

I - B 433 不整形地盤上の既設構造物耐震評価方法の一事例

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 小阪 拓哉  
 同 上 正会員 井上 裕司  
 同 上 フェロー 田中隆一郎  
 京 都 大 学 フェロー 亀田 弘行  
 京 都 大 学 フェロー 大西 有三

1. はじめに

既設構造物の耐震性能の評価においては、地震時の挙動を忠実に表現できるモデル化と適切な外力の設定が重要となる。特に不整形地盤においては、その影響は極めて大きい。本報は、丘陵地にある半地下式構造物の耐震評価方法の一例を紹介するものである。検討の流れを図1に示す。

2. 対象構造物の現地調査

対象構造物の現状を出来るだけ詳細に把握するため、今回、ボーリングによる土質調査、コンクリートコア採取による材料試験、はつりによる配筋調査、ひびわれ・変状調査等を実施した。

3. 地盤の固有周期の算定と地層モデルの設定

不整形地盤においては、地盤の固有周期を精度良く把握する必要がある。今回は常時微動観測を行い、地山の固有周期を算定した。そして、解析値が観測された地山の固有周期に一致するように、N値から求まるせん断弾性波速度を変化させるなど、工学的な判断を加えて、キャリブレーションを行い、図2および表1に示すような地層モデルを設定した<sup>1)</sup>。

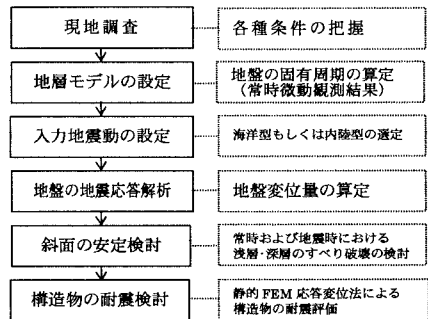


図1 耐震検討の流れ

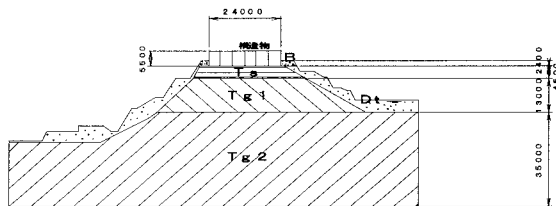


図2 土層断面図

表1 地盤条件のモデル化

	$\gamma$ ( $\text{tf/m}^3$ )	N 値	$V_s$ ( $\text{m/s}$ )	G ( $\text{tf/m}^2$ )	$\nu$	h
B	2.0	50	295	17760	0.48	0.02
Dt	1.7	5	137	3256	0.48	0.02
Ts	1.8	23	228	9548	0.48	0.02
Tg1	2.0	50	300	18367	0.48	0.02
Tg2	2.0	50	500	51020	0.48	0.02

4. 入力地震動の想定

過去の地震動の履歴調査や近傍の断層調査結果から、今回、入力地震動として海洋型地震を想定するものとした。

5. 地盤の地震応答解析

解析諸元を表2に示す。この際、各地層の非線形特性として、建設省土木研究所の式をもとに、別途、1次元地震応答解析により得られた $G/G_0 \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 関係を与えた。

なお、地盤変位量を適切に評価するため、構造物のない状態、いわゆる自然地盤の状態で応答解析を行った。また、構造物の有無による慣性力と地盤変位との位相差の相違を確認した。

表2 地盤の地震応答解析の諸元

解析手法	有限要素法(複素応答解析法)	
解析次元	2次元(平面ひずみ)	
材料特性	部 材	線形
	地 盤	非線形
境界条件	粘性境界	

キーワード：既設構造物、耐震評価、不整形地盤、常時微動観測、静的FEM応答変位法

連絡先：〒532-0004 大阪市淀川区西宮原1-8-29、TEL:06-6393-1107、FAX:06-6393-7527

### 6. 斜面の安定検討

地山斜面の安定性の検討は、常時および地震時において全応力法により行った。この際、常時の検討においては地下水位の設定、また地震時の検討においては設計水平震度の設定が重要となるが、前者においては、過去の地下水位の時系列変化から最高水位のものを抽出するとともに、後者においては、構造物のある状態での地盤の地震応答解析により得られた地山地表面の最大加速度を用い、式1<sup>2)</sup>により算定した。

$$kh = \frac{1}{3} \sqrt[3]{\frac{\alpha}{g}} \quad \text{----- (式1)}$$

ここに、 $kh$ ：設計水平震度  
 $\alpha$ ：地表面加速度(gal)  
 $g$ ：重力加速度(=980gal)

### 7. 構造物の耐震検討

解析手法を表3に示す。解析には静的FEM応答変位法を用いた。静的FEM応答変位法概念図を図3に示す。この際、部材の非線形性は、 $M \sim \phi$ 関係をトリリニアモデルで評価するものとし、地盤変位は、その変位を発生させる等価な荷重に換算して各節点に与えた。また、材料強度等は室内試験の結果を用いた。

表3 静的FEM応答変位法の諸元

解析手法	構造物	骨組解析
	地盤	有限要素法(応答変位法)
解析次元	2次元(平面ひずみ)	
材料特性	部材	非線形(トリリニアモデル)
	地盤	等価線形
境界条件	強制応答変位境界	

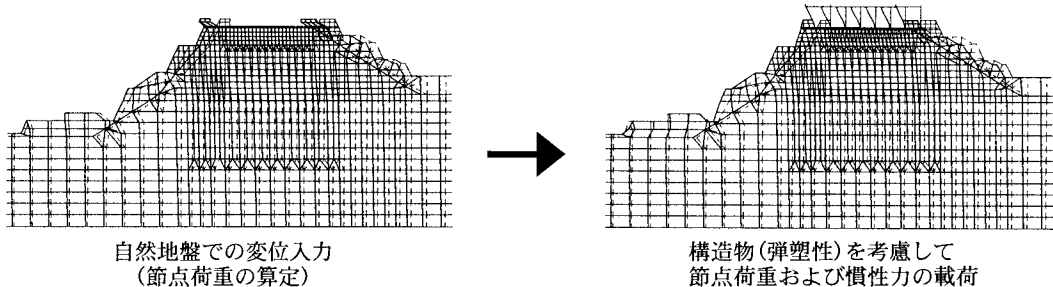


図3 静的FEM応答変位法概念図

ここで、慣性力の影響と地盤変位の影響を適切に評価する必要があるが、地盤の地震応答解析の結果から、構造物の有無に関わらず、慣性力と地盤変位は同位相で挙動していることが確認されたため、今回、地盤の地震応答解析により得られた構造物のある状態での構造物天端の最大慣性力と、その発生時刻での構造物のない状態での地盤変位量との組合せ、および構造物のない状態での地盤の最大変位量と、その発生時刻での構造物のある状態での構造物天端の慣性力との組合せの、いずれか厳しい方で検討することとした。

### 8. おわりに

不整形地盤上の既設構造物の耐震性能を評価する際、まずは地盤の震動特性の忠実な把握が重要である。また、部材および地盤の非線形性が考慮できる動的解析のツールが未だ確立されていない現状においては、本報のように、地盤の応答解析と構造物の静的解析とを組み合わせる手法を用いることにより、構造物の地震時挙動を比較的精度良く表現できるものとする。

#### 【参考文献】

- 1) 常時微動観測を用いた不整形地盤を有する耐震検討のモデル化、井上・田中・小阪・亀田・盛川、第34回地盤工学研究発表会、平成11年
- 2) 重力式岸壁の震度と地盤加速度、野田節夫・千葉忠樹、港湾技術研究所報告、第14巻、第4号、1975年