

飛鳥建設（株） 正会員 ○ 池田 隆明
同 上 正会員 森 伸一郎

1. はじめに

著者らは、高さに対して幅の広い地下構造物（幅広地下構造物と略す）の耐震設計法に関する研究を行ってきた。これまでに、成層地盤中の幅広地下構造物に対して動的FEM解析（FEMと略す）を行い、その結果を基準として、応答変位法の適用性について検討した。その結果、地震時における断面力の増分（断面力と略す）については①応答変位法で考えられている地震荷重（相対変位）のみでは、FEMに比べて過小評価すること、②地震荷重に構造物の上・下面に作用するせん断力を加えることによりFEMと同程度の断面力を評価できること、がわかった。^{1)~3)} しかし、実際の地下構造物では構造物の幅が広がるにつれて、構造系の規模が大きくなるとともに、柱や壁が輻輳する複雑な構造形態となる結果、全体の構造系・荷重系をモデル化して解析することが困難になると考えられる。

ここではまず、要因や成分に着目して分解した地震荷重と断面力との関係や影響度を整理した。次に影響の大きい地震荷重だけで静的骨組解析により耐震計算を行い、無視した地震荷重を補うために補正係数を乗ずるという考え方を提案するとともに、その耐震計算法の適用性を検討した⁴⁾。

2. 検討条件

これまで^{1)~3)}と同様に、厚さ40m、一次固有振動数1Hzの表層地盤とインピーダンスの比が約1/3となる弾性基盤からなる2層系の水平成層地盤と、高さ5m、幅7.5mの箱型中空構造が横に連続してなる多連ボックスカルバート構造物を対象に、FEMと静的骨組解析により比較検討した。構造物の幅と高さの比（幅高さ比と略す）は1.5、4.5、15、45の4種類とし、構造物の断面設計では地盤に対する構造物の見かけのインピーダンスの比²⁾が1以上に

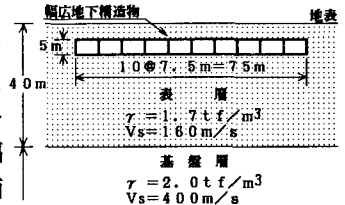


図-1 地盤-構造物系（幅高さ比15の場合）

なるようにした。図-1に地盤-構造物系の一例を示す。地震荷重の影響を検討するため、地震時に地下構造物に作用すると考えられる荷重を要因・成分により①構造物の側面に作用する地盤と構造物との相対変位に起因する地震時土圧、②構造物に作用する慣性力、③構造物の上・下面に作用するせん断力、④構造物の側面に作用するせん断力、の4つに分解する。これを表-1のように単独もしくは組合わせて静的骨組解析を行い、得られた断面力をFEMの結果と比較し、各地震荷重の寄与率を求める。

地震荷重の種類	静的骨組解析に用いる地震荷重					
	①	②	③	④	⑤	⑥
①土圧（相対変位）	○	○				
②慣性力			○			○
③上・下面せん断力		○		○		○
④側面せん断力	○				○	

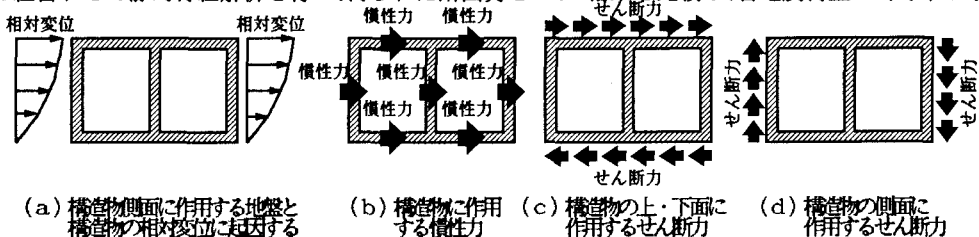


図-2 静的骨組解析に用いる地震荷重の種類

3. 検討結果

図-3(a)~(f)に、地震荷重毎の構造物の幅高さ比と寄与率との関係を、全部材の中で最大断面力を発生する部材（最大部材）と構造物の右下端の部材（端部部材）について示す。軸力については今回は割愛する。

静的骨組解析の地震荷重に地震時に構造物に作用すると考えられる全荷重（地震荷重①）を用いた場合、幅高さ比によらずFEMの結果と比較的良好な対応を示す。応答変位法の地震荷重である相対変位（地震荷重②）の寄与率は、幅高さ比が小さい場合は0.3程度あるが、幅高さ比が大きくなるにつれて低くなっている。これとは対称的に慣性力（地震荷重③）は、幅高さ比が小さい場合にはほとんど寄与しないが、幅高さ比が大

きくなるにつれて寄与率は高くなっている。従って幅広地下構造物に対しては慣性力が相対変位よりも重要な地震荷重となる。地下構造物に対する主たる地震荷重と考えられる構造物の上・下面に作用するせん断力(地震荷重④)の寄与率は、幅高さ比が4.5を超えると0.7以上となる。構造物の側面に作用するせん断力(地震荷重⑤)の寄与率は、幅高さ比によらず、直接荷重が部材に作用する端部部材では0.2程度であるが、最大部材においては0.1以下と低い。

以上の検討により、地震荷重のうち、慣性力と上・下面せん断力の2つの地震荷重を組合せて(地震荷重⑥)同様の検討を実施した。その結果、幅高さ比が4.5を越えると寄与率は最大部材で0.9~1.0、端部部材で0.65~0.95となることがわかった。そのため、この荷重による寄与率の最低値の逆数(最大部材:1/0.9≒1.1、端部部材:1/0.65≒1.6)を上述の2つの地震荷重を組合せて得られる断面力に乘じれば、FEMと同程度、もしくはそれ以上の断面力を簡単に得られる。

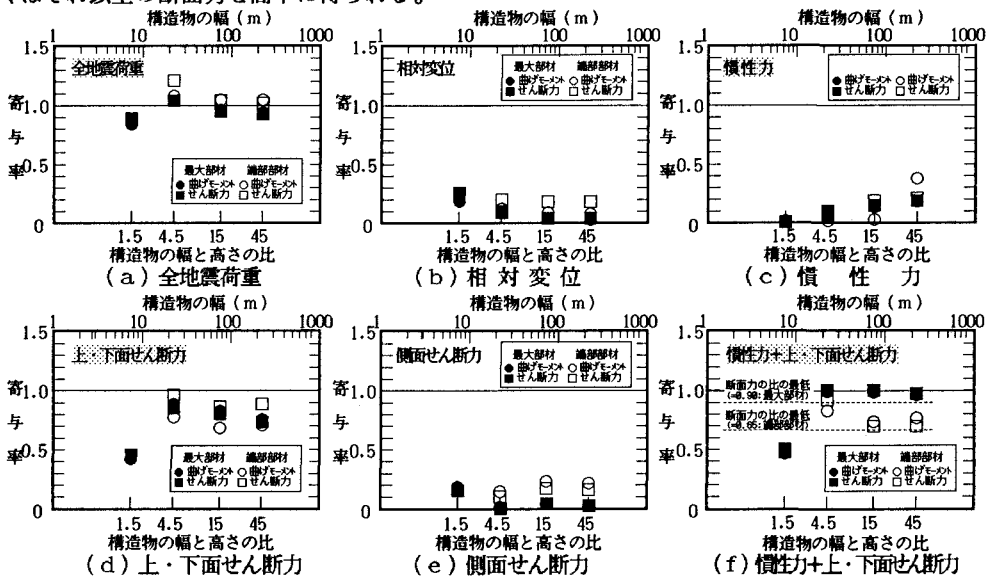


図-3 地震荷重毎の幅高さ比と地震荷重の寄与率との関係

4. 幅広地下構造物に対する簡易な耐震計算法の検討

箱型中空構造が横に連続してなる多連ボックスカルバート構造の地下構造物で、幅高さ比が5以上の地下構造物に対しては、以下に示す簡易な方法で耐震計算を行えることがわかった。構造物の側面に作用する地震荷重を無視することにより全体系をモデル化する必要がなくなり、大規模な構造物の簡易な耐震計算法として有用と考えられる。

- ①耐震計算は静的骨組解析により行い、その地震荷重には構造物の側面に作用するもの(相対変位、側面せん断力)を無視し、慣性力と構造物上・下面に作用するせん断力を用いる。
- ②無視した荷重を補うため、得られた断面力に図-2に示す補正係数を乗ずる。補正係数は、通常1.1とするが、構造物の側面で地盤と接する部材は、部材に直接作用する荷重を無視しているため1.6とする。

表-2 補正係数

部材	補正係数
通常	1.1
側面で地盤に接する部材	1.6

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。研究において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をはじめ、ご討議頂いた参加各社の委員の皆様に感謝の意を表します。

参考文献: 1) 飛鳥建設(株): 地下構造物の耐震設計技術に関する平成元年度~平成2年度共同研究報告書、1990.3、1991.3、2) 森伸一郎、池田隆明、松島健一、立花秀夫: 幅広地下構造物の地震時挙動と地震荷重、第21回地震工学研究発表会講演概要、1991.7、pp473-476、3) Shin'ichiro Mori, Takaaki Ikeda, Kenichi Matsushima, Hideo Tachibana: Behavior of Flat Underground Structures During Earthquakes and Seismic Loads Acting on Them, Proc. of the 4th U.S.-Japan Workshop on Earthquake Disaster Prevention for Lifeline Systems, 1992.8., pp207-218、4) 飛鳥建設(株): 地下構造物の耐震設計技術に関する平成3年度共同研究報告書、1992.3