

地震被害想定のための地形・地質の分類

1. はじめに
2. 被害実態からの考察
3. サイスマック・マイクロゾーニングのための地盤分類
4. 今後のデータベースに化に向けて

松田 磐余*

要 約

地震被害想定のための地形・地質の分類について、2つの方法を述べた。1つは、被害実態に基づくものであり、もう1つは地震工学的計算に基づくものである。被害実態に基づくものについては、関東地震の木造家屋の全壊率から、関東地方全域の震度（K）分布を求めた。さらに、震源断層面からの距離と震度との関係を地形毎に求め、広域の震度分布を予測する方法を示した。また、狭い範囲については、旧横浜市を例にとり、地形と沖積層の厚さと層序から、木造家屋の全壊率を説明した。地震工学的計算に基づくものについては、東京都で行われている被害想定を例に採りながら、地質学的地盤型から地震工学的地盤型を設定する手順を示し、サイスマック・マイクロゾーニングのための地盤分類について述べた。最後に、今後は、応答結果をデータベース化することが必要であることを示した。

1. はじめに

地震による被害想定には、地盤調査が欠かせないことは論をまたない。しかし、その調査法は建築物や構造物を建設するという造る側からの論理とは自ずから異なるはずである。造る側の論理では、建設地点という点の地盤、もしくは、路線のような線の地盤状況が解ればよい。また、地盤の性質も、建設される施設の性質と対応させて、法律の基準に基づいて評価される。

一方、被害想定の場合には、壊す側からの論理が要求されるが、それは特定の施設、もしくは特定の種類の施設に対するものではない。都市内に存在する多種多様な施設に対して、共通に利用で

きる結果を面的に提示することが、地盤調査に要求される。そのためには、複雑な地盤を評価する方法として、ある地震入力に対する応答計算結果で示すことが一般に行われる。

また、地盤の性質の評価も、法律に定められた基準に準拠するわけではなく、実際に発生した被害に基づくことが多い。たとえば、新潟地震以降とくに注目を集めている液状化しやすい地盤や、1978年宮城県沖地震以降問題となってきた丘陵地内の宅地造成地の地盤などは、その典型である。被害発生後に詳細な調査が行われ、新たな基準が設けられる。

ここでは、被害想定をおこなう立場からの地盤調査の考え方やその実例をいくつか示すことにす

*東京都立大学都市研究センター・理学部

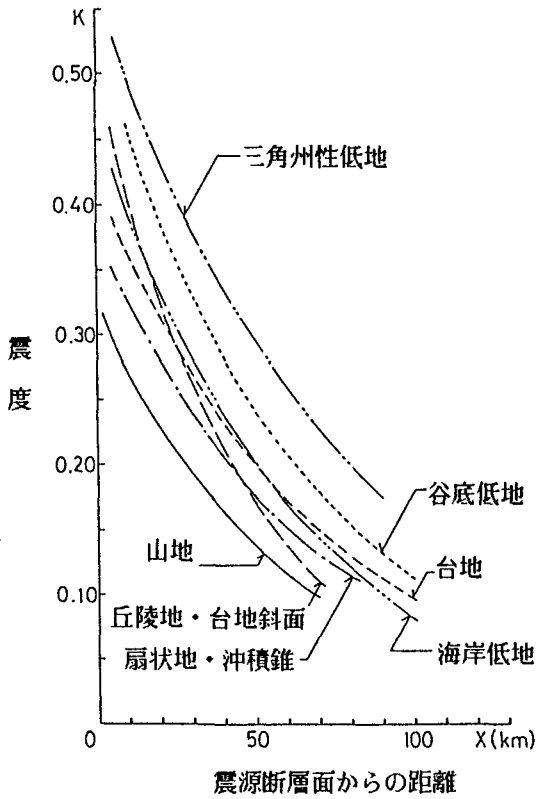


図2 地形別に求めた震源断層面から距離と震度との関係
(望月利男ほか(1980)による)

壊すと仮定すると、その震度は木造家屋の側からみれば、耐震力となる。物部は、多数の木造家屋をとれば、それらの耐震力は正規分布するとみなし、木造家屋の全壊率 (P) と震度 (K) との関係を、

$$P = \frac{100}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{hy} e^{-h^2 y^2} d(hy)$$

と表現した。ただし、 $y = K - K_0$ で、Kは震度、 K_0 は木造家屋の平均耐震力、hは木造家屋の耐震力の一様性を示す数値である。いかえれば、ある地域に加えられた震度が K_0 のときには、木造家屋の50%が倒壊する。なお、震度Kは、ある地域に入力された加速度を重力加速度で割った値である。また、加速度は古くは転倒もしくは転倒しない墓石などの高さや底面の幅から推定されて

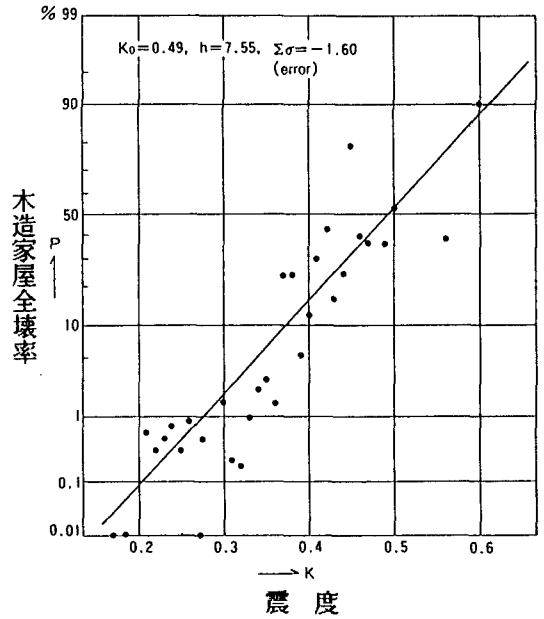


図3 震度 (K) と木造家屋全壊率 (P) との関係
(望月利男ほか(1980)による)

いることが多い。

上式では、 K_0 とhの値が一義的に求められれば、木造家屋の全壊率を震度に置き換えることができ、現存する施設の被害率の算定に応用できる。物部は関東地震における被害では、 K_0 は0.45～0.50、hは7～10と推定している。

望月ほか(1980)は、関東地震の木造家屋の被害調査と同時にされた墓石を利用した加速度調査を利用して、 K_0 とhの関係を求め直した。物部の提案した式で、誤差の和を最小にするという条件で、 K_0 とhを求めると、それぞれ0.49と7.55となった。また、震度 (K) と木造家屋全壊率 (P) の関係を図示すれば、図3になる。この結果を使用すれば、木造家屋の全壊率が震度に換算でき、広い範囲の震度の資料が集められる。

一方、震度は震源からの距離と、地盤の関数になるはずである。震源からの距離は、震央距離を採ると、震央からかなり離れている千葉県館山市付近の被害などがうまく説明出来ない。そこで、関東地震を引き起こした震源断層の断層面からの距離を使用することにした。断層モデルには、金森・安藤(1973)による測地モデルを使用した。

地盤については、本節の目的である地形を使用して、関東地方という広い範囲の地盤を推定している。それは、関東地方全域の地盤が同じ精度で求められないことも原因している。

地形は7つに分類された。①山地は、おもに基盤岩からなり、最上部に原位置で風化した物質や、崩積土が分布する地盤からなる。

②丘陵地・台地斜面は、第四紀層や第三紀層からなる丘陵地の斜面や、段丘崖である。最上部には関東ローム層をのせることが多い。

③台地は、第四紀に形成されたもので、海成段丘と河成段丘がある。しかし、木造家屋の全壊率は両者では差がないので、一括した。

④扇状地・沖積錐は、沖積平野の最上流部や山麓に分布する砂礫からなる地形である。細粒物質は旧網状流あとを除けば、表面に薄く分布するに過ぎない。

⑤三角州低地は、沖積低地の中下流部に位置する自然堤防地帯や三角州地帯で、砂泥質な地盤からなる。陸成の軟弱地盤の他に、かつての入江に形成された海成の軟弱地盤も分布することが多い。なお、干拓地もこれに含めた。

⑥海岸平野の代表例は九十九里平野である。かつての浅海が陸化したところで、沖積層はおもに砂から構成されるし、波食台が埋積されているところでは、沖積層は非常に薄い。海岸に近い沖積低地であるが、地盤は良好である。

⑦谷底低地は台地や丘陵地を刻んでいる谷の谷底である。沖積層の厚さは大きくはないが、上流から粗粒な物質が供給されないため、シルトや粘土からなるのが一般的で、泥炭や有機質土が形成されている場合も多い。

このように地盤を地形に基づいて分類し、各々の地形毎に、震源断面からの距離と木造家屋全壊率の関係を最小自乗法で求めた。木造家屋全壊率は市町村単位（旧東京市は区単位）での資料を使用した。その結果が図2である。

結果の細部については、丘陵地・台地斜面が他の線と交差しており、疑問が残るが、他の地形についてはおおむね良好な結果が得られている。軟弱地盤の厚い三角州低地や堆積物の質の悪い谷底

低地では相対的に震度が大きくなっており、砂礫からなる扇状地・沖積錐では小さく、山地がもっとも小さい。関東ローム層をのせる台地や沖積砂層の分布する海岸平野は、これらの中間的な値を示している。

この図を利用すれば、関東地震クラスの地震時のおおよその震度分布が、地形分類図の上に、簡単に描ける。

2.2 狭い地域を扱う場合

既往の被害実態から将来の被害予測に役立つ情報を得ようとする試みでも、広域を対象にする場合と、狭い範囲を対象にする場合とでは、被害実態の扱いが異なる。

松田ほか(1978)は関東地震による旧横浜市での木造家屋の全壊率を解析している。そこでは、まず、地形ならびに沖積層に埋没されている波食台を考慮して、地形単位毎の全壊率を求めた(表1)。埋没波食台を考慮したのは、その地域は沖積層が薄いからである。

台地の5.2%から、干拓地・埋立地の84.7%まで、地盤条件が悪くなるにしたがい、全壊率が次第に大きくなっているのが読み取れる。台地はそのほとんどが下末吉面で、地盤条件は旧市内ではほぼ一様である。他の地形は沖積低地の地形で、沖積層が厚くなるにしたがい、全壊率が高くなっ

表1 関東地震による旧横浜市内の木造家屋の地形別全壊率

地 形	総戸数	全壊戸数	全壊率(%)
台 地	4,425	231	5.2
小規模な谷底低地*	6,503	2,023	31.1
大規模な谷底低地および海岸低地**	9,221	3,773	40.9
干拓地・埋立地***	24,086	20,411	84.7
埋没波食台上の地域	23,739	5,606	23.6

*台地内に谷頭を持ち、谷幅200m以下のもの。

**谷幅200m以上の谷底低地。干拓地と埋立地は除く。

***埋没波食台上に位置する部分を除く。

松田ほか(1978)による。

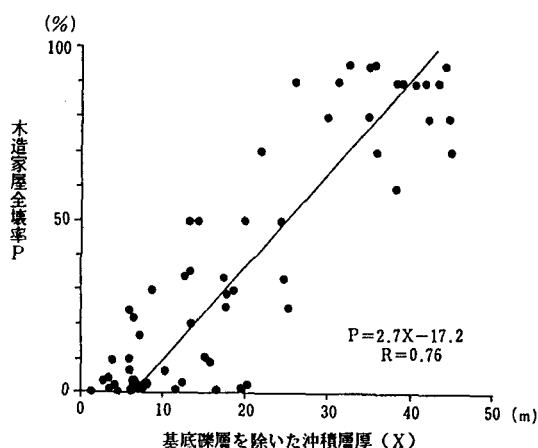


図4 基底礫層を除いた沖積層厚 (X) と木造家屋全壊率との関係
(松田磐余ほか (1978) による)

ているように見える。そこで、沖積層の厚さと全壊率の関係を求めた。その際に、沖積層の基底礫層は、軟弱地盤ではないので除外した。結果を図4に示した。

図4では相関係数は0.76を示し、かなり相関が高いが、木造家屋全壊率にはかなりのばらつきが見られる。これは、沖積層を一括して扱っていることに原因があると考えられた。そこで、沖積層を岩相とN値から7層に細分した。それらは、最上部層、腐植土層、粘性土層 ($N \leq 5$)、粘性土層 ($N > 6$)、砂層 ($N \leq 10$)、砂層 ($N > 11$)、砂礫層である。これらを説明変数として全壊率との関係を重回帰分析した。その結果、沖積層の厚さだけでみるよりはより対応がよくなり、重相関係数は0.87が得られた。

旧横浜市の沖積低地は谷底低地と海岸低地からなる。これらの低地には、東京低地のような上部洪積層の発達が悪く、基盤となる鮮新統の泥岩もしくは砂岩を沖積層が直接覆っている。すなわち、硬く厚い堆積物の上部に、軟らかい沖積層が直接重なっている。このように地盤構成が単純な地域では、地盤の卓越周期は沖積層の厚さに支配され、沖積層が厚くなるほど卓越周期も長くなる。古い木造家屋は固有周期が長いので、沖積層が厚い地盤ほど共振しやすかったと解釈できる。

沖積層の岩相とその構成も問題となるため、木造家屋全壊率が得られている各町丁目毎に、周波数応答計算を行った。その結果、最大応答倍率よりも、最大応答倍率を示す周期の方が、全壊率と密接に関係することが示された。

木造家屋の全壊率は、前項で述べたように、震度と結び付けられるので、沖積層の厚さは、震度を読み変えることが出来、震度分布図が作成できる。さらに、周波数応答計算の結果も加えれば、より詳細な資料となりえよう。

3. サイスマック・マイクロゾーニングのための地盤分類

3.1 サイスマック・マイクロゾーニング

全節で述べたことは、被害想定第一次近似を得るには有効である。しかし、地震被害の現象をごく単純に扱っているため、応用限界は狭い。行政機関が諸々の政策を実行して行くのに、地震被害の想定について、どの程度の精度を必要とするのか、疑問がないわけではないが、前節で得られた結果は、住民の啓蒙には役立つ。地形から地盤を推定し、住家が被害を受けやすい地域か否かを判断する根拠には充分耐えうるものである。

多種多様な施設が建設されている都市において、その内部において予想される被害の地域差を考察するためには、地形や沖積層の厚さで地域区分するのは単純過ぎる。このような問題を考えるには、サイスマック・マイクロゾーニングの考え方に準拠するのが良いであろう。

サイスマック・マイクロゾーニングは、言葉は新しいが、最近出てきた考え方ではない。日本では1891年の濃尾地震を契機として発足した震災予防調査会の事業概略にその考えを読み取ることが出来る。たとえば、

- ①「古来ノ大震ニ係ル調査即地震史ヲ編纂スルコト」からは、サイスマシティに関する項目が、
- ②「地震動ノ性質ヲ研究スルコト」、③「地震動伝播速度ヲ研究スルコト」、④「地上及地中ノ振動ヲ比較研究スルコト」、⑤「各種ノ地盤上ニ於テ地震動ノ多少ヲ比較測定スルコト」、は地盤と振動特性の研究の必要性を説くものであるし、さ

らに、震害を受けそうな建築物もあらかじめ調査すべきであることも、提言されている。

1972年にアメリカで第1回国際マイクロゾーンネーション会議が開かれ、それに出席した研究者によって、サイスミック・マイクロゾーニングという術語が日本国内でも使われだした。この会議を主宰した Gaus, M. and Sherif, M. (1972) は、地震による影響についてのゾーニングが世界各地で行われているが、図化する際の縮尺がまちまちであることを指摘している。そのため、なぜゾーニングが必要であるのか、どのようにしたらゾーニングがうまく出来るのか、その結果の利用者として誰を意図しているのか、を検討する必要があると述べている。また、各国で行われているゾーニングは縮尺が小さいので、実際の地震被害と一致しないことを指摘した。彼らは、より詳細で、より安全な土地利用計画や、施設の建設に利用できるようにゾーニングが必要であり、それがマイクロ・ゾーニングであると考えている。そして、このようなゾーニングは、地震被害ポテンシャル (Earthquake Damage Potential) に基づくものであると提案している。

彼らは地震被害ポテンシャルは、

$$E. D. P = F \{St, Ss, Ht, G, Sr\}$$

St: 表層の地盤条件 (液状化現象, 地盤の強度の低下, 地盤の圧縮), Ss: サイスミシティ (地震の規模と発生頻度), Ht: 地下水位, G: 地盤 (地質) 条件 (構造盆地の形態, 基盤岩の性質, 基盤岩上の堆積物の固結度など, 地震動の増幅特性と関係)

とし、各要素についての検討が必要であると提言した。その後、回を重ねられた国際マイクロゾーンネーション会議や世界地震工学会議で、検討が重ねられ、サイスミック・マイクロゾーニング・マップの作成方法に改良が加えられてきている。

3. 2 地盤分類の考え方

サイスミック・マイクロゾーニング・マップを作成する基本になるのは、地盤分類、とくに地震工学的に評価するための地盤の分類である。それが地震工学的に評価されて、地震工学的地盤型図

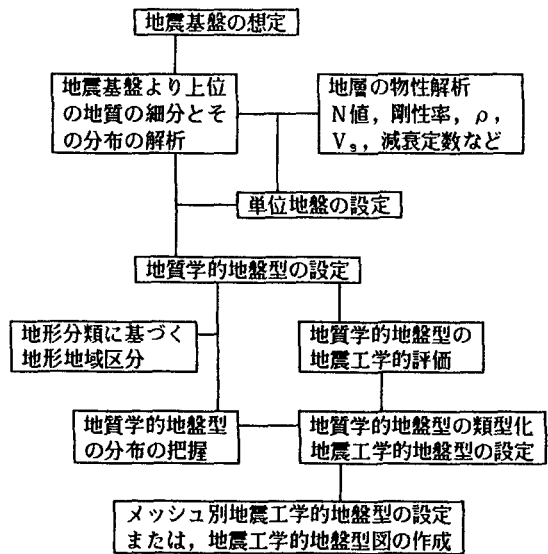


図5 地震工学的地盤図の作成手順

が作成される。その作成手順を図5に示した。

まず、地域全体に共通な地震基盤が想定される。一般には、 V_s が500m以上になる第三紀層が地震基盤にされることが多いが、より古い地層を第四紀層が直接覆う時には、それが地震基盤になる。その場合には、①第三紀層とより古い地層間で、基盤への入力加速度を補正する。また、②第三紀層を地震基盤とする地域でも、第三紀層の下位により古い地層が存在するわけであるので、その地域でもより古い地層を地震基盤にして、第三紀層はより上位の地層として扱う、ことが行われる。しかし、一般には、深部の構造が明らかでないので、①の方法が採られる。

地震基盤より上位にある地層が地盤を構成していると見なされ、単位地盤に区分される。地震時の被害想定に使用するわけであるから、地震動に関連する物性、たとえば、 V_s , ρ , N値, 剛性率, 減衰定数などに基づいて分類するのが望ましい。しかし、これらの値の測定例は限られているので、これらの値が同じである地層を単位地盤にすることは、広域を扱う場合には一般には不可能である。

堆積物が固結し岩石となっていく過程、いわゆる続成作用の過程で、これらの値は変化していく。

したがって、堆積物の岩相と硬さで分類していけば、物性値が似ている地層に分類できる。また、硬さは堆積年代に大きく依存するので、一般には、堆積年代と岩相から単位地盤が求められる。しかし、堆積年代が古いものは、堆積年代を細分してその構成を調べることに限界があるので、かなり長い期間に形成された地層が一括される。もっとも、どの様な岩相でも V_s が 500m を越えていれば、細分する必要はない。

一方、沖積層や洪積層上部層は堆積年代が新しいので、露頭の観察や、ボーリング資料を使用して、より短い時間単位で形成時期を細分することが出来るし、また、物性値のばらつきが大きいため、細分する必要性も高い。したがって、時代の新しいものから順に、単位地盤が形成された時間間隔は短くとられるのが普通である。

東京都で行われた被害想定では（三菱総合研究所、1988）では、基盤は統一せず、地質年代で基盤への入力を補正するという方法がとられ、中部洪積層である江戸川層以前に形成された地層を地震基盤としている。その上部の地盤構成層は、洪積層は、岩相と N 値により、ローム層を 2 種類、粘性土層・砂質土層・礫質土層をそれぞれ 3 種類の計 11 種類に分類している。沖積層も同様に、盛土、腐植土、2 種類の粘性土、3 種類の砂質土、礫質土、崩積土の 9 種類に分類している。ただし、7号地層は洪積層に含めて、下末吉層などと一括されていたり、一部は有楽町層に含めるなど、物性値からみた分類も加えており、地質年代だけからの分類とはなっていない。地層の形成年代を基準にはするが、同じ年代の地層が示す物性値に大きな差がある時には、物性も考慮に入れながら単位地盤を設定していくべきであることは言うまでもない。図 5 では、地質の細分と物性値の解析間で、矢印が両方の向きになっているのは、これを意味し、これらの作業を通じて単位地盤が設定される。

単位地盤が設定されると、それらの組合せと、単位地盤の厚さから、地質学的地盤型が設定される。ついで、その分布と地震工学的評価がおこなわれる。

地質学的地盤の分布の把握には、調査地域の地形をおおまかに分類しておく、便利である。分類基準は、山地、丘陵地、火山地、台地、低地にまず大区分し、さらに、低地は扉状地帯、自然堤防地帯、三角州地帯、海岸平野、谷底低地、干拓地、埋立地程度に区分すれば良いであろう。低地以外の大区分された地形単位では、表層部の地層はほぼ同一であるし、山地や丘陵地では、地層の区分もおおまかになるので、あまり細分しておく必要はない。しかし、低地では、表層の堆積物が変化に富むので、地質学的地盤型が低地内の小地形と対応するため、分類しておく、地質学的地盤の分布が把握しやすい。また、ここに示した程度の地形分類は、空中写真を見れば、簡単に作成できる。

地質学的地盤の地震工学的評価は、それぞれの地質学的地盤型に対しておこなわれる。地震基盤に入力される地震動は、それぞれの地域での被害想定に適したものが選定され、地震応答計算が行われる。場合によっては、周波数応答計算を行うこともある。これらの計算を行うときには、単位地盤毎に定められている物性値が利用される。計算結果に基づいて、周波数特性や増幅特性が似ている地質学的地盤型がまとめられて、適当な数の地震工学的地盤型が設定される。東京都の調査では、123の地質学的地盤型が、40の地震工学的地盤型に集約されている。

ただし、応答計算結果から地質学的地盤型を集約する過程は、かなり難しい。東京都の調査では、周波数特性については、表層地盤の伝達関数の 1 次ピークの周波数が類似しているもの、増幅特性については、地震基盤への入力が 75~125gal の間の増幅率が類似しているものをまとめている。

地質学的地盤を地震工学的地盤にまとめる時に、地形地域区分との対応を考慮しておく、地盤型図として作図する場合や、地盤型の分布を見るときに、分布が直感的に分かりやすいので便利である。したがって、地質学的地盤の分布を把握したときに利用した地形区分が異なる地質学的地盤型を、同一の地震工学的地盤に分類するのは避けたほうが良い。

4. 今後のデータベース化に向けて

前節で述べたような地盤をいくつかのタイプに分類して扱う方法も問題がないわけではない。それは、地点毎に異なる地盤をかなり強引に、地質学的観点から分類しなければならない点である。単位地盤の決め方いかんで、応答計算の結果が異なるのは勿論であるほかに、単位地盤の厚さやN値の違い、ならびに層序の違いによっても異なる。また、同一の地盤に分類されてしまう地盤のタイプでも、実際には変化が非常に多い。同一の地盤型に分類されているものでも、実際に応答計算を試みれば、別の地盤型に分類されているものに似たものも出てこよう。

図6は、荒川低地の地質断面の例である。武蔵野線建設の際に行われたボーリング資料を利用して作図されている。前節で述べた方法では、沖積層の単位地盤は、たとえば、UA（最上部層で、砂質、粘土質、有機質に細分される）、US（上部砂層）、UC（上部泥層）、MS（中間砂層）、LC（下部泥層）、LS（下部砂層）、BG（基底礫層）の9層に分類される。洪積層は、関東ローム層、粘土・シルト層、砂層、砂礫層で、砂礫層以外は、N値で2種類程度に細分される。

極く表層部の地盤と、その下位の地盤の構成を考慮すれば、この地質断面に現われている地盤型は、①ボーリング番号1付近、②ボーリング番号2～4、③ボーリング番号6～11、④ボーリング

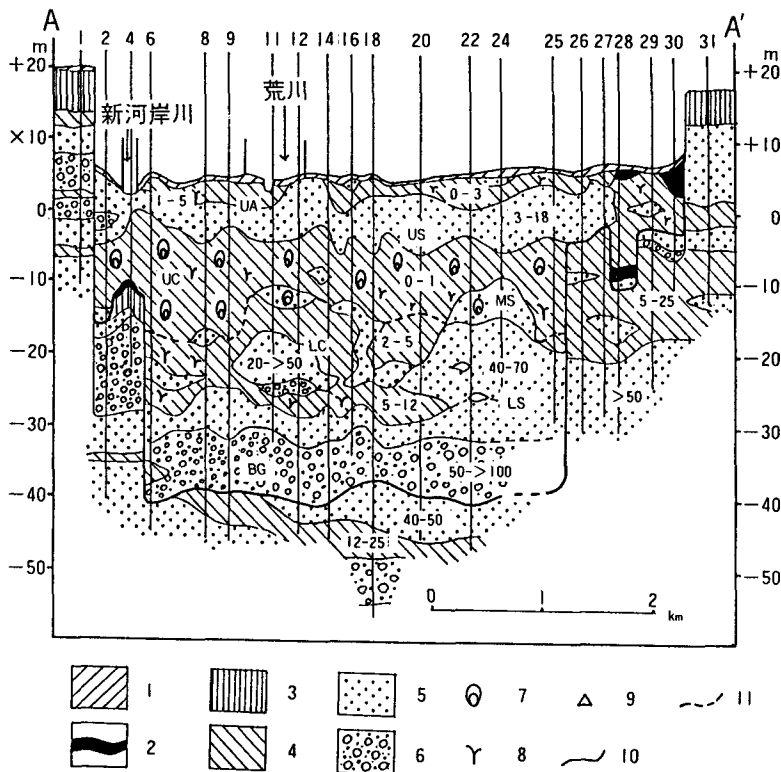


図6 荒川低地地質断面

1：表土，2：腐植土，3：関東ローム，4：粘土・シルト，5：砂，
6：砂礫，7：貝化石，8：植物化石，9：軽石，10：沖積層基底，11
：沖積層上層部と下部層の境界；
UA：最上部層，US：上部砂層，UC：上部泥層，MS：中間砂層，
LC：下部泥層，LS：下部砂層，BG：基底礫層
(Matsuda (1974) による)

番号12付近, ⑤ボーリング番号14~20, ⑥ボーリング番号22~25, ⑦ボーリング番号26~27, ⑧ボーリング番号28付近, ⑨ボーリング番号29~30, ⑩ボーリング番号31付近, の10種類程度に分類されることになる。

しかし, ボーリング地点毎に堆積物の層序は異なっているし, N値も異なっている。たとえば, ⑤のボーリング番号14, 16, 18, 20は, 似てはいるけれども, 砂の入り方がかなり異なるし, 沖積層より下位の地層の層序も異なる。ボーリング資料が増えれば増えるほど, 変化は複雑になる。

さらに, 沖積層の厚さは, この断面では最大40m程度であるが, 東京低地では70m以上にもなる。単位地盤の厚さが大きくなると同時に, それだけ, 層序も複雑になる。東京都の調査では, 東京低地だけで, 53種類の地質学的地盤が設定されているが, 細分していけばきりが無い。

その上, ボーリング資料によっては, 同じ堆積物でも, 一方はシルト質砂, 他方は砂とシルトの互層と表現されることがしばしば見られる。3mの層厚のシルト質砂と, 1mの層厚の2枚の砂に1mのシルトが挟まれるのとは, 応答計算の結果は, 非常にことなる(たとえば, 望月利男, 1975)。このように, ボーリング地点毎に異なると言っても良い地盤構成を, 何種類かの地盤型にモデル化するところに無理がある。それも, モデル化の過程では, 技術者の経験から, 名人芸で分類とそれに対応する柱状図が作成される。

最近, 被害想定では諸々の条件が取り入れられ, 想定方法は次第に詳細になってきた。また, 東京都では地域危険度調査がメッシュ単位, 被害想定が市区町村単位で行われてきたが, 地域危険度調査は被害想定に近付いているし, 被害想定はメッシュで諸条件が扱われ始めた。要するに, 両者ともメッシュ単位の被害想定に変わりつつある。したがって, 地盤もメッシュ毎に扱われ, 各メッシュ毎に, 地震工学的地盤型が想定されている。しかし, かなりメッシュでは, 似て非なる地盤型が設定されている恐れがある。

地盤はそう変化するものではないのであるから, メッシュ毎にボーリング柱状図を設定しておいた

らどうであろうか。この場合にも地質学的に単位地盤を決める必要があるが, その単位はかなり粗くしておく。たとえば, 沖積層ならば, 上部層と下部層ぐらいの分類である。次に, 各分類単位内で, 岩相毎に物性値を, N値と深さで関数化しておく。そうすれば, メッシュ内にボーリングデータがあれば, 応答計算は可能である。

田治米ほか(1977)は物性値を, このような方法で関数化しておき, 23区内に1kmメッシュをかけて, その全部について, 周波数応答計算を行った。その結果をみると, 山の手台地内でもいろいろと変化していることが明らかであった。その理由は, メッシュ毎にボーリング柱状図が異なっているし, 技術者の差による記載の差異も効いているようであった。

メッシュ毎に応答計算を行うことが, 被害想定で取り入れられていないのは, 被害想定法が詳細になるにつれ, メッシュが細分され, 500mもしくは250mになり, 計算量が膨大になるためである。しかし, このような計算は一度しておけばよいのであるし, 最初は1kmメッシュで計算して, それを4つの500mメッシュに適用したり, ボーリングデータの無いメッシュは, とりあえず周辺のメッシュのデータから推定し, 資料が手に入り次第改訂を加えていくことなどを実施し, 資料を追加していけばよいのではなからうか。

現在, 国の機関でもボーリングデータのデータベース化が進んでいるし, 東京都土木技術研究所でも同様なことが行われている。これらを利用して, 応答計算結果のデータベース化を図ることを提案したい。東京都では, 被害想定や地域危険度調査が行われる度に, 地盤条件が変化しているのは, 一番基本となるところであるだけに問題が多い。お金と時間で解決できる問題であるだけに, 検討の余地がある。

文 献 一 覧

金森博夫・安藤雅孝

1973 関東大地震の断層モデル。関東大地震50周年論文集, 東京大学地震研究所, pp. 89-101。

Gaus, M.P. and Sherif, M.A.

- 1972 Zonation and microzonation. Proc. Intern. Conf. Microzonation, Seattle, U.S.A.

田治米辰雄・望月利男・松田磐余

- 1977 地盤と震害。横書店, p. 58.

Matsuda, I.

- 1974 Distribution of the Recent deposits and buried landforms in the Kanto Lowland, central Japan. Geogr. Repts. Tokyo Metrop. Univ., no. 9, 1-36.

松田磐余

- 1984 地震と軟弱地盤。月刊地球, no. 65, pp. 663-667.

松田磐余・和田 諭・宮野道雄

- 1978 関東大地震による旧横浜市内の木造家屋全壊率と地盤の関係。地学雑誌, vol. 87, pp. 250-259.

三菱総合研究所

- 1988 東京における地震被害と想定に関する調査研究—地震・地盤・津波分科会報告書—。338p.

宮村撰三

- 1946 東海道地震の震害分布(その1)。地震研究所彙報, vol. 24, pp. 99-134.

望月利男・松田磐余・宮野道雄

- 1975 地盤の応答計算と東京都区内地盤の応答特性。土と基礎, no. 902, pp. 11-17.

望月利男・松田磐余・宮野道雄

- 1980 サイスマック・マイクロゾーニングにおける震度分布の評価手法について—その3。関東大地震における震度と震源距離・方向性・地形の関係—。総合都市研究, no. 11, pp. 127-139.

物部長穂

- 1933 土木耐震学。常盤書房, pp. 48-50.

CLASSIFICATION OF LANDFORMS AND DEPOSITS FOR
EARTHQUAKE DAMAGE ESTIMATION

Iware Matsuda*

*Center for Urban Studies, Tokyo Metropolitan University
Comprehensive Urban Studies, No. 38, 1989, pp.13-23

Two methods of classification of landforms and deposits for the purpose of earthquake damage estimation are outlined. Method 1 is based on actual damage conditions, and method 2 relies on results of technical earthquake calculation.

Method 1 enables us to predict distribution of intensity (K) over a large area. In the example of a Kanto earthquake, first distribution of intensity (K) for the entire Kanto region is established from the percentage of totally destroyed wooden houses. Then, the relationship between the intensity (K) and the distance between the earthquake generated fault and the fault plane for each landform is determined. For smaller areas, e.g. Yokohama Old Town, the percentage of totally destroyed wooden houses can be explained from the landform and the depth and stratigraphy of recent deposits.

Damage estimation in the Tokyo Metropolitan Area is an example of Method 2. The procedure for determining seismo-technological ground types from geological ground is explained and ground classification for seismic micro zoning is outlined. Finally, I point out the need for storing response analysis results in data base form.