

17. 1978年宮城県沖地震被害調査報告

—土木関係を主として—

地震研究所	伯野元彦
筑波大学構造工学系	藤野陽三
地震研究所	片田敏行

(昭和54年6月21日受理)

気象庁の発表によれば、宮城県を中心として被害を発生させた今回の地震は1978年6月12日17時14分に起こり、そのマグニチュードは7.4、震源の位置は北緯38°09'東経142°13'、深さ約40kmであった。

筆者らは、地震発生直後早速現地へ赴き、主として土木構造物の被害を調査してきたので以下にその概要を報告する。

1. 被害の概況

今回の地震によって、宮城県、岩手県および福島県等を中心として被害が発生した。宮城県によると、宮城県内の被害状況は表-1のようである。表-1において宮城県下の死亡者27名のうち13名が仙台市内の死亡者であり、年令的には老人と子供が多かった。死亡原因はブロックべいの下敷によるもの(10)、へい、門柱の下敷によるもの(6)、家屋の倒壊によるもの(5)、記念碑、屋根、土砂の下敷によるもの(3)、地震時のショックによるもの(3)となっており、ブロックべい、石べいおよび門柱の倒壊による犠牲者が過半数である。

建物の被害については、県北部の古川市、小牛田町などにも及んだが仙台市、泉市に集中して発生した。被害は沖積層の軟弱地盤や丘陵地に築造された人工地盤での被害が多く、仙台市中心部の旧市街地では軽微であった。

道路施設関係では、国道346号線において北上川にかかる錦桜橋が落橋したのをはじめとして橋梁に被害が多発した。また、路面き裂、法面崩壊等の被害のために通行不能箇所も発生した。

鉄道施設については、東北本線江合川橋梁の橋脚が甚大な被害を受け通行不能となった。そのほか、路盤のき裂および陥没、軌道狂い等の被害も発生した。

港湾施設は、石巻港、仙台港等で岸壁裏込の液状化、岸壁の前傾、エプロンのき裂、沈下等の被害が発生した。

水道施設については、仙台、塩釜、泉および名取の各市を中心として軟弱地盤や丘陵部の宅造地で送水、配水管の被害が発生した。

表-1 宮城県下のおもな被害概況
(昭和53年9月18日現在宮城県による)

区 分		件 数	被害額 (千円)
人	死者	27 名	
	重傷者	262 "	
	軽傷者	10700 "	
住 家	全壊	1377 戸	59959134
	半壊	6123 "	
	一部破損 (浸水)	125375 "	
	非住家	43238 "	18926380
	小 計	176113 "	78885514
医療関係	病院	119 棟	349218
	診療所	194 "	40600
	小 計	313 "	389818
商工関係	大企業	653 件	25337050
	中小企業	52871 "	70416180
	小 計	53524 "	95753230
教育施設	小学校	360 校	1931173
	中学校	171 "	513322
	高等学校	103 "	1617377
	その他	353ヶ所	3287192
	小 計		7349064
公共土木施設	道路	2154ヶ所	5005793
	橋梁	236 "	5715705
	河川	482 "	12822659
	海岸防	14 "	433656
	砂防施設	15 "	437383
	港灣	83 "	3745872
	小 計	2984 "	28161068
	その他	鉄道その他交通施設	17ヶ所
電力施設			2960000
通信施設		2660ヶ所	850000
社会福祉施設		212 "	604967
都市施設		129 "	925664
ガス施設		190 "	947000
その他			22535162
小 計		35884958	

表-2 岩手県下の人的および住家の被害状況
(岩手県による)

区 分		件 数	被害額(千円)
人	軽 傷 者	11名	
住 家	半 壊	7棟	23240
	一 部 破 壊	621棟	106206
	非 住 家	297棟	74294
小 計		925棟	203740

表-3 福島県下の人的および住家の被害状況 (福島県による)

区 分		件 数
人	死 者	1名
	重 傷 者	4名
	軽 傷 者	45名
住 家	全 壊	6棟
	半 壊	60棟
	一 部 破 損	1672棟
小 計		1738棟

ガス施設関係では、仙台市原町工場のガスホルダーが炎上したのをはじめガス供給管の被害が多発しガスの供給は全面的にストップした。

電力施設については、新仙台および仙台火力発電所での被害、仙台および宮城変電所での被害、その他変圧施設の被害、電柱の倒壊等により、宮城県全域、一の関市、山形市、福島市で停電した。

宮城県によれば宮城県内の総被害額は約2688億円である。

岩手県によれば、岩手県内の人的および住家被害は表-2のようになる。土木施設その他の諸施設を含めた被害総額は、約45億円である。

福島県によれば、福島県内の人的および住家被害は表-3のようになる。土木施設その他の諸施設を含めた被害総額は、約28億円である。

2. 道 路 施 設

今回の地震により道路は宮城県下全域にわたって路面のき裂、法面の崩壊、落石およびがけ崩れ等の被害を受け、通行不能箇所も多く発生した。

また、道路橋についても橋脚躯体のクラック、鉄筋の座屈、橋桁の落下、支承部の損傷等の被害が多発した。

宮城県の発表では、昭和53年12月現在で道路および道路橋関係の被害は国縣市町村道あわせて2383箇所107億円に達している。

国道では表-4に示すように4号、6号、45号および108号線に特に被害が集中した。

県道関係では、宮城県内で被害箇所301箇所に達し、特に古川一佐沼線の江合橋の橋脚にクラックが発生し大型車の通行が規制された。

牡鹿半島コバルトライン(公園線)では相当な法面崩壊が発生し、全線通行不能となった。

東北自動車道については、福島インターチェンジから築館インターチェンジの間で被害が発生したが、比較的軽微なものが多かった。

以下に国道4号仙台バイパス、牡鹿半島コバルトライン、東北自動車道および道路橋の

表-4 道路の県別路線別被害状況 (昭和53年7月現在東北地方建設局による)

路線名		4号	6号	13号	45号	47号	48号	108号	計
県名									
福島	箇所	2	6	3					11
	復旧費	6.3	3.5	0.8					10.6
宮城	箇所	58	6		36	2	6	8	116
	復旧費	96.3	54.3		231.5	0.8	1.3	18.7	402.9
岩手	箇所	10			28				38
	復旧費	4.2			20.1				24.3
山形	箇所			2					2
	復旧費			0.4					0.4
計	箇所	70	12	5	64	2	6	8	167
	復旧費	106.8	57.8	1.2	251.6	0.8	1.3	18.7	438.2

単位：百万円

被害について各論的に述べる。

なお図-1は道路関係のおもな被害状況である。

一仙台バイパス一

国道4号仙台バイパスは仙台市街部の東方を走っているが、地震により信号機が故障し交通渋滞をひき起こした。これは注目すべきことであり、都市に地震が発生した場合の1つの教訓と言えるであろう。ライフラインのシステムの機能からして宿命的なものであるが、常時より地震時対応策の検討が望まれる。

被害は構造物背面の盛土沈下、路面き裂および法面の崩落等であったが、最も被害の著しいのは東北本線と交差する部分の盛土斜面の崩壊である。崩壊の生じたのは、カーブ外側の法面であり、相当大きなすべり破壊であった。東北地方建設局の調査によればこの付近もそうであるが、バイパスの被害は泥炭性の軟弱地盤地帯に集中しているとのことである。

一牡鹿コバルトライン一

牡鹿半島公園線（コバルトライン）は牡鹿半島のほぼ中央部を走る有料道路であるが山間部のため、今回の地震で法面崩壊が多数発生した。

宮城県報告によれば、コバルトラインの被害調査を二次および三次の2回の災害査定により行なっているが、それぞれの被害箇所数は9箇所、113箇所であった。三次災害査定での被害箇所を図-2に示す。

今回の地震では、道路の走っている所は、平地部が多かったため大規模な法面崩壊等の被害は比較的少なかったと言えるが、このコバルトラインは、地形的な弱点のため、最も被害が甚大であった。

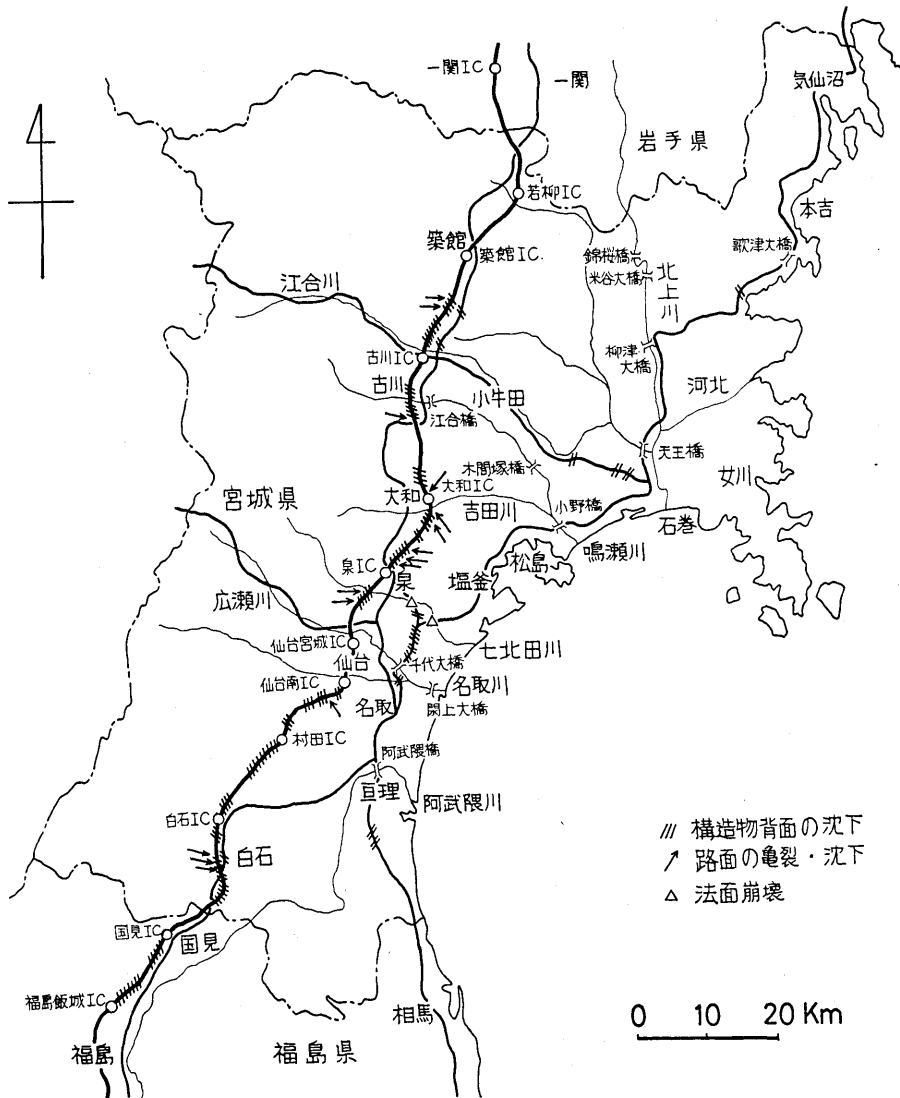


図-1 道路および道路橋のおもな被害

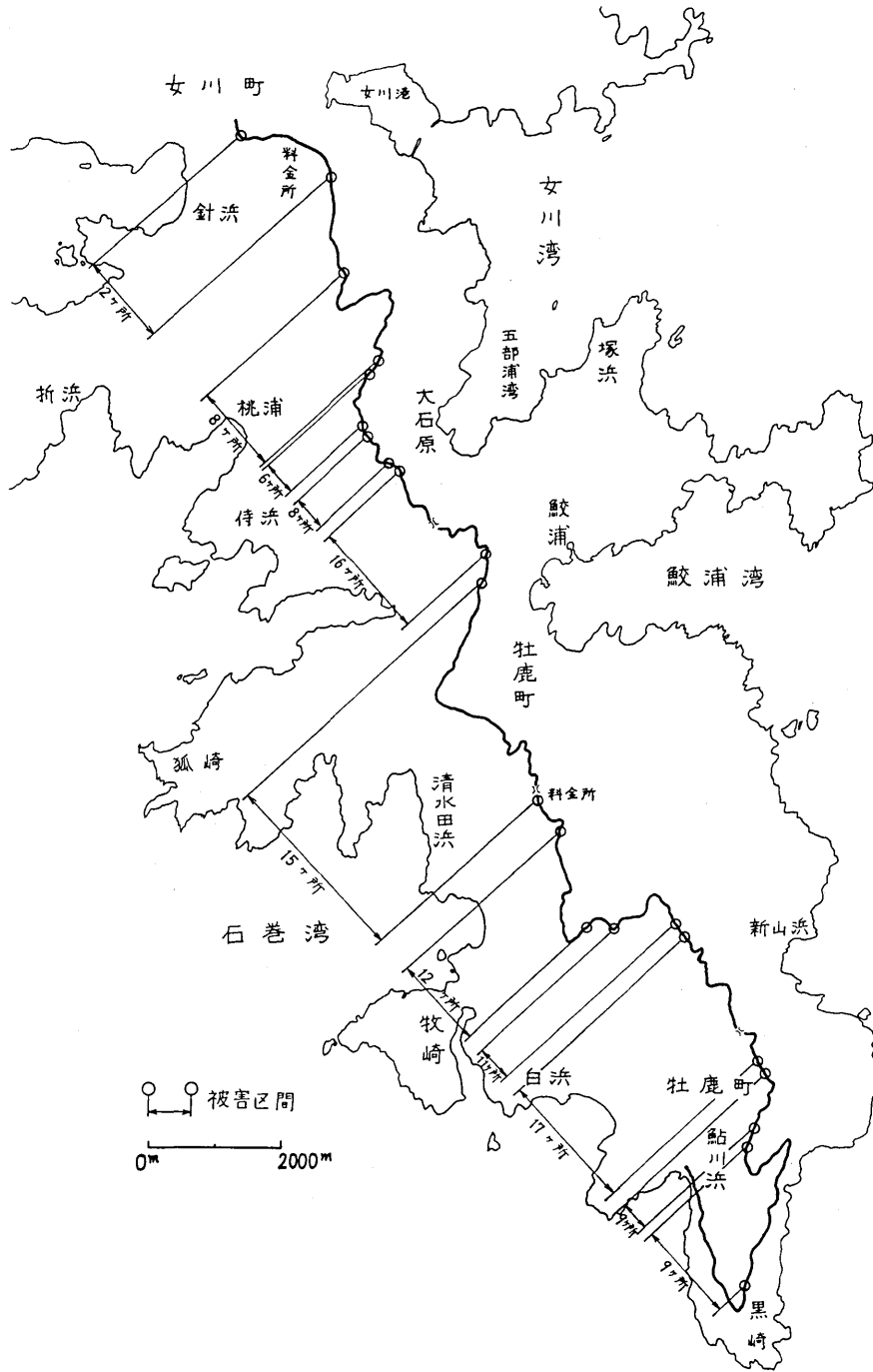


図-2 牡鹿半島コバルトラインの被害箇所 (宮城県土木部による)

表-5 道路橋被害の概要

橋梁名	型 式	竣工, その他	被害の概要
錦 桜 橋	鋼単純トラス 鋼ゲルバー桁	橋長 576 m, 幅員 6 m S. 31 竣工, 346 号線 (北上川)	ゲルバー吊桁の落橋 桁の移動, アンカーボルトの損傷
閑上大橋	P C有鉸ラーメン橋 単純P Cポステンション式	橋長 541 m, 幅員 6 m S. 47 竣工, 塩釜・亘理線 (名取川)	地盤の液状化 橋脚のクラック
江 合 橋	単純鋼鈹桁	橋長 155 m, 幅員 9.5 m S. 7 竣工, 古川・佐沼線 (江合川)	閉合ラーメン型式の橋脚の上下 水平部材にクラック
天 王 橋	鋼ランガートラス (1 径間) 鋼ゲルバー (7 径間) ピン及びローラー支承	橋長 112 m + 255.7 m 幅員 6.0 m, 45 号線 S. 34 年竣工 (旧北上川)	ランガートラス固定沓側の橋脚 の縦方向亀裂 右岸側橋台の沓座付近に縁端方 向に斜めの亀裂
柳津大橋	鋼ワレントラス	橋長 450 m, 幅員 8.5 m S. 49 竣工, 河南・津山線 (北上川)	固定支承上のトラス部材座屈, クラック 溶接破断
米谷大橋	鋼ゲルバー	橋長 181 m, 幅員 5.5 m S. 3 竣工, 湯沢・築館・ 志津川線 (北上川)	ゲルバートラス上弦材切損 沓のピンの抜け出し, 沓座の破 損
千代大橋	鋼活荷重合成 鋼単純合成鈹桁 (9 径間) 線支承	橋長 310 m, 幅員 19 m S. 40 竣工, 4 号線仙台バ イパス (広瀬川)	T 型橋脚軀体橋座部と鉛直部と の接合部にクラック, コンク リートの剝離, 鉄筋座屈 特に P ₆ は軀体張出し首部の壁 面にはほぼ水平な線に沿ってコ ンクリート大きく剝離
阿 武 隈 橋	鋼ワレントラス (7 径間) 鋼単純鈹桁 (10 径間) 支承板支承	橋長 571 m, 幅員 6 m S. 7 竣工, 6 号線 (阿武隈川)	門型ラーメン橋脚の鉛直部のク ラック, 鉄筋の座屈 沓のアンカーボルト切断
小 野 橋	鋼単純鈹桁 (13 径間)	橋長 247 m, 幅員 5.5 m S. 11 竣工, 45 号線 (鳴瀬川)	沓アンカーボルトの切断 桁の橋軸直角方向への移動 橋脚沓座のクラック
木間塚橋	鋼単純鈹桁	橋長 236 m, 幅員 4.5 m S. 6 竣工, 石巻・鹿島 台・大衡線 (鳴瀬川)	橋脚沓座コンクリート破損 桁の落ち込み (一連は落橋寸前)
歌津大橋	P C単純T桁 (12 径間) 支承板支承	橋長 304 m 45 号線	14ヶ所で移動制限装置が切断
登米大橋	R Cゲルバー橋	橋長 306 m, 幅員 6.8 m S. 20 竣工, 342 号線 (北上川)	桁クラック, 橋台橋脚の亀裂

図-3は、コバルトラインの被害の様子で、場所はコバルトラインの出口に近い太田峠付近である。道路の中央付近から相当大きく崩壊しているのがわかる。

一東北自動車道一

東北自動車道の被害は図-1に示す通りであり、福島 I. C. から築館 I. C. の間に分布しているが最も被害が多かったのは泉 I. C.～大和 I. C. の間である。盛土部の被害は軽微であり、切土部の損壊き裂もほとんどみられず、片切片盛部、切盛境の沈下およびクラック等が多少みられる程度であり、最も多かったのが、構造物裏込め箇所の沈下であった。しかし、これについても日本道路公団によれば、踏掛板が有効に働いたため比較的軽くすんだものも多い様である。ボックス等のある所ではアバット擁壁との間にすき間が生じそれが 10 cm 前後に達したものもあった。

一道路橋一

今回の地震では道路橋の被害が目立った。表-5におもな道路橋の被害状況を示すが、その中でも特に被害が甚大であったのは、錦桜橋の橋桁の落下と、地盤の液状化を伴った閑上大橋の橋脚の被害であろう。

以下に主としてその 2 橋の被害について述べる。

錦桜橋は昭和 31 年 6 月に竣工された 5 連のワーレントラスおよび 9 連のゲルバー橋からなる道路橋であるが、地震で落橋したのは中央より右岸よりに一番目の吊桁部である(図-4)。ゲルバーヒンジのシュアのボルトが地震力によるせん断で完全に切れているのは図-5に見る通りである。右岸側のゲルバー桁部分ではすべての橋桁が右岸よりに移動しており、図-6および図-7のごとくアンカーボルトの折れ、抜け出し、曲がり等がみられる。特に、落橋したゲルバー吊桁のすぐ右側の橋台では桁が右岸寄りに約 55 cm ほどソールプレートよりすべり落ちていた(図-8)。

トラス桁部分の被害は、橋台上でのアンカーボルトの抜け出し、曲がり、桁の移動等が見られたが、いずれも橋の機能を損うような本質的な被害とは言えないものである。

図-9は、錦桜橋の被害で、橋端部の舗装面が地震のために隆起しているところである。次に閑上大橋の被害について述べる。

この橋は、昭和49年完成という比較的新しいもので 3 径間 PC ラーメン橋および PC 単

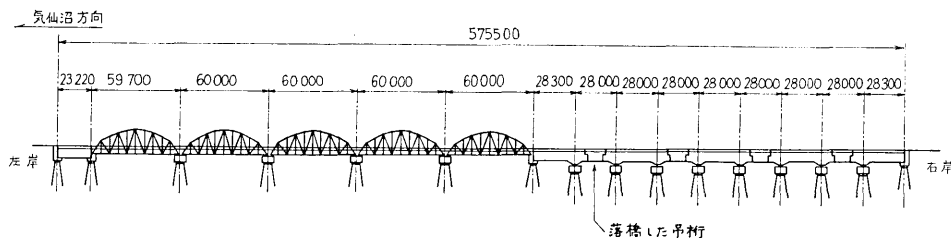


図-4 錦桜橋概略図

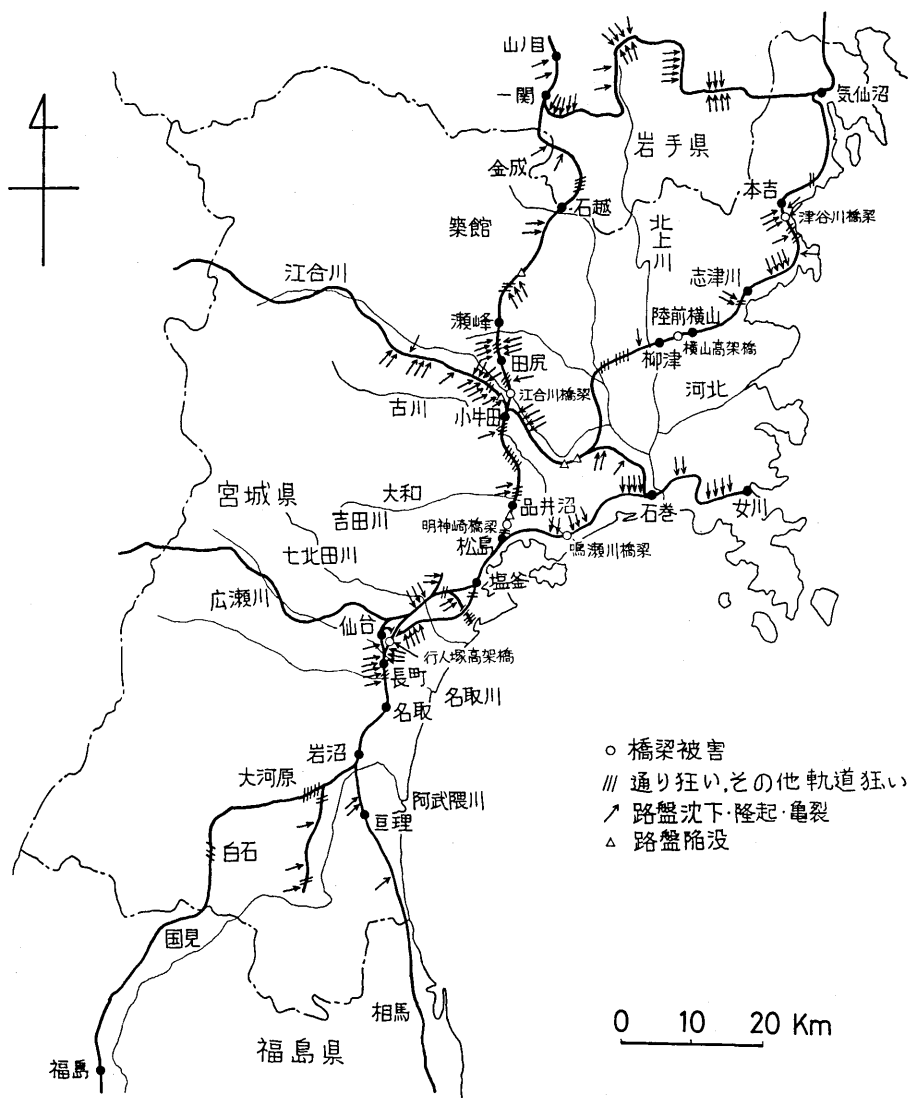


図-13 鉄道の被害状況

純桁7連からなる構造である。

今回の地震で最も被害を受けたのは橋脚であり、PCラーメン橋および単純桁の橋脚に図-10に示すようなかなりのクラックがみられ、一部のものは沈下を伴っていた。なお、橋脚の付近は液状化の跡がみられたが、橋脚の被害の原因が直接に液状化であるかどうかについては現在調査中である。図-11は、橋脚から少し離れた河原で地割れが発生し、そこから噴砂した様子である。

図-12は、今回の地震で被害のあった天王橋の橋脚部分である。橋脚上部に斜めのクラ

ックがはいっているのがみえる。

3. 鉄道施設

図-13 は、宮城県内を中心とした鉄道施設の被害状況であるが、宮城県外でも被害が相次ぎかなり広範囲にわたった。北は東北本線の戸付近まで南は同線の郡山付近まで被害を受けた。さらに鉄道橋についても何箇所かで目立った被害を受けている。

被害の種類は、路盤陥没、路盤沈下および隆起、路盤き裂、乗降場の変状、落石、軌道狂い等であり、路線別の被害状況は表-6 に示す通りである。

路盤沈下では、軟弱地盤による不等沈下が多く、特に橋台裏の盛土が沈下したのものの中には最大 170 cm というものもあったと仙台鉄道管理局では発表している。また、トンネルの被害では坑間覆工間にクラックのはいったもの、側壁のはらみ出し、面壁のクラック等であった。

図-14 は、今回の地震で被害のあった行人塚高架橋の真上に位置する線路の軌道狂いの状況である。線路が大きく屈曲している所は、高架橋と土手との境界に当る部分であり、地震に対して構造的に弱い部分と思われる。

—鉄道橋の被害—

鉄道橋のおもな被害状況を表-7 に示す。このうち江合川鉄橋の被害は最も甚大であったので以下にその状況を述べる。

表-6 鉄道の被害状況 (S. 53. 6. 15 現在国鉄による)

被害 線名	被害															計
	橋台等 変状	橋桁 変状	路盤 陥没	路盤 沈下	路盤 隆起	路盤 亀裂	乗降場 変状	トンネル 変状	ウイング 変状	落石	通り 狂い	その他 軌道狂い	継目 損傷	板傷	その他	
東北	7	1	4	32	3	10	14	1	2		42	31			147	
釜石	1		2	4		6	1				2				16	
陸羽東	2		3		23		1				1	1	1		32	
仙山				1			1		1						3	
大船度						41	1			1					43	
丸森				3	1						2				6	
気仙沼	3	1		14	4	1	1				11			1	36	
盛	1		1	40			1		4						47	
常磐				1		4	1	2	1						9	
仙石	3			13							1				17	
水戸	1														1	
石巻			5	11	4								2	1	23	
山田				1		2	3				1				7	
塩釜				2	2						4			1	9	
東北貨物	1	1		4					10			1		2	19	
計	19	3	15	126	37	64	24	3	18	2	63	33	3	5	415	

表-7 鉄道橋被害の概要

橋梁名	型式	区間	被害の概要
江合川橋梁	プレートガーダー	小牛田～田尻	P2 に亀裂, P3 に打継ぎ目で約 30 cm のずれ, コンクリートの剝離
明神崎橋梁		松島～品井沢 (東北線)	径間 4 m の中央部軌条桁が 30 cm 沈下
鳴瀬川橋梁	プレートガーダー	野蒜～陸前小野 (仙石線)	第 6～8 連桁終路右側へ最大 59 cm 移動 沓, アンカー損傷
行人塚高架橋	ラーメン橋梁	長町～宮城野 (東北貨物線)	柱部に鉄筋の露出 総数 18 本の変状 付近の架道橋橋台等にクラック
津谷川橋梁		陸前小泉～本吉 (気仙沼線)	第 2 連目起点方端部のクラック, 剝離 第 7 橋脚上沓部変状, アンカーボルトの曲がり
横山高架橋		柳津～横山 (気仙沼線)	第 5 柱部縦方向クラック
保春院高架橋		宮城野貨物線	橋台裏が 30 cm 沈下 レールの浮き上り, 蛇行

江合川橋梁は東北本線小牛田・田尻駅間、江合川にかかる昭和 28 年竣工のプレートガーダー橋である。被害は第 2 橋脚のき裂、第 3 橋脚の中間部打継ぎ目において水平に約 30 cm の食い違いが認められた。図-15 に示すようにずれた橋脚の打継ぎ目には鉄筋ははいつておらず、単に載っているという状態であって下流側に橋脚の一部が剝離しているのがわかる。

なお、橋のシェーにはほとんど被害は認められず橋台と一体となって動いたものと思われる。また、河床においては、液状化の形跡は見られなかった。

図-16は、行人塚高架橋のラーメン橋脚における被害であり、上部に鉄筋が露出している。

—東北新幹線の被害—

東北新幹線は、昭和 56 年完成を目標として現在建設中であるが、今回の地震で高架橋や長大橋に少なからず被害を受けた。

特に、ラーメン高架橋においては図-17 のように支持柱、中間ばりに相当なクラックが発生し、支持柱の上端部が完全に損壊したものもあった。

一方、桁式の高架橋は、橋脚躯体、支持ばり桁端部にクラックの発生もみられたが、橋脚と橋桁接合部の緩衝保持装置の破損が多かった。

また、長大橋では名取川、七北田川橋梁で橋脚躯体にクラック等の被害があった(図-18)。

表-8 港湾の被害状況

港湾名	被害状況
石巻港	岸壁裏込の液状化, 岸壁の前傾, エプロンの亀裂, 沈下
仙台港	エプロンの沈下, 亀裂
相馬港	鋼矢板岸壁の錨定板部分の沈下
閑上漁港	岸壁の前傾, エプロン部の亀裂開口 全体に海測に傾斜
石巻漁港	液状化の発生

4. 港湾施設

港湾関係のおもな被害状況を表-8 に示す。

被害の特に大きかったのは、石巻港でありこれは岸壁裏込の液状化のためであるが、一般的には港湾施設の被害は軽微であった。

5. 上水道施設

地震による宮城県下の水道施設の被害は、仙台、塩釜、泉、名取、利府および鳴瀬等の市町を中心として、広範囲にわたった。

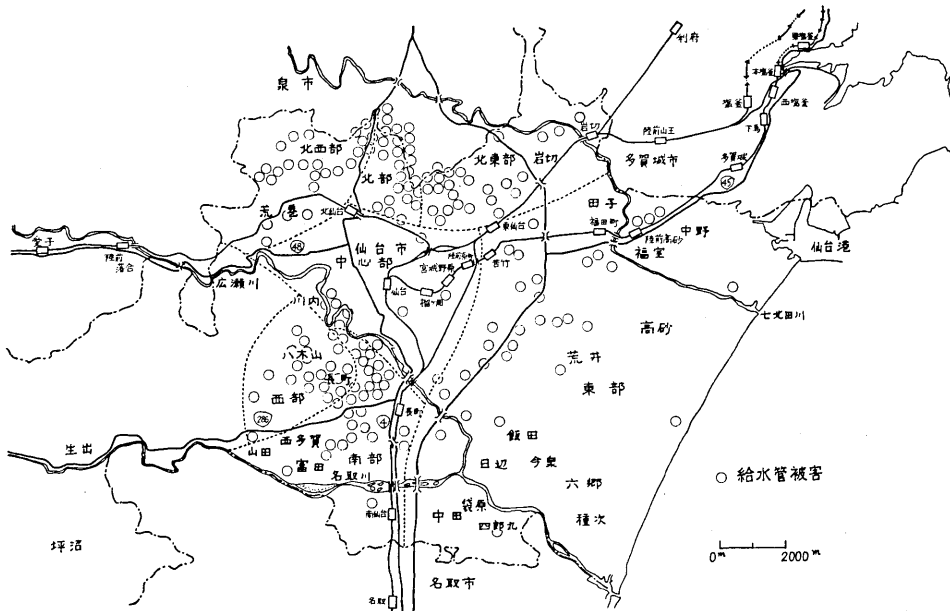


図-19 仙台市内の水道管の被害分布 (仙台市水道局による)

表-9 浄水場関係の被害状況 (仙台市水道局による)

浄水場	被害箇所	被害状況
中原浄水場	苦地取水池 青下第一貯水池 青下第一堰堤 傾斜板沈でん池 薬品処理館 南側排水池	沈砂池, 西, 北側防護柵崖崩れ, 巡回路落石 貯水池左岸崖崩れ, 観測台安全防护柵横倒, 第二堰堤 下流 ガードパイプ 42m 折損 左岸脊部破損 2ヶ所 傾斜板支持具折損 10ヶ所 PAC 貯留槽固定板破損 6ヶ所 水位計のおもり脱落
国見浄水場	急速ろ過池上屋 中山ポンプ所 中山第三貯水槽 国見第一ポンプ所 国見第二ポンプ所 国見第二貯水槽 安養寺配水所	柱のひび割れ 随所, 柱脚部破損 2ヶ所 エキスパンション金具破損, 床版のひび割れ, 大梁, 小梁の剪断ひび割れ, ろ過池床版モルタル破損 (ひ び割れ) ポンプ所上屋壁に 1m/m~2m/m の亀裂 20ヶ所 土留コンクリートブロック積 約 100m 崩壊 床盤クラック 約 15m, 壁クラック 約 10m 床盤クラック 約 20m 北側法面陥没階段沈下, 目地離れ, コンクリートブ ロック一部クラック 配水池周囲法面の陥没, 階段沈下, 目地離れ, 石積崩 壊目地離れ
茂庭浄水場	釜房湖取水塔 中谷地第二接合井 薬品処理館 特高受電室 排水処理棟 濃縮槽 (排水処理棟) 笱川上流 (佐保山入口) 佐保山入口南斜面 佐保山遊歩道溪谷線脇 北赤石ポンプ所 日本平ポンプ所	機械室屋根笠木ステンレスはく離 0.4m×4m 機械室外面タイル亀裂 10ヶ所 0.5m/m×0.5m 機械室床亀裂 1m/m×0.5m 上屋廻り U字溝の沈下 3m らせん階段ガラス破損, 2階ブリッジ受台 (混薬井側) 破損, 3階屋根ひさし下石綿板天井破損, リングウ オールガードレール取付部亀裂, 消火器転倒 4本 蛍光灯器具破損 2台, 窓枠廻り亀裂数ヶ所 壁面亀裂 2ヶ所 室内壁, 床亀裂無数 天端亀裂 15ヶ所 石積護岸裏込部約 20cm 沈下, モルタル仕上げ天端 約 5m/m 縁切発生 アンカーブロック及び階段に幅 15m/m 長さ 10m の 隙間発生 管防護コンクリート天端はく離 3m ² , 中心部で 20cm 隆起 管路盛土部擁壁仕上げ天端 モルタル部分縁切, 幅 4 m/m 長さ 10~15m 浸透水 ポンプ所, 貯水槽に亀裂, エスロンパネルタンク給水 管折損 貯水槽南斜面土砂崩れ, 境界フェンス倒壊, ブロック 張り 5m ² , フェンス 5m
富田浄水場	南ニュータウン貯水槽 ひより台貯水槽 大年寺山配水所	水槽周囲の排水測溝 (25m) 沈下 水槽東側 (境界外) 切割斜面下段 100m ² 崩壊 無線電話装置破損

表-10 配水管の地域別被害箇所数 (仙台市水道局による)

口径(mm) 地域	500	400	300	250	200	150	100	75	50	地域別 合計
西 部							6	4	22	32
北 西 部							5	8	15	28
北 部				2	1		2	26	21	52
北 東 部					1		9	7	14	31
東 部	1	1	4		1	2	11	7	11	38
中 心 部		1		1		1	4		5	12
南 部						1	6	5	10	22
口径別合計	1	2	4	3	3	4	43	57	98	215

西 部: 緑ヶ丘団地, 八木山団地, 長野越路, 長野茂ヶ崎, 鉤取地区
 北西部: 中山ニュータウン, 桜ヶ丘団地, 双葉ヶ丘団地, 勝山団地
 北 部: 旭ヶ丘団地, 北根一念防, 小松島, 台ノ原
 北東部: 鶴ヶ谷団地, 安養寺, 東仙台, 自由ヶ丘, 岩切
 東 部: 苦竹, 原町, 福田町, 南小泉, 遠見塚, 六郷, 七郷
 中心部: 一番町, 大手町, 川内, 向山
 南 部: 長町, 中田, 富田, 富沢, 大野田

表-11 配水管の管種別被害箇所数 (仙台市水道局による)

口径(mm) 管 種	500	400	300	250	200	150	100	75	50	管種別 合計
ダクタイル 鋳鉄管	1	1	2	1	1	1	4			11
鋳 鉄 管		1		2	1	3	11	3		21
硬質塩化ビニール 管石綿セメント 管			1		1		22	21	28	71
鋼 管							5	32	30	69
塩ビ・鋼管ユニオン								1	24	25
消 火 栓			1						15	15
仕 切 弁				1						1
口 径 別 合 計	1	2	4	3	3	4	43	57	98	215

表-12 口径 75 mm から 300 mm までの配水管の布設延長 (仙台市水道局による)

口径(mm) 種別	鋳 鉄 管	鋼 管	石 綿 管	硬質塩ビ管	昭和51年度 現在総延長
75	19516.33	1073.30	7154.90	106169.13	133913.66
100	189581.42	1657.84	29630.74	174595.74	395465.74
125			45.00		45.00
150	184854.95	1391.19	7237.73		193483.87
200	115383.80	1359.29	2254.96		118998.05
250	38531.39	704.37	1339.51		40575.27
300	64013.40	3672.36	2088.10		69773.86
計	611881.29	9858.35	49750.94	280764.87	952255.45

(単位: m)

表-13 水管橋および橋梁添加管の被害状況 (仙台市水道局による)

橋梁名	被害状況	備考
福田橋	伸縮管2ヶ所より漏水	国道45号線
福田大橋	"	"
広瀬川水管橋	ジョイントで約13~53mmと約62~84mmのズレ	水道専用橋
七北田川水管橋	許容量以上の変位が発生	工業用水、都市ガス及び水道の共同橋

表-14 メータ上流における給水管の被害状況 (仙台市水道局による)

管種	口径(mm)					計
	13	20	25	30	40	
SGP (鋼管)	362	33	8	3	1	407
VP (硬質塩ビ管)	369	61	24	5		459
LP (鉛管)	78	14	2		4	98
小計	809	108	34	8	5	964
メータパッキン調整その他						107
						5
						315

表-15 メータ下流における給水管の被害状況 (仙台市水道局による)

管種	口径(mm)					計
	13	20	25	30	40	
SGP	2906	94	26			3026
VP	2198	136	14	7	11	2366
LP	160	1	1		3	165
小計	5264	231	41	7	14	5557
調整						170
水抜せん						81
排水弁						46
蛇口取替						73
キスチューブ						68

また、被害による断水戸数は、仙台市 7000 戸、塩釜市 19000 戸、泉市 20000 戸、名取市 2200 戸、利府町 2500 戸であった。

仙台市における水道被害の分布を図-19 に示すが、場所的には緑ヶ丘、恵和町、八木山本町、旭ヶ丘および黒松団地の一部に被害が多発した。

仙台市水道局の発表によれば、被害額は取水、貯水施設 180 万円、浄水施設 1240 万円、配水所施設 3340 万円、配水管 1 億 1140 万円、給水施設 1360 万円、建物 530 万円および

その他 7710 万円の計 2 億 5500 万円と概算している。

表-9 は仙台市での浄水場の被害状況を示す。

表-10 および表-11 は仙台市での配水管の地域別および管種別の被害状況を示す。

表-12 は仙台市での口径 75 mm から 300 mm までの配水管の布設延長を示すものであるが、その口径に限れば、鋳鉄管、硬質塩化ビニール管、石綿管、鋼管の順で使用されている。被害は、硬質塩化ビニール管と石綿セメント管が 7 割近くを占めており、管の折損によるものが多い。

表-13 は仙台市での水道橋および橋梁添加管の被害状況を示す。

表-14 および表-15 は仙台市でのメータ上流および下流についての給水管の被害である。

一鳴瀬町水道タンクの被害一

水道施設の被害に関連して、以下に宮城県桃生郡鳴瀬町の水道用タンクの被害について述べる。

この水道タンクは約 10 年前に築造されたものであり、鉄筋コンクリートタンクを作りその後外側に PC 鋼線を巻きつけて造る工法によっており、このタンクを設置した安倍工業所の報告では旧型の外巻きタンクという名で呼ばれている。同社の設置したもので宮城県内には 56 池の PC タンクがあり、その中で鳴瀬町のもの 1 池が図-20 に示すように完全に崩壊した。

同社の報告ではタンクの壊れた原因として以下のものをあげている。

- 1) タンクの設置場所が仙台市内よりも震源地に近く、かつ高さ 45 m の幅の狭い小丘上にあり、付近の墓石の転倒状況から推定しても平地より相当大きく加振されたと思われること。
- 2) 外巻タイプのタンクは PC 鋼線の上に吹き付けられた防護用のモルタルによる保護がどうしても不十分となりその結果、外巻きの PC 鋼線にさびが発生し強度が低下していたと考えられること。

上の 2) の理由で同社は 10 年前に同型式のタンク製作を中止し、以後は中巻式のみを製作している。今回の地震でも同じ鳴瀬町に築造された新しい中巻式のタンクは、被害がなかったと報告されている。

一地震発生前後の給水量について一

仙台市内の給水は、図-21 に示すように国見、荒巻、茂庭、大年寺山、安養寺および鉤取山の 6 系統によって行なわれている。

図-22 は昭和 53 年 6 月の給水量の変化、図-23 は地震発生前後の給水量の時間的变化、図-24, 25, 26 は給水系統別の給水量の時間的变化を示す。(いずれも仙台市水道局による。)

昭和 53 年 6 月 10 日での実績を平常時と考えて比較を行っているが、以下に図から推定される系統別の漏水状況を述べる。

国見系一地震発生直後給水量が急増し、この傾向は翌日 13 にも及んでおり、2~4 時の最低水量を示すべき時にかなりの上昇がみられ、一時的に大量の漏水があった

と思われる。

荒巻系—図-24によれば、地震発生後の給水量は平常時よりも減少する傾向を示し、この地区ではほとんど業務用として使われているという特殊性が実使用水量を地震の影響下でむしろ低下させたと考えられる。2~4時の時間帯における給水量が平常時とほぼ変わらないことから漏水量は比較的少なかったと推定される。

茂庭系—国見系とはほぼ同様の傾向を示し、大量の漏水があったものと推定される。

大年寺山系—この系では、地震による配水幹線口径 400 mm 配水管の破裂事故のためと思われるが、地震発生後急激な給水量の上昇が見られる。翌日には、むしろ減少傾向を示し、減断水、実使用量の低下の影響がみられる。

安養寺系—地震発生以後 21 時頃までは平常時と同じであるが、それ以後急激な低下がみられ、減断水、実使用量の極端な低下がみられる。

鉤取山系—地震発生以後は給水量が急上昇し、一時的に漏水が発生したと思われる。この傾向は翌 13 日にもなお続いている。

6. 下水道施設

図-27に見るごとく宮城県下の下水道被害は仙台、塩釜、古川各市をはじめとして広範囲に及んだ。

宮城県の下水道施設の布設箇所および延長は表-16に示す通りであり、52年度の普及率は18.5%に達している。このうちの処理場(2箇所)、管きょ(4km)、ポンプ場(9箇所)お

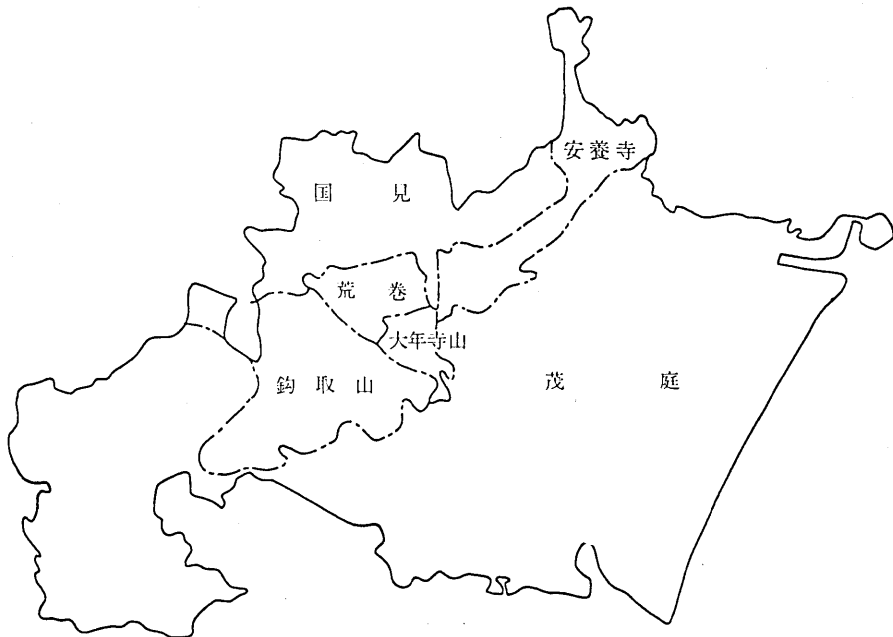


図-21 仙台市の給水系統 (仙台市水道局による)

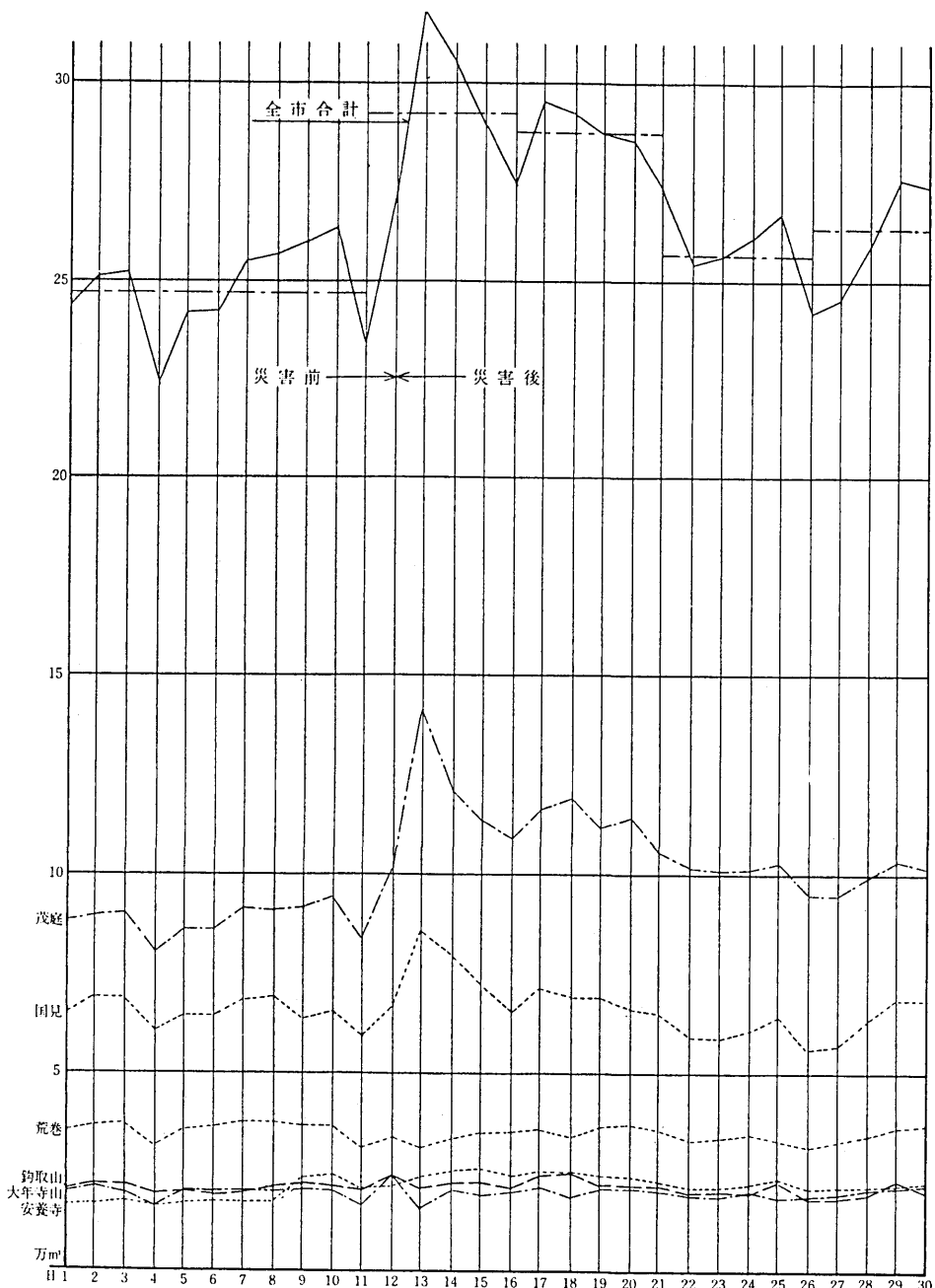


図-22 昭和53年6月の給水量の日的変化 (仙台市水道局による)

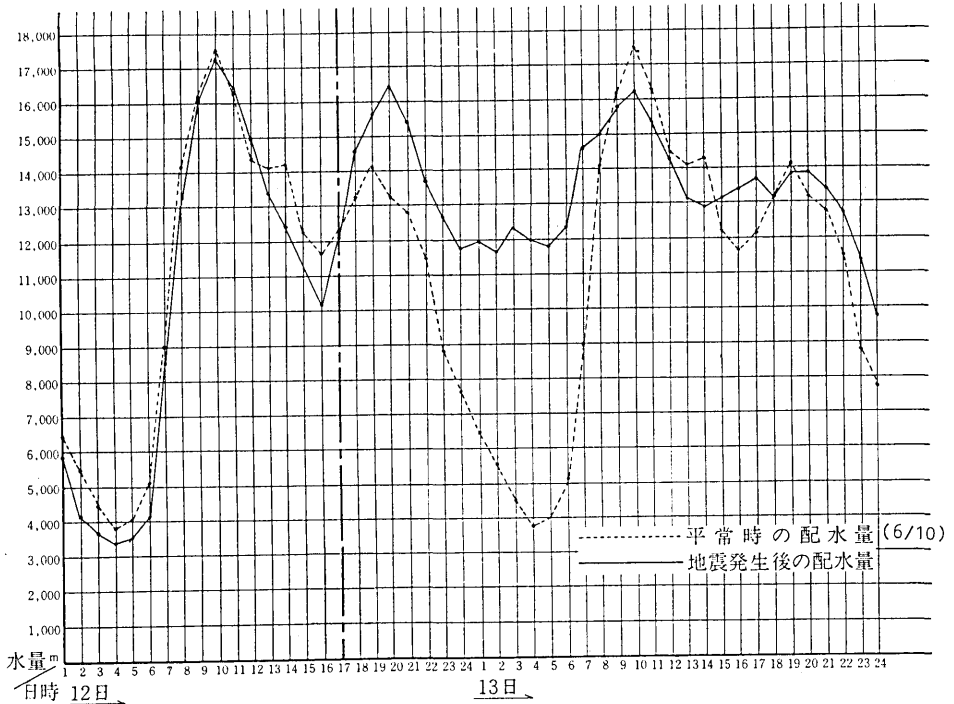


図-23 地震発生前後の給水量の時間的変化 (仙台市水道局による)

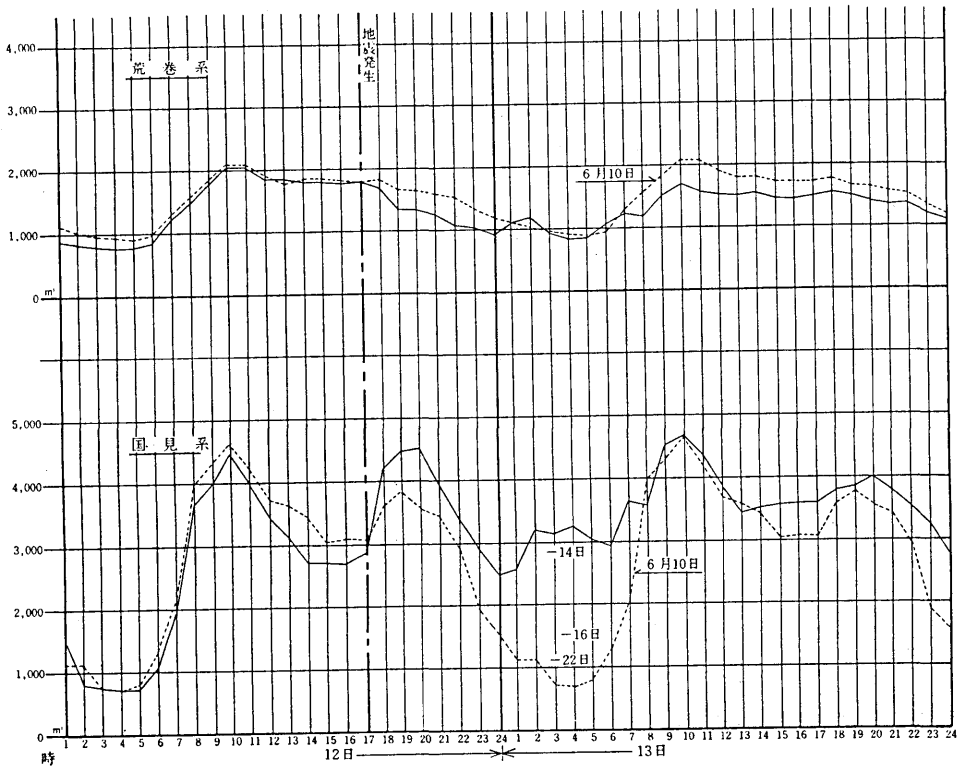


図-24 荒巻・国見給水系統の給水量の時間的変化 (仙台市水道局による)

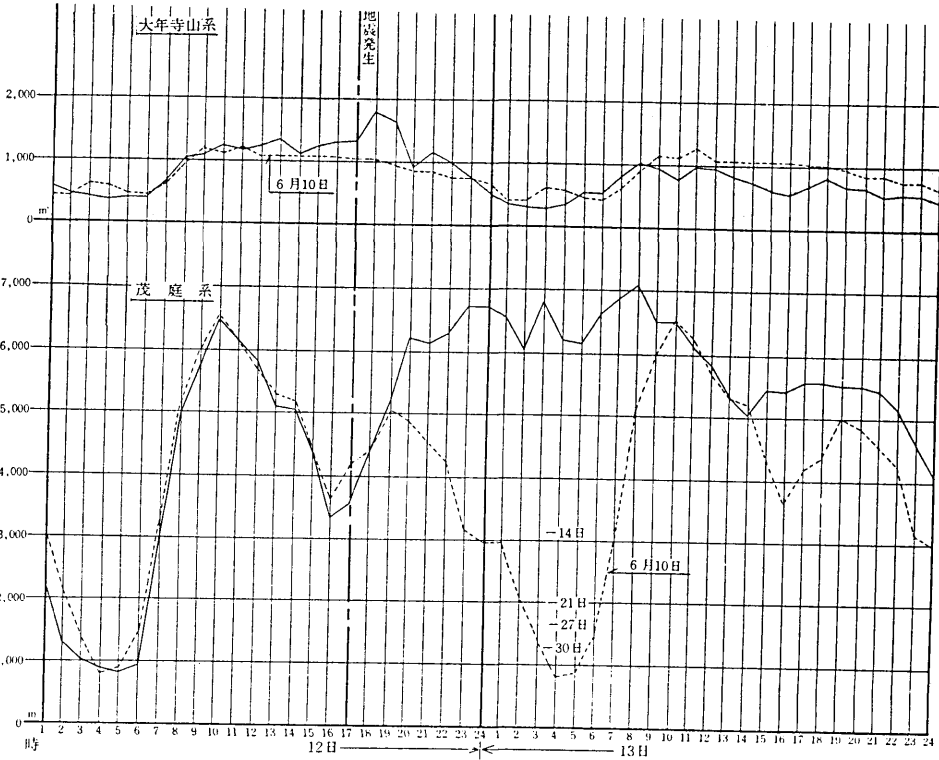


図-25 大年寺・茂庭給水系統の給水量の時間的変化 (仙台市水道局による)

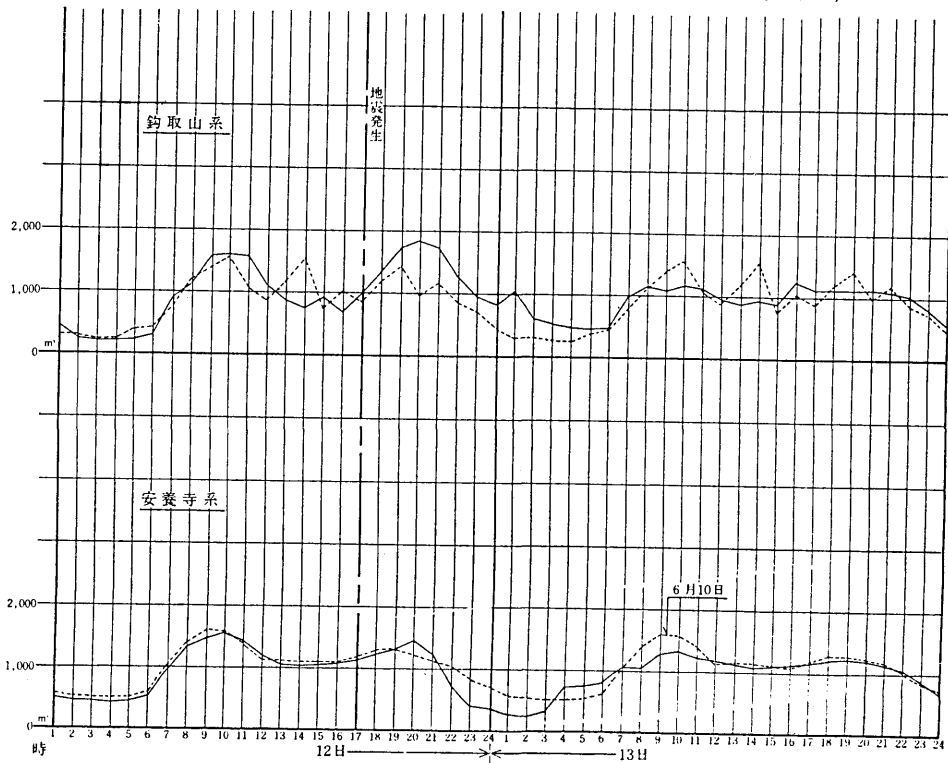


図-26 鉤取山・安養寺給水系統の給水量の時間的変化 (仙台市水道局による)

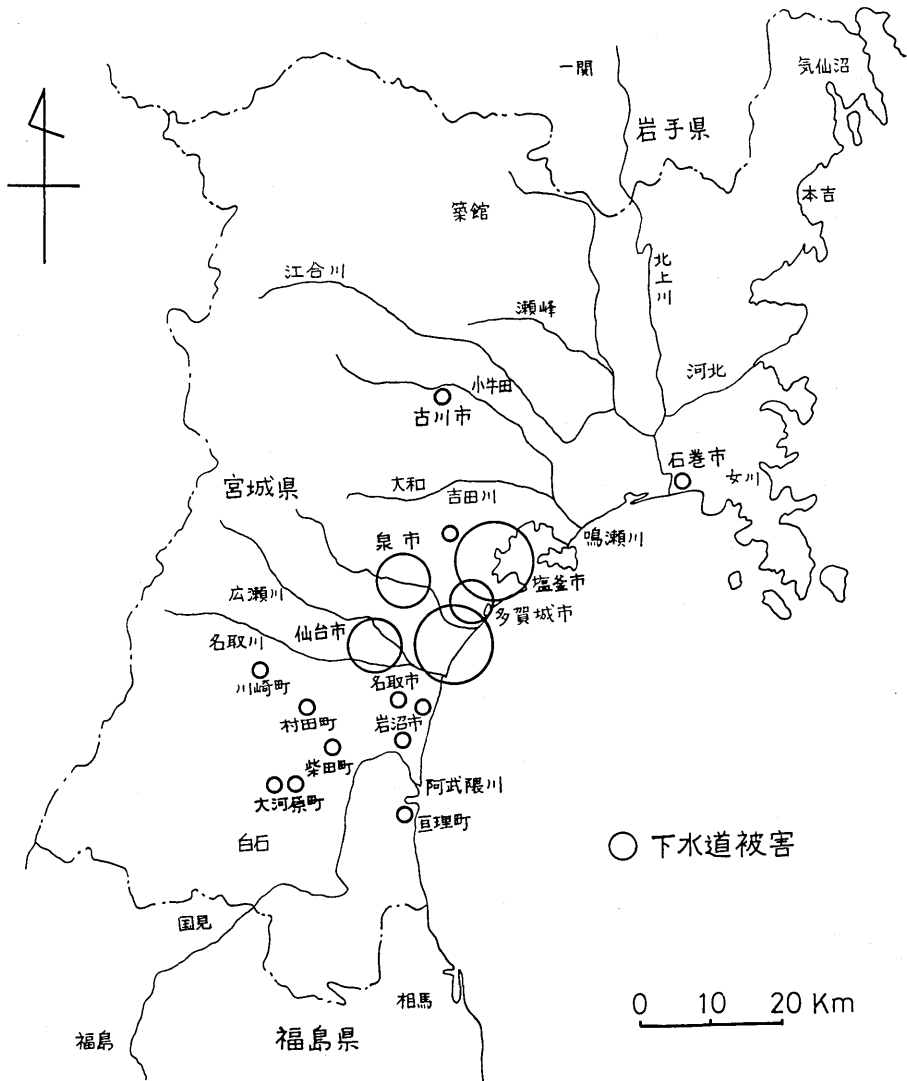


図-27 下水道施設の被害分布 (宮城県土木部による)

表-16 下水道施設の布設箇所数および延長 (宮城県土木部による)

施設	布設箇所数及び布設延長
処理場	2ヶ所
管渠	614.5 Km
ポンプ場	20ヶ所
都市下水路	64.5 Km

表-17 下水道施設の市町別被害箇所数（宮城県土木部による）

施設	処理場	ポンプ場	管渠	人孔	都市下水路
都市					
宮城県	5	1		2	
仙台市	18	18	12	7	2
塩釜市			12	3	
古川市			1		
多賀城市			1	2	
石巻市			1		
利府市				2	
泉市			5	6	
名取市				1	1
大河原町			2		
村田町				1	
柴田町			1		
川崎町				1	
亘理町					1
計	23	19	35	25	4

よび都市下水路（水路 0.1 km，ポンプ場 2 箇所）において被害があり，被害額は 106 件 7 億 9808 万 9 千円と宮城県では概算している。

被害の種類では，ポンプ場の吐出管，圧送管の破損およびポンプ，モーターのしんずれ，人孔のブロック目地のずれおよびき裂，管きよの継手部のズレ，管体の円周クラック，取付管の破損，ポンプ場廻家周辺地盤の沈下等であった。

表-17 に市町別の被害状況を示す。

件数で見ると管きよおよび人孔の被害が 98%，被害額では 72%と被害のトップを占めており管きよでは管の目地ズレが多く人孔ではブロック目地ズレが多い。

その他二次的の被害としては，下水ポンプ場の自家発電機の作動不能が挙げられる。停電時の対策として各ポンプ場では自家発電の機能を備えているが，給水管破損等による断水，自家発電用冷却ポンプの故障等により発電機が作動しなかったり，作動してもポンプ浸水のため使用できないものが目立った。

図-28 は，七北田川右岸幹線の被害状況である。継手部分にき裂が発生し，地下水が流入しているところである。

図-29 は被害のあった南蒲生下水処理場において，沈殿池横の陥没の状況である。沈殿池に至る導水管のまわりで陥没が生じている。

7. ガス施設

ガス施設に関しては，仙台市およびその周辺のガス供給工場や都市ガス導管に甚大な被害を受けた。

ガス製造は停電および東北石油からの原料供給がストップされたため，地震発生直後よ

り停止したが、需要家への供給はしばらく継続された。しかし、需要家よりのガス洩れの通報が相次ぎ、ガスの性質上火災の原因や、人体への影響も大であるため全面的に供給は停止された。

場所的に見て被害が大であった所は、宅地造成地や軟弱地盤地帯であり、局所的には地表付近の導管や各家庭と導管との接続部に被害が目立った。

今回の地震でガス洩れ発生と同時に全面供給停止をせざるを得ないという状況となったが、これはガス施設が地震に対して、都市機能上非常にぜい弱であることを物語っていると言える。したがって、ガスが日常不可欠なものであるにもかかわらず、東京のような大都市で地震が発生した場合、大規模な供給停止という事態は十分に考えられることである。今回の都市型の地震の被害を教訓とする意味でも被害の特徴を把握することは有意義であると思われる。

以下に今回の地震のおもな被害状況を述べる。

1) 港工場

製造装置の損傷は比較的少なく、2号ホルダー基礎コンクリートのクラック、アンカーボルトの曲がり程度の被害であった。しかし東北石油からの原料供給は停止されたままであった。

2) 原町工場

図-30に示すごとく低圧ガスホルダー(容量1700 m^3 、当時1400 m^3 のガス貯留)が倒壊炎上した。その他、電燈・動力用電源の故障、構内配管の一部が損傷等の被害があった。

3) 都市ガス導管

中圧A・B管合わせて195.9kmの延長をもつ中圧導管の被害は比較的軽微であり、フランジの緩みによる微量のガス漏れが4箇所発見された程度であった。なおこの中圧管はそのほとんどがアーク溶接接合による塗覆装鋼管である。

低圧本管は口径75mm以上で鋼管および铸铁管であるが、延長633.2kmのうち90%を铸铁管が占めている。被害はネジ接合鋼管では接合部の折損、き裂が4箇所、铸铁管では継手抜け出し11箇所、継手の緩み4箇所、その他1箇所が発生した。

支管については、ほとんどがネジ接合であり、被害は管継手を含めたネジ接合部の折損、き裂が多かった。被害の内訳は、被害箇所199箇所のうち折損、き裂70.9%、抜け出し23.1%、継手部の緩みその他6.0%となっている。なお、支管の口径は50mm以下であり、総延長は591.9kmである。

供給管は延長にして約320kmであり、すべてネジ接合によるものであるが、被害は支管同様ネジ接合部が多い。被害箇所147箇所のうち折損、き裂93.2%、その他6.8%となっている。

今回のガス管についての被害の特徴の1つは、地盤との関係が明確に認められたことであった。すなわち、旧市街地においては被害は少なかったのに対し、沖積層や泥炭地などの軟弱地盤地帯や緑ヶ丘のような宅造地の若い盛土において被害が著しかったことである。

被害箇所は継手部分が多かったが、特に低圧本支管から供給管への継手サーチペントは

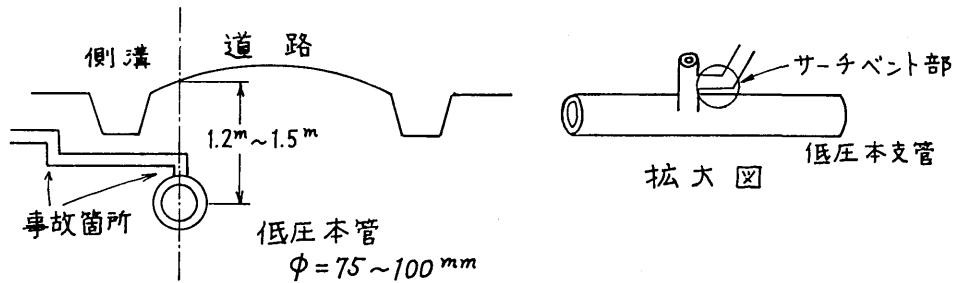


図-31 サーチベント部

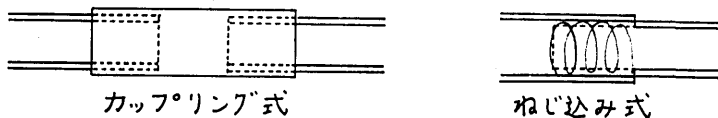


図-32 継手

ほとんどが被害を受けている (図-31)。また、継手は一部でカップリング継手が使われているが、この被害は少なく前述のようにほとんどがネジ込み継手の被害であった (図-32)。

なお、ガス管のひび割れは、東西方向の供給管に多数みられた様子で、南北方向の揺れが強かったものと思われる。

図-33 は、壊れたガス管を仙台市ガス局にて撮影したものである。

8. 電力・通信施設

電力施設については、仙台火力発電所、新仙台火力発電所および仙台変電所等での被害により青森、岩手、秋田、宮城、山形および福島管内で約 150 万 KW (供給支障約 113 万 KW を含む) の需要が減少したと東北電力は発表している。

東北電力管内の地震発生前の総需要は約 490 万 KW であり、配電線の停止状況は事故直後の電源側の影響も含め 681600 戸 (宮城県下 419100 戸) が停電し、区域は宮城県全域、福島市、山形市、一の関市等に及んだ。

発電施設では、11 の水力発電所で水路水槽の土留壁および取水口、水槽の巡視路等にクラックの発生があったのをはじめ、仙台火力発電所の 1, 2, 3 号機、新仙台火力発電所の 1, 2 号機で被害があった。

送電設備では、送電線で鉄塔基礎擁壁のクラック、鉄塔敷地周辺の地割れ等のほか支線のゆるみが多数発生したが、送電に支障をきたすような被害はなかった。

変電設備では、18 の変電所で変圧機器に被害があった。

表-18 に配電設備の被害状況を示す。

配電設備の被害は、仙台市の東部および南部に広がっている田畑、沼などの埋立地や急斜面の造成地に被害が集中し、支持物関係では支線のないカーブ柱、変圧器柱の被害が目

立っており、電線関係では高圧低圧および引込各線とも接続部分の断線が多い。

次に通信施設について述べる。

市外線路設備については、東北第2同軸ケーブル福島・仙台間で田を埋立てた軟弱地盤地帯5箇所被害があったほか、常磐同軸ケーブル原町・仙台間において千代大橋橋台際付近で断線し、東北第2同軸ケーブル仙台・盛岡間でも2箇所の被害があった。

市内線路では、岩切地区で16本の電柱が連続して傾斜したと電々公社では発表している。

図-34に通信ケーブルの被害状況を示す。場所は被害のあった千代大橋際である。同所が地震により沈下を起し地下に埋められた同軸ケーブルが断線したものと思われる。

図-35は、仙台変電所における被害である。地震によって壊れたがい子の残がいである。がい子は重量の割にもろいため、耐震的に非常に弱い構造物であり、過去の地震でもこの傾向は強い。図-36は、同じく仙台変電所の被害であるが、変圧器を固定するボルトが折れたところを示す。

9. 石油タンクの被害

図-37に示すように東北石油仙台製油所において、石油タンクが甚大な被害を受けた。同一ヤードにある3基が変形あるいは油もれを生じたというものである。

タンクのおもな被害状況は表-19の通りである。

破壊した3基(T-217, T-218, T-224)については、側壁板と底板(アニュラー板)の溶接部付近に数mに達するき裂が断続的に発生し、その結果油が流出し、タンク内での

表-18 配電設備の被害状況(東北電力による)

被害内容		被害数
支持物	電柱倒壊折損	104本
	電柱傾斜	2213本
電線	高圧断混線	470(条スパン)
	低圧断混線	692(")
引込線	引込断線	2348件
変圧器	変圧器損傷傾斜	4083台

表-19 石油タンクの被害状況

呼称番号	完成検査年月日	油種	容量(KL)	地震時の貯蔵量(KL)	被害状況
T-217	47.11.8	常圧残油	31500	26800	底部破断(全量流出)
T-218	47.12.18	常圧残油	31500	23800	" (")
T-224	48.1.25	減圧軽油	23700	17600	" (")
T-221	48.1.25	脱硫減圧軽油	23700	20026	底部破損(漏洩)
T-131	47.8.15	灯油	31500	30200	底部損傷沈下100mm(にじみ)
T-121	47.7.10	ガソリン	11200	9880	側板上部僅かにふくらみ

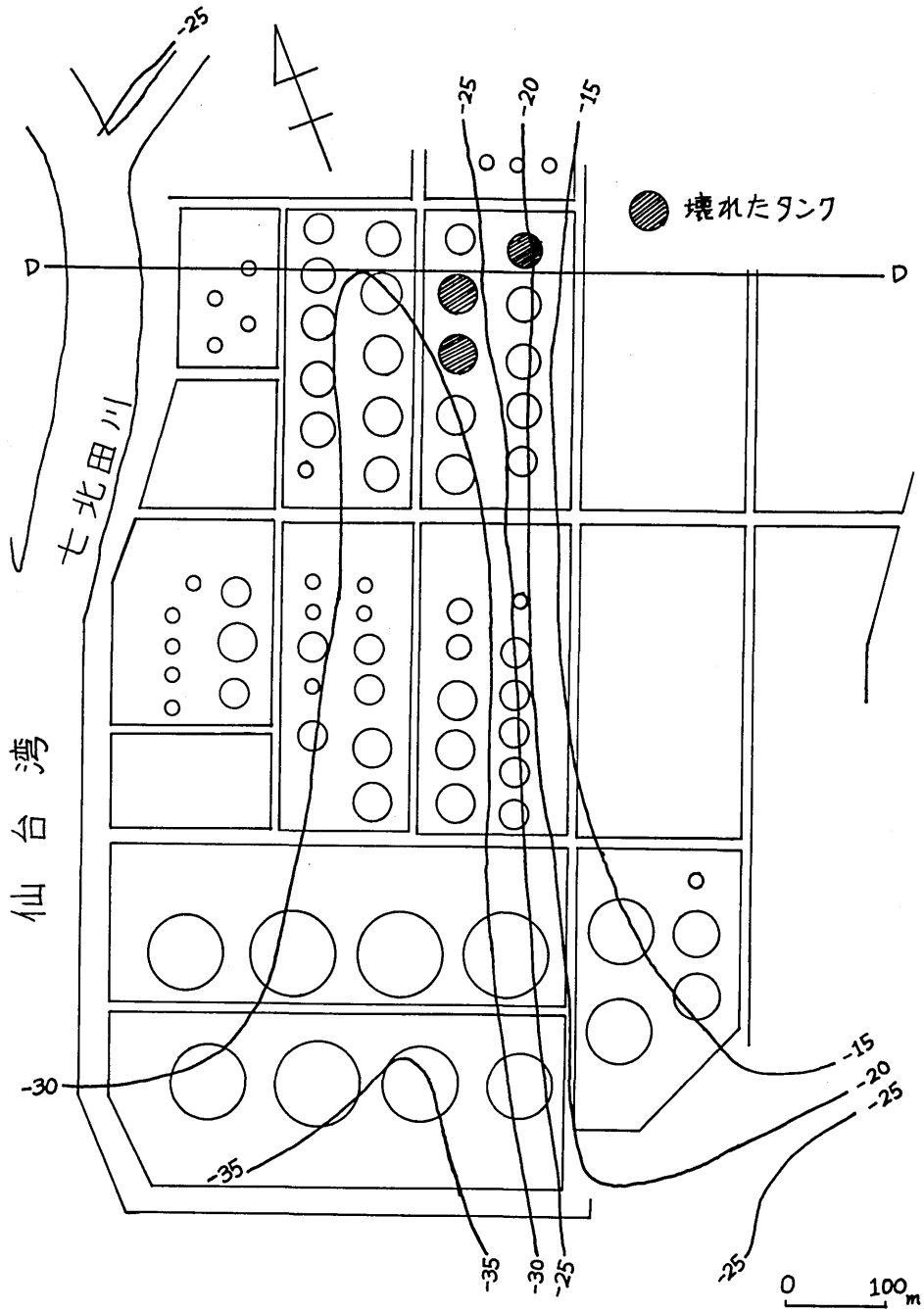


図-39 東北石油仙台製油所の平面図

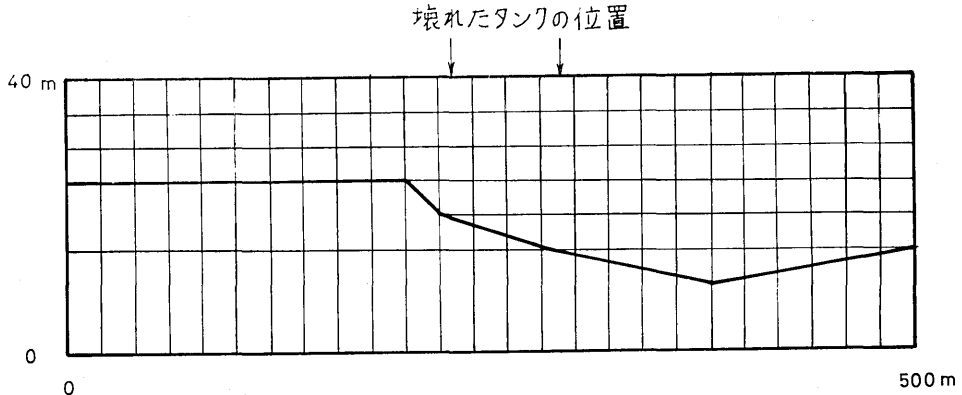


図-40 D-D断面図

--- Horizontal Comp. (Max. 652 gal)
 — Vertical Comp. (Max. 94 gal)

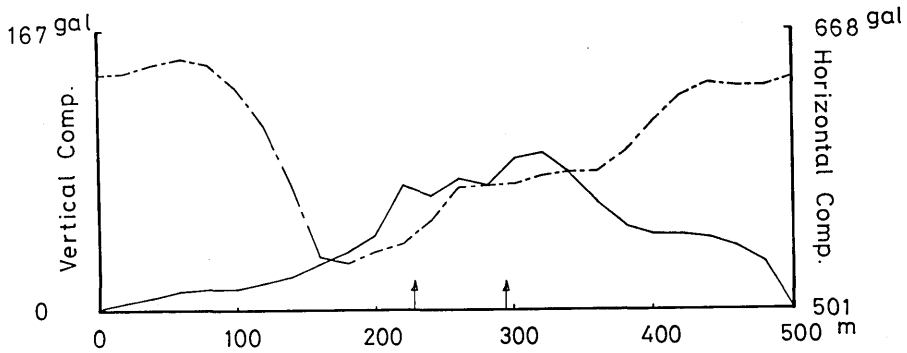


図-41 地表加速度の水平・垂直成分 (矢印は壊れたタンクの位置を示す)

急速な減圧のため側壁板と円すい屋根板が座屈し大破した(図-38)。

今回の被害で破壊した3基が同一ヤードに位置していたことが特徴的であるが、筆者らはこれらのタンクの位置する部分の基盤構造を調べた結果、後述のごとく特有の構造を持っていることがわかり、このタンク近辺において他の場所よりも大きな加速度が発生したのではないかとこの想定のもとに、有限要素法 (QUAD-4) により解析を行なった。

図-39は東北石油製油所の平面図であり、石油タンクの位置と地表からの基盤の等深線を示す。図-39のD-D断面図を示すと図-40のようになるが、今回壊れた石油タンクは基盤が谷のような形状をした所のちょうど真上に築造されているのがわかる。解析は、地盤モデルとしてN値N=30の地盤と地震基盤の2つに分けて行なった。

図-41がその解析結果で、D-D断面での地表加速度をプロットしたものである。入力はいしづみ地震波 (Max 216 gal) で水平加速度のみである。

図から明らかなようにタンクの位置している付近では水平加速度は少し小さくなるが垂直加速度は逆に大きくなっているのがわかる。先の研究(伯野・他1977)で、丘陵に近い軟弱地盤上において大きな垂直加速度が発生することが認められたが、今回の解析では地震基盤が傾斜している場合でも地表に大きな垂直加速度が発生している点に注目すべきである。このことがタンクの被害の一要因ではないかと思われる。

10. 地盤の液状化と構造物の被害

新潟地震において地盤の液状化が構造物に被害を与えることが認識された。それ以降、被害地震が発生するたびに液状化の有無、地震規模と発生地点までの距離、発生地点における土質条件等が調査されてきた。

今回の地震でも、宮城県内の各地で噴砂現象を伴う地盤の液状化現象がみられた。しかも地盤の液状化が構造物の被害の直接的な原因となっているケースもいくつか見られた。

地盤の液状化のおもな発生地点、発生状況および構造物の被害を表-20に示す。

表-20 地盤の液状化のおもな発生地点と構造物の被害状況

発生地点			発生状況と構造物の被害状況
海岸地盤 付近の砂	亘理町	荒浜国民保養センター 鳥の海	浄化槽の浮上り、プール底盤のクラック、グラウンドの亀裂より噴砂
	矢本町	大曲	グラウンドの亀裂から噴砂
	石巻市	石巻港	防波堤の変状、噴砂
河川敷・堤内地・堤外地・旧道	阿武隈川	河口右岸(亘理町荒浜)	
	名取川	閑上大橋付近の右岸堤外地	橋脚の損傷や可動支承のずれ等の被害と液状化との関係は不明
		中村地区	堤防の陥没
	北上川	茂入地区	河口より19.2km, 19.8kmのところ右岸堤防亀裂
	新北上川		
	吉田川		河口より1.6km付近2ヶ所(右岸)
	江合川	北和淵地区	旧北上川合流点より0.8km(右岸)
	利府町の車輛基地		

図-42 および 43 は、大曲海岸および亘理町荒浜での噴砂の状況を示す。

11. 宅造地の地すべり

都市はその立地条件に応じて、後背地を勢力圏として持っている。したがって、戦後の経済の発展や人口の増加につれて日本の各大都市の後背地には大規模な住宅地が建設されてきた。しかも、地価の著しい上昇による市街地内における土地の取得難から住宅の建設

表-21 宅造地の主要な地盤被害

宅 造 地	被 害 の 概 要
仙台市緑ヶ丘団地	盛土部分の地沁りによる擁壁の崩壊、家屋の傾斜、倒壊
〃 黒松団地	道路の盛土部の沈下、亀裂
〃 鶴ヶ谷団地	盛土部分の沈下による家屋の傾斜
〃 東北少年院グラウンド	グラウンド西側の斜面崩壊
白石市緑ヶ丘団地	宅造地の斜面崩壊、家屋の埋没 (1戸)

用地は地価の安い郊外地に求められるケースが多い。

このような事情から、建設用地は山林原野の丘陵地を大規模な機械化土工によって平坦に整地して用いられることがしばしばである。

今回の地震では、このようにして造成された住宅団地が地すべりを起こし、住宅の損壊が相ついだ。宅造地のおもな被害箇所と被害状況を表-21 に示す。

その被害は、いずれの宅造地にも共通点が見られるが、その特徴をまとめると以下のようになる。

- 1) 傾斜地を切盛りして造成した盛土部の被害
- 2) 高い練石積箇所の被害
- 3) 深い谷部を埋めた区域の変状
- 4) 沢筋の地すべり

以上のような宅造地の地すべりや変状によって数多くの家屋が傾斜や倒壊などを起こした。これらの家屋の多くはサラリーマンが多額の住宅ローンの融資を受けて建築したものである。それゆえ、地震保険約款の不備もあって大きな社会問題となった。

今後、丘陵地を整地して宅造地を造成するには何らかの耐震基準が必要であると思われるし、特に谷を埋めたり盛土を行なう場合や擁壁などに対しては何らかの指針が必要であろう。

図-44 は、白石市の緑ヶ丘団地の被害を示す。地震で、最大幅約 50 m、長さ約 150 m にわたって地すべりを起こしたものである。

図-45 は、仙台市緑ヶ丘での地すべりによる家屋の被害状況を示す。手前に相当大きな地割れが見える。図-46 も同じく仙台市緑ヶ丘での被害であるが、過去の沢筋に当る部分に地盤の段差を生じたところである。

図-47 は黒松アパートの被害である。地震発生後、水道管からの漏水で地盤がゆるみ地すべりを起こしたというめずらしい例である。

12. 河川堤防の被害

今回の地震でも、仙台周辺の一級河川（北上川、旧北上川、江合川、鳴瀬川、吉田川、名取川および阿武隈川）を中心に約 130 箇所て河川堤防に被害が生じた。被害の分布を図-48 に示す。また、おもな被害箇所と被害状況を表-22 に示す。なお阿武隈川、名取川およ

表-22 河川堤防のおもな被害箇所と被害状況

河川	被害箇所	被害状況
阿武隈川	河口付近	
名取川	河口付近 (右岸特殊堤)	
	中村地区 (左岸) 3 km	長さ 110 m にわたる、幅 20 cm、深さ 1 m の縦亀裂と堤体陥没 (Max 1.5 m)
鳴瀬川	河口付近	
吉田川	山崎地区 (右岸) 13.5~18.5 km	長さ約 5 km、最大幅 60 cm、深さ 1.5 m の縦亀裂と堤体陥没 (Max 2 m)
北上川	牧野巣地区 (左岸) 6~10 km	約 4 km にわたる縦亀裂と法肩沈下 (流路変更のため、堤防を河道側につけかえたところと言われる)

表-23 石堀・ブロック堀等の被害状況 (東北工大, 四戸, 田代による)

外構種別	区分	調査数		小被害		倒壊		全被害数	
		数量	比率 (%)	数量	比率 (%)	数量	比率 (%)	数量	比率 (%)
コンクリート, ブロック堀	数量	3121	57.2	213	65.5	127	62.3	340	64.15
	比率 (%)	100	—	6.82	—	4.07	—	10.89	—
石堀	数量	458	8.4	70	21.5	75	36.8	145	27.36
	比率 (%)	100	—	15.3	—	16.4	—	31.66	—
れんが, 万年堀, 金堀, その他	数量	1875	34.4	42	12.9	3	1.5	45	8.49
	比率 (%)	100	—	2.20	—	0.2	—	2.40	—
全数	数量	5454	100	325	100	205	100	530	100
	比率 (%)	100	—	100	—	3.76	—	9.72	—

4) 築堤後、間もない堤防

これらの被害と被害箇所の特徴はこれまでの震害例からも指摘されているものと同様である。

13. へい・門柱の倒壊

今回の地震においてもへい、門柱等の倒壊が相次ぎ多数の人命が失なわれたことは周知の通りである。仙台市の発表では、門およびへいの被害は 27000 世帯、被害額で 50 億円に及んでいる。

以下では今回問題となったコンクリートブロックべいおよび石べいの被害について述べる。

建築学会耐震連絡委員会の資料によると、調査結果は表-23 のようになっている。

コンクリートブロックべいの被害域は旧市内を除く周辺地域が多く、長町から東廻りに沖野町、遠見塚町、卸町、原町苦竹を通り南光台を結ぶ軟弱地盤地帯に集中しているようである。今回の地震による被害では方向性がみられており、倒壊を生じたものはほぼ東西方向のへいで南北方向に揺られて壊れたものと思われる。

表-23 から明らかのように、石べいの被害の割合はブロックべいのその3倍以上である。

図-49 は、被害のあったパロマビルの近くで空地のブロックべいが数10mに渡って倒壊したところを示す。

14. 岩手県および福島県の被害

岩手県によれば、土木関係の被害箇所数は、橋梁16箇所、道路144箇所、河川32箇所、海岸3箇所、上水道（簡易水道を含む）14箇所および衛生施設4箇所であった。道路関係の被害が目立ち、橋梁と盛土部の境界におけるひび割れおよび崩れ、擁壁のずれやふくらみおよび路肩部のひびわれ等が多かった。

また、岩手県内の住家被害は、県南部に多く、北上市、一の関市、大船渡市および釜石市などで半壊、一部破損を合わせて628棟の被害があった。

福島県内の住家被害は福島市および相馬市を中心とする福島県北東部に集中し、全壊したものは6棟であったが、古い木造家屋が多かった。

福島県によれば、土木施設では相馬港の野積み場で陥没があったのをはじめとして、橋梁5箇所、道路31箇所および水道57箇所に被害があった。

橋梁のおもな被害は、桁のずれ、支承部の損傷および橋脚周辺地盤のき裂等であり、道路については、旧石積みの損壊、盛土部のひびわれ等であった。

15. ライフラインの被害の復旧状況

現代の都市生活においては、交通、電気、水道、ガス等のいわゆるライフラインは日常不可欠のものとなっている。にもかかわらず、今回のように大都市に地震が発生した場合ライフラインの機能上の特徴からして被害は少なくとも長時間の機能停止は十分考えられそれによるパニック状態も懸念されるであろう。したがって、一般的な耐震対策は言うまでもない所であるが、小被害に対しても即刻機能を回復しうるような復旧体制の確立が望まれる。その意味で、今回の地震におけるライフラインの被害の復旧状況を反省してみることは無意味ではないと考えられる。

以下に復旧状況を施設別に述べる。

一鉄 道一

地震発生時運行中であった旅客列車41本および貨物列車21本の運転が一時的に中止された。そして、徒歩による路盤、軌道、橋梁および信号機等の点検が関係全線区で行なわれ、被害箇所の復旧が引き続いて実施された。

地震発生の時刻がラッシュ時であり混乱が予想されたため、国鉄では各駅での連絡や代行バスによって対処した。また、停止した状態の列車に対しては食糧補給の手配も行なわれている。

その後必死の復旧作業によって常磐線は間もなく開通し、東北本線は13日10時20分に仙台以南で運転が再開された。しかし、その他の線区では橋梁の復旧に手間取り運行再開

の見通しはつかない状態であった。

その後の復旧作業により 15 日には仙山線、陸羽東線が開通し、16 日に仙台以北の東北本線が小牛田～瀬峰間の下り線を使用して開通、仙石線の仙台～高城間も開通した。

18 日 18 時 30 分東北本線は全面復旧となり、丸森線も開通した。また、21 日には気仙沼線を除き各線区とも開通の運びとなり、7 月 7 日全面的な復旧完了に至っている。

一上水道一

今回の被害で約 7 千戸が断水したが、仙台市水道局では、地震当日より復旧作業を急ぐと同時に臨時給水のため給水車約 40 台を配備した。また、緑ヶ丘一丁目、黒松一念坊地区は二次災害を防止するために、通水を一時停止し、臨時の共用せをを設置している。

仙台市内では徹夜の復旧作業の結果 14 日夜までに全戸の約 8 割の水道供給を再開した。その後 15 日夕には約 700 戸を残すところまで復旧し、19 日にはほぼ復旧は終わっている。

同局の 18 日午前 9 時現在のまとめでは、地震発生以来配水管の修理箇所延べ 111 件、個別の修理申込み 3061 件となっている。

一下水処理場及び中継ポンプ場一

下水道施設関係の被害で緊急復旧工事を実施したのは、宮城県土木部の報告では仙塩流域下水道終末処理場の特高受電設備、塩釜中継ポンプ場の冷却ポンプおよび仙台市の公共下水道中継ポンプ場 5 箇所となっている。

これらの所では早急に必要最小限の在来機能が発揮できるように復旧を実施したが、仙台市郡山ポンプ場、鶴ヶ谷北ポンプ場では圧送管の破損のため復旧に手間取った。このため郡山ポンプ場では、塩素投入後名取川に、鶴ヶ谷北ポンプ場では、オイルフェンスをはって農業用ため池に汚水を放流している。

仙台市内の各ポンプ場、処理場、塩釜中継ポンプ場および仙塩流域下水道終末処理場では 6 月 14 日には、ほぼ大体において復旧を終わっており、郡山ポンプ場だけが 6 月 23 日までかかっている。

一ガス一

原町工場のガスホルダーの倒壊炎上という被災のため、仙台市ガス局は早期の回復を不可能とみて、プラントを港工場に移設し、容量 1 万 m³ の低圧有水式ガスホルダーを建設する方針を決定した。それによって、54 年 1 月～2 月のピーク時供給を確保する運びとなっている。

一方、ガス管については、中圧路線の供給再開が地震発生の翌 13 日より始まり、6 月 19 日までにすべて復旧作業を完了した。

被害の最も甚大であった低圧本支管および供給管の復旧については、新潟地震の際の教訓を生かし、図-50 のように供給地区を 8 地域にブロック化した。また、特に被害の多い

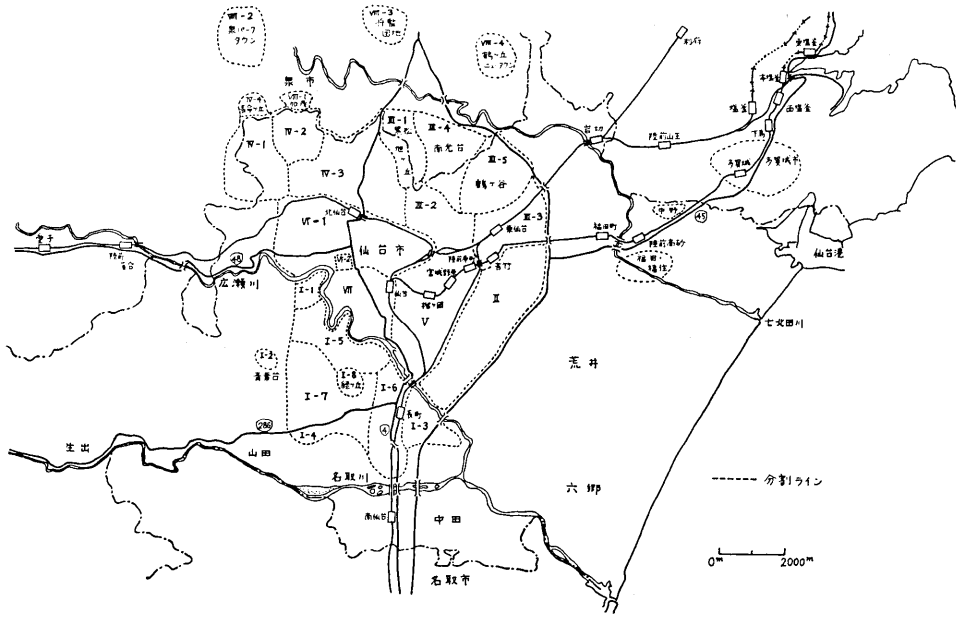


図-50 ガス復旧時の地区分割 (仙台市ガス局による)

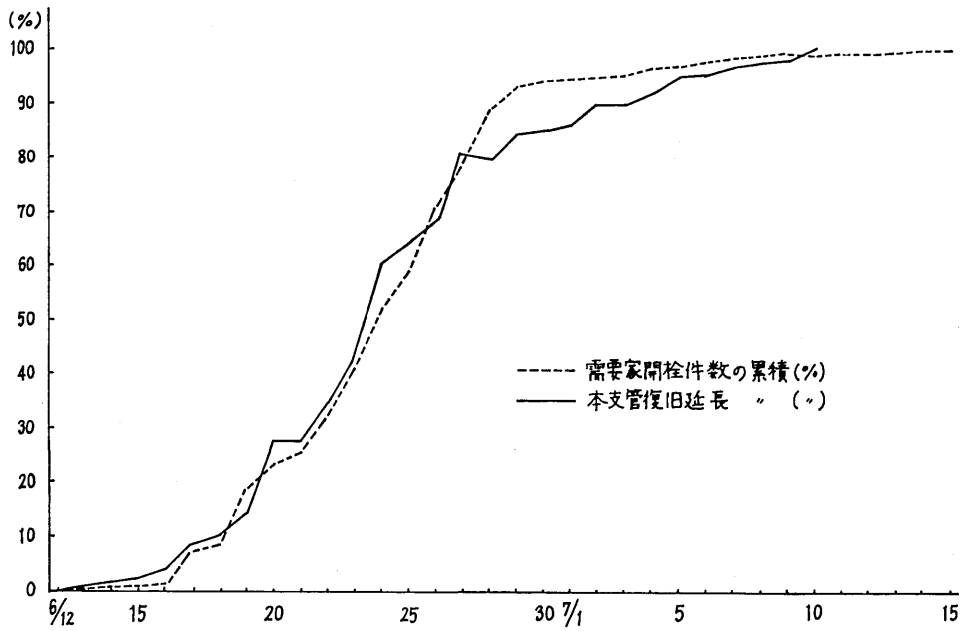


図-51 ガス開栓の経過状況 (仙台市ガス局による)

ブロックではさらに細分割を行なっている。ブロック化は6月14日から17日までの4日間でほぼ完了し、そのための導管切断箇所は53箇所であった。

作業は、二次災害防止のためもあり、まず、各需要家のメーターロックの閉せん作業から進められ、その後テスト昇圧による漏洩箇所の点検をブロックごとに行った。漏洩修理を進めるに従い、水道管被害による差水も確認され、ガス管復旧に支障をきたした。ブロック内の漏洩量が少なくなると、FID(水素イオン検知器)調査やボーリング調査により漏洩箇所の発見を行っている。そして、本支管および供給管に漏洩のないことが確認された後、全需要家を訪問し開せん作業(漏洩テスト、燃焼テスト)を実施した。

開せんの経過を図-51に示すが、その作業は6月15日から7月9日までかかっている。

供給再開までの日数は、最高で7月15日の33日であるが、19日目の6月30日には94%の需要家が復旧した。南光台、緑ヶ丘、黒松等で作業が難行したことが全体の復旧を遅らせたと仙台市ガス局は報告している。

一電 力

東北電力では、地震発生直後、供給支障の解消を最優先した復旧を進めており6月12日19時10分より翌13日1時28分にかけて仙台市内の全配電用変電所の受電を完了した。

配電設備の被害は、仙台市を中心に発生しており、東北電力各支店の応急用電源車を仙台市内に応援出動させている。

6月12日中には401600戸が復旧、翌6月13日には268000戸が復旧し残り12000戸を

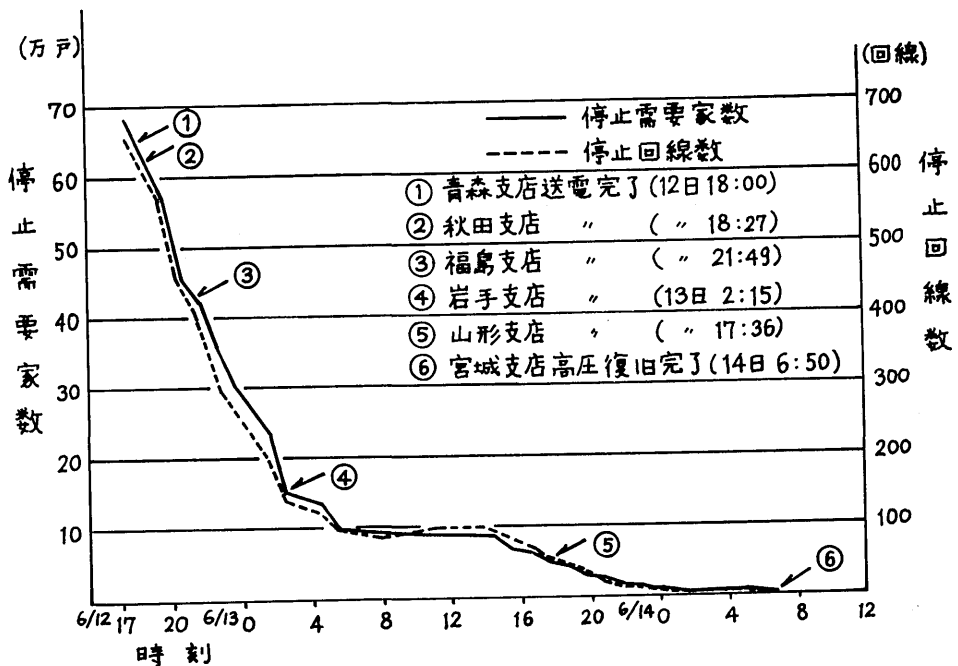


図-52 電力復旧状況の推移 (東北電力による)

残すところとなった。6月14日6時50分に宮城支店管内の復旧をもって高圧線の全線送電を完了している(図-52)。

その後、仙台変電所の3号および1号バンクがそれぞれ14日、15日に復旧、仙台火力発電所1号は16日、新仙台火力発電所1号は18日に復旧を完了、負荷抑制を漸次解消している。

東北電力によれば、今回の被害の復旧費は発電設備7.4億円、送電設備3.4億円、変電設備9.5億円、配電設備1.2億円およびその他10.7億円の計32.2億円と概算している。

16. ライフラインの特性とその被害

今回の地震の大きな特徴は、ライフラインという名前で総称される電力、上下水道、ガス、鉄道、道路、通信などの都市機能が広い範囲にわたり障害を受けたことであろう。このような都市機能の低下が注目された理由として比較的最近の日本の地震では都市を直撃した地震が無かったことと、震央距離が100kmと比較的大きく建物の被害が比較的軽微であったことが考えられる。

この事は、裏返せば建物が余り被害を受けないのに都市機能はほとんど停止するという耐震性の無さを物語っているとも言えよう。この地震に対する都市機能の弱さは、これらの施設が多く機器の連結によって成り立っており、その一部分が軽度の被害を受けても機能的には重症を免れ得ないという性質のためである。この性質は直列性と言われ、例えば鉄道線路の一部分が壊れしかもかなり長い区間が不通になるという種類のものである。その場合、う回路があれば不通は免れ得る。このう回路の多い系は並列的であるという。もちろん実際のライフライン系は直列か並列かと単純に定められるものではないが、直列と並列のいずれの性質が強いかと言うことはできる。

以下にライフラインそれぞれの系の特徴を述べて今回の地震を考察してみよう。

1) 電力

この系の特徴は、図-53に示すように発電所で起こされた電気が大変電所、小変電所と

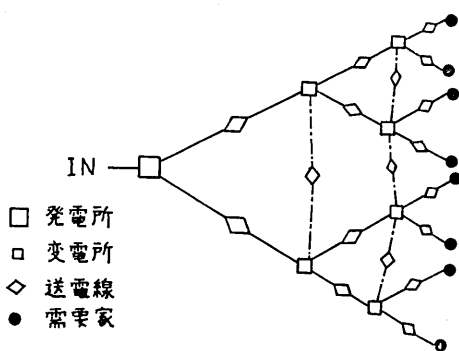


図-53 電力モデル

枝分れしながら末端の需要家まで供給されてゆくことにある。変電所間は結びつけられ、う回路が構成されていることが多い。

電力網システムの機能において重要なのは、その容量である。う回路があつたとえ線路は通じていても送電容量には限りがあつて、容量不足が起こり得る。一方で、送電に要する時間はどんなに遠い回路を通ってもゼロと見なせる。

もう一つ、電線のどの部分でも断線またはショートが起こると(地震時、電柱や家

屋の振動によりこれが起きやすい) 変電所のブレーカーが働いて、ある広さの区域が自動的に停電するという特徴がある。

断線またはショートは、1箇所の点であっても停電は面的に発生するわけである。これが往々にして地震の最中に停電する原因にもなっている。ただ、このような故障による停電の場合にはその場所の故障を修理すればよいわけであるから、電力供給の再開までにはそれほどの時間を要しない。

今回の地震による電力網の被害は、変電所における機器と端末線路の断線、ショートが主で、多分に点の被害の様相が強かったのでその復旧も早かったと言える。

さらにもう一つ、電力系統の弱点は、変圧器などの電力機器に絶縁油などを持っているため非常に重いものがあること、また絶縁材料のがい子が重く、かつねばりがないということが挙げられる。

2) 上水道

今回の地震では、一部断水もあったが、全面的な断水はなかった。

理由は以下のように思われる。

- a) 被害地は一部丘陵地もあり、配水池を置くような高所を容易に得ることができたため、停電となって送水ポンプが停止しても配水池中の貯えられた水を自然流下方式で供給できたこと。
- b) ガスとは異なり、配管系に多少の洩れがあっても供給に危険はないこと。
- c) 2日目には電力供給が再開されたので水道水の貯水が底をつく前に浄水が再開できたこと。

この施設のモデルとしては、電力同様なネットワークも考えられるが、実際はかなり複雑である。

3) 下水道

これは、水道とは逆に汚水が集まってきて最後に処理をするわけであるが、仙台市では停電のため処理場に送水するポンプが動かず、その予備電源も冷却水不足等によりほとんど使用不能であったため処理せず直接河川に放流せざるを得なかった。

4) ガス

このシステムでは、供給不能となったおもな原因は、地下小配管からのガス洩れである。大口径の主配管の被害はほとんど無かったが、枝配管が地盤の悪い所や造成地のき裂のはいった所などで多くの被害を出したために、ガス洩れが発生し、爆発等の危険もあるので供給を続けることはできなくなった。

さらに、修理をするために障害箇所を知らなければならぬわけであるが、現在ガス管に限らず、地下配管はどこに埋っているかの位置すら掘り起こさずに確認する方法は無い

と言ってもよい状況である。そのため、ガス洩れの位置を検知するのに大変な時間を要した。

このように、ガスの場合水道とは異なり、電力同様一部に障害を残したまま供給を続けることが許されず、自ら停止せざるを得ないので、地震に対して供給停止は非常に起こりやすいと言わなければならない。またその復旧は、電力と比べると主要な供給配管が地中に埋設されているため、障害位置確認に大変な労力と時間を要し、どうしても遅れがちである。

電力供給線も、環境上の理由から今後地下埋設方式が増えるであろうが、障害後位置確認の手法を確立しておく必要がある。

5) 鉄 道

鉄道は列車が細いレールの上を走るため、レールの狂いの制約が非常にきびしい。自動車であれば、多少徐行して走行できるような地盤のき裂、ずれも許されない。そして、そのような軽微な障害で走行不能となれば、隣り合わせた駅の間数 km にわたって不通となってしまうのである。

そして、道路と異なり、多くの場合回路は無く、しかも応急的に作ることも不可能に近い。また、たとえ回路があったとしても、電気とか電話のようなシステムとは違って余り遠い回路では時間がかかり過ぎて役に立たない。

以上のような理由から鉄道も、地震によって最も機能を停止しやすい施設の1つと言わなければならない。

6) 道 路

道路は、被害地の立地によって、う回路が簡単に求められる所とそうでない所の差が歴然としている。山間部ではどうしてもう回路が少ない。したがって不通となる確率も高い。たとえば、山間部を走る牡鹿半島コバルトライン有料道路は地震後 10 ヶ月たっても未だ開通していない。

7) 電 話

電話は、地震に限らず何か災害があると、その地域には外部から通話が殺到し混乱するのが通例となっているが今回もそうであった。また、市外通話回線の地中に埋設された同軸ケーブルが地盤の沈下等のため、一部断線した所が数箇所あったことも確かである。ただ電話線は、架線等で電力その他と似ているがその中には低電圧電流しか流れておらず断線が起ったとしてもそれによって感電事故等が起こるなどという心配はないわけである。

したがって、電力のように緊急遮断して自らが広い領域の機能停止をする必要はないこともあって、一定量の機能は維持することができたものである。

以上のように、ライフラインの被害は個々の部分の被害にとどまらず、系全体の機能に

影響を及ぼすため機能停止の確率も高くその範囲も広い。

ただ、個々の系それぞれには地震に対して特に弱い部分がありそれが系全体の信頼性の低下に大きく寄与している場合もあるようなので、その点の追求が今後の課題であろう。また、個々の系が独立しておらず、複合災害的な面も大いに見られたので（例えば電気が停止し、信号機が止まって交通渋滞が発生したなど）、ある系の災害の波及効果の解明も今後望まれる点である。

さらにそれらを総合したところの、ライフラインの機能停止による社会生活に及ぼす影響の程度も、より掘り下げてゆくべき分野であると考える。

17. む す び

今回の1978年6月の宮城県沖地震によって、多くの被害を出したがその調査によって以下のことが知られた。

- 1) 今回の地震とはほぼ震源域を同じくする1936年の地震(M=7.7)では、ほとんど無被害と報告されている。しかし、今回は都市機能を麻ひさせる相当ひどい被害が発生した。この原因は一つには、この地方の人口が増え、密度も高まり軟弱な沖積層とか大規模な盛土の上にも人が住むようになったこと、また、人口密度の高まりと相まって都市化が進み、電力、上下水道、鉄道、道路などの都市施設が増えたことなどによるのであろう。
- 2) 建築物の被害は、仙台市東部の軟弱地盤地帯、西部、北部の宅地造成地、仙台市北方の北上川沖積平野の古川市、迫町等、比較的限られた地域に発生した。しかし、ライフラインに関しては、部分部分の施設が建築物の被害の範囲をはるかに超えて、しかも一面に及んだ。たとえば、電力では宮城県全域と山形市、一の関市、福島市で停電し、鉄道では、北は青森県野辺地まで一時不通であった。以上から、電力、ガス、交通などの都市機能は建物より耐震的には、はるかに弱いと言わなければならない。
- 3) 石油タンクも3基が壊れ、重油が流れ出した。重油は防油堤の排水口より外へ流出し海へはいったが、地震後短期間に設置された5重のオイルフェンスによって、外洋への拡散は防ぐことができた。また、流出した油が重油であったため、出火しなかったがこれが原油のように揮発性成分を含んでいた場合には発火の可能性もあったのではないかとされている。ただ、いずれにせよ、水島事故以来全国の石油タンクの破損流出の危険性はかなりチェックされていたはずであるにもかかわらず、東北石油のような建設後間もない石油タンクが破損したことは、全国により条件の悪い数多くの石油タンクが存在するだけに気味の悪いことである。
- 4) 震害の分布は、いつものように地盤との関係が明らかに認められたが、今回の地震による地盤災害の特徴は、造成宅地のき裂発生、崩壊であった。最近の地震は、都市を直撃しなかったこともあって宅造地の被害は過去の地震では注目されなかった。もちろん、過去の地震でも伊豆半島では別荘用の宅造地が今回に劣らぬ被害を被っている箇所もある。しかしこれらは、民間会社の分譲地であり、また、家屋もほとんど建っていないこともあり、注目を集めるまでには至らなかった。今回のき裂の発生

も、ほとんどは盛土部分と地山部分の境界に発生しており、従来からの被害の様子と何ら変りはない。将来においても、地震被害の特徴はその様なものであると思われる。

しかし、現状は数 10 m もの宅造盛土を造る場合であっても、ほとんど耐震設計は行なわず、経験にたよるのが通常である。宅造地が増加しつつある現在、宅造地の耐震性について何らかの対策を考えるべきであろう。

謝 辞

この調査に当っては、下記の諸機関より資料の提供等の御協力を賜った。関係各位には厚く御礼申し上げる次第である。

建設省東北地方建設局、建設省土木研究所、国鉄本社、仙台鉄道管理局、宮城県土木部道路管理課、宮城県土木部下水道課、仙台市水道局、仙台市ガス局、日本鋼構造協会、日本道路公団、東北電力株式会社、日本電信電話公社、(株)安倍工業所、基礎地盤コンサルタンツ株式会社。

文 献

久保慶三郎他, 1978, 1978年宮城県沖地震の被害調査報告(概報), 生産研究, Vol. 30, No. 11, pp. 411-427.

東北地方建設局営繕部, 1978, 1978宮城県沖地震の被害と教訓, 8.

(株)応用地質調査事務所, 1978, 宮城県沖地震被害調査報告, 10.

17. *A Report on the Damage to Civil Engineering Structures Caused by the Miyagi-Ken Oki Earthquake of 1978.*

By Motohiko HAKUNO,
Earthquake Research Institute,

Yozo FUJINO,
Institute of Structural Engineering, University of Tsukuba,

Toshiyuki KATADA and Katsumi MATSUBARA,
Earthquake Research Institute.

The Miyagi-Ken Oki earthquake of $M=7.4$ occurred on June 12, 1978 and consequently brought some damage particularly in Sendai city and its urban area. This report describes the earthquake-induced damage on the various types of civil engineering and associated structures:

- Road and highway structure
- Railways
- Ports and harbors
- Water supply systems and sewerage structures
- Electric power and communication systems
- Gas supply systems

- Oil tanks
- Ground liquefaction
- Landslides and land-failures
- River embankments

The following characteristic features of the damage due to the earthquake are:

1. Sendai city was attacked by the earthquake of 1936 which is similar to this earthquake of June 12, 1978 with respect to the magnitude and the epicenter. However, the level of the damage by this earthquake is found much higher than that of the previous one. This can be attributed to the fact that civil engineering structures and home-dwellings are constructed in the recently developed urban areas where ground conditions are poor. Most of the damage can be seen in such areas.

2. A high correlation between the ground conditions and the damage, especially to the lifeline structures, is observed.

3. Lifeline structures such as water, gas, and electric supply systems mostly lost their functions due to the earthquake, and people were subject to inconveniences. For example, it took 27 days to rehabilitate the whole gas system in Sendai city. Some considerations of aseismicity for these lifeline structures and also of the rehabilitation of them are presented in this report.



図-3 牡鹿コバルトラインにおける盛土部の崩壊

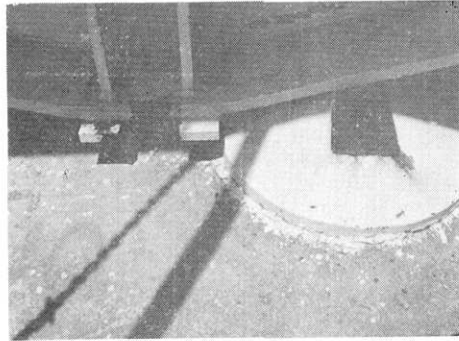


図-6 錦桜橋の支承部におけるボルト折れ

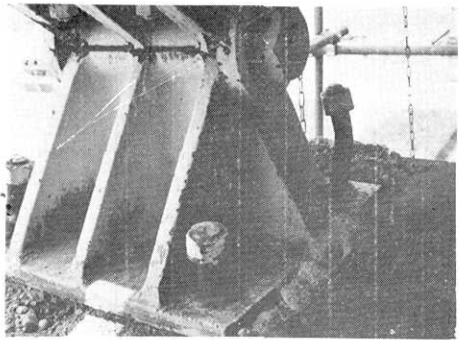


図-7 錦桜橋でのアンカーボルトの抜け出し

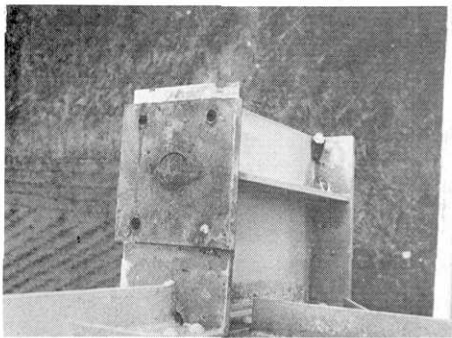


図-5 錦桜橋の落橋した吊桁のゲルパーヒンジ部

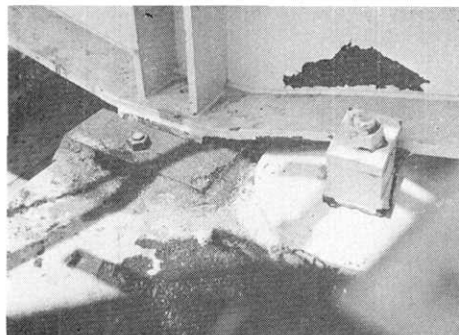


図-8 錦桜橋の支承ずれ



図-9 錦桜橋の舗装面の隆起

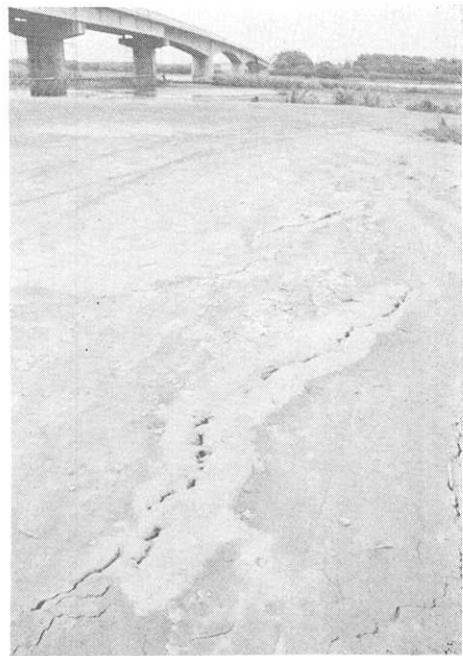


図-11 閑上大橋の近くの河原での噴砂



図-10 閑上大橋の橋脚のクラック

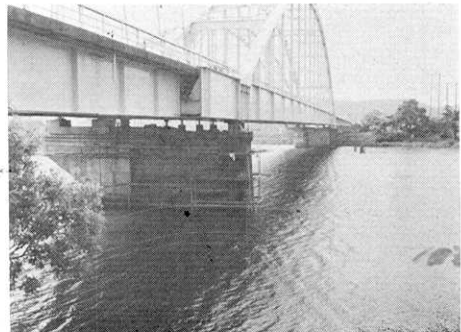


図-12 天王橋の橋脚上部のクラック



図-14 行人塚高架橋すぐ上の線路の軌道狂い

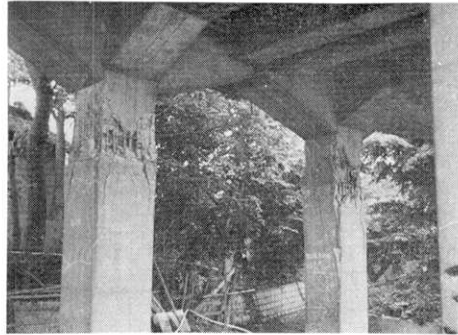


図-16 行人塚高架橋での橋脚柱部の被害



図-17 東北新幹線（建設中）の中間桁のクラック

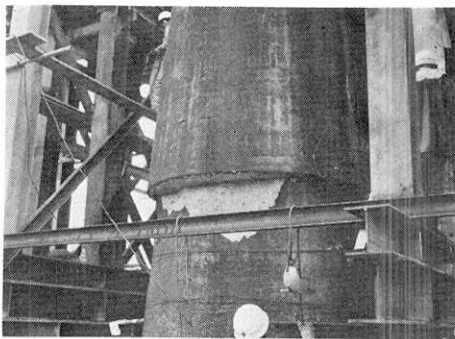


図-15 江合川鉄道橋における橋脚の水平ずれ

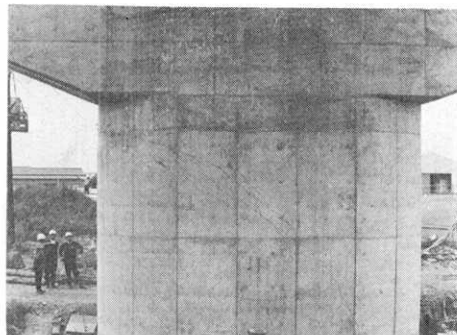


図-18 東北新幹線（建設中）七北田川橋梁橋脚のクラック

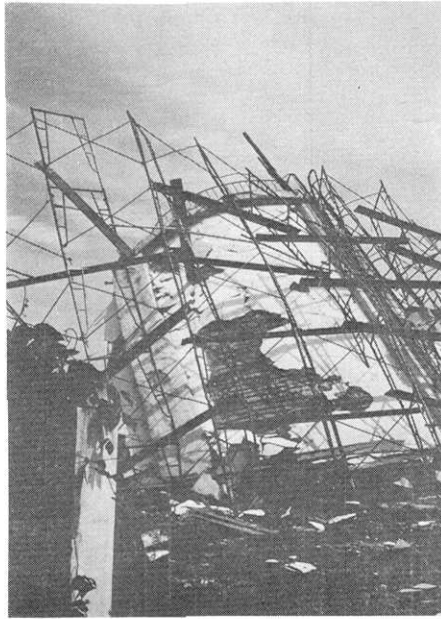
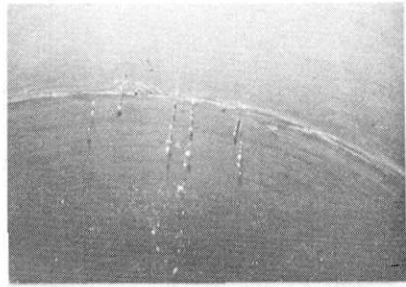
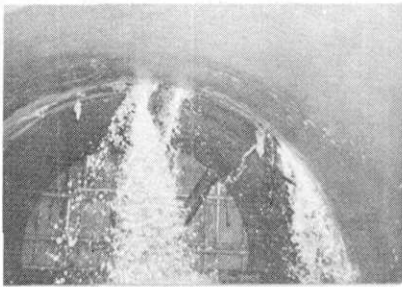
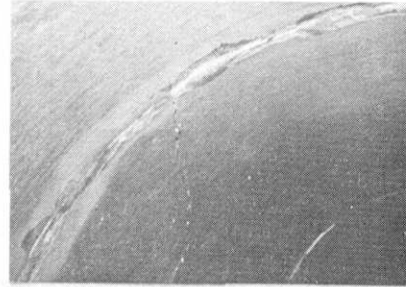
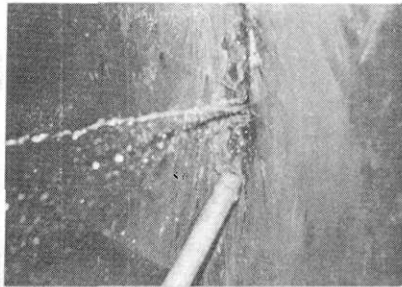


図-20 鳴瀬町水道タンクの崩壊

管渠の被害-1



▲七北田川右岸幹線(φ2200mm, HP, C型管)継手部亀裂損壊地下水漏入 ▼



1

図-28 七北田川右岸幹線(下水管渠)の継手部のクラック



図-29 南蒲下水道処理場における沈殿池横の陥没



図-34 千代大橋際での通信ケーブルの断線

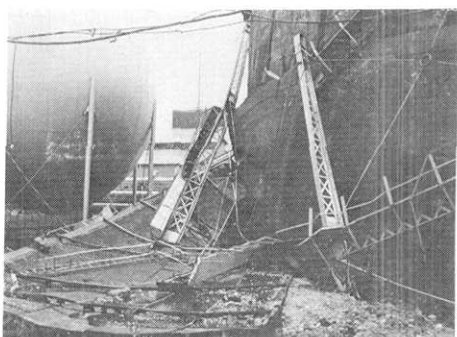


図-30 原町工場低圧ガスホルダーの倒壊災上



図-35 仙台変電所での折損した碍子



図-33 ガス管の曲がりおよび損壊

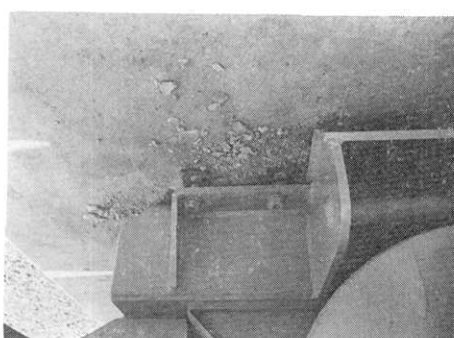


図-36 仙台変電所における変圧器のずれ

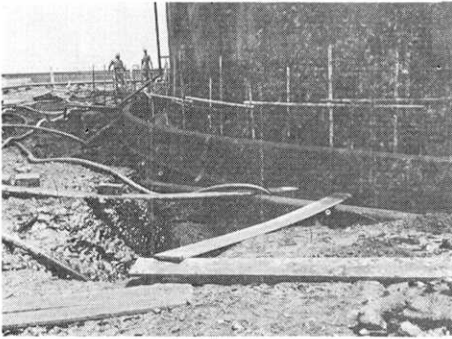


図-37 東北石油仙台製油所の石油タンクのオイル漏れ

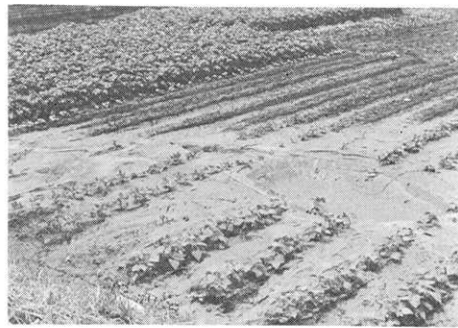


図-43 亘理町荒浜での噴砂

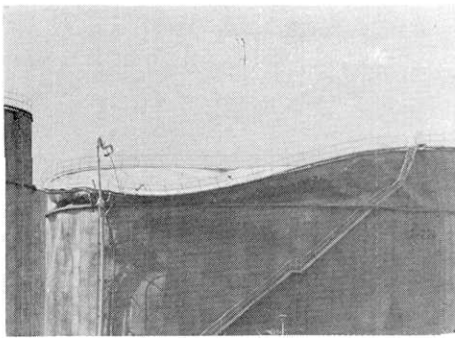


図-38 東北石油仙台製油所の石油タンク屋根の座屈

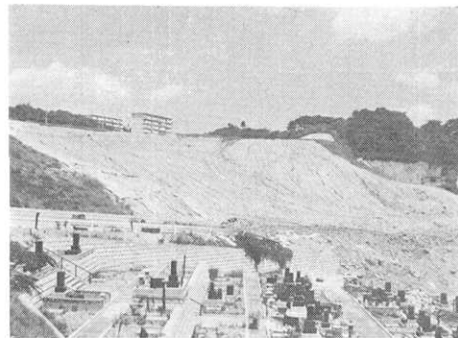


図-44 白石市緑ヶ丘団地での地すべり



図-42 矢本町大曲海岸での噴砂



図-45 仙台市緑ヶ丘での地すべりによる住宅の被害



図-46 仙台市緑ヶ丘での盛土部の段差



図-49 パロマビル横のブロック塀の倒壊



図-47 黒松アパートの被害