

I-567 地下構造物横断方向の応答特性に関する基礎的検討

磯奥村組 正員 ○色川 邦彦

同 正員 竹内 幹雄

同 正員 高橋 直樹

1. はじめに

大都市の高度利用化に伴い地下空間の開発が急速に注目され、地下構造物の大深度、大断面等への変貌により、既往の耐震設計手法の妥当性および見直しが要求されている。このような背景のもとに、本検討は、構造物の剛性、質量、土被り厚をパラメーターとした数値解析を規範とし、地下構造物横断方向の応答変位法における適正な外力評価について考察したものである。

2. 解析条件

(1) FEM動的解析 本検討では解析結果の解釈が明確になるように、構造物断面を矩形(正方形)断面、地盤を単層地盤として線形解析を行った。モデル化は地盤を平面歪要素、構造物を梁要素で離散化している。図-1に解析モデルを、表-1に地盤物性及び構造物の断面性能を示す。入力波は、地盤-構造物系の支配的なモードである1次の固有振動数(1.0Hz)を有する正弦波(加速度振幅100gal)を用いた。

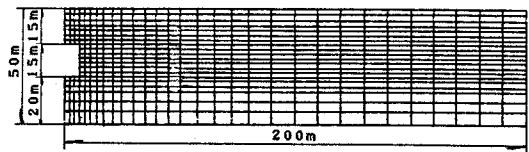
(2) 応答変位法 解析モデルおよび構造物に作用させる外力を図-2に示す。外力は後述するように、構造物と地盤との相対変位差に基づく外力と自由地盤の解析から算定したせん断力および構造物慣性力を作用させた。なお、地盤バネ定数は静的FEM解析から設定した。

3. 解析ケース

構造物の変形性能、質量が同じであれば、構造物は地盤とともに挙動し、構造物に作用する側方動土圧は小さい。このような観点から、みかけ上周辺地盤と同様なせん断変形をする剛性を有する構造物を等価剛性構造物(図表中Gで表示)、構造物が地盤内に占める体積分の地盤の質量を有する構造物を等価質量構造物(表中Mで表示)とした基準モデルを設定し、表-2に示すケースで解析を行った。

4. 解析結果

(1) 構造物の挙動 構造物(等価質量)の剛性を变化させた場合の構造物右側壁の自由地盤との相対変位および側方動土圧の深さ方向の分布を図-3に示す。全体として構造物は地盤と同様に運動し、構造物と地盤との相対変位差と側方動土圧とは密接な関係があることがわかる。すなわち、構造物の剛性が等価剛性より大きい場合、構造物周面に作用するせん断力に対して構造物の変形は自由地盤より小さいため、側方動土圧は構造物を自由地盤に追従させるように作用する。これとは逆に剛性が小さい場合、構造物の変形は自由地盤よりも大きくなるため、側方動土圧は構造物の変形を抑止するように作用する。一方、構造物(等価剛性)の質量を变化させた場合には、自由地盤との相対変位および側方動土圧の変動量は、剛性



境界条件 底面：固定 側面：水平自由、鉛直固定

図-1 解析モデル(土被り厚15m)

表-1 地盤物性および構造物の断面性能

地盤	地質	せん断波速度 V_s (m/sec)	せん断剛性 G (t/m^2)	ポアソン比 ν	減衰定数 h	単位体積質量 γ (t/m^3)
	粘性土	200	6530	0.45	0.05	1.6
構造物	断面積 A (m^2)	断面2次モーメント I (m^4)	弾性定数 E (t/m^2)	減衰定数 h	*1 等価剛性構造物の場合	
	1.2	0.144	9.313×10^4	0.05		

A: 構造物と地盤との相対変位差に基づく外力(側面)
 B: 自由地盤のせん断力(上面)
 C: 自由地盤のせん断力(下面)
 D: 慣性力
 E: 慣性力

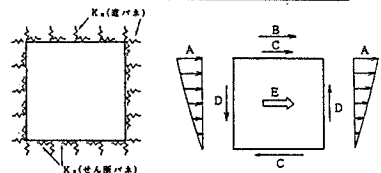


図-2 解析モデルおよび構造物に作用させる外力

表-2 解析ケース

構造物剛性	0.1*G	0.1*G	G	10.*G	100.*G
構造物質量	0	0.1*M	M	2.*M	3.*M
構造物位置(土被り厚)	0m	15m			

* 下線のケースは構造物位置が15mの場合のみ

※: 0.01*G ○: 0.1*G △: 1.0*G □: 10.0*G ◇: 100.0*G

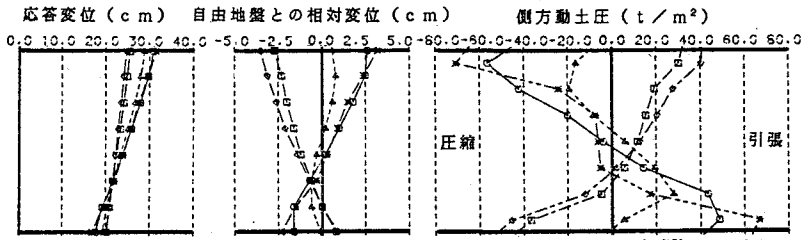


図-3 構造物側壁の応答変位と側壁に作用する動土圧 (FEM解析)

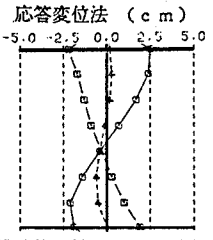


図-5 構造物と地盤との相対変位

を変化させた場合と比較して小さく、ただ平行移動しただけの形状になる。これらの定性的な傾向は構造物の埋設位置によってもあまり変化はみられない。また、図-4に示すように、通常の構造物の範囲では構造物周面に作用するせん断力は自由地盤のせん断力と同等である。以上の結果から、応答変位法の計算では、構造物と地盤との相対変位差に基づく外力と自由地盤の解析から算定したせん断力および構造物慣性力を考慮した。

その結果得られた構造物側壁の構造物と自由地盤との相対変位分布を図-5に示すが、FEM解析結果を良く近似していることがわかる。

(2) 構造物の発生断面力 図-6に構造物に発生した曲げモーメント分布を、図-7に応答変位法での全発生曲げモーメント(右下隅角部)に占める各外力の割合とFEM解析との比較を示す。計算結果は地盤バネ定数に依存すると考えられるが、全体として応答変位法の結果はFEM解析結果を比較的良好に近似できている(誤差1割程度)。また構造物と地盤との相対変位差に基づく外力が全発生曲げモーメントに占める割合は3~5割程度にとどまり、構造物周面のせん断力の割合が5割程度となっており、応答変位法ではこれらの外力を考慮する必要があることがうかがえる。

5. おわりに

以上の検討から、応答変位法における外力評価は、側方動土圧および構造物周面のせん断力を考慮すればFEM解析の結果を比較的良好に近似できるとの見通しを得た。なお本検討は、建設省総合技術開発プロジェクト「地下空間の建設技術の開発(地下構造物の耐震設計技術の開発)」に関する共同研究の一環として行っている研究結果の一部を掲載したものである。

【参考文献】 1)「原子力発電所地盤と屋外重要構造物の耐震性評価手法」土木学会論文集 第356号 原子力土木委員会、2)「地中埋設構造物と地盤との動的相互作用に関する研究」土木学会第43回年次学術講演会 渡辺啓行,末広俊夫

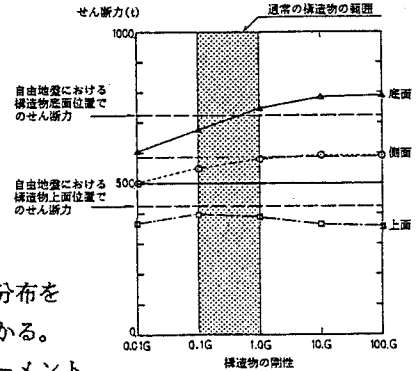


図-4 構造物の剛性に伴う構造物周面せん断力の変化 (FEM解析結果)

○: FEM解析 △: 応答変位法 (側面の構造物と地盤との相対変位差に基づく外力のみ)
□: 応答変位法

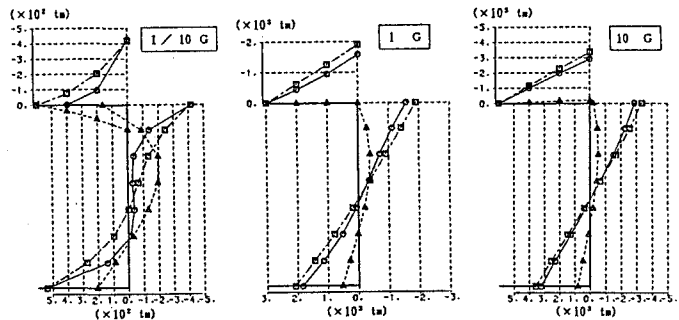


図-6 構造物の発生曲げモーメント

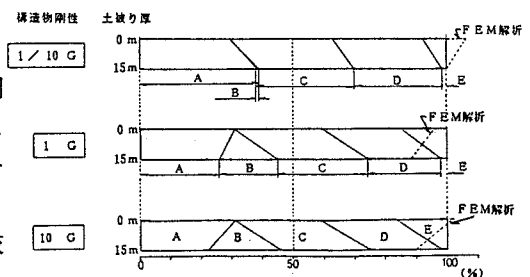


図-7 全発生曲げモーメントに占める各外力の割合