

地盤の不整形性を考慮した耐震設計手法

山地形が周辺地盤に与える影響の評価

Eseismic Design Based on Topographic Irregularities

Evaluating the effect of mountainous topography on the surrounding ground

1 研究の背景

山地形のように不整形な地盤では、平地と異なった振動特性を示すことが指摘されており、この種の解析的検討も行われているが、実証的見地に立った研究は少ない。また、複雑な3次元性を有する地形に対して、その形状をそのまま3次元的にモデル化し、解析的な検討を実施するのは、計算機の容量、コスト等の面において実用的でない場合が多い。

ここでは、不整形な地盤の内、山地形がある場合を取り上げ、シリコンゴムを用いた縮小地盤模型について一連の振動実験を行うとともに、2次元有限要素法(FEM)によるシミュレーション解析を実施した。

2 振動台実験

低剛性、低減衰のシリコンゴムを用いて、山を含めた地盤の1/3,000縮小模型(実地盤の5.4km×5.4kmの領域をモデル化)を作成し、振動台による正弦波加振実験を行った。

試験体は、山地形における基本的な振動性状を実験から求めるために、複雑な3次元地形の中から、単純化し、

- ①平地モデル
 - ②1山地形モデル
 - ③2山地形モデル
 - ④3次元地形モデル
- を代表例として選定した。

山地形などの不整形な地盤では、構造物の受ける地震動が、平地と異なることも予想されるため、それらの地形による影響について検討が必要となる場合がある。今回、不整形な地盤の内、山地形の模型試験体を用いた振動台実験及びそのシミュレーション解析を実施した。その結果、山地形の近傍に構造物を建設する場合には、2次元有限要素法(FEM)を用いて、耐震設計を進めることが有効な手法であることを確認した。

In topographically irregular ground, such as mountainous areas, seismic vibration may have different effects on man-made structures than if they were on flatland. Therefore the effect of topographical irregularities may, in some cases, have to be studied. We conducted a vibration table experiment using a model of a mountainous area and its simulation analysis. Through this study we verified that the introduction of the 2-dimensional finite element method (FEM) into the eseismic design is effective for construction near mountainous areas.

また、実験における加振方向は、各試験体ともX、Yの2方向とし、加振方向の違いによる試験体の振動性状の把握を行った。(第1図、第2図)

3 有限要素法解析

振動台実験の結果をフォローし、得られた知見を実地盤に適用するため、2次元有限要素法(FEM)モデルを用いた解析的検討を実施した。

解析モデルの境界部分の条件としては
①振動台実験をシミュレートするために、振動台実験と同じ条件(底部は固定、側面は自由境界)とした場合。
②振動台実験では試験体の大きさが限られており、無限に広がっている実地盤との差異を把握するために、実地盤に近似した条件(側面、底部とも粘性境界)とした場合。
の2ケースを考慮した。

また、振動方向は各々のモデルに対し紙面に平行なX方向、紙面に直角なY方向の2方向とした。

4 実験と解析は良好に対応

ここでは、平地モデル及び1山地形モデルの結果を例に述べる。(第3図)

平地モデルと1山地形モデルを比較した場合、1山地形モデルでは山の近傍で山地形の影響を大きくうけていることがわかる。

両モデルとも、解析は実験結果を良くシミュレートしており、2次元FEMモデルによる解析が有効であることが確認できた。

また、実地盤との対応について粘性境界付きの解析モデルで検討を行った結果今回の振動台実験の結果は、実地盤にも適用可能であることがわかった。

5 3次元地形も2次元での検討が可能

振動台実験を行った3次元地形モデルは、X方向に切った場合には2山、Y方向に切った場合には1山の形状が切断面に現れるため、1山・2山地形モデルを組み合わせたモデルであると考えられる。そこで、3次元地形モデルのX、Y各方向の加振の実験結果を、1山・2山地形モデルの実験結果と比較し、これらの相互関係を検討した。

3次元地形モデルのX方向の加振結果を1山地形モデルのY方向加振結果及び2山地形モデルのX方向加振結果と比較した場合、20~60Hz(実地盤では約2~6Hzに相当)においては、3次元地形モデルのX方向の加振結果は、2山地形モデルのX方向加振結果とほぼ一致していることがわかる。(第4図)

また、3次元地形モデルのY方向の加振結果についても、45Hz(実地盤では約4.5Hzに相当)以上で1山地形モデルのX方向加振結果と良く対応していることがわかった。

従って、実際の3次元地形モデルを1山地形及び2山地形の2次元モデルに単純化し、それぞれのX方向問題として扱うことができると考えられる。

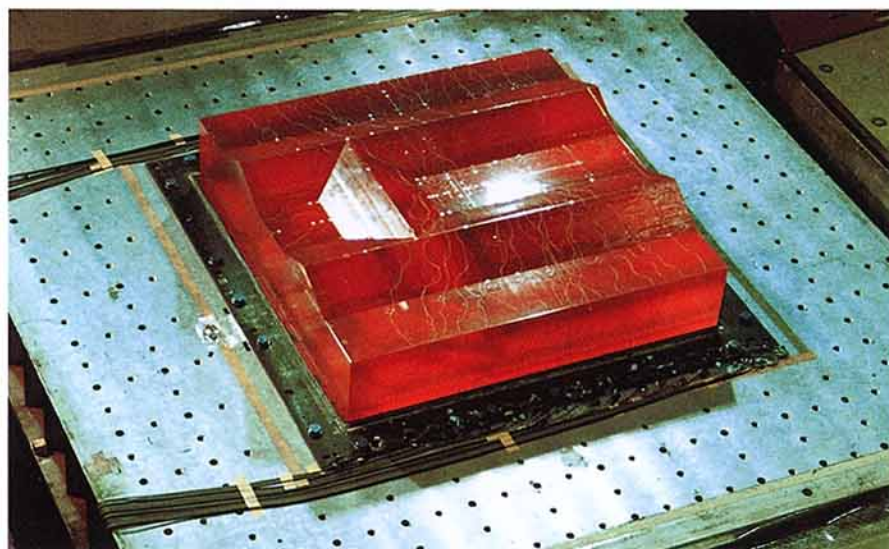
6 | 2次元 FEM モデルが有効

今回の実験・解析により、山地形に近接した地盤では、山の形状・寸法及び山からの距離等によって、平地に比べて地

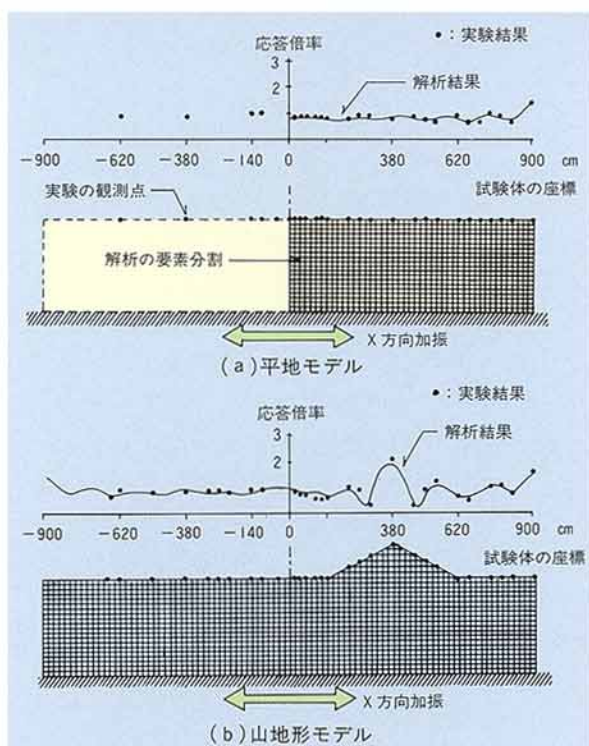
震動が大きく変動する場合のあることが確認された。

従って、山地形の近傍に構造物を建設する場合には、山地形に対する振動台実験が良好にシミュレートでき、実地盤の境界条件及び3次元性についても評価可能な2次元 FEM モデルを用いて、耐震設計を進めることが有効であると考えられる。

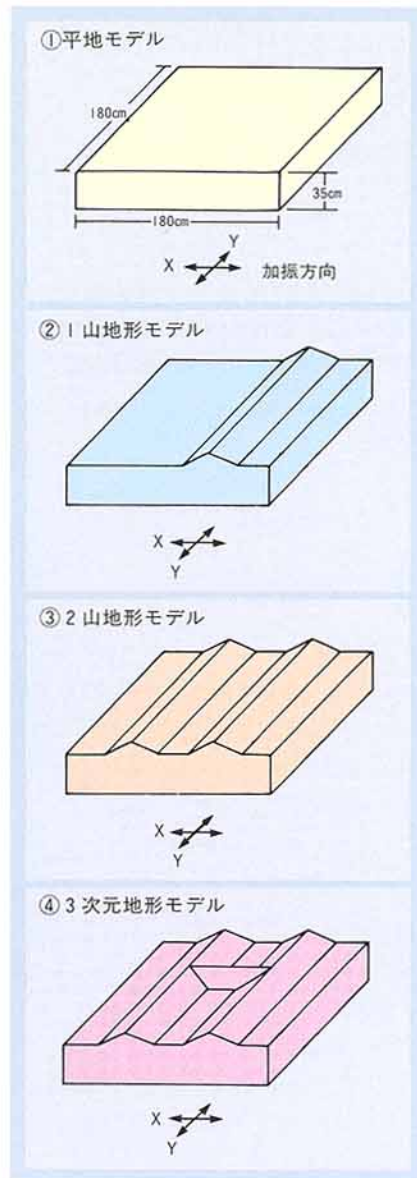
(土木建築部 建築第二課)



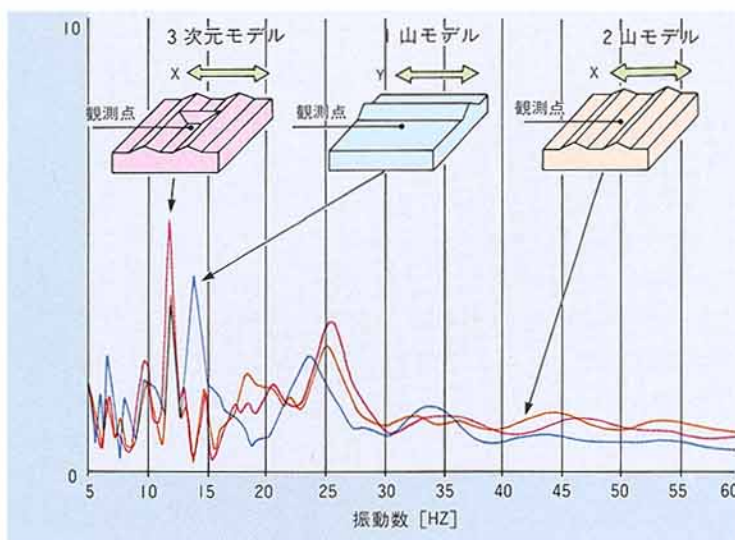
第1図 振動台実験の状況 (3次元地形モデル)



第3図 実験結果と解析結果の比較 (40Hzでの結果)



第2図 試験体の種類と形状



第4図 3次元地形モデル (X方向) と1山地形モデル (Y方向)、2山地形モデル (X方向) との比較