

1978年宮城県沖地震による仙台市域の被害と地盤

大久保 彪・入佐純治・東沢 敏

Damage to the Sendai District by the 1978 Miyagi-ken-Okai Earthquake and Ground Conditions in the Area

Takeshi OHKUBO

Junji IRISA

Satoshi HIGASHIZAWA

Abstract

The offshore earthquake which occurred near Miyagi Prefecture on June 12th, 1978 had a magnitude of 7.4. Its epicenter was located approximately 60 km east of Mt. Kinka, in the Pacific. It was felt all over the Tohoku district and from Hokkaido to as far as the Kinki and Chugoku districts, a maximum distance of about 800 km. The cities of Ofunato, Sendai and Ishinomaki each recorded the intensity of 5 (in terms of JMA scale).

A great deal of damage was suffered by the region closest to the epicenter, Miyagi Prefecture, with the city of Sendai and its environs alone conspicuously hurt. To enumerate the types of damage: houses and block walls fell, roads, railways and bridges suffered damage, river levees collapsed and building structures were deformed. In addition, there were such secondary disasters as the rupture and explosion of gas tanks, and spillages from oil storage tanks.

However, this damage did not appear uniformly all over the Sendai area, but rather much of it was concentrated in the eastern coastal plain (alluvial plain) and the hilly region surrounding the city, with its recently developed housing areas. Thus, the damage described an unevenly distributed pattern. This tendency may be attributed to differences in the underlying ground structure.

This report is concerned with the characteristics of the ground around Sendai, the 1978 earthquake and the resultant damage. First, Part 2 surveys the earthquake, its aftershocks and the damage following each.

Part 3 discusses the topographical and geophysical characteristics of the Sendai area and classifies the types of ground with reference to safety during earthquakes. The Sendai area may be divided into 3 topographical regions: (1) a terrace, where the old section of the city is located; (2) a hilly belt surrounding the north, west and south; and (3) the eastern alluvial plain. The latter region is further subdivided according to differences in the way in which soil and sand accumulates, into such regions as fans, natural levees, sand barriers, back marshes and old river beds.

Along with these topological differences, there are major differences in top ground layers, which also has a profound effect on earthquake damage. This report employs the 4 classifications of earthquake resistibility of types of ground as described in "Guide to Aseismic Design of Road Bridge" by the Japan Association of Roads. The ground under the Sendai region is accordingly broken down into 4 categories of topography and geophysical features of top ground layers.

Part 4 is concerned with seismic motion and damage seen in these 4 types of ground. A chart on distribution of completely destroyed wooden houses shows that this type of damage occurred in ground type 3 (alluvial plain natural levee regions) and ground type 4 (alluvial plain back marshes, old river beds and hilly areas), not in ground type 1 (mountainous regions) or ground type 2 (terrace regions). Ground type 4 by far showed the most such damage.

A survey of tombstones that fell over as a result of the earthquake along with a questionnaire type of survey permits an estimate of seismic motion distribution. The data indicates that ground types 1, 2 and 3 experienced seismic motion of the intensity 5, while ground type 4 received shocks in the intensity 6 range.

From the above picture we get of damage from the Sendai earthquake, we see the close interrelation between the three elements of ground characteristics, seismic motion and earthquake damage.

1 まえがき

1978年宮城県沖地震は、東北一帯を大きく揺さぶり、仙台市を中心に宮城県下に深刻な被害を引き起した。

この地震による被害は、仙台市だけでもブロック塀などの倒壊による死者13名という痛ましい犠牲のほか、重軽傷者約10,000人を数えている。住宅の被害は、全半壊約4,000戸、部分壊は70,000戸にも達している。

ただし、これらの被害は必ずしも仙台市域に全域的なものではなく、その多くは東部の海岸平野や周辺の丘陵性山地における宅地造成地などに集中した。すなわち、被害の地域的偏在傾向がはっきりと現われている。このような被害の地域的偏りは、主として地盤構造の違いによることを示していると考えることができよう。

この報文では、仙台市域の地盤の特性と地震被害、地震動との関連性について述べる。

なお、地震発生後ただちに株式会社応用地質調査事務所は、調査団を編成し、現地被害調査を実施した。この調査結果は、昭和53年10月に「1978年6月12日宮城県沖地震被害調査報告(株)応用地質調査事務所社内資料」としてまとめられ、公刊されている。

筆者等も、この調査団の一員であるが、その調査結果を基礎として、その後の補足調査結果を合せて、新たに、地盤と被害の関係について考察を加えたのが本論文である。したがって、図面や記述において、先の調査報告に負うところの多いことをお断りしておきたい。

2 地震と被害の概要

2-1 地震の概要

1978年宮城県沖地震は、マグニチュード7.4で、金華山の東方約60kmを震央とする。この地震の震源要素と震度分布を図-1に示した。

有感範囲は、東北地方を中心に北海道から近畿、中国地方に至る各地方に及び、最大有感距離は約800kmに達しており、大船渡、仙台、石巻、福島、新庄の5ヶ所では震度Vを観測している。

なお、この地震の震源地域である金華山沖では、1936年にもマグニチュード7.7の地震が発生しており、約40年ぶりの大地震であった。

今回の地震による地震動は、各地の構造物や地盤上に設置されたいわゆる工学式強震計によって観測され、多くの加速度記録が得られている。これらは、科学技術庁、

表-1 宮城県下の地震被害状況
Table-1 Damage by the earthquake in Miyagi prefecture

死 者	27人	被害額 75,060,158,000円
負 傷 者	10,176人	
住 家 全 壊	1,271戸	
同 半 壊	5,649戸	
同 一 部 損 壊	124,669戸	
非 住 家	40,108戸	
医療衛生施設		5,200,212,000円
商 工 関 係		95,754,148,000円
農 林		10,965,940,000円
水 産		3,863,863,000円
林 業		863,235,000円
教 育 施 設		7,355,025,000円
公 共 土 木 施 設		26,256,914,000円
そ の 他		31,056,811,000円
総 計		256,376,306,000円

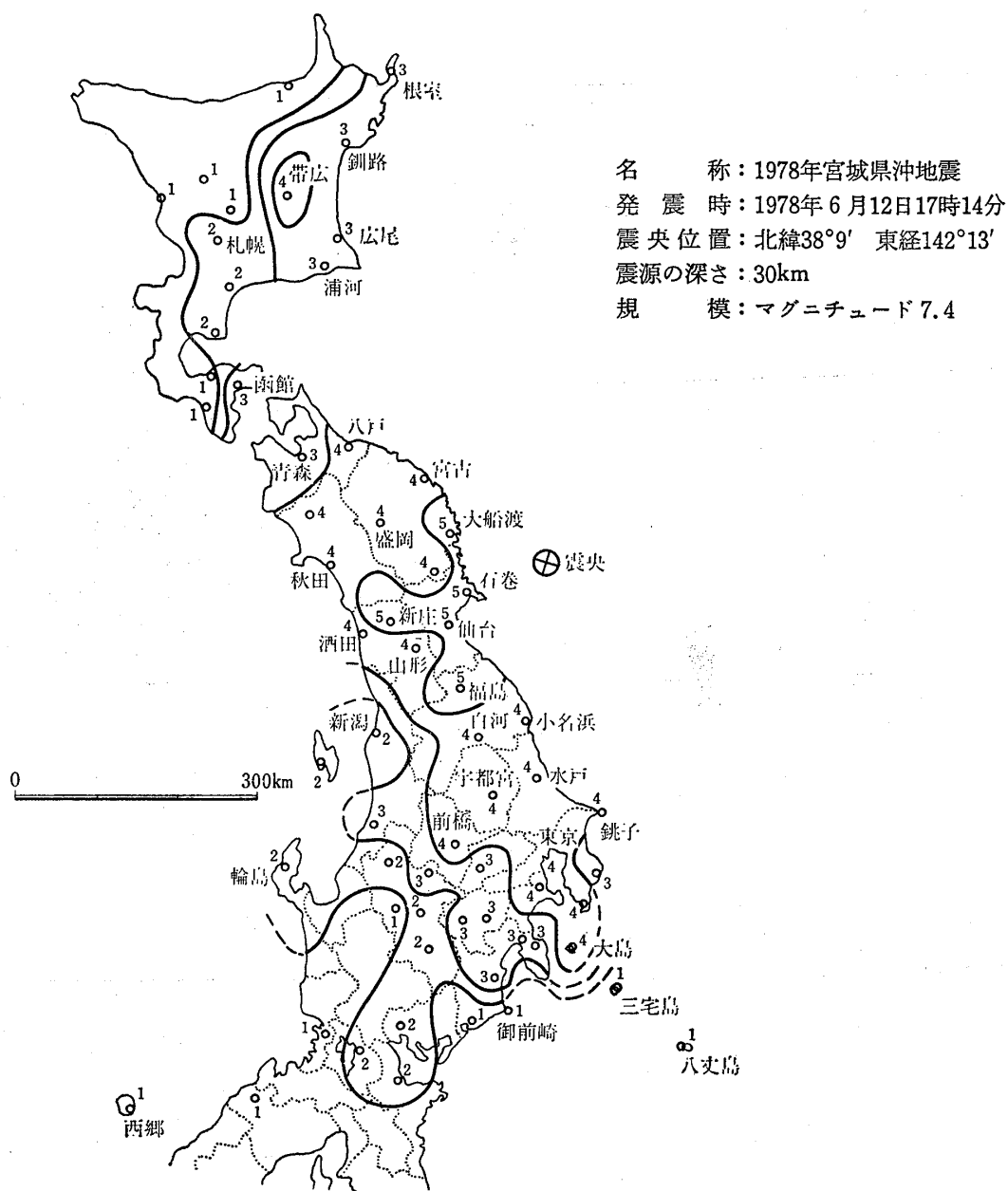


図-1 1978年宮城県沖地震の震源と震度分布（気象庁による）
 Fig. 1 The seismic intensity of some places and the epicenter of 1978 Miyagi-ken-Oki earthquake

建設省、運輸省などから発表されているが、これらの資料のなかで、地盤振動および地盤振動に相当すると判断される観測記録のみに限定して、各地での最大水平加速度の分布を示すと、図-2のようである。

これによれば、震央に近い石巻、塩釜で294gal、288galという大きな加速度値が得られており、これは気象庁震度階では震度Ⅵ（烈震）に相当する。また仙台市内においても、建築物内の記録ではあるが、東北大学工学部1階で240gal、住友生命ビル地下2階で253galと大

きな値を示しており、いずれも震度Ⅴ～Ⅵ（強震～烈震）に相当する震動であった。さらに、震央から300km以上離れた東京でも10galをこえる最大加速度が記録された。

以上のような測定値は、過去の強震記録に基づく経験式から推定される値よりかなり大きいものになっている。

2-2 被害の概要

宮城県沖地震の被害は、震央（金華山沖約60km）に

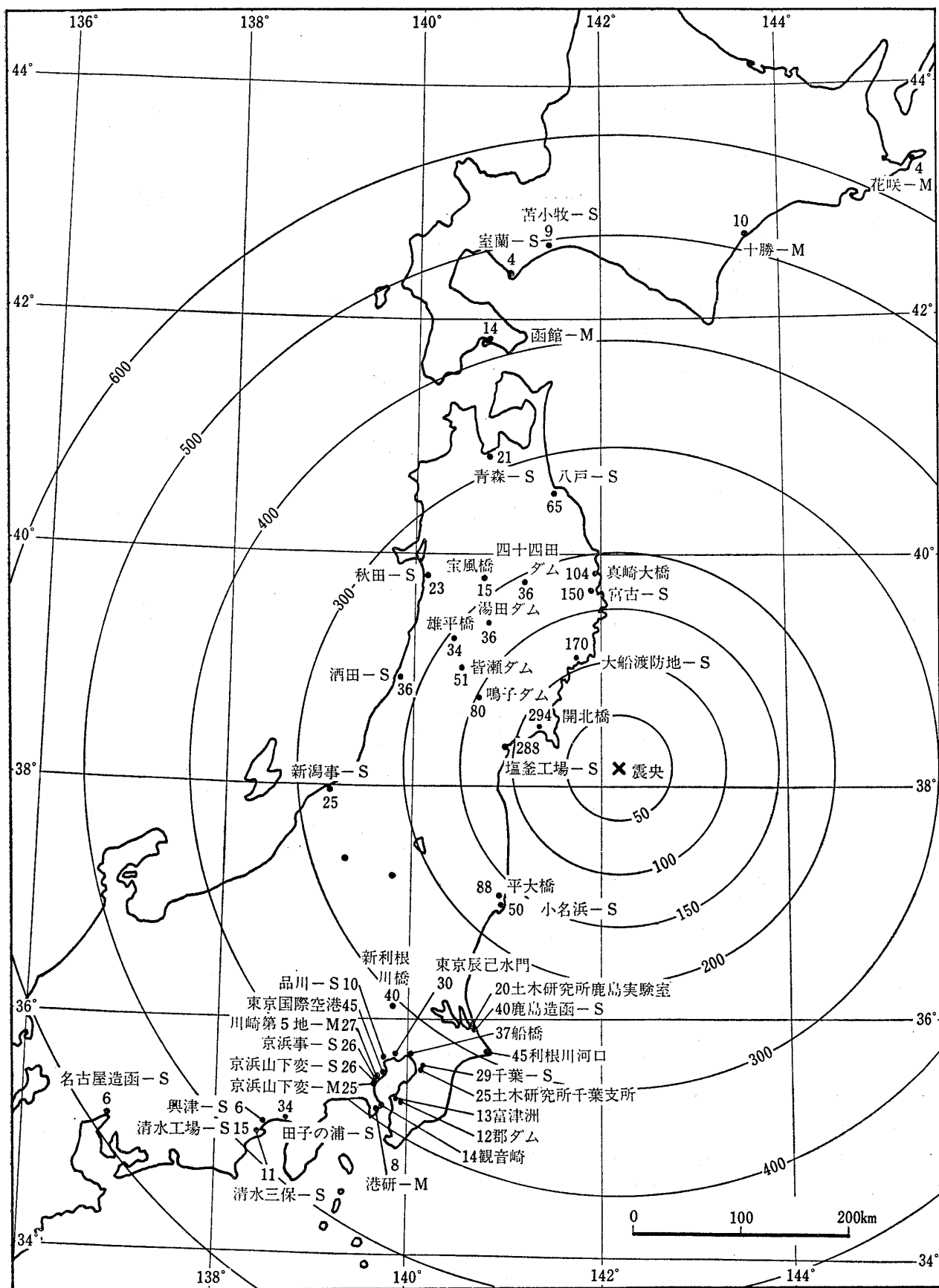


図-2 地盤の水平最大加速度分布 (単位: gal)

Fig. 2 Distribution of horizontal maximum acceleration of the ground (unit: gal)



図-3 仙台市付近の全壊家屋分布図

Fig. 3 Distribution of collapsed houses in Sendai and its neighborhood

近接した宮城県，とくに仙台市域に集中した。被害はさらに，福島，岩手の両県に，遠くは青森，秋田，山形の各県にも及んでいる。

仙台市を中心とする宮城県下の被害の概況を表-1に示した。被害総額は宮城県下で2,500億円をこえるが，そのうち仙台市域分は約2,000億円を占めるといわれている。

被害の内容は，建築・土木関係では家屋やビルディング，ブロック塀の倒壊，道路，鉄道，橋梁などの損壊，河川堤防の欠壊や構造物の変状などが多発したほか，ガスタンクの破壊・爆発，原油タンクの破損・原油流出のような二次災害に直結する被害も一部に出ている。

そのほか都市施設のなかでは，ライフラインの被害が大きく，都市ガス，上水道，電気がストップし，パニック寸前の状態となった。また交通，電話などを含めて日常生活にもっともかかわりの深い部分がすべてマヒしてしまったため，何十万人の生活の上の大きな障害となった。

このように今回の宮城県沖地震による被害は，いわゆる“都市型地震災害”の性格を備えており，その特徴は仙台市およびその周辺域に顕著に現われているといえる。

一方，これらの被害の分布をみると，その地域的偏在傾向がかなり明瞭である。

たとえば，仙台市域の全壊家屋の分布については，図-3のようになっている。

この図にみられるように，建物の被害は東部の海岸平野や周辺の丘陵地・山地における宅地造成地(盛土区域)など軟弱な地盤からなるところに顕著で，段丘平坦面(よく締った，あるいは堅い地盤からなる)上に位置する仙台旧市街で概して被害は少ない。すなわち，地盤の構造と震害とが密接な関連をもつことが示されている。

このような地盤と震害，そして地震動との関連性について，以下に検討を進める。

3 仙台市の地盤

3-1 地形・地質の特徴

仙台市周辺の地形は，大別して太平洋に面した沖積平野とその内側の段丘平坦面，丘陵性山地の3区分の地形からなっている。その分布の概要を図-4に示す。

沖積平野は，七北田川，広瀬川，名取川などの諸河川と太平洋沿岸流による土砂の供給・堆積が行なわれた場所で，その供給堆積様式の違いにより種々の微地形が認められる。その様相を詳しく示したのが図-5である。

図-5に示されるように，沖積平野には微小な高まりをみせる浜堤や自然堤防と，低地の旧河道，後背湿地が

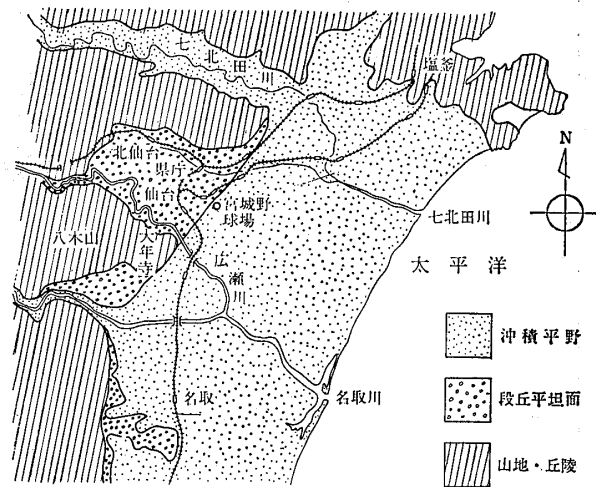


図-4 地形区分の概要
Fig. 4 Topographical division

識別される。これらの浜堤や自然堤防は主として粗砂～細砂で構成され，一方，旧河道や後背湿地は腐食土まじりの粘土，シルトで構成される地盤となっている。なお自然堤防のうち，仙台バイパス付近より西側では，砂礫が主体となりかつ地表面もゆるく傾斜していることからみて，扇状地状のデルタ性堆積物が分布する区域と考えられる。

次に段丘平坦面は，標高20mから80mにかけて分布し，仙台旧市街に典型的に発達する。仙台旧市街には，広瀬川と平行に4段の段丘，すなわち下町，中町，上町および台の原の各段丘面が認められている。これらの面と前述の沖積平野との境界は，東仙台付近から宮城野球場前を通り大年寺山脚部へ延びる直線状の境となっており，種々の文献ではこの境界が“利府—長町断層”とされている。これらの段丘は，おもに洪積世末期に形成されたもので，厚さ4～7m程度の砂礫層からなっており，その下盤は広瀬川河岸にみられるような新第三紀層の岩盤となっている。

新第三紀層は，仙台市街をとりまく丘陵地・山地を形成している。凝灰岩類を主体とし，砂岩，シルト岩を伴う地層で，上述の段丘平坦面および沖積平野を形成する基盤をなしている。

なお，青葉山付近の丘陵地の頂部(標高100～200m)には砂礫層が分布し，青葉山段丘と呼ばれている。一般にこれらの丘陵地の斜面は急傾斜を示すことが多く，離山(はなれやま)に代表されるような地すべり地が所々に分布する。

以上のような地形・地質の特徴は，過去の土地利用によく反映されており，昭和初期の地形図をみると，仙台

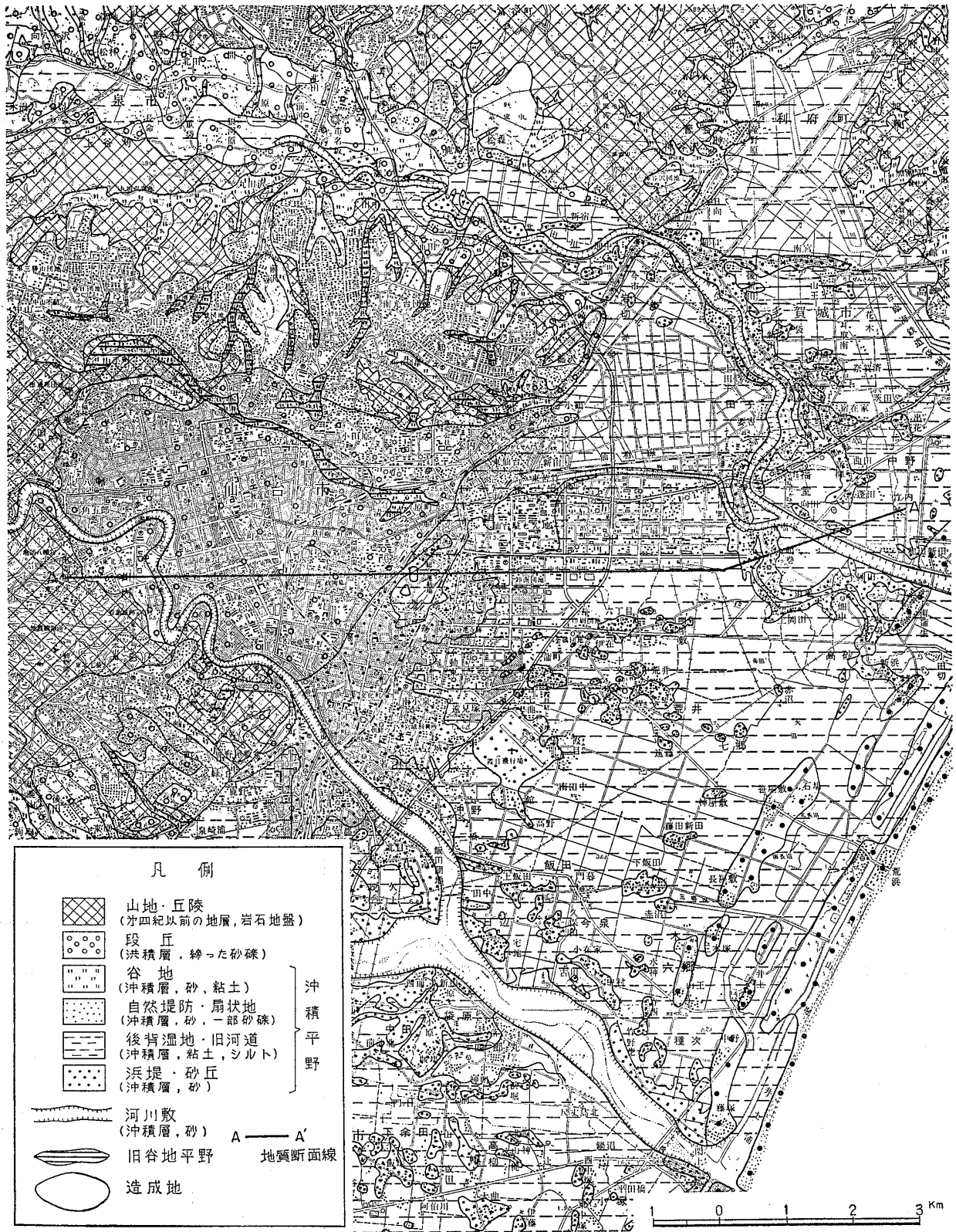
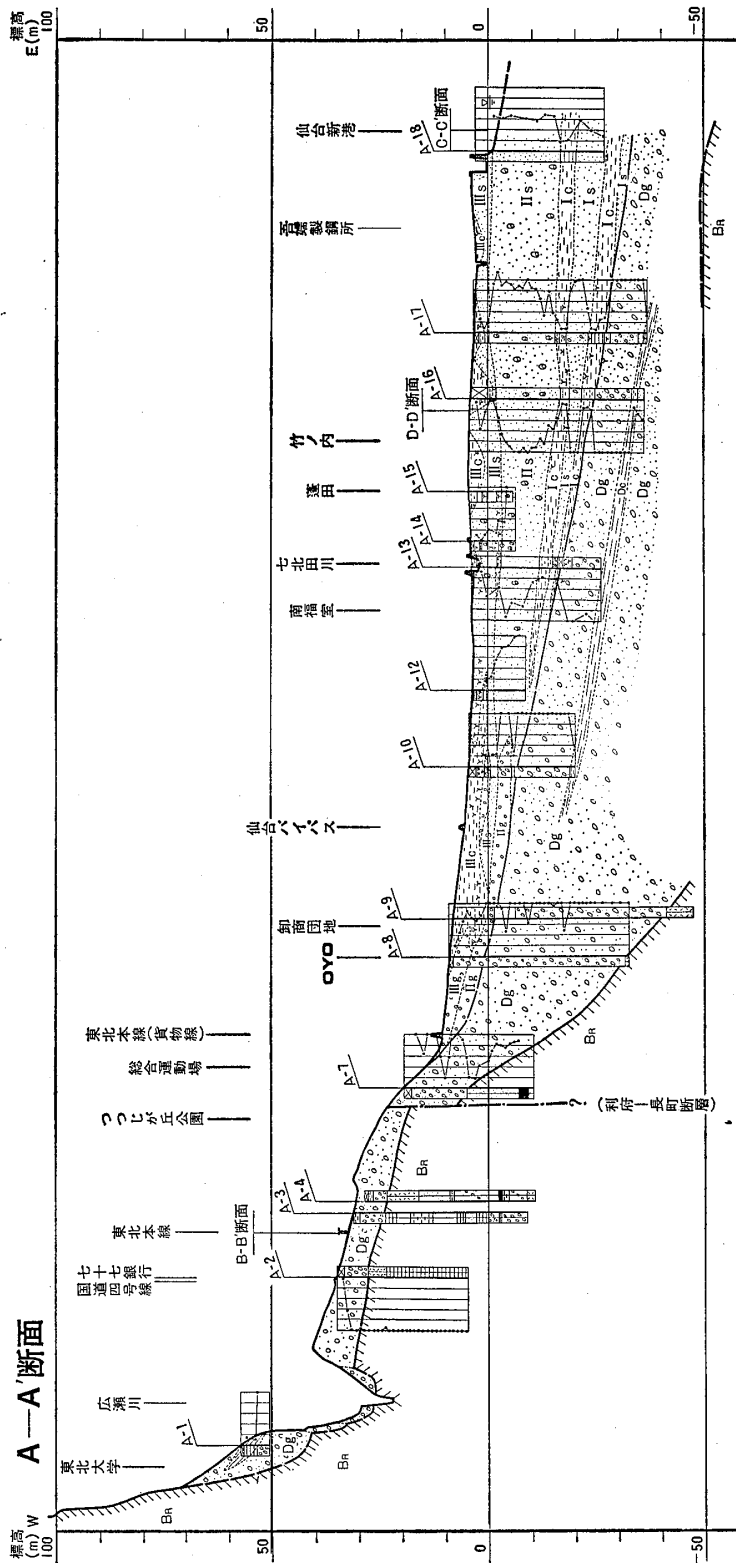

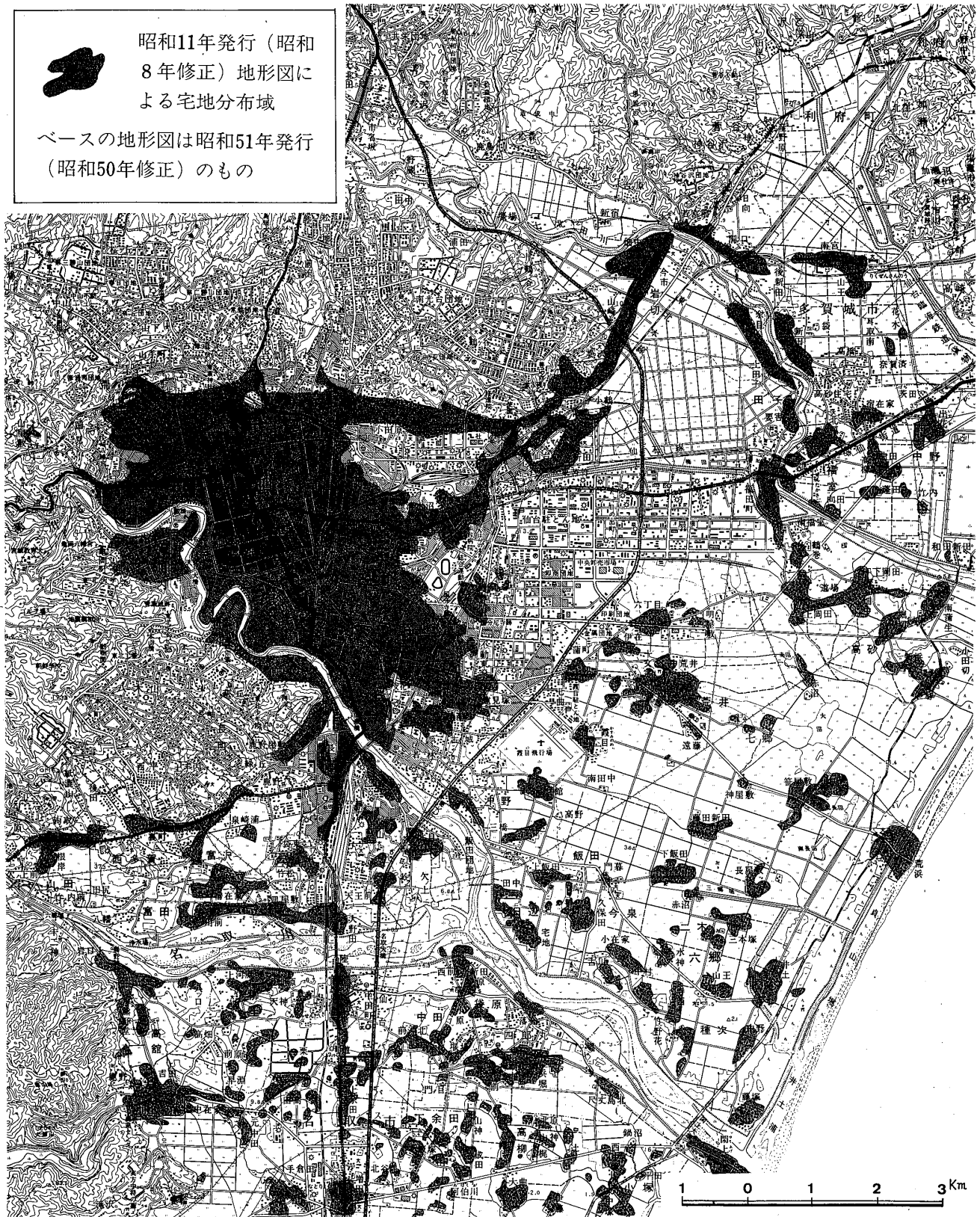


図-5 仙台市付近の地形区分図
Fig. 5 Topographical division map in Sendai and its neighborhood



図一7 仙台市付近の東西方向地質断面図
Fig. 7 Geological section (E-W) in Sendai and its neighborhood


 昭和11年発行（昭和
 8年修正）地形図に
 よる宅地分布域
 ベースの地形図は昭和51年発行
 （昭和50年修正）のもの



図一6 仙台市周辺市街地の変遷
 Fig. 6 Change of city area in and around Sendai.



する区域と思われるが、図-3(全壊家屋分布図)と図-5(地形区分図)を対比してみると、その傾向が顕著に認められるようである。

3-3 地盤区分

前項までに述べたように、仙台市付近の地形は表層地質と密接に関係しているといえる。そして耐震の見地からの地盤特性は、表層地質によって決まることも明らかである。

したがって、図-5に示した地形区分図は、そのまま地盤区分に対応させて考えることが可能と思われる。

このような観点に立って、仙台市付近の地盤の特徴を図-8に模式的に表わした。この図は、既述のA~A'断面図(図-7)を模式化したものであるが、一応、仙台市付近の地盤状況を網羅しているものとみなすことができよう。

ところで、耐震工学的に地盤を区分する場合、一般に地盤種別という表現が用いられる。たとえば、「道路橋耐震設計指針」では地盤の良否を第1種~第4種に区分し、それぞれの性状を表-3のように定義している。

ここではその考え方に準拠して、仙台市付近の地盤を地形・表層地質から表-4のように区分し、次章で地盤と震度、被害の特徴などについてとりまとめる。

4 地盤と地震動、被害

4-1 地盤別の被害の特徴

前項で区分した各種地盤別に被害の特徴をみると次のようである。

(1) 第1種地盤

仙台市付近の第1種地盤は、仙台市街をとりまく丘陵性山地の新第三紀層分布地で代表される。これらの丘陵性山地は、昭和30年代後半から急速に宅地造成が進み、広範囲にわたって住宅団地に変貌している。

地震による被害は、このような造成地の地盤の変状が主であるが、被害はほとんどが谷を埋めた盛土区域-第4種地盤一で発生しており、地山自体あるいは切土区域における被害は概して軽微であった。ただし、同じ第1種地盤地域でも、仙台市北方の北根、黒松などの傾斜地では、地山の基礎部の風化に原因すると思われる家屋の被害が一部に出ている。

(2) 第2種地盤

第2種地盤は、段丘平坦面上に位置する仙台市街地の中心部と青葉山丘陵地に典型的に分布し、地盤はいずれもかなり締った砂礫層からなる。また、既述の利府-長町断層とされる線から太平洋岸に至る間には広大な沖積平野が広がるが、そのうち国鉄貨物線のやや東側の萩野

町、宮千代から南小泉にかけての一带は、広瀬川によってもたらされた扇状地性の砂礫地盤からなり、第2種地盤に属する区域である。

地震被害は、一部の学校建築物で柱のセン断破壊などの著しい被害が生じたほかは、全体に被害は少なかった。ただし、煙突や望楼のような直立構造物の倒壊が多数出ているのが一つの特徴である。その他で特例的な被害として、仙台市ガス原町工場のガスタンクが破損し爆発炎上する事故が発生したほか、強固なはずの宮城刑務所のレンガ塀が6割以上倒壊したのが目立っている。

(3) 第3種地盤

第3種地盤は、砂層を主体とする普通の沖積層で代表される地盤であり、仙台東部の沖積平野に分布する自然堤防や浜堤の地域がこれにあたる。そして古くから集落や畑地として利用されている。

今回の地震では、この第3種地盤上の農家家屋の被害が目立ったが、これには古い基礎形式と家屋構造、それに建物の老朽化も原因しているように思われる。

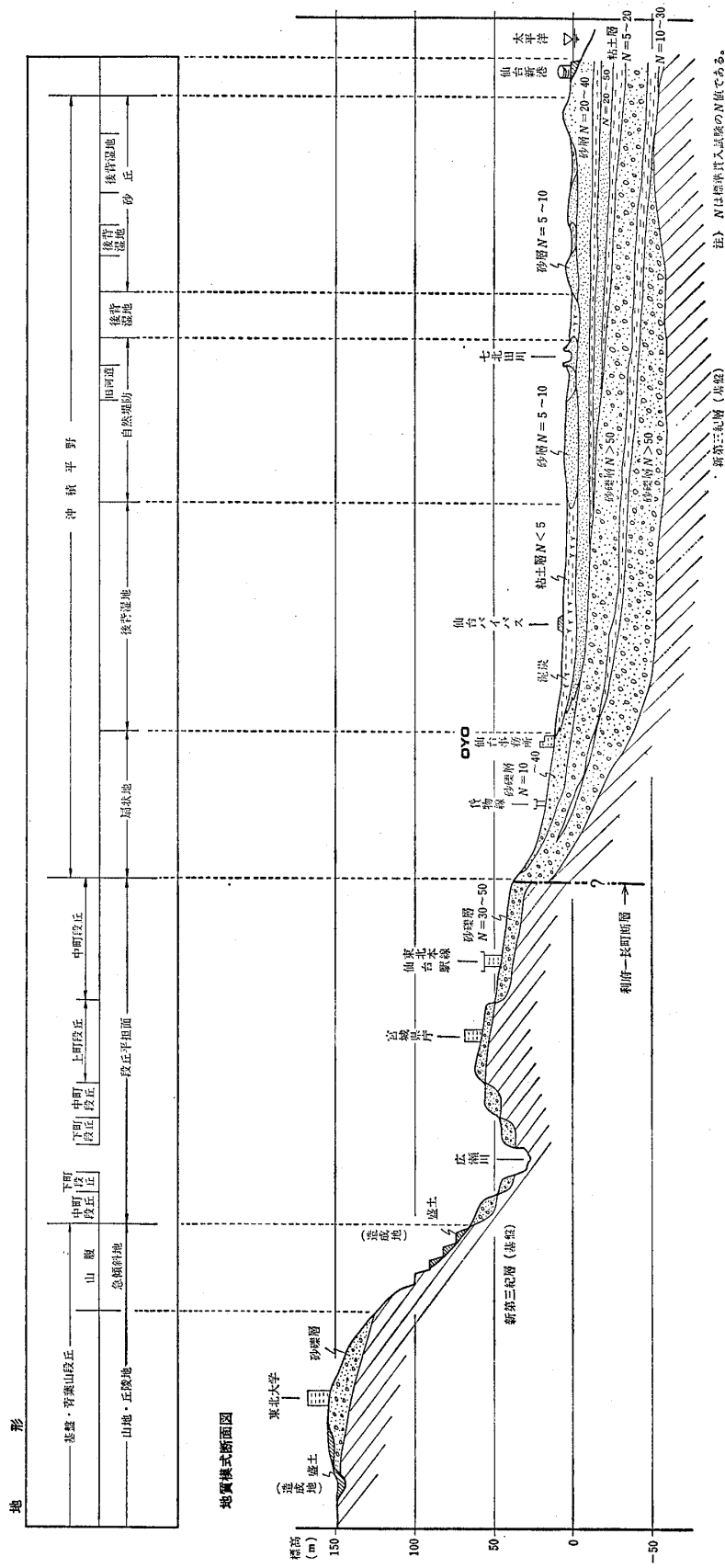
ただし、第3種地盤における家屋の被害分布をみると、荒浜、藤塚などのように浜堤上に位置する集落の被害は概して少なく、自然堤防上の沖野館、飯田、日辺、荒井など、六郷、七郷地区に被害が多発している。またこの自然堤防地域における被害の特徴として、場所によって被害の程度がかなり異なっている点が挙げられる。すなわち、前述のように家屋の被害は六郷、七郷地区に多かったが、同じ自然堤防でも七北田川沿いでは全壊家屋はほとんど生じていない。これらのことから、自然堤防と一口にいっても、その地盤の土性や厚さはところによりかなり変化していることが推察される。

(4) 第4種地盤

第4種地盤はいわゆる軟弱地盤であるが、これは2つのタイプに分けられる。一つは、仙台東部の沖積平野に広く発達する後背湿地や旧河道の地域で、もう一つは仙台市街をとりまく丘陵性山地の造成宅地における盛土区域(人工地盤地帯)である。

① 後背湿地、旧河道

これらの地域は、もっとも新しい地質時代の堆積物により形成されたもので、表層地盤はきわめて軟弱な粘土、シルト、泥炭などからなる。この地帯は多くは水田として利用されているが、近年になって卸町から扇町にかけての一带が商業団地化されたほか、長町、遠見塚、霞目、六丁目、沖野などで宅地化が進んでいる。これらの地区では、ほとんど例外なく被害が生じており、多数の全壊家屋を出している。また卸町界限では、3階~4階建の鉄筋コンクリート建築物の落階、倒壊が多数出ている。



図一8 仙台市付近の模式地盤図
Fig. 8 Schematic ground section in Sendai and its neighborhood

なお、これらの被害建物の特徴として、基礎が浅い（おおよそ2～5m）、1階がガレージや倉庫になっていて壁面積が少ないことなどが共通している。

② 宅地造成地の盛土区域

これらの造成地においては、多数の地盤災害が発生した。被害はもっぱら盛土部分に集中し、盛土部の沈下、キレツ、移動、擁壁のキレツ、傾斜、破損、そして斜面崩壊に至るまで多数の地盤災害が発生し、それに伴う多くの家屋の傾斜、倒壊を引き起している。これらの被害は、ことに八木山東部斜面に位置する緑ヶ丘団地に象徴的に現われている。

今回の地震による造成地災害の形態を整理すると次のようである。

○傾斜地を切盛して造成した盛土部の被害（緑ヶ丘団地など）

○盛土箇所で高い練石積箇所の被害（緑ヶ丘団地、北根地区など）

○深い谷部を埋めた区域の変状（緑ヶ丘団地、鶴ヶ谷団地、南光台団地など）

○過去に豪雨などによって斜面崩壊を起したことがある地区の地すべり（緑ヶ丘、二ツ沢など）

なお造成地のうちで、旧地形が比較的平坦であって造成時にあまり大きな切土・盛土工をしていないような地区では、被害は少ないのが特徴であった。

以上、仙台市付近の地盤を大きく第1種～第4種の4つに区分し、それぞれの被害の特徴を要約したが、地震

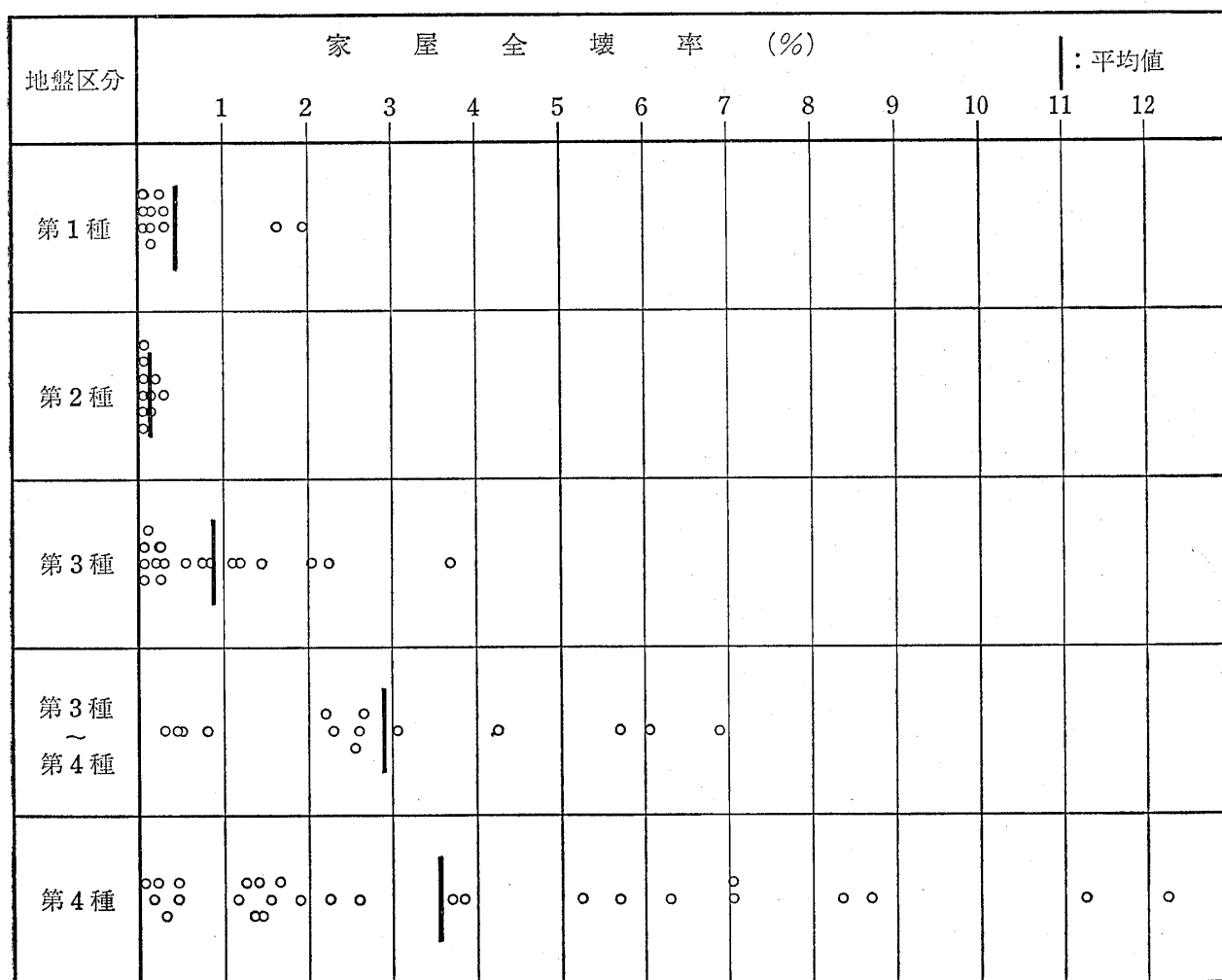


図-9 地盤区分と家屋全壊率
Fig. 9 Relation between ground classification and house collapse percentage

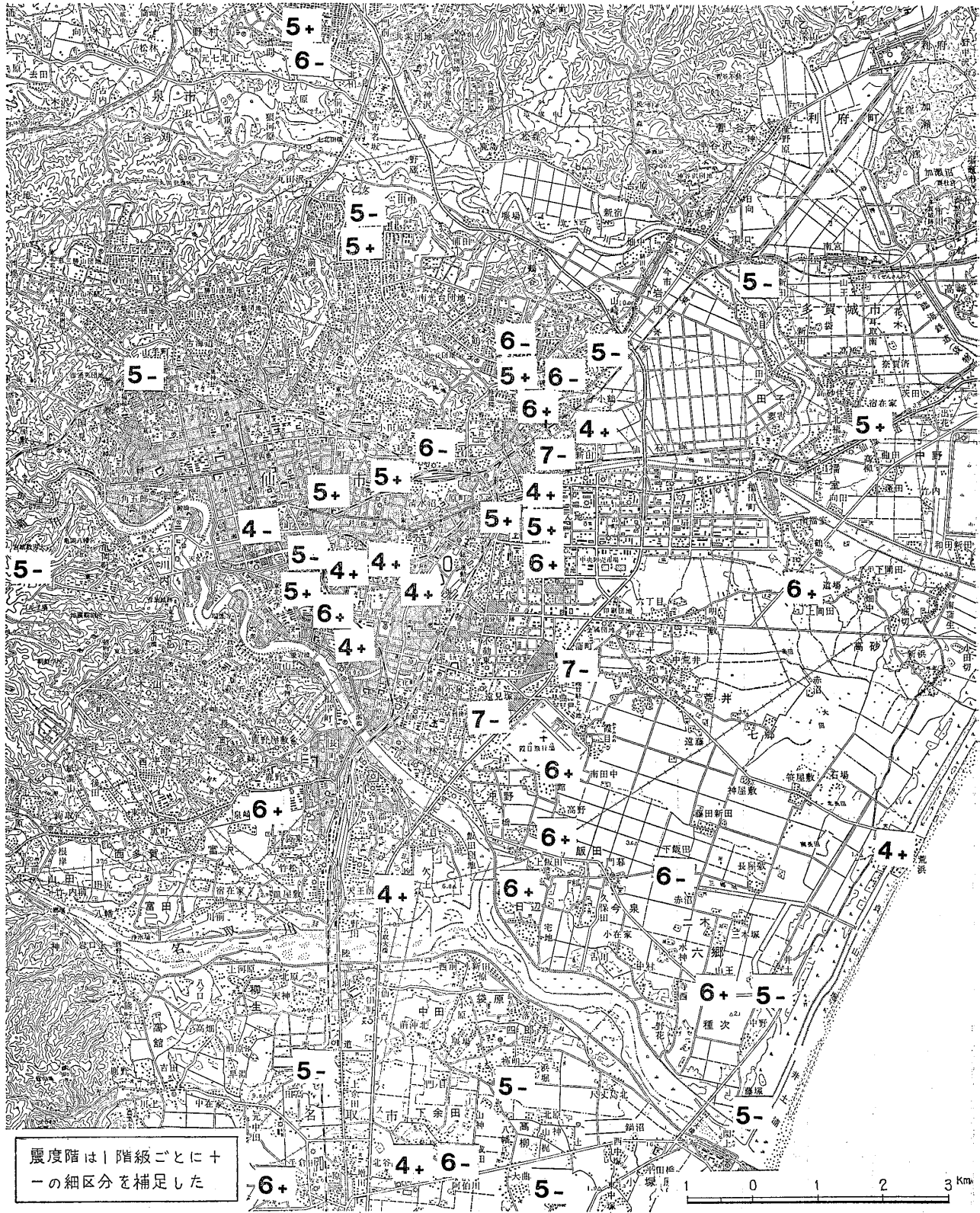


図-10 仙台市付近の推定震度分布図

Fig. 10 Distribution of estimated seismic intensity in and around Sendai

被害の大小は地盤区分に密接に対応していることが明らかである。そこで、両者の関連性をより量的にみるために、家屋の全壊率に着目して両者の関係を調べた。これを図-9に示す。

ここで家屋全壊率は、図-3の全壊家屋分布図を用いてこれを1km格子に分割し、各ブロックに含まれる全壊家屋数をそのブロック内の総戸数で除して求めたものである。またそれに対応する地盤区分は、図-5（地形分区図）と対比することにより各ブロックを代表する地盤種別を定めた。なお図-9で、地盤区分中に第3種~第4種とあるのは、そのブロック中で第3種、第4種をはっきりと区別できないものを意味している。

図-9をみると、耐震的に強い地盤である第1種および第2種地盤での家屋全壊率は平均0.5%以下と小さく、一方弱い地盤である第3種および第4種地盤のそれは平均で1~3.5%と大きな値を示している。家屋全壊率を地震被害の一つの指標とするならば、地震災害と地盤特性との強いつながりが明確に示されているといえよう。

4-2 地盤と地震動

今回の宮城県沖地震では、気象庁の発表によると仙台市域は震度のいわゆる“強震”であった。しかし前項で述べたような地震被害の分布の特徴からみて、同じ仙台地域においても、場所により震度Ⅳの“中震”程度のところ、逆に震度Ⅵの“烈震”あるいはそれ以上の震度の地区もあったことが考えられる。

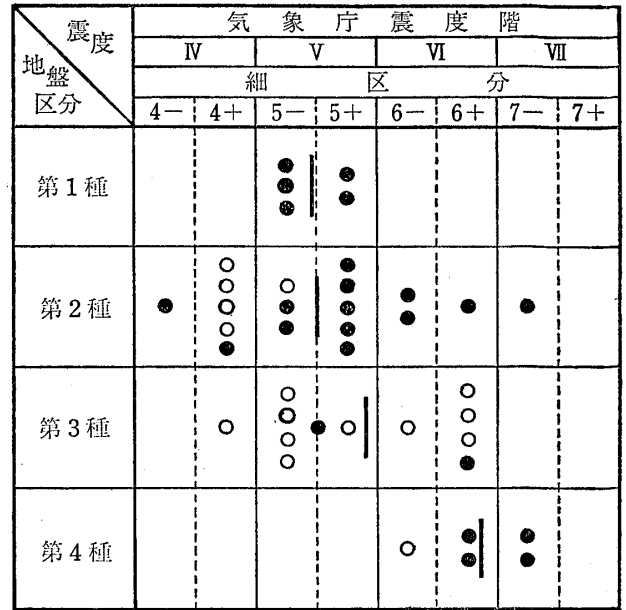
そこで、地震直後に実施した墓石の転倒状況調査やアンケート方式による調査などの資料をもとに、仙台市付近の地震動の分布を推定し、あわせて地盤との関連性について調べた。

墓石調査は、仙台市街地から東部の沖積平野にかけて、墓地23ヶ所について実施した。またアンケート方式による調査は、局地的な震度推定のために、20人以上に対して行なったものである。

これらの結果を総合して、仙台市域の地震動の分布を描くと、図-10のようになる。この図は、仙台市内において、住友生命ビルほかで観測された強震計記録も参考にして、墓石の転倒率からの推定結果と、アンケートによる推定結果を、いずれも最終的に気象庁震度階に換算し重ね合わせたものである。なお震度は、1階級ごとに+-の細区分を補足している。

図-10によると、仙台市域の震度はⅣ弱~Ⅶ弱に分布し、厳密にはかなりの誤差を有することも考えられるが、前項で述べた地盤条件、被害分布の特徴と比較的よい対応を示しているようにみえる。

これらの各地点の推定震度とそれぞれの地盤区分とを



○：墓石転倒状況による推定震度
●：アンケートによる推定震度
|：単純平均値（5+=5.25, 6-=5.75とした）

図-11 地盤区分と推定震度
Fig. 11 Relation between ground classification and estimated seismic intensity

表-5 地盤と震度、家屋全壊率
Table-5 Relation among ground classification seismic intensity and house collapse percentage

地盤区分	推定震度		家屋全壊率	
	分布値 (細区分 震度階)	平均 (気象庁 震度)	分布値 (%)	平均値 (%)
第1種	5-~5+	V(弱)	0.04~1.95	0.46
第2種	4-~7-	V	0.04~0.30	0.10
第3種	4+~6+	V(強)	0.04~3.70	0.90
(第3種) (第4種)			0.29~6.90	2.88
第4種	6-~7-	Ⅵ(強)	0.04~12.3	3.53

対比し、両者の関係をみると図-11のようである。すなわち、推定震度はところにより非常にバラついてはいるが、平均的には、第1種および第2種地盤では震度Ⅴ、第3種地盤では震度Ⅴ強、第4種地盤では震度Ⅵ強となっており、地盤特性、震害の様相との間に一応矛盾しない傾向を示している。

既述の地盤と家屋全壊率の関係を含めて、ここで地盤、震度、家屋全壊率の3者の関連性を総括して、表-5に

示した。

今回の地震災害は、被害の大きかった仙台市域でも全域的なものではなく、地盤種別による地震動、地震被害の差が地域により大きく現われているが、表一5はそのことを如実に物語っているといえよう。

5 結 び

地震災害と地盤条件との関係は従来からも指摘されてきたことであるが、今回の宮城県沖地震においてもこの関係が改めて明らかにされた。

これまで仙台市の地盤は安全であるとしばしばいわれてきた。事実、仙台の旧市街は段丘平坦面上に位置し、過去の地震でも被害を受けることは少なかった。しかし、昭和30年以後の急激な発展に伴い、その市域を東部の軟弱地盤地帯や周辺の丘陵地帯に拡大してきている。今回の地震災害の多くは、このような新しい市域に集中している。

今後さらに都市の拡大につれて、地盤条件の悪い地域の開発が進むだろうが、防災の見地から地盤条件を重視して見直すことの重要性を痛感している。

参 考 文 献

- (1) 株式会社応用地質調査事務所(1978)：1978年6月12日宮城県沖地震被害調査報告
- (2) 中川久夫，他(1960)；仙台付近の第四系および地形
(1) 第四系研究 第1巻 6号
——(1961)：仙台付近の第四系および地形
(2) 第四系研究 第2巻 1号
- (3) 建設省・宮城県(1965)：仙台湾臨海地帯の地盤，都市地盤調査報告書 第10巻
- (4) 地学団体研究会仙台支部(1975)：新版仙台の地学
- (5) 仙台市震災対策本部(1978)：宮城県沖地震の報告