

# 地盤の耐震

立命館大学理工学部 早川 清

## 1. 地震と地震災害

### 1.1 地震災害の連鎖性<sup>1)</sup>

広義の意味での地震災害または地盤震害という言葉は、表層の地盤変動はもちろんのこと、地盤変動および地盤の不安定化現象によって起る構造物の被害をも含めて呼称されている。従って、地震により地盤が安定性を失ない、その上に建てられていた構造物が、倒壊または大きく沈下・傾斜するような場合は地盤震害となる。

図-1に示されるように、地震災害では地震の発生に伴う地盤振動、隆起・沈降等の地盤の変位、地盤の液状化現象および津波の発生等が被害の発端となる。これに引続く地盤振動・地盤の液状化現象等によ

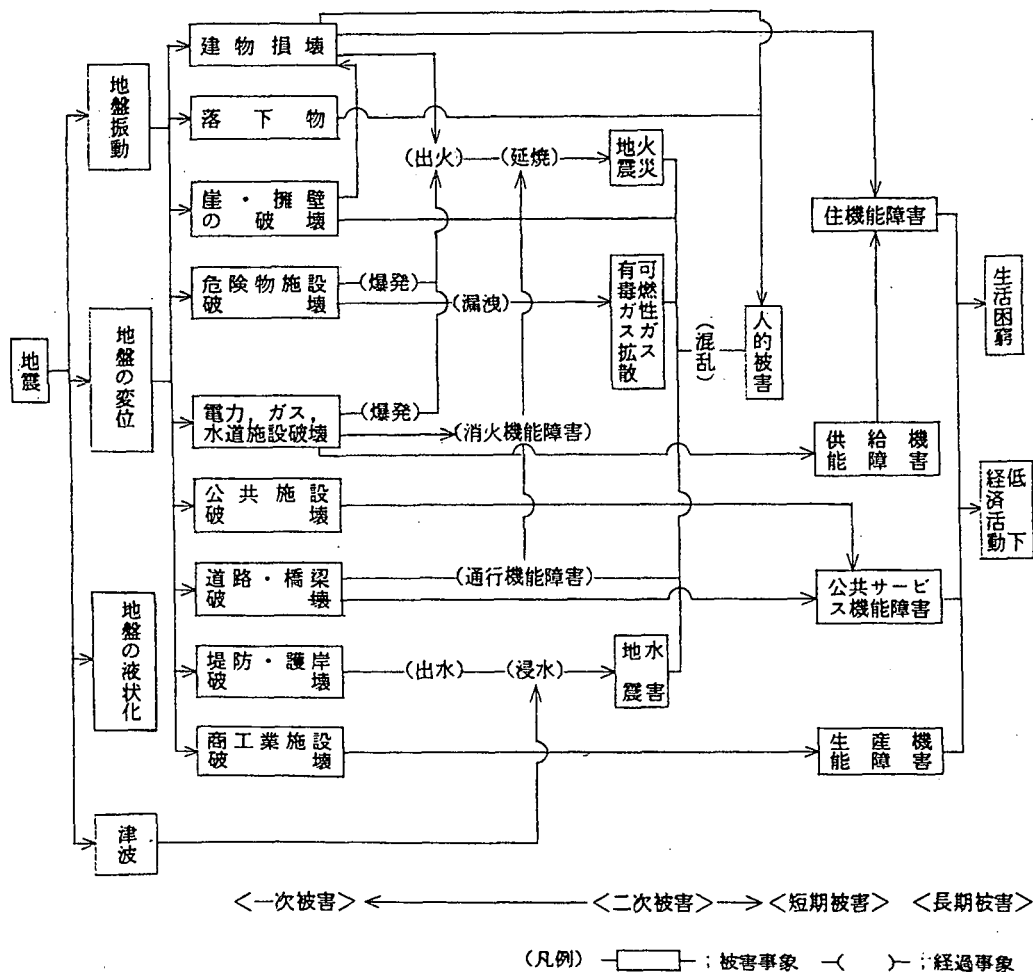


図-1 地盤災害連関図

Kiyoshi HAYAKAWA

り、まず各種の構造物が被害を受けて、一次被害を招く。一次被害は直接人命の損傷に結びつくとともに、地震火災、地震水害を引き起こす。こうした直接的な被害の他に、連鎖的に生活基盤、生産基盤を破壊することにより、長期に渡って社会全体に影響を及ぼす。不幸なことに、このような地震災害の連鎖性が、今回の阪神・淡路大震災でも特徴づけられた。

1. 2 地震動と地盤震害 2~4)

地震動の強さが地震動の規模、震央距離、震源の深さなどのほかに、その場所の地盤の良否によって変化する事は古くから知られている。ここでは、過去の地震による地盤と震害の関係についていくつかの特徴的な事項について述べる。

地盤の違いによる家屋被害の軽重が非常に顕著に現れたのは、都市直下型地震として特徴づけられる福井地震（1948年）である。すなわち、図-2に示ように福井平野一帯での全壊率は90%以上であるが、周辺の山地では被害が急激に減少し、全壊率がわずか2~3kmの距離で90%から0%に変化している。関東地震によって家屋の倒壊率が大きかったのは、隅田川から東の地域や石神井川・神田川・目黒川などに沿う沖積層の発達している地域である。（図-3参照）図-4は、関東地震による木造家屋の倒壊率と沖積層の厚さとの関係を示したものであり、これより沖積層が厚いほど倒壊率が大きくなる事が分かる。同様のことは、濃尾地震による調査結果からも知られている。

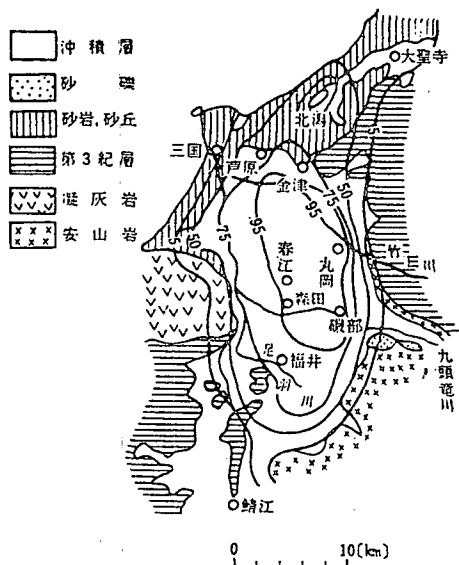


図-2 福井地震概要図

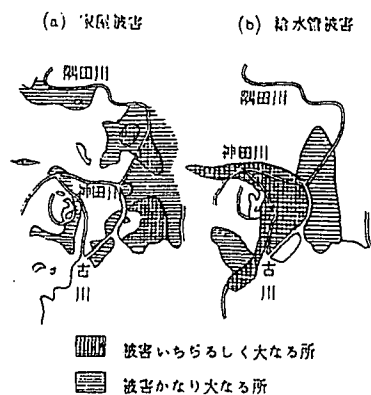


図-3 関東大地震での家屋と水道管の被害状況

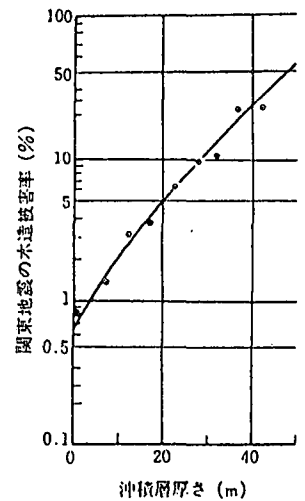


図-4 関東大地震での沖積層厚さと木造家屋被害率の関係

沖積層の中でも軟かい堆積物からなる三角州、河川沿い、後背湿地、湿源、湖沼跡、埋立地、干拓地などの軟弱地盤では震害が大きくなる。このことの原因としては、以下のような事項が指摘される。

- (1) 地震波の伝播速度は、硬質地盤から軟弱地盤に入ると遅くなるが、その振幅や加速度は増幅される。
- (2) 木造家屋は共振現象を起しやすい。軟弱地盤における地層の卓越周期は0.5~1.0と長く、固有周期0.3~0.5秒の木造家屋は次第に周期が増大し、共振現象を生じて倒壊しやすい。

(3) 地盤の不同沈下, 地割れ, 液状化現象, 滑動などにより, 建物や構造物の基礎には破壊, ずれ, 歪が生じ, 建物全体の傾斜, 倒壊につながる。

上述した項目のうち, (1)・(2)の項目について

は, 3章で詳述する。

一例として, 図-5に宮城県沖地震と新潟地震での被害率と震央距離の関係を示す。この図における両者の関係のように, 一般に震害は震央に近い方が大きく, 震央から離れるに従って小さくなるのが普通である。しかしながら, 軟弱地盤では遠距離にありながら, 震害の大きい事例が多くある。

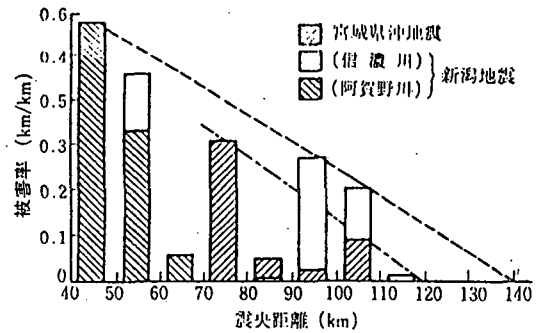


図-5 震央距離と被害例

- (1) 濃尾地震 (M8.4) では, 木造家屋の全壊率80%以上の地域が震央から50km離れた沖積平野であった。
- (2) 南海地震 (M8.1) では, 200~300km離れた軟弱地盤まで被害が及んだ。
- (3) 北伊豆地震 (M7.0) では, 全壊率60%以上の地域は震央から10km以内の沖積地に集中していたが, 45km離れた清水市の埋立地も被害を受けた。
- (4) 静岡地震 (M6.3) では, 倒壊率30%の被害範囲は震央から3km以内の沖積地であった。

## 2. 土構造物の地震被害

土構造物には, 鉄道盛土, 道路盛土, 河川堤防, 斜面・のり面, 農業用ダム等が挙げられる。ここでは紙面の都合もあるので, 築堤・盛土などの土構造物に限って震害状況の概略を述べる。

### 2.1 盛土構造物の被害概要

道路や鉄道あるいは河川堤防のような盛土構造物の震害は多岐にわたるが, その概要は次のようである。

- (1) 堤体部の震害は主として, のり崩れ・縦亀裂・沈下である。
- (2) アスファルト舗装の盛土道路では, 路面の亀裂・陥没・隆起などが生じる。
- (3) コンクリート舗装の盛土道路では, 路面の陥没・隆起, 目地部分の分離を生じ, 舗装板が段違いになるほどの被害が起こる。

### 2.2 盛土構造物の被害形態

地震による盛土構造物の被害形態は, 以下のよう分類されている。(図-6参照)

- ・ I型の被害形態-盛土のり面の崩落に基づく被害
- ・ II型の被害形態-I型より破壊規模の大きな堤体内のすべり破壊に基づく被害

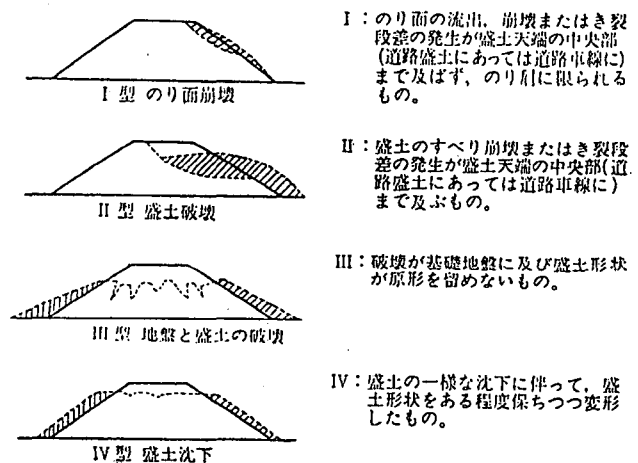


図-6 盛土の被害形態

・III型の被害形態-基礎と堤体の破壊に基づく被害

・IV型の被害形態-堤体全体が外形をとどめながら全体的に陥没沈下する被害

河川堤防の被害事例の整理結果によれば、II型の被害が約1/3であり、これに次いでIV型、III型の被害がそれぞれ1/4程度である。また、III型の土建造物の沈下量が他のものより大きいことが知られている。

2. 3 道路盛土の耐震性の判定

既設道路盛土の耐震性を簡便に判定する方法として、以下のような調査表形式の提案がなされている。表-1に示す調査表は、地震動の規模、盛土形状とその規模、地盤の種別や軟弱さの程度および浸水の有無などの影響因子を加味して作成されている。すなわち、盛土の耐震性の判定ランクは次のように3段階に定められている。

A：盛土区間の被災の程度が大きいと予想される。

B：盛土区間の被災の程度がやや大きいと予想される。

C：盛土区間の被災の程度が小さいと予想される。

表-1 地盤による盛土の耐震性判定表

		a	b	c	d	
山岳部	地盤条件	勾配 $\alpha$				
	盛土条件	$\alpha < 1.87^\circ$	$1.8 \leq \alpha < 3$	$3 \leq \alpha < 4$		
$\alpha < 4$	標準のり勾配の盛土 盛土高 $H(m)$	$H \geq 35$	$35 > H \geq 20$	$20 > H \geq 5$	$H < 5$	
	標準のり勾配より急な盛土 および構造物取付け部(m)	$H \geq 30$	$30 > H \geq 15$	$15 > H \geq 5$	$H < 5$	
平地部	地盤条件	地盤の軟弱度				
	粘性土盤	極めて軟弱	軟弱	その他		
$\alpha \geq 4$	砂地質土盤	$N < 4$	$4 \leq N < 8$	$N \geq 8$		
	液状化の可能性	極めて強い	あり	その他		
$\alpha \geq 4$	標準のり勾配の盛土 盛土高 $H(m)$	$H \geq 10$	$10 > H \geq 6$	$6 > H \geq 3$	$H < 3$	
	標準のり勾配より急な盛土 および構造物取付け部(m)	$H \geq 8$	$8 > H \geq 4$	$4 > H \geq 2$	$H < 2$	
判	山岳部道路		下記の修正条件(1),(2),(3)によるランクの修正			
	盛土条件	a	b	c	d	
	地盤条件					(C→B, B→A)
	a	A	B	B	C	(1) 盛土の地盤が傾斜した集水斜面のため、盛土の含水比が常時高い状態にある。
b	B	B	C	C	(2) 過去に降雨あるいは地震によって路面に沈下、き裂などの変状をきたしたことがある。	
c	B	C	C	C	(3) 取付け部あるいは拡幅部などが供用開始後、沈下、き裂などの変状をきたしている。	
定	平地部道路					
	盛土条件	a	b	c	d	
	地盤条件					
	a	A	A	A	B	
b	A	B	B	C		
c	B	B	C	C		

3. 地盤の振動特性

3.1 地盤の固有振動

1. 2節で述べたように、地盤の性質と地震動とは密接な関係がある。地盤上にある構造物の地震時挙動は、表層の性質によって大きく変化する。このことは、耐震工学上極めて重要なことである。また、震害と地盤との関連性に関しては、地震動の強さのほかに卓越周期という因子を考慮する必要がある。従って、耐震設計の実行にあたっては、震度のほかにその場所の地盤の卓越周期を知ることが必要となる。

以下には、表層地盤の卓越周期を算定する方法について述べる。

3.1.1 2層地盤における固有周期の算定法<sup>6)</sup>

実際地盤の地層構成は、深さ方向ばかりでなく水平方向にもかなり複雑であり、単純な平行層の堆積地盤はほとんどないと言えよう。ここでは、簡単のために図-7に示すような基盤層上に厚さHの表層があるような地盤モデルを考え、下方の基盤層から表層へ鉛直方向にせん断波のみが伝播する場合を考える。

基盤層および表層の密度・剛性率を  $\rho, \rho', G, G'$  とし、同様に横波の伝播速度を  $v_s = \sqrt{G/\rho}, v_s' = \sqrt{G'/\rho'}$  とする。両層におけるせん断変位を  $u, u'$  とすれば、基盤層および表層それぞれの波動方程式は次の2つの式で表される。

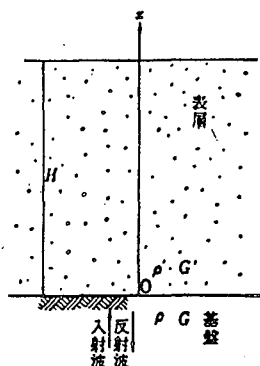


図-7 地盤の振動特性

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = v_s^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 u'}{\partial t^2} = v_s'^2 \frac{\partial^2 u'}{\partial x'^2} \quad (2)$$

上式の解は式(3)・(4)のようになる。ここで、それぞれの解の右辺の第1項が入射波または透過波で、第2項が反射波に相当する。A, B, Cは境界条件によって決まる積分定数である。

$$u = c e^{i\alpha(t - \frac{x}{v_s})} + A e^{i\alpha(t + \frac{x}{v_s})} \quad (3)$$

$$u' = B e^{i\alpha(t - \frac{x'}{v_s'})} + C e^{i\alpha(t + \frac{x'}{v_s'})} \quad (4)$$

また、表層表面の振幅は式(5)で表わされる。

$$|u_s'| = \frac{2}{\sqrt{\cos^2 \alpha \frac{H}{v_s'} + \alpha^2 \sin^2 \alpha \frac{H}{v_s'}}} \quad (5)$$

図-8は、横軸を  $\rho H/v_s'$  とし、 $\alpha$  をパラメータとして表したものである。この図より、 $\alpha$  が0に近くなるに従って表層表面のせん断変位が大きくなり、 $\rho H/v_s' = \pi/2$  の点で最大となることが分かる。

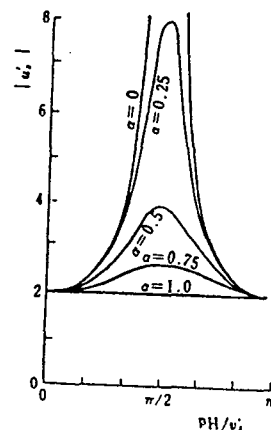


図-8 地表の変位

すなわち、表層の固有円振動数は、式(6)で示される。

$$\rho = \frac{\pi v_s'}{2H} \quad (6)$$

従って、式(6)から表層の固有周期が求められ、これが地盤の卓越周期に相当するものとなる。

$$T_0 = \frac{2\pi}{\rho} = \frac{4H}{v_s'} \quad (7)$$

一般的に、この表層地盤の1次の固有振動周期 $T_0$ により、耐震設計上の地盤分類がなされる。すなわち、地盤分類は、表-2のように1種~3種に分類されている。ここに1種地盤は岩盤を主体とした良好な地盤、3種地盤は軟弱層の厚い地盤であり、表-2に示すように沖積層厚、洪積層厚から簡単に判定がなされる。これらの地盤分類に相当する常時微動のスペクトルを示すと図-9のようになる。<sup>7)</sup>

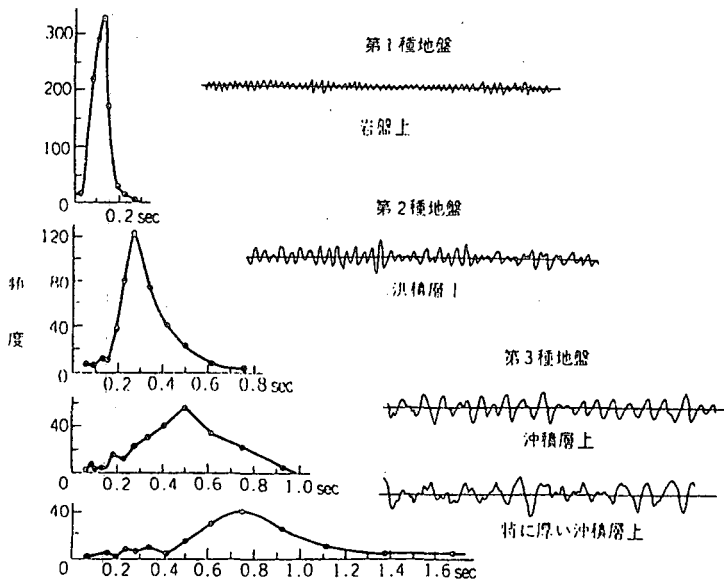


図-9 地盤の常時微動とスペクトル

表-2 新耐震設計基準による地盤種別と卓越周期

第1種地盤	岩盤、硬質砂れき層その他主として第3紀以前の地層によって構成されているもの、または地盤周期等についての調査もしくは研究の結果に基づき、これと同程度の地盤周期を有すると認められるもの	0.4
第2種地盤	第1種地盤および第3種地盤以外のもの	0.6
第3種地盤	腐植土、泥土その他これらに類するもので大部分が構成されている沖積層(盛土がある場合においてはこれを含む)で、その深さがおおむね30m以上のもの、沼沢、泥海等を埋め立てた地盤の深さがおおむね3m以上であり、かつ、これで埋め立てられてからおおむね30年経過していないもの、または地盤周期等についての調査もしくは研究の結果に基づき、これらと同程度の地盤周期を有すると認められるもの	0.8

第1種(硬質)	$T_0 = 0.4$
第2種(普通)	$T_0 = 0.6$
第3種(軟弱)	$T_0 = 0.8$

### 3. 1. 2 多層地盤における固有周期の簡略な算定法<sup>8)</sup>

多層地盤にも適用できる固有周期の簡略な算定法の代表的なものは、以下のようなものである。

#### (1) 各層内での伝播時間の和による方法

$$T = \sum_{j=1}^N 4H_j / V_j \quad (8)$$

(2) 多層地盤を等価な単層地盤に置換する方法

$$T = 4H / V_{av} \quad (9)$$

$$V_{av} = \sum_{j=1}^N V_j H_j / H \quad (10)$$

(3) 2層地盤モデルによる逐次計算法

ここでは、(3)の方法を第2次の周期にも拡張し、波動インピーダンスをパラメータとして改良された方法について紹介する。

1. 第1層、第2層の固有周期、 $T_1, T_2$  を剛な基盤上の単層地盤と考えると、式(6)によって算出する。
2. 波動インピーダンス比  $\rho_1 c_1 / \rho_2 c_2$  を算出する。
3.  $T_2 / T_1$  を横軸、 $\rho_1 c_1 / \rho_2 c_2$  をパラメータとして、図-10により第1次および第2次の  $T / T_1$  を読取る。

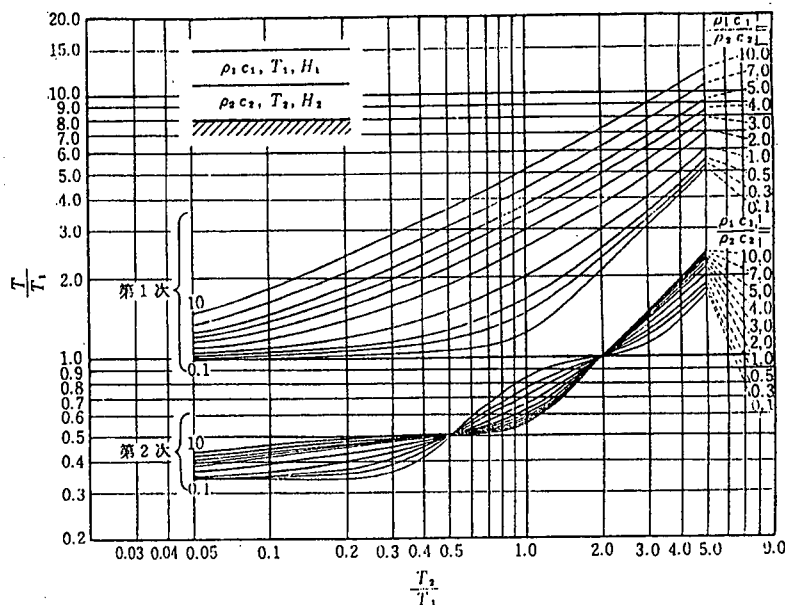


図-10 固有周期の計算図表

4.  $T / T_1$  に  $T_1$  を乗じて第1層、第2層の合成系の固有周期  $T$  を定める。
  5. 合成系を第1層とし、第3層を第2層とみなして手順1. に帰る。
- 以上の手順を最下層に至るまで繰返して、表層地盤の第1次および第2次の固有周期が算定される。

3. 2 常時微動と地震動

3. 2. 1 常時微動<sup>9)</sup>

常時微動とは地震の有無にかかわらず、常時、地盤に生じている微小振幅(数十マイクロン程度)の振動である。それらの振動源には、交通機関や工場の機械などの人工的な振動源および風による物体の運動、海の波のような自然的な振動源がある。そのような振動源によって生じた振動波が、いったん基盤層に入って波動となって伝播し、遠方の表層の振動を誘起したものが常時微動として考えられている。従って、常時微動から得られた頻度最大の周期(通常は、パワースペクトルのピークの周期に一致する)は、その地盤の卓越周期に等しいということになる。

このように地盤の常時微動を測定することによって、地盤の卓越周期を簡便に知ることができる。この方法は地震動が測定でなくても地盤の振動特性を推定することができるので便利である。

上述したように、通常の地盤の表層が、単一な土質から構成されていることはまれであり、2層以上の

互層から構成されていることが多い。このような場合には常時微動のパワースペクトルの形状は、図-9に示したような単一のピーク値を持つ形にならず、ピークが極大となる周期を2つ以上持つ、かなり凹凸のある複雑な形になる。

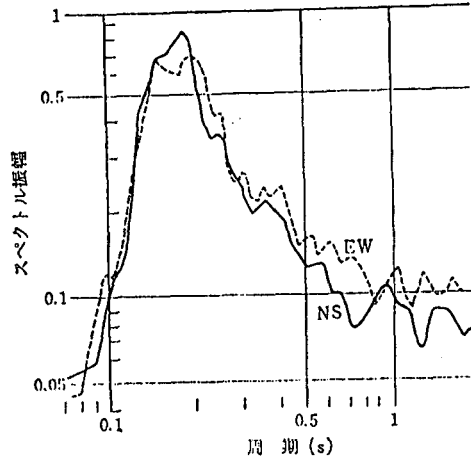


図-11 強震記録の平均フーリエスペクトル

3.2.2 常時微動と地震動の対応

常時微動と地震動によるスペクトルの対応について、図-11と図-12に示す宮古島での観測事例を示した。この事例では、スペクトル解析結果から推定される両者の卓越周期が比較的よい対応を示す。しかしながら、図-13に示す八戸港での観測事例のように、必ずしも両者の卓越周期が一致しない場合もある。後者の理由として、八戸港でのスペクトルが、震源における発震機構の差異や地盤の深いところの振動特性を反映したとされている。従って、地盤の振動を起している原因が全く異なる常時微動の観測結果から、地震時の地動を予測することの困難さが指摘されている。

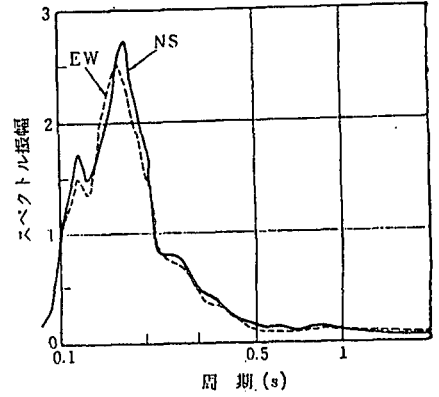


図-12 常時微動と平均フーリエスペクトル

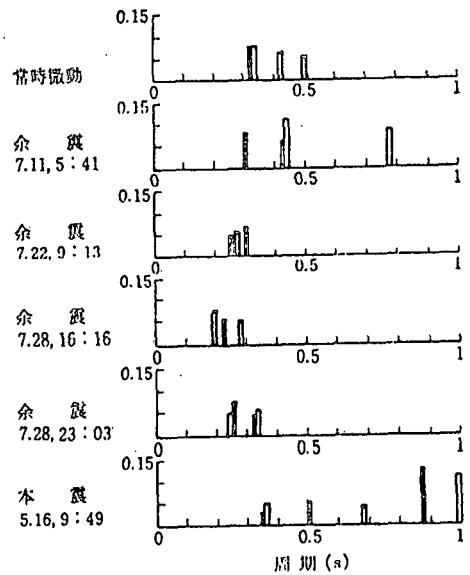


図-13 八戸港湾における卓越周期の比較

3.2.3 常時微動と地盤との関係

常時微動と地盤との対比例として、新潟市の砂地盤について大崎<sup>11)</sup>は以下のように示している。新潟市内の建築物ならびにその他の被害分布を参照して、A地域-被害がないか軽微な地域、B地域-被害が顕著でなかった地域およびC地域-被害が激しかった地域の三つの地域に分類している。

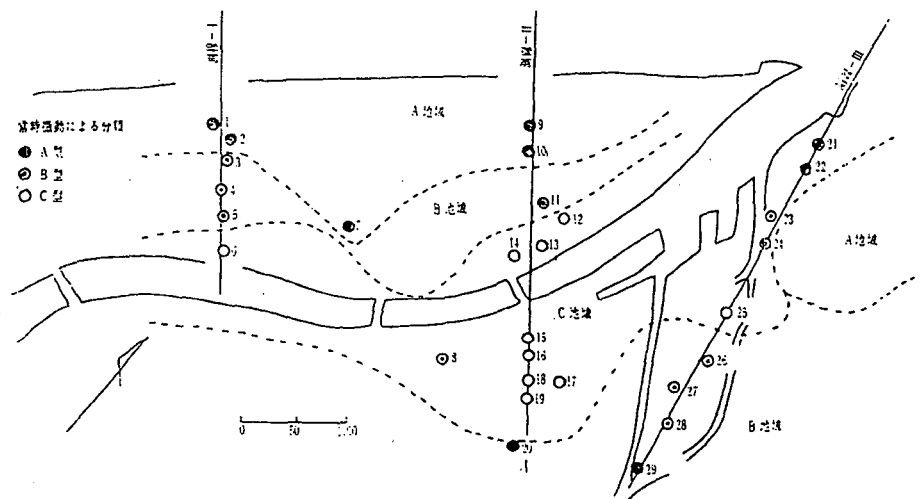


図-14 A, BおよびC型の頻度曲線の分布



図-14に示すように、このようにして分類された地域に常時微動の周期頻度曲線から分類されたパターンを照合すると、C地域と常時微動のCタイプの一致が最も良く、常時微動の測定結果が震害と対比して密接な関係にあることが知られる。

### 3. 2. 4 ポートアイランドにおける地盤の振動特性

ポートアイランドの造成時、港島においてGL-200mまでの地盤調査と地表面での常時微動調査が行なわれている。これらの調査結果より地盤の振動特性が検討されているので、簡単に紹介したい。

Haskellの方法による地盤の増幅率を解析した結果および常時微動の調査結果(代表例を図-15に示す)より、以下の事項が理解された。

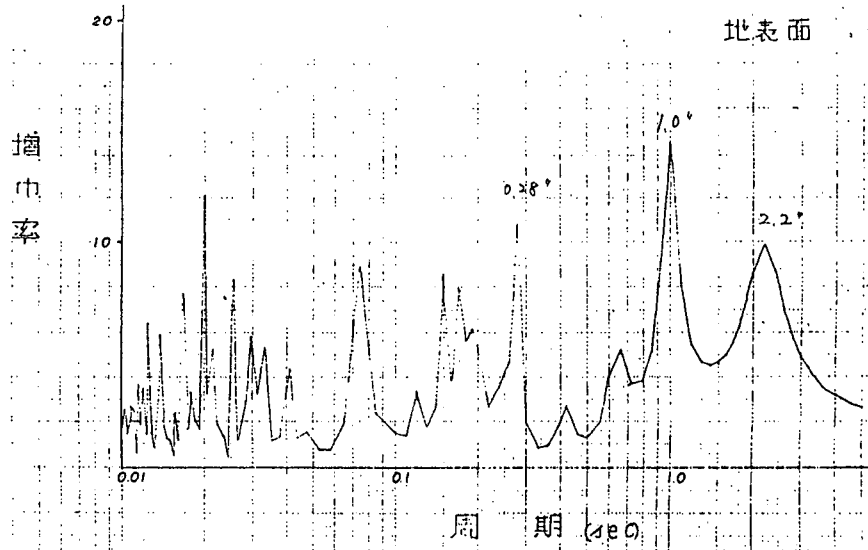


図-15 S波の重複反射による増幅率

- (1) この港島付近の地盤の卓越周期は1.1~1.4secにある。
- (2) 3.3~4.6secの長周期成分も卓越しているが、そのパワーは小さい。
- (3) 地表面では0.28sec, 1.0sec, 2.2secにおける周期の増幅率が高い。
- (4) GL-40mの位置では、増幅率に地表面ほど顕著なピークは見られない。
- (5) 地表面とGL-40mの間では0.18sec, 1.1secの周期の増幅率が高い。

## 4. 地盤の液状化現象<sup>12~14)</sup>

### 4. 1 液状化現象のメカニズム

図-16に示すように、地下水で飽和した砂層は、平常時には安定している。しかし、地震時には振動や衝撃により飽和した地下水の水圧が高くなり、砂の粒子間の結合力と摩擦力が低下する。この時、砂層は液体状になり流動を生じる。この過程を液状化現象と呼ぶ。液状化現象が起ると、地盤は不同沈下、陥没するので建物の転倒、傾斜、沈下につながる。また、一般に液状化現象は噴水、噴砂、噴泥を伴うものとなる。

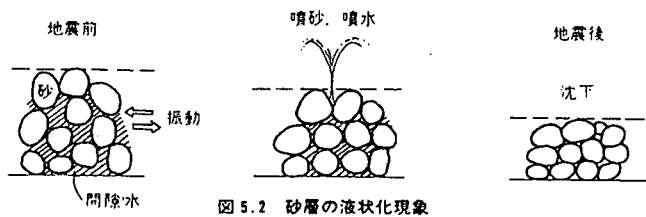


図5.2 砂層の液状化現象

図-16 砂層の液状化現象

4. 2 液状化発生地点の分布

外国における一部の研究論文では、既に液状化現象について論じたものがあつたようであるが、日本では1983年(昭和39年)の新潟地震において、液状化現象によるビルの転倒、傾斜が多数起こり、一躍クローズアップされることとなった。

図-17は明治時代以後の大規模地震に伴い発生したと考えられる液状化発生地点の分布を示したものである。

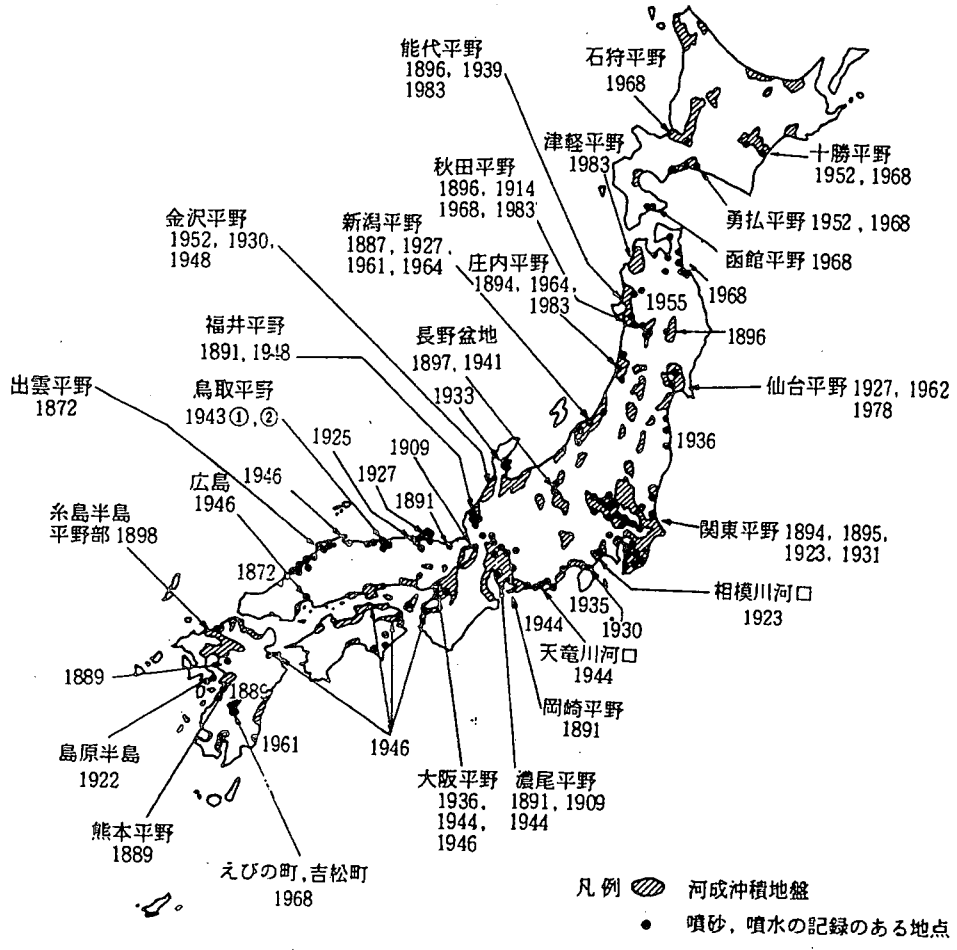


図-17 液状化現象を生じた地震と液状化現象の分布と範囲

また、図-18は新潟地震による新潟市内の液状化発生地点と地形・地質の関係を示したものである。これらの図より、日本の主要な平野部は河川の堆積作用によって形成された沖積低地が多数を占めており、こうした地域は、砂・シルトからなる砂質地盤が多く地下水位も高い。従って、過去には多かれ少なかれ液状化現象を起してきたことが伺われる。今回の兵庫県南部地震でも、液状化による被害が各所で発生したことは、既にマスコミ関係でもクローズアップされたことである。

### 4.3 液状化現象の起こりやすい地盤条件

地盤工学的見地から、液状化現象の起こりやすい地盤条件を挙げれば、以下のようになる。

- (1) 沖積層に厚さ数mの砂層がある地盤。
- (2) N値が12以下で、地下水で飽和された砂層を持つ地盤。
- (3) 粒径が中砂(1, 0~0.25 mm), 細砂(0.25~0.06 mm)の均一な砂粒子で構成されている地盤。
- (4) 粘土の含有量が10%以下の地盤。

一般に、液状化しにくい土質は表土, ローム, 粘土, 礫である。液状化現象が建物直下や周辺に生じると、地耐力が大幅に低下し、重量のある鉄筋コンクリート造建物などは転倒, 傾斜, 沈下する。

一方、マンホールなどのような軽量構造物は浮上する。しかし、液状化現象が建物自体を崩壊することは少ない。

### 4.4 液状化の対策工法<sup>15~16)</sup>

液状化の対策工法としては、以下のように多数の工法が提案されている。それらは多くの成書に詳しく述べられているので、ここでは各工法の特徴だけを挙げておく。

- (1) 密度増大工法-砂地盤の締め固めにより粒子間の間隙をより密にし、堆積状況の変化, 間隙比の減少を図り、液状化に対する抵抗を増加させる工法。

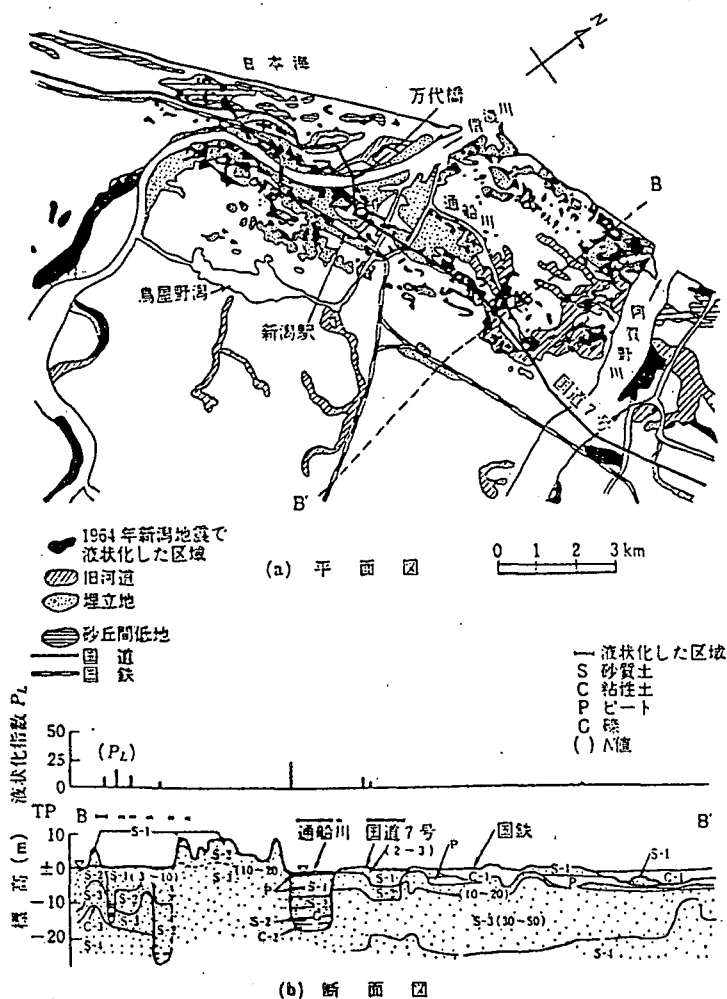


図-18 新潟市における液状化地点と地形, 地質の関係

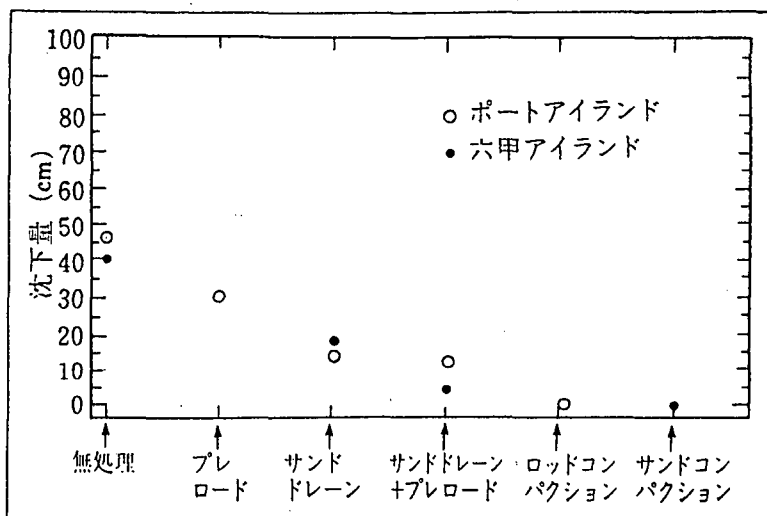


図-19 各種の地盤改良工法とこれらを打設した地点での地盤沈下量

- (2) 置換工法 - 液状化しやすい土を掘削して、高密度の材料で置換する工法。
- (3) 固結工法 - 砂質土にセメントなどの安定材を添加・混合し、砂質土の液状化に対する抵抗を増加させる工法。
- (4) 地下水位低下工法 - 地盤の地下水位を低下することにより、液状化の可能性を軽減する工法。
- (5) 間隙水圧消散工法 - 礫や人工材料によるドレーンを地盤中に設置して地盤の透水性を高め、地震時に砂層内で生じる過剰間隙水圧の上昇を抑えて、液状化を防止する工法。
- (6) せん断変形抑制工法 - 連続地中壁、シートパイルまたは深層混合処理工法による格子状の改良壁体などで地盤を囲み、地震時あるいは液状化時の地盤のせん断変形を抑制することによって、液状化の発生および液状化による構造物の被害を防止する工法。

これらの各種の液状化対策の有効性は、今回の兵庫県南部地震前後に調査された埋立て人工島であるポートアイランドと六甲アイランドでの沈下量測定<sup>17)</sup>でも明確に示されている。すなわち、図-19を見れば、密度増大工法であるサンドコンパクション工法とロッドコンパクション工法が施工された地域の地盤の沈下量はごくわずかであり、液状化対策としてこれらの工法が非常に効果的であったことが理解される。

## 5. 地震災害の予測

### 5.1 大阪の地盤と地震災害

濃尾地震（大阪：震度5）以外、これまでに大阪付近には大地震の発生がほとんどなかったこともあり、

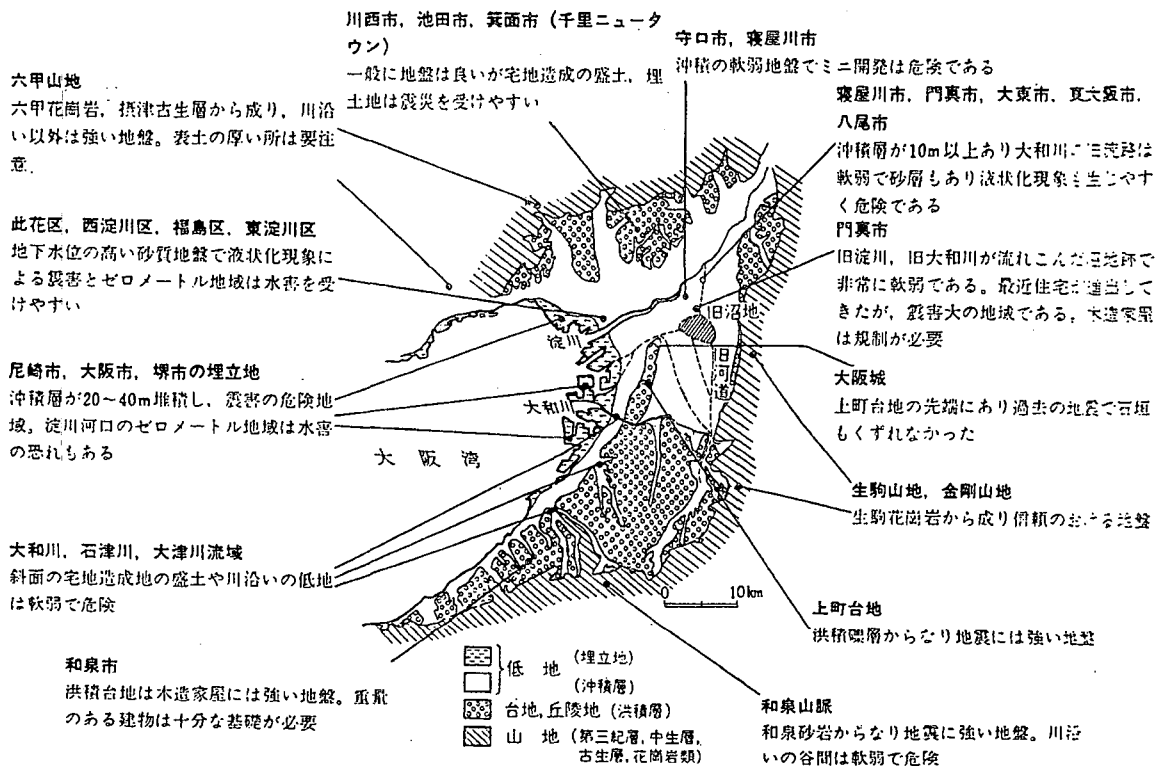


図-20 大阪の地形・地質区分と被害予想

### 5.2 地震災害の予測

国際土質基礎工学会では、国内・外で提案されている手法をまとめ、表-3に示すような災害の予測マニュアルを作成している。この予測マニュアルでは、地盤震動、斜面崩壊および液状化に対応してグレード1～3の三段階に分類して地震災害の予測を行うことになっている。(20～21)

表-3 予測図作成に必要な調査

	グレード1の方法	グレード2の方法	グレード3の方法
地盤震動	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去の地震動による被害や震度分布の調査</li> <li>地質図</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>常時震動測定</li> <li>簡易土質調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>詳細な地盤調査</li> <li>地震応答解析</li> </ul>
斜面崩壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去の地震による崩壊データの収集</li> <li>地質図、地形分類図</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空中写真判読、リモートセンシング</li> <li>現地踏査</li> <li>植生や降雨に関する調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤調査</li> <li>斜面安定解析</li> </ul>
液状化	<ul style="list-style-type: none"> <li>過去の地震による液状化データの収集</li> <li>地質図、地形分類図</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空中写真判読、リモートセンシング</li> <li>現地踏査</li> <li>住民からの聞き込み調査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地盤調査</li> <li>液状化解析</li> </ul>
予測図の縮尺	1 : 1 000 000 ~ 1 : 50 000	1 : 100 000 ~ 1 : 10 000	1 : 25 000 ~ 1 : 5 000

最近、日本では国やいくつかの自治体により、図-22に示すような地域で液状化の予測図が作成されている。大阪平野では、砂層の分布が判明されており、関東大震災規模の地震の発生時に液状化の可能性のある場所が、液状化予測マップとして作成されている。(22)(図-23参照)

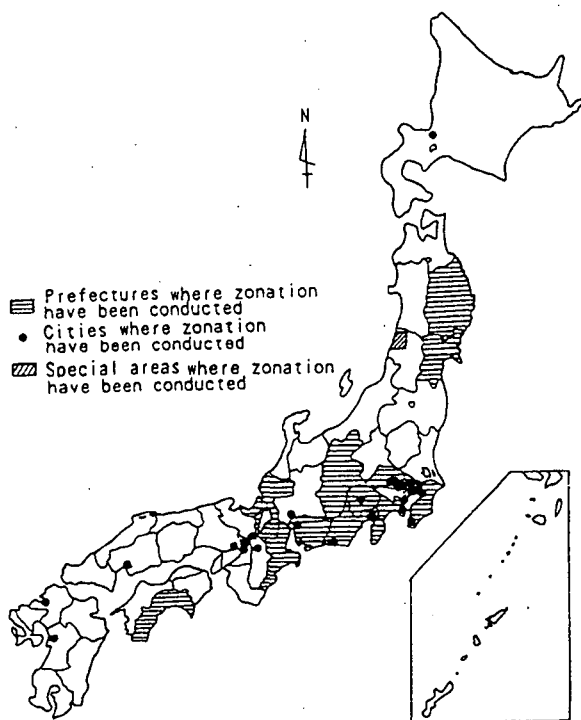


図-22 液状化予測図が作成されている地域

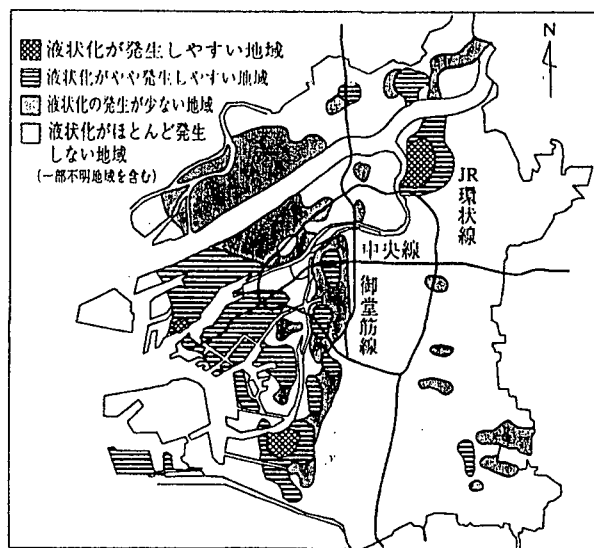


図-23 大阪市の液状化予測マップ

大阪では顕著な震災を受けけていない。ここでは将来に予想される大阪の地盤と地震災害との関連性について述べる。守屋<sup>18)</sup>は、大阪における地形・地質区分と被害予想および地盤、震害対策を図-20、図-21のように整理して示している。

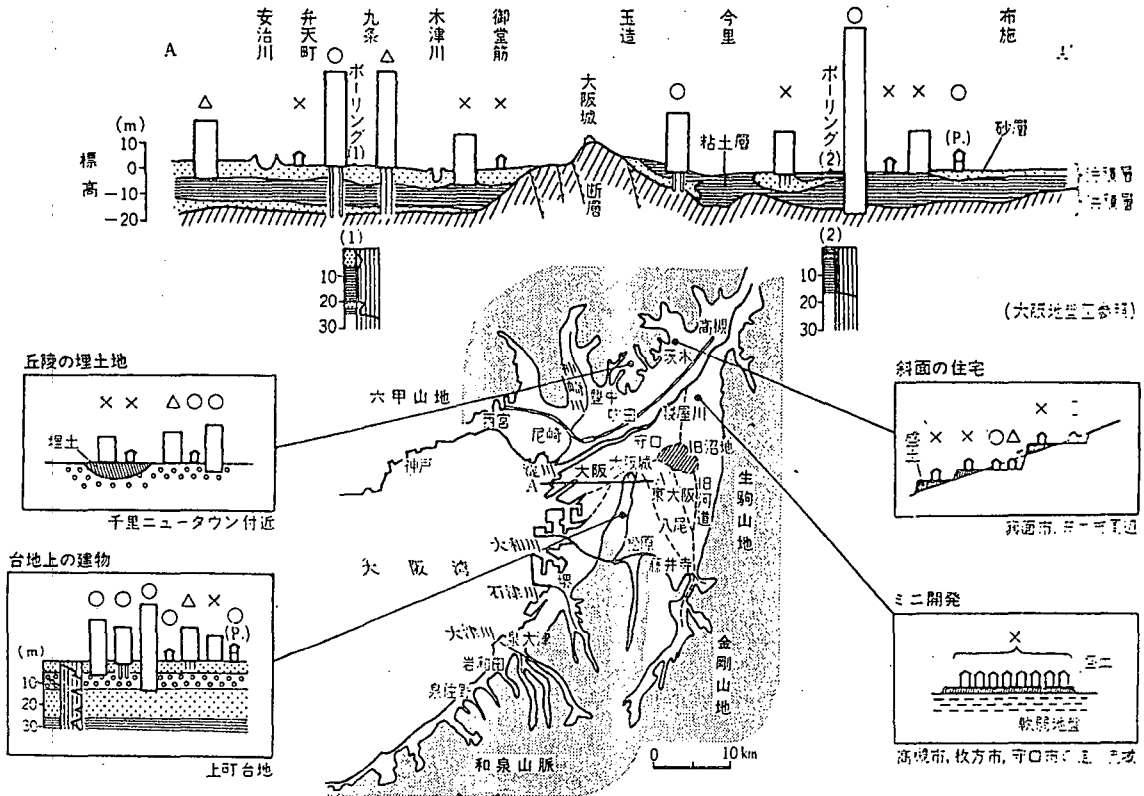


図-21 大阪の地盤、震害対策

これらにより、大阪の地盤と地震災害について、以下のような推定がなされている。

- (1) 外側の山地は花こう岩、古生層、中生層の硬質の基盤からなり、地震には最も強い地盤である。しかし、花こう岩の風化が進んだ所や古断層線沿いは崖崩れの危険がある。
- (2) 台地は主に洪積の礫層からなる地盤で、一般に地震に強い。しかし、川や谷が入り込んだ場所は震害を受けやすい。
- (3) 大阪市の大部分は厚くて軟弱な沖積層であり、震害と火災の危険が高い。
- (4) 河内は大和川の旧可道や沼地跡が多く、地盤沈下も進んでいる。新淀川河口周辺のゼロメートル地域も震害の危険性がある。
- (5) 大阪湾の埋立地は沖積層が40mと厚く、地震が起れば大被害を受けることになる。

大阪地盤における強震時の固有周期は、沖積層の厚い港区では1.0~1.5secの長周期になるのに対し、上町台地周辺では0.3sec以下と短いことが示されている<sup>19)</sup>。従って、固有周期の相違による地盤と建物との共振現象についても考慮しておくことが望ましい。

## (参考文献)

- 1) (財)消防科学総合センター: 地域防災データ総覧-地震災害・火山災害編, pp. 6~13, 1984.
- 2) 大原資生: 最新耐震工学, 森北出版, pp. 51~54, 1992.
- 3) (社)地盤工学会: 土質・基礎工学のための地震・耐震入門, pp. 67~78, 1985.
- 4) 守屋喜久夫: 地震災害の防止と対策-地質学からの予見, 鹿島出版会, pp. 121~130, 1978.
- 5) (社)地盤工学会: 土質基礎ライブラリー24-土質地震工学, pp. 207~215, 1983.
- 6) 上掲, 2)
- 7) 守屋喜久夫: 新編地震災害と地盤・基礎, 鹿島出版会, pp. 157~160, 1994.
- 8) 土岐憲三: 新体系土木工学-構造物の耐震解析, 技報堂, pp. 101~108, 1981.
- 9) 上掲, 2)
- 10) 上掲, 8)
- 11) (社)土木学会新潟震災調査委員会編: 新潟震災調査報告, pp. 23~28, 1964.
- 12) 上掲, 7)
- 13) 上掲, 5)
- 14) (社)地盤工学会: ジオテクノート-土は襲う-地盤災害, pp. 1~25, 1995.
- 15) 柴田 徹: 地盤と土木構造物の震害, (社)地盤工学会関西支部講習会テキスト-耐震設計と土質工学の問題点, pp. 19~35, 1972.
- 16) 上掲, 3)
- 17) 石原研二: 地盤災害と液状化対策の有効性, 第10回「大学と科学」公開シンポジウム予稿集-都市震災と防災システム, pp. 11~12, 1995.
- 18) 上掲, 7)
- 19) 上掲, 15)
- 20) (社)地盤工学会: 地盤調査法, pp. 553~557, 1995.
- 21) 下鶴大輔・伯野元彦: 自然災害と防災, 日本学術振興会, pp. 102~125, 1995.
- 22) (社)土木学会関西支部: 地盤の科学, pp. 118~126, 1995.