

I-545 地中構造物と地盤との動的相互作用に関する研究 一側方動土圧の算定式の提案一

埼玉大学工学部 正員 渡辺 啓行
東京電力(株) 正員 ○末広 俊夫

1. まえがき

原子力発電所の取水路あるいは海水管ダクトのような地中構造物は高い耐震性が要求されている。しかしこのような地中構造物の歴史は浅いため大きな震害を受けたことがなく、地震観測記録が少ない。特に、横断面における動土圧は測定が困難であるため、ほとんどないのが現状である。著者らは主に地中構造物側壁の動土圧に着目して、有限要素法による数値解析手法を開発し、次いで模型振動実験を実施して地中構造物の地震時挙動を解明しつつある。今回は数ケースの数値解析を行い、さらに理論的に動土圧の算定式を導いた。そして、数値解析の結果を基に地盤反力係数を決定して動土圧の算定式を提案する。

2. 解析手法および解析モデル

動的応答解析には著者らが開発した2次元FEMプログラムを用いた。図1に地中構造物—地盤系のモデルを示す。このモデルは模型レベルのものであり地盤厚さ66cm、幅120cmである。表1にモデル地盤の土質定数および加振条件を示す。ここでは、簡単のために線形解析とした。地中構造物モデルは曲げ剛性EIと単位長さ質量ρAをパラメータとする表2に示す12種類を用いた。

3. 解析結果

動的応答解析の結果より地中構造物モデル側壁の動土圧分布(入力動について同時刻)を図2(a),(b)に示す。これより動土圧は曲げ剛性EIに大きく依存し、質量にはあまり影響されないことがわかる。

4. 動土圧算定式

動土圧の発生機構を地中構造物と地盤の変形性能の差による相対変位と考えると数値解析の結果を説明することができる。これに従い以下のように考える。

αというEIに依存するパラメータを導入すると、側壁の動土圧の合力Pは次式で与えられる。

$$P = \frac{1}{2} T_v + \frac{1}{2} F^* - \frac{1}{2} \alpha T_L$$

ここで T_v , T_L は地中構造物の上面、底面のせん断力、 F^* は慣性力である。理論的に $\alpha = 1$ のとき $P = 0$ となる。数値解析の結果を用いて上式より α を定め、無次元化した曲げ剛性 β との関係および P と β との関係を示したものが図3である。図4に動土圧の分布(a)と、地中構造物と地盤の相対変位(b)を示す。これらは良い対応を示しており、これらを両軸にとってプロットしたのが図5である。これより勾配を”地盤反力係数”として回帰式を求めると次式を得る。

$$\sigma^* = A + B \Delta u \quad \begin{matrix} A = 0.08681 & (\text{grf/cm}^2) \\ B = 21450.0 & (\text{grf/cm}^3) \end{matrix}$$

切片Aは数値的に現れるものでゼロと考えられる。したがって、地中構造物と地盤の相対変位に地盤反力係数を乗ずることにより動土圧を算定できることがわかった。これにより動土圧を算定したものが図4(c)である。このときの条件は表1に示す通りである。

5. まとめ

FEMによる数値解析を行い、その結果を用いて理論式の係数を決定し、地中構造物側壁に作用する動土圧の算定式を提案した。

表2 地中構造物モデルのEIおよびρA

Model	EI(kgf·cm ²)	ρA(gr/cm)
M 1	1237.43	0.952
M 2	15334.1	2.38
M 3	716730.0	12.56
M 4	52080.0	6.3
M 5	26040.0	6.3
M 6	104160.0	6.3
M 7	52080.0	3.15
M 8	52080.0	12.6
M 9	5208.0	6.3
M 10	520800.0	6.3
M 11	52080.0	2.1
M 12	52080.0	18.9

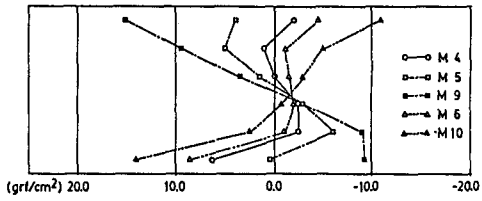


図2 (a) 動土圧分布 (パラメータ EI)

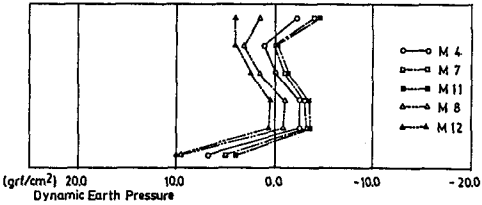


図2 (b) 動土圧分布 (パラメータ ρA)

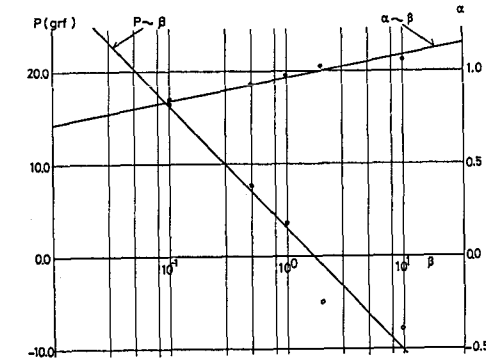


図3 無次元化した剛性 (β) と動土圧合力 (P) および係数 (α) との関係

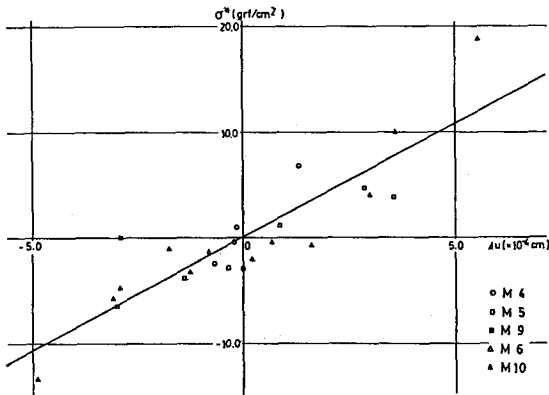


図5 相対変位—動土圧関係

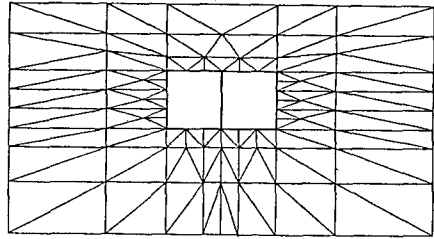


図1 解析対象地中構造物—地盤系モデル

表1 モデル地盤の土質定数および加振条件

模型構造物		地盤	
a	15.5 cm	H	66.0 cm
b	16.6 cm	G	123.4 kgf/cm ²
ρA	6.3 gr/cm	ρ	1.369 gr/cm ³
	EI (kgf/cm ²)	h	0.110
M9	5208	加振条件 入力加速度 50.0 g±1 振動数 35.9 Hz	
M5	26040		
M4	52080		
M6	104160		
M10	520800		

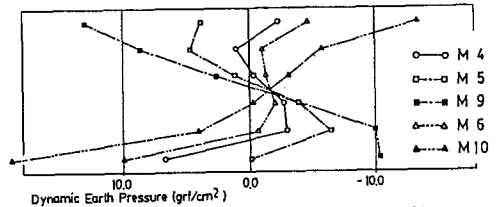


図4 (a) 動土圧分布 (数値解析)

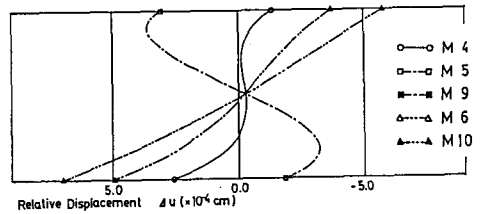


図4 (b) 地中構造物と地盤の相対変位

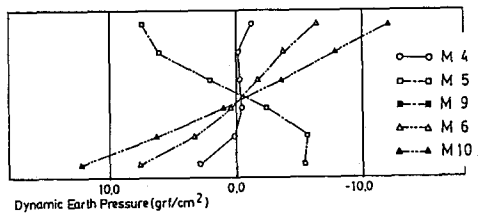


図4 (c) 動土圧分布 (推定値)