

造成宅地の崩壊 ——1978年宮城県沖地震の実例

中 川 久 夫*

Collapse of Artificial Ground in Residential Areas
by the Miyagi-ken-Oki Earthquake of 1978

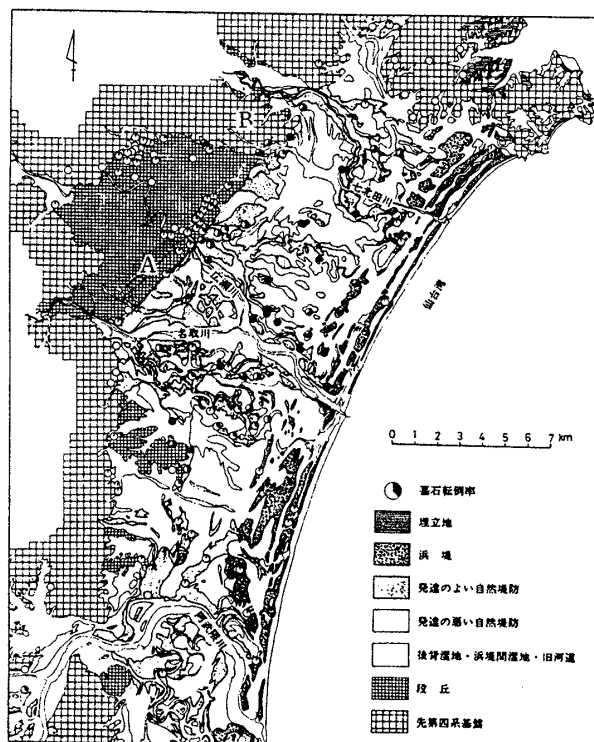
Hisao NAKAGAWA

Abstract Sendai and its environs were shaken by a strong earthquake at 5:14 PM, on the 12th of June, 1978, Japan Standard Time. Among various damages to modern cities, collapse of artificial grounds constructed for residential areas was notable. The collapse was concentrated into the upside-down fills and fills with pyroclastic materials, both of which had been constructed in cut and fill gradations in hilly-lands, where the horizontal acceleration of the shock was less than 250 gal.

I. 震災の概要

1978年6月12日午後5時14分頃、宮城県一帯は強い地震に襲われ、仙台市を中心に被害があった。東北大学によれば、震源は仙台市の東方沖約100 kmの東経142°17′、北緯38°13′、深さ29.5±4.4 km（気象庁は約40 km）、直後に気象庁の発表した震度は仙台・大船渡・新庄・福島でV、一関・宮古・山形・白河などでIVであった。仙台付近では被害状況から、震度はむしろVIか、それに近かったのではないかなどと取沙汰された。墓石の転倒状況から算定した最大水平加速度は丘陵・段丘上で約250 gal、一部で310 gal、平野の浜堤上では250～280 gal、自然堤防上では250～400 gal、後背湿地上では360～400 gal以上であった。これは震度Vの最高値からIVにかけての値に相当するようである。主要動の継続時間は約20秒であった。

宮城県内の被害を第1表に示す。死者のうち18人はブロック塀・石塀・門柱・碑などの倒壊によるもので、老人と子供が多かった。負傷者の65%は女性で、20～50才の主婦がその大半であったという。電気・ガス・水道はとまったが、電気は38時間後に復旧し、水道は送水までに約10日、漏水の修理に約1カ月かかった。仙台市の都市ガスの復旧は他の地域からの応援を得て約1カ月後に終了した。電話は通話申込みが殺到し、2日後まで規制



第1図 仙台付近地形概要と1978年宮城県沖地震による墓石転倒率。

A 緑ヶ丘, B 鶴ヶ谷。墓石転倒率全黒は100%, 水平加速度約400 gal またはそれ以上, 全白は0%, 水平加速度約250 gal またはそれ以下。半黒は50%, 水平加速度約340 gal (東北大学地質学古生物学教室, 1979による)。

* 東北大学理学部地質学古生物学教室
Institute of Geology and Paleontology, Tohoku University, Aramaki-Aoba Sendai, 980 Japan

第1表 1978年宮城県沖地震による宮城県の被害。(宮城県, 1978による)。

区 分	単位	数 量	被害額	備 考
人	死 者	27		
	負 傷 者	10,962		重傷者 262 人, 軽傷者 10,700 人
住 家	全 壊 戸	1,377		
	半 壊 戸	6,123	59,959,134	
	一部破損(浸水)	125,375		床上浸水 3 戸, 床下浸水 2 戸 5,300 千円を含む
	非 住 家	43,238	18,926,380	
	小 計	176,113	78,885,514	
医 療 ・ 衛 生 施 設	病 院	119	349,218	公立 47 棟 160,708 千円, 私的 72 棟 188,510 千円
	診 療 所 等	194	40,600	公立 10 棟 9,500 千円, 私的 184 棟 31,100 千円
	医 療 機 器 等	735	205,509	
	水 道 施 設		1,733,399	工業用水, 広域水道を含む 64 市町村 2 広域水道
	清 掃 施 設	37	1,292,377	
	その他の衛生施設	34	1,643,463	
	小 計		5,264,566	
商 店	工 場 ・ 商 店			大 企 業 653 件 25,337,050 千円
	その他営業用建築物	53,524	95,753,230	中小企業 52,871 件 70,416,180 千円
耕 地	農 水 田	ha		
	畑	61.2	132,000	
	農 業 用 施 設	箇所	1,261	10,134,000 溜池 113 須首工 20 揚水機 122 ほか
	小 計		10,266,000	
農 産 物	農 作 物	ha	834.2	277,873
	共同利用その他施設	箇所	903	1,595,358
	小 計		1,873,231	
畜 産	家 畜 等	頭	1,844	2,851
	畜 産 施 設	箇所	913	338,481
	畜 産 品 等	件	3	3,575
	小 計		344,907	
養 蚕	養 蚕 施 設	箇所	7	10,070
水 産 漁	船 隻	21	3,550	

区 分	単位	数 量	被害額	備 考
水	漁 港 施 設	箇所	109	2,493,000 外かく施設 26 箇所 けい・留施設 70 箇所 輸送施設 13 箇所
	水産養殖・施設	〃	564	1,277,796
	水 産 物 等	kg	286,880	78,307
	漁 業 用 資 器 材	件	34	11,210
産	小 計		3,863,863	
	林 地 ・ 林 道 ・ 治 山	箇所	97	390,377
	林 産 施 設	〃	81	459,970
林 業	林 産 物	件	6	12,888
	小 計		863,235	
教 育	小 学 校	校	360	1,931,173 国公立 358 校 私立 2 校 12,790 千円
	中 学 校	〃	171	513,322 国公立 170 校 私立 1 校 350 千円
	高 校	〃	103	1,617,377 国公立 99 校 私立 4 校 624,611 千円
	そ の 他	箇所	353	3,287,192 国公立 153 校 私立 200 校 1,929,658 千円
	小 計		7,593,504	
公 共 土 木 施 設	道 路	箇所	2,154	5,005,793 街路 7 箇所を含む (10,875 千円)
	橋 梁	〃	236	5,715,705
	河 川	〃	482	12,822,659
	海 岸	〃	14	433,656
	砂 防 設 備	〃	15	437,383
そ の 他	港 湾	〃	83	3,745,872 外かく施設 11 箇所 けい・留施設 26 箇所ほか
	小 計		2,984	28,161,068
他	鉄道その他交通施設	〃	17	7,062,165 国鉄分 6,300,000 千円 船舶 131,500 千円ほか
	電 力 施 設	〃		2,960,000
	通 信 施 設	〃	2,660	850,000
	社 会 福 祉 施 設	〃	212	604,967
	都 市 施 設	〃	(4) 129	925,664 下水道 838,453 千円 都市公園 87,211 千円
小 計	ガ ス 施 設	〃	190	947,000
	そ の 他	〃	142,536	22,535,162
小 計			35,884,958	
総 計			268,764,146	

措置を続けたという。鉄道は東北本線仙台以南・常磐線は翌日開通し、その他も約10日で回復したが、橋梁などに被害のあった気仙沼線の復旧には1月近くかかった。火災は10件余りあったが、その大部分は大学などの化学実験室であった。

II. 災害の特徴

1978年宮城県沖地震による被災状況から見て、最近近代的になったといわれているこの都市域を地盤災害の可能性といった点について考えると、次のような特徴があるであろう。

- (1) 人造地盤——埋立・盛立地盤・切取り斜面——が多い。
- (2) 都市域として利用されていなかった地域が大きく含まれている。その中には軟弱地盤・不安定地盤などの地域が含まれている。
- (3) 線状にのびる施設が多様な地盤を横切っている。
- (4) 地盤条件に配慮することに気づかぬ人たちが、企画・設計・施工した施設・構造物が多い。

これらは、仙台付近の場合も、年々改良されているようである。しかし、改良されぬ前の構造物は残ってい

て、そこに人が住み、施設は利用され続けている。そのような施設・構造物は年々、少しずつ増加したのではなくて、短い期間に急増した部分がある。災害を受けたものを見て再検討するという改善法は今回もとられているが、改善のために参考となるその被害は一度に集中して大量に発生した。震災というような被害経験はもっと頻繁にあった方がよい——などとは言えないが、単に年月を経たとて地盤の条件とその利用法が改良されることにはなりそうもない。被災地の経験を生かすことで補うのが最善策であろう。

1978年宮城県沖地震の被害のうち、宅地について見ると、平野のいわゆる軟弱地盤上と、丘陵・段丘地域の造成地盤の上で集中的に起こっている。仙台付近には水域の大規模な埋立地は無いが、もしあったなら、やはり集中的な被害があったものと思われる。

宅地の震災は宅地そのものと家屋・商店・事務所・学校などの建物本体だけではなく、空中・地上・地下にわたる付帯施設にも及んだ。とくに電気・ガス・上・下水道の線や管は機能を失うと単に不便というだけでなく、宅地の日常生活が成り立たなくなる区域もある。道路・鉄道なども線状にのびていて、1978年宮城県沖地震の際

にはこれらをまとめてライフ・ラインと呼ばれた。

III. 造成宅地の震災例

仙台付近の造成宅地のすべてが被災したわけではない。大きな被害が集中したのはごく一部の、特定の範囲内であった。仙台付近の宅地造成は昭和25年(1950年)頃から小規模なものが始まり、昭和35年(1960年)頃から大規模なものが造成されるようになった。宅地造成等規制法が施行されたのは昭和40年(1965年)である。大被害の集中範囲はこの昭和35年前後から昭和40年代までに造成されたものが大部分を占める。仙台の場合、市街区域は昭和35年頃から急に拡大したが、それ以前からの市街区域内と以後の新区域の全壊家屋数は約1:2の割合であった。地震の前後を通じて、その年、この地方の降水量はごく少なく、盛土・埋土は一般に乾燥気味であった。

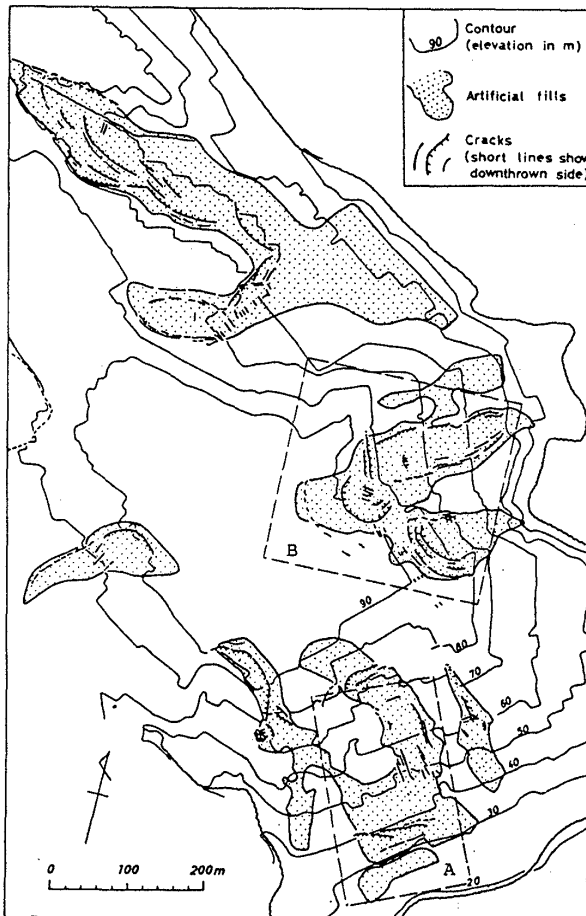
震災例として以下にあげる3例は、いずれも丘陵地に造成されたもので、地質条件にはいくらかの差があり、

また造成状況も同一ではない。

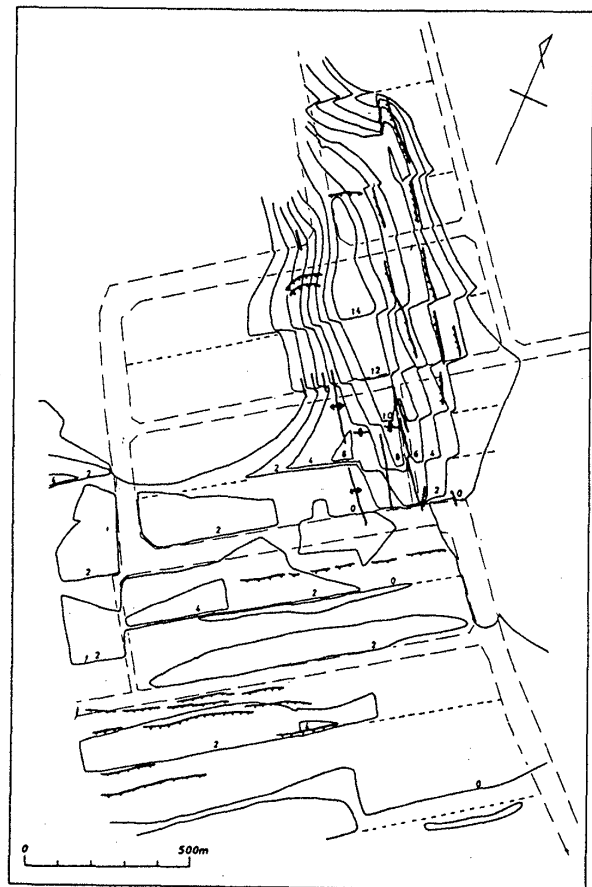
A. 仙台市 緑ヶ丘(第1図～第4図)

緑ヶ丘の宅地は昭和32～37年に造成された。もともと鮮新統仙台層群と更新統青葉山層より成る丘陵地である。青葉山層は高位段丘構成層であるが、ここは段丘外縁部に当たり、開析が進んでいて、段丘の性格は薄い。青葉山層は礫層と火山灰層より成り、赤色土を含む風化の著しい部分がある。関東地方の多摩段丘構成層に対比される。さらに新期の愛島火山灰などの薄い被覆層がある。造成前には丘陵から直接外へ開く小河谷があり、その底・壁とも急傾斜で、小崩壊が頻発していた。

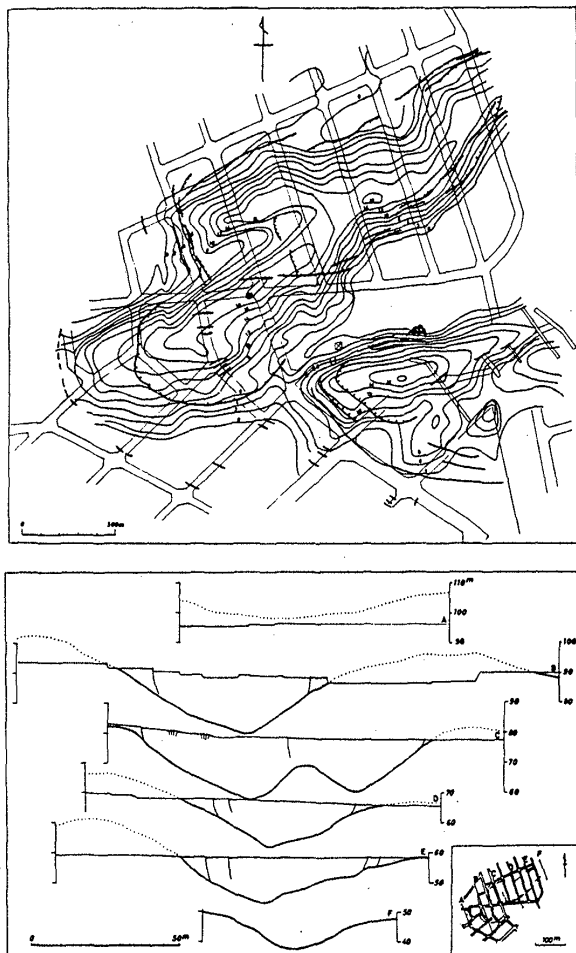
造成宅地は丘陵内の河谷を埋め立てた部分と、丘陵外縁の斜面をいわゆる切り盛りした部分より成り、地表部は階段状に敷地を設けてあった。埋土・盛土の材料は地表部の青葉山層の火山灰・礫・粘土、仙台層群大年寺層・向山層の砂岩・シルト岩・凝灰岩などで、いずれもか



第2図 緑ヶ丘の地形概況と地震による破損。
A, Bは第3・4図の範囲(東北大学地質学
古生物学教室, 1979による)。



第3図 緑ヶ丘南部の埋・盛土等厚線図と地震による変形。(東北大学地質学古生物学教室, 1979による)。



第4図 緑ヶ丘東部の埋土等厚線図と地震による変形。断面図の点線は造成前の地表面、太線は造成前の谷壁（東北大学地質学古生物学教室，1979による）。

なり風化していた部分を含んでいる。谷の埋土の厚さは最大 20 m である。

被災後の試錐調査によると、埋土・盛土の締固め状態はあまりよくない。標準貫入試験の N 値では 0～5 の部分が多かった。このうち、盛・埋土の最上部は比較的よく締まっていた、下部は植物・土壌などの混入が多く、 N 値は下位ほど低いという、いわゆる逆転型盛土（upside-down fills, CLEAVES, 1961；中川，1980, 1982, 1986；東北大地質古生物教室，1979）であった。

崩壊したのは盛土・埋土の主部と、表面の階段状に整地した敷地の法面である。主部の崩壊は盛・埋土の形と構造に規制されて起こり、一般的な斜面の崩壊とはほぼ同様な形態であった。しかし、主滑落崖に相当する地割れは盛・埋土の厚さが 2～6 m の部分に生じたものが多い。前述の盛・埋土の締固めが N 値でいえば、10 くらいの部分は、地表から 2～3 m である。その部分が基盤に直

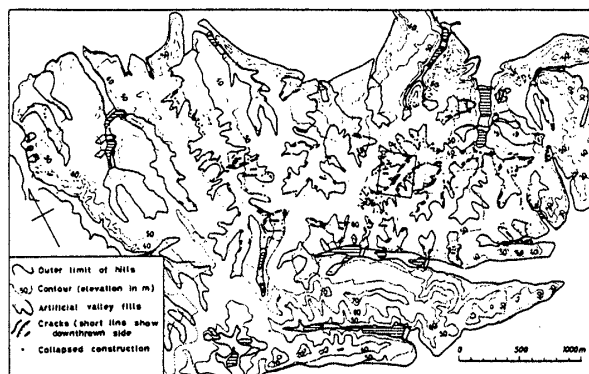
接のっているところは破損しないか、主滑落崖の後方でひび張り亀裂を生じた程度である。斜面の切り盛り部分では地割れは切り盛り境に平行にのびたが、谷を埋めたところでは、割れ目は埋土の厚さが 5～10 m 以上の部分までのびて、不明瞭になり、消滅する。その付近の側方の埋土の厚さ 2 m 付近に別の割目が始まり、厚さを増す方向へのびて消滅し、平面形では割目が雁行状に配列した。盛・埋土の下部は軟弱で、割目はできない。谷を埋めた土は谷壁の傾斜方向と、谷の主軸ぞいに下方へたわみ動き、一部は締め固まったものと思われる。また、谷の主軸方向へ動いた部分の表面は、主軸付近で圧縮による盛上りと割目を生じた。このように、埋盛土の表層部は円弧すべり（slump）型に滑落崖の前面の沈下と、その前方に圧縮盛上りを生じ、背後に引張り亀裂を伴った。

緑ヶ丘南部（第3図）では、丘陵外縁の斜面下部は谷の外端部を含めて、切り盛りによって階段状に造成してあったが、最下段と2段目の盛土部分が全面的に弛緩して崩れ出し、その上にあった家屋4棟以上が大破した。その北側の谷を埋めた部分の末端には高さ 3 m 余の石垣があったが、背後から押され、その下の道路に盛り上りを生じた。埋土上の家屋11棟が全壊～大破した。ここで言う大破は形態的な大破で、機能的に言えば全壊である。変形した埋土の表面に生じた亀裂は落差・開口幅とも 5 cm 前後であった。緑ヶ丘東部（第4図）では支谷を入れると3つのやや深い谷が埋め立てられていたが、谷の中心と下流の方向へ埋土が動き、埋没谷の頭部に落差最大 2 m の大きな主滑落崖を生じた。その上にあった家屋は分断されたものを含めて全壊～大破したもの11棟に及んだ。3つの谷のうち、南側の谷の下流側では地震以前に地すべりのおそれがあり、コンクリートの堰堤を5列築いてあったが、そのうち3堤は断ち切れ、または末端がずれ動いた。それらの堰堤は片側は基盤上に築かれていたが、他端は埋土の上ののっていた。

緑ヶ丘北東部では北東向きの斜面が切り盛りされていたが、ここでは盛土の上にあった家屋が被害を受けた。

B. 仙台市・泉市 鶴ヶ谷・南光台・黒松 (第1図、第5・6図)

鶴ヶ谷一帯の宅地は昭和38年から49年にわたって造成された住宅地である。この地区は中新統七北田層と鮮新統亀岡層・竜の口層より成る斉頂丘陵地で、開析谷は平底で急な谷壁をもち、谷底面の縦断曲線はごく緩傾斜であった。



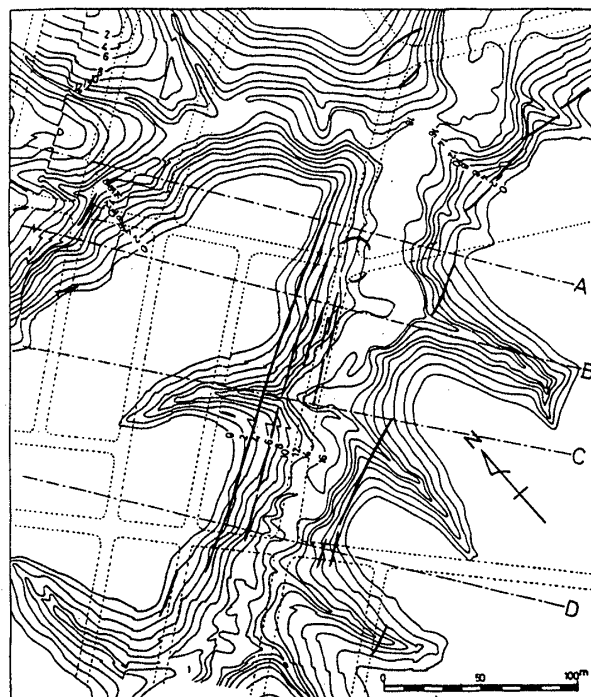
第5図 黒松・南光台・鶴ヶ谷の地形概況と地震による被害 枠の部分は第6図の範囲。(東北大学地質学古生物学教室, 1979による)

この造成宅地は区域ごとに多様で、西部の丘陵外縁などには緑ヶ丘と類似のものもあったが、中央から東の主部は稜部を全面的に削りとり、谷を埋め立てて造成された。埋立材料は上記諸層の砂岩・シルト岩・凝灰岩であるが、被災後の試錐調査によると、谷底にあった水田の耕土などはそのまま、谷壁や斜面の大部分もそのまま埋められていて、そこにあった植生・土壌・風化土は埋土中にも混入していた。ここでも埋土は中・下部で弛く、表層部はかなりよく締固められていた。

地震動を受けた埋土の変形状況は、緑ヶ丘の場合と同様に、軟弱な下部が埋没谷の中心線へ向かって収縮し、表層部は円弧すべり型に地割れを生じて変形した。主滑落崖に相当する割目は埋土の厚さが2~5m 付近に生じ、埋没谷に平行にのびた。落差は数 cm 以内、開口幅1~3 cm 程度で、地表面は僅かに逆傾斜し、その前方に二次滑落崖を伴った。被災後の主滑落崖の掘削調査結果によると、その割目は地下で切土側へ傾斜し、さらに深所で埋土側へ傾斜する円弧状断面をもっていた。埋没谷の中心線に近い部分には両側からの側圧による曲隆を生じた。これらののびる方向は大部分が谷すじの方向と平行であったが、地下浅所の埋設物や地表の構造物によって部分的に多様な曲折があった。埋没谷底が平坦であったため、一般に下流方への動きは目立たなかったが、上流部では緑ヶ丘の場合と同様に、雁行状に地割れを生じた所もある。埋没谷の下流側にはもとのままの谷地形が残っていて、その境界には堰堤が築かれていたが、それはほとんど被害を受けなかった。

c. 白石市 寿山 (第7・8図)

寿山の造成宅地は東北新幹線白石蔵王駅の東にあり、昭和47~50年に造成された。開析された斉頂丘陵地で、

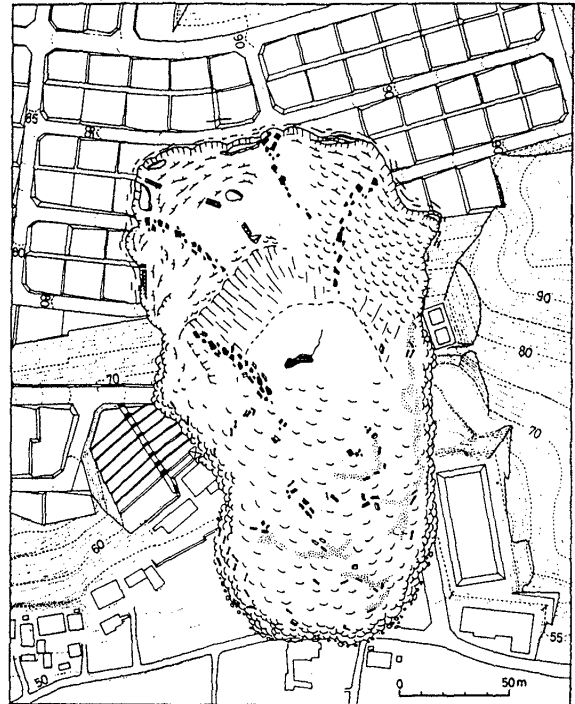


第6図 鶴ヶ谷の一部の埋土等厚線図と地震によって生じた地割れ 断面図の点線・太線は造成前の地表面と谷壁、矢印は小亀裂を生じて沈下の著しかった部分。(東北大学地質学古生物学教室, 1979による)

基盤は上部中新統白石層の浮石質火砕流凝灰岩である。寿山団地は丘陵の肩の部分平坦に切りとり、比較的幅広い谷を埋め立てて整地されていた。埋立の材料は浮石質凝灰岩であった。埋立てられた谷には旱天でも涸れたことがないという湧水とそれを受ける溜池があり、これには排水工事がほどこされた上で埋立てられたという。埋土の厚さは最大約 25 m であった。地震により谷を埋めた部分が崩壊したが、その表面は幅 120 m、長さ 230 m の楕円形で、面積 26,000 m² であった。主滑落崖は埋土限界線より少し埋土側にあつて、半円形を呈し、落差約 5 m、その後方の冠頂部に引張亀裂を生じた。主滑落崖の前方右側には少し後方回転した長さ(奥行き) 50 m 余の分断した滑落塊が残り、その前端に比高 8 m の二次滑落崖を生じた。その左側は滑落塊が崩れ、その前



第7図 寿山の地形 鎖線は埋土の範囲，その中の点線は旧谷底の等高線，実線は造成後の等高線，太実線は地震による崩壊部分。（東北大学地質学古生物学教室，1979による）



第8図 寿山の崩壊（東北大学地質学古生物学教室，1979による）

方と右側の二次滑落崖の前方は土石流となって外方へ約100 m 押し出して広がった。上記二次滑落崖下には凹陷部ができた。宅地内の道路舗装・側溝などは粉碎されたが崩壊碎屑物の表面によく残り、碎屑物の流動経路を示していた（第8図）。

地震後4日目に現地を調査した際、崩壊物は多量の水を含んでいた。この宅地は造成されたばかりで、住宅はまだ建築されていなかった。土石流はたまたま通りかかった青年1人をまき込んだ。

寿山の埋土の標準貫入試験のN値は下部で4～13、上部で1～6で、緑ヶ丘などの埋土よりはやや高い値を示している。しかし、火山碎屑物であったことと、おそらく地下水位が高かったことが、この著しい崩壊をひき起こしたものと思われる。なお、この谷を埋立てた末端の法面は、地震の前年の夏、台風の大雨の際に、崩壊して土石流を生じたことがあった。

IV. 崩壊した宅地造成地盤の特徴

1978年宮城県沖地震の後4日目から数日間、東北大学地質学古生物学教室（1979）は教官・技官・院生・学生が全員で区域を分担して、強震地域全域の地盤現象について調査した。その結果から見ると、上記3例は、水平

加速度 250 gal 以下の段丘・丘陵地内では、特殊な被害集中地であった。同じような地質・地形条件の造成地は他にも多かったが、大部分が僅かな被害しかなかった。これは造成法の差によるものと思われる。

宅地の造成法はそれぞれの宅地ごとに異っているであろうが、次第に造成法が改良されつつあるなかで、ある時期にある種の方法が多くとられたという傾向はあるようである。仙台付近の宅地で、被災後測定された盛土・埋土のN値の頻度分布は造成時期ごとに異なっていたという（浅田，1980）。また技術の普及には地域性もあるであろう。東北大学が水平加速度を算定するために調査した墓地の墓石群にも建立時期と地域による特徴があり、各墓地ごとの転倒率と単純な直方体の墓石の倒れ方から判明した加速度とがよく相関したが、その相関関係も年とともに変わってゆくであろう。気象庁の震度階も同様で、構造物が堅固になってゆけば、目安としているものの倒れ方や揺れ方も変化してゆくであろう。

一方、固結していない堆積物・土壌・盛土などによって、水分含有量は震動を受けた場合、大きな意味をもつ。前記のように、1978年宮城県沖地震前、1～2か月の宮城県下の降水量は少なく、一般に、盛土類は乾燥気味であった。それより10年前、1968年十勝沖地震によって大きな被害のあった青森県東部（東北大学地質学古生

物学教室災害調査グループ, 1969) の新期火山灰層が多量の水分を含んでいたのとは対照的である。

1978年宮城県沖地震で崩壊した宅地の造成地盤のひとつは、いわゆる逆転型の盛土・埋土であった。逆転型盛土は容易に造成される粗雑な盛土であるが、緑ヶ丘・鶴ヶ谷などの場合、旧斜面・谷壁は立木を払った程度の処理をした後、直ちに埋め立てられていた。また基盤岩塊が埋め込まれ、それらの間に全くの空間があったものもある。圧密も埋立てた後に地表から1回だけという、かなり乱暴な造成法で前記のような崩壊に至っている。

他の粗悪造成地盤は寿山の火山砕屑物を用いた盛土である。火山砕屑物は粒度などの点では他の砕屑堆積物と同様であっても、各粒子の経歴は全く異なり、堆積・固結・風化の機構と経過にも大差がある。自然のままなら、崖の近くなどを除けば、十分に堅固な地盤であるが、一度掘り崩して、そのまま無雑作に盛り立てると、全く物性の異なった地盤となる。

緑ヶ丘はいわゆる団地造成の初期の宅地で、地形の概況を大きく変更することなく、大型の土木機械を使って造成された。鶴ヶ谷は丘陵地の地形を大きく変更して、広い範囲にわたって平坦化した宅造地として、この地域では早い時期の造成地である。寿山は、この地方の丘陵地ではじめて火山砕屑物基盤に遭遇した造成宅地であった。このような点も不注意な造成地を生じた一因と考えられる。

おそらく、それぞれの地方に、その開発の進行過程で、似たような事情から造成された粗悪な宅地が、今も、存在し、強震を待っているであろう。

引用文献

- 浅田秋江, 1980: 丘陵地の造成地盤と地震動. 宮城県, '78 宮城県沖地震災害の教訓 —実態と課題, Ⅲ-4, 126-146.
- CLEAVES, A.B., 1961: *Landslide investigation. A field handbook for use in highway location and design.* Bureau of Public Roads, U.S. Department of Commerce, 67p.
- 宮城県総務部, 1978: '78 宮城県沖地震災害の概況—応急措置と復興対策—. 宮城県総務部, 135 p.
- 中川久夫, 1980: 地盤と建造物の被害. 宮城県, '78 宮城県沖地震災害の教訓—実態と課題, Ⅲ-2, 5, 110-158.
- 中川久夫, 1982: 宮城県沖地震と地盤災害. 日本科学者会議編, 現代の災害, 水曜社, 99-114.
- 中川久夫, 1986: 1968年十勝沖地震と1978年, 宮城県沖地震の地盤災害および新興都市の地震災害予測. 地質学論集, no. 27, 125-138.
- 東北大学理学部地質学古生物学教室, 1979: 1978年宮城県沖地震に伴う地盤現象と災害について. 東北大地質古生物研邦報, no. 80, 1-97.
- 東北大学理学部地質学古生物学教室災害調査グループ, 1969: 地震に伴う自然現象と災害—青森県東部における1968年十勝沖地震の実例について—. 東北大地質古生物研邦報, no. 67, 1-98.