

## I - 430 箱型地中構造物の地震時挙動と耐震計算法に関する実験的検討

大成建設（株）○正会員 渡辺和明  
同 上 正会員 志波由紀夫

## 1. はじめに

地下駐車場のような箱型地中構造物の耐震計算法としては、指針<sup>1)</sup>で応答変位法の適用が規定されている。この耐震計算法では、構造物の長手・短手方向の両方向について、2次元的に耐震計算することが原則とされている。本研究では、3次元的な形状を持つ箱型地中構造物の地震時挙動を模型実験などにより明かにし、構造物の長手・短手方向などの2次元的な耐震計算では、十分把握できない留意すべき点について検討した。

## 2. 模型実験の方法

図-1に示す模型地盤（60×40×厚さ10cm）中に、2種類の形状の箱型構造物を考えた。

①3Dモデル；3次元的な形状を考慮したモデル（7.5×15×高さ5cm）

②2Dモデル；3Dモデルで短手方向の1対の側壁がない、カルバート形状のモデル（7.5×40×高さ5cm）

表-1に模型実験に用いた材料および物性値を示す。この実験は、一般的な耐震計算法の検討を行うことを目的としているため、厳密な相似則を満足したものではない。

各モデルに対して、地盤の一次固有振動数による定常加振を行い、周辺地盤の挙動や構造物に生じる応力などを計測した。また模型実験の結果は、同一条件下で数値実験（3次元FEM）を実施し補完した。

## 3. 結果

周辺地盤の変形挙動、構造物に作用する地震力、および構造物に生じる応力に着目し、両モデルの応答結果を比較した。なおそれぞれの応答結果は、模型地盤の地表面中心が最大変位を示す時刻で整理した。

①周辺地盤の変形挙動（図-2参照）；地盤模型のX方向を対象に変位分布をまとめた。2Dモデルでは、地盤全体が自然地盤の1次モードとはほぼ同様にせん断変形している。これに対して3Dモデルでは、加振方向に存在するせん断壁の大きな剛性の影響で、構造物および周辺地盤のせん断変形が小さく抑えられている。

②作用する地震力（図-3参照）；作用する地震力は、数値実験において、構造物に接する地盤要素に生じる応力値によって評価した。なお3Dモデルでは、構造物の中央部とせん断壁近傍（端部）とで評価した。直応力は、3Dモデルで地盤と構造物の変位差が大きくなるため、2Dモデルに比べて全体的に大きく、特に上床と側壁などの部材の接合部付近で大きくなる。せん断応力（周面せん断力）は、自然地盤に生じるせん断応力と比較して、2Dモデルでは同程度であるが、3Dモデルでは各部材によって若干大きさが異なる。これは構造物の3次元的な変形挙動による影響と考えられる。

③構造物に生じる応力（表-2参照）；構造物の短手方向の横断面に着目すると、2Dモデルでは軸応力に比べて曲げ応力が支配的となる。これに対して3Dモデルの各部材では、2Dモデルに比べて軸応力の差はあまり見られないが、せん断壁の影響で曲げ応力が減少する。またせん断壁には無視できない大きさのせん断応力が生じ、耐震計算上の重要な照査項目の一つとなるとと思われる。

## 4. まとめ

箱型地中構造物に対して、2次元および3次元モデルを設定し模型実験を実施した。両者の実験結果の比較より以下の点が明らかになった。3次元的な形状を持つ箱型構造物では、加振方向に存在する剛性の大きなせん断壁の影響で、①構造物および周辺地盤の変形が自然地盤の変形と異なってくる。②各部材に生じる曲げ応力は2次元モデルに比べて小さくなるが、せん断壁自体に大きなせん断応力が生じる。

今後、3次元的な形状を考慮した合理的な箱型構造物の耐震計算法を検討する予定である。

参考文献 1) 日本道路協会：「駐車場設計・施工指針同解説」、1992年11月。2) 渡辺、志波：箱型地中構造物に作用する地震力と耐震計算法に関する研究、第9回地震工学シンポジウム（投稿中）、1994

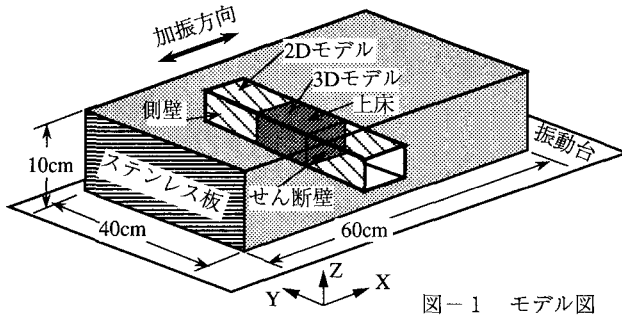


図-1 モデル図

表-1 モデルの物性値

|                            | 地盤              | 構造物                  |
|----------------------------|-----------------|----------------------|
| 単位重量(gf/cm <sup>3</sup> )  | 1.00            | 2.89                 |
| ヤング率(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0.42            | 16,800               |
| ポアソン比                      | 0.490           | 0.403                |
| 減衰定数(%)                    | 5.5             | 3.0                  |
| 模型材料                       | ポリエチレン<br>グリコール | カーボネート<br>(厚さ 0.1cm) |

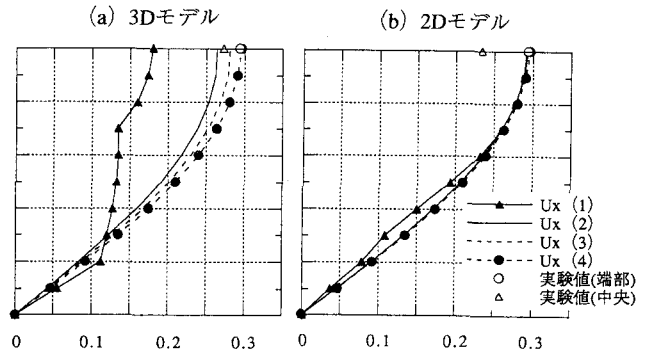
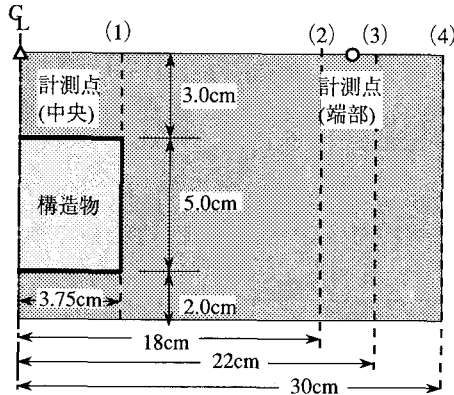


図-2 地盤の変位分布

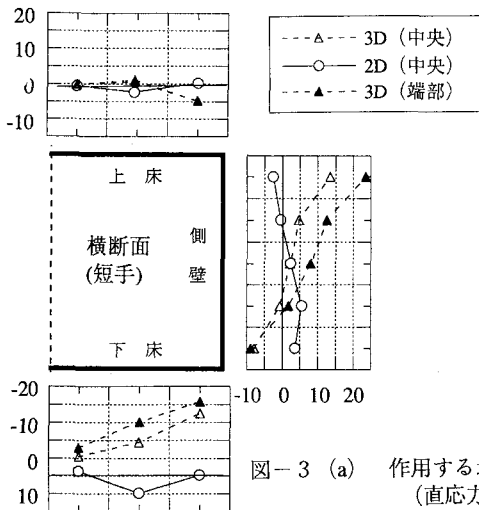


図-3 (a) 作用する地震力  
(直応力)

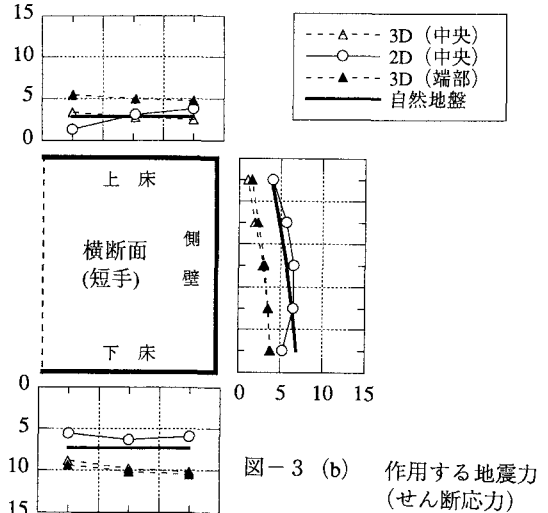


図-3 (b) 作用する地震力  
(せん断応力)

表-2 構造物に生じる応力の比較

| 部材<br>応力                       | 上床                               | 下床                               | 側壁                               | 部材<br>応力                        | せん断壁                 |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| 軸応力<br>(kgf/cm <sup>2</sup> )  | 2D 0.80 (0.12)<br>3D 0.35 (0.31) | 2D 0.69 (0.15)<br>3D 0.30 (0.17) | 2D 0.23 (0.14)<br>3D 0.43 (0.31) | せん断応力<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2D<br>3D 0.91 (1.26) |
| 曲げ応力<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 2D 9.8 (9.0)<br>3D 0.3 (1.4)     | 2D 9.7 (10.5)<br>3D 0.3 (2.4)    | 2D 7.1 (11.9)<br>3D 0.9 (2.1)    | ( ) ; 数値実験の結果                   |                      |