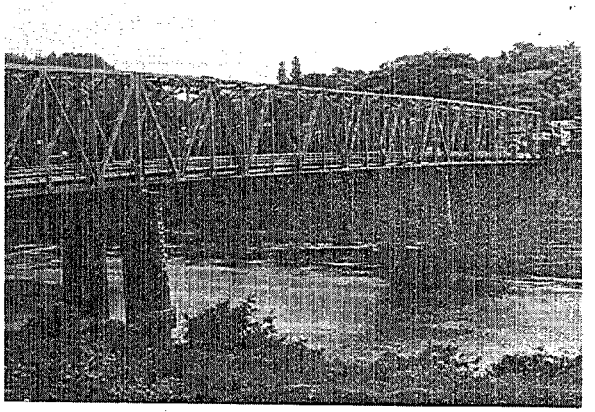


写真6－36　米谷大橋全景（左岸上流側より）

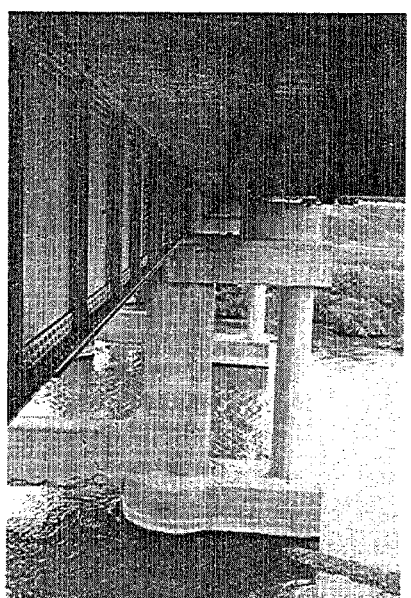


写真6－35
添加歩道橋と本橋との接合部
の状況（P_4 橋脚より P_5 橋脚方向）

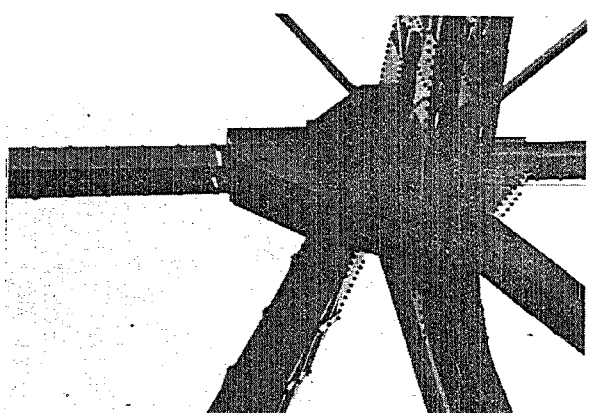


写真6－37(a)　右岸上流側ゲルバー張出部上弦材
の切断箇所

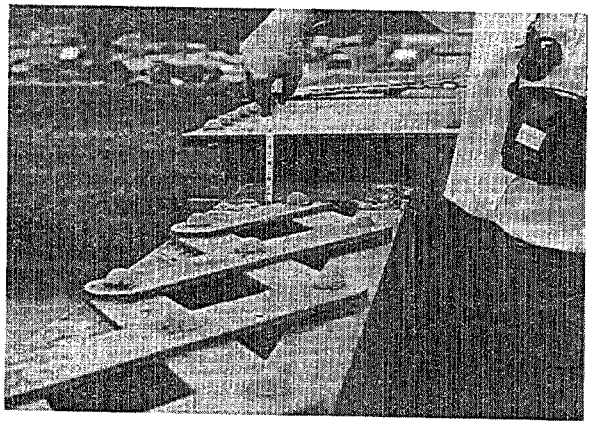


写真６－37(b)　上弦材切断箇所

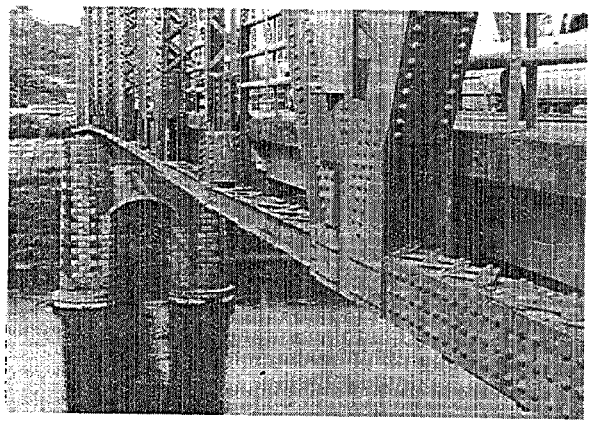


写真６－38　上弦材切断による下弦材の異常変形
（落込み）

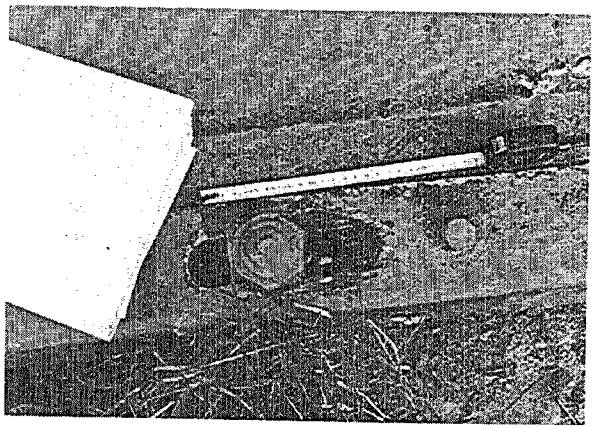


写真６－39
右岸上流側可動沓の
移動（約10㎝）

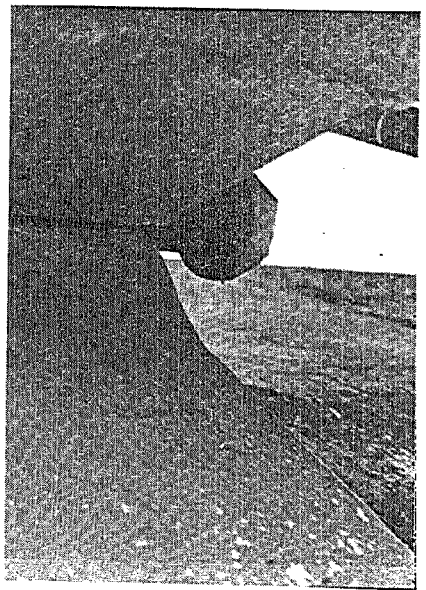


写真６－40
固定沓ピン抜出し（左岸橋脚下流側）

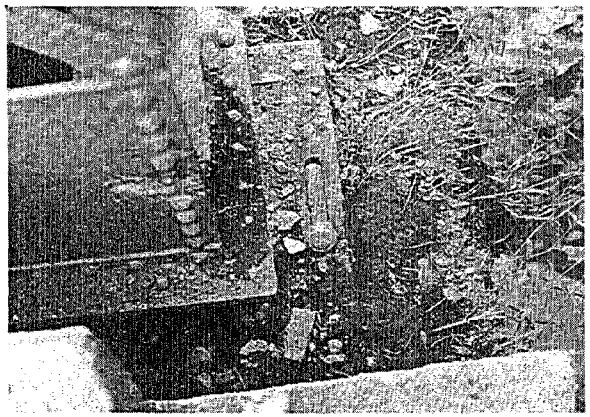


写真６－41　右岸下流側アンカーボルトの抜出し



写真６－43　沓座コンクリートの剥離

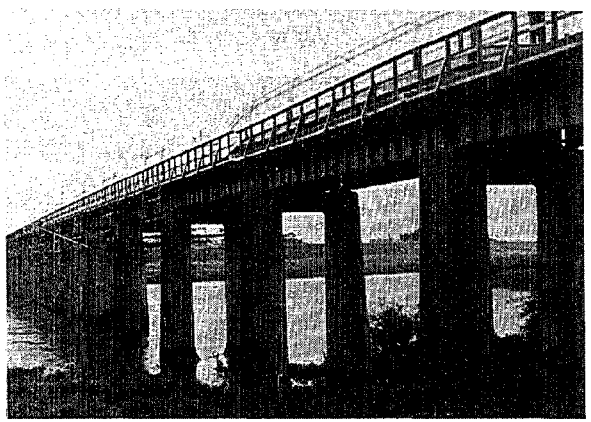


写真６－42　木間塚橋（被災後）全景

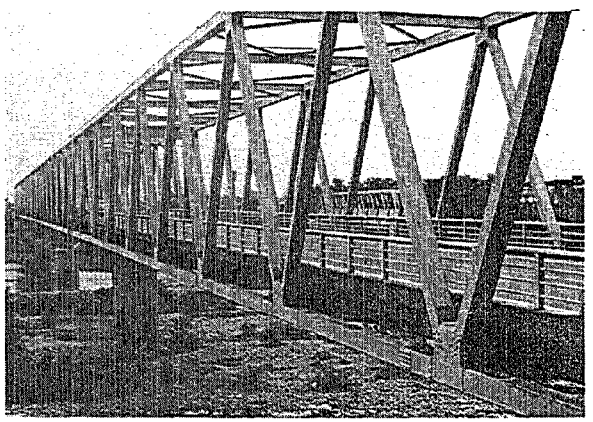


写真６－44　伊達橋全景（左岸側から撮映）

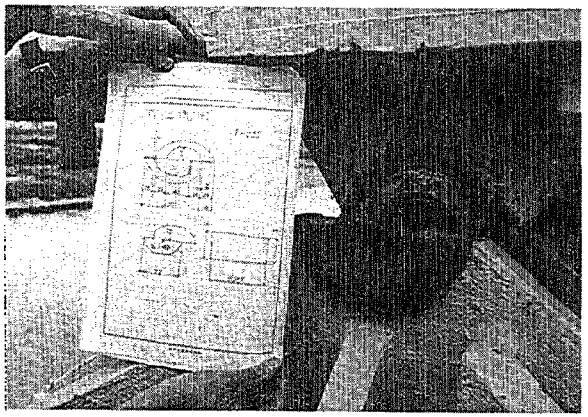


写真６－４５　P_3 橋脚（上流側）可動沓のピンの脱落（福島県による）

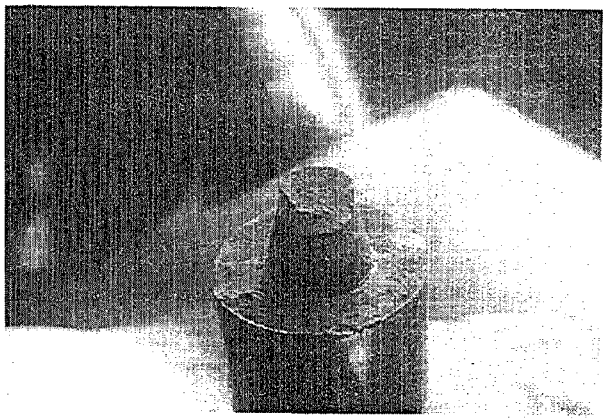


写真６－４６(b)　ピンの破断面

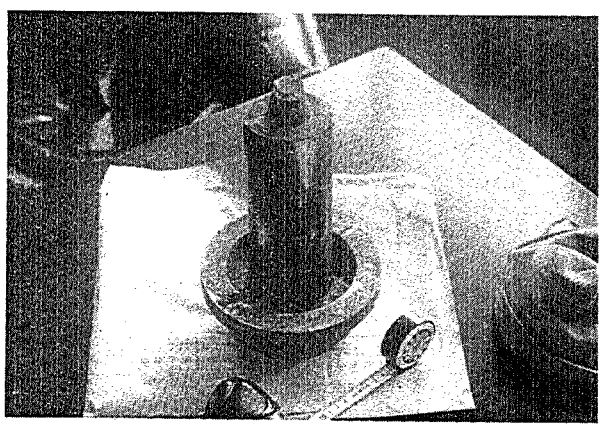


写真６－４６(a)　P_3 橋脚支承から抜落ちたピン

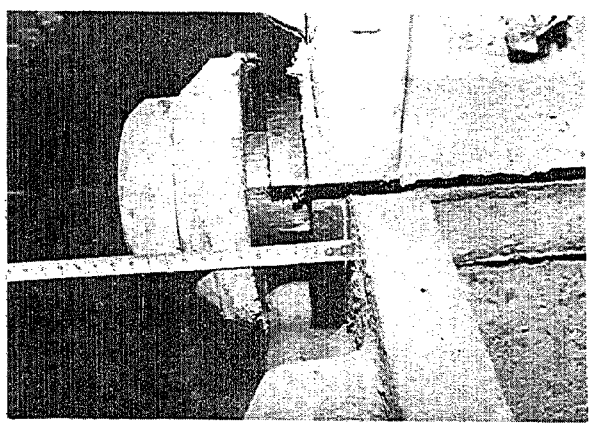


写真６－４７　P_1 橋脚（下流側）可動沓のピンの逸脱（福島県による）

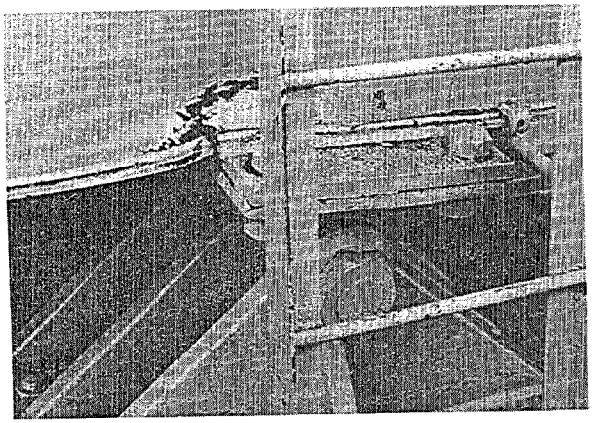


写真6－48　P_2 固定沓上の下弦材の局部座屈

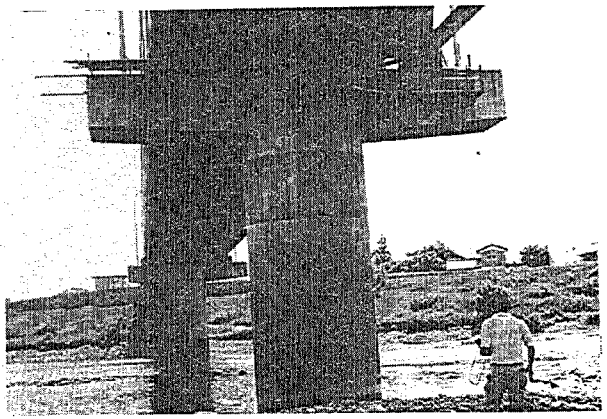


写真6－49　伊達橋 P_2 橋脚（強震計は橋脚中央に設置されている）



写真6－50　切取斜面の崩壊（宮城県桃生郡鳴瀬町）

7．地盤震害(特に砂質地盤の流動化)

7－1　概　　要

新潟地震（1964年6月）以来、地盤の流動化が構造物に重大な被害をもたらすことが認識され〔29〕、地盤の流動化に関する調査・研究が進められてきている。そして砂質地盤の流動化に関してはある程度の成果が得られつつある〔30〕～〔33〕。しかしながら、地震発生の不確定性のために実地震における流動化の被災経験はあるものの実地震時の流動化に関する詳細な資料の蓄積は今後に期待するところが大きいのが実情である。このような状況の中で発生した今回の宮城県沖地震では、宮城県内を中心として多数の地点で流動化が発生しており、流動化に関する貴重な資料が得られることとなった。

第1次調査による結果はすでに報告している〔39〕が本報告ではその後新たに収集した地盤の流動化に関する資料をとりまとめ紹介することにして今後の調査の基礎資料としたい。

7－2　地盤震害

現在までに収集された流動化地点の概要をとりまとめたのが表7－1であるが、同表に示すように今回の地震で地盤の流動化が確認されたのは29地点である。また、既出の図5－1には表7－1に記載した流動化地点の分布も描かれているが、図中の流動化地点番号は表5－1の番号に対応している。これらの流動化発生地点は、河川堤防、橋梁、港湾施設等の諸施設付近に集中しているが、地震直後の震害調査がこれらの土木構造物を対象として実施されているため得られる情報が多くなる傾向にあると言えよう。実際には、これらの地点以外の場所においても流動化が発生していると思われるが、通常は流動化現象が普遍的なものでなく、流動化に関する特別の関心を持っているかあるいは相当な被害を経験しなければ話題になりにくいと言った性格があるため、詳細な流動化地点分布を得ることは困難である。

また図5－1には沖積堆積地盤の分布を併記しているが、流動化発生地点が沖積低地に集中しているのがわかる。このことは、地形あるいは地質と地盤流動化がある対応のあることを示唆するものであり、宮城県内においても地形・地質と流動化発生に関する調査［例えば文献〔33〕］を実施することにより流動化発生に関する有効な資料が得られるものと思われる。

ある規模（マグニチュード）を持つ地震が発生した場合、流動化が発生するのは震央から或る震央距離の範囲内であることが歴代の地震から経験的に知られている。図7－1は明治以降の我が国での地震経験に基づいて得られている地震規模（M）と流動化の発生限界震央距離(R)との関係を示したものである。表7－1からも明らかなように今回の地震で流動化の発生している地点の震央距離Rは、最も近距離にある旧北上川河口の石巻漁港魚町地区および北上川の釜谷地区のR＝80㎞から最も遠距離にある阿武隈川の阿武隈橋でのR＝114㎞の範囲にある。これらの流動化震央距離は図7－1の斜線で示す範囲に位置し、流動化の限界震央距離と良好な一致を示していることがわかる。

表7－1　流動化地点一覧表

番号	河川名等	流動化地点	震央距離	流動化概況	土木構造物等の被害	備考	写真番号
1	阿武隈川	阿武隈橋（国道6号線）	114(km)	・右岸P_6（中州）周辺で噴砂[2]小	・橋脚躯体にクラック（P_1~P_9） ・P_5~P_8は鉄筋露出、座屈 ・P_6の沓が2つに割れている	・右岸高水敷のコンクリート護岸下に亀裂 ・P_4、P_7の周辺地盤に亀裂	7－1 〜 7－3
2	阿武隈川[2]	新浜水門（左岸、貞山運河取付部）	111	・堤外地側コンクリート張り護岸の法尻近くの護岸裏に噴砂小	・法肩と路面との段差、亀裂 ・堤外地側護岸法尻のはらみ出し ・堤内地側護岸法面のはらみ出し ・路面の亀裂	・水門には特に被害は見られない	7－4 〜 7－6
3	阿武隈川	河口（左岸）	110	・堤防法尻付近で噴砂小	・堤防の亀裂、陥没 ・海岸堤防の継目部開口		7－7 7－8
4	荒浜[3]	国民保養センター内（亘理町荒浜）	110	・グランドに亀裂、噴砂小		・浄化槽の浮上（最大30cm）、噴砂 ・プール底面亀裂	7－9 7－10
5	鳥の海[3]	島屋崎地区（鳥の海周囲護岸）	112	・護岸堤防の堤内地側に噴砂小	・護岸堤防の陥没（最大1.5m） ・コンクリート矢板壁の傾斜		7－11
6	名取川[2]	名取大橋（国道4号線仙台バイパス）	112	・右岸のP_4の周囲に亀裂、噴砂小			7－12
7	名取川	中村地区（河口より2.8km左岸）	109	・堤内地田地　4～5箇所中 ・堤外地畑地　3～4箇所中	・堤防の陥没顕著（最大約1.5m） ・両法面の亀裂顕著 （L＝110m、　　）[1]	・旧河道上噴砂 ・1978.2.20の地震でも堤内地で噴砂	7－13 〜 7－17
8	名取川	閖上上地区（河口より2.4km右岸）	109	・堤外地高水敷噴砂 ・新猿候沼周辺の噴砂	・堤防沈下小	・堤内地側の池が沈下により面積増加	7－18 7－19

番号	河川名等	流動化地点	震央距離	流動化概況	土木構造物等の被害	備考	写真番号
9	名取川	閖上大橋 (宮城県道22号線)	108	・右岸P_2～P_3の間の上流側の河[2]川敷に噴砂(中) ・橋脚周囲の地盤沈下(15cm)	・橋脚の亀裂(P_1、P_3) ・取付道路の沈下 ・可動沓逸脱寸前	・下流100m程の中洲でも噴砂 ・左岸1.2km堤外地にも噴砂	7－20 ～ 7－24
10	仙台新港[2]		102	・桟橋舗装継目から噴砂(小)	・舗装一部沈下		7－53
11	吉田川	山崎地区 (鳴瀬川の河口から17km右岸)	106	・堤外地法尻に沿って噴砂[3](大) ・堤内地にも噴砂(小)	・堤防沈下、亀裂顕著		7－27 7－28
12	鳴瀬川[2]	木間塚橋 (宮城県道32号線)	99	・右岸のP_3の上流側20mに噴砂(小) ・低水敷の橋脚(P_5)に噴砂(小)	・P_3上の第2桁の沓座コンクリートの破損および桁落ち(15cm)	・全橋脚の周囲にすきまがあり最大10cm程度	7－25 7－26
13	江合川	北和淵地区 (旧北上川合流点より0.8km右岸)	95	・堤内地{畑地 10数箇所 田地 数箇所 ・堤外地 草地 1～2箇所	・堤体の横断方向の亀裂 ・堤内地法尻の農道に亀裂(小) (L＝50m、B＝7cm、D＝150cm)[1]	・旧河道上噴砂	7－29 ～ 7－35
14	旧北上川	笈入地区 (河口より19.9km右岸)	92	・堤内地{畑地 10数箇所 田地 数箇所 ・堤外地 畑地 1～2箇所	・堤内・外両側法面の法尻付近に亀裂 ・路面上堤内地側に亀裂 (L＝27m、B＝5～8cm、D＝10cm)[1]		7－36 ～ 7－38
15	旧北上川	笈入地区 (河口より19.2km右岸)	91	・堤内地 畑地 数箇所(小) ・堤外地 畑地 6～7箇所	・堤外地側の法尻付近に亀裂 (L＝59m、段差2cm、B＝3cm、D＝30cm)[1]		7－39

番号	河川名等	流動化地点	震央距離	流動化概況	土木構造物等の被害	備考	写真番号
16	北上川	川前地区 (河口より12.9km左岸)	85	・堤内地 噴砂 ・堤外地 噴砂	・堤防沈下(小)		7−51 7−52
17	北上川	間垣 (河口より4.2km右岸)	80	・堤内地法尻から隣接道路を横断して噴砂(小)	・坂路の段差、亀裂 ・裏小段坂路の亀裂		7−49 7−50
18	石巻港[3]	大曲地区	87	・海岸護岸後背地に多数の噴砂	・コンクリート製海岸護岸の前傾		7−40 7−41
19	旧北上川[5]	石巻漁港魚町地区	80	・全漁連石巻油槽所敷地周辺および漁港の矢板岸壁の裏込めに噴砂	・矢板岸壁が海側に傾斜、エプロンが若干沈下	・全漁連石巻油槽所内部には被害が見られない	7−42 〜 7−44
20	石巻市[3]	蛇田団地	86	・団地造成地に噴砂(小)		・旧河道上	
21	洲崎浜[3]		93	・砂丘間低地に噴砂			
22	松島[3]	高城川河口左岸	100			・浄化槽浮上 ・ポンプ室沈下	
23	松島[5]	手樽	98	・干拓堤防に噴砂			
24	利府町[3]	国鉄仙台車両基地車体検修所	107	・クレータ状噴砂(最大径70〜80cm) ・粗砂 ・地盤の沈下(10cm程度)	・上部建屋に被害はない	・建屋の基礎はフーティングで盛土上に建設	7−54 〜 7−56
25	仙台新港[4]	新仙台火力発電所	102	・噴砂			
26	旧迫川[6]	米山町低落地区	104	・左岸堤外地に噴砂		・旧河道上	7−47 7−48
27	迫町[5]	迫町役場敷地	104	・噴砂			

番号	河川名等	流動化地点	震央距離	流動化概況	土木構造物の被害	備考	写真番号
28	吉田川	袋地区 (河口より22.2km右岸)	109	・堤外地高水敷に噴砂	(L＝100m、B＝20cm、 D＝250cm)[1]		
29	石巻港[7]	潮見埠頭	84	・埠頭舗装上に噴砂			7−45 7−46

(注記) 1) 北上川下流工事事務所の調査に基く(L＝被害延長、B＝亀裂巾、D＝亀裂深さ)。
2) ㈱応用地質調査事務所の調査による。
3) 基礎地盤コンサルタンツ㈱の調査による。
4) 電力中央技術研究所の調査による。
5) 不動建設㈱の調査による。
6) パシフィックコンサルタンツ㈱の調査による。
7) 東北大学工学部西沢勝氏による。

7－3 流動化地点

今回の地震で流動化が発生した地点については表７－１にその概要を示したが、ここでは各地点に関して収集されている諸データを流動化地点毎にとりまとめることにする。今迄に収集された資料は、流動化状況写真、流動化地点付近の地盤調査結果（例えば、地盤柱状図、物理特性試験結果、地形分類図等）が主体であるが地点によっては資料が不充分なものも多いのが実情である。なお、表７－１に示すように流動化発生地点付近の橋梁、河川堤防、護岸等の構造物にも被害が見られる箇所が多々あるが、現在の所流動化現象がそれら構造物の直接の被害原因であったかどうかは即断できないのが実情である。従って、本報告では、情況報告に止めることを原則とし、流動化地点での構造物被害に関しても資料を添えるようにした。河川堤防および橋梁の被害については、各々、「5.河川関連施設の被害」および「6.道路関連施設の被害」の章を随意参照されたい。

以下に河川流域を中心として各流動化発生地点の概要を示す。

1）阿武隈川流域

阿武隈川流域では、阿武隈橋、新浜水門、河口、荒浜および鳥の海の５地点で流動化が報告されている。図７－２にこれら流動化地点の位置を示す。

(1.1) 阿武隈橋 (No.1)

阿武隈橋では、右岸から６番目の橋脚（P_6）周辺の中洲で写真７－１のような噴砂が報告されている〔35〕。同橋ではP_4およびP_7の周辺地盤に亀裂が確認されているがP_6の噴砂も亀裂に伴なうものと思われる。また、右岸P_2の高水敷と低水敷間のコンクリート張護岸尻においては写真７－2のような亀裂が護岸に沿って上流側に走っているのが確認されており、また、橋脚P_4周辺では写真７－３のような沈下がみられている。

(1.2) 新浜水門 (No.2)〔35〕

新浜水門は阿武隈川左岸の貞山堀運河との取付部にあるが、堤外地側のコンクリート張り護岸の法尻近くで護岸が持ち上げられ（写真７－４）、護岸裏に写真７－５に示す噴砂がみられた。同地点では、写真７－５の護岸のはらみ出しを初めとして、写真７－６のように法肩と路面との段差、亀裂あるいは路面の一部陥没・亀裂がみられている。しかし、水門自体には特に被害はなかった。

(1.3) 阿武隈川河口 (No.3)〔36〕

阿武隈川河口の左岸では、写真７－７のように堤防法尻付近に噴砂がみられ、付近の堤防に亀裂・陥没がみられ、また写真７－８のように海岸護岸の継目部の開口がみられている。

(1.4) 荒浜 (No.4)〔36〕

亘理町荒浜の国民保養センターでは、写真７－10のように浄化槽の浮上(最大30cm)があり、その周

辺に噴砂がみられている。また、グランドでは写真7－9のような噴砂がみられた。また、同センター内のプールにおいては底面に亀裂が入り使用不能となった。

(1.5) 鳥　の　海　(No.5)〔36〕

阿武隈川右岸の河口付近に隣接する潟湖である鳥の海でも、周辺護岸に噴砂がみられている。写真7－11は鳥屋崎でみられた護岸の陥没(最大1.5m)およびコンクリート矢板壁の傾斜の様子であるが、同地点の堤内地側で小規模な噴砂がみられている。

2) 名取川流域

名取川流域では、名取大橋、中村地区、閖上上地区および閖上大橋の4地点で噴砂が確認されている。図7－3にこれらの流動化地点の分布を示す。

(2.1) 名 取 大 橋　(No.6)

国道4号線の名取川にかかる名取大橋では、写真7－12のような噴砂が右岸のP_4の周辺に亀裂に伴なってみられた〔35〕。

(2.2) 中 村 地 区　(No.7)

名取川左岸2.8㎞付近の中村築堤では大規模な堤防の亀裂・沈下が発生し(5章参照)地盤の流動化も起っている。図7－4(a)および(b)は共に流動化箇所の分布を示したものであり、図7－4(a)は土木研究所の初動調査(6月14日～17日)で、また図7－4(b)は仙台工事事務所の調査で確認された分布である。

写真7－13～7－17は当該地点での噴砂例であるが、写真7－13および7－14は堤外地の畑地で、写真7－15および7－16は堤内地法尻付近で、また、写真7－17は堤内地の田地での噴砂である。

中村地区で特筆すべきことは、今年の2月の宮城県沖の地震(M＝6.8)でも、ほぼ同一箇所で噴砂の発生していることである〔40〕。つまり、図7－5に2月の地震の時の噴砂状況を示すが堤内地における噴砂位置が今回のそれとほぼ一致することがわかる。つまり、この事実は入力地震動によっては同一地点において繰り返し流動化の発生することを意味するものである。国土地理院発行の地形分類図によれば、堤内地側が旧河道上に位置することがわかり、流動化に対する一つの重要な因子を示唆するものであろう。

図7－6は、地震直後に仙台工事事務所が当該被災地点の堤内地側法尻および法肩で実施した地盤調査結果を示すものである〔13〕。

同図より、表層数mにN値の低い砂質土層が存在することがわかる。また、図7－7は初動調査で採取した噴砂の粒度分布図である。噴砂では細粒分が洗われている恐れがあるが、平均粒径(D_{50})が0.22～0.31(㎜)程度の比較的粒径の揃った砂であることがわかる。

(23) 閖上上地区 (No.8)

中村地区のほぼ対岸に位置する名取川右岸2.4km付近の閖上上地区では、新猿俣沼周辺および堤外果の高水敷において噴砂がみられている(写真7－18および7－19)。噴砂は亀裂に伴なうものが大部分であり、仙台工事事務所の調査による分布状況は図7－8の通りである。

また、地震直後に仙台工事事務所が被災地点の堤内地側法尻および法肩の2ケ所で実施したボーリング調査結果〔13〕は図7－9の通りであるが、深さ7～8m迄はN値10以下の軟かい層であり、その下は締まった層が続いているのがわかる。

(24) 閖上大橋 (No.9)

名取川の河口から1.0km上流の県道22号線の閖上大橋(写真7－20)においても噴砂がみられた。仙台工事事務所の調査による閖上大橋付近の噴砂の分布は図7－10の通りである。つまり、閖上大橋の右岸側高水敷と左岸のやや上流側1.2km付近の堤外地の2箇所で数多く見られている。写真7－21～7－24は閖上大橋の右岸側の噴砂の状況の数例である。写真でも明らかなように噴砂箇所は裸地であり広範囲に渡って噴砂が明確に捕えられている。これに対して、左岸側高水敷の橋梁近傍は草地となっているためかどうか明確でないが噴砂は確認されていない。橋脚周辺では地盤面が水面下にあるP_3、P_4およびP_6橋脚を除く他の橋脚では写真7－24のように相対的に10～20cmの地盤沈下が報告されている〔26〕。

また、図7－11は本橋建設に際して宮城県が実施した地盤調査結果である〔17〕。

3) 鳴瀬川・吉田川流域

鳴瀬川およびその支流である吉田川流域では各々、木間塚橋および山崎地区、袋地区の3地点において噴砂がみられている。図7－12に流動化地点を示す。

(31) 木間塚橋 (No.12)〔35〕

鳴瀬川河口から14.2kmに位置する県道32号線の木間塚橋においては、低水敷の橋脚P_5付近に写真7－25のような小規模な噴砂がみられ、また、橋脚被害の大きかったP_3の20m程上流でも噴砂(写真7－26)が確認されている。

(32) 山崎地区 (No.11)

吉田川右岸の山崎地区では堤防延長5km程に渡り大規模な堤防の亀裂・沈下の被害があったが、地盤の流動化は右岸17km(鳴瀬川河口から)付近の堤外地の噴砂が報告されている〔36〕。写真7－27および7－28はその様子を示すものである。堤防被災箇所の堤内地側は水田であったが水田内には特に噴砂の跡は認められなかった。ただ、法尻付近は排水路復旧のため既に工事が実施されており初動調査の段階においても噴砂は確認できなかった。

図7－13は、地震直後に北上川下流工事事務所が実施した地盤調査〔15〕の実施位置図であり、図

7－14はそれらの調査箇所毎の地盤性状図である。

(3.3) 袋　地　区　(No.28)

吉田川の右岸22.2km(鳴瀬川河口より)の袋地区では、堤外地高水敷の草地に亀裂に伴なう小規模な噴砂がみられた。なお、当該地点では付近の堤防に亀裂が発生している。

4) 旧北上川流域

旧北上川流域では、その支流である追川の米山町砥落と追町、同じく支流である江合川の北和淵地区、旧北上川沿いの笈入地区19.2km地点と19.9km地点、河口付近の大曲地区と石巻漁港魚町地区、石巻港潮見埠頭および石巻市内の蛇田団地の9地点で噴砂が確認されている。図7－15にこれらの流動化地点の位置を示す。

(4.1) 北和淵地区　(No.13)

北和淵地区では旧北上川の合流点から約0.8km上流の江合川右岸で広範囲な噴砂がみられた。図7－16(a)および(b)は当該地点での噴砂の分布状況を示したものであるが、前者は土木研究所の初動調査〔39〕、また、後者は北上川下流工事事務所の調査〔14〕によるものである。写真7－29～7－35は噴砂の模様を示したものであり、写真7－29～7－34は堤内地、また写真7－35は堤外地の状況である。

当地点は図7－16(a)、(b)に示すように旧河道上に沿って噴砂が分布しているのが明確にわかる。しかしながら、堤体には顕著な被害はなく若干の亀裂が入った程度に止まっている。

また、図7－17は初動調査の際に採取した噴出砂の粒度分析結果である。堤外地の⑤の試料には粒径の大きな軽石が含まれていたため粒度も大きくなっているが、他の試料については、平均粒径がほぼ0.42～0.50(mm)の比較的粒径の揃った砂質土である。

(4.2) 笈 入 地 区　(No.14およびNo.15)

旧北上川右岸の笈入地区では、数百m隔てた2地点で噴砂がみられた。図7－18は噴砂の分布を示すが、図7－18(a)および(b)は19.9km地点(No.14)の概況図であり、前者は土木研究所の初動調査に、また、後者は北上川下流工事事務所の調査〔14〕によるものである。また、図7－18(c)は19.2km地点(No.14)で土木研究所の初動調査により確認された分布である。

写真7－36～7－38および7－39は各々、No.14地点およびNo.15地点の噴砂状況を示すものである。

No.14地点では、堤内地に数多くの噴砂がみられ、堤内・外両法面の法尻付近に亀裂がみられた。また、No.15地点では堤外地で噴砂が多くみられているが、路面の若干の沈下程度で特に顕著な被害はない。

No.14地点では、地震直後に北上川下流工事事務所により、堤内・外両法尻付近でボーリング地盤

調査が実施されている。図7－19はボーリング結果であり、図7－20は物理特性試験結果である。また、図7－21は土木研究所の初動調査で採取した噴砂の粒度分析結果である。

(4.3) 大 曲 地 区 (No.18)〔36〕

石巻港の西側で海岸に沿った石巻市大曲地区では、海岸護岸の後背地で多数の噴砂が報告されている。写真7－40は噴砂例であるが、付近の海岸護岸が前傾し縦目にすき間が生じている(写真7－41参照)。

(4.4) 魚 町 地 区 (No.19)〔38〕

旧北上川河口の右岸に隣接し、海岸に沿った石巻市魚町地区では、全漁連石巻油槽所敷地周辺および石巻漁港の矢板岸壁で噴砂が報告されている。

写真7－42および7－43は全漁連石巻油槽所周辺の噴砂の模様であるが、建設時に地盤改良を施した油槽所敷地内では特に変状は無かったと報告されている。また、写真7－44は石巻漁港の岸壁での噴砂である。

(4.5) 潮 見 埠 頭 (No.29)〔34〕

石巻港の潮見埠頭においても噴砂が報告されている。写真7－45および7－46は噴砂の状況を示すものであり、また図7－22は宮城県港湾課石巻港湾事務所が当該地点付近で実施(昭和43年)した地盤調査結果である。

(4.6) 砥 落 地 区 (No.26)〔37〕

米山町砥落地区の旧迫川左岸の堤外地で噴砂が報告されている。写真7－47および7－48は水田内の砂例であるが、当地点は旧河道上にあることが特徴的である。

(4.7) そ の 他 (No.20およびNo.27)

旧北上川流域では以上の地点以外に、石巻市蛇田団地〔36〕と迫町々役場〔37〕の2地点で噴砂が報告されている。いずれも、小規模なものであるが蛇田団地は旧河道に隣接する氾濫平野に造成された団地である。

5) 北上川流域

北上川では、間垣地区および川前地区の2地点で噴砂が確認されている。

(5.1) 間 垣 地 区 (No.17)

北上川の右岸4.2km付近の堤内地では、写真7－49および7－50のように堤内地の法尻から道路を横断する亀裂に沿って噴砂がみられた。当地点では、写真のように坂路の段差・亀裂が生じている

が比較的小規模である。図７－２３は噴砂位置を示し、また図７－２４は付近の地盤柱状図である〔14〕。

(5.2) 川 前 地 区　(No.16)

北上川の左岸12.9㎞付近の川前地区では、堤内・外両地で噴砂がみられた。図７－２５は噴砂の位置を示し、写真７－５１および７－５２は各々、堤外地および堤内地の噴砂状況である〔14〕。

6) その他の地域

阿武隈川、名取川、鳴瀬川、旧北上川および新北上川の各流域以外の地点においては、仙台新港(No.10)、新仙台火力発電所(No.25)、松島高城川(No.22)、同手樽(No.23)、洲崎浜(No.21)および利府町(No.24)の6地点で噴砂が報告されている。仙台新港および利府町以外の地点に関しては未だ詳細な資料が得られていない。

(6.1) 仙 台 新 港　(No.10)〔35〕

砂押川河口の砂丘部を開削して建設された仙台新港では、写真７－５３および７－５４のように桟橋舗装の継目から噴砂し、舗装が陥没した。

(6.2) 利　府　町　(No.24)〔36〕

利府町に建設中の国鉄仙台車両基地車体検修所では、建屋の基礎盛土の噴砂が報告されている。写真７－５５および７－５６は各々、クレータ状噴砂(最大径７０～８０cm)および地盤の沈下(１０cm 程度)の様子を示す。

７－４　地盤震害のまとめ

本報告に記載された地盤震害(主として流動化)地点は今後増える可能性は充分あるが、現在までに明らかとなっている諸々の資料から得た地盤震害に関する知見は次の通りである。

(1) 今回の地震での流動化の発生限界震央距離は従来の地震規模と限界震央距離の関係と良い対応を示している。

(2) 流動化の発生地点は、ほとんどが沖積低地にあり、現河道上は勿論であるが、名取川中村地区、江合川北和淵あるいは旧迫川低落地区のように旧河道上に噴砂が起っていること等を考えるならば、地盤流動化と地形・地質との間に或る程度の対応付けが可能となるものと思われる。しかし、地形あるいは地質が地盤流動化の必要条件であったとしても十分条件でないので、現河道上あるいは旧河道上であっても流動化の発生しなかった地点があるのも事実である。

流動化と地形・地質等の関係については、今年度、宮城県内を中心として調査をする予定である。

(3) 流動化は、名取川中村地区のように既に噴砂を経験した地点において再度発生する可能性のあることが示された例もあれば、江合川右岸の古川市羽山堂(写真７－５７)のように流動化の経験(１９６２年４月３０日：宮城県北部地震、M＝6.8)のある地点で流動化の発生がみられなかった例もある。しかし、

今回の地震で羽山堂は震央距離が１１３㎞程度と流動化発生の限界付近に位置するのに対して、宮城県北部地震では震央にごく近かったことを考えるならば、地震動の諸条件次第では流動化する可能のあることは推察される。つまり、地震規模（マグニチュードあるいは震央距離）によっては流動化の再発生は十分考えられると言えるだろう。

(4) 地盤流動化と構造物被害との関連については、名取川中村地区のように、堤体に実質的な被害が生じ、これが直接的もしくは間接的に流動化に帰因すると思われる箇所があったと同時に、江合川北和瀦地区のように広範囲な流動化が生じても堤体にはそれ程顕著な被害が見られなかった箇所もある。従って、流動化現象自体が構造物被害に関係があると言うよりも、流動化の諸特性（たとえば、平面的広がり、深さ方向の分布等）あるいは地盤の状態（たとえば、地下水位、土質、流動化層厚、地表面の状態等）との対応付けの上から総合的に判断することが必要であると思われる。

なお、名取川の中村地区、閖上上地区および閖上大橋地区においては、土木研究所が現在詳細な地盤調査を行なっており、地震時の地盤流動化発生の予測法に関して、より高精度の結論が導き出せるものと期待している。

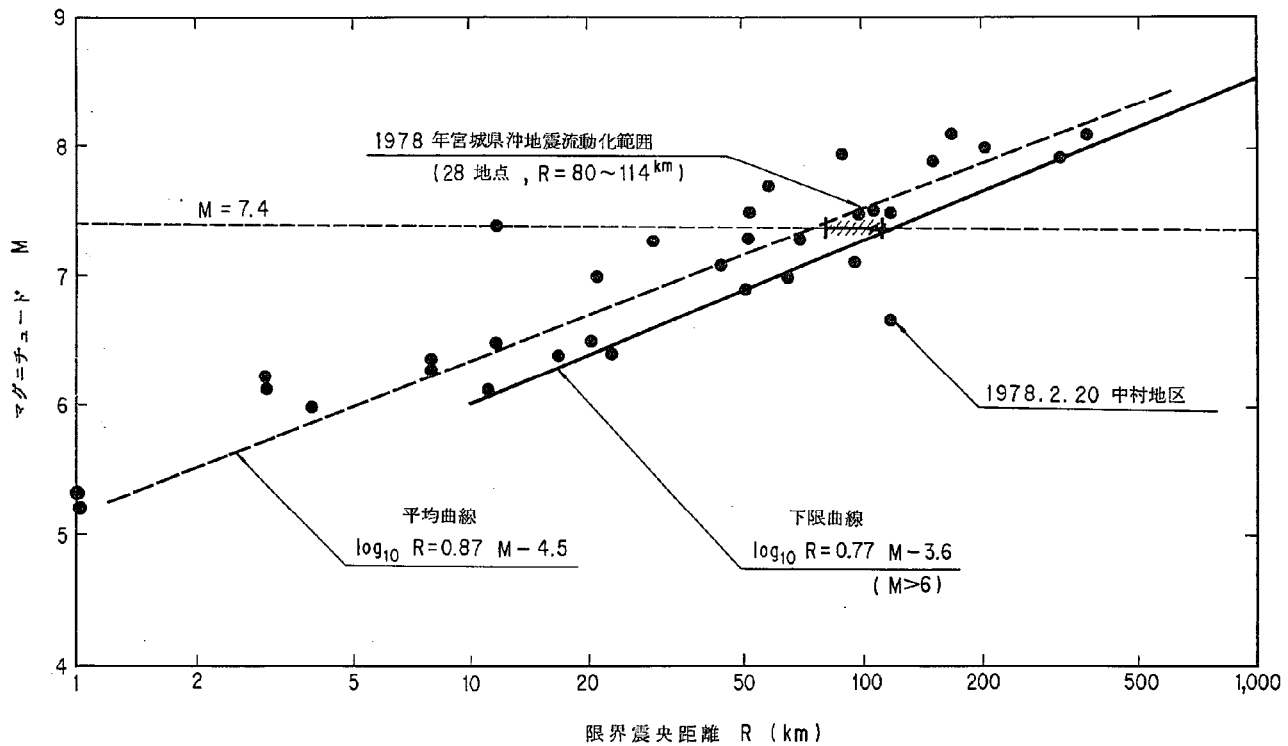


図７－１　マグニチュードと流動化の限界震央距離の関係〔29〕

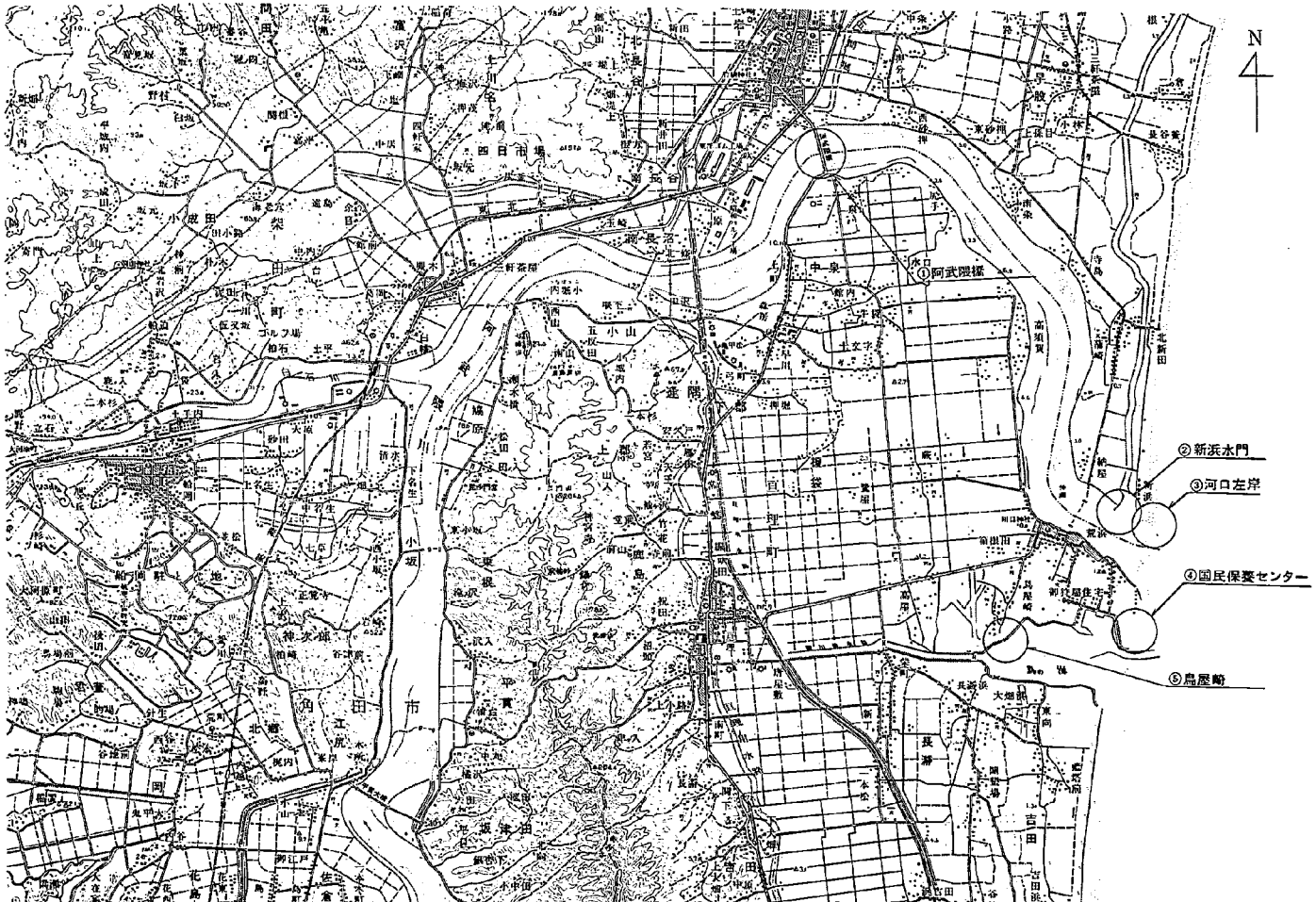


図７－２　阿武隈川流域図（流動化位置分布）

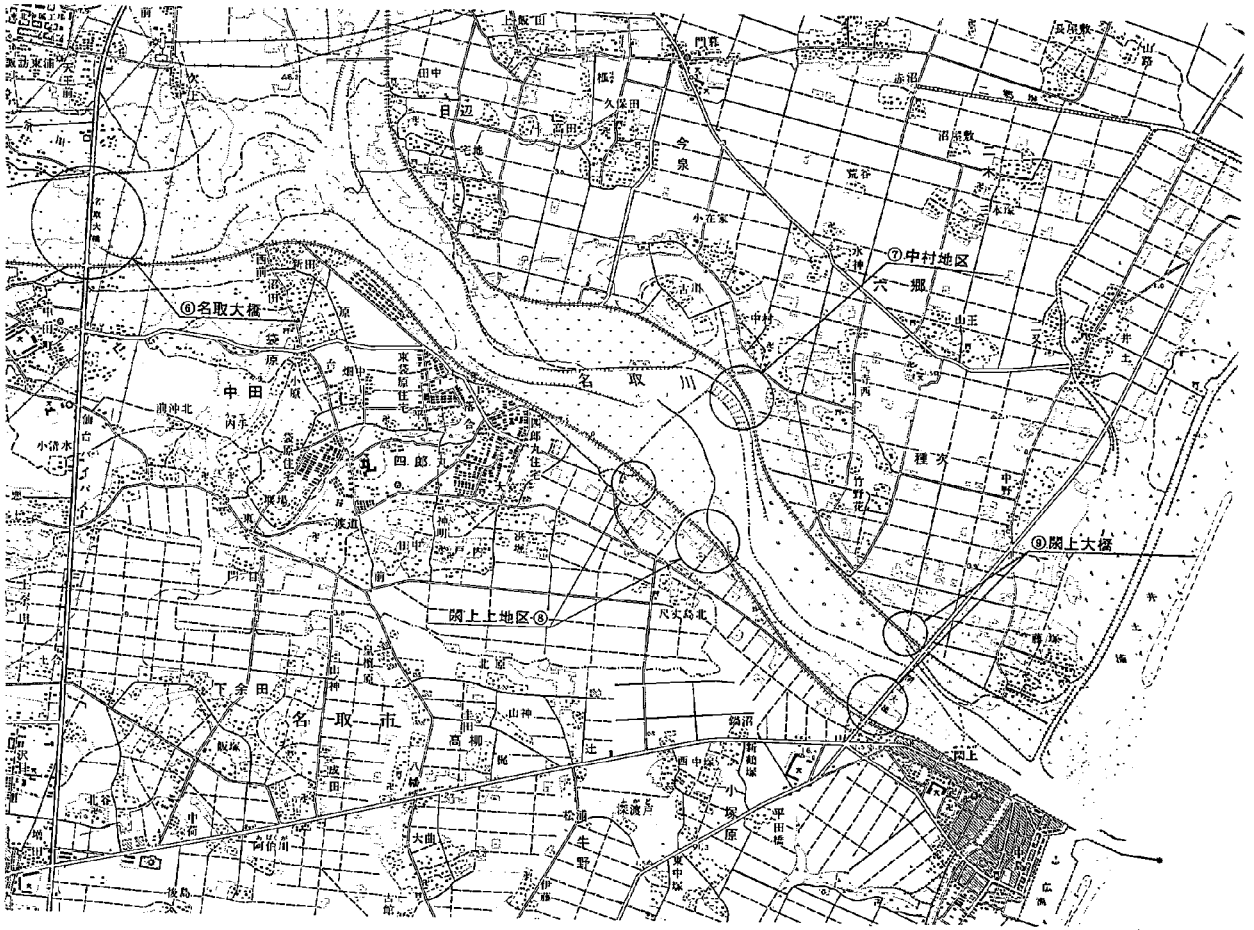


図７－３　名取川流域図（流動化位置分布）

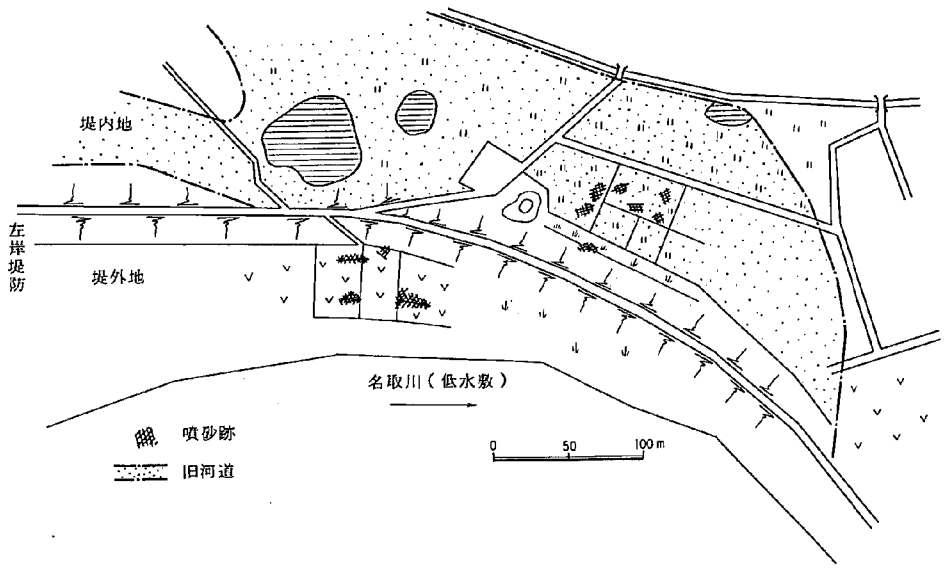


図７－4(a)　流動化状況の概要（中村地区：名取川左岸 2.8 km）

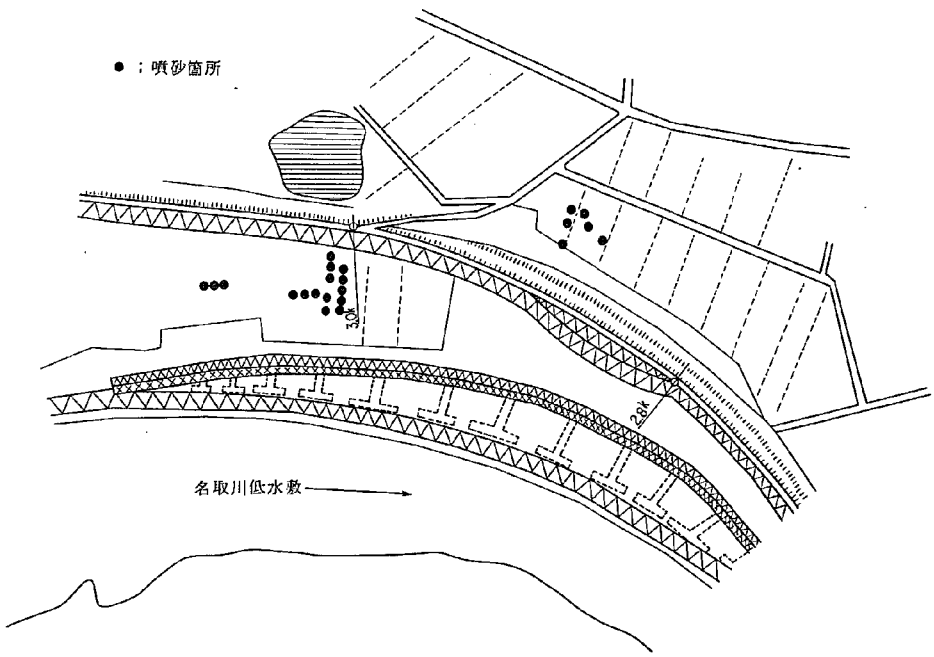


図７－4(b)　流動化状況の概要（中村地区：名取川左岸 2.8 km）
―仙台工事事務所の調査による―

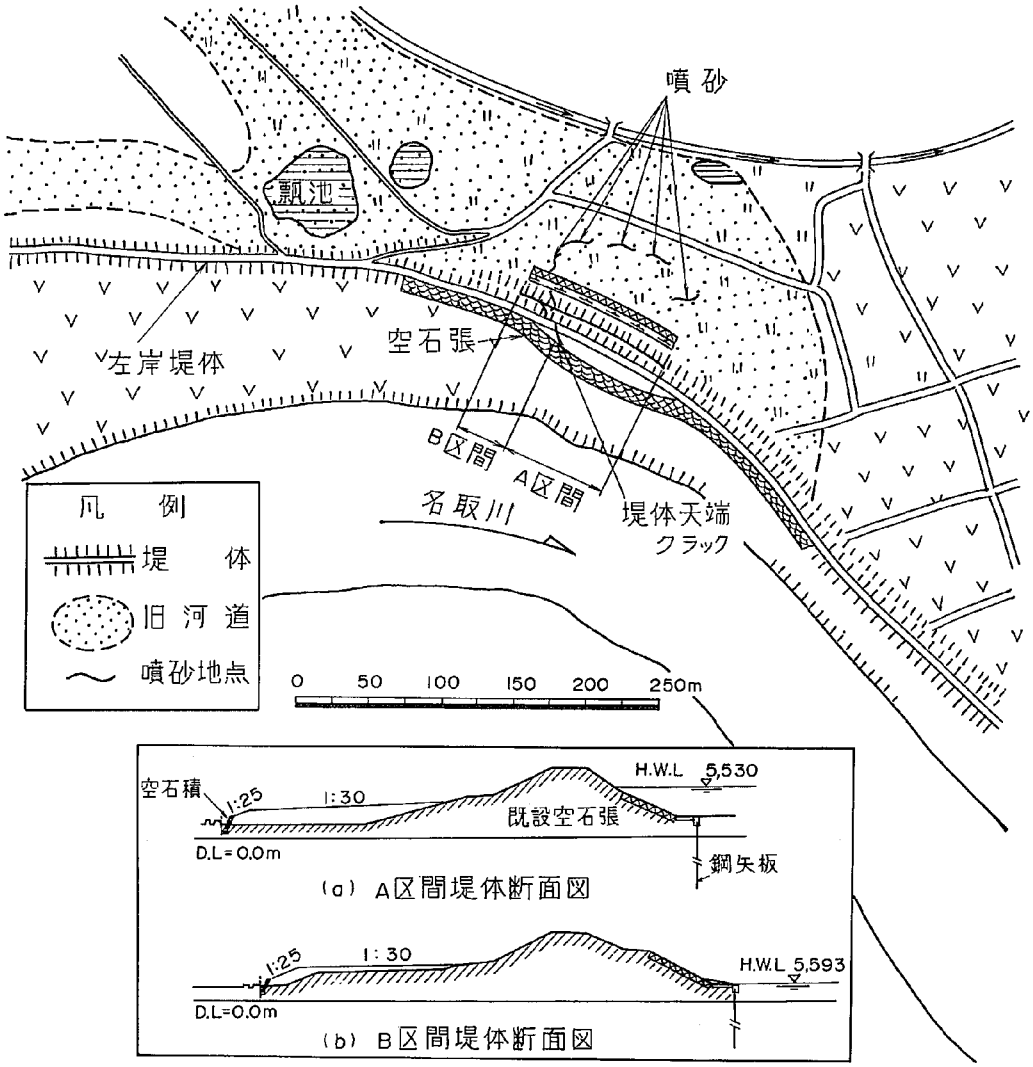


図7－5　宮城県沖の地震（1978年2月）時の流動化状況（中村地区）〔40〕

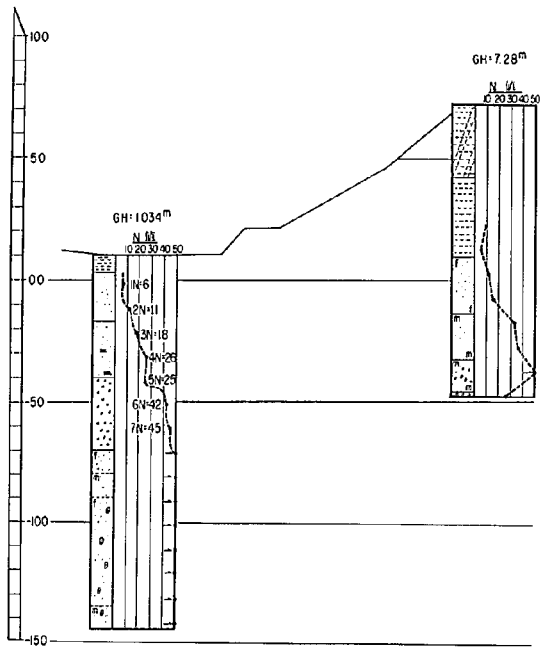


図７－６　被災地点のボーリング柱状図（中村地区：名取川左岸 2.8 ㎞）〔１３〕

	試料名	D_{50} (mm)	D_{60} (mm)	D_{10} (mm)	U_c	G_s	e_{max}	e_{min}
①	NA－1	0.223	0.250	0.085	2.94	2.633	1.248	0.823
②	NA－2	0.305	0.348	0.124	2.81	2.535	※	※
③	NA－3	0.232	0.278	－	－	2.527	※	※
④	NA－4	0.260	0.300	0.110	2.73	2.622	1.278	0.928

※測定不可

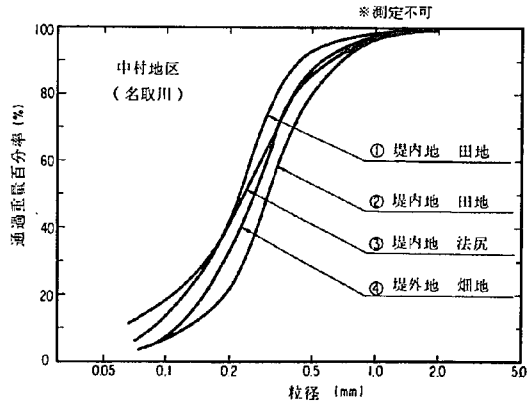


図７－７　噴砂の粒度分布〔３９〕

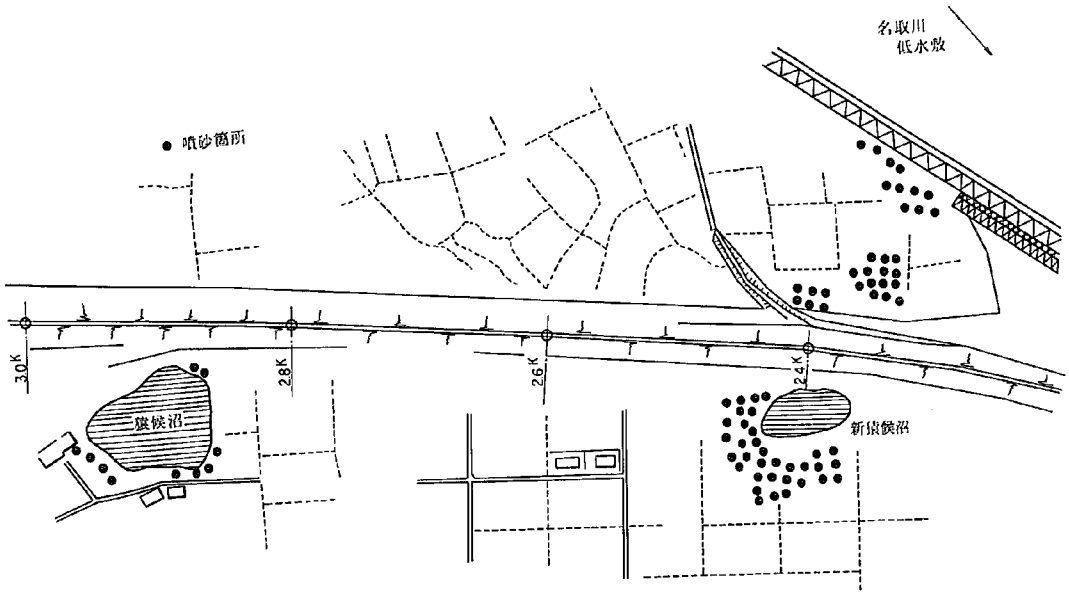


図７－８　流動化状況の概要（閖上上地区：名取川右岸 2.4 km）
－仙台工事々務所の調査による－

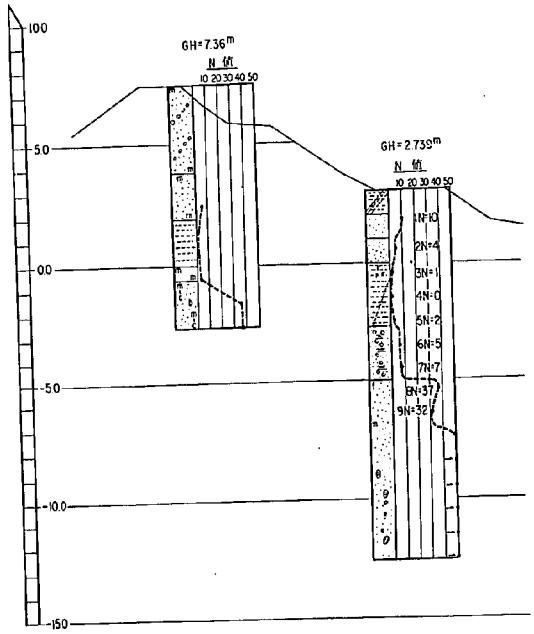


図７－９　被災地点でのボーリング柱状図（閖上上地区
：名取川右岸 2.4 km）〔13〕

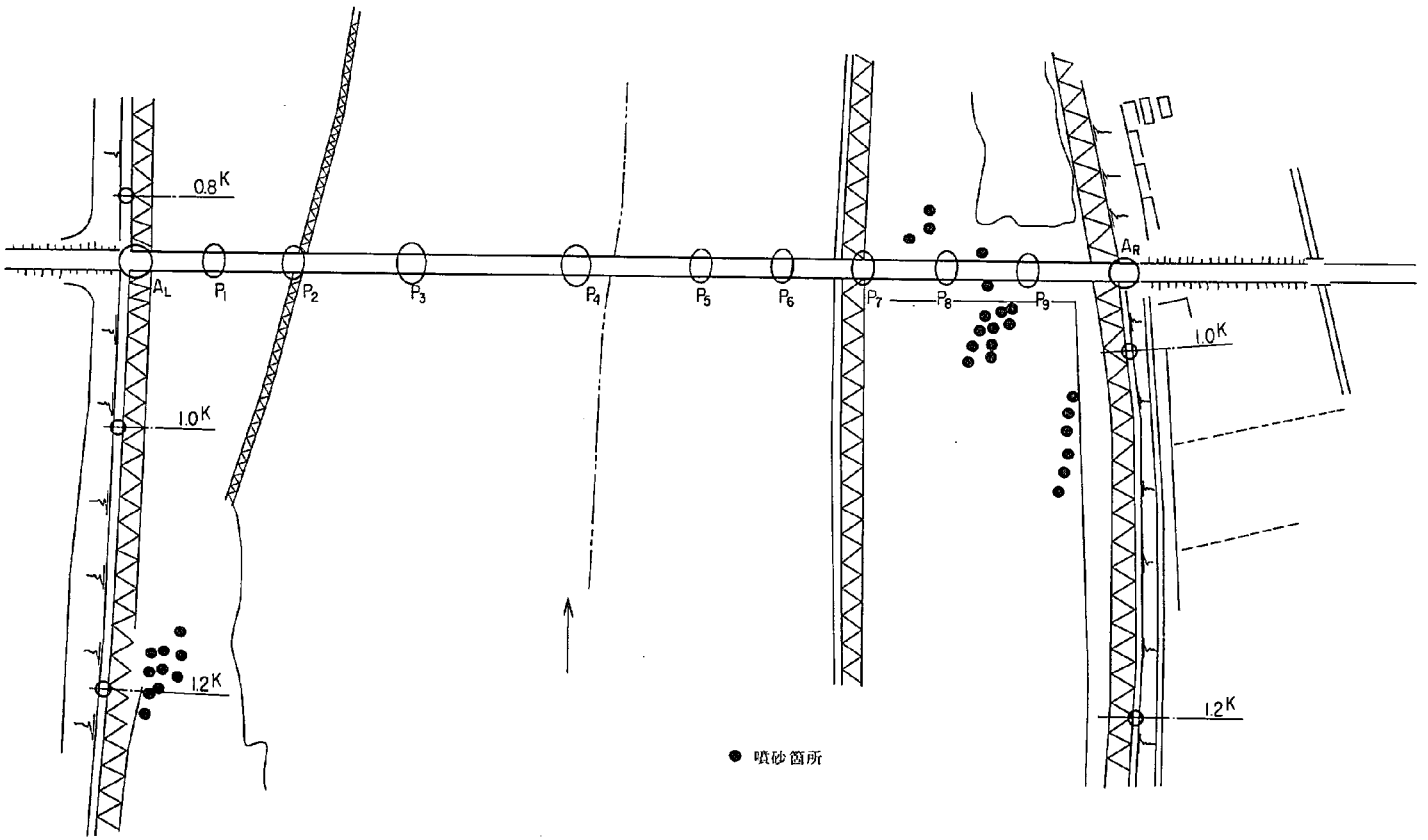


図7－10　流動化分布図（閖上大橋：名取川1.0㎞付近）　—東北地建仙台工事事務所による—

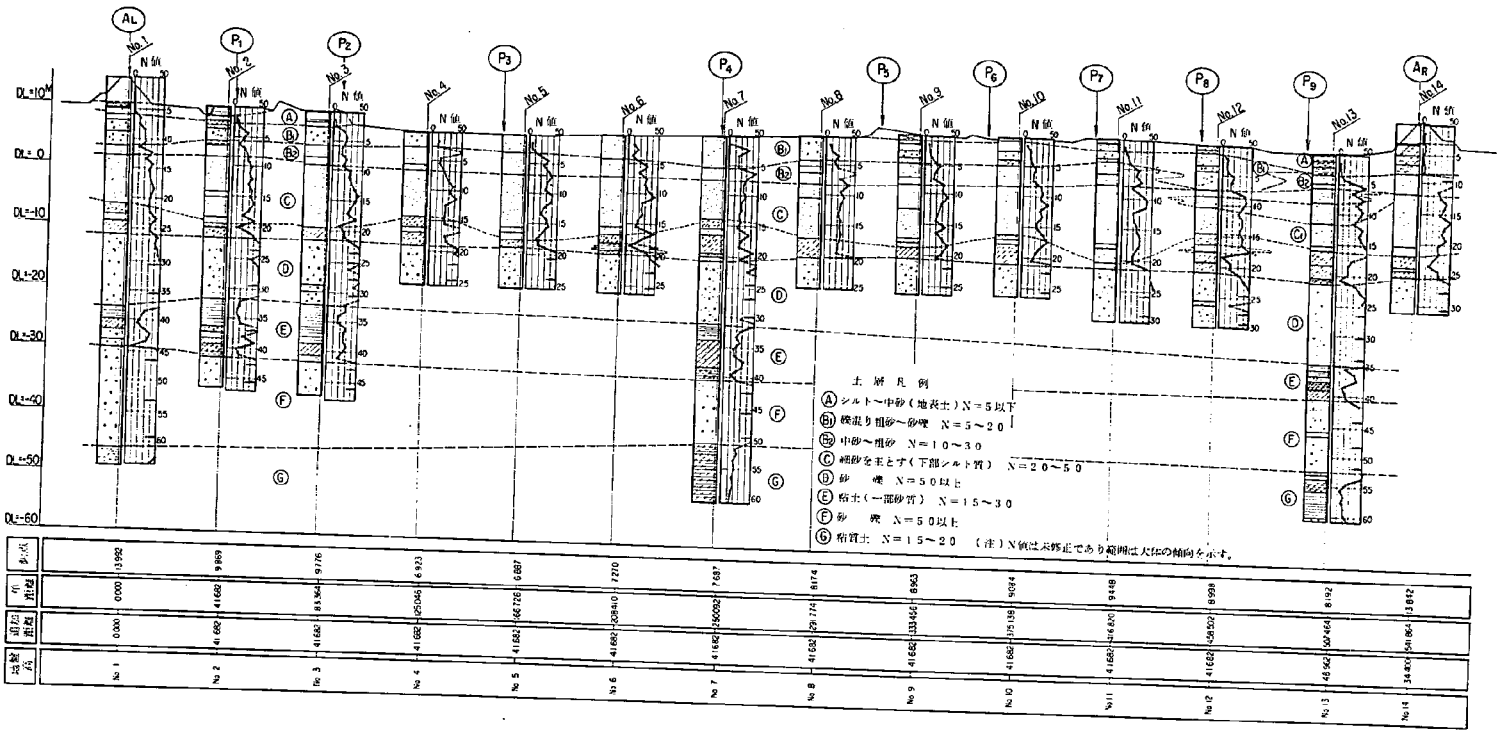


図7－11　閖上大橋の地盤状況図〔17〕

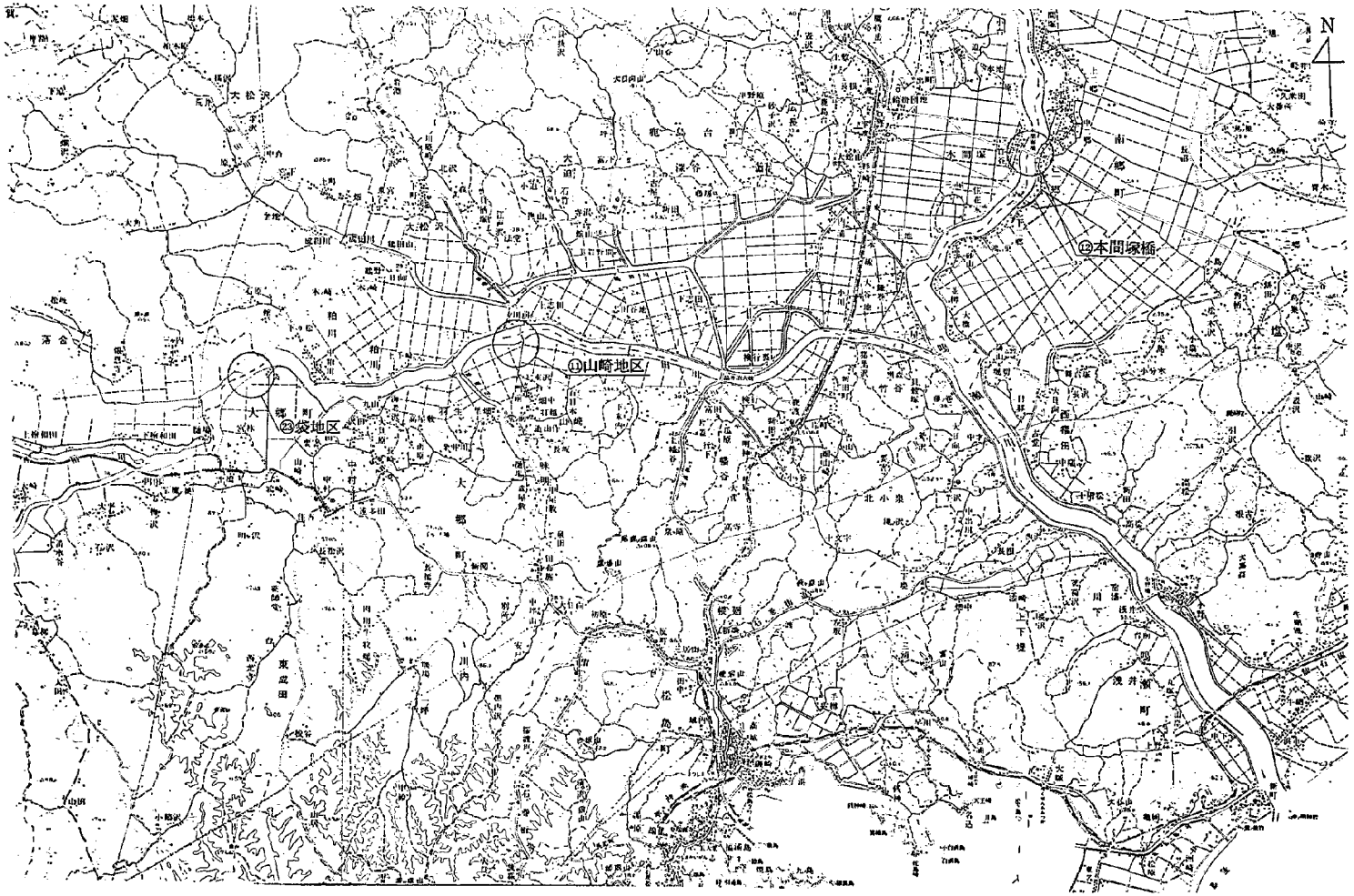


図７－１２　鳴瀬川・吉田川流域図（流動化位置分布）

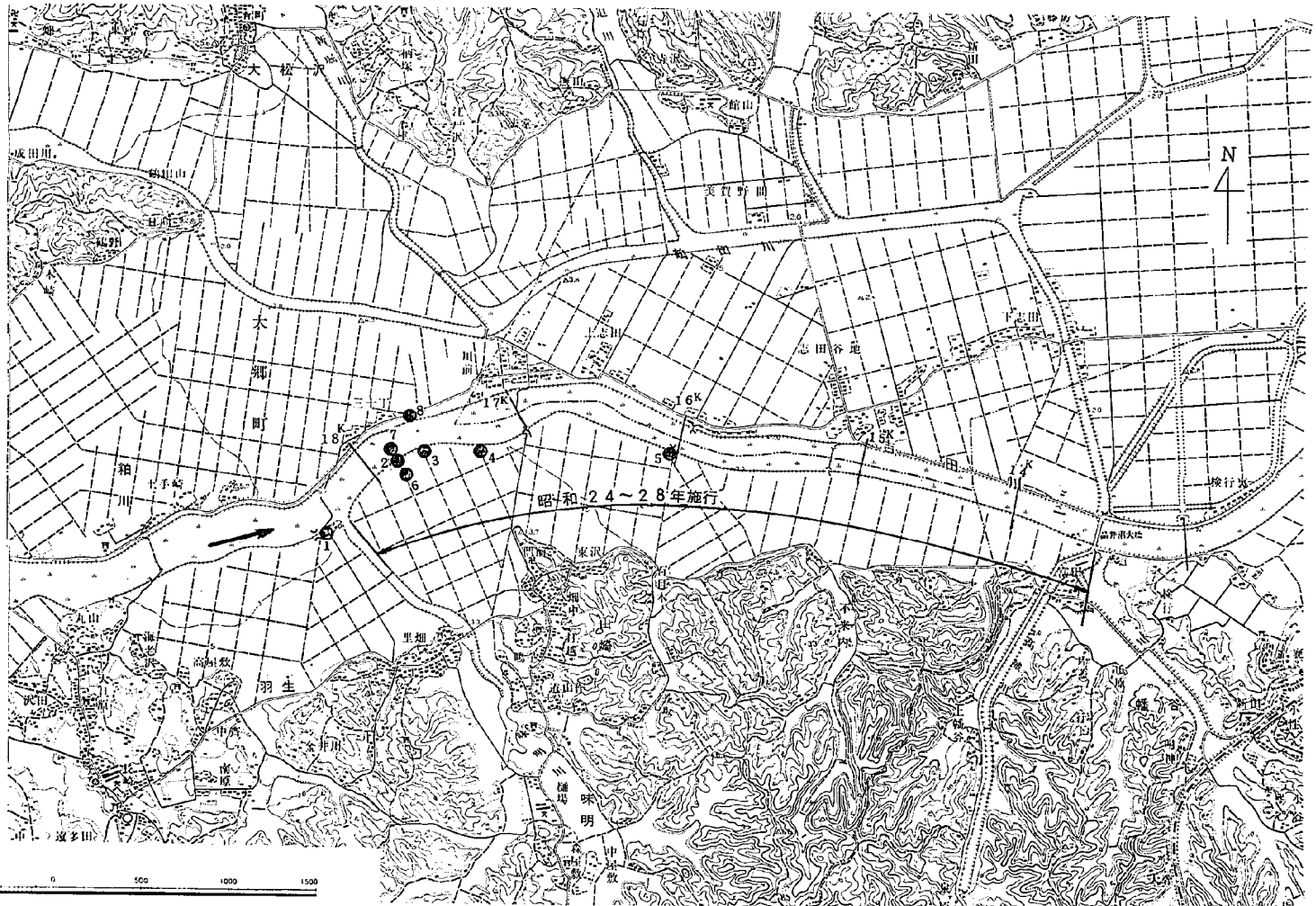


図７－１３　機械ボーリング位置図（山崎地区：吉田川）〔15〕

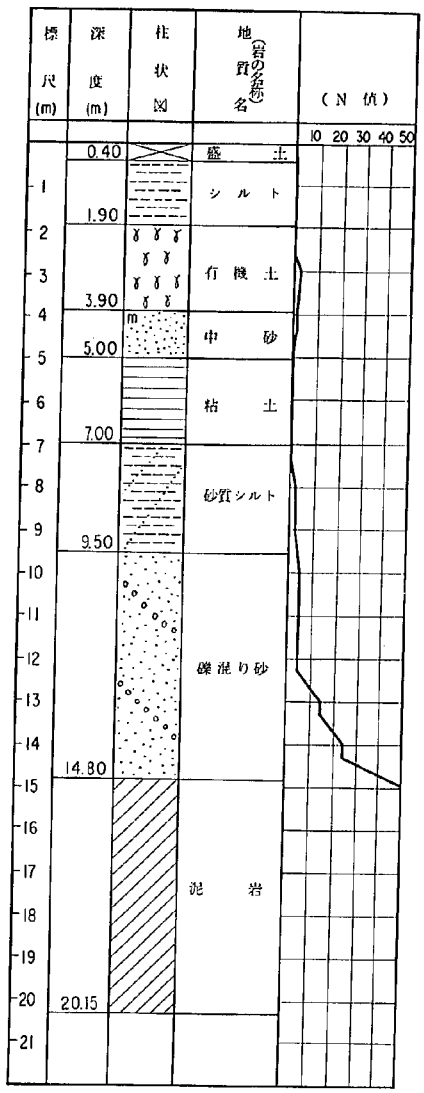


図7－14(a)　吉田川地盤柱状図
（Br.№1）〔15〕

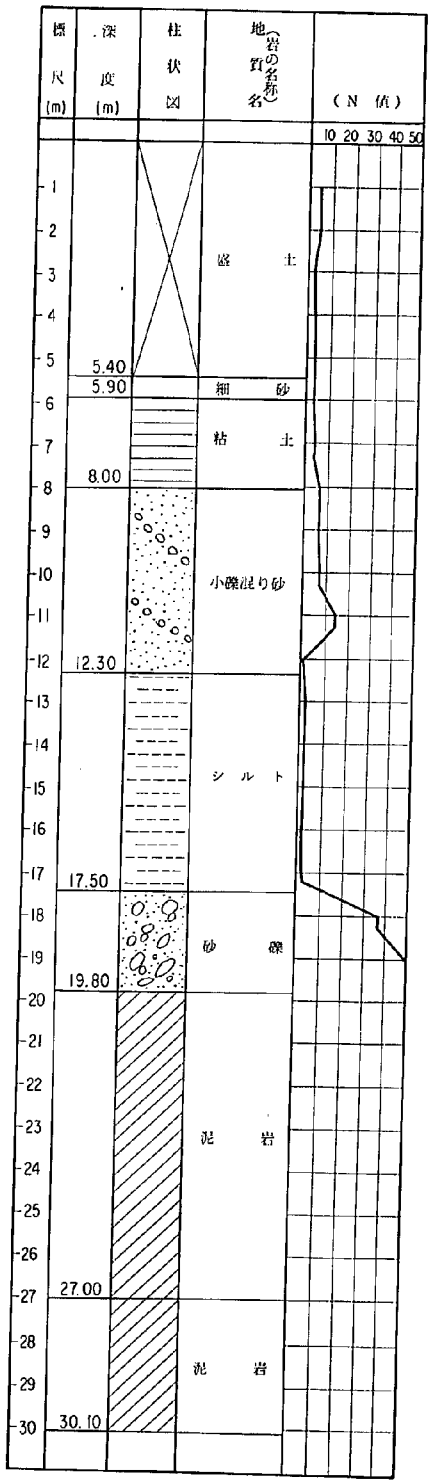


図7－14(b)　吉田川地盤柱状図
（Br.№2）〔15〕

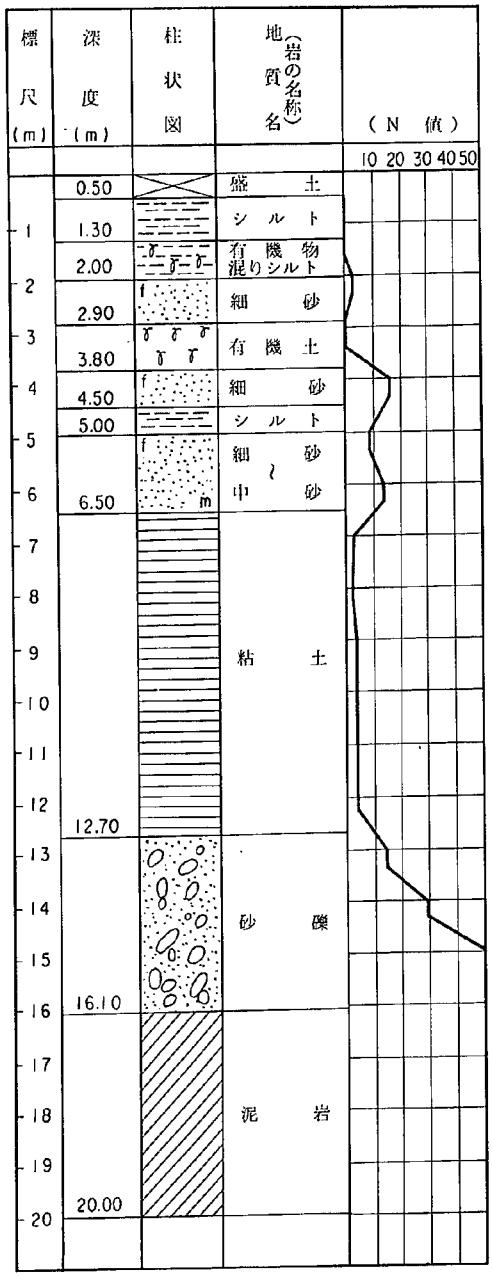


図7－14(c) 吉田川地盤柱状図（Br.No.3）
〔15〕

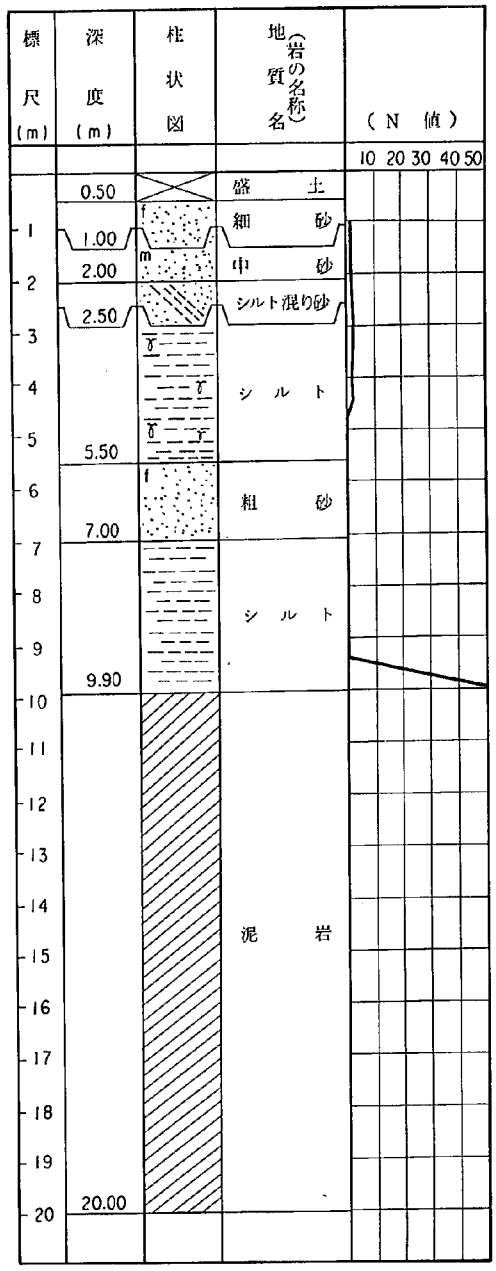


図7－14(d) 吉田川地盤柱状図（Br.No.4）
〔15〕

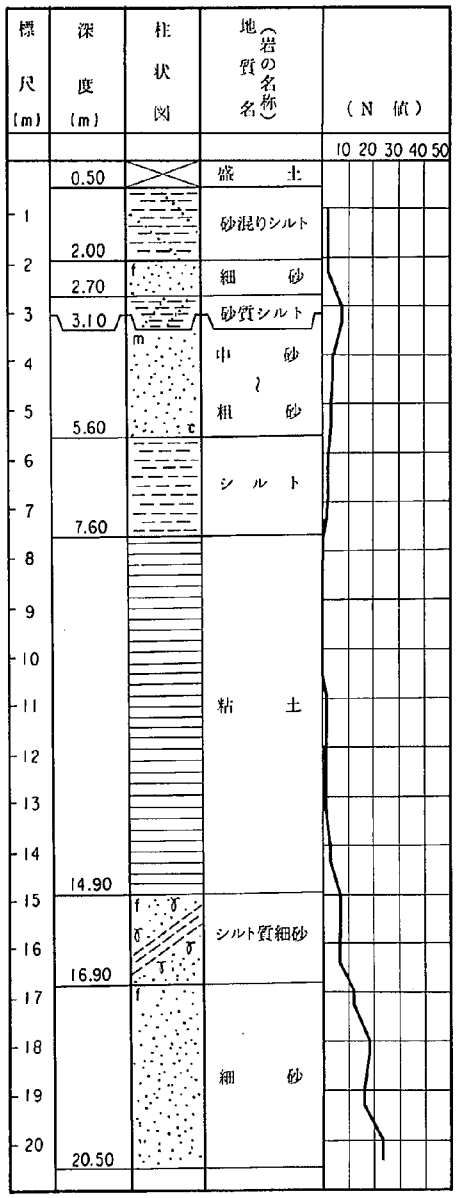


図7－14(e) 吉田川地盤柱状図（Br.No.5）
〔15〕

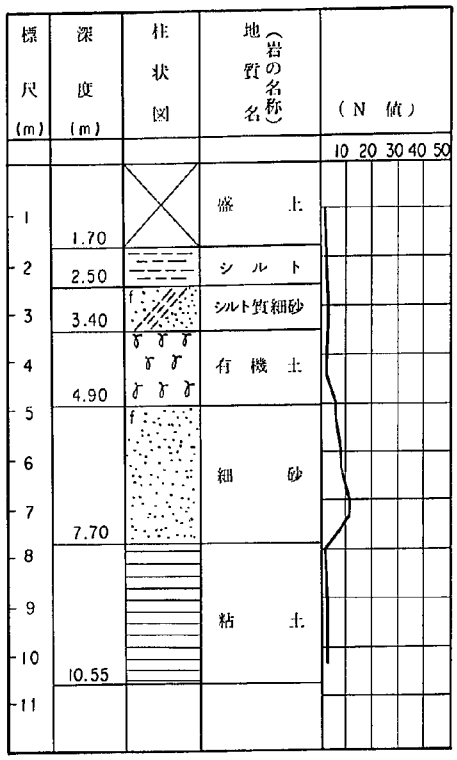


図7－14(f) 吉田川地盤柱状図（Br.No.6）
〔15〕

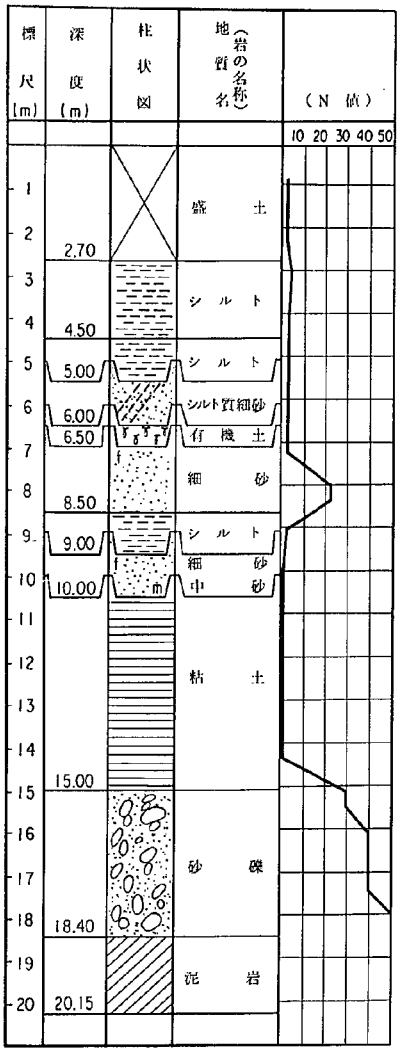


図7－14(g) 吉田川地盤柱状図（Br.No.7）〔15〕

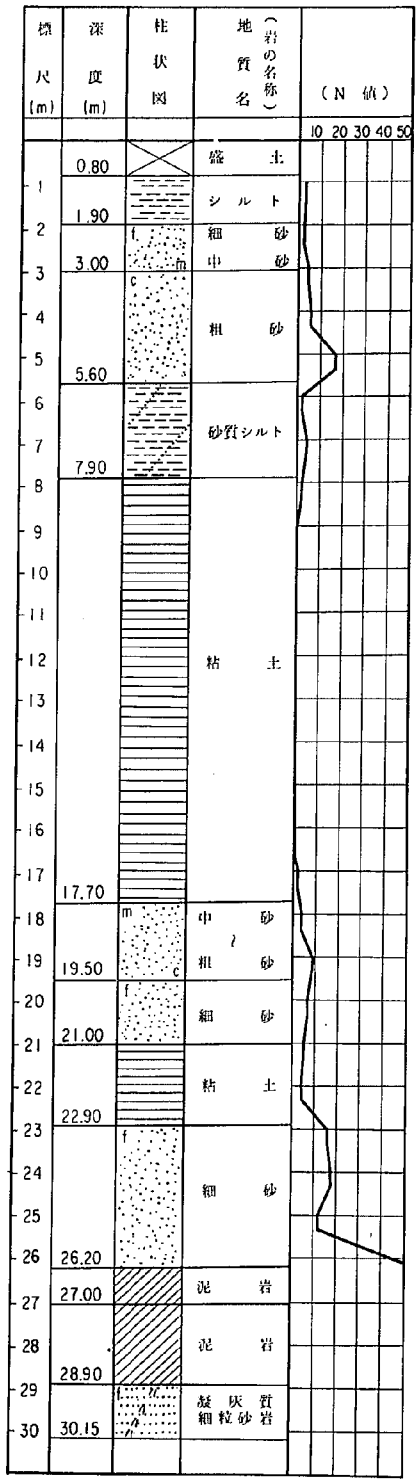


図7－14(h) 吉田川地盤柱状図（Br.No.8）〔15〕

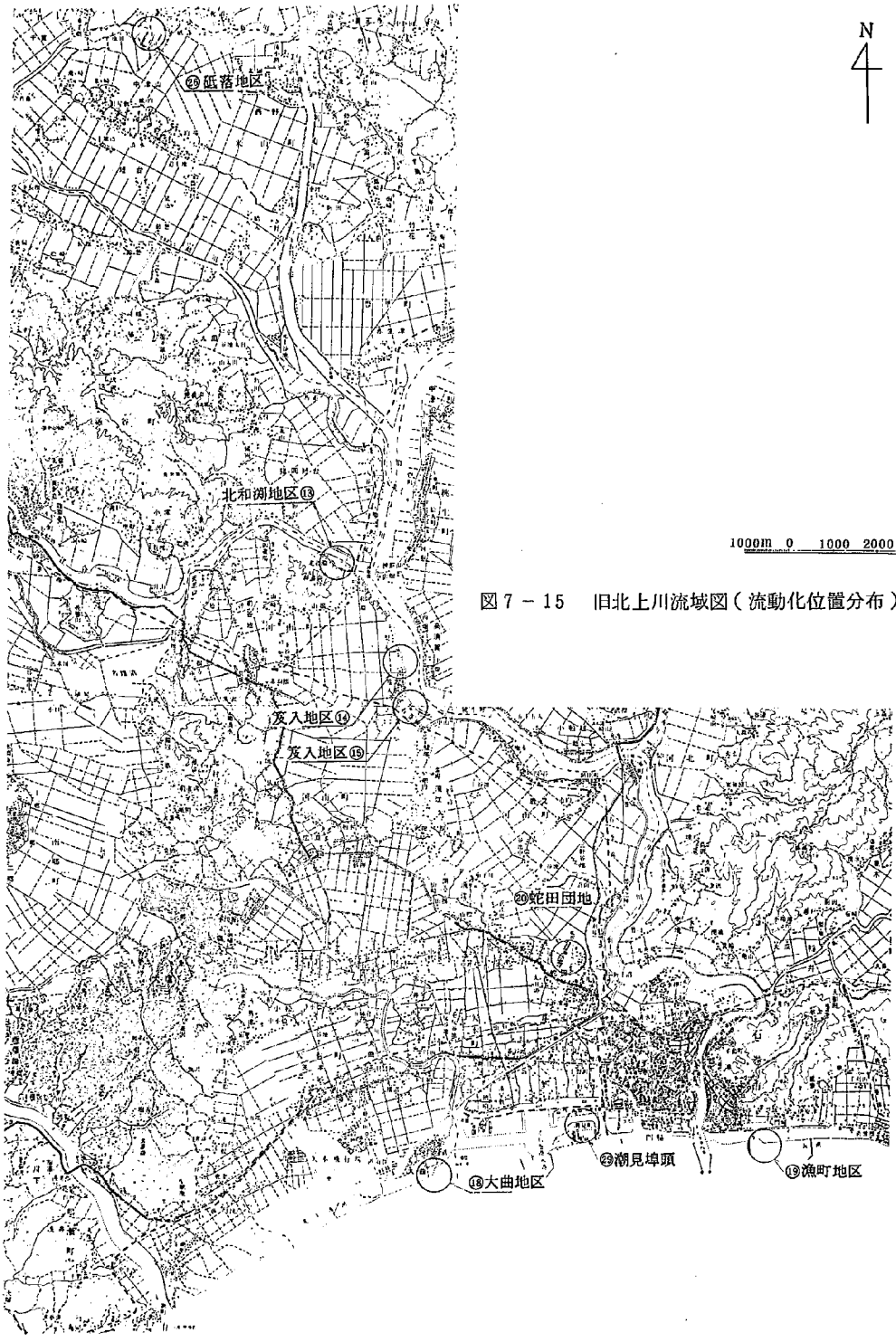


図７－１５　旧北上川流域図（流動化位置分布）

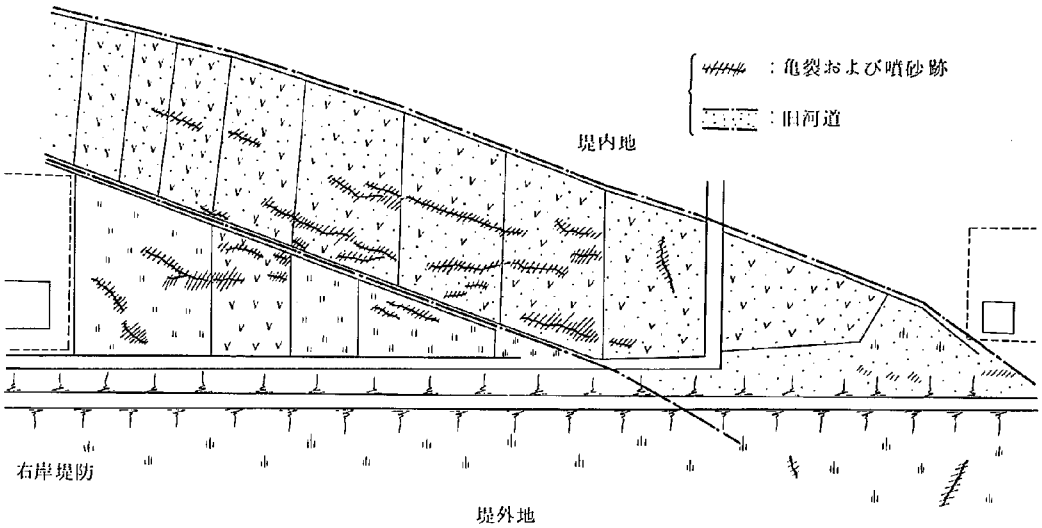


図７－16(a)　流動化分布概要図Ａ（北和淵：江合川右岸）

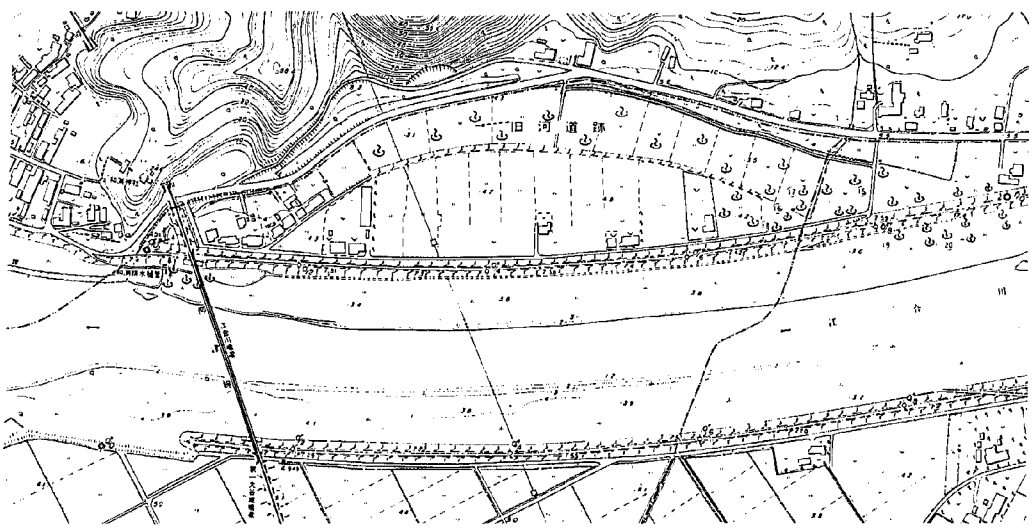


図７－16(b)　流動化分布概要図Ｂ（北和淵：江合川右岸）〔14〕

	試料名	D_{50}(mm)	D_{60}(mm)	D_{10}(mm)	U_c	G_s	e_{max}	e_{min}
①	EA I－1	0.500	0.553	0.256	2.16	2617	1.066	0.746
②	EA I－2	0.430	0.486	0.148	3.28	2638	1.071	0.705
③	EA I－3	0.422	0.467	0.220	2.12	2642	1.060	0.736
④	EA I－4	0.480	0.532	0.253	2.10	2648	0.952	0.673
⑤	EA I－5	0.725	0.890	0.268	3.32	2575	1.109	0.789

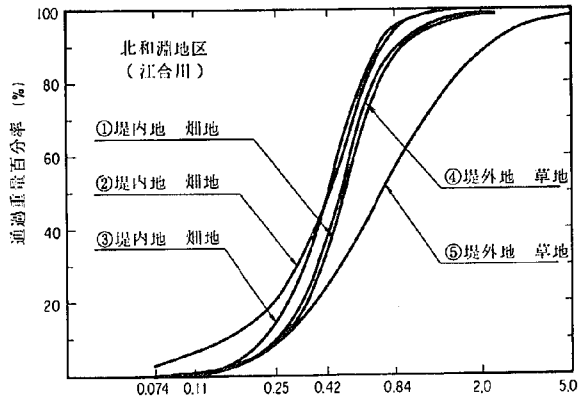


図７－17　噴砂の粒度分布図（北和淵：江合川右岸）

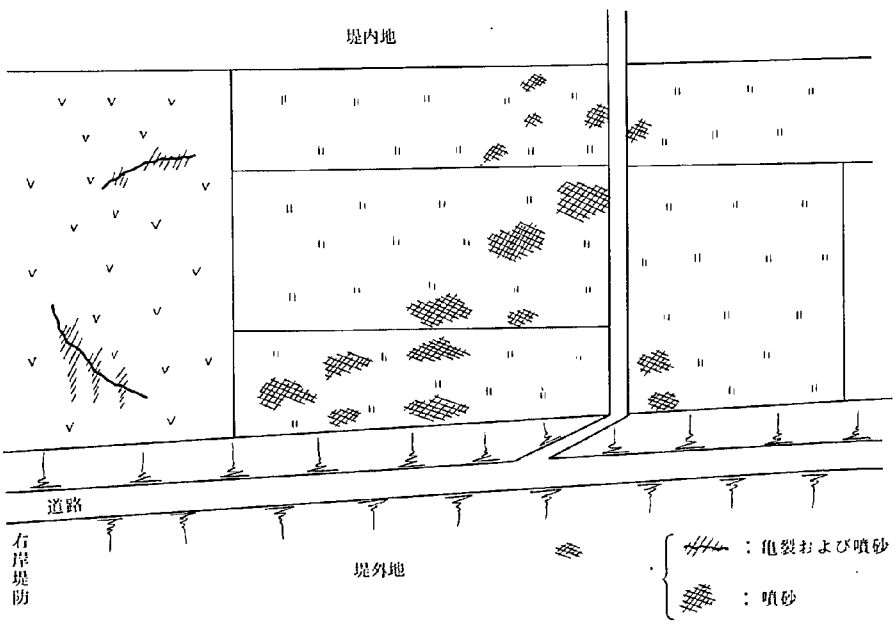


図７－18(a)　流動化分布概要図A（笈入地区 19.9㎞地点：旧北上川右岸）

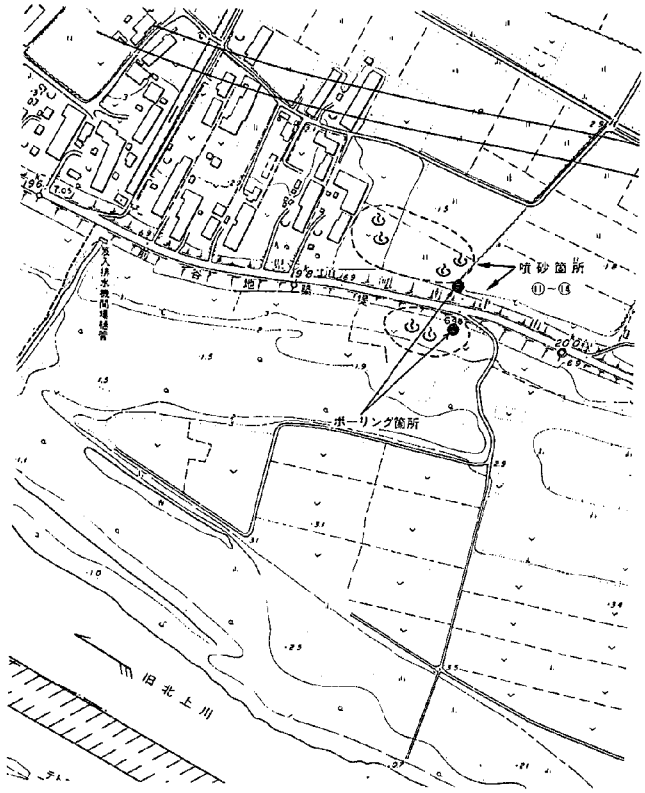


図７－18(b)　流動化分布概要図Ｂ（笈入地区 19.9㎞地点：旧北上川右岸）〔１４〕

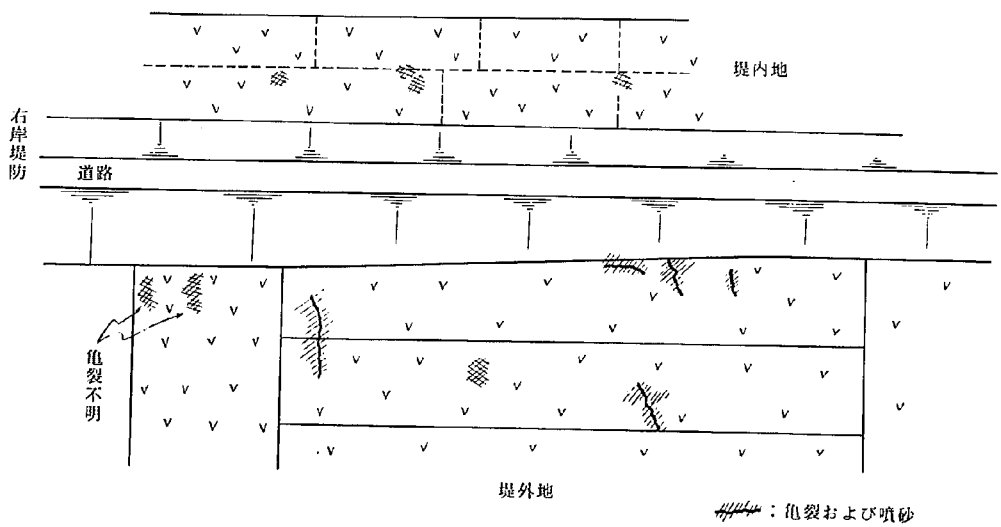


図７－18(c)　流動化分布概要図　（笈入地区 19.2㎞地点：旧北上川右岸）

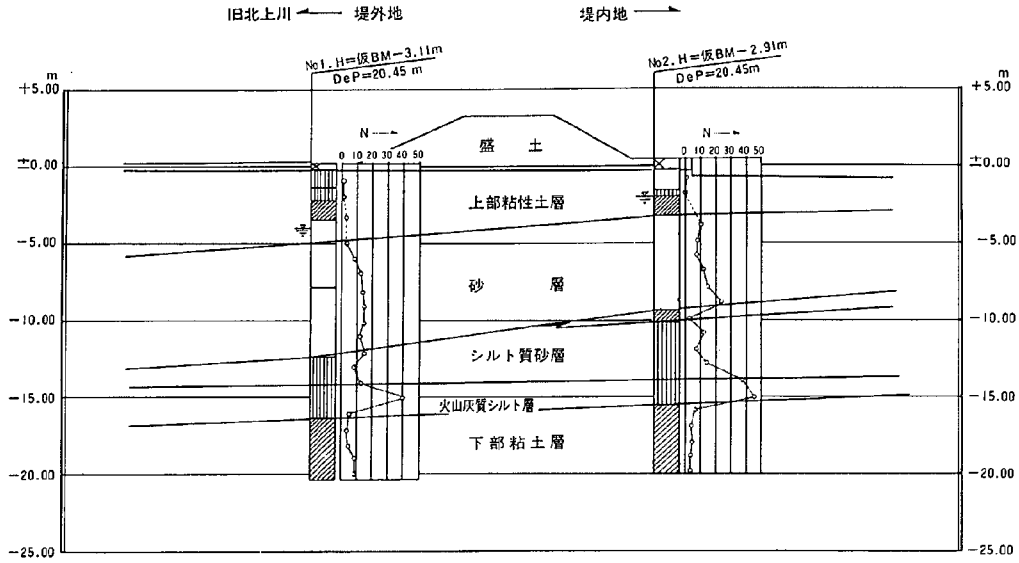


図7－19　地質推定断面図（笈入地区 19.9 km地点：旧北上川右岸）〔14〕

深度 / ボーリング	4	5	6	7
No. 1	6.15 m ～6.45	7.15 m ～7.45	9.15 m ～9.45	12.15 m ～12.45
No. 2	5.15 m ～5.45	7.15 m ～7.45		

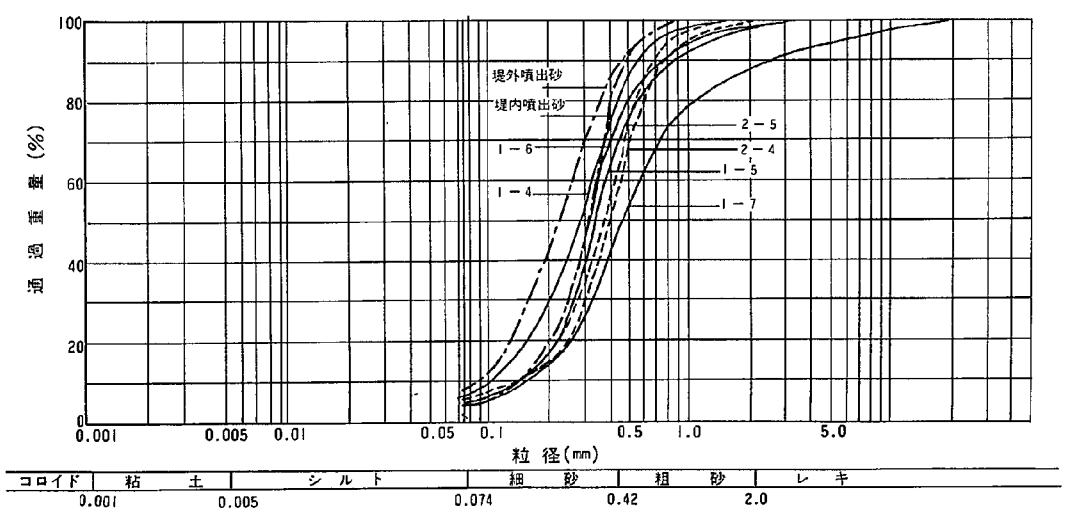


図7－20　地盤調査結果および噴砂の粒度分布（笈入地区 19.9 km地点）〔14〕

	試料名	D_{50}(mm)	D_{60}(mm)	D_{10}(mm)	U_c	G_s	e_{max}	e_{min}
①	KI-1-1	0.315	0.385	0.135	2.85	2.530	1.107	0.743
②	KI-1-2	0.263	0.290	0.120	2.42	2.579	1.156	0.773
③	KI-2-1	0.292	0.313	0.154	2.03	2.556	1.198	0.766

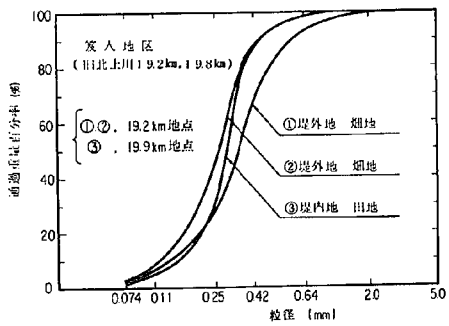


図7－21　噴砂の粒度分布（笈入地区19.9kmおよび19.2km地点）

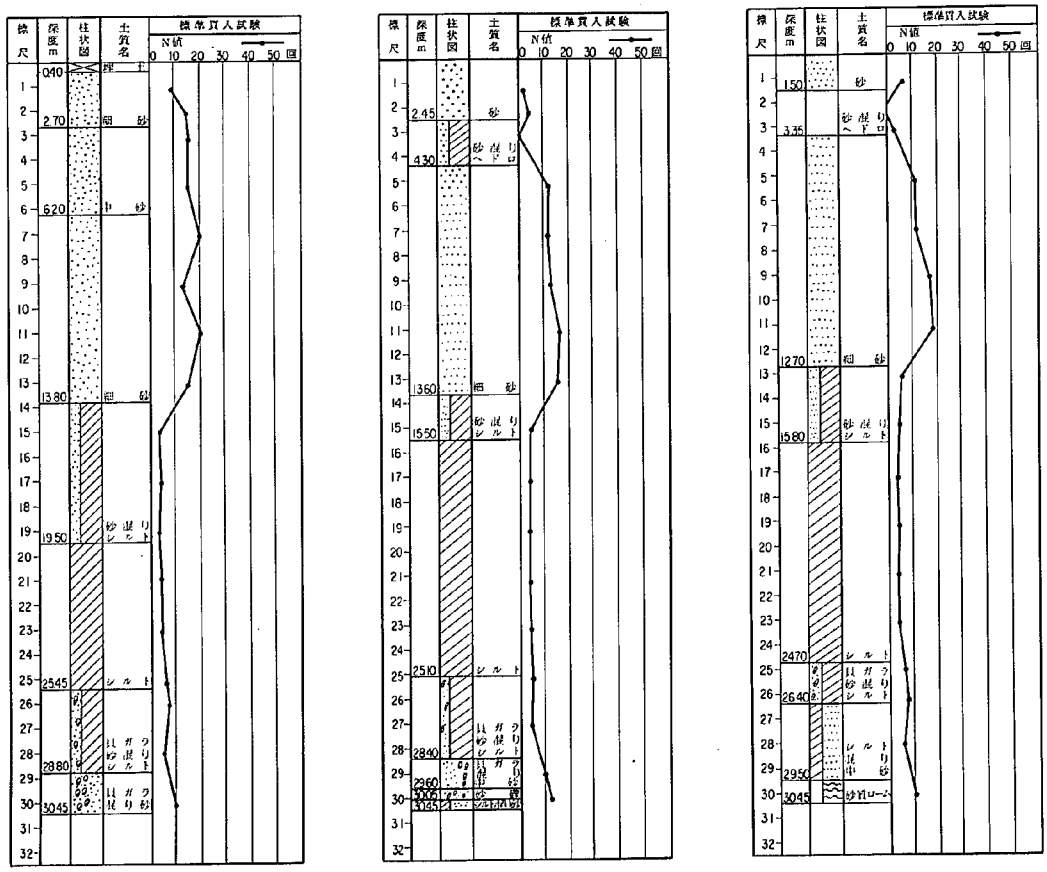


図7－22　流動化地点付近の地盤柱状図（潮見埠頭；石巻港）―宮城県石巻港湾事務所による―

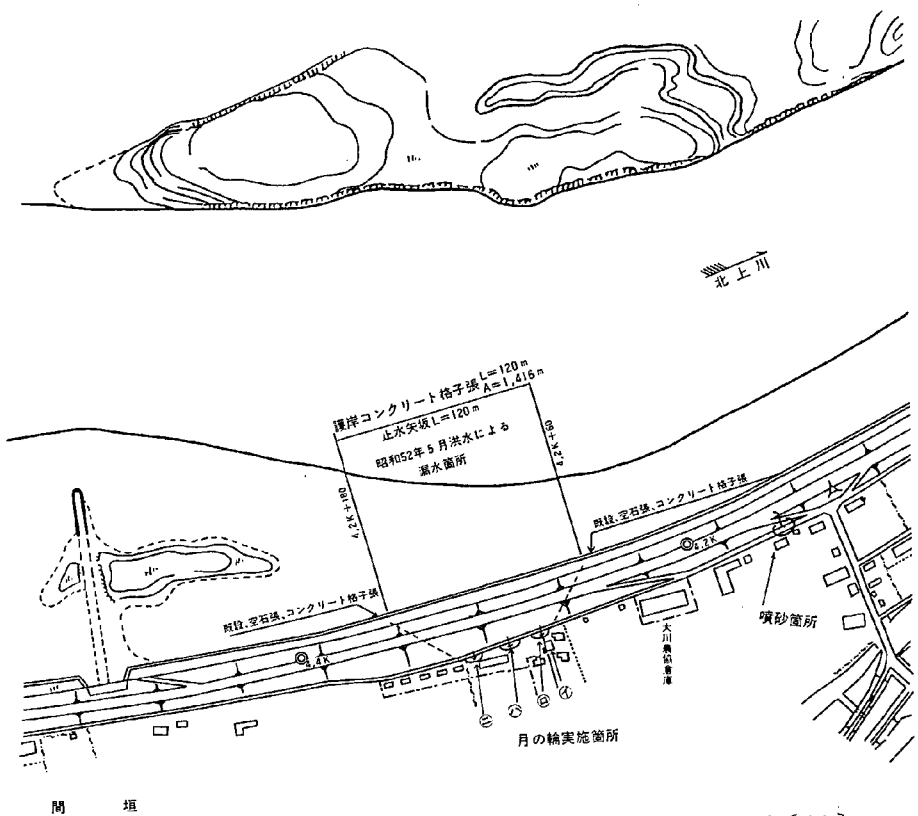


図7－23　噴砂箇所位置図（間垣地区：北上川右岸4.2 km）〔14〕

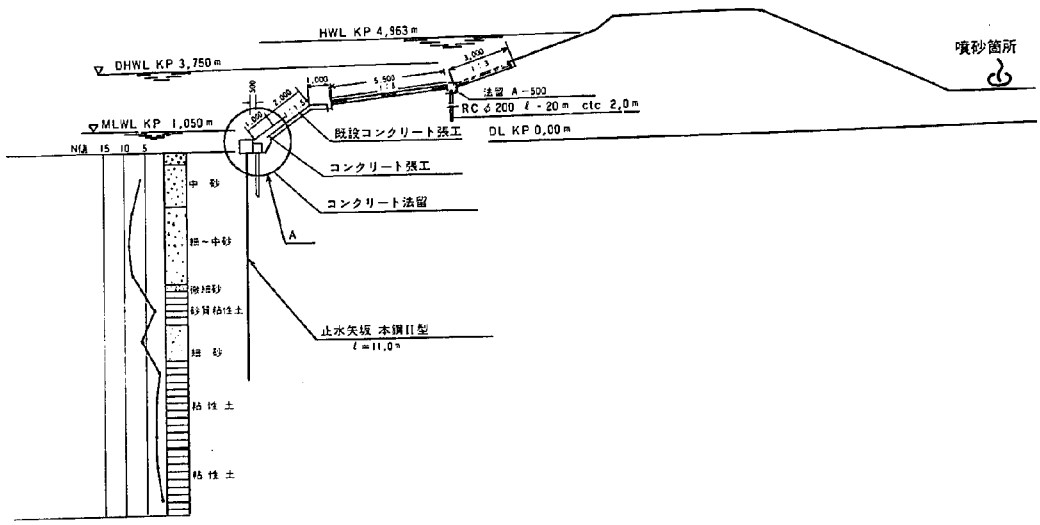


図7－24　標準堤防断面図および地盤柱状図（間垣地区）〔14〕

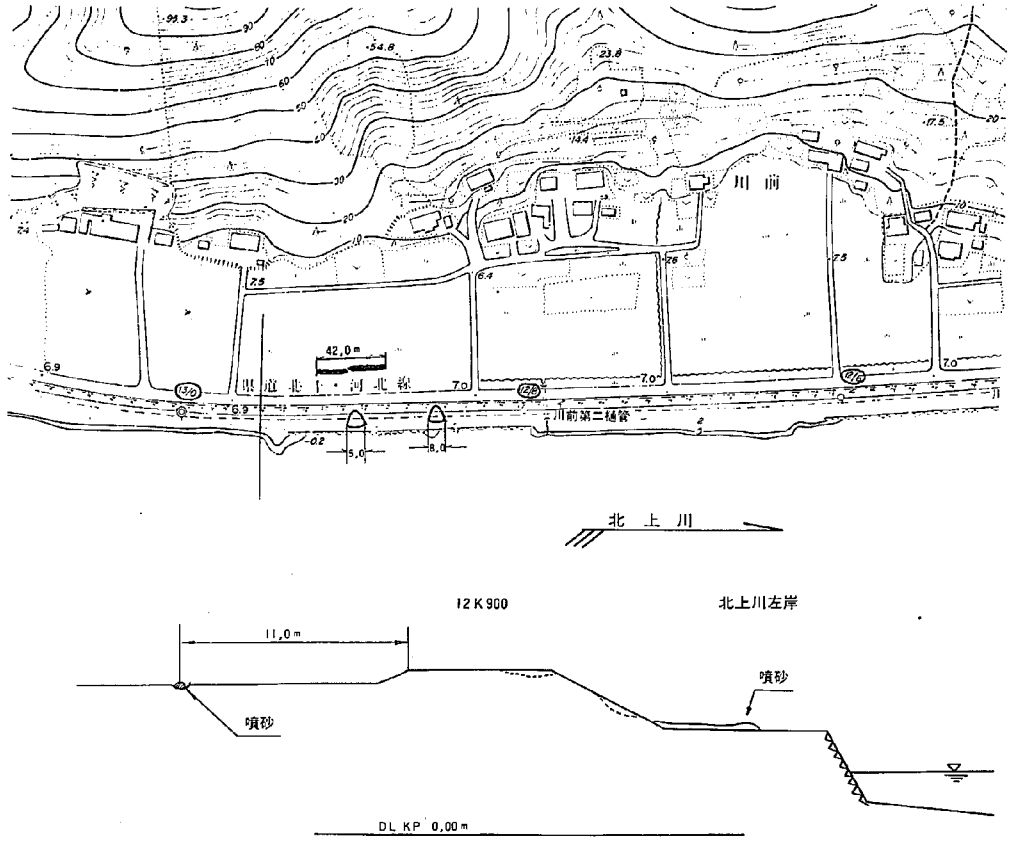


図７－25　噴砂箇所位置図（川前地区：北上川左岸12.9㎞）〔14〕

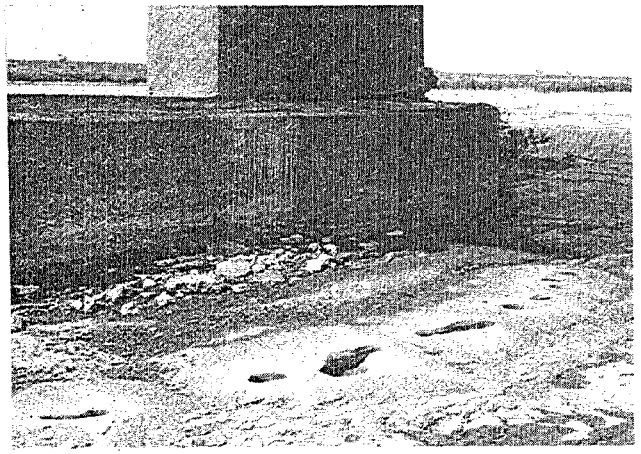


写真７－１　橋脚周辺の噴砂（阿武隈橋：P_6）〔35〕

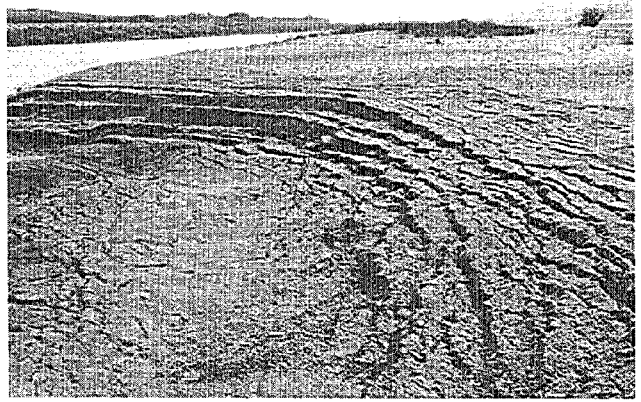


写真７－３　橋脚周辺の地盤沈下（阿武隈橋：P_4）〔35〕



写真７－２　低水敷の亀裂（阿武隈橋）

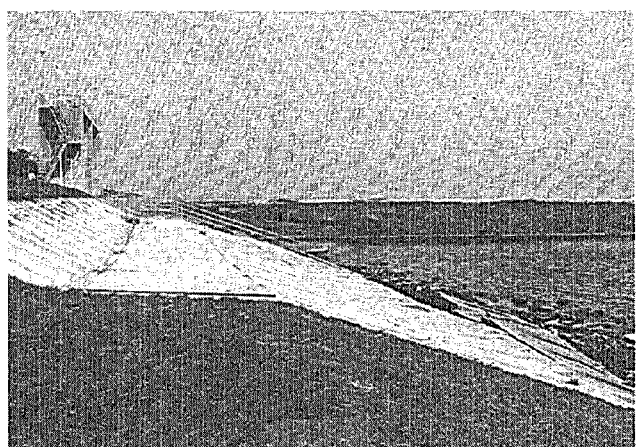


写真７－４　新浜水門のコンクリート張護岸（堤外地：上流側）〔35〕

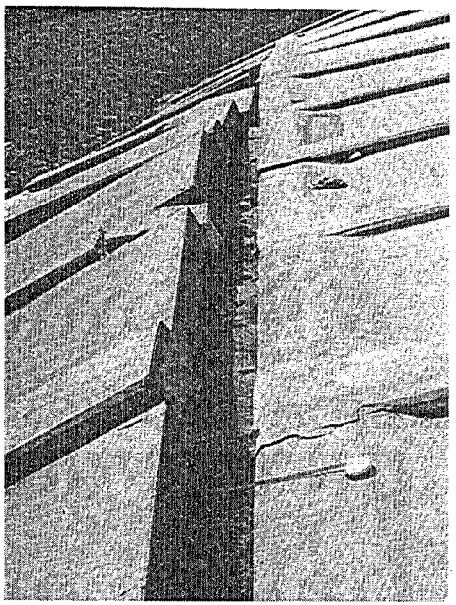


写真７－５
はらみ出したコンクリート
護岸裏の噴砂（新浜水門）
〔35〕

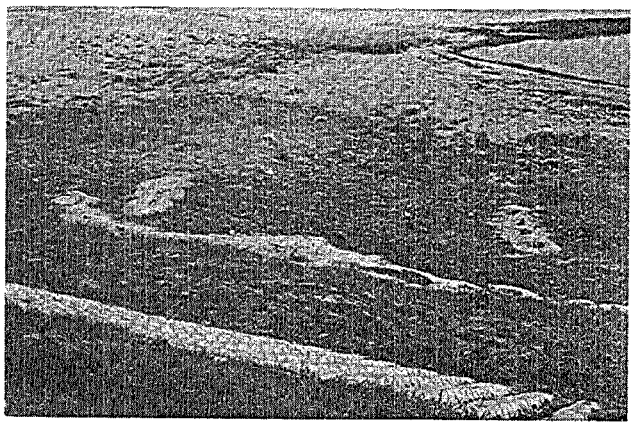


写真７－７
堤防法尻付近の噴砂（阿武
隈川河口左岸〔36〕



写真７－６
堤防天端の亀裂・沈下
（新浜水門：上流側）
〔35〕

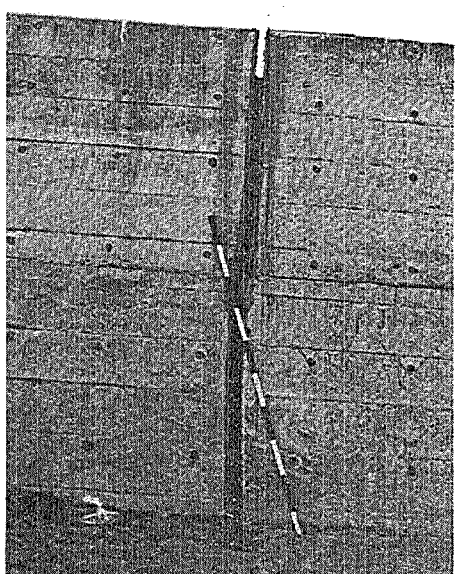


写真７－８
海岸護岸継目の開口
（阿武隈川河口左岸）
〔36〕

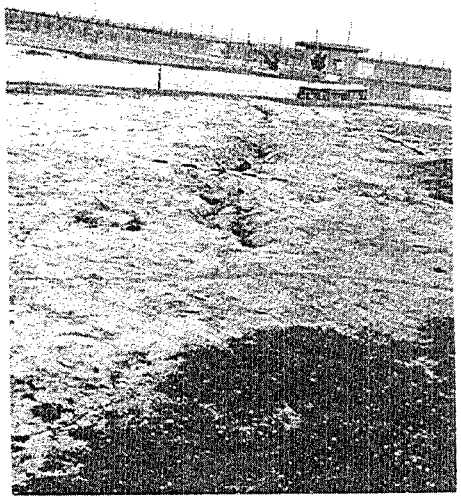


写真７－９
グランドの噴砂（新浜：国民保養センター）〔36〕

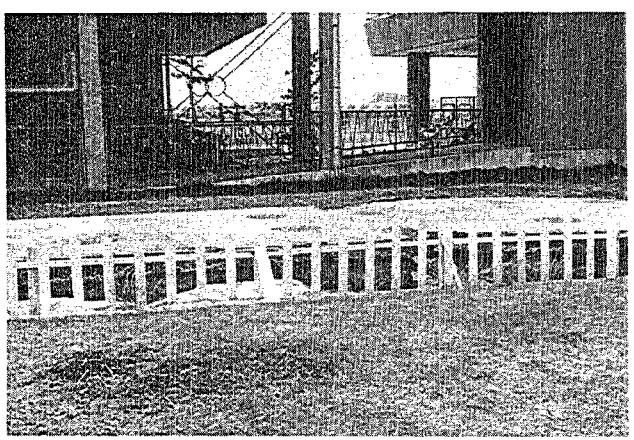


写真７－10
浄化槽の浮上
（新浜：国民保養センター）〔36〕



写真７－11　護岸の陥没（鳥の海：鳥屋崎）〔36〕

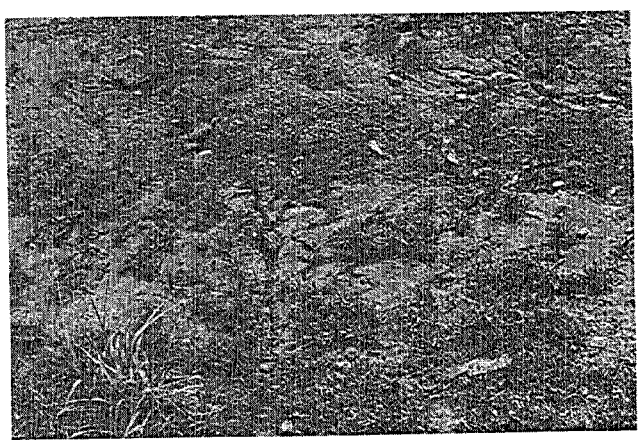


写真７－12　橋脚固定の噴砂（名取大橋：P_4）〔35〕

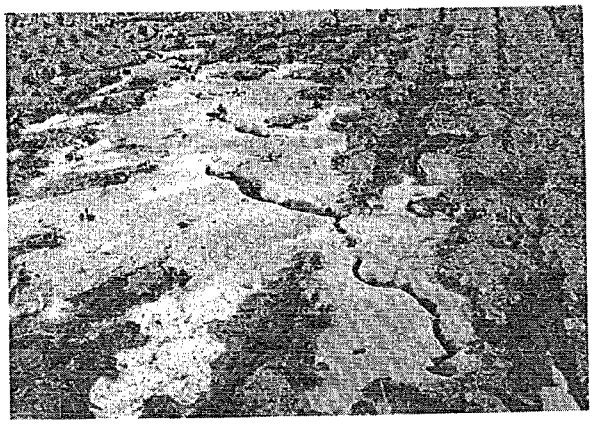


写真７－１３　噴砂例（中村地区：堤外地）



写真７－１４　噴砂状例（中村地区：堤外地）

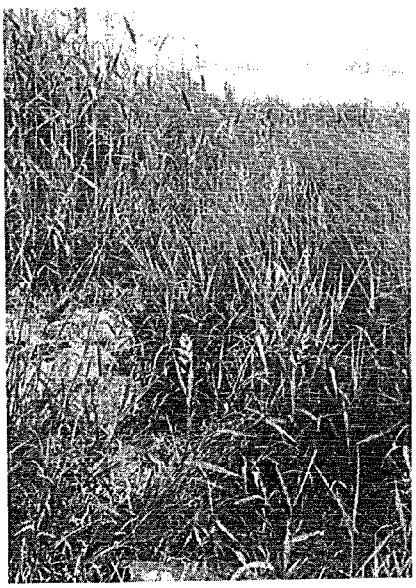


写真７－１５　噴砂例（中村地区：堤内地法尻）



写真７－１６　噴砂例（中村地区：堤内地法尻）〔３５〕

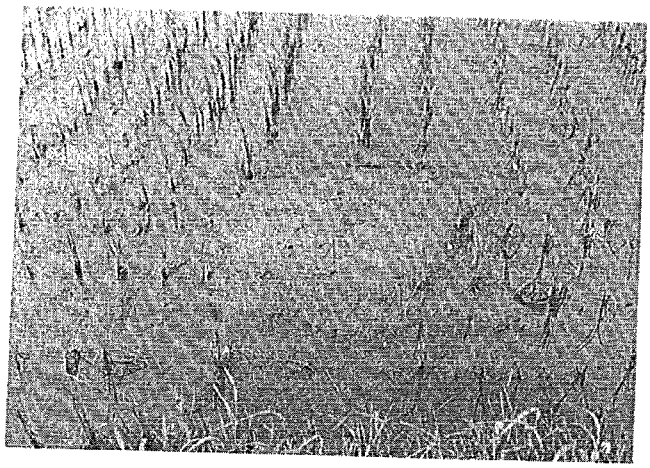


写真７－17　噴砂例（中村地区：堤内地田地）
〔35〕

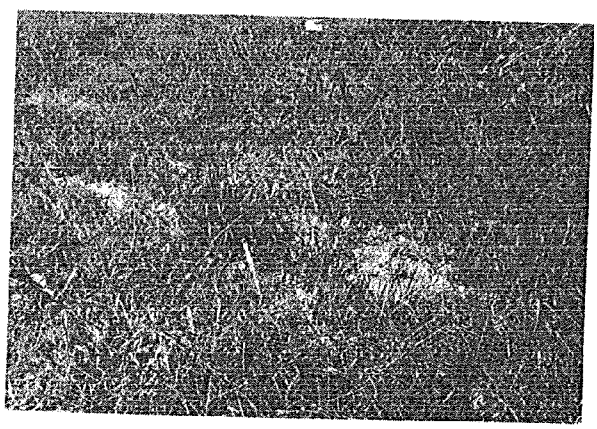


写真７－18　噴砂状況（閖上上地区：堤内地猿候沼周辺）―S.58.10.12撮映―



写真７－19　噴砂状況（閖上上地区：堤外地高水敷）
―東北地建仙台工事事務所による―

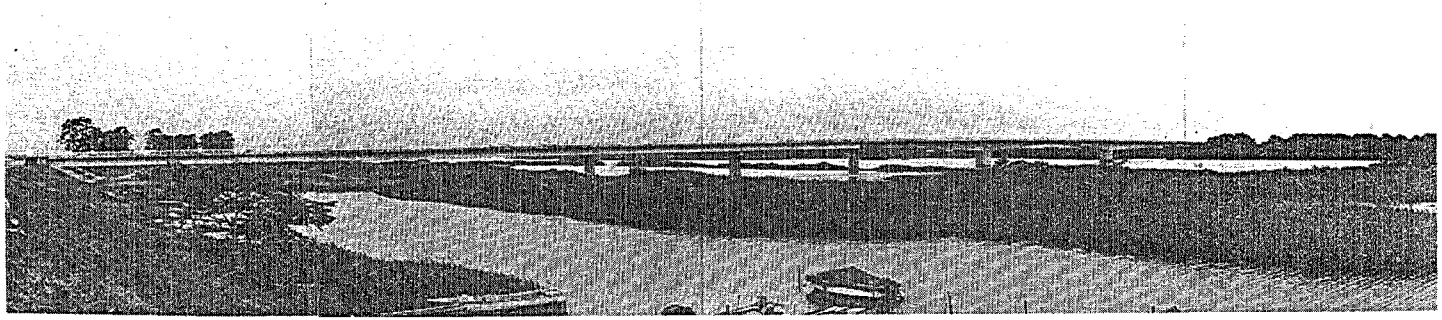


写真７－20　閖上大橋全景（下流右岸から）

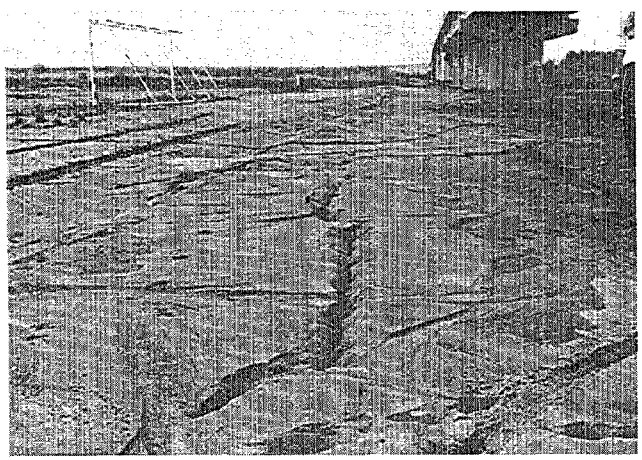


写真７－21　噴砂例（閖上大橋：P_8～P_9上流側高水敷）〔35〕

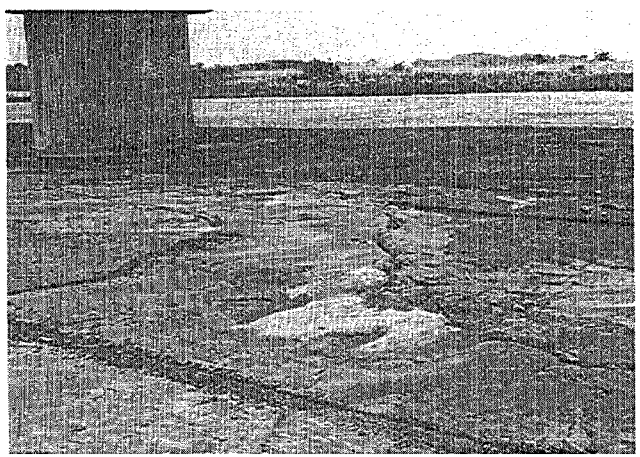


写真７－22　噴砂例（閖上大橋：P_8付近高水敷）〔35〕

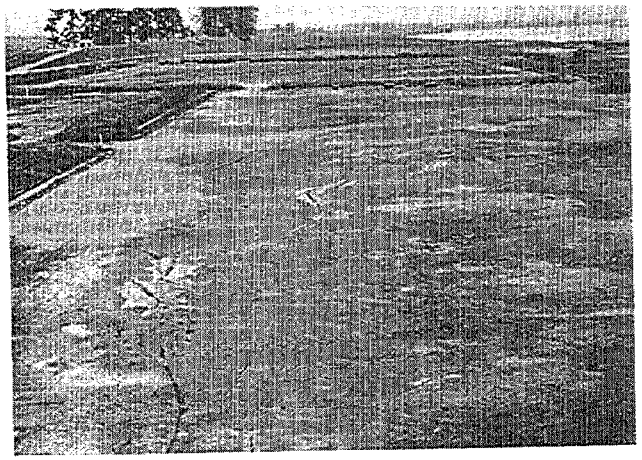


写真７－23　噴砂状況（閖上大橋：上流側高水敷）〔35〕

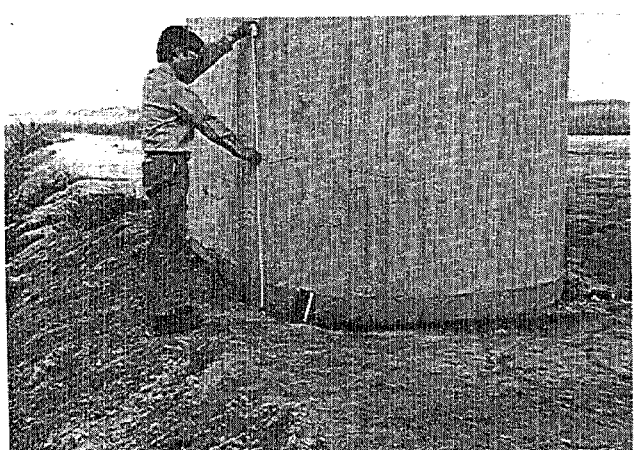


写真７－24　橋脚周辺地盤の沈下（閖上大橋：P_6）〔35〕

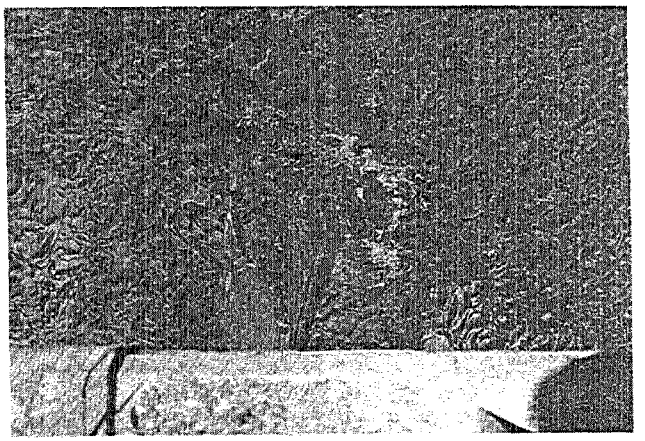


写真７－25　橋脚周辺の噴砂（木間塚橋：鳴瀬川，P_5）〔35〕



写真７－26　噴砂例（木間塚橋：上流20ｍ程）〔35〕

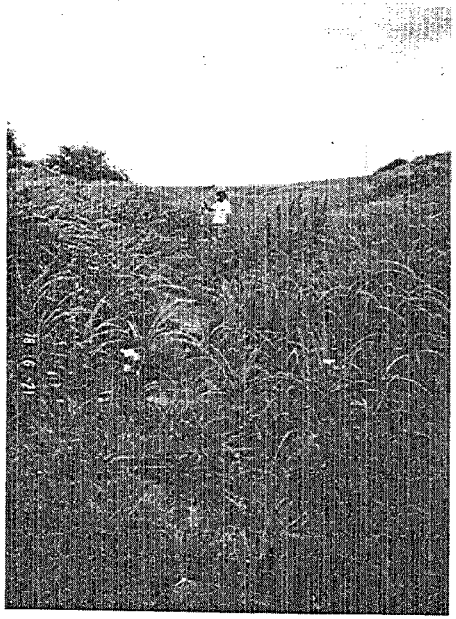


写真７－27　噴砂例（山崎地区：吉田川堤外地）
〔36〕



写真７－28　噴砂例（山崎地区：吉田川堤外地）
〔36〕

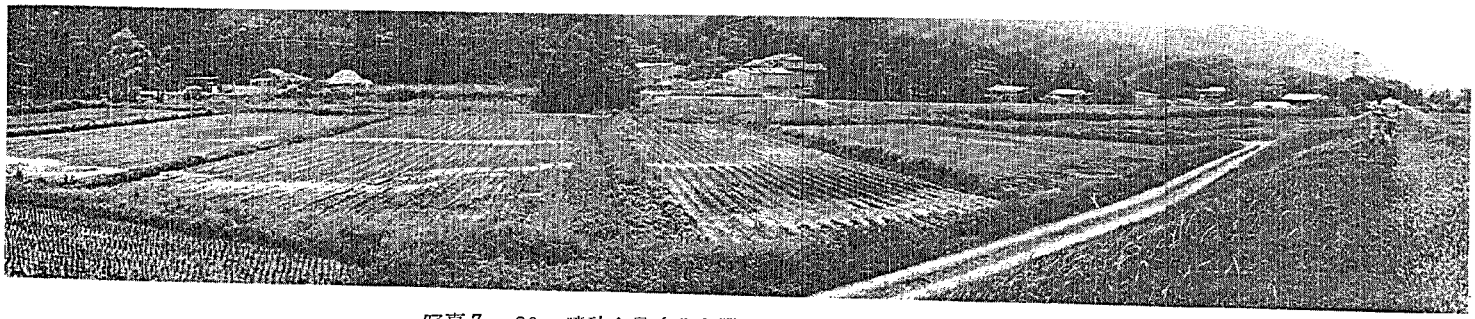


写真７－29　噴砂全景（北和淵：江合川右岸堤内地）

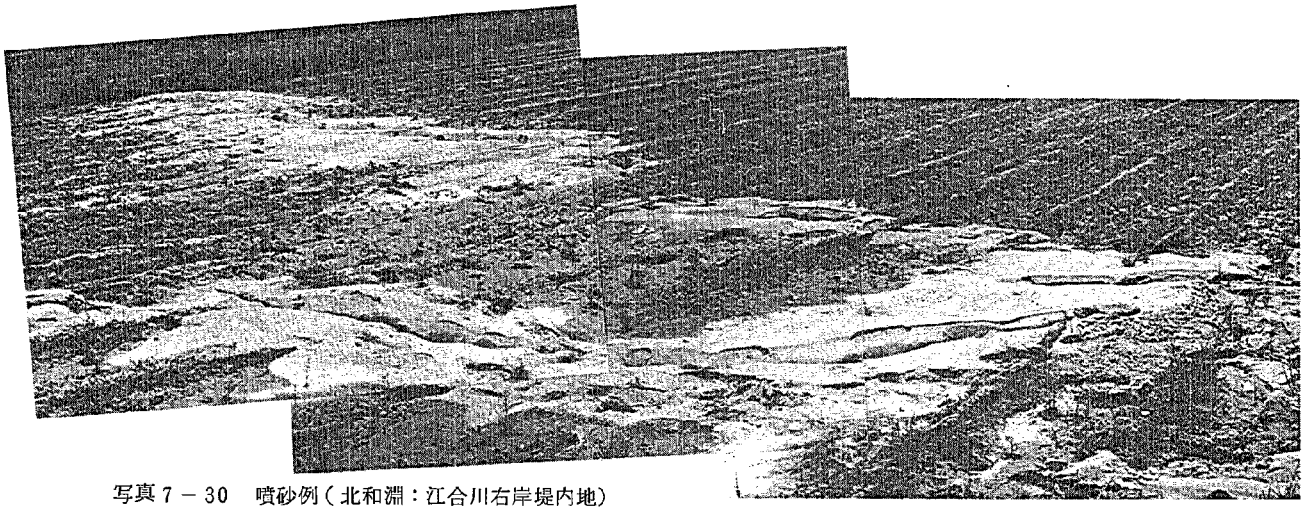


写真７－30　噴砂例（北和淵：江合川右岸堤内地）

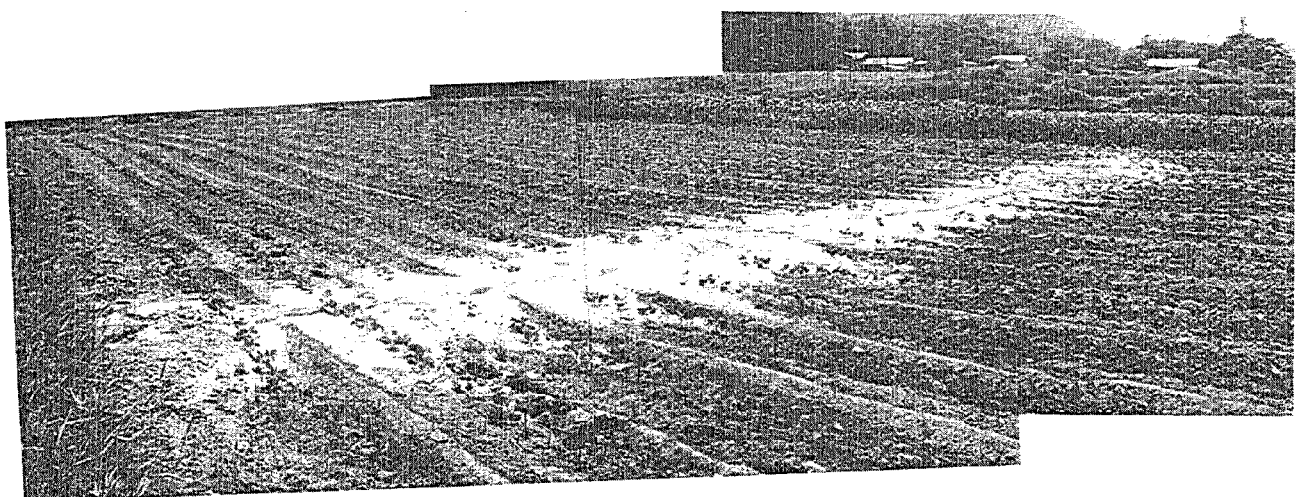
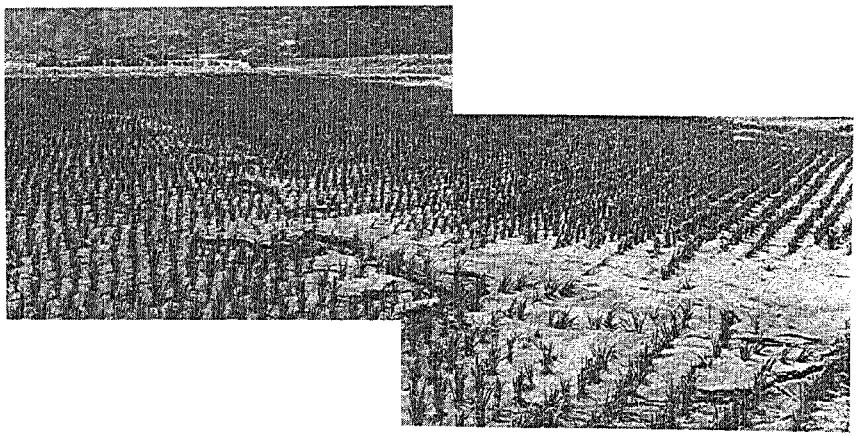


写真７－31　噴砂例（北和淵：江合川右岸堤内地）

写真７－32　噴砂例（北和淵：江合川右岸堤内地）



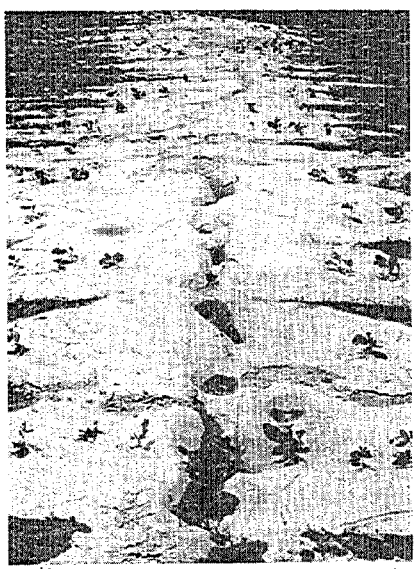


写真７－33　噴砂例（北和淵：堤内地）

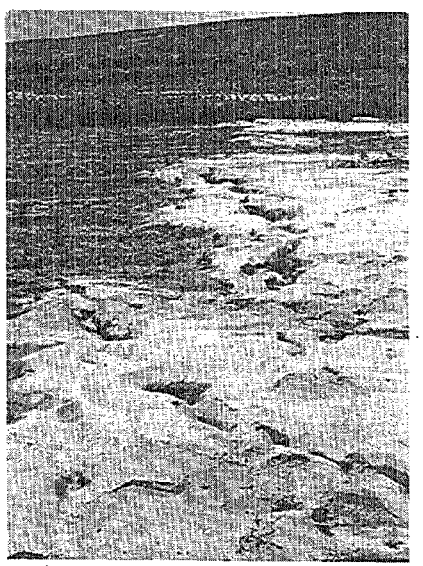


写真７－34　噴砂例（北和淵：堤内地）



写真７－35　噴砂例（北和淵：堤外地）

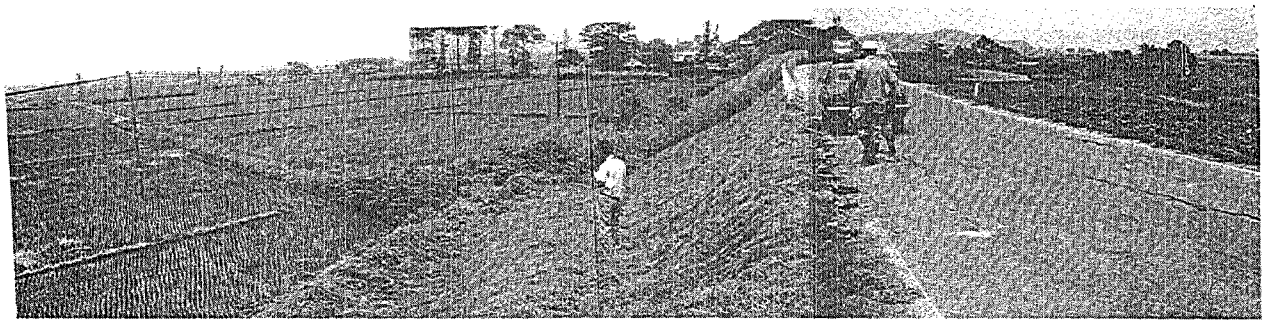


写真７－36　堤防および噴砂（笈入地区 19.9 km
地点：旧北上川右岸）

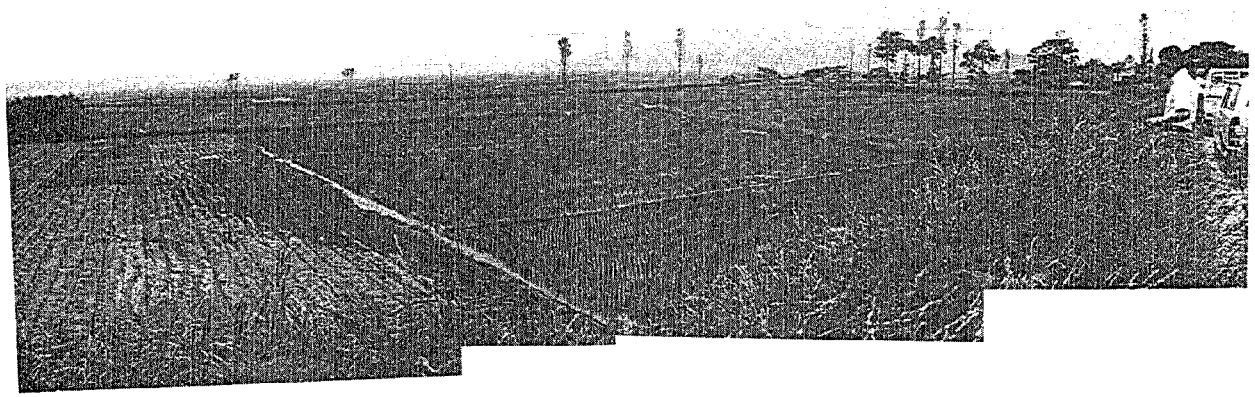


写真７－37　堤内地側の噴砂全景（笈入地区19.9
km地点：旧北上川右岸）

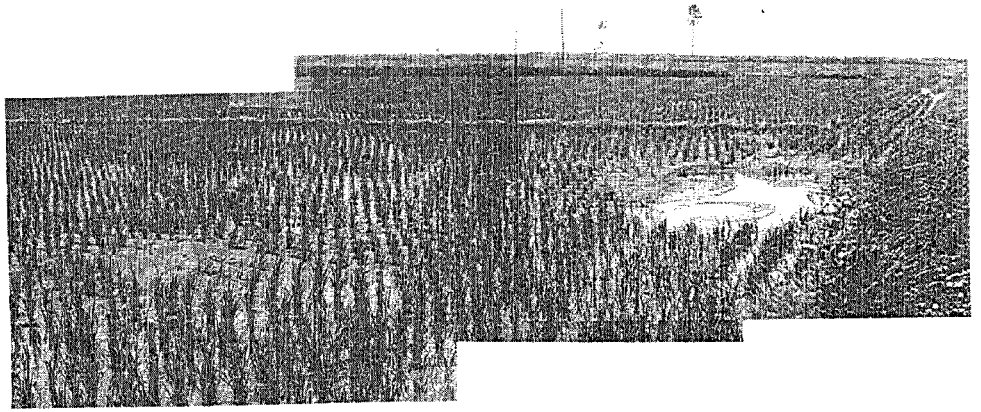


写真７－３８　噴砂例（笈入地区１９.９㎞地点：堤内地）



写真７－３９　噴砂全景（笈入地区１９.２㎞地点：堤外地）

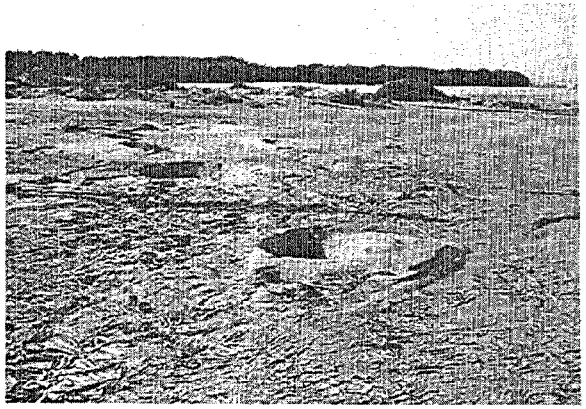


写真７－40
噴砂例（大曲地区：
海外護岸の後背地）
〔36〕

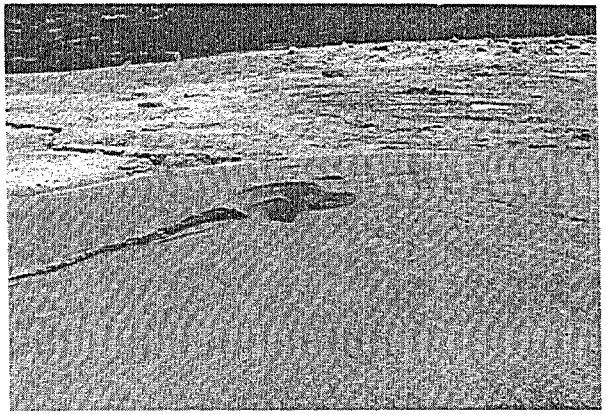


写真７－42
噴砂例（魚町地
区：全漁連石巻
油槽所周辺）
〔38〕

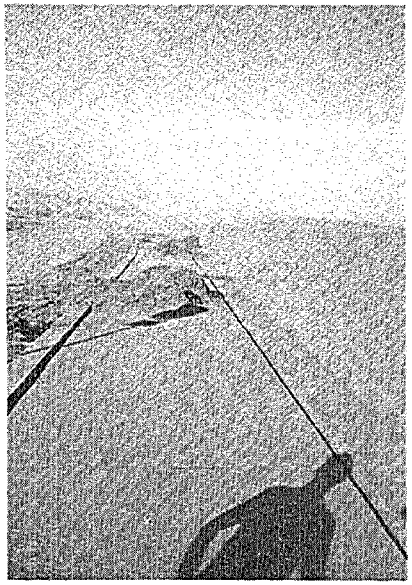


写真７－41
噴砂地点付近の海岸護岸の変状
（大曲地区）〔36〕

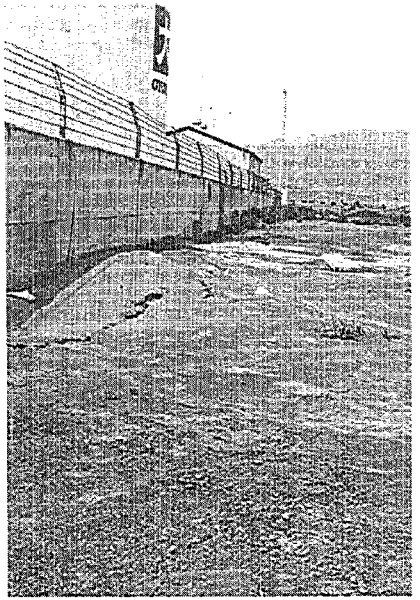


写真７－43
噴砂例（魚町地区：全漁連
石巻油槽所敷地周辺）
〔38〕

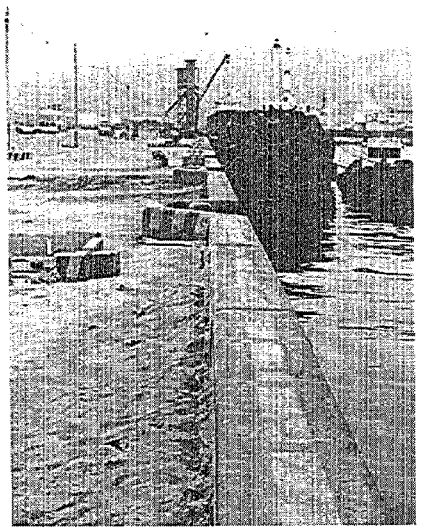


写真７－44
噴砂および矢板岸壁の傾斜
（魚町地区：石巻漁港）
〔38〕

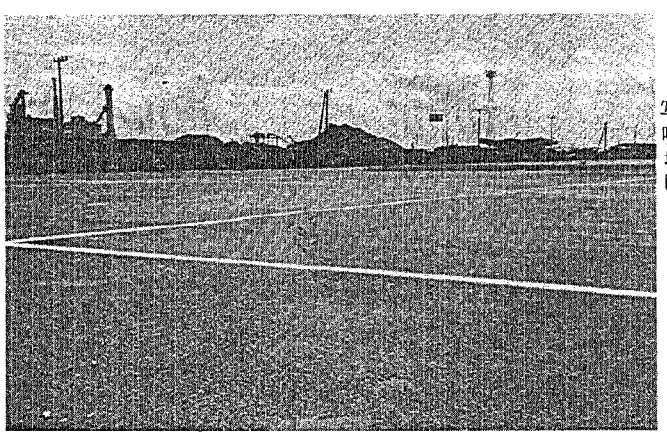


写真７－45
噴砂状況（潮見
埠頭：石巻港）
〔34〕

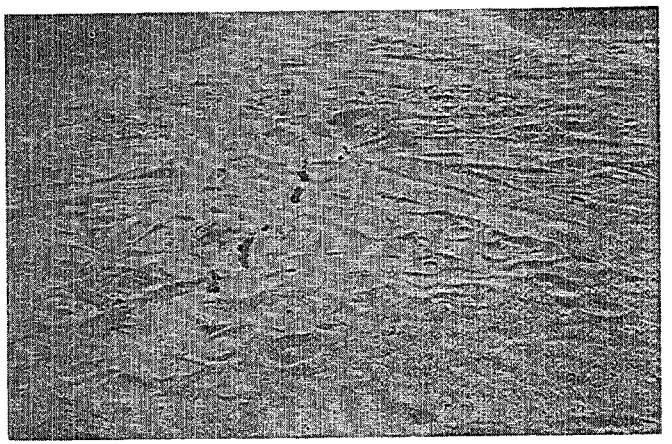


写真７－46　噴砂（潮見埠頭：石巻港）〔34〕

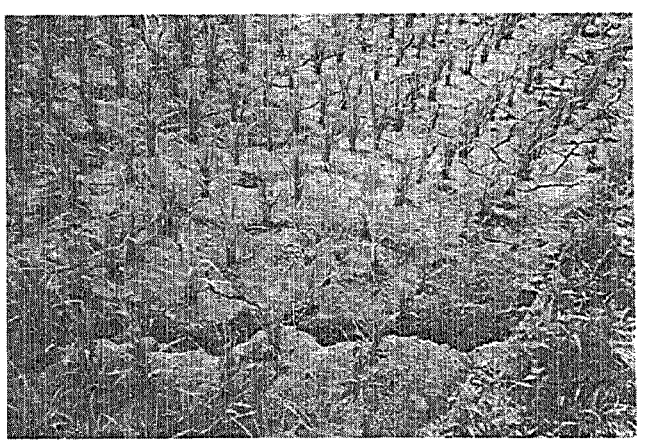


写真７－47　噴砂（旧追川左岸の堤内地）〔37〕

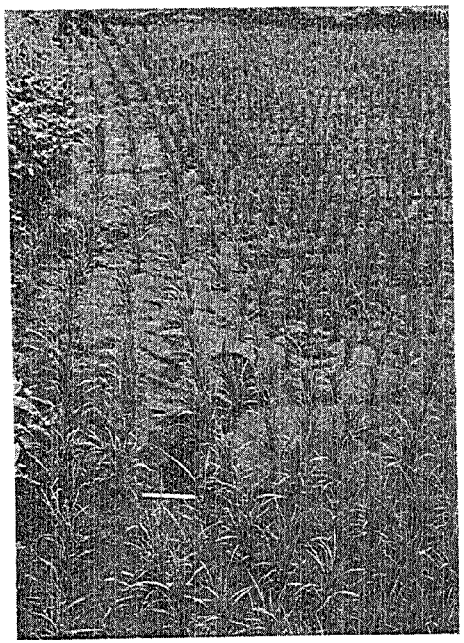


写真７－48　噴砂（旧迫川左岸の堤内地）
〔37〕

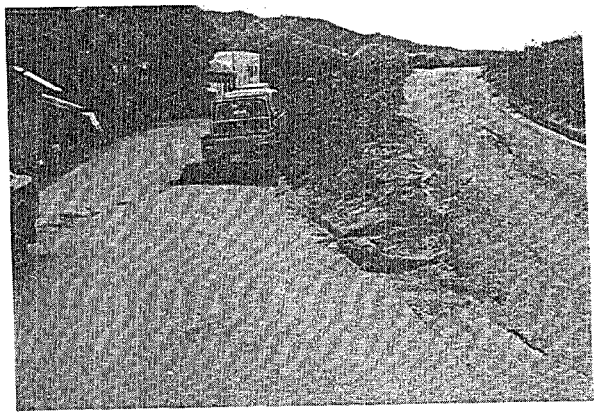


写真７－49 噴砂例（間垣地区：北上川右岸 4.2 km）

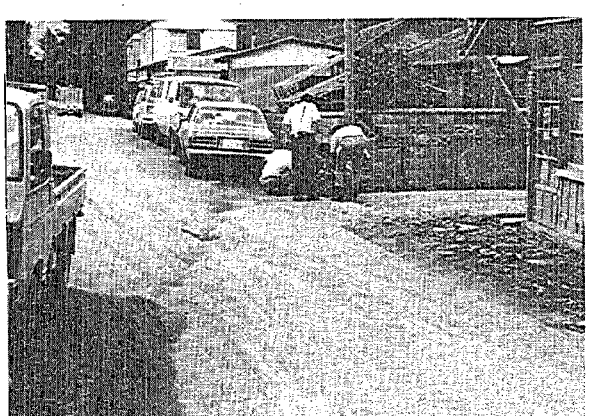


写真７－50 噴砂例（間垣地区）

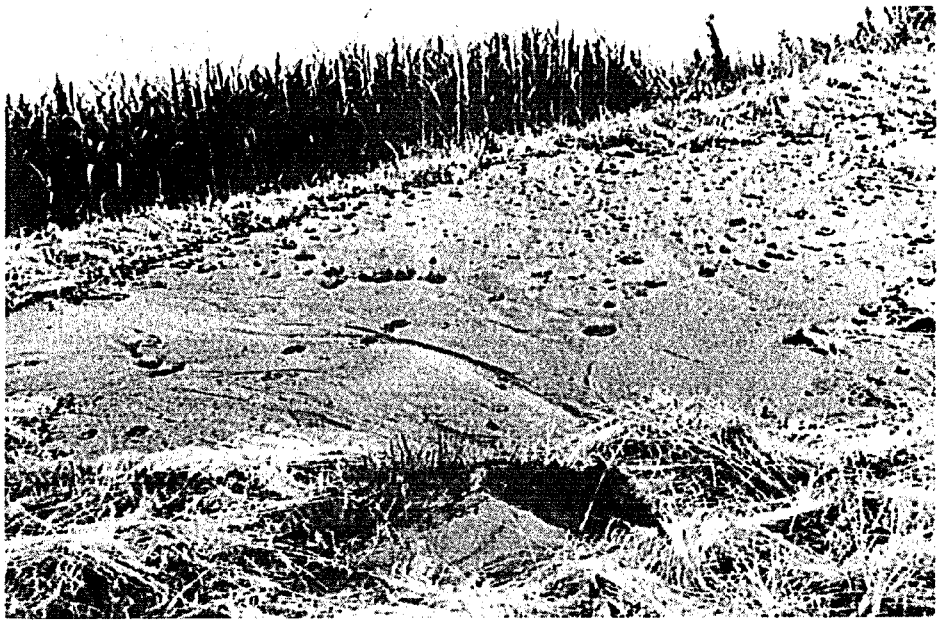


写真７－51 噴砂例（川前地区：北上川左岸 129 ㎞，堤外地）〔14〕



写真７－52 噴砂例（川前地区：堤内地）〔14〕
※この付近は昔，浚渫砂で埋立てた所である。

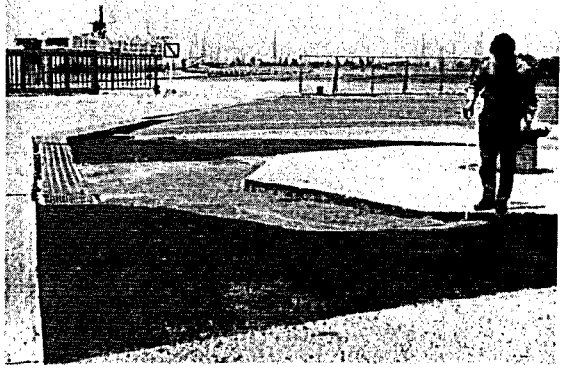


写真７－53 桟橋舗装での噴砂（仙台新港）〔35〕



写真７－54 舗装面沈下および噴砂（仙台新港）〔35〕

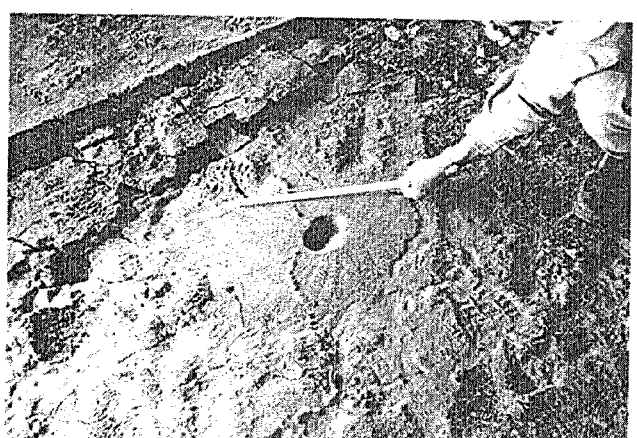


写真７－55 噴砂例（利府町：国鉄仙台車両基地検修所）〔36〕



写真７－56 噴砂地点における地表面沈下（利府町：国鉄仙台車両基地検修所）〔36〕

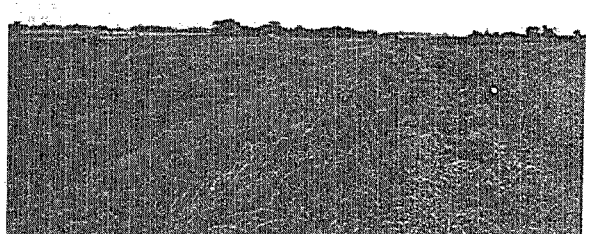


写真７－57 羽山堂堤防全景（江合川左岸）

8．その他の被害

以上に述べた河川関連施設および道路関連施設の被害の他に、都市施設、産業施設、鉄道、ブロック塀、造成地盤等に多大な被害が発生するとともに、フィルタイプ・ダム、溜池等にも若干の被害が発生した。以下では当研究室が調査した範囲で主要被害の概要を記述する。

(1) コンクリートブロック塀の倒壊

今回の地震による死者27人のうち約70%はコンクリート塀の倒壊によるものと云われており、ブロック塀のもろさと構造上の欠陥が多方面から指摘された（写真8－1、8－2）。

(2) 造成地盤の崩壊

写真8－3および8－4は仙台市緑ケ丘一丁目の新興住宅地の崩壊を示したものである。砂防用として造られたダムが無ければ被害は更に大規模なものになったと考えられる。

(3) 国鉄の被害

東北新幹線では白石市から一関市に至る約120kmの区間で被害を生じたと云われている。写真8－6は名取川橋梁〔3径間連続（3@52m）2連と4径間連続（52m+2@54.5m+52m）1連、写真8－5参照）のP_7橋脚の被害状況を示したものである。写真8－7はコンクリートの剥離した部分を拡大したものであり、主鉄筋が露出するとともに外側にはらみ出しているのがわかる。また、写真8－8は写真8－6とは反対側の橋脚面であり、深い亀裂が2本斜めに入っているのが認められる。

また、写真8－9は東北新幹線長町橋梁の被害である。単純桁どうしの衝突により写真8－10に示すようなコンクリートの剥離が生じているのが認められた。

図8－11は東北本線の江合川橋梁の橋脚の被害を示したものであり、コンクリートは継目と思われる箇所から橋脚がほぼ水平にずれているのがわかる。このような無筋コンクリート橋脚の被害は現在までの地震においてもしばしば見られたものである。

(4) 東北石油オイルタンクの被害

東北石油仙台精油所では石油タンク3基が地震により破損したとされている。写真8－12はその1つであり、写真8－13に示す底部からオイルが漏れ出した。タンクの底板を下から見ると写真8－14に示すように、底板が波打っており、側壁との間にすき間ができているのがわかる。底板下の砂はオイルの流出に伴ない、流されている。



写真８－１　倒壊したブロック塀（仙台市長町一丁目）

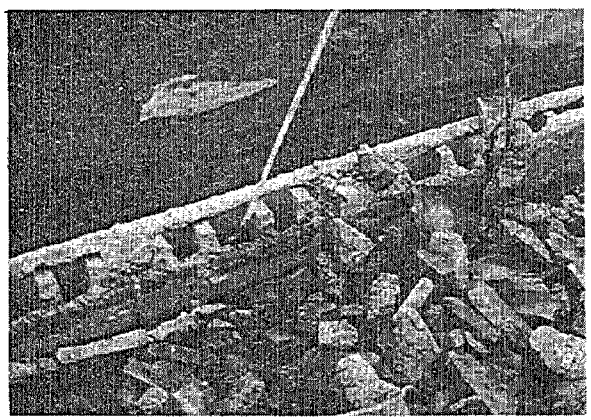


写真８－２　ブロック塀の根もと（仙台市長町一丁目）

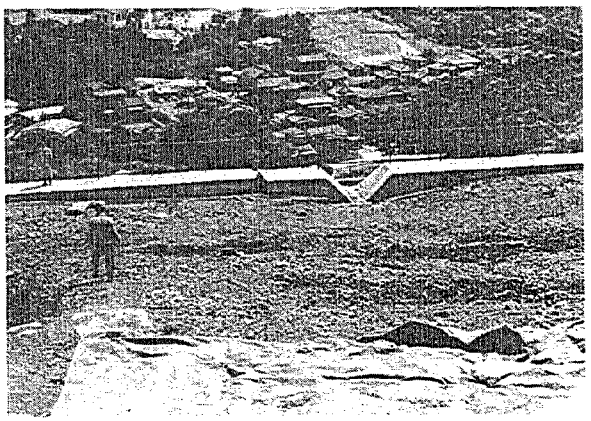


写真８－３　仙台市緑ケ丘一丁目の崩壊



写真８－４　仙台市緑ケ丘一丁目の崩土

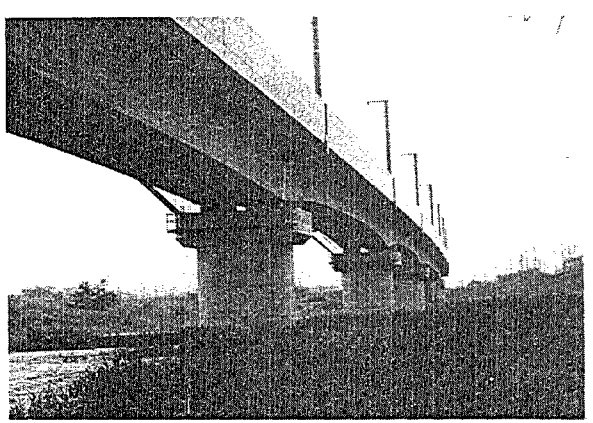


写真８－５　国鉄新幹線名取川橋梁

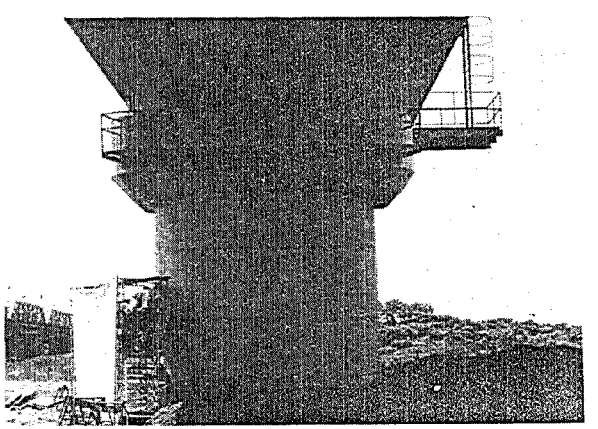


写真８－６　国鉄東北新幹線名取川橋梁 P_7 橋脚の被害

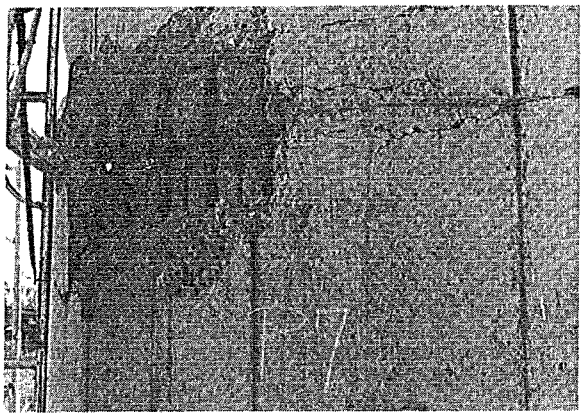


写真８－７　写真８－６の拡大図，コンクリートが完全に剥離，鉄筋が外側にはらみ出している。
（国鉄新幹線名取川橋梁 P_7 橋脚）

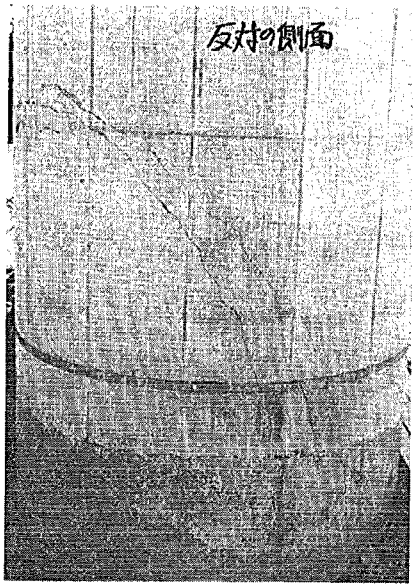


写真８－８　写真８－６の反対側の側面に生じた亀裂（国鉄新幹線名取川橋梁）

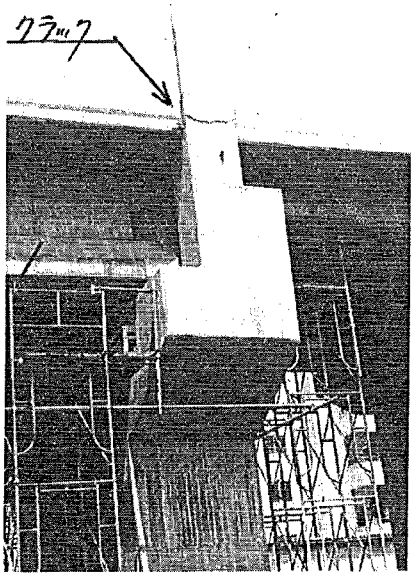


写真８－９　国鉄新幹線長間橋梁の被害

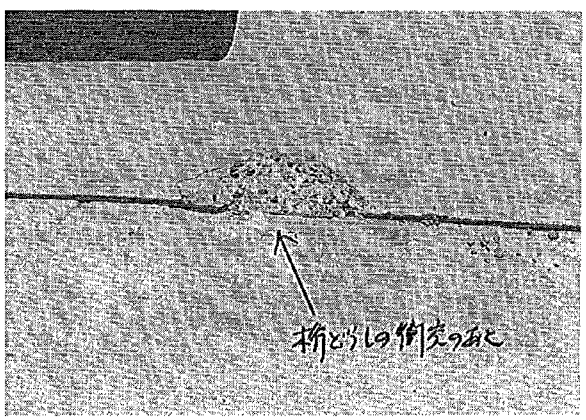


写真８－10　桁どうしの衝突により生じたコンクリートの剥離（国鉄新幹線長間橋梁）

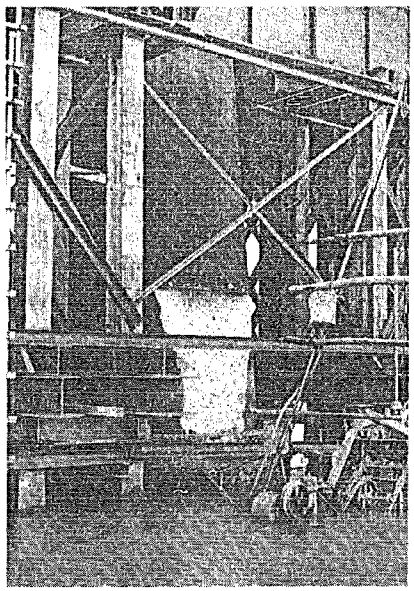


写真８－11　東北本線江合川橋梁

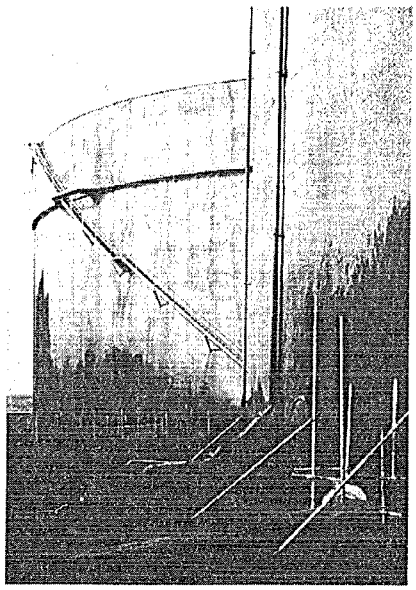


写真８－12　東北石油オイルの漏れ出したタンク。漏れ出したオイルがはね上った跡が残っている。

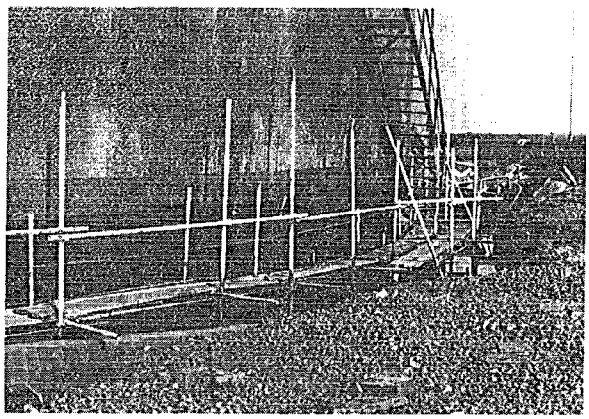


写真８－13　オイルの漏れた底部周辺（東北石油）



写真８－14　オイルの漏れ出したタンクの底板。（タンクの底を見上げた所）底板が波打っており，側壁との間にすきまができているのがわかる。

9．まとめ

1978年6月12日宮城県沖地震による地震動および公共土木施設被害に関して調査を行った結果を中間報告としてとりまとめたが、これをまとめると以下のようになろう。

1）昭和39年の新潟地震を契機として、土木研究所が鋭意推進してきた土木構造物に対する強震観測がある程度の実を結び、今回の地震による強震動の波形を見事にとらえた。これにより、宮城県の石巻－塩釜－仙台にかけては240～300gal程度、岩手県東部沿岸で100～170gal程度の地盤水平加速度であったことが判る。さらに墓石の転倒状況等の調査から、地震動の強度は、必ずしも震央からの距離によるのではなく、局地的な地盤条件の影響を大きく受けることがわかった。各種構造物の被害にも、同様に、地盤条件の影響によって大きな差異が現われた。

2）河川関連施設では堤防に最も多大な被害が発生したが堤防の被害は基礎地盤の条件と大きなかかわりがあることが認められた。すなわち、微地形的にみて旧河道、旧沼沢地、および洪水時の漏水箇所等の地盤条件が不良な箇所に被害が集中した。つまり、ごく軟弱な粘性土地盤のため施工時に沈下、すべり等が発生した箇所、あるいは非常にゆるい砂質地盤のため今回の地震時に流動化した箇所等で被害が著しかった。しかし、地盤条件が良好でない地盤上の堤防であっても、大した被害のない堤防も多数あった。事実、過去の地震あるいは今回の地震で周辺地盤から噴砂が認められた個所の堤防であっても、無被害あるいは軽微な被害ですんだ所も少なくない。このことは、地盤条件、堤体、地震動等の微妙な差が、堤体の実質被害に大きな差異をもたらすことを意味しているものと考えられ、今後、この点についてさらにつっこんだ調査が必要とされる。

3）道路関連施設では、道路橋の被害が著しかった。特に、橋の上下部橋造の連結部である沓および沓座に被害が集中した。これと同時に、支承部が強固でかつ橋脚が比較的マッシブである橋脚の躯体部にキレツが発生した。橋の支承部および橋脚の剛度につき早急な検討が望まれる。また一部の橋では、上部構造の部材の一部にせん断あるいは座屈が発生する被害がみられた。最近における過去の地震では、上部構造にこのような被害が少なかっただけに注目される点であり、今後の詳細な解析が必要とされる。

謝　辞

今回の地震被害調査に際しては東北地方建設局企画部に調整連絡の労を煩らせるとともに、東北地方建設局河川部、道路部、仙台、福島、北上川下流の各工事事務所、宮城県土木部、石巻土木事務所、迫土木事務所、福島県土木部、福島土木事務所、保原土木事務所、日本道路公団、日本国有鉄道等の各機関に多大な御協力を賜わった。また、本報告をまとめるに際しては建設省河川局、道路局、東北地方建設局、宮城県、岩手県、福島県を始めとし、各種の資料を引用もしくは参考にさせていただいた。さらに、土木研究所の第2次調査団が行なった公共土木施設の被害調査結果を一部引用させていただいた。ここに末尾ながら上記関係機関の各位に厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

地震関連

1）増田徹也：1978年宮城県沖地震　余震観測、地震学会秋期大会講演予稿集　1978年10月

2）海野徳仁：1978年6月12日宮城県沖地震（速報）、地震学会秋期大会講演予稿集、1978年10月

3）瀬野徹三、須藤研、江口考雄：1978年6月12日宮城県沖地震の発生機構、地震学会秋季大会講演予稿集、1978年10月

4）相田　勇：1978年宮城県沖地震に伴った津波の数値実験、地震学会秋季大会講演予稿集、1978年10月

5）羽鳥徳太郎：1978年宮城県沖津波とその近海の津波活動、地震学会秋季大会講演予稿集、1978年10月

地質　地盤条件

6）建設省計画局、宮城県：仙台港臨海地帯の地盤、都市地盤調査報告書第10巻、1965年12月

7）東北大学理学部地質学古生物学教室：宮城県地質図（1／20万）、内外地図株式会社、1962年

8）宮城県高等学校理科研究会：宮城県の地質案内、1975

9）国土地理院：土地条件図（仙台、塩釜、松島、岩沼、吉岡）、1973

地　震　動

10）建設省：昭和51年度総合技術開発プロジェクト耐震技術に関する研究開発総合報告書、土木研究所資料第1250号、建設省土木研究所、1977年3月

11）岩崎敏男、若林進、川島一彦、高木義和：土木構造物における加速度強震記録（No.3）、土木研究所彙報第33号、1978年10月（宮城県沖地震による強震記録を含む）

12）強震観測事業推進連絡会議：強震速報No.15、1978年6月12日　宮城県沖地震、1978年7月

河川施設被害

13）建設省東北地方建設局仙台工事事務所：昭和53年度名取川堤防地盤調査報告書、1978年8月

14）建設省東北地方建設局北上川下流工事事務所：1978年6月12日　宮城県沖地震による河川構造物等被害状況写真集、1978年7月

15）建設省東北地方建設局北上川下流工事事務所：昭和53年度吉田川堤防地盤調査報告書、1978年6月

16）建設省東北地方建設局北上川下流工事事務所：昭和53年度旧北上川堤防地盤調査報告書、1978年6月

橋梁被害

17）宮城県仙台土木事務所：橋梁1号橋梁架換地質調査報告書、1969年3月

18）建設省東北地方建設局仙台工事事務所：1978年6月12日宮城県沖地震　管内橋梁緊急点検調査報告書、1978年7月
19）宮城県土木部：江合橋災害調査報告書、1978年7月
20）宮城県迫土木事務所：錦桜橋変状調査報告書、1978年4月
21）宮城県迫土木事務所：錦桜橋他2橋変状調査報告書、1978年6月
22）宮城県迫土木事務所：昭和53年宮城県沖地震震害調査報告書、1978年8月
23）岩手県土木部道路建設課：昭和53年宮城県沖地震震害調査報告書（主に北上川流域の橋梁について）、1978年8月
24）山本茂樹：宮城県沖地震による橋梁の被害と復旧（道路）、橋梁、Vol.14、No.10、1978年10月
25）谷内田昌照：宮城県沖地震による橋梁の被害と復旧（鉄道）、橋梁、Vol.14、No.10、1978年10月
26）鹿島建設株式会社：関上大橋震害調査報告書、1978年7月

地盤震害

27）建設省東北地方建設局北上川下流工事事務所：鳴瀬川堤防地質調査報告書、1978年6月
28）建設省東北地方建設局北上川下流工事事務所：北上川堤防地盤調査報告書、1979年6月
29）栗林、龍岡、吉田：明治以降の本邦の地盤液状化履歴、土木研究所彙報、第30号、1974年12月
30）大橋、岩崎、龍岡、宮田：東京湾岸道路の曙橋および新辰巳橋における地盤耐震性調査、土木研究所資料第1170号、1976年9月
31）岩崎、龍岡、常田：地盤流動化の判定方法、土木技術資料、Vol．No.4、1978年4月
32）Tatsuoka. F. , Tokida. K., Yoshida. S., and Maruyama. I. (1978):"Shake Table Tests on Dynamic Behaviors of Pile Foundation Model in Liquefying Sand Layers," Proc. the 5-th. Japan Earthqnake Engineerings Symposium-1978, Nov., 1978, Tokyo, Japan
33）岩崎、龍岡、常田、安田：砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例、第5回日本地震工学シンポジウム－1978年、1978年11月
34）東北大学工学部土木工学科　西沢勝氏の調査による
35）㈱応用地質調査事務所の調査報告に基く
36）基礎地盤コンサルタンツ㈱および東京工業大学駒野氏の調査報告に基く
37）パシフイックコンサルタンツ㈱の調査による
38）不動建設株式会社：宮城県沖地震震害調査報告書、1978年7月

関連した地震被害調査報告

39）土木研究所第一次調査団：1978年6月宮城県沖地震被害調査速報、土木技術資料、Vol.20，No.8、1978年8月
40）川島一彦、高木義和：宮城県沖の地震（1978年2月）被害概報、土木技術資料、Vol.20，No.8、1978年8月

41）土木研究所1978年伊豆大島近海地震災害調査団：1978年1月伊豆大島近海地震調査概要、土木研究所資料第1346号、建設省土木研究所、1978年2月
42）土木研究所第1次調査団：1978年伊豆大島近海の地震被害調査速報、土木技術資料、Vol.21、No.4、1978年4月
43）大橋昭光、岩崎敏男、川島一彦：墓石の転倒から推定した1978年伊豆大島近海地震による地震動強度の推定、土木技術資料、Vol.20．No.11、1978年11月
44）建設省土木研究所：新潟地震調査報告、土木研究所報告、第125号、1965年6月
45）建設省土木研究所：1968年十勝沖地震災害調査報告、土木研究所報告、第141号、1972年11月
46）多田、松野、山村、栗林：東北地震震害調査(I)および(II)、土木技術資料、4－10、4－11、1962年10月、11月
47）河上房義：宮城県北部地震による土木構造物の被害について、土木学会議48巻11号、1963年11月
48）仙台市：宮城県沖地震の報告、仙台市震災対策本部、1978年
49）宇佐美龍夫：資料日本被害地震総覧、東大出版会、1975年
50）岡本舜三：耐震工学、オーム社、1976年
51）河北新報社：'78宮城県沖地震－その記録と教訓、1978年