

(65) 大阪地盤における埋設管路網のマイクロ・ゾーニング

京都大学防災研究所 (正) 土岐 憲三

(財)大阪土質試験所 (正) 岩崎 好規

〃 (正) 福田 光治

1) まえがき

サイスミック・ゾーニングは、ある地域の耐震特性を評価するときの地域特性を表示するものであるが、ライフ・ラインの典型である水道、ガスなどの埋設管路網に対するゾーニングの手法は、地盤のひずみに注目する必要があり、一般のゾーニングとやや異なる面がある。この研究は、大阪市水道施設管路埋設の耐震設計指針を検討する際に考慮したゾーニング手法とその結果についてである。

2) 地中構造物に対するゾーニング手法；地中構造物の地震時被害には種々の形態があり、液状化などの地盤破壊のためにそれに伴って発生するものとか、その地盤の生因が旧沼池、旧河川部の埋立て地で周囲の地盤に比べて極めて軟弱であり、一種の不整型性のために被害が発生するものとか種々あるが、基本になるのは、均一な平野部における直管に対するものである。又、構造物との接合部においてはひずみと共に、構造物との相対変位が問題となる。それ故に、埋設管に対するゾーニングにおいては、図-1に示したような検討の流れとなろう。

3) 地盤のひずみ：平野部における直管に対する破壊は、過大な軸ひずみあるいは、曲げひずみによって発生するが、通常埋設管の直径でいって、軸ひずみで破壊が発生する。

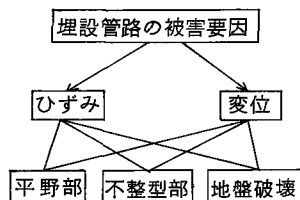


図-1 埋設管に対するゾーニング 図-1に示したような検討の流れとなる。このような場合、地中構造物に発生する軸ひずみ ϵ_a は地表面を伝播する表面波によって地盤内に生じる軸ひずみ ϵ_g と軸ひずみ伝達係数 α とから

$$\epsilon_a = \alpha \cdot \epsilon_g$$

と求められる。又地表面における地盤のひずみは、地表面でのみかけの波長を L とし、地盤の変位振幅を u_g とすると、次のように求めることができる。

$$\epsilon_g = 2\pi \cdot u_g / L$$

4) 地表面を伝播する波の速度と周期、波長；

L は、地表面に沿って伝播する地動の伝播速度を V とし、その地震動の周期を T とすれば、次の関係がある。

$$L = V \cdot T$$

通常洪積地盤などの硬質地盤は、沖積地盤などに比較すれば、震動振幅も小さく耐震工学上の基盤と考えられるので、埋設管に与える地盤の変位やひずみは、この洪積地盤との相対変位から求めることとよいと思われる。

又、地表面付近で卓越する表面波の周期は、洪積層の上の沖積層などの表層地盤の有する固有周期に等しいと考えてよいと考えられる。一般に表面波は、地盤が多層構造のためにその波長によって伝播速度は異なる。

通常の場合、深度と共に弾性波速度は大きくなるので、波長の長い表面波ほど、地下深部に影響されて早い速度を示すようになる。図-2に既往の調査データから、地表面を伝播する波の速度と周期の関係の実測例を示した¹⁾。この例で分るように、約0.2 sec以下の短周期の波の伝播速度の下限は $V = 100\text{m/sec}$ （波長 $L \leq 20\text{m}$ ）、又1.0秒以上のそれは $V = 800\text{m/sec}$ （波長 $L \geq 800\text{m}$ ）とまとめられている。この関係は、地域による地盤の構造によって変化するものなので、ゾーニングを行なう地方によってそれぞれの特性が与えられるべきものである。大阪地方においては、短周期が問題となる上町台地などでは、表面波の伝播速度を $V = 200\text{m/sec}$ 、又1.0秒を越えて波については、観測事例などを参考として、 $V = 400\text{m/sec}$ とし図-

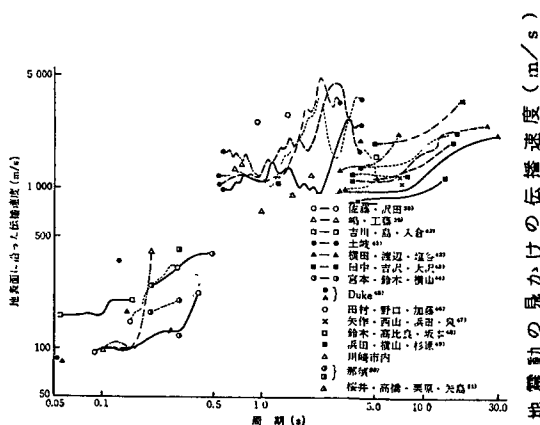


図 - 2 地表面上での伝播速度の観測例

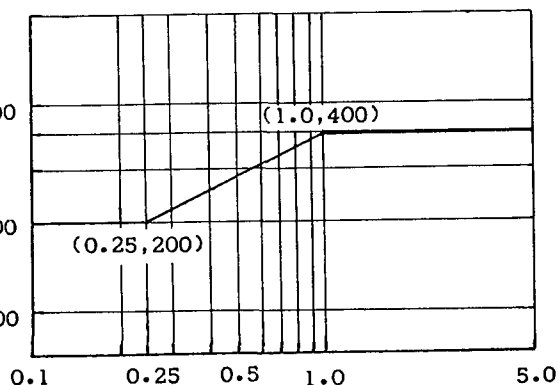


図 - 3 地震動の見かけの伝播速度

3 に示した。大阪地盤における広い周期にわたる表面波の伝播速度と周期の関係は、今後の観測データの蓄積によって修正せらるべきものである。

5) 不整形部；地盤が傾斜あるいは、埋立てなどにより、不整形地盤を成している場所は注意を要する。ガス協指針²⁾においては、傾斜が急変する地盤を基盤の傾斜角 5° 以上としているが、大阪地盤においては、基盤の傾斜角が $3^\circ \sim 5^\circ$ 程度の傾斜を成す地域が、上町台地の周縁部にみられるが、とくに急傾斜を考慮すべき地域は、存在しないと推定される。旧河川跡や、埋立地などの人工改変地は、大阪市内には、多くみられる。これらについては、明治18年の帝国陸軍陸地測量部による地形図から判断してこれらの分布図を作成した。

旧河川跡のような場所の埋立地は、異種地盤の境界においては、それらの相対変位のために、埋設管に甚大な震害が発生したことは過去の事例に多い。このような個所の耐震性は、計算で相対変位を確かめることもできないことではないが、施工上の工夫を行って対処する必要がある。

6) 地盤破壊；地盤破壊の主たる現象は、液状化によるものである。大阪地盤における液状化は、すでに、有史以来の地震被害の中で多く経験しておりその例外たることを得ない。不整形部と共に、液状化のような地盤破壊の予想される地域においては、その事前対策と共に、地震時の事後対策をも考慮しておく必要がある。

7) 地震時変位；地中埋設物に与える変位は、地表面を伝播する表面波によるものである。大阪における2, 3の強震計の変位記録からみると、周期2~3秒の長周期の震動については、実体波の振幅に比べて表面波のものは、1.1~1.5倍程度その最大震幅は大きい。しかし、1秒以下の波動に関しては、大阪地盤で得られている加速度記録から求めた実体波部分と表面波部分の振幅比は、ほぼ等しい事例もあり、取扱う周期は主として1.0秒以下の波動であることから、今回は、重複反射理論による SHAKE III で地表面変位を求めて地震時の変位とした。

8) 設計地震動；設計地震動は、表-1に示したが、過去の歴史地震の発生、活断層の分布などから3つのタイプの地震を考慮すると、これらの地震応答値を予備的に求めた結果、ほぼ最大値を与える $\text{Mag} = 7.2$ による設計地震動を基礎としてゾーニングを行った。

9) 大阪地盤の動特性；大阪地方は、その基盤たる花崗岩が G.L. -600~1400 m に存在し、その上に第3紀層の二上層群、第4紀層の大阪層群、さらに上部洪積層、沖積層と厚い堆積層が存在している。最近収集された、大阪地盤のPS検層結果から、大阪地方の地盤をその成因などから区分して検討した。大阪市域の沖積層は、凡世界的なウルム後永期後の縄文海進により堆積し、 $\text{Ma} 13$ と呼ばれる海成粘土層を主体としたものである。

しかしその後の海退に伴ない東大阪は、汽水型の堆積条件が卓越し、表層がシルト~細砂質の土や有機物に覆われ、土質工学的に西大阪とかなり異なるとされていることなどから、大阪の沖積層を1. 西大阪、2. 東大阪

表-1 設計地震

設計地震名	タイプ	マグニチュード	震央距離 Km	最大加速度 gal
近距離地震	内陸型	7.2	15	175
中距離地震	内陸型	7.6	70	84
遠距離地震	海洋型	8.3	130	81

※地震基盤面における最大加速度

に分けさらに埋立が急速に行なわれてきた臨海部、及び隆起部としての上町台地の4地区に分けて、沖積層、上部洪積層のそれぞれの粘性土、砂質土層についてのPS検層によるS波の伝播速度の平均値を求めて表-2に示した。

10) ゾーニング； 大阪市域のゾーニングについては、沖積層の厚さは5ケース、層序は7ケースとしてさらに基盤までの深度を5ケースとして、東大阪79ケース、臨海埋立～西大阪48ケース、上町～北大阪19ケースに分けて地盤基盤面の花崗岩に設計用地震波計を実記録を修正して入力して、沖積層の基底に対する地表面の相対変位量を重複反射より求めた。このようにして求めた地表面相対変位量と沖積層の地震時の固有周期の組合せて、市域を22ゾーンに分けた(図-4)。典型的な大阪市内の東西断面での、相対変位、固有周期、地盤ひずみの分布を図-5に示した。上町台地付近では、変位は0.5cm といどと小さく、臨海部においては6cm と大きくなるが、ひずみ分布でみるとそれらの中間部で高くなる場所がある。

11) あとがき

ここでは一般平野部についてのみの結果を示したが、旧河川部、人工改変地などの不整型地盤分布や、地盤破壊の生じる液状化地盤分布図については割愛した。大阪地盤における波動周期～伝播速度の関係については、未だ不明のところが多く、今後さらにデータを集収する必要がある。今回の研究においては、大阪市水道局の方々に御世話になり深く感謝する。

参考文献； 1) 土岐憲三(1981)「構造物の耐震解析」, 技報堂, PP. 61～64

日本ガス協会(1982)「ガス導管耐震設計指針」, PP. 52～54

表-2 層区分とS波速度

		臨海部	西大阪	上町台地	東大阪
沖積層	粘性土	130	160	—	110
	砂質土	200	200	160	190
上部洪積層	粘性土	220	260	290	230
	砂質土	350	370	340	290
大阪層群	上部	300			
	下部	600			
二上層群		800			
花崗岩		2700			

※単位 (m/sec)

表-3 各ゾーンの特徴

地盤厚範囲 (m)	1	2	3	4	5	6
～1.0 (1.0)	～5 (6)	5～3 (4)	3～2 (2.5)	2～1 (1.5)	1～0.5 (0.75)	0.5～ (0.55)
A	1-A	2-A				
B	1-B	2-B				
C	1-C	2-C				
D	1-D	2-D				
E	1-E	2-E	3-E			
F		3-F	3-F	4-F		
G		2-G	3-G	4-G		
H			3-H	4-H	5-H	
I				4-I	5-I	
J						6-I

表-4 地盤ひずみとゾーン

地盤厚範囲 (m)	1	2	3	4	5	6
～1.0 (1.0)	～5 (6)	5～3 (4)	3～2 (2.5)	2～1 (1.5)	1～0.5 (0.75)	0.5～ (0.55)
A	9.42	6.28				
B	10.18	6.78				
C	11.98	7.99				
D	14.36	9.57				
E	18.12	12.08	7.55			
F		15.23	9.52	5.71		
G		20.69	12.93	7.76		
H			18.70	11.22	5.61	
I				18.83	9.42	
J						8.64

※単位 (×10⁻⁴)

図-4 大阪市域のゾーニング



東 図-5 東西断面における固有周期，地表変位，地表ひずみ分布

