

平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動

釜井俊孝*・鈴木清文**・磯部一洋***

KAMAI Toshitaka, SUZUKI Kiyohumi and ISOBE Ichiyo (1996) Landslides in gently sloping residential areas caused by the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol.47(2/3), p.175-200, 23 figs.

Abstract : The 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake triggered numerous landslides on the gentle slopes in the hillsides between Nishinomiya and Kobe cities, which are the most important and densely populated residential areas in Japan. More than two hundred landslides in the residential areas were classified into four types, as follows :

- a) Slides associated with high speed flow slide (0.9%)
- b) Creep and slides in artificial valley fill (53.3%)
- c) Creep and slides caused by liquefaction in alluvial deposit (10.7%)
- d) Slides on steep slopes (35.1%)

The landslides were distributed mainly in two separate regions which are composed of semi-consolidated clay, sand and gravel of the Plio-Pleistocene aged, Lower Osaka Group. The original landscape of the hillsides has been fully changed by landform transformation due to urban development ; such as, housing, road contraction and lifeline constructions. Landslides mainly occurred on artificial valley fill and slop cuttings. Thus, these landslides were typical of landslide disasters in an urban region ; the landslide potential was created by human activity, and the landslides were triggered by the earthquake. Many cities in Japan have similar ground conditions as those observed in the Hanshin district, therefore, there is the potential for landslide disasters to occur within the urban areas of these cities. Both the disclosure of ground condition information and new urban planning methods in consideration of the surface geology are necessary for all local cities planners and the government.

要 旨

宝塚市から神戸市にかけての都市地域では、平成7年兵庫県南部地震により丘陵斜面上で多数の斜面変動が発生した。約200箇所の斜面変動は以下の4種類に区分される。

- A. 高速な流れを伴った地すべり
- B. 宅造地の人工谷埋め・盛り土の地すべり
- C. 沖積層の液状化による緩斜面堆積物の地すべり
- D. 急斜面の崩壊

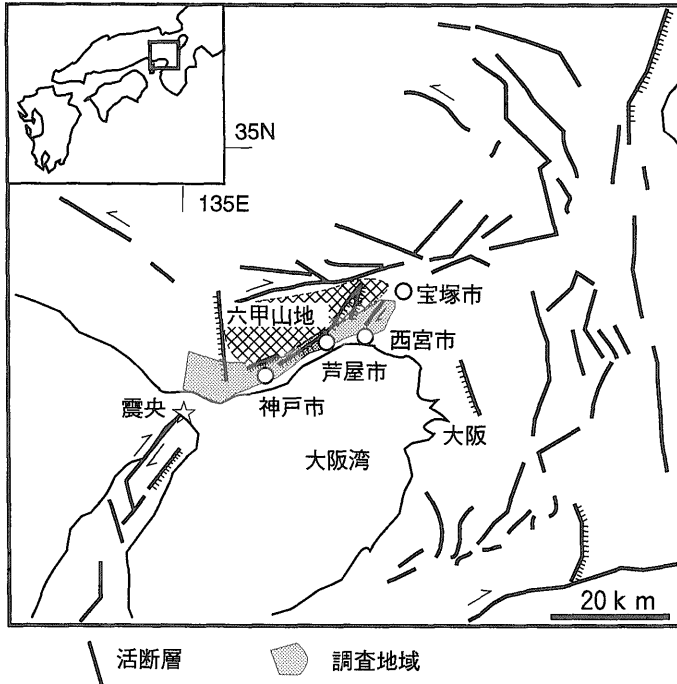
これらの斜面変動が発生した丘陵斜面は、主として大阪層群の砂、礫、固結粘土から構成され、都市化による

* 環境地質部, (現 日本大学理工学部)

** 九州大学大学院

*** 環境地質部

Keywords : 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, land slide, urban development



第 1 図 六甲山地周辺の活断層と都市の分布

Fig. 1 Map showing the epicenter, active faults adjacent to the Rokko Mountains and location of the disaster district.

地形改変が集約的に行われた地域である。すなわち、今回の地震による都市域の斜面変動は、開発によって人工的に素因が準備され、地震が誘因となって発生した点特徴的である。同様な地盤条件は阪神地域に限らず広くわが国全体に見られ、今回と同様な災害が繰り返される可能性はきわめて高い。今後は、地盤条件を考慮した都市計画の整備と地盤に関する情報の公開を積極的に行うことが、防災上重要であると考えられる。

1. はじめに

1995年1月17日の兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)は、神戸市から西宮市にかけての海岸平野や丘陵地及び淡路島に大きな被害をもたらした。神戸側の海岸平野では、強烈な地震動による家屋の倒壊や火災、液状化による護岸や港湾施設の破壊等が生じ、都市型地震災害の典型例として注目されている。一方、丘陵地(山手)では、広い範囲で地すべり・斜面崩壊(斜面変動)が発生し深刻な都市型斜面災害を引き起こした。この斜面災害の特徴は、斜面変動の多くが人工谷埋め、盛り土、切り土という開発行為に伴う地盤条件に関連して、発生し

た点である。これらの斜面変動については、各段階における速報や各学会が組織した委員会の調査報告をはじめ、釜井ほか(1995 abcde)による報告がある。ここではこれらを総括するとともに、その後明らかになった事実を加えて、今回の地震によって発生した斜面変動の分類、分布、代表例及び今後の問題について述べる。

2. 調査地域及び手法

調査地域は、兵庫県宝塚市逆瀬川以西、神戸市垂水区以東の丘陵地である(第1図)。主として花崗岩類によって構成される六甲山地と扇状地や沖積層よりなる海岸平野に挟まれた標高10-250mの地域で、大阪層群(弱く固結した粘土、シルト、及び砂礫)、更新世段丘(主として砂礫)及び神戸層群(砂岩及び礫岩)によって構成されている。この丘陵地は、宅地造成等による地形改変が集約的に行われた地域であり、斜面の大部分は住宅、道路等に利用され、コンクリートやアスファルト等の人工構造物に覆われている。

調査は、地表踏査と調査ボーリング及びサウンディングによって行った。地表踏査は、1/2500都市計画図と1/

10000地形図を用い、地震による地割れや地盤変動に伴う構造物の変状を地図上に記載し、引っ張り・圧縮等の地割れのセンスと周辺微地形との関係を考慮して変動領域を抽出した(付図-斜面変動詳細分布図)。また、現地では、地震後、地割れが拡大しているとの情報が多く得られたので、それらを参考にして地すべりの活動度を判断した。調査ボーリングとサウンディングは、代表的な2ヵ所の地すべり(西宮市豊楽町、木津山町)で行い、地質構造と斜面変動の関係について調べた。

3. 斜面変動のタイプ

今回の地震によって丘陵地に発生した斜面変動(地すべり・斜面崩壊)はその地形・地質的特徴から模式的に第2図の4タイプに区分することができる。

- A. 高速な流れを伴った地すべり
- B. 宅造地の人工谷埋め・盛り土の地すべり
- C. 沖積層の液状化による緩斜面堆積物の地すべり
- D. 急斜面の崩壊

これら4タイプの発生比率を見ると、調査地域全体で確認された214ヵ所の斜面変動(地すべり・斜面崩壊)のうち、最も多く発生したのがBタイプの人工谷埋め・盛り土に関連する地すべりであり、過半数を占めている。次いで、Dタイプの急斜面の崩壊が多く、約1/3を占めている。すなわち、今回の斜面変動は、最も若い地盤と地形的に最も不安定な場所(急斜面)に集中的に発生したと言える。

高速な流れを伴った地すべり(A-type) :

このタイプの地すべりは、調査地域では、西宮市仁川と宝塚ゴルフ場で発生した2例のみが知られている。崩壊した斜面は谷頭や谷壁斜面上の盛り土部分に相当し、比較的急傾斜(20度以上)の盛り土斜面が形成されていた箇所である(藤田ほか, 1995)。したがって、移動土塊は主として盛り土材からなっている。しかし、滑落崖には大層群とそれを覆う段丘構成層が露出していることから、移動土塊の一部はこれらの地層を巻き込んでいる可能性が高い。仁川地すべりの崩壊は地震直後に発生し、これによって34名の方が亡くなった。建物の被災状況から、崩壊土砂の先端では“サージ”を伴う高速の流れが発生したと推定される。また、宝塚ゴルフ場地すべりのトレンチでは、原地表面を削り込むようにして地すべり土塊が移動していることが明らかになった(福岡・佐々, 1995)。これらの事実は、このタイプの地すべりが、いわ

ゆる“高速な地すべり”(Sasa, 1992)であり、特異な運動メカニズムを持っていたことを示唆している。

宅造地の人工谷埋め・盛り土の地すべり(B-type) :

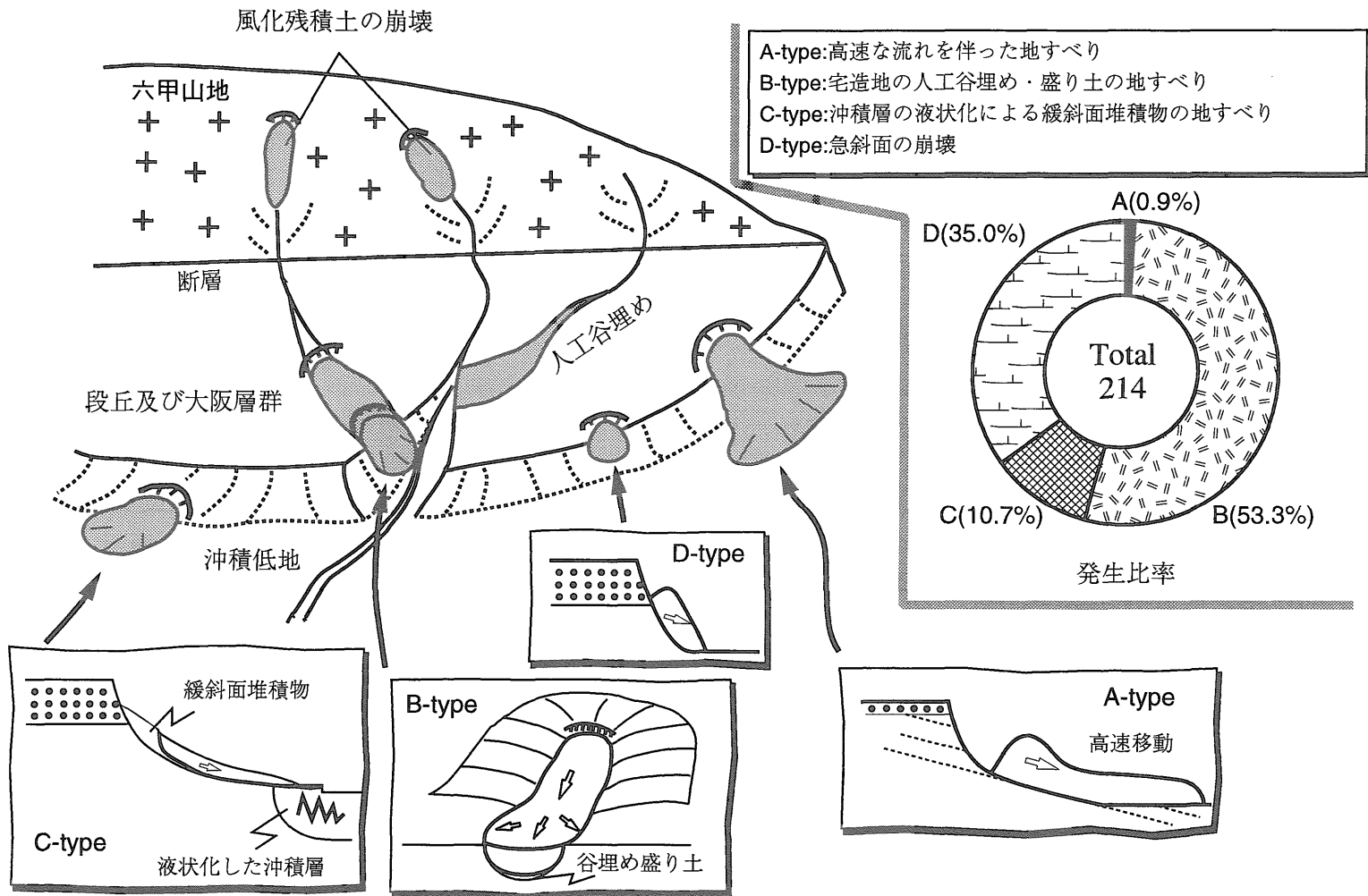
いわゆる切り土・盛り土型の都市開発の結果、調査地域には多くの人工埋没谷が形成されている。今回の地震によって、これらの埋没谷上で多くの地すべりが発生した。同様な地すべりは、1978年宮城県沖地震による仙台市周辺の丘陵や1993年釧路沖地震による釧路市周辺の台地においても発生した(田村ほか, 1978 田近・石丸, 1995)。それらに比べ今回発生した地すべりのすべり面深度は浅く、その結果、元の谷地形を復元するように谷筋に沿った細長い形状をしている場合が多い。大規模な場合は、長さ約300mに達し、数十戸の家屋を巻き込んで移動している(神戸市東灘区森北町、西宮市豊楽町等)。このタイプは、地すべり末端の圧縮域が明瞭に形成されていることが多く、末端部・側方部(せん断域)に位置する家屋や道路に深刻な被害を与えている。第3図は、旧版地形図上で盛り土以前の谷の傾斜を計測し、B-typeの地すべりに関係する谷埋め盛り土底面の傾斜角分布を調べた結果である。詳細な地質調査と測量を行った2例(西宮市豊楽町)との誤差は1-2度であり、地形図上での測定結果はやや小さく見積もられる傾向がある。この点を考慮すると、B-typeの地すべりが発生する盛り土底面傾斜の下限は、約3-5度であったと考えられる。

沖積層の液状化による緩斜面堆積物の地すべり(C-type) :

このタイプの地すべりは、阪急苦楽園駅から夙川駅にかけての斜面に集中的に分布している。この地域の段丘崖は開析されて平滑化され、遷急線直下には勾配20度以下の緩斜面が広く形成されている。この緩斜面堆積物は沖積面を覆っているが、この地域の沖積面上には噴砂が分布し、沖積層の一部は地震動によって液状化したと考えられる。地すべりは緩斜面から沖積面にかけて発生した。したがって地すべりの脚部は、液状化し支持力を失った沖積地盤上に載っていたと考えられ、地すべりは脚部の不安定化が斜面上方に波及して行く形式で発生したと考えられる。

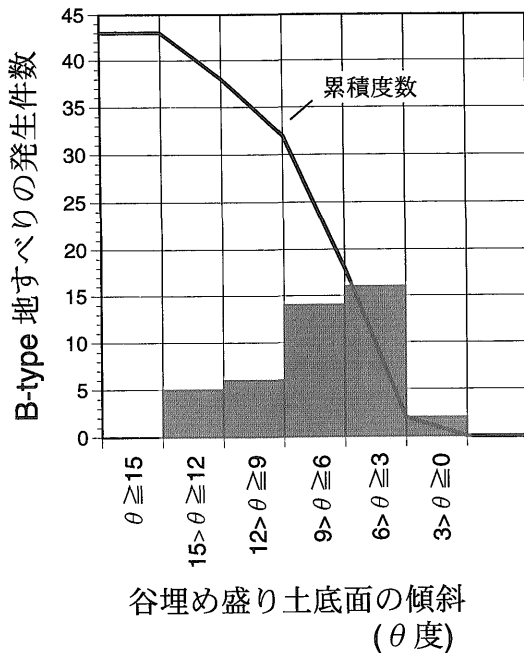
急斜面の崩壊(D-type) :

段丘面の縁辺部(遷急線上)や丘陵地背後の山地斜面上に点々と分布する。浅く比較的小規模な崩壊が大部分であるが、崩壊時の移動速度が速いため、人命に対する危険が最も大きいタイプである。



第2図 都市地域で発生した斜面変動のタイプ及び発生比率

Fig. 2 Four types of landslides and their occurrence ratio in the Hanshin urban district.



第3図 谷埋め盛り土底面の傾斜頻度分布(B-type 地すべりに関係した例)

Fig. 3 Frequency of B-type landslide occurrences as a function of slope angle of original valley floor (before artificial filling).

4. 都市域における斜面変動の分布

4.1 崩壊の集中域

第4図は、主要な斜面変動(地すべり・崩壊)の分布を示している。六甲山地とその南麓の都市地域に多くの地すべり・斜面崩壊が発生したことがわかる。六甲山地における崩壊の大部分は、花崗岩類の風化残積土からなる山腹斜面が崩壊したもので、芦屋断層や五助橋断層の破碎帯に沿うように分布している(沖村, 1995)。

一方、都市地域の斜面変動は西宮市から神戸市東灘区にかけての地域(東部集中域)と神戸市兵庫区から長田区にかけての地域(西部集中域)に集中的に分布している。これらの集中域は、大阪層群が比較的広くまわって分布する地域にほぼ一致し、都市域において斜面変動がわずかしか見られなかった地域は、段丘礫層が六甲山地の花崗岩類を直接覆うか、もしくは大阪層群の分布が狭小な地域に対応している。また、大阪層群と同様な堆積軟岩であっても、神戸層群分布域においては斜面変動の発生が希であった。一方、集中域に分布する斜面変動

の構成比率は、それ以外の地域に比べ、B-typeの斜面変動の割合が大きい。すなわち、B-typeの斜面変動の分布に粗密のあることが、集中域の形成を促していると考えられる。すなわち、今回発生した斜面変動の分布は、地質と人工地形改変という二つの要因の影響を受けていると言える。こうした点に関しては、以下のような説明が可能である。

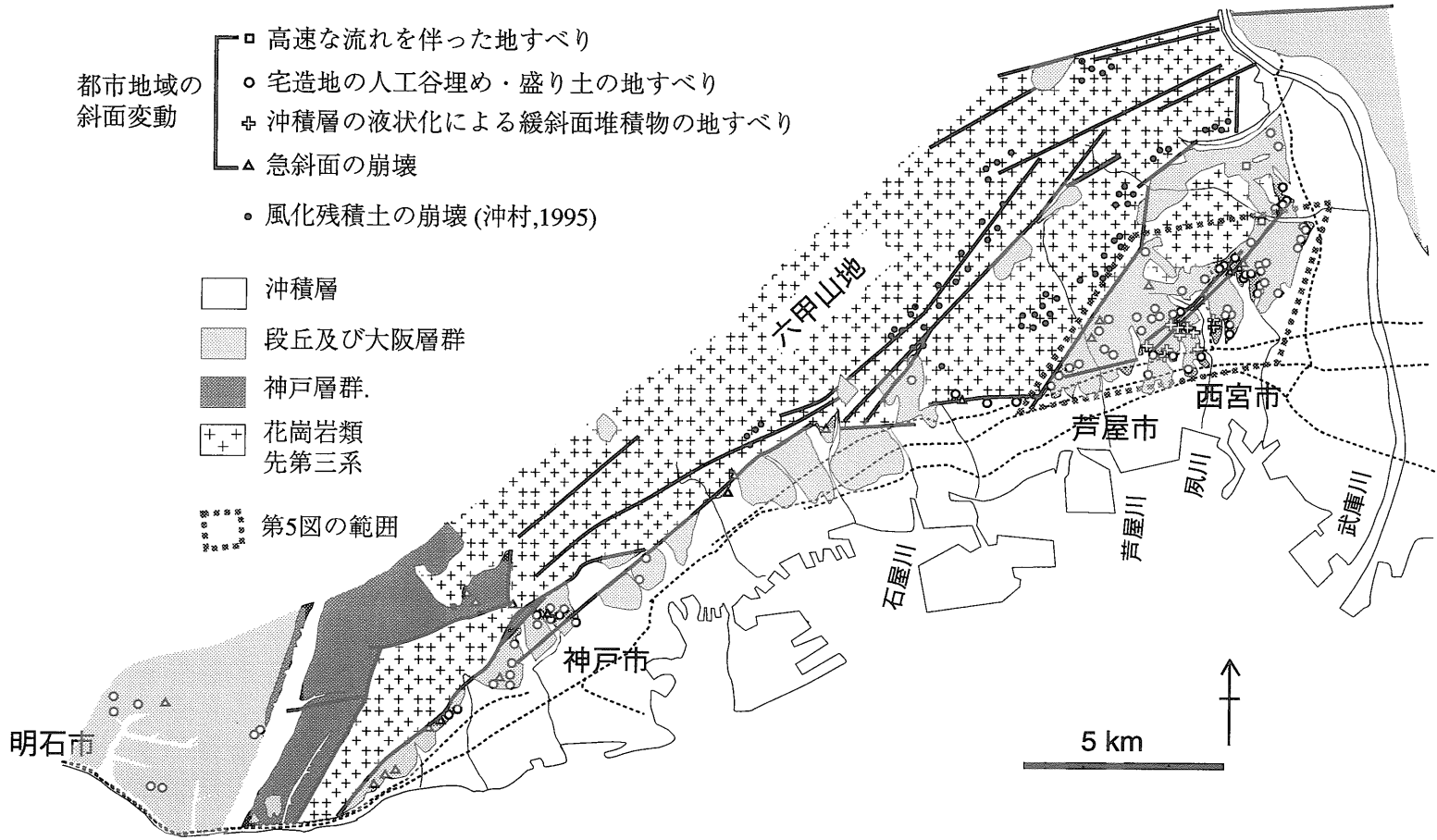
調査地域の神戸層群は主として砂岩・礫岩、大阪層群は弱く固結した粘土・シルト・砂から構成されている。これらの岩質の違いは丘陵地における微地形の発達に影響を与えており、神戸層群分布地域では箱形の横断形状を持つ深い谷が発達するのに対し、大阪層群分布地域では浅く短い谷が数多く形成されている。宅地造成に伴う地形改変は、沖積低地に隣接する大阪層群分布域で特に激しく行われた。その結果、この地域に特徴的な浅く広い谷の多くが盛り土によって埋積され、底面の傾斜が比較的急な人工谷埋め盛り土が都市の内部に広く分布することになった。今回、発生した斜面変動の多くは、こうした人工谷埋め盛り土の地すべり(B-type)であり、結果的に斜面変動は、大阪層群が広く分布する丘陵地で集中的に発生したものと考えられる。

4.2 活断層との関連

六甲山地内部で発生した風化残積土の崩壊は、活断層の周辺に分布していた。しかし、これらの詳細を調査した沖村(1995)は、崩壊は断層地形の影響を受け、結果的に断層沿いに分布したのであって、断層の活動によるものではないとした。しかし、都市地域の斜面変動においても、斜面変動が断層沿いに分布する傾向が認められる。すなわち、東部集中域(宝塚市南部一神戸市東灘区)における比較的規模の大きい斜面変動は、甲陽断層に沿うように北東-南西方向に配列している。地表踏査の結果では、甲陽断層の活動を示す証拠(重力性で無い地表のずれ等)は見られていない。また、斜面変動の配列軸は、甲陽断層の正確な位置よりもやや北側に寄っている。しかし、基盤を覆っている大阪層群の厚さを考慮すれば、こうした点は断層活動を否定する根拠とは言えない(藤田, 1995)。斜面変動の配列は地表部の現象であり、断層活動を積極的に支持する証拠では無いが、甲陽断層周辺地域における震動が他の地域よりも強烈であったことを示唆していると考えられる。

4.3 都市開発の時期と斜面変動

地質、地形条件は、当然のことながら都市の発達にも影響を与えている。例えば、丘陵地における宅地造成は、



第 4 図 主な斜面変動（地すべり・斜面崩壊）の分布

(宝塚市逆瀬川～神戸市垂水区)。六甲山地の山腹崩壊については、沖村(1995)を一部改変、簡略化。地質に関しては藤田・笠間(1982,1983)及び藤田・前田(1984)を簡略化。

Fig. 4 Distribution of major landslides caused by the earthquake. Distribution of landslides in the Rokko Mountains is modified from Okimura, 1995. Geologic map is modified from Huzita & Kasama, 1982, 1983 and Huzita & Maeda, 1983.

沖積低地に隣接した大阪層群分布地域において、第二次大戦以前の比較的早い時期から開始されたのに対し、神戸層群分布域や山地斜面(花崗岩類分布域)に開発が及ぶのは主として1970年代以降のことである(田中ほか, 1983)。したがって、今回の災害の原因としては、単に地質的、地形的要因だけでなく、それらの影響下で行われた開発行為の時期についても考慮しなければならない。付図-旧地形分類図は、旧版地形図上(西宮市夙川周辺)に都市化以前の地形と斜面変動の分布を表現している。1/20000地形図(明治42年測図)、1/10000地形図(大正15年測図)と昭和23-24年米軍撮影の空中写真を用いて地形分類を行い作成した。この地域の丘陵地は大阪層群によって構成され、もともと複雑に開析された丘陵や段丘の間に50-数100mの幅の谷底平野が発達していた。低地の多くは水田で、多数のため池が認められた。大正期には人工改変はほとんど行われていないが、昭和に入ると鉄道駅の周辺から次第に宅地造成による地形改変が進行した。現在は、台地の頂部に比較的原地形が残っているものの、段丘崖や谷底平野では改変が進んでいる。改変の時期を各時期の1/25000地形図から推定すると、西宮市夙川周辺では昭和42年以前の古い造成地が多く、現在の市街地の骨格はこの時期までに完成しており、それ以降の改変は開発規模の小さいものが多い。この時期までに、ため池の多くは埋め立てられて消失した。

宅地の造成に関しては、宅地造成等規制法、都市計画法、同施行例などが順次整備され、改善されてきた。しかし、宅地造成等規制法が施行された昭和40年(1965年)以前の造成に関しては、特に法的な規制は行われていなかった。したがって、そうした古い時期の盛り土には、旧地表部の表層堆積物を残したまま施工されたケースや逆転盛り土(切り土による残土を未処理のまま切った順序で盛り土材に使用すること、強度は通常とは逆に下部に近いほど弱くなる)が行われた場合が多く含まれている。今回確認された都市部における斜面変動の多くは、昭和42年以前の宅地造成地に分布しており、このことは、開発時期の違いを反映した盛り土の品質が、斜面変動の発生に影響を与えていることを示唆している。

5. 代表的な斜面変動域

第5図は、斜面変動の集中域の一つである西宮市・芦屋市・神戸市東灘区における地すべり・斜面崩壊の分布を示している。この地域は、地すべりの分布密度が最も高く、斜面変動の4タイプの全てを見ることができる点から、今回の斜面災害を代表する地域であるといえる。そこで、上記のBタイプの代表例として西宮市豊楽町に

おける斜面変動、Cタイプの斜面変動の代表例として西宮市木津山町で見られた斜面変動を取り上げ、ボーリング及びサウンディングによる詳しい地質調査を行った。

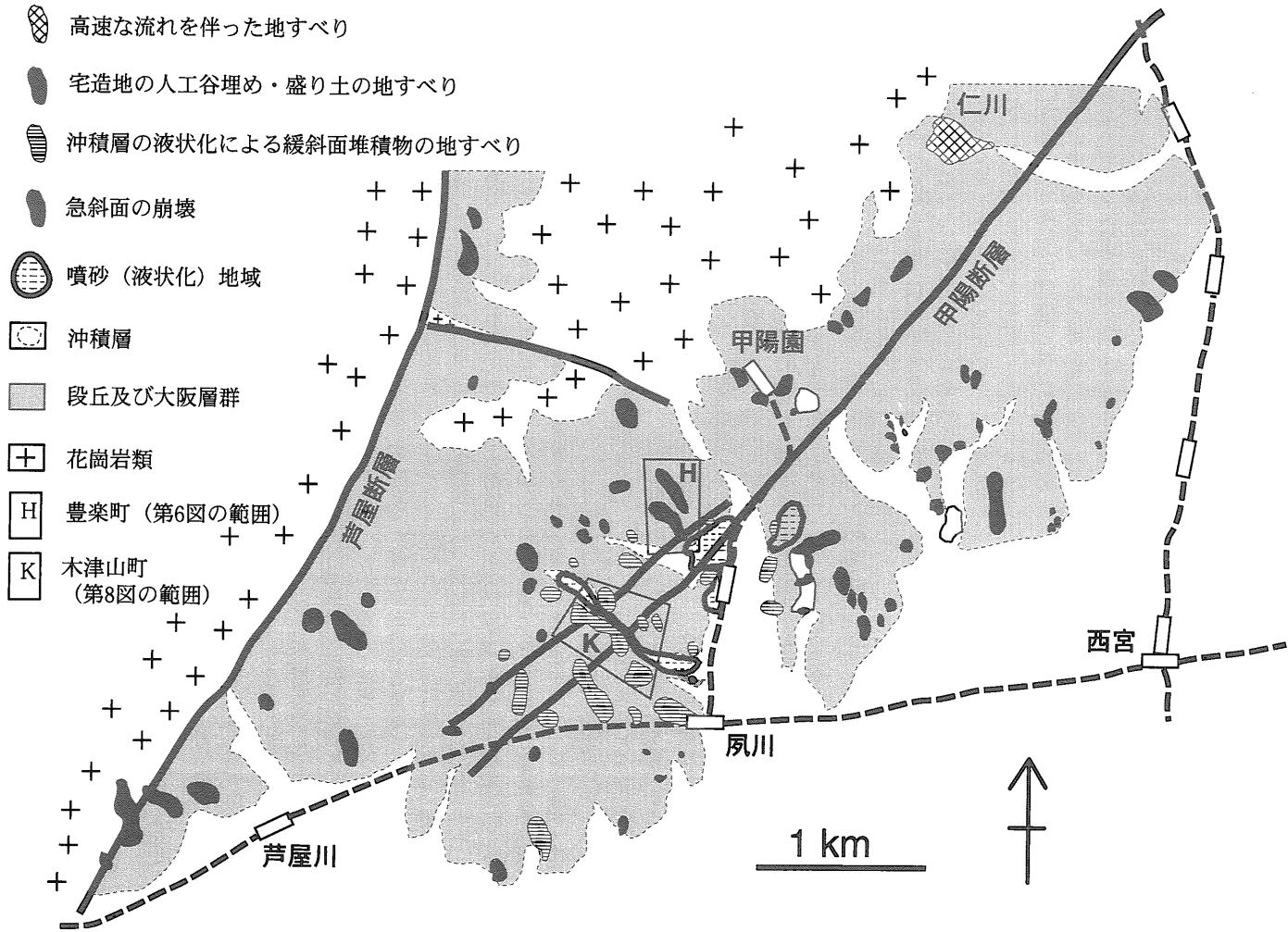
5.1 西宮市豊楽町の斜面変動

第6図の平面図は、斜面変動の範囲、地表の変状を示している。頭部滑落の崖落差が1m未満と小さく、サイドクラックや末端の圧縮域が明瞭なことから、直線すべりの(Translational)な運動様式が推定される。旧版地形図と米軍航空写真を用いて地形分類を行った結果、かつてこの地域には自然の谷地形が2箇所存在したことがわかった(付図-旧地形分類図)。現在、これらの谷は宅地造成によって人工的に埋積され、埋没谷が形成されている(人工谷埋め)。斜面変動は、これらの埋没谷上で過去の谷地形を再現する様に発生した。すなわち、斜面変動域と埋没谷の形状が一致している。

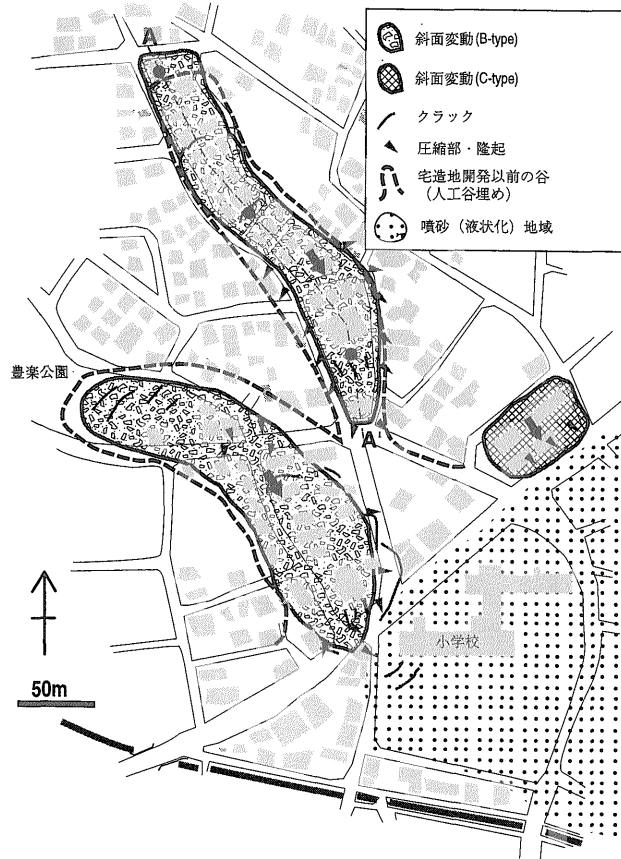
さらにボーリング調査の結果、地表から2-7mの厚さで盛り土層が存在することが確認された。第7図は地質断面図である。すべり面は、コアの観察と地表の変状から盛り土層の下底に想定される。これから推定される地すべりの断面形状は、地すべり土塊が頭部で薄く、末端で厚い形となり、頭部の回転は起こりにくいすべり面形状となる。すなわち、地質構造は、地表面変状から推定される運動様式と矛盾しない。

5.2 西宮市木津山町の斜面変動

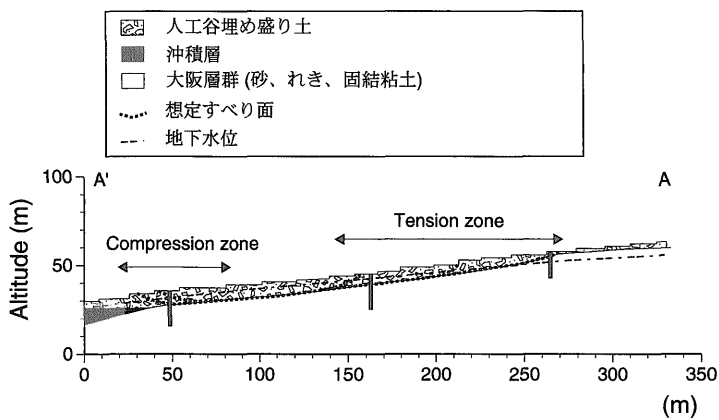
西宮市木津山町から殿山町・雲井町にかけての一带は、段丘が開析されており、段丘面と沖積面との間に緩斜面が形成されている。この地域では、顕著な斜面変動が認められ、一部は地震後も活動が継続された。第8図の平面図は、斜面変動の範囲、地表の変状の分布を示している。上述の豊楽町の地すべりに比べて、斜面変動域の幅が広く、変動が斜面全体に及んでいるのが特徴である。第9図は、調査ボーリングの結果を示している。埋没土壌が2層準で認められるが、このうち下位の埋没土壌によって大阪層群の根無しブロックが覆われており、この部分は古い地すべり土塊の一部と考えられる。すなわち、この地域に分布する緩斜面堆積物は、段丘礫層及び大阪層群が浸食され、段丘崖下に再堆積した地すべり土塊や崖錐からなると考えられる。また、液状化の痕跡が少なくとも3層準で認められた。このうち、最下位の液状化痕(深度13-14m)が最も新鮮であることから、この部分の液状化によって今回の斜面変動が引き起こされた可能性が高い。さらに、他の層準の液状化痕は、過去の地震と地すべりの関係の点で注目される。第10図に地質断面



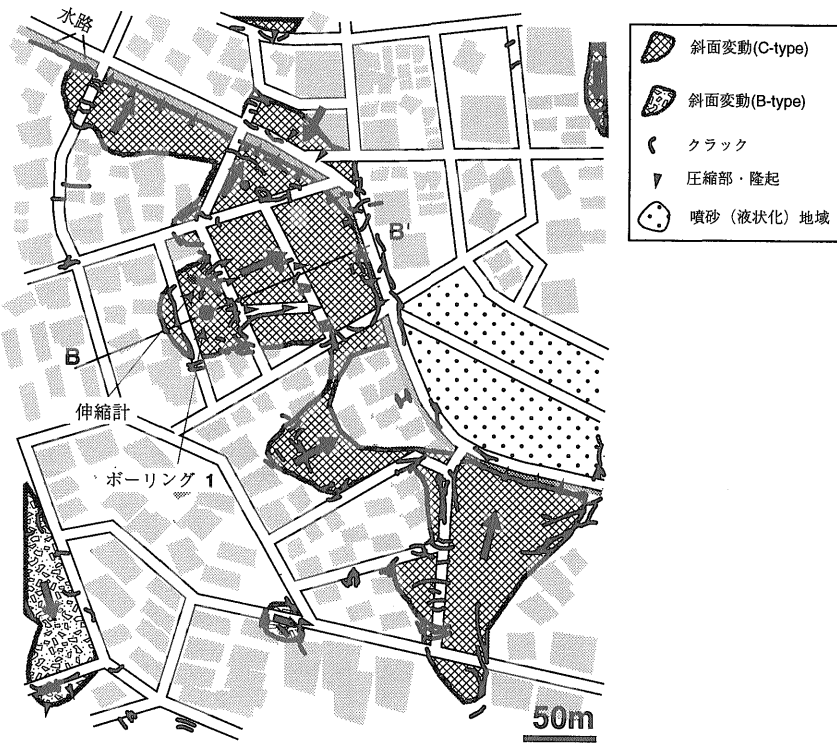
第5図 東部集中域 (西宮市・芦屋市・神戸市東灘区) における斜面変動の分布
 Fig. 5 Landslide inventory map of eastern concentration region showing location of detailed survey areas and inland liquefaction areas.



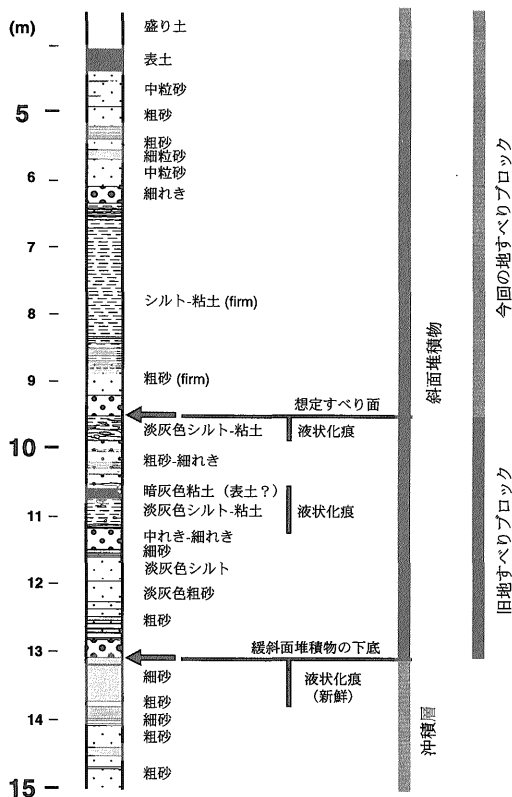
第6図 西宮市豊楽町における斜面変動域，地表変状
 Fig. 6 Detail map of Houraku-chou landslide (typical B-type landslide).



第7図 西宮市豊楽町における地すべりの地質断面図
 Fig. 7 Geologic cross section of Houraku-chou landslide. Slip surface is assumed from drilling core description.

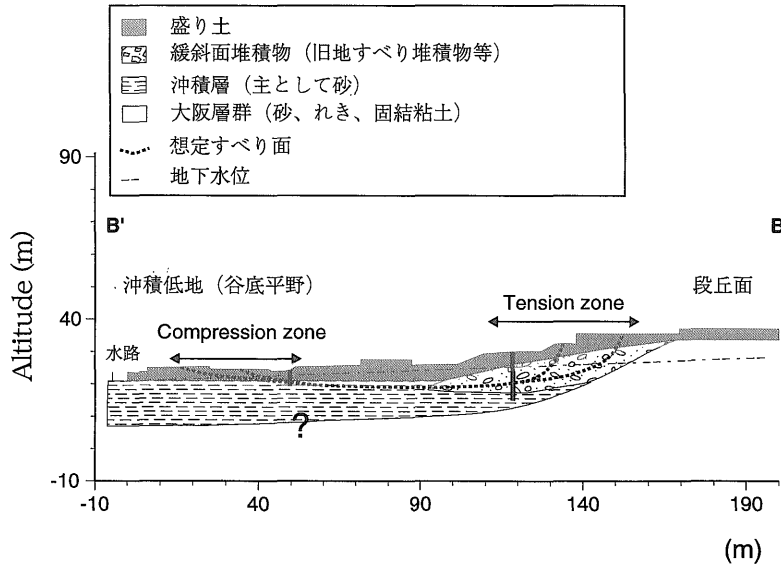


第 8 図 西宮市木津山町における斜面変動域，地表変状
 Fig. 8 Detail map of Kizuyama-chou landslide (typical C-type landslide).



第 9 図 ボーリング柱状図 (西宮市木津山町)
 9.5-10m の液状化部分が現在のすべり面, 13m 以浅は過去の地すべり土塊

Fig. 9 Geologic description of bore hole #1. 9.5-10 m : Recent slip surface. 9.5-13m : Old landslide block.



第10図 西宮市木津山町における地すべりの地質断面図

Fig. 10 Geologic cross section of Kizuyama-chou landslide. Slip surface is assumed from drilling core description.

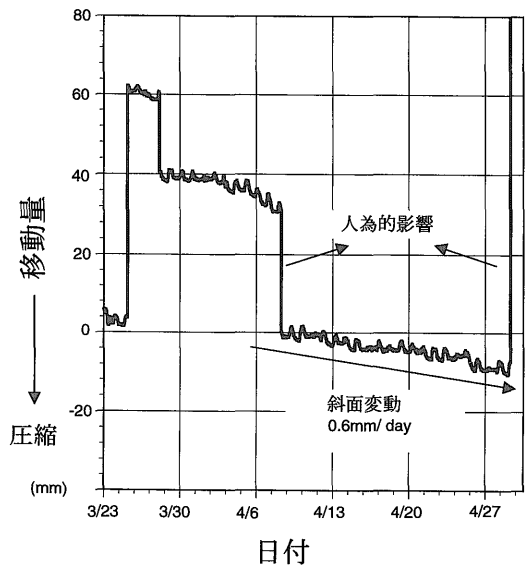
図を示す。すべり面は、コアの観察と地表の変状から過去の地すべり土塊（緩斜面堆積物）と沖積層中に想定される。

発生した斜面変動が、重力を主たる営力とする経常的な地すべりに移行する場合があることを示唆する結果である。

6. 地震後の活動

B-, C-Typeの斜面変動に関するボーリング調査の結果では、すべり面を想定した位置にスリッケンサイド等の大変位を示す証拠を発見することは出来なかった。また、地震後におけるB-, C-Typeの斜面変動は全体に緩慢である。これらは、すべり面が斜面全体を貫いて形成されていない、すなわち全体破壊に至っていないことを示しており、B-, C-Typeのすべり面勾配が緩傾斜であるためと考えられる。

第11図は木津山町地すべりにおける伸縮計の測定結果を示している。この伸縮計は、ブロック内の引っ張りクラック上に設置された（位置は第8図参照）。このため、この測定結果は、地すべりの絶対的移動量では無いが、地すべり土塊内の相対的な移動状況を示している。ただし第11図の記録では、斜面変動とは異なる、人為的な影響（突発的な変化）が4ヶ所に認められる。したがって、これらの人為的影響を除いた累積的な変化が、本来の斜面変動を表していると考えられる。すなわち、木津山町地すべりにおいては、4月末の時点においても、緩やかなクリープ性の変動が認められた。これは、地震によって



第11図 平成7年3月-4月における伸縮計の記録(西宮市木津山町)

Fig. 11 Record of extensometer measurement in Kizuyama-chou landslide from March to April, 1995.

7. おわりに

今回の地震による都市域の斜面変動は、開発によって人工的に素因が準備され、地震が誘因となって発生した点特徴的である。しかし、狭隘な海岸平野という国土の自然条件を考えた場合、開発の対象が都市周辺の丘陵地に向かうことは必然で、事実、東京や大阪等の大都市周辺の斜面は、都市の成立以来、地形改変の対象とされてきた。今回の調査によって、阪神都市地域の斜面変動は比較的古い時期(昭和42年以前)の小規模開発地域に多く発生していることがわかった。これは、1978年の宮城県沖地震によって仙台市周辺の宅造地で見られた現象と基本的に同じ要因によると考えられ、谷の形状・谷底堆積物の物性等の自然的要因のほか、転圧不足(不十分な締め固めによる強度不足)や排水施設の老朽化も原因の一つであると考えられる。この様な地盤条件は阪神地域に限らず広くわが国全体に見られることから、阪神地域以外の大都市圏においても、内部には同様な“既存不適格地盤”が広く分布していると言える。したがって今後、都市に影響を及ぼすような地震が発生した場合、今回と同様な災害が繰り返される可能性はきわめて高い。今後は劣悪な地盤の地域は緑地帯に利用するなど、地盤条件を考慮した都市計画の整備が望まれる。さらに、災害予測図等を整備し、そうした地盤に関する情報の公開を積極的に行うことが、防災上重要であると考えられる。

謝辞：地表踏査に当たって、(株)新東京ボーリング調査部の諸氏、地質調査所の奥村晃史技官、吉岡敏和技官にご協力いただいた。ここに謝意を表す。

文 献

- 福岡 浩・佐々恭二(1995) 宝塚ゴルフ場地すべりの運動機構について、兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書、地すべり学会、p.49-59.
- 藤田和夫・笠間太郎(1982) 大阪西北部地域の地質、地域地質研究報告(5万分の1図幅)、地質調査所、112p.
- (1983) 神戸地域の地質、地域地質研究報告(5万分の1図幅)、地質調査所、115p.
- ・前田保夫(1984) 須磨地域の地質、地域地質研究報告(5万分の1図幅)、地質調査所、101p.
- (1995) 近畿の第四紀テクトニクスから見た兵庫県南部地震、地質ニュース、no.490、p7-13.
- 藤田 崇・横山俊治・佐野正人(1995) 兵庫県南部地震に伴う斜面変動の地質特性、兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書、地すべり学会、p.17-31.
- 釜井俊孝・鈴木清史・磯部一洋(1995 a) 兵庫県南部地震による都市地域の地すべり、地質ニュース、no.486、p.21-23.
- ・—————(1995 b) 1995年兵庫県南部地震による阪神都市地域の斜面災害、応用地質、vol.36、p.47-50.
- ・—————(1995 c) 兵庫県南部地震による都市地域の斜面変動—人工地形改変に伴う都市型斜面災害—、「阪神大震災」中間報告会予稿集、日本応用地質学会、p.112-118.
- ・—————(1995 d) 1995年兵庫県南部地震による都市型地すべり災害と地形改変、第30回土質工学研究発表会講演集.
- ・—————・山川和美・神保光昭・佐藤拓二(1995 e) 兵庫県南部地震による都市域の斜面変動について、兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書、地すべり学会、p.33-47.
- 沖村 孝(1995) 兵庫県南部地震による六甲山系の斜面崩壊、第30回土質工学研究発表会特別セッション—阪神大震災調査報告—予稿集、p.49-60.
- Sasa, K. (1992) Landslides volume—apparent friction relationship in the case of rapid loading on alluvial deposits, Landslide News, no.6, p.16-19.
- 田近 淳・石丸 聡(1995) 1993年釧路沖地震に伴う斜面の変動、兵庫県南部地震等に伴う地すべり・斜面崩壊研究報告書、地すべり学会、p.171-190.
- 田村俊和・阿部隆・宮城豊彦(1978) 丘陵地の宅地造成と地震被害、15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集、p.321-324.
- 田中真吾・沖村 孝・田中 茂(1983) 神戸市域における都市的開発に伴う地形改変—宅地造成と海面埋立て—、地理学評論、vol.56、p.262-281.

(受付：1995年11月30日；受理：1996年1月30日)

平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動

付図

1. 兵庫県南部地震による都市域の斜面変動 詳細分布図1—11

基図：国土地理院発行 1万分の1地形図

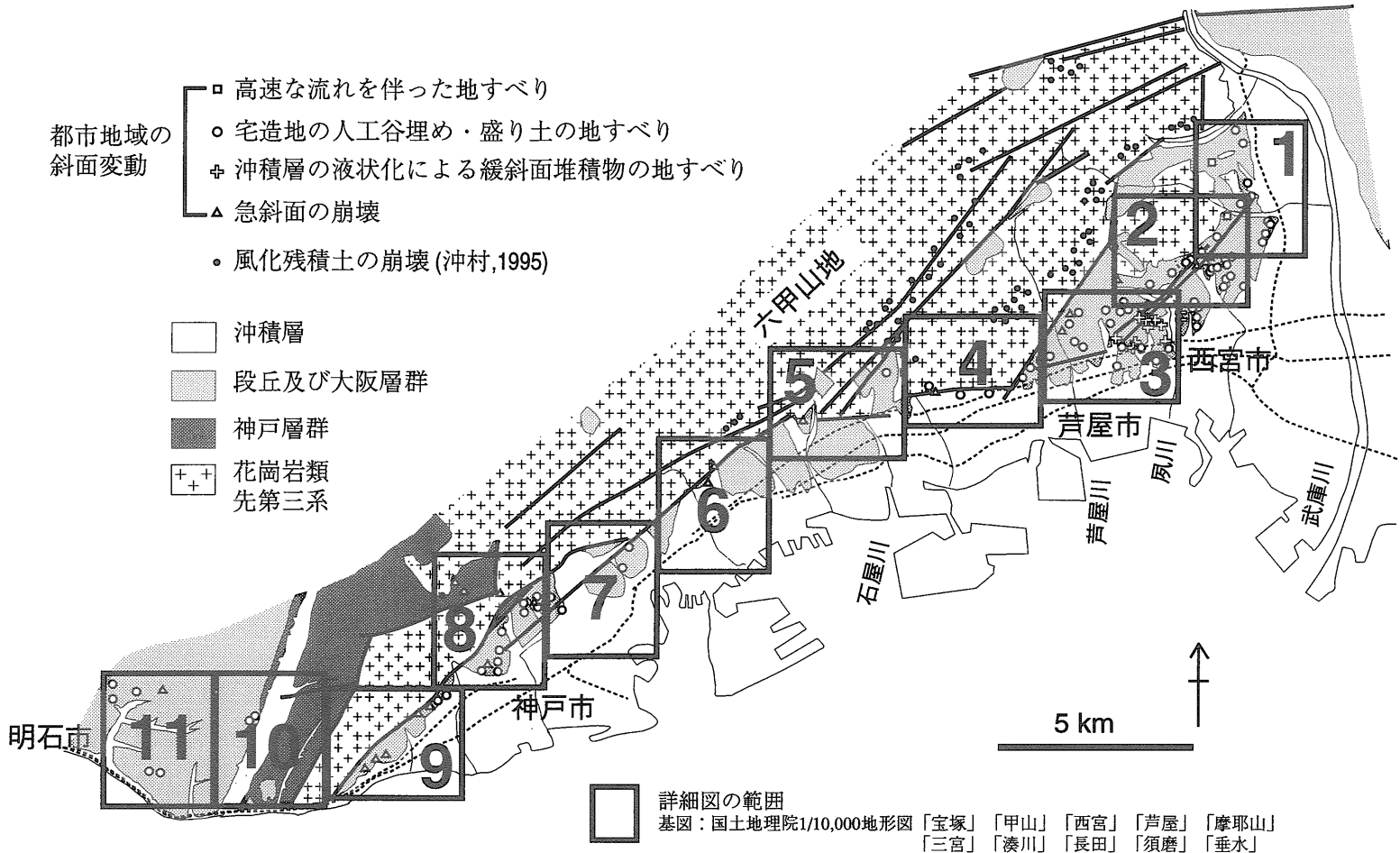
「宝塚」「甲山」「西宮」「芦屋」「摩耶山」「三宮」「湊川」「長田」「須磨」「垂水」

2. 旧地形分類図（大正年間）

都市地域の
斜面変動

- 高速な流れを伴った地すべり
- 宅造地の人工谷埋め・盛り土の地すべり
- ⊕ 沖積層の液状化による緩斜面堆積物の地すべり
- ▲ 急斜面の崩壊
- 風化残積土の崩壊 (沖村,1995)

- 沖積層
- ▨ 段丘及び大阪層群
- 神戸層群
- ⊕⊕ 花崗岩類
先第三系











詳細図の範囲
 基図：国土地理院1/10,000地形図 [宝塚] [甲山] [西宮] [芦屋] [摩耶山]
 [三宮] [湊川] [長田] [須磨] [垂水]

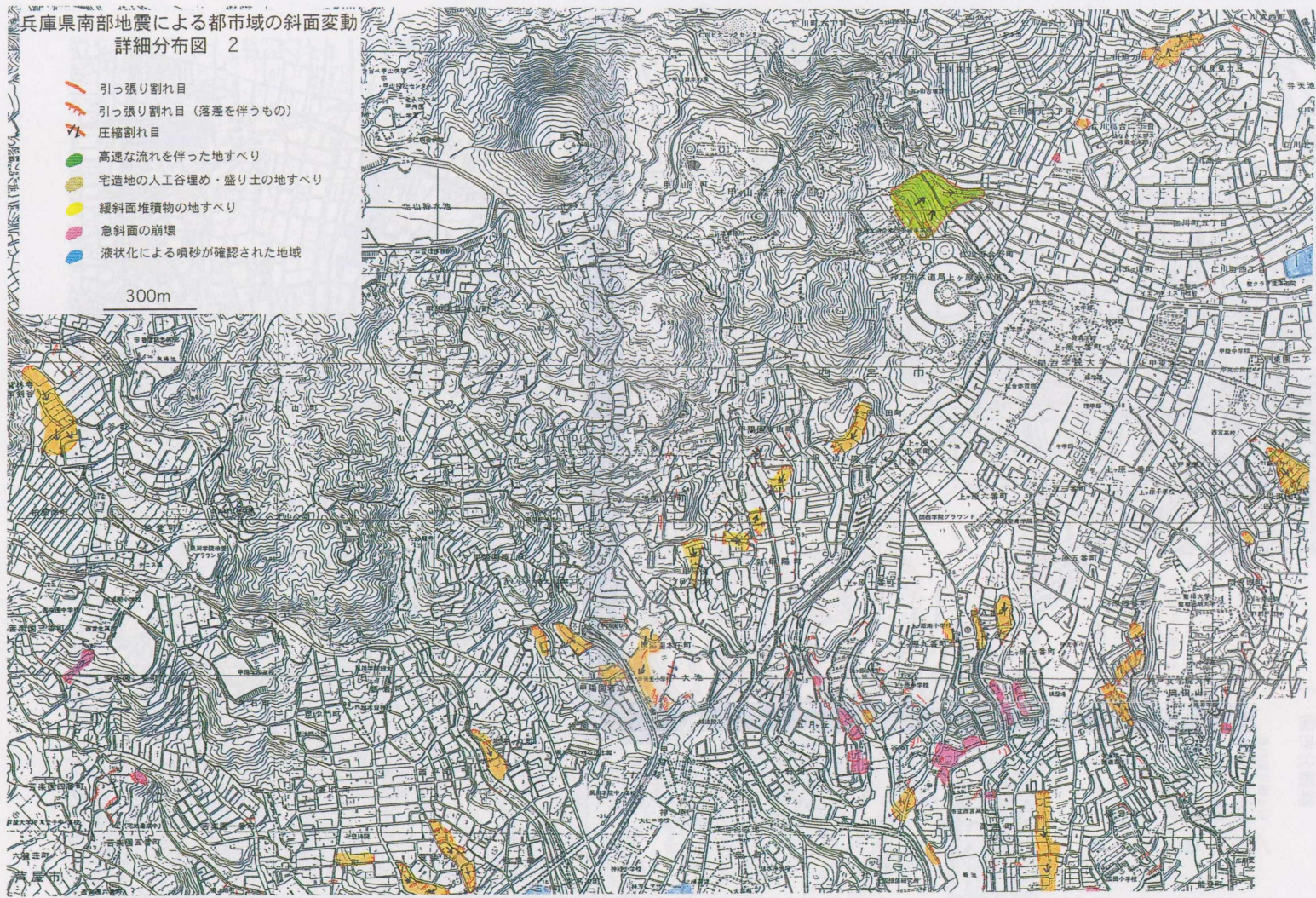
兵庫県南部地震による都市域の斜面変動
詳細分布図 1

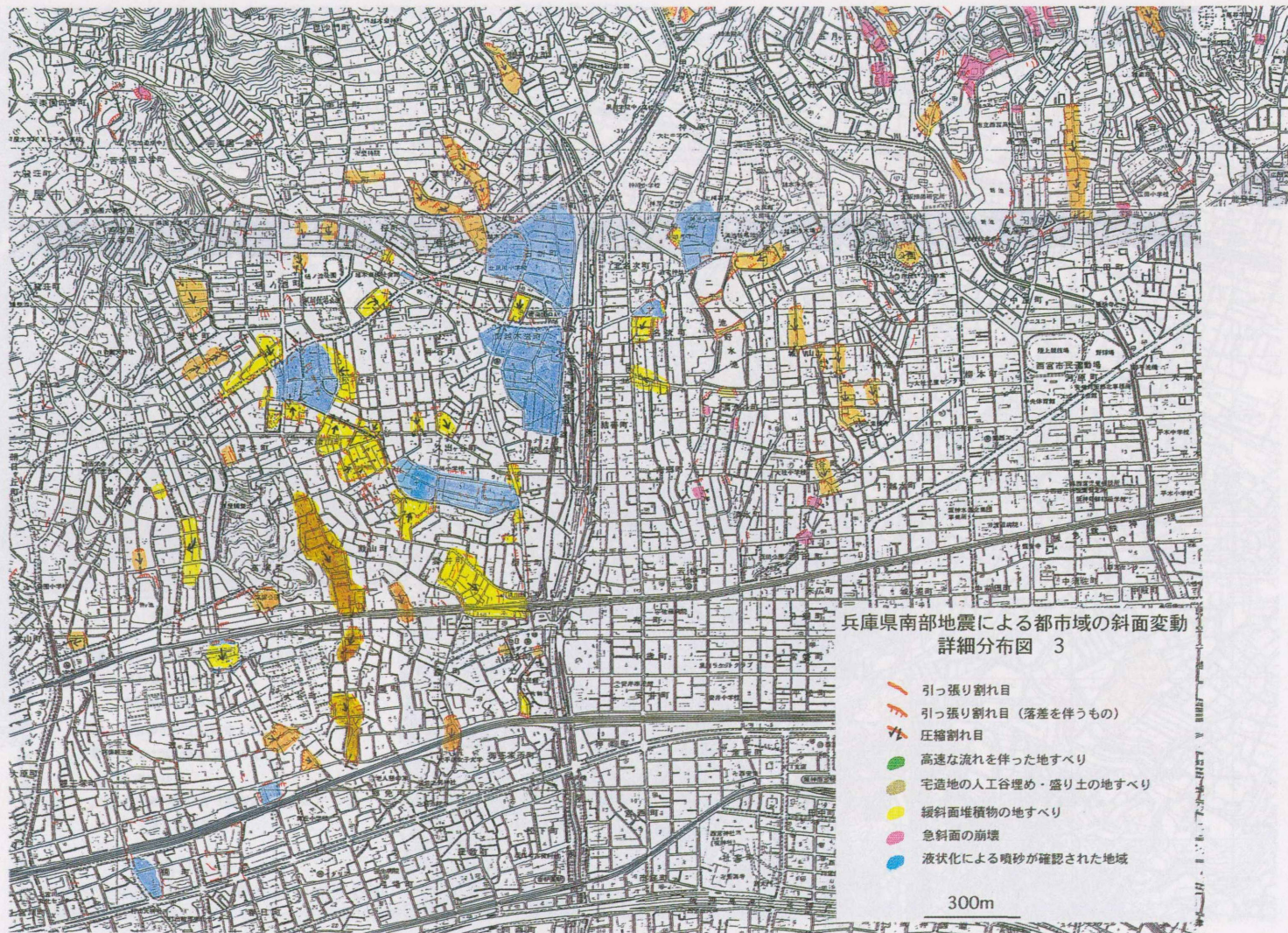


兵庫県南部地震による都市域の斜面変動
詳細分布図 2

-  引っ張り割れ目
-  引っ張り割れ目（落差を伴うもの）
-  圧縮割れ目
-  高速な流れを伴った地すべり
-  宅造地の人工谷埋め・盛り土の地すべり
-  緩斜面堆積物の地すべり
-  急斜面の崩壊
-  液状化による噴砂が確認された地域









300m







兵庫県南部地震による都市域の斜面変動
詳細分布図 5

-  引っ張り割れ目
-  引っ張り割れ目 (落差を伴うもの)
-  圧縮割れ目
-  高速な流れを伴った地すべり
-  宅地地の人工谷埋め・盛り土の地すべり
-  緩斜面堆積物の地すべり
-  急斜面の崩壊
-  液状化による噴砂が確認された地域

300m

