

## I-649

## 応答変位法による大深度鉛直地下構造物の耐震解析

鹿島技術研究所 正会員○上野健治

同 上 正会員 大保直人

同 上 正会員 林 和生

1. はじめに

我々は、深さ50mを超える大深度に構築されるシールド発進立坑のような鉛直地下構造物の地震時挙動及び、耐震設計手法に関する研究を実施している<sup>1)</sup>。地下構造物、特に立坑のような線状地下構造物の耐震設計手法として、応答変位法が一般に用いられている。しかし、従来の地震時土圧(3.(1)a.参照)のみ考慮した応答変位法では、動的FEM解析等による詳細な解析値と異なった解析結果となることがある。

今回、適切な地震荷重及び境界条件を考慮した応答変位法により大深度鉛直地下構造物の耐震解析を実施し、動的FEM解析結果とよい対応が得られたので報告する。

2. 検討対象構造物及び解析モデル

検討対象構造物として、東京湾周辺に構築される深さ100mのシールド発進立坑を想定し、図-1に示すような解析モデルを設定した。構造物は、シェル要素により3次元的にモデル化し、コンクリートの標準的な物性値を設定した。周辺地盤は、東京湾周辺の一般的な地盤を想定し、N値10の軟弱層とN値50の硬質層から成る2層地盤とした。

3. 解析条件

(1) 地震荷重 解析に用いる地震荷重として以下の荷重を考慮した。荷重の作用方法を図-2に示す。

a. 地震時土圧: 周辺地盤(自然地盤)の構造物底面位置に対する相対変位に地盤ばね定数を乗じて算定する。なお、自然地盤の地震時変位は、一次元重複反射解析(SHAKE)により算定した。

b. 地震時周面せん断力: 以下の式により算定する。

$$\tau(z, i) = G \cdot \{du(z)/dz\} \cdot \cos(\theta i) \quad (1)$$

ここに、 $\tau$ は地震時周面せん断力、 $z$ は地表面からの深さ、 $i$ は水平断面での位置、 $G$ は地盤のせん断弾性係数、 $u$ は地盤の相対変位、 $\theta i$ は $i$ における地震時土圧作用方向との成す角度を表す。

(2) 境界条件 構造物と周辺地盤の相互作用を考慮するため、図-1に示すように、構造物壁面に対して、法線方向と接線方向の2種類の地盤ばねを構造物全周にわたって配置した。地盤ばねは、道路橋示方書IV下部構造編の地盤反力係数算定式を用い、N値から算定した。

4. 構造物に発生する地震時応力

表-1に示すように、従来の応答変位法(CASE1)、地震時周面せん断力を考慮した応答変位法(CASE2)による静的解析及び、それらの検証のため、軸対称FEM動的解析(CASE3)を実施した。

構造物を構成するシェル要素に発生する地震時応力のうち、鉛直方向軸応力とせん断応力の深さ方向分布を図-3に示す。CASE2とCASE3は、よい対応を示しているが、CASE1のせん断応力は、CASE2、3の1/2程度の値となっている。これらの結果から、以下のような知見を得た。

a. 地震荷重として地震時土圧のみ考慮する従来の応答変位法による解析では、構造物に発生するせん断応力が動的FEM解析結果の1/2程度の値となる。

b. 構造物壁面全体にわたって、法線・接線方向の地盤ばねを配置し、地震荷重として地震時土圧及び、地震時周面せん断力を考慮した応答変位法により、動的FEM解析値と同等の結果が得られる。

5. あとがき

これまで、解析的な検討を実施してきたが、実構造物においては、地盤-構造物間におけるすべり、剝離といった現象も予想されるため、地震観測等の実測データを用いて、今回の解析の妥当性について検討を

表-1 解析ケース一覧

解析ケース	解析方法	考慮する地震荷重	境界条件
CASE1	応答変位法	土圧	壁面接線方向の地盤ばねを考慮しない
CASE2	応答変位法	土圧、周面せん断力	壁面・底面の法線・接線方向のばねを考慮
CASE3	軸対称FEM動的解析	構造物底面に地震波入力	構造物・地盤とも有限要素で構成

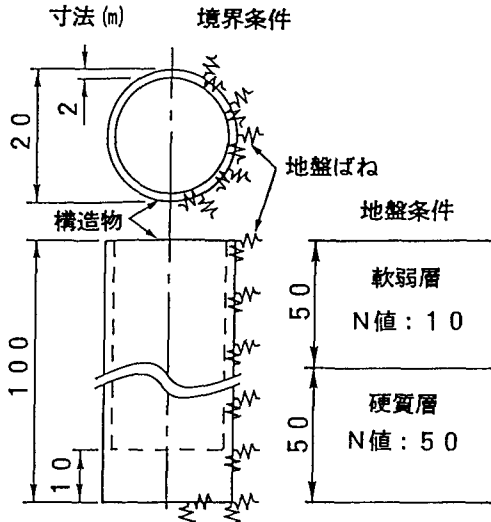
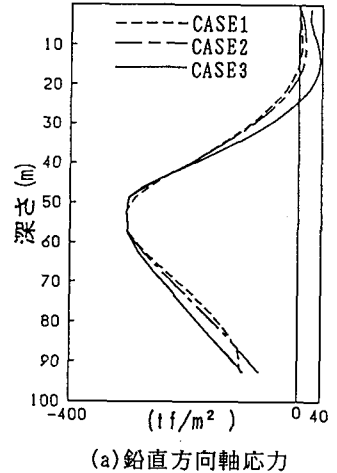


図-1 解析モデル



(a)鉛直方向軸応力

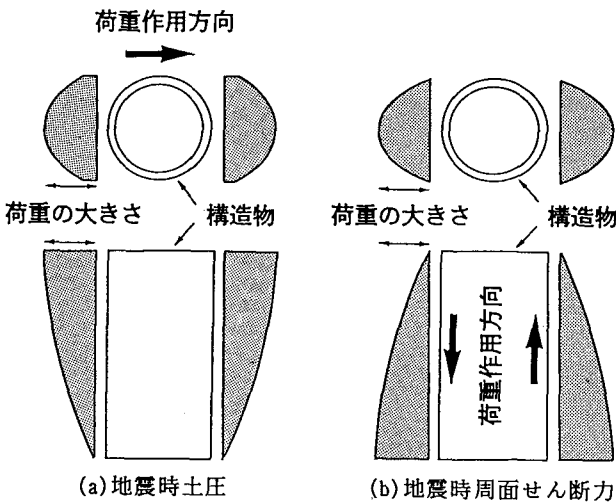
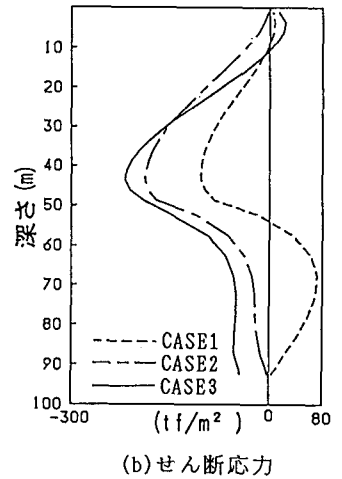


図-2 地震荷重の作用方法



(b)せん断応力

図-3 構造物に発生する地震時応力

進める予定である。なお、本研究は建設省総合開発プロジェクト「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実施したものである。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所・先端建設技術センター・奥村組・鹿島建設・鴻池組・清水建設・大成建設・飛鳥建設・間組・フジタ：地下構造物の耐震設計技術に関する研究 平成元，2年度共同研究報告書、1990，1991年