

I-572

幅広地下構造物と周辺地盤の地震時挙動

飛島建設(株) 正会員 森伸一郎
飛島建設(株) 正会員 池田隆明
飛島建設(株) 正会員 松島健一

1. はじめに

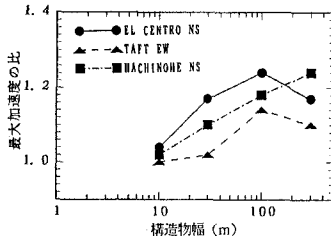
我々は、将来の地下道路・地下街・地下駐車場・地下工場等の地下都市施設を想定し、水平2方向に広がりを持ち、高さに対して幅の広い大規模地下構造物（以後、幅広地下構造物と呼ぶ）の耐震設計法に関する研究を行っている。特に、上載土による構造物上面に作用する水平方向荷重と構造物に発生する断面力に注目している。本論文では、地震時の幅広地下構造物および周辺地盤の地震時挙動の特性と構造物断面力に対する設置深度と幅高さ比の影響を、線形FEM解析と線形1次元重複反射理論により検討した。なお、ここでは構造物側面の拘束による入力損失は無視している。

2. 検討対象とした地盤・構造物

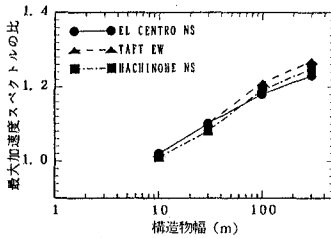
検討に当たり、厚さ40m、固有周期1秒の表層地盤と弾性基盤からなる2層系地盤と、高さ5m×幅10mの箱型中空構造物が横に連続して成る多連ボックスカルバート構造物を想定した。想定した地盤を図-1に示す。設置深度10mについて幅を10～300mに変化させて幅高さ比、幅100mについて設置深度を5～30mに変化させて設置深度の影響を検討した。幅高さ比の影響を検討したケースを図-2に示す。なお、構造物の断面厚は80cmを基準値とした。解析の対象とした振動数は0～8Hzである。解析モデルの一例を図-3に示す。構造物による周辺地盤の変化は、主に構造物中心直上の地表の挙動で見るとし、以後、中心地表と略す。また、応答解析にはEl Centro 1940 NS成分、Taft 1952 EW成分、Hachinohe 1968 NS成分の原波形を3つの入力波として用いた。

3. 幅高さ比の影響検討

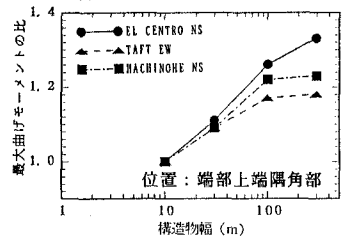
設置深度が10mの場合について幅高さ比の影響を検討した。図-4に構造物幅に対する(a)最大加速度、(b)最大加速度応答スペクトル値、(c)最大曲げモーメントのそれぞれの比の変化を示す。幅が広くなるに



(a) 中心地表の最大加速度の比
基準：自由地表



(b) 中心地表の最大応答スペクトルの比
基準：自由地表



(c) 最大曲げモーメントの比
基準：幅10m

図-4 構造物幅に対する応答の変化

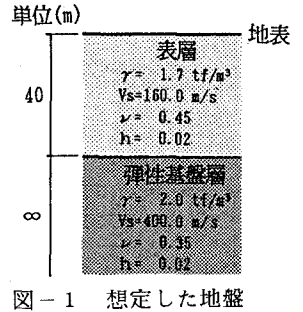


図-1 想定した地盤

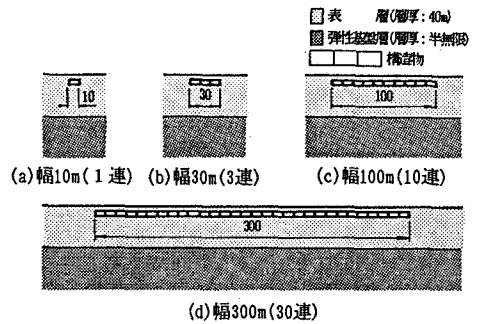


図-2 構造物幅の違いによる検討ケース

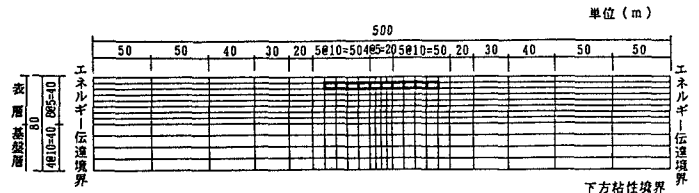


図-3 FEM解析モデルの一例
(幅100m、設置深度10m)

つれて、応答は増加し、断面力の変化の様子は最大加速度よりも最大加速度応答スペクトル値の変化の様子に似ている。

図-5に中心地表の自由地盤地表に対する加速度応答スペクトル比の3波の平均を示す。地盤の2, 3次に相当する周期領域で変化がみられる。特に、地表の最大応答は地盤の2次固有周期付近で卓越する。

4. 設置深度の影響検討

構造幅が100mの場合について設置深度の影響を検討した。図-6に中心地表の自由地盤地表に対する加速度応答スペクトル比の3波の平均を示すが、設置深度によって大きく異なるのがわかる。地盤の2次固有周期に相当する周期帯域では設置深度10mの場合約1～2割増加するが、5mの場合ほとんど変化がなく、30mの場合むしろ約1割減少する。中心地表の応答が、設置深度によっては、増幅される場合と低減される場合とがあるという結果は、設置深度が重要であることを示唆している。この原因を探るため、構造物幅が100mの場合を想定して、構造物の見かけの重量と見かけのせん断剛性を有する層に置換して、1次元重複反射理論により検討した。なお、この検討に用いた2次元モデルでは、32Hzまで考慮できるようにメッシュ分割した。図-7に設置深度が10mの場合の1次元と2次元の中心地表の伝達関数を示す。2次元モデルでは側壁による地盤拘束に基づく入力損失効果が14Hz以上で顕著に見られるが、0～8Hzでは両者は良く一致している。すなわち、この場合の増幅現象は、構造物の見かけのせん断剛性が周辺地盤の62%であることに起因する動的相互作用によるものであると言える。また、1次元重複反射理論が有効な検討手段であることがわかった。

5. 構造物の剛性の影響検討

以上の結果を踏まえて、構造物の壁・版の断面厚をパラメータとし、構造物の剛性の影響を1次元重複反射理論により検討した。図-8に解析結果を示す。構造物の断面厚を変えて、見かけの剛性を地盤の剛性より大きくすれば、上載土の応答は低減することがわかる。

6. 結論

- ① 構造物直上の地表面の応答は、設置深度によって大きく異なり、設置深度によっては、増幅される場合と低減される場合とがある。
- ② 設置深度が10mの場合、構造物直上の地盤は、幅が広がるにつれて応答は大きく増加し、断面力の変化の様子は最大加速度よりも最大応答スペクトル値の変化の様子に似ている。
- ③ 幅がある程度大きいと、1次元解析で応答を評価できる。
- ④ 構造物の壁厚を変えて、見かけの剛性を地盤の剛性より大きくすると上載土の応答は低減できる。
- ⑤ 構造物端部より水平に構造物幅の1/2だけ離れた地表では、地下構造物の影響は無視できる。

謝辞：本研究は建設省総合プロジェクト「地下空間の建設技術の開発」のうち『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。ご指導頂いた建設省土木研究所耐震研究室川島一彦室長はじめご協議頂いた各委員の皆様に感謝の意を表します。

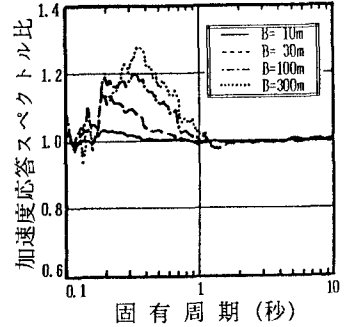


図-5 構造物直上の地表の応答に対する構造物幅の影響

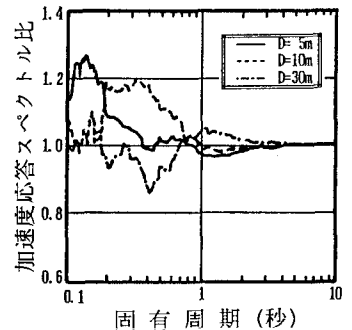


図-6 構造物直上の地表の応答に対する設置深度の影響

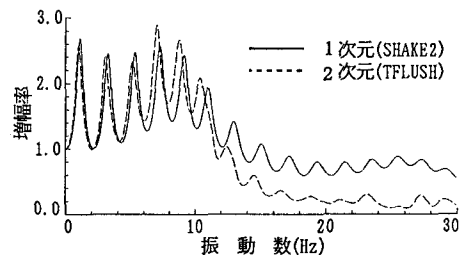


図-7 1次元モデルと2次元モデルの伝達関数の比較（構造物中心直上の地表）

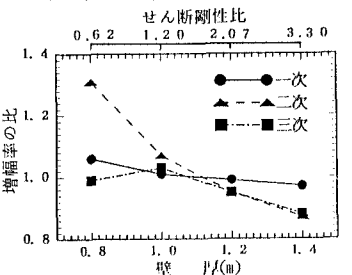


図-8 断面厚の影響（幅100m、深度10m）