

I - B 388

梁ばねモデルによる地下構造物縦断方向の耐震計算に用いる地盤ばね定数

建設省土木研究所 正会員 星限 順一
 建設省土木研究所 正会員 運上 茂樹
 建設省土木研究所 正会員 村井 和彦

1. はじめに

地下構造物縦断方向に対する耐震解析法としては、従来から梁ばねモデルを用いた応答変位法が適用されている。この梁ばねモデルによる耐震解析では、地盤と地下構造物の間に働く相互作用を静的なばねで表したものであり、地下構造物に生じる地震時増分断面力を正しく算出するためには、この地盤ばね定数を精度良く推定することが重要となる。地盤反力ばね定数は、周辺地盤の剛性のみならず、地層構成、地下構造物の断面条件、埋設深度等によって変化するものと考えられるため、基本的には有限要素法によりきちんと求めることが望ましい。しかしながら、縦断方向に対する地盤ばね定数を有限要素法で求めるためには、3次元解析を行わなければならないため、設計での実務性を考慮すると、簡便でかつ精度のよい地盤ばね定数の算出法が必要である。そこで、本文では、様々な条件の地下構造物に対して有限要素法により地盤ばね定数を解析し、その結果を基に、地盤ばね定数の簡易算出法について検討した。

2. 有限要素法による地盤ばね定数の解析

地盤ばね定数に影響を及ぼす物理的条件としては、図-1に示すように、地下構造物の断面条件および埋設位置、地盤剛性、地層構成が考えられる。そこで、これらを解析パラメータとして表-1に示す23の解析ケースを設定した。ここでは、地下構造物の断面形状は矩形とし、多層地盤としては2層地盤を対象とした。なお、解析ケース20~23については、解析条件が非現実的な値となっているが、これは後述する地盤ばね定数の評価法の適用性の幅を広げることを目的として行ったものである。

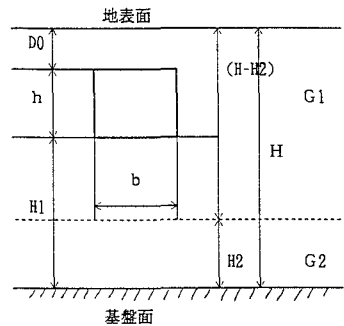


図-1 解析パラメータ

地盤ばね定数は、地下構造物と周辺地盤を有限要素にモデル化し、地下構造物に単位の変位を強制させるのに要する反力から算出した。解析は、地下構造物軸方向、軸直角方向、鉛直方向の3方向とした。

表-1 解析ケース

3. 解析パラメータの影響分析

図-2は、各解析パラメータと地盤ばね定数の関係を示したものである。これより、断面幅 b 、断面高さ h 、土被り D_0 については、これらの値が大きくなるほど地盤ばね定数は3方向とも大きくなる傾向がある。これは、図-3に示すように、地下構造物が上載土と一体となって変形するために、地盤ばね定数がその周長 $(b+2h+2D_0)$ の関数となっているためと考えられる。一方、基盤面から底版までの高さ H が小さいほど地盤ばね定数は大きくなり、これらは概ね反比例の関係にある。また、周辺地盤の剛性 G とは比例関係にあり、2層地盤でもその等価地盤剛性 G_q と概ね比例関係が認められる。

| ケース番号 | 構造物種元 | | | | 地盤種元 | | |
|---------|--------------|---------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------|-----------|
| | 構造物幅 b (m) | 構造物高さ h (m) | 土被り D_0 (m) | 底面高さ H_1 (m) | G_1 (G-II) (t/A) | G_2 (G-I) (t/A) | H_2 (m) |
| 基本検討ケース | 1 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| 比較検討ケース | 2 | 8.10 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 3 | 4.05 | 6.50 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 4 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 5 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 6 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 7 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 8 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 9 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 10 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 11 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| 2層地盤に注目 | 12 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 1800 | 1800 | |
| | 13 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 1800 | 1800 | |
| | 14 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 1800 | 1800 | |
| | 15 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 1800 | 1800 | |
| | 16 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 1800 | 1800 | |
| | 17 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | 24.25 |
| 2層地盤に注目 | 18 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | 19.25 |
| | 19 | 4.05 | 3.25 | 6.00 | 20.0 | 1800 | 9.25 |
| | 20 | 10.00 | 1.90 | 1.90 | 6.00 | 20.0 | 1800 |
| 特殊検討ケース | 21 | 1.90 | 10.00 | 6.00 | 20.0 | 1800 | |
| | 22 | 4.96 | 3.75 | 6.90 | 20.0 | 1800 | 7.25 |
| | 23 | 8.10 | 6.50 | 12.00 | 20.0 | 5000 | |

4. 地盤ばね定数の評価法

上述の影響分析結果を基に、まず軸方向に対する地盤ばね定数 K_i の基本式を設定する。すなわち、有限要素法で求められた K_i と $(b+2h+2D_0)/H_1$ の関係を示すと図-4の通りである。これより、これらの間には一次関数の関係があり、相関係数は0.97であることがわかる。そこで、 K_i の基本式を式(1)で設定することにした。

$$K_i = \{c_i(b+2h+2D_0)/H_1 + c_0\}G \quad (1)$$

キーワード：地盤ばね定数、地下構造物、耐震設計

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市旭1 建設省土木研究所耐震研究室 TEL:0298-64-4966, FAX:0298-64-4424

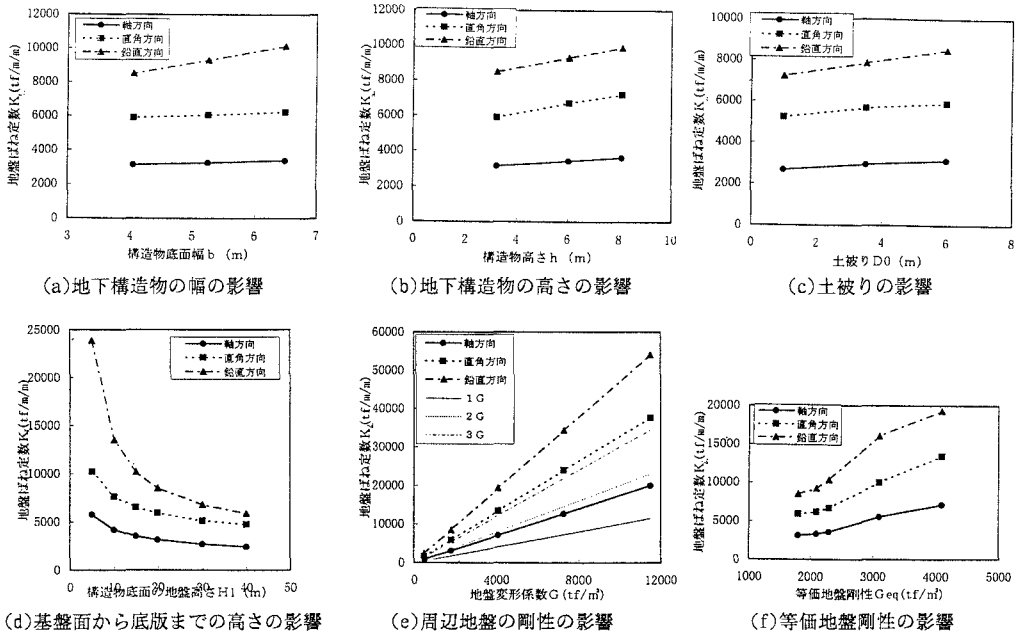


図-2 各パラメータと軸方向地盤ばね定数 K_x との関係

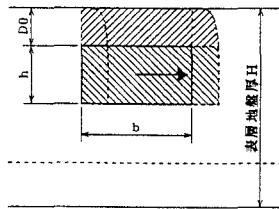


図-3 変形モード

ここで、 c_1 、 c_2 は定数である。そして、表-1に示す23の解析ケースに対して式(1)により回帰分析した結果、係数 c_1 、 c_2 はそれぞれ0.45、1.24と算出された。

また、図-5は有限要素解析で求められた軸直角方向、鉛直方向の地盤ばね定数と軸方向の地盤ばね定数の関係を示したものである。これより、これらの間には高い線形相関があり、相関係数は、軸直角方向で1.00、鉛直方向で0.97となった。そこで、軸直角方向、鉛直方向の地盤ばね定数を式(2)、(3)で表すこととした。

$$K_T = 1.88 K_x \quad (2)$$

$$K_V = 2.80 K_x \quad (3)$$

5. 結論

梁ばねモデルによる地下構造物縦断方向の耐震解析に用いる地盤ばね定数について、有限要素法による解析結果を基に、その簡易評価手法について検討を行った。その結果、軸方向、軸直角方向、鉛直方向に対する地盤ばね定数の評価法として式(1)~(3)を提案するとともに、これらによる算定値が十分な精度を有していることを明らかにした。

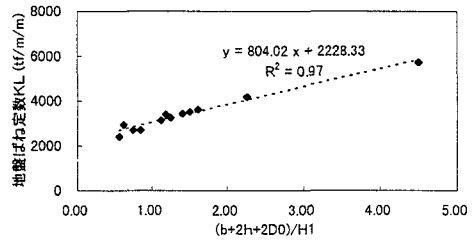


図-4 軸方向に対する地盤ばね定数

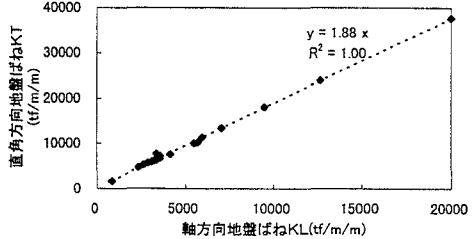


図-5 軸直角方向に対する地盤ばね定数

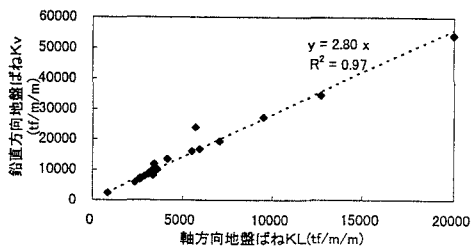


図-6 鉛直方向に対する地盤ばね定数