

丘陵地の宅地造成と地震被害

——1978年宮城県沖地震の被害を例として——

田村俊和*・阿部 隆**・宮城豊彦***

要 約

1960年頃から全国各地の都市近郊丘陵地で、大規模な人工的地形改変をともなう宅地造成が盛んになったが、そのような宅造地の最初の地震被害が今回仙台周辺で発生した。仙台周辺は、宅地造成にともなう丘陵地の人工的地形改変が日本で最も著しい地域の1つである。小論では、この地域の宅地造成による地形改変状況とそこで発生した被害のタイプや規模とを整理し、このような土地に発生する地震被害およびその発生機構の類型化を試みた。次いで、その知見を各地の類似の土地での地震災害危険度調査等に生かす方策を、東京西郊多摩丘陵を例にとって若干検討した。これらを通じて、単に防災施策の改善をめざすだけでなく、丘陵地における都市的土地利用のあり方を根本的に考え直す方向をさぐりたい。

I はしがき

都市における宅地需要の増大にともない、その近郊で大規模宅地造成がおこなわれることがわが国で一般化してから、既に20年余経過した。大規模宅地造成は、地形を中心とする土地自然の人工改変を必然的にともなうものであり、それが、自然災害の危険性を含む広義の環境問題の素因となることも少なくない。1960年前後から急速に盛んになった丘陵地での宅地造成の場合、それにともなう地形改変は、台地や低地での宅地造成にともなうものより著しく大規模かつ複雑である。したがってそこで生じ得る環境問題も、低地や台地の造成宅地での問題にくらべて一般に多様である (Tamura, 1976; 田村, 1977, 1978 b)

地震災害を例にとれば、丘陵地の宅造地で生じる被害は、一次被害だけをとっても、人工斜面・擁壁の崩壊を中心に、盛土地盤の破壊や異常振動、自然斜面の崩壊に起因する被害 (時・所によっては土石流がひき起こされることもある)、そして通常の振動被害、また所によっては地震断層の直接の影響による土地・建物の破壊等々、著しく多様であると予想されている (田村, 1978 a)。

既に一部の都市ではそれらを懸念した地域的な被害予測が試みられている (例えば田治米ほか, 1977)。また斜面崩壊を中心とする山地・丘陵地の地震被害は、最近10年間をとっても、日本各地で何回か発生し (例えば平尾・大久保, 1971; 堀田ほか, 1968; Nishimura et al., 1969; 松田・恒石, 1970; 田村ほか, 1973; 望月ほか, 1974, 1976, 1978), その中には人工改変地の被害例等も含まれていて、それなりに都市域の丘陵地での地震被害想定に役立ってはいる。しかし都市近郊の丘陵地に大規模に造成された宅地が実際に大地震に襲われた例は、今までなかった (Tamura, 1976; 田村, 1977, 1978 a)。

したがって、丘陵地への住宅地の進出が日本で最も著しい地域の1つである仙台周辺において、1978年宮城県沖地震の際に発生した各種の被害は、都市域の丘陵地でまとめて生じた日本最初の地震被害例として、きわめて注目すべきものと言える。小論では、その被害の実態と被災地の人工的地形改変状況とを整理することを通して、被害の発生機構に接近してみる。これは、今後各地の類似地域で、危険度調査の方法や各種防災施策等について検討する際に役立つだけでなく、丘陵地における都市的土地利用のあり方を根本的に考え直すための資料ともなると思われる。

* 東京都立大学都市研究センター・理学部

** 宮城学院女子大学

*** 東北大学大学院理学研究科

II 仙台周辺の丘陵地での宅地造成にともなう地形改変の進展

日本の主要都市の近郊における大規模宅地造成が、近年とくに丘陵地（その大半は新第三系～下部更新統の半固結堆積岩類、ごく一部は風化の進んだ花崗岩類から成る）に集中しておこなわれていることは、筆者の1人が既に指摘した（Tamura, 1976；田村, 1977）。1件300ha以上の宅地造成を例にとっても、その約3分の2が丘陵地に立地している（図1）。その結果多くの都市において市街地が丘陵地に進出しつつある（図2）。

図2は、国勢調査の人口集中地区（D I D）が市街地にほぼ相当するとみなし、その地区に独自に地形分類をおこなって、各都市圏ごとにD I Dの地形別面積比を計測して作成したものである。D I Dの中に丘陵地の占める割合が1960年にいずれも10%前後だった、名古屋、広島、仙台的3都市圏を例にとると、いずれもD I D全体の拡大とともにその中で丘陵地が占める割合が大勢として増大する傾向にあり、その傾向はとくに仙台で著しいことがわかる。1975年には、仙台・泉両市¹¹だけおよびそれに周辺4市を加えた場合のいずれも、D I D全面積

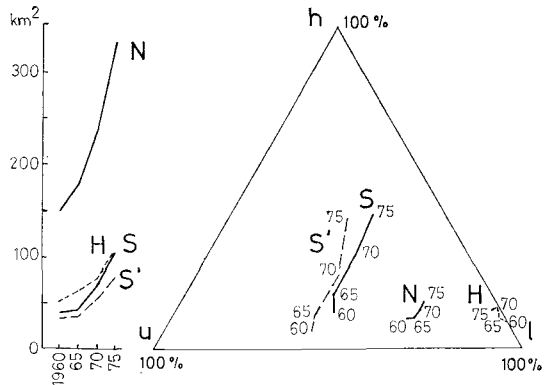


図2 人口集中地区（D I D）の面積（左）および地形別面積比（右）の5年毎の変化（田村原図）

h：丘陵地，u：台地，l：低地

N：名古屋都市圏（名古屋，春日井，小牧，瀬戸，稲沢，東海，大府，知多，豊明，尾張旭，岩倉各市および西批把島，豊山，師勝，西春，清洲，新川，甚目寺，大治，蟹江 各町）のD I D

H：広島都市圏（広島市および府中，海田，熊野，坂，五日市，廿日市 各町）のD I D

S：仙台都市圏（仙台，泉，多賀城，塩釜，名取，岩沼 各市）のD I D

S'：仙台市および泉市のD I D

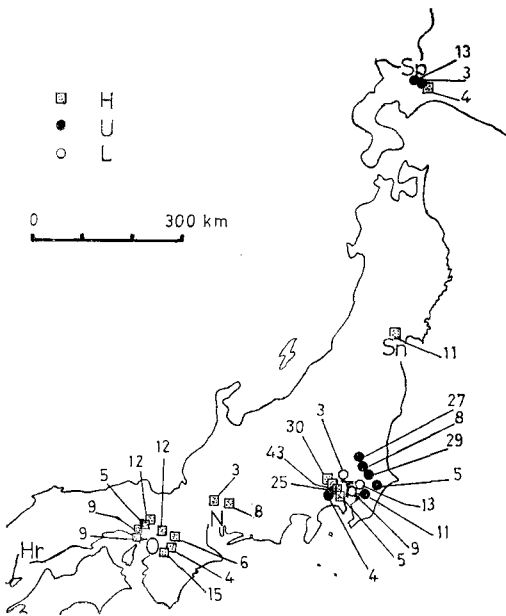


図1 主なニュータウン（面積3 km²以上、計画中を含む）の分布と地形的立地（Tamura, 1976を一部改変）

H：主として丘陵地に立地，U：同じく台地，L：同じく低地，数字は計画面積（km²）

の約40%を丘陵地が占めるに至った。仙台・泉両市だけでも6市全体でも、1960年から75年までに増大したD I D面積の半分以上が丘陵地で占められているのである。

丘陵地での宅地造成がとくにここ十数年来全国的に盛んになったことの原因は、先にその概略を述べた（田村, 1977）。その傾向が仙台でとくに著しいことについては、仙台付近の地形条件や市街地の膨張の度合いおよび土地所有関係に加えて、関係市や県の開発・土地利用に関する方針を考慮する必要がある。

ともあれこのような宅地造成の著しい進展にともない、仙台周辺の丘陵地の地形は人工的に著しく改変された。その具体的な進行過程等は杉森(1966)、浅野(1970)、田村(1977)、阿部(1978)等によって報告されているが、ここではそれらに基いて概略を述べる（図3）。

1950年代の後半に入り、旧市街地の西に接する青葉山丘陵（中部更新統風化火山灰/同風化礫層/鮮新統半固結堆積岩から成る）南部の北東斜面（向山）で、次いで旧市街の北に接する七北田丘陵（鮮新統～中新統半固結堆積岩が露出）東部南側のごく一部で、いずれもあまり大規模でない宅地造成が、地元中小資本の手で開始され

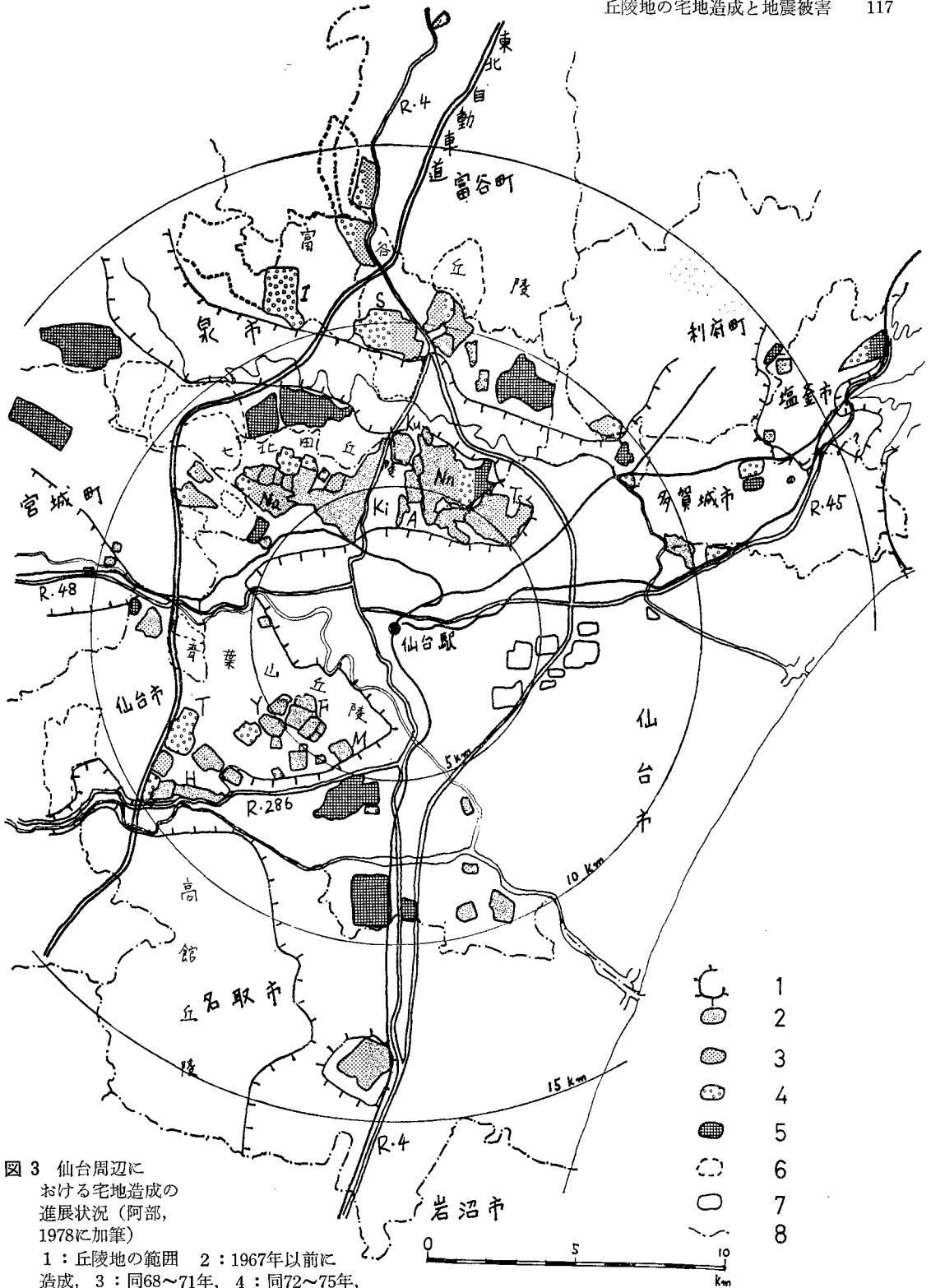


図3 仙台周辺における宅地造成の進展状況(阿部, 1978に加筆)

1: 丘陵地の範囲 2: 1967年以前に造成, 3: 同68~71年, 4: 同72~75年, 5: 75年現在造成中, 6: 計画中, 7: 工業団地, 流通団地等, 8: 市町界
 A: 旭ヶ丘, F: ニツ沢, H: 羽黒台, I: 泉パークタウン, Ki: 北根, Ku: 黒松, M: 緑ヶ丘, Na: 中山ニュータウン, Nn: 南光台, S: 将監, T: 太白, Ts: 鶴ヶ谷, Y: 八木山

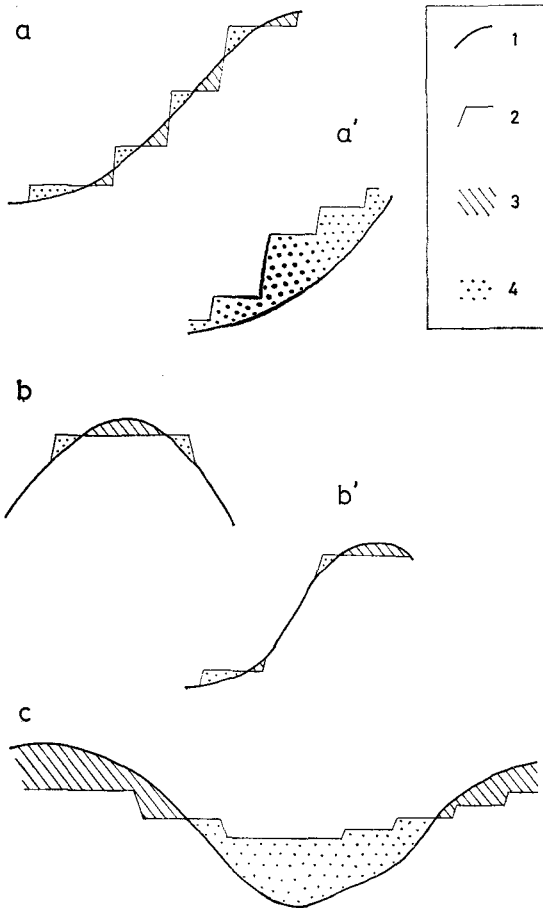


図4 丘陵地の宅地造成による地形改変様式 (Tamura, 1976を改変)

1 : 造成前の地表面, 2 : 造成後の地表面, 3 : 切土, 4 : 盛土, a ~ c : 地形改変様式 (本文参照)

た。それによる地形改変様式は、図4のaのような、丘腹斜面に幅の狭い段を多数作り出すタイプのものであった。この結果多数の人工崖・擁壁が出現した。

60年代に入って、青葉山丘陵南部(八木山・大年寺山)一帯から七北田丘陵東部一帯に、宅造地は大きく広がった。それによる地形改変様式は上記とほぼ同じであるが、1件の造成面積は著しく増大した。この結果、丘陵地の自然斜面は広範囲にわたり消滅したが、開発主体の異なる造成地の境界などには、それがきわめて断片的に残されることが多かった。60年代前期後半に公共機関が造成した七北田丘陵北部の黒松では、図4のbのような、丘頂緩斜面および丘腹斜面上部をわずかに切り取ってその両側にあまり広範ではない盛土地をつくるタイプの造成がおこなわれた。この場合平均土工量(移動土量 m^3 /造成面積 m^2)は2m未満と小さく、丘腹斜面の中・

下部は自然に近い状態で保存されることが多かった。

60年代中期以後は、地元や中央の大・中資本による造成地も公共機関によるものも、地形改変様式の中心が図4のcのような、いくつもの尾根や谷にまたがって広大な人工平坦面(比高1m程度以下の小さな段を多数含む)をつくるタイプ(平均土工量3~5m, 最大盛土厚20m以上)に移っていった。この方式によれば、出現する人工崖の数は少なくその規模もあまり大きくなくて、日常生活に不便をきたすような急傾斜の道路が作られることもなくなったが、それとひきかえに丘陵地の地形はほぼ完全に破壊され、造成地の大局的な起伏の傾向にそのおかげをわずかにとどめるに過ぎなくなった。主としてこの時期に造成が進んだ地域は、南部では市の中心から5~7kmの範囲にある青葉山丘陵西南部(八木山西部)、北郊ではそれとほぼ等距離の七北田丘陵のほぼ全域(とくに旭ヶ丘北部, 南光台, 鶴ヶ谷, 中山), およびさらにその北の、仙台市の中心から約10km離れた富谷丘陵南部(将監など)である。70年代には、大規模造成の中心はさらに西および北に移った(泉パークタウン, 加茂, 太白など, 主として中央資本や公共機関によるもの。いずれも中新統堆積岩類から成る地域で、太白などでは堅硬な火山岩~火砕岩類をとまなり)。土工量はますます大きくなり、太白では最大盛土厚が50mに達した。

このようにして丘陵地に造成された宅地で従来発生していた主な自然災害は、大雨時の比較的小規模な斜面崩壊であった。崩壊発生箇所は、比較的初期に造成された図4のa型の宅地に多い人工崖, およびそのような造成地の間に断片的にとり残された切土斜面や自然斜面に多く、c型の大規模造成地では少ない(浅野, 1971; 阿部, 1978)。また後述する仙台市南郊の緑ヶ丘では、図4のa~a'型造成地の縁辺部で地すべり的な様相を呈する崩壊が何回か発生し、砂防指定地となっていた。このほか丘陵地内の谷底に造成された宅地の一部で、小規模な氾濫が頻発していた。

上述のような宅地造成進展状況およびそこにおける災害発生状況は、他地域の都市近郊丘陵地の場合と大きく異なるものではない。ただ、中核となる都市の規模に比べて丘陵地の改変の進展が著しい点(図2)と、そのように急速に人工改変地が丘陵地に広がったにもかかわらず、1966年6月の横浜, 67年7月の呉, 74年7月の横須賀のような宅造地の著しい崩壊(いずれも豪雨による)を経験していなかった点とが、やや特徴的と言える。

図4のa型の造成地にはきわめて多数の人工崖(大半は擁壁をもつ)があるが、さらにその上に、宅地取得者が平坦地を少しでも広げるために、概して不完全な構造でしかも多くの場合元からの擁壁より急斜した擁壁を重ねて、再盛土をおこなうことが少なくない。それが豪雨時に崩壊する例が仙台でも既に発生していた。

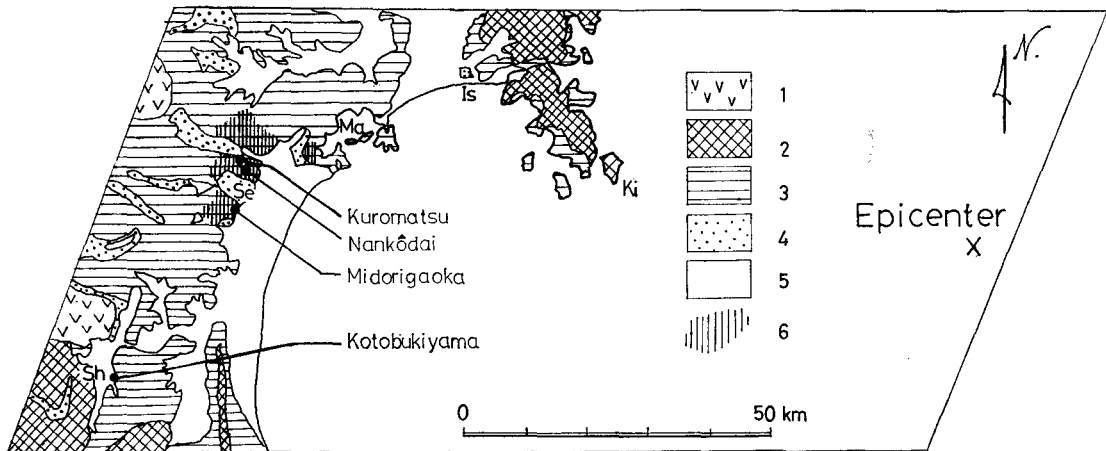


図 5 1978年宮城県沖地震の震央と主な被災地

1 : 火山, 2 : 山地, 3 : 丘陵地, 4 : 台地, 5 : 低地, 6 : 宅地造成による地形改変のとくに著しい部分, Se : 仙台, Sh : 白石, Ma : 松島, Is : 石巻, Ki : 金華山

また図4のc型の造成地では自然斜面が完全に消滅するため、環境保全の面からも造景の面からも近年再検討が加えられ、東京西郊の多摩ニュータウンの一部や大阪南郊の泉北ニュータウンなどでは、それに代わってb型ないしb'型の造成が意識的におこなわれるようになってきた(田村, 1977)が、仙台付近では、このような動きは泉パークタウンに一部みられるもののまだ一般化していず、現在造成中の宅地も大半がc型のものである。これには、仙台周辺の丘陵地に造成される宅地の大半が1戸建住宅用のものであるという事情も影響していると思われる。

III 1978年宮城県沖地震とその被害の概要

上述のような状況にある仙台周辺の宅造地を襲った最大の自然災害が今回の地震であった。この地震は1978年6月12日17時14分頃に、仙台市の東方約120km(金華山沖約60km; 142°13'E, 38°09'N)の海底の深さ約30kmで発生したもので、地震規模はM7.4であった(図5)。

この地震による各地の震度は、仙台、石巻、福島等で気象庁震度階5と発表されたが、数点の強震計記録や詳細な墓石調査からの推定(国井・荏本, 1978; 中田, 1978)によると、仙台市内各所をはじめ福島県北部から岩手県南部に至る広い地域で最大水平加速度が250galを越え(気象庁震度階6)、400galを越えた(同7)地点も仙台市東部の低地などでみられた。仙台市周辺の丘陵地の宅造地では、もちろん局地的なばらつきはあるものの、多くの地点で最大水平加速度が250gal程度あるいはそれ以上に達したことが、上記の測定結果から推測される。

この地震による特徴的被害は、

1) 仙台市東部の低地のうち、とくに表層に軟弱な泥炭

層・粘土層の分布する地域に生じた、強い振動による木造家屋および鉄筋コンクリート造建物の破壊

- 2) 名取川河口付近等で発生した砂質地盤の液状化による被害
- 3) 仙台市北部・南部の丘陵地および中央部の台地と東部の低地との境界を、NE-SW方向に走る活断層である長町-利府線沿いに集中した、鉄筋コンクリート造建物、ガスタンク、架道橋等の被害
- 4) 丘陵地の宅造地で発生した、盛土の沈下・移動・崩壊あるいは切土地と盛土地との地震応答特性の違い等によると思われる、各種の被害
- 5) 各地の道路・鉄道の盛土ならびに堤防・土堰堤のすべり出し・陥没
- 6) 北上川沿いをはじめ、宮城県内の広い範囲で発生した、道路および鉄道(建設中の東北新幹線を含む)の橋梁被害
- 7) 仙台港での石油タンクの破損
- 8) 仙台市内各所に散発したブロック塀倒壊による人身被害
- 9) 東北大学理学部化学教室など市内数箇所の化学系実験室で発生した薬品による火災
- 10) 都市供給施設の破壊およびそのうちとくに都市ガスの復旧の遅れ

等にまとめることができよう。これらの被害、とくに4)や5)さらに2)等に関しては、一般に地震直前の降雨の影響が問題になるが、今回は6月4日に仙台で20mmの雨量を記録した後地震発生まで8日間も無降水だったので、それはほとんど考慮しなくて良いと思われる。

小論では、前章までの記述からも明らかなように、このうち4)をとりあげる。1)については望月らによる

詳細な報告が予定されている。また3)のような震源から離れた活断層の挙動については、さらに検討すべき点が少ない。

なおこの地震による自然斜面の崩壊は、筆者らの知る限りでは、白石川上流峡谷部の谷壁や松島の海蝕崖などの垂直に近い崖で発生し、仙台市北部の丘陵地や一迫町西方の丘陵地などでも丘腹斜面の小崩壊が多少発生した。田村(1978c)の方式による表層滑落型崩壊散発域は、震央から少なくとも150kmの範囲に及ぶとみられる。これは田村(1978c)の整理したものに比べると、M7.4の地震によるものとしては異常に広いが、この地震の前震ともみられる2月20日の気仙沼沖の地震(深さ50km, M6.7)の際にも、筆者らが情報を収集した限り

では、震央距離110km程度の範囲で表層滑落型崩壊が散発した。これらと1972年2月および12月の八丈島東方沖地震(田村ほか, 1973)さらには1968年十勝沖地震(堀田ほか, 1968)等を含む、東日本東方沖のあまり浅くない所で起きる地震に共通の特性として、斜面崩壊発生域が広いことが指摘できる可能性がある²⁾。

IV 宮城県沖地震による仙台・白石周辺丘陵地の宅造地の被害

丘陵地に造成された住宅地のうち、今回の地震で被害が比較的多発したのは、仙台市北郊の南光台および黒松、同南郊の緑ヶ丘、そして白石市東郊の寿山(緑が丘)

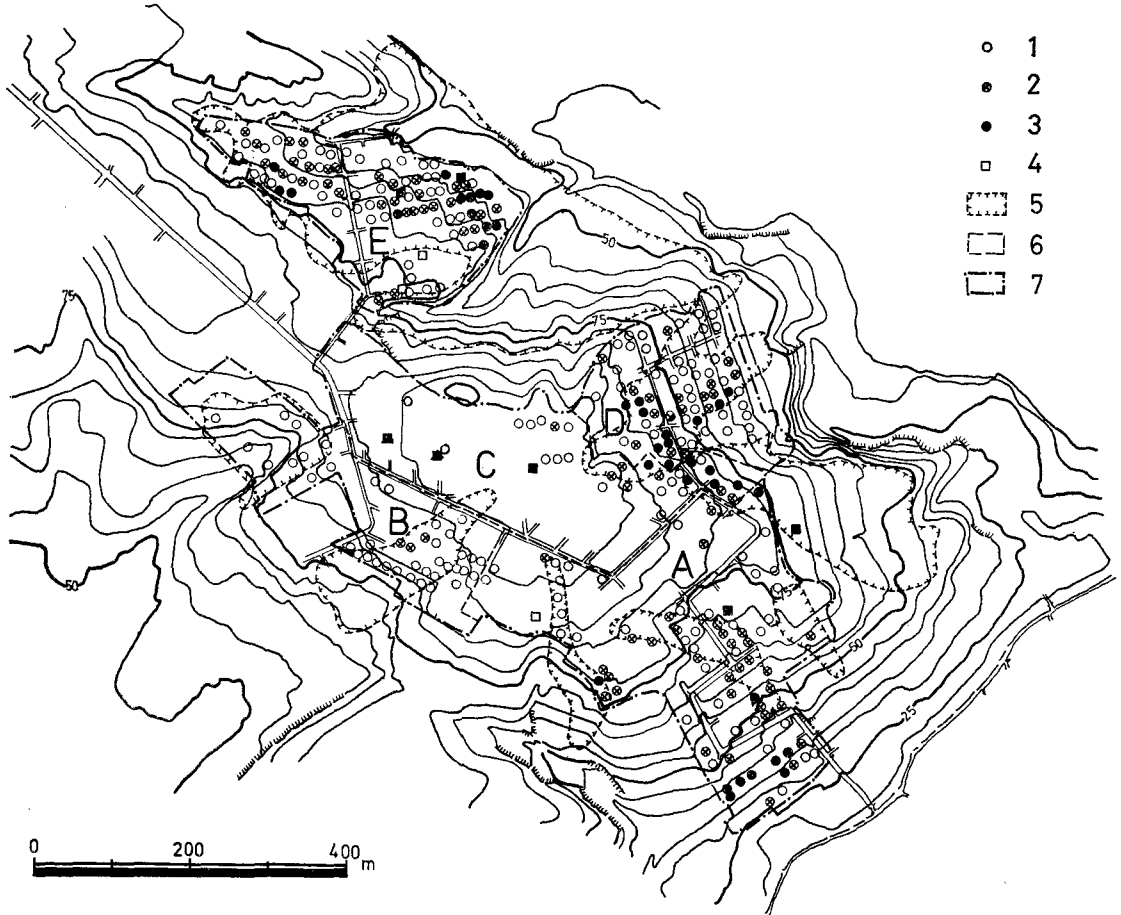


図6 仙台市緑ヶ丘の宅地造成にともなう地形改変と地震被害(阿部原図)

1:小破(擁壁や地面に若干の亀裂), 2:中破(家屋が傾く, 地盤沈下), 3:大破(家屋が倒壊, 取り壊し, あるいは使用不能)(以上, 緑ヶ丘町内会連絡協議会の資料より図化), 4:水道本管破裂箇所(仙台市資料より図化), 5:谷を埋めた盛土地(新旧地形図の比較, 試錐資料等により調査)(薄い盛土地のうちには表現されていないものがある), 6:地区界, 7:被害状況調査範囲, A~E:本文および表1参照。なお等高線(5m間隔)は1968年5月(ごく一部を除き造成完了後)の地形を表わす。図の上方が北。

である(図5, 図3)。このほか多数の宅造地で小規模な被害が生じた。本章では図4に示した地形改変のタイプごとに、そこで発生した被害を整理してみる。

Ⅳ-1 a型造成地の被害—とくに仙台市緑ヶ丘

a型の造成地で最も著しい被害を出したのは、青葉山丘陵南東端の仙台市緑ヶ丘である。ここでは、Ⅲの3)に述べた長町—利府線の活動で形成された南東に面する撓曲崖、それに直交する谷(ニッ沢)の右岸(北東向き)谷壁斜面、およびそれらの上部の緩斜面に、1960年から65年にかけてきわめて多数のヒナ段から成る宅地約50haが、複数の民間業者の手で造成・分譲され、1戸建て住宅を中心とする1,000余戸が建設された。造成の際には、急斜面に切土地・盛土地を交互に並べるだけでなく、急斜面を開析する小谷を完全に埋め立てた上でその谷の流下方向にヒナ段を造成すること(図4のa')もおこなわれた(図6のAの一部, B, Dなど)。また比較的に造成された所では、北ないし北東向きの斜面を緩傾斜にするための盛土もおこなわれた(図6のDの一部やE)。擁壁は、一部にコンクリート一体式のものが見られるが、大半は玉石をセメントでつなぎあわせた



写真3 緑ヶ丘3丁目谷埋め盛土地の地すべり(河北新報社提供)

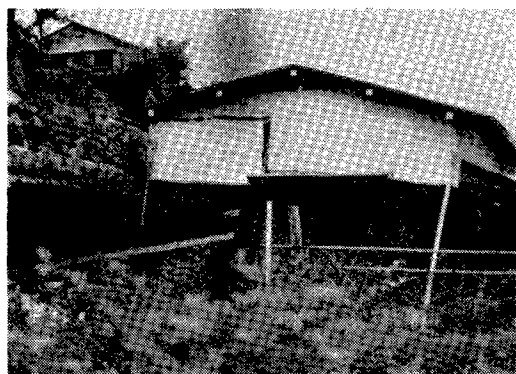


写真1 緑ヶ丘1丁目の擁壁倒壊(6月17日, 田村撮影)



写真2 緑ヶ丘1丁目の擁壁・盛土斜面崩壊(6月17日 田村撮影)

けのもので、最も高い擁壁は10mに達する。Ⅱで述べたような、擁壁の上にさらに擁壁を重ねて盛土による平坦地を広げることも、図6のA地区のうち最も急斜した部分などを中心に広くおこなわれていた。なおこの地域全域が、宅地造成等規制法による規制区域指定前に造成または着工されたもので、同法の規制対象外にある。

この宅造地では、造成後現在に至るまで豪雨による斜面崩壊がときどき発生していた。とくに緑ヶ丘3丁目付近(図6のDの南東端)では崩壊・土砂流出がくり返したため、砂防堰堤が築かれていた。

今回の地震で被害が多発したのは、緑ヶ丘1丁目(図6のA)、3丁目(同D)および4丁目(同E)である。最も古く造成された1丁目では、撓曲崖に直交するNW—SE方向の小さな谷(幅10m弱、盛土で完全に埋められている)に沿ってと、その谷口付近から下流(撓曲崖下部の崖錐斜面上の盛土地)の撓曲崖の走向に沿ってとの、互に直交する2系統の亀裂が、それぞれ平行に何本も生じた。これらの亀裂は、盛土の比較的厚い(推定5~15mの)地帯の中に、その地帯の伸びの方向に分布し、350galに達する強震動(南西に隣接する滝沢寺の墓地で墓石調査から推定。国井・荏本, 1978)による盛土の移動で生じたものと考えられる。亀裂の生じた周囲で

表1 仙台市緑ヶ丘地区の地震被害

地区(町内会)	配 布 数	回 収 数	宅地・建物			水管 道破 裂本 数
			小 破	中 破	大 破	
鹿野町内会 緑ヶ丘第一町内会} A	223	211	37	32	10	2
緑ヶ丘第二町内会 B	150	135	38	3	0	0
緑ヶ丘三丁目緑会 C	215	188	16	7	6	3
緑ヶ丘第三町内会 D	142	99	39	16	10	0
緑ヶ丘第四町内会 E	240	139	45	32	13	4
計	970	822	175	90	39	9

緑ヶ丘町内会連絡協議会および仙台市の調査結果を集計。大～小破の説明およびA～Eの位置は図6に示す。

は、盛土が水平方向にすべり出すとともに沈下し、その上の家屋に亀裂を生じたり、家屋や擁壁を傾けたり、一部ではさらにそれらを転倒・落下させたりした。古い擁壁の上に新しい擁壁を重ねた地点で、上部の擁壁に押される形で下部の擁壁が倒れ、下段の家屋に衝突してそれを破壊した例がみられた(写真1)が、それに隣接する補強済みの擁壁は転倒しなかった。なおここでは上段と下段とで造成主体が異なる。擁壁・盛土が完全に崩壊した箇所(写真2)はあまり多くなく、崩壊土量も、1箇所ですべて10m³を越えたものはなかった。

緑ヶ丘3丁目(図6のD)では、埋め立てられた幅30～100mの谷の頭部付近の盛土地内に、雁行しつつ全体として馬蹄形を呈する亀裂が何本も生じ、その上の家屋・擁壁等に1丁目とほぼ同様の、しかし1丁目の場合より広い範囲にわたる被害を与えた(写真3)。亀裂を広げるような盛土の移動は、地震後1ヶ月を経ても徐々に進行していた。地表の亀裂の成因は明らかに盛土全体のすべり出しであり、その範囲は埋め立てられた谷のほぼ全域に及ぶ。以前から大雨による崩壊がくり返していたのは上記の範囲の南部約4分の1に過ぎず、そこだけを対象に設けられていた砂防堰堤(写真3下部)は今回の地震で基礎ごと若干移動している。亀裂の形状・範囲および推定される深さ等からみて、移動の根源がさらに深く基岩(鮮新統)中にある可能性も考えられる。この地域を含み、前記緑ヶ丘1丁目を通るNE-SW方向の撓曲崖の北西側には、ほぼ同方向の逆断層が存在し、それに沿って数箇所の地すべり地が知られている。

緑ヶ丘4丁目(図6のE)では建物や水道管の被害が多発した。また2丁目(図6のAの西やB)でも、程度は軽いものの比較的多数の被害が生じた。前述の1丁目

の一部や3丁目の場合も含め、被害程度にかかわらずその集中した地域が、谷を埋めた盛土(図4のa'型造成地)の範囲ときわめて良く一致することは注目される。

緑ヶ丘1・3丁目ですべて全・半壊家屋および取り壊しをうけた家屋は11戸であった。緑ヶ丘地区全体では、緑ヶ丘町内会連絡協議会の調査によると、上記11戸を含め大破約40戸、家屋・土地・擁壁・塀等に何らかの被害をうけた家は300戸を越える(全戸数の30%強)(表1)。なお緑ヶ丘3丁目と二ツ沢をはさんだ対岸にある長町少年院の敷地では、盛土を含む10⁴m³近くが崩壊し、崩土は下部の道路を埋めて民家の塀や壁でかろうじて止った。この崩壊は仙台市内で生じたものでは最大であった。

a型の宅造地は、IIでも述べたように、仙台市の北郊および南西郊の丘陵地に多数存在する。それらの造成地での被害は緑ヶ丘以外は軽微で、主として盛土の小規模な移動・沈下による亀裂や擁壁の破損、石積み擁壁の単独の崩壊、ブロック塀の倒壊、および造成地縁辺の切土斜面の小崩壊等が散発しただけであった。

IV-2 b型造成地の被害—仙台市/泉市黒松

仙台周辺には図4のb型の造成地は元来少ない。その数少ない例である仙台市北郊の黒松団地(1960～66年に県住宅協会、現在の住宅供給公社が造成)では、団地の東西両端にわずかにある盛土地に被害が集中した。その大半は、盛土のすべり出しにより、切土地と盛土地との境界付近にその境界線と平行に生じた数条の亀裂と盛土地面の低下とのため、その上の家屋に亀裂が入りその一部が傾いたことであった。盛土の崩落は同団地西部に1件だけみられた。そこでは、ほぼ盛土地・切土地境界に地震時に生じた亀裂がその後徐々に拡大し、遂に翌日の昼頃、盛土およびその上に建っていた木造2階建アパート1棟が約40m下の谷底に崩落した(写真4)。

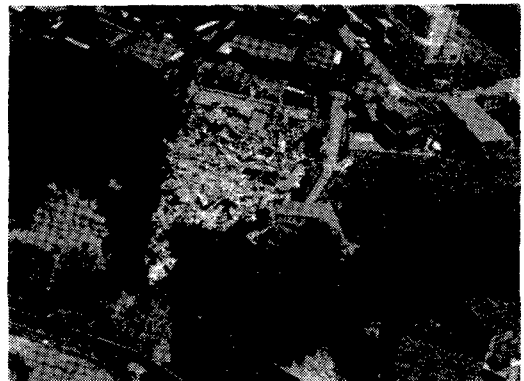


写真4 黒松の盛土および木造アパート崩落(河北新報社提供)

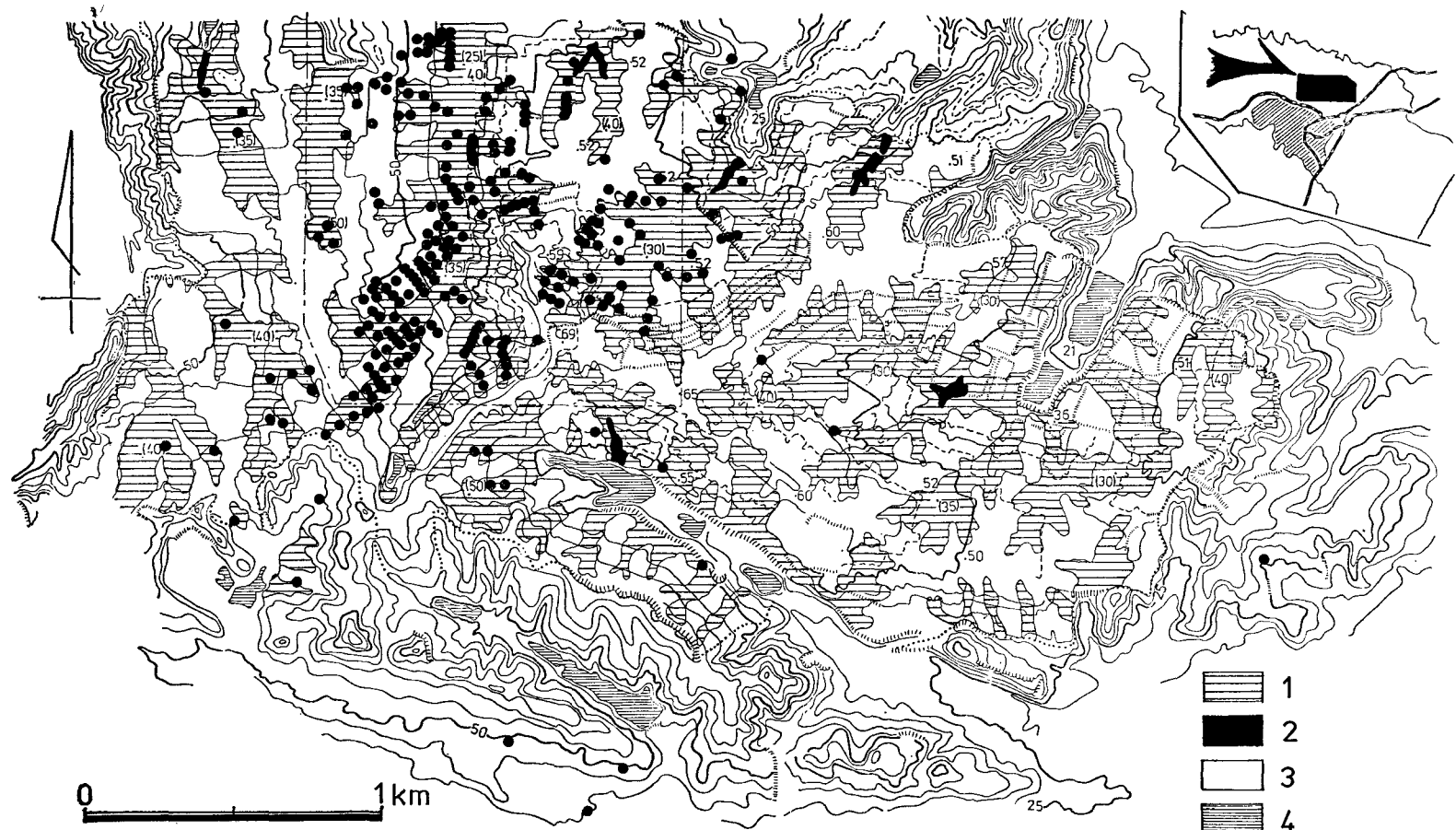


図7 仙台市北東部／泉市南東部の丘陵地の宅地造成による地形改変と今回の地震による水道本管破損個所（村山良之・中田高の原図に、仙台市・泉市資料に基づき宮城加筆）
 1：盛土地，2：埋積された溜池，3：切土地（きわめて薄い盛土を含む），4：現存の溜池，5：造成地・未造成地の境界（1970年当時），6：今回の地震による水道本管破損個所。鎖線は図8の範囲。数字は現在の地盤高。カッコ内数字は造成前の谷底面（現在の盛土の基底）の標高(m)。

Ⅳ-3 c型造成地の被害—その1 泉市南光台を中心に

仙台市と泉市の境にある七北田丘陵東部のうち、早くから宅地造成が進んだ旧国道4号線沿いおよびその東隣以外の大半は、1960年代中期以降に図4のc型の造成がほぼ全面的におこなわれた地域である。ここでは切土深・盛土厚の最大値はそれぞれ10m、30mを上回り、丘陵

地本来の形態はもはやほとんど残っていない(図7)。図7に示した地域の西端が、1957年から民間の手で造成が開始された旭ヶ丘団地(約130ha)の北部(1962~65年に造成)、その東に接する、図の中央から北部一帯が、1962年以降民間の手で造成が続けられ現在も拡大しつつある南光台団地(約300ha)、また図の東部約3分の1は1967~72年に仙台市が造成した鶴ヶ谷団地(約

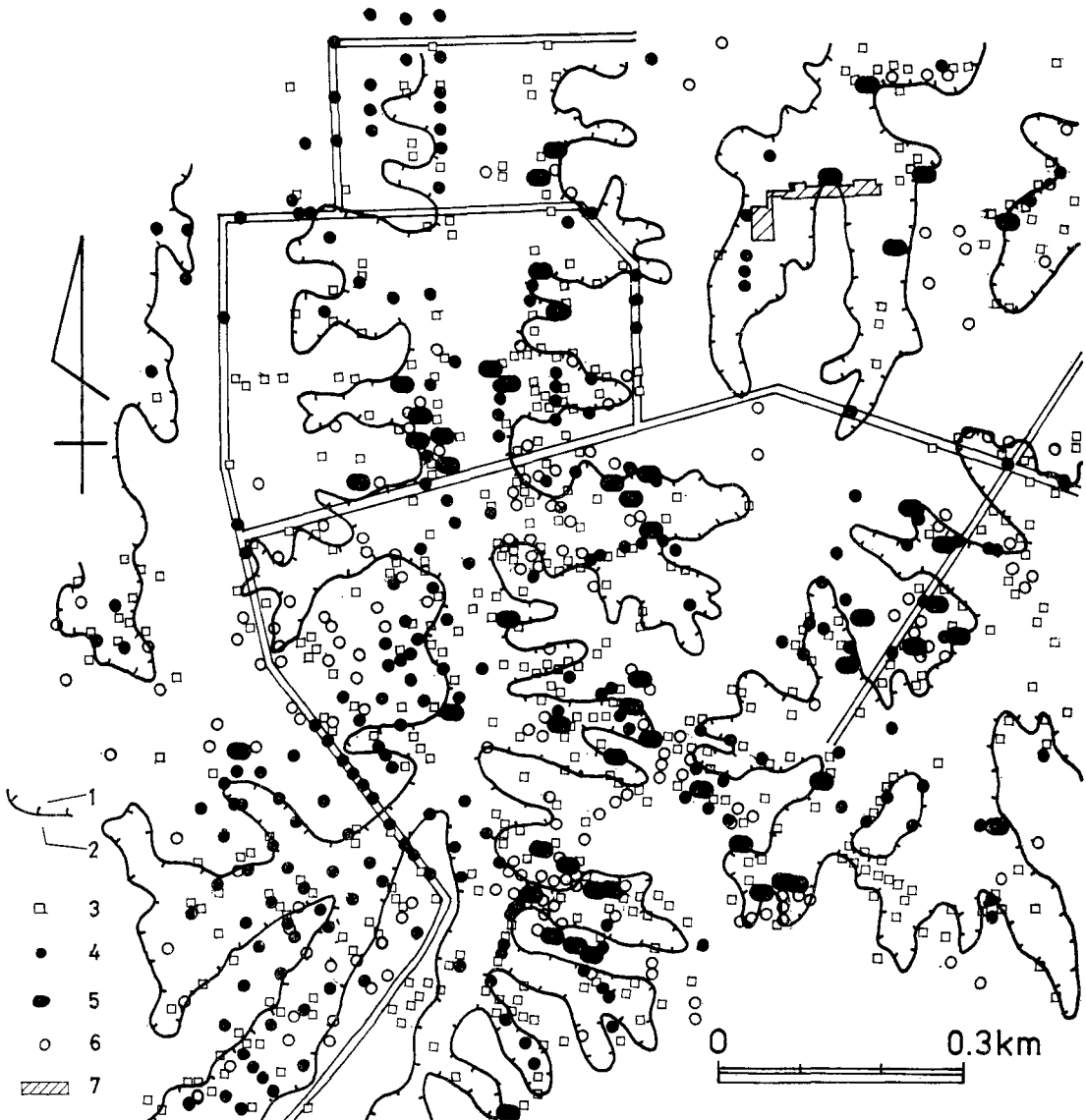


図8 泉市南光台の切土地・盛土地分布と各種被害分布(菅沼健・村山良之の原図に、泉市資料に基づき宮城加筆)
1:盛土地, 2:切土地(きわめて薄い盛土を含む)。3:地面の亀裂, 4:水道本管破損, 5:被害の著しい家屋, 6:家屋外装の被害, 7:南光台小学校校舎(本文参照)。

180ha)で、このほか中小の民間分譲地がいくつかある。このうち今回被害が多発したのは、図7に示した水道本管の被害分布からも明らかのように、南光台である。

そこで生じた各種被害の分布を、切土地・盛土地の分布と重ねて図8に示す。一見して、1)切土地には被害が少ないこと、2)幅広い盛土地の中央部でも被害が意外に少ないこと、3)切土地と盛土地との境界付近にさまざまな被害が集中していること、等がわかる。

例えば水道本管の場合、南光台団地内の被害箇所計349のうち188箇所が切土地・盛土地境界付近に位置する(図7・8)。なおこの地区の水道は造成業者による私営水道として設置され、石綿とセメントとの混合物を材料とする管が多用されていたが、近年泉市に移管されて、継手にゴム輪をはめた鑄鉄管と交換の途中であった。泉市水道事業所によると、交換済みのものには被害が皆無だったという。建物被害も、程度・件数ともに切土地・盛土地境界付近で著しく、被害の大きかった62戸がすべてこの境界部にある。鉄筋コンクリート造4階建の南光台小学校校舎(図8)も、切土地に立つ校舎中央部を支点に、溜池を埋めた盛土地に立つ校舎東西両翼が下向きに折れ曲がり、中央部に幅5cmに達する亀裂が多数入って、使用不能になった。図8に示した被害のほかにブロック塀の倒壊が多発したが、これもどちらかという切土地・盛土地境界付近に多い傾向が認められる。

これらの被害はいずれも、盛土地と切土地とで地盤の応答特性が異なるため、および振動により盛土地が若干沈下したために、その境界付近の地表に亀裂を生じたことに基くものとみて良い。このほか、盛土が盛土地内側に向かってほぼ水平に移動したためとみられる被害や、かつての谷の中央部での盛土の盛り上がり等も、南光台・鶴ヶ谷両団地で多少生じた。

類似の様式に造成された互に隣接する宅造地のうち、南光台だけに多くの被害が発生したことの理由は、まだ明らかではない。しかし、盛土および谷底堆積物の層厚や排水状況と振動および亀裂との関係を示唆するものとして、下記の諸事実は注目に値する。

- 1) 南光台団地内をかつて北流していた数本の開析谷の谷底堆積物の層厚は、付近にある類似の規模の谷の資料からみて、数m程度と思われる。
- 2) 図7にも示されているように、谷の埋め方にも若干の差異がみられる。すなわち、南光台ではほとんどすべての谷を埋め尽してしまったの対して、鶴ヶ谷ほか周辺の造成地では、大きな溜池のあったような比較的大い谷は埋め残された³⁾。
- 3) 造成当時の空中写真(1962年2月撮影)によると、南光台北西部の広い谷を埋め立てるに際して、暗渠などを設けた形跡がない。
- 4) その谷を埋めた盛土地の一部(現在空地)は、ソル

ヨンが繁っていることからみて、地表は乾燥していても地表下では多少水を含み、かつひんばんに冠水する所と推定される⁴⁾。

- 5) その付近に、かつての谷の縦断方向の亀裂がとくに多かった。

盛土地末端の崩壊は、鶴ヶ谷でも南光台でもさらにその北の東黒松(1962~68年に地元資本が造成)でも、路肩部などに小規模のものが散発したが、IV-4に述べるような大規模なものは発生しなかった。

IV-4 c型造成地の被害—その2 白石市寿山第4団地の大崩壊

白石市街地の東に接する比高50m程度の丘陵地では、県住宅供給公社等が1963年以来図4のb型ないしc型の宅地造成(総面積約50ha)をおこないつつある。すでに居住している地区の東側に1972年から75年にかけて造成された寿山第4団地(約23ha)では、主としてb型の地形改変がおこなわれているが、大きくみて北西部と南東部の2箇所、ともに小谷を最厚30m近くに達する盛土で完全に埋め立てる、c型の地形改変がおこなわれた。

そのうち南東部の谷(比高約50m、幅約300m、谷底幅約50m、長さ(谷頭斜面を含み)約300m)を埋めた地域は、造成の約半年後に雨による小崩壊の経歴があるが、今回の地震により大崩壊を起こした(図9・10、写真5~7)。盛土の厚さは、平均約15m、谷頭のかつて溜池のあった部分では25mを上回り、この谷全体の盛土量は約 $2 \times 10^5 \text{ m}^3$ と算定される。盛土材料は、この丘陵地をつくる新第三系の浮石質凝灰岩・凝灰質砂岩を切り崩して得たもので、粘土分に比較的富むいっぽう中礫も含む。盛土のN値は76年の小崩壊後で5~15程度であった。

崩壊は、主要動の直後に上段の宅造地の末端東側(かつての池の北端)付近、すなわち削剝域中央部東側から始まり、次いでその西側が崩れたと言う。崩壊深は頭部で約2m、中央部の長大なり面の上端(かつての池の中央)付近で約12mであった。つまり盛土で完全に埋められた小谷が、この崩壊によりかつての半分程の深さで掘り出されたことになる。崩壊による削剝域の長さは約110m、面積約1.6ha(宅地22区画および道路・のり面)、崩壊土量約 $8 \times 10^4 \text{ m}^3$ (この部分の盛土総量の約40%)であった。この崩土が削剝域の下流に接する長さ約110m、面積約1.1haの範囲(宅地20区画および道路等)に、最大約10m、末端で約7mの厚さで堆積した。削剝域から上方の盛土地にも、削剝域上縁に平行な亀裂が幅数10mの範囲に数条生じた。

この大崩壊の機構を今後検討するにあたって、

- 1) 溜池を含む谷頭部を完全に埋め尽す造成がおこなわれていたこと
- 2) その池には多少湧水があったので、埋め立ての際に

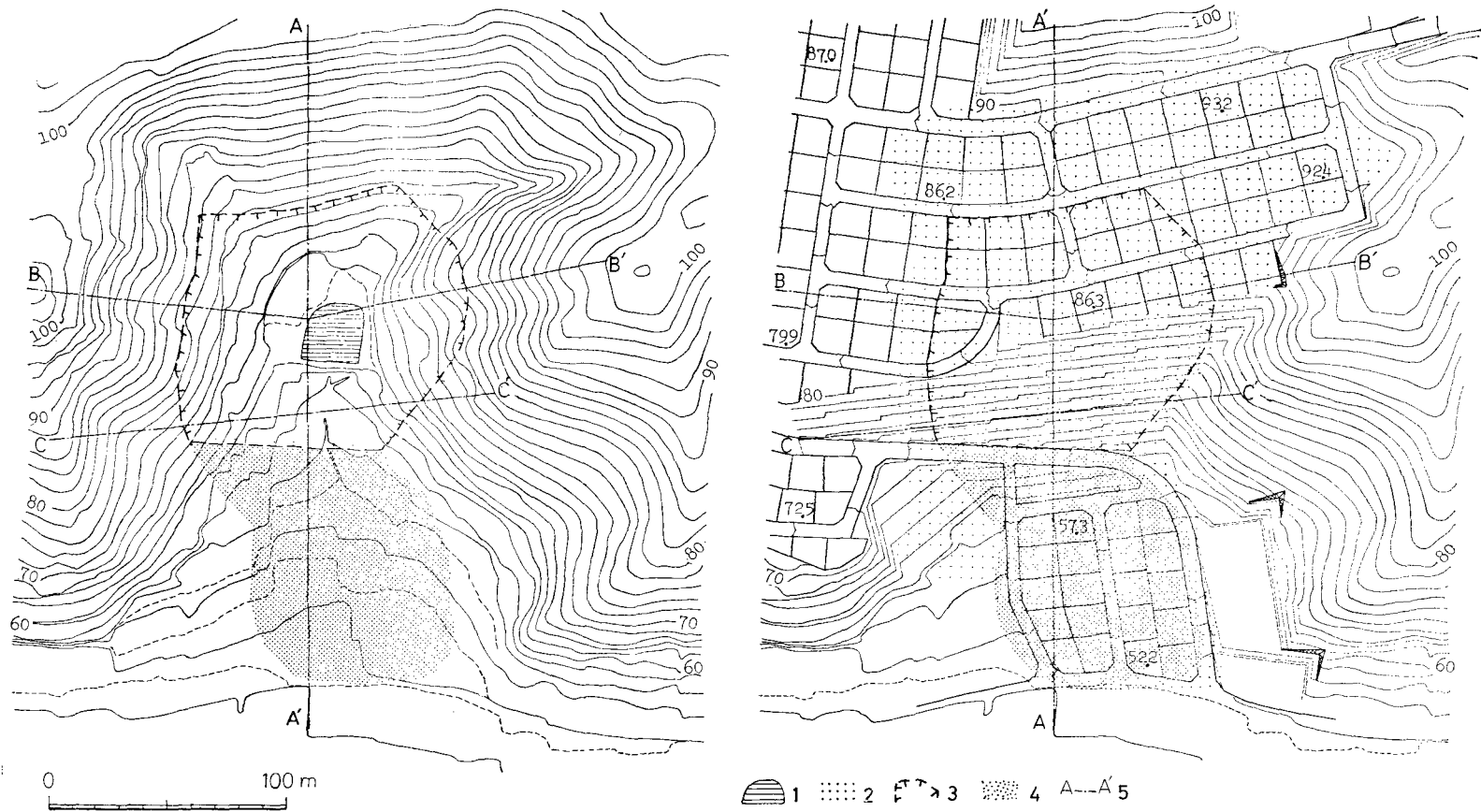


図9 白石市寿山第4団地東部の造成前(左)・造成後(右)の地形および今回の崩壊範囲(宮城県住宅供給公社資料等から作成)

1: 池, 2: 盛土地, 3: 今回の崩壊による削剝域, 4: 同じく堆積域, 5: 図10の断面測線。等高線間隔2m。宅地内の数字はその宅地面の地盤高(m)。図の上方が北。

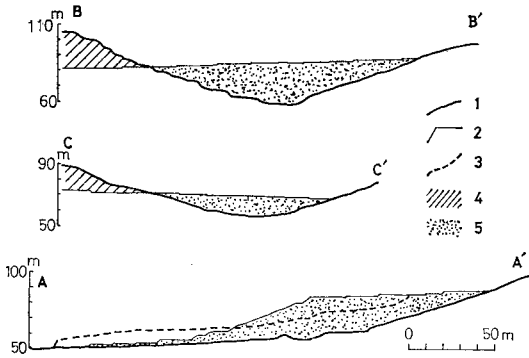


図10 白石市寿山第4団地の造成前、造成後および崩壊後の地形断面（宮城県住宅供給公社資料より作成）
 1：造成前の地表面，2：造成後の地表面，3：今回の地震による崩壊後の地表面（A—A'断面にのみ図示），4：切土，5：盛土。断面測線位置は図9に示す。

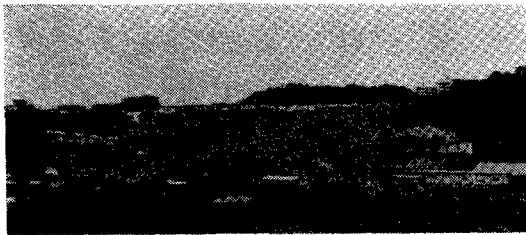


写真5 寿山大崩壊地の全景（6月16日，田村撮影）

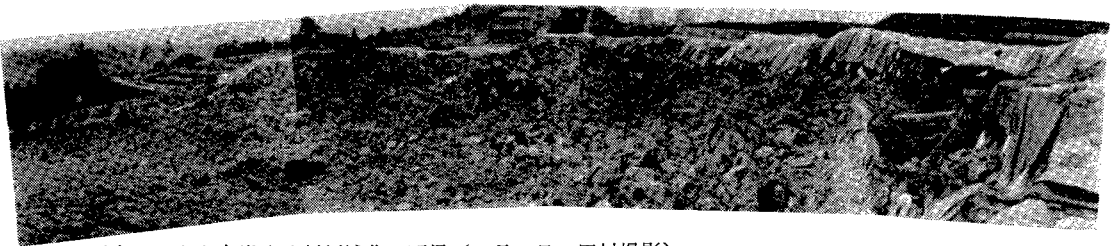


写真6 寿山大崩壊地削剝城北～西縁（6月16日，田村撮影）

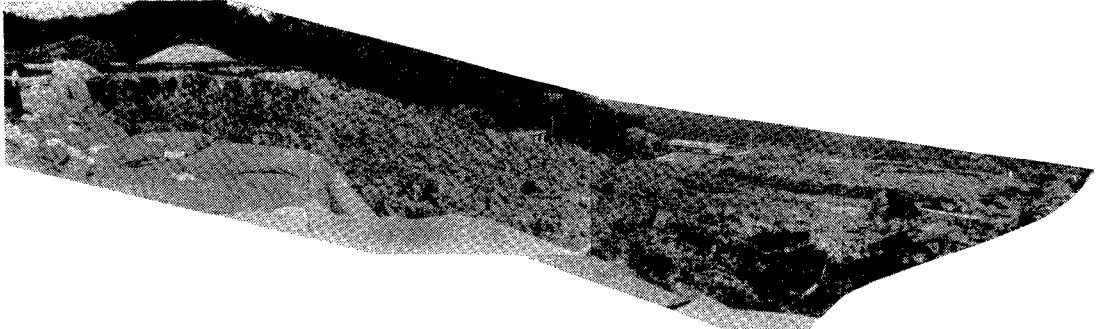


写真7 寿山大崩壊地東縁（6月16日，田村撮影）

- めくら暗渠による排水がおこなわれたこと
 - 3) その池を埋めた付近が，上段に造成された宅地の末端（長大な盛土のり面の上端）にあたり，そこで盛土が最も厚かったこと
 - 4) まさにその付近から崩壊が始まり，それにひきずられる形で上段の宅地をつくる盛土が崩れたこと
 - 5) 崩壊は完全に盛土の内部に限られていること
 - 6) 崩土量が膨大なわりに移動距離が短いこと
 - 7) 崩土は概して乾燥していて，堆積域の末端で泥流状に薄く広がることはなかったこと
- 等の特徴に注目する必要がある。

削剝域および堆積域の宅地にはまだ家屋は建っていないが，削剝域を通行中の1人が死亡したほか，谷口付近にあった農家の住宅1棟が崩土の衝撃で使用不能になり，堆積域の西側に接する寺院も多少被害をうけた。また削剝域北西端に接して建設中の住宅3棟（写真6中央）は造成主体が買収・撤去することになった。

なおこの団地内のもう1つの大きな盛土地である北西側の谷埋め部では，盛土が若干移動したためと思われる亀裂が発生したが，崩壊には至らなかった。

V 丘陵地の宅造地に発生する地震被害の類型

V-1 今回の被害と地形改変様式との関係

前章で，造成にともなう地形改変の類型ごとに，今回の地震でひき起こされた被害の状況を概観した。これをまとめて模式的に示すと図11のようになる。実際には，同じ型の造成地でも被害の発生が著しく不均等であり，施工上の問題や盛土の土質の違い等を考慮に入れなけれ

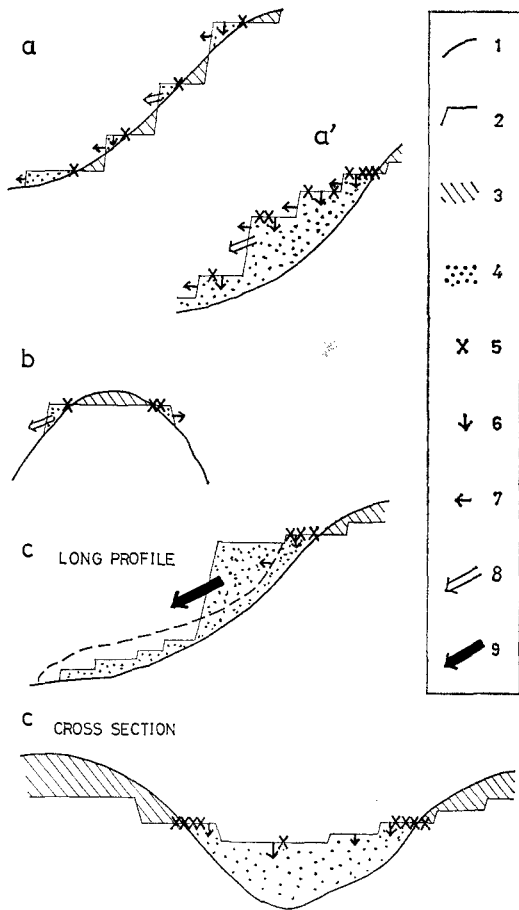


図11 宅地造成による地形改変様式と地震被害との関係 (模式図)

a ~ c : 地形改変様式 (図4参照), 1 : 造成前の地表面, 2 : 造成後の地表面, 3 : 切土, 4 : 盛土, 5 : 地面の亀裂およびそれともなう埋設管・建物等の被害, 6 : 盛土の沈下およびそれともなう建物等の被害, 7 : 盛土のはらみ出しおよびそれともなう擁壁等の被害, 8 : 小崩壊, 9 : 大崩壊。

ばならないのは当然であるが、地形改変の種類により被害の出現のしかたに相異があることは否めない。

前章の記述を裏返して、被害のタイプごとにその発生地の類型を整理すると、次のようになる。

- 1) 厚い盛土の大崩壊はc型造成地の一部で発生した。
- 2) しばしば盛土地の大亀裂・小崩壊をともなう擁壁の倒壊・転落、あるいはそれに至らなくても擁壁の傾斜、およびそれらに起因する家屋被害は、a型造成地(とくに後述3)の被災地)の先端、次いでb型造成地の縁辺部で生じた。
- 3) 盛土が比較的広域にわたりあまり急速にはなく移

動したために、地表面の亀裂や沈下、およびそれともなう家屋の亀裂・傾斜等が、a型(とくにa'型)造成地およびc型造成地の一部で発生した。

- 4) 盛土地と切土地との地震応答特性の差異により、両者の境界付近(の主に盛土地側)に多数の亀裂が形成されたために、道路・宅地・配管・家屋・塀等の被害が多発したのは、一部のc型造成地である。

- 5) (IVではとくに言及しなかったが)自然斜面や擁壁のない切土斜面の崩壊が、きわめて少数ながらa型およびb型造成地の外縁境界部で生じた。

上記のうち1)~4)は盛土の挙動の違いを反映したものであり、この順に地震による盛土の移動量が大きい。このような違いをもたらしたものは言うまでもなく盛土材料および盛土のあり方の違いである。盛土材料には、風化火山灰の使用の有無や礫の含み方などに違いがあるものの、IVで例を挙げた範囲内では有意な差はないとみて良い。盛土のあり方を規定するものとして、施工状態を無視するわけにはいかないが、それにも増して地形改変の様式が重要である。したがって丘陵地に造成される宅地の防災を考える上で、地形改変様式の検討を避けることはできない。

上記1)~5)のうち今回の地震で発生件数が最も多かったのは4)、次いで3)と2)であった。5)は非常に少なく、1)はわずか1件しか発生しなかった。被害金額の点からみても、4)や2)・3)のほうが1)よりはるかに大きかったと思われる。しかしこれには、1)の発生個所に住宅が未建設であったという好条件が大きく効いている。白石市寿山の崩壊地(宅地40区画および道路・緑地)に家屋が建ち人が住んでいた場合を想定すれば、1)のタイプの被害が甚大になり得ること、したがってc型造成地(の盛土部)が最も大きな危険性を潜在的に有していることは、容易に理解できる。ただこのほかに多数存在する同じ型の造成地では、大崩壊の発生は皆無であった。また今回の地震により丘陵地の宅造地で最も多く発生した4)の被害も、1)の発生地とは異なる地域の1団地(南光台)に集中してみられたものであった。そこで、図4でc型として一括された造成地の中で、より細かな造成方式・施工状態の違いを検討する必要があるが、それを十分におこなえる資料はまだ整っていない。しかしIV-3およびIV-4のそれぞれ末尾近くに列挙した諸事実からみて、造成地によって盛土中あるいは盛土下の排水状況に差異があり、それが盛土斜面の崩壊をはじめ各種被害の発生に関与した疑いもたれる。

a型造成地では、従来も大雨時の被害(主として小規模な斜面崩壊および谷底での氾濫)がときどき発生していたが、今回の地震でもほぼ懸念された通りの小崩壊あるいはそれに準じる地盤亀裂・擁壁の傾き等およびそれ

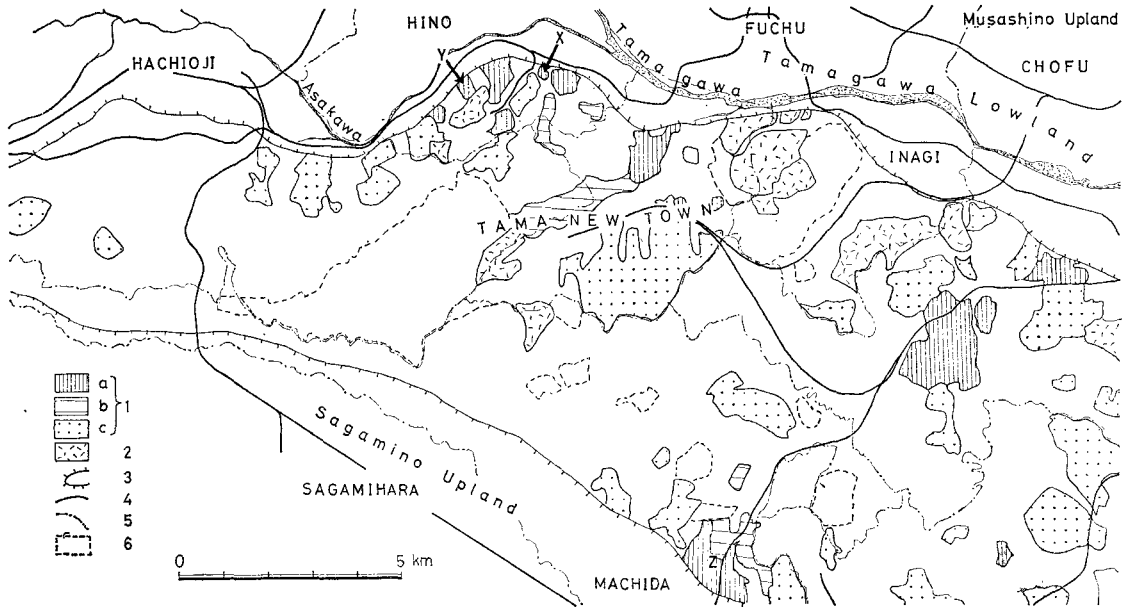


図12 多摩丘陵北西部の宅地造成による地形改変（田村原図）

- 1：宅地造成地（a～cは図4に示した地形改変様式），2：宅地以外の地形改変地（ゴルフ場，遊園地等），
3：多摩丘陵の範囲，4：鉄道，5：市界，6：宅地造成計画地，x～z：危険な擁壁がとくに多い地域（本文参照）。

らに誘発された家屋・埋設管等の被害が生じた。しかしこれらの被害も、多数ある同型の造成地のうち仙台市緑ヶ丘に集中した。その原因を考える際に、そこには単なる丘腹斜面に切土地・盛土地を交互に並べてつくったヒナ段だけでなく、斜面を開削していた小谷を完全に埋積してつくったヒナ段（図4のa'型）があることは無視できない。また緑ヶ丘3丁目の被災地については、そこが基盤岩（の構造）に由来する地すべり地である可能性もあわせて検討する必要がある。

V-2 他地域への応用の試み—多摩丘陵の例

図4に示した各タイプの造成地は、日本各地の都市近郊丘陵地では普遍的にみられる。それら丘陵地の地形・地質の特性は、大局的にはほぼ一様とみなせる⁵⁾(Tamura, 1976)。盛土材料は原則として同一造成地内あるいは隣接造成地で生じた切土に求められる。したがって丘陵地に造成された宅地の大半は、形態も構成物質も、大局的には全国共通とみて良い。そこで、IVに述べV-1にまとめた今回仙台付近で生じた被害は、同様の地震入力があれば全国どこの丘陵地の宅造地でも生じ得るものと言える。

東京西郊の多摩丘陵（仙台の青葉山丘陵によく似た部分と、七北田丘陵に風化火山灰をかぶせたような部分とから成る）では、七北田・青葉山両丘陵とほぼ同程度の

密度で、それよりはるかに広い範囲にわたって、宅地造成による地形の人工改変が進んでいる。この地域の宅地造成—地形改変の進展過程は筆者の1人が略述した（田村, 1977）。図12はこの地域の宅造地を図4に示した地形改変のタイプに分けて、その分布を示したものである。図示範囲の北部にある京王線沿線と東部の小田急線沿線に比較的古いa型の造成地が多いこと、b型造成地は多摩ニュータウンの北部にややまとまっているほかは、数が少なくしかも小規模に点在していること、その他の大半はc型造成地であること等がよくわかる。

田治米ほか（1977）は、関係各市が実施した住宅に近接する崖・擁壁の調査（調査項目は規模、土質、勾配、構造、水理状態等）に基づき、それらの地震時の崩壊危険度を判定した。それによると日野市三沢（図12のX）と同市南平（同Y）に、他と比べて著しく多数の危険な擁壁が集中していることがわかった。そこで両地域を実地調査してみると、いずれも図4のa型（南平ではa'型を含む）の造成地で、さらに造成時の擁壁の上に新しい擁壁（不完全なものが多い）が積み重ねられている例がきわめて多いことを見出した。町田市玉川学園付近（図12のZ）には、危険と判定された擁壁が上記両地域に次いで集中している。この付近は1930年代に、丘頂部をわずかに削平するだけでかなり広い区画の宅地が造成されたが、近年それが細分された周辺の未造成地にも造成

が及んだ結果、a型造成地の様相を呈するようになったもので、擁壁の形式および分布状況は上記2地域とよく似ている。これらの宅造地で大地震の際に前述V-1の2)や3)のような被害が生じ得ることは既に予測されていて、IVで述べた緑ヶ丘(とくに1丁目)の例はその裏付けを与えたものと言える。

これに対して多摩ニュータウン南部をはじめ広く分布するc型造成地には、田治米ほか(1977)の危険度調査では危険と判定されたものが少なかった。その理由のうちには、そのような造成地には高さ3m以上の崖・擁壁がa型の場合ほど多くないこと、および共同住宅を中心とした宅造地では崖・擁壁が建物に著しく近接してはいないこと等のため、はじめから調査対象が少なかったことがあるが、それにも増して、調査対象の崖・擁壁が厚い盛土に立地するか否かを、きわめて多人数でおこなう調査の技術上の制約等から、判定基準に入れていなかったことが影響していると思われる。今回この型の造成地で生じたV-1の1)や4)のような被害は、従来から多少懸念されてはいても、重視されていなかったようである。

V-1の1)の型の盛土斜面崩壊については、多摩ニュータウン造成施設等震災予防対策委員会(1977)が、盛土の材料、のり面の高さおよび盛土内の水位を何通りに設定したモデル斜面について、水平震度0.15(加速度にして約150gal)の際の相対的安定度を計算した例がある。そこでは、水位がのり面の半分以上に達する高さ20m以上の砂質盛土斜面や、軟弱粘性土の上の盛土斜面等の安定性に懸念がもたれると結論されたが、それに相当する斜面の実際の分布状況は調べられなかった。4)の型の被害に関連した盛土の振動特性については、前記委員会(1976)や東京都土木技術研究所(星野, 1977, 1978)による、多摩ニュータウン内の盛土および周辺未造成地・切土地あわせて数地点でのP波・S波速度測定例があるので、IVで述べた南光台の被害例等を参考に、この測定結果を活用して今後検討を進めることが必要であろう。

多摩丘陵北西部を含む三多摩地区では、東京都防災会議による地震に関する地域危険度測定調査が現在おこなわれている。今回の地震被害の経験を、とくに従来先例に乏しいため見過ごされがちであった丘陵地の地形改変地での危険度推定に、上述のような形で生かすためには、各宅造地における地形改変の実態(とくに盛土の分布、盛土の厚さ、盛土下の排水状況等)をできるだけ詳細に知ることが必要である。そのための基礎資料(造成計画平面図・断面図・試錐資料等)を、造成主体の如何にかかわらず一元的に収集・整理・保管する体制の整備が望まれる。

Ⅵ むすびに代えて一丘陵地における都市的土地利用のあり方を求めて

前章までの論述は、従来の様式の宅造地を前提にしたものであった。それに加えて、既に造成されてしまった宅地で今後多少とも被害を防止・軽減するための現実的な施策が指摘できる(例えば擁壁の補強、新たな擁壁の積み重ね禁止等)し、今後同じ様式で造成される宅地での事前の防災策もいくつか提案できよう(例えば切土地・盛土地境界部の空地化、盛土内部の排水施設の完備等)。しかし図4のどの型の宅造地でも今回被害が生じ、とくに谷を埋めた盛土(a'型およびc型)で被害が大きく、それに造成地周辺の自然斜面はきわめてわずかしかな崩壊しなかったことをみれば、むしろ丘陵地における宅地造成の様式そのものについて再検討を加えることが必要ではなかろうか。

図4のa型の造成地には多数の崖・擁壁および急斜した道路が出現することから、崩壊に対する安全性および日常生活の利便性を考慮して、また機械力の向上もあって、c型の造成地が広まるようになり、さらに自然保護等への若干の配慮と排水量・土工量の削減とを一挙に図ったのがb型ないしb'型の造成地であった。ここで今回の被害経験をふまえて、さらに新たな様式が考えられて良からう。それは、今までの諸経験に照らして、日常生活に支障をきたさず、自然ないし半自然環境の保全を地域的に図りつつ、大雨のようなやや非日常的な環境や地震のようなきわめて非日常的な環境にも、破局的状況を呈さずに対応できるものである必要がある。

それに先立ち、各都市(圏)での総合的土地利用計画を立てる際に、その地域を構成する、丘陵地を含むさまざまな種類の土地自然が、それぞれどのような役割を果たすべきかを、地域の特性に応じて考えておくことが重要であろう。

小論作成にあたり、東北大学中田高・村山良之・菅沼健の各氏、宮城県住宅供給公社・泉市・仙台市・河北新報社の担当者各位、および緑ヶ丘町内会連絡協議会会長内海六郎氏から、いずれも貴重な資料・情報の提供を受けた。千葉大学古谷尊彦助教授はか多くの方がたには現地でいろいろとご教示・ご協力いただいた。中野尊正教授はじめ東京都立大学都市研究センター震災予防総合研究グループの諸氏からは、有益なご助言と多大のご援助を得た。これらの方がたに深く感謝する。

注

- 1) この両市のD I Dは連続している。
- 2) これらの地震による家屋被害発生域も、他地域の同

規模の地震によるものより広い(望月利男氏談)。

- 3) このような違いが生じた原因の1つには、おそらく水利権の問題があるろうが、ここでは溜池の埋め立てあるいは保存の効果についてのみ考える。
- 4) 菊池多賀夫氏の教示。
- 5) 主として新第三系～下部更新統半固結堆積岩類から成る大半の丘陵地と、風化花崗岩から成る丘陵地(例えば図2の広島周辺)とは、その成因だけでなく現在の土地条件という点でも、若干区別する必要がある。

文 献

- 浅野 隆
1970 「仙台周辺丘陵地における地形の人工改変」『東北地理』22巻, pp.152—160。
1971 「仙台周辺における造成宅地での崖崩れ」『東北地理』23巻, pp.92—97。
- 阿部 隆
1978 「都市周辺における地形の人工改変とその問題点—仙台市の例—」『生活科学研究所研究報告』11巻, pp.136—153。
- 国井隆弘・荻本孝久
1978 「1978年宮城県沖の地震における墓石調査による最大加速度の推定」『総合都市研究』5号, pp. 103—114。
- 杉森唯史
1966 「仙台における丘陵地の宅地造成」『東北地理』18巻, p.83。
- 田治米辰雄・望月利男・国井隆弘・田村俊和
1977 『地震時の崖・擁壁の崩壊予測に関する調査(三多摩地区)』東京都防災会議, 162p。
- 多摩ニュータウン造成施設等震災予防対策専門委員会
1976 『多摩ニュータウン造成施設等震災予防対策に関する調査研究報告書』同委員会, 126p。
1977 『同報告書』東京都南多摩新都市開発本部, 187p。
- 田村俊和
1977 「山・丘陵—丘陵地の地形とその利用・改変の問題を中心に—」『地域開発論(Ⅰ)地形と国土利用(土木工学大系19)』, 彰国社, pp.1—73。
1978 a 「地震性斜面崩壊とその調査法について」『総合都市研究』2号, pp.55—63。
1978 b 「丘陵地における保存緑地を含む住宅地の建設計画と地形条件」『日本地理学会予稿集』14号, pp.302—303。
1978 c 「地震により表層滑落型崩壊が発生する範囲について」『地理学評論』51巻 pp.662—672。
- 田村俊和・望月利男・国井隆弘
1973 「1972年12月4日八丈島東方沖地震による八丈島の災害—とくに斜面崩壊について—」『地学雑誌』82巻, pp.265—273。
- 中田 高
1978 「宮城県沖地震による仙台市周辺の家屋被害と地形(速報)—地震環境の把握のために—」『地理』23巻9号, pp.87—97。
- 平尾公一・大久保 駿
1971 「えびの・吉松地区地震による山くずれの発生とその拡大に関する研究」『防災科学技術総合研究報告』26号, pp.157—189。
- 星野 務
1977 「多摩地域における地盤の震動特性の研究」『昭和51年度東京都土木技術研究所年報』pp.111—122。
1978 「同上(その2)」『昭和52年度東京都土木技術研究所年報』pp.221—230。
- 堀田報誠・三浦 修・田村俊和
1968 「十勝沖地震による青森県南東部の斜面崩壊」『東北地理』20巻, pp.195—201。
- 松田時彦・恒石幸正
1970 「岐阜県中部地震—1969年9月9日—被害地調査報告」『地震研究所彙報』48巻, pp.1267—1279。
- 望月利男・国井隆弘・松田磐余・田村俊和
1974 「1974年伊豆半島沖地震調査報告(主として地震断層, 加速度分布および地盤と家屋被害の関係)」『土と基礎』22巻12号, pp.53—61。
1976 「1975年大分県中部の地震調査報告」『土と基礎』24巻4号, pp.13—18。
- 望月利男・田村俊和・松田磐余・宮野道雄
1978 「1978年伊豆大島近海地震に伴う地震断層・加速度分布と被害」『総合都市研究』5号, pp. 9—37。
- Nishimura, K., Segawa, S., Mizuno, Y., Hotta, H., Miura, O., Tamura, T. and Akagiri, T.
1969 “Geomorphological accidents caused by the Tokachi-oki earthquake” Science Reports of Tohoku Univ. 7th Ser. (Geography) 18 : 41—65.
- Tamura, T.
1976 “A preliminary study of historical anthropogeomorphology in the hill-lands of Japan” Geographical Reports of Tokyo Metropolitan Univ. 11 : 163—176.