

ボックスカルバートのせん断土槽実験性能に関する FEM 解析による検討

豊橋技術科学大学 学生員 長柄 真人
 ハザマ 技術研究所 正会員 浦野 和彦
 豊橋技術科学大学 大学院 正会員 河邑 眞

1.はじめに

わが国では、近年に東海・東南海地震などの大規模な地震が発生すると予想されており、地下構造物の甚大な被害が懸念される。このような地震が発生した場合に備え、耐震向上のための研究の一環として、改良土を用いたボックスカルバートの载荷実験が予定されている。そこで本研究では、実験の際に考えられる問題点、及び改良土の有効性の検討を目的とし固化改良体による補強をしたモデルと補強をしなかったモデルに対し解析を実行し、モデルの挙動や力の加わり方などの比較を行なった。

2.実験概要

ボックスカルバートの载荷実験予定の実験概要図を図1に示す。試験体のサイズは実物の1/3~1/4スケールのもので設定してある。地震時に地盤から与えられるせん断変形を想定し、試験体両側に設置した油圧ジャッキ2台を用いて変位制御で右方向に水平载荷する。試験体上部にはインゴットを载荷する。

3.解析概要

本研究では、実験において水平载荷による試験体の挙動を明らかにするために三次元静的弾塑性有限要素プログラムを用いて行なった。解析モデルのメッシュ図を図2に、解析に用いた各材料の物性値を表1示す。解析モデルの奥行き方向は1mとした。

解析モデルの境界条件は、解析モデルの下端部を3軸方向全て固定とした。

载荷は、解析モデルの土槽における左端部の最上端に水平変位を1cmまで加えるものとする。

なお、実際に行なう実験ではインゴットを試験体に载荷させるが、適切な重量が不明であるため鉛直方向に20kN/m³の荷重を設定したものと、40kN/m³の荷重を設定したものの2パターンのモデルに対して解析を行なった。

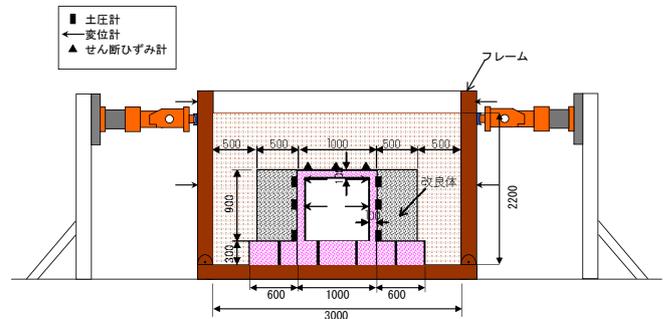


図1 実験概要図

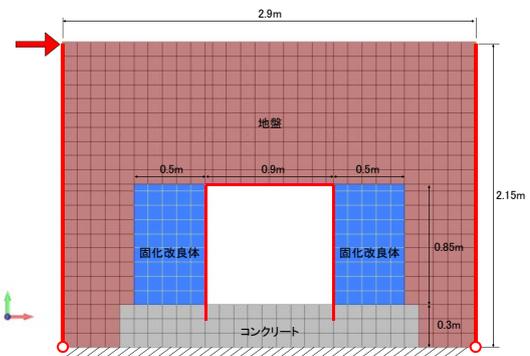


図2 解析モデルのメッシュ図

表1 材料の物性値

材料種別	地盤	固化改良体	構造物	コンクリート基礎
構成則	弾完全塑性	弾完全塑性	非線形	弾性
要素	ソリッド要素	ソリッド要素	梁要素	ソリッド要素
γ (kN/m ³)	18.0	15.0	24.0	24.0
E (kN/m ²)	24000	280000	25000000	25000000
ν	0.33	0.35	0.2	0.2
σ_t (kN/m ²)	0	200	-	-
c (kN/m ²)	0	700	-	-
ϕ (度)	35	0	-	-

4.解析結果

固化改良体による補強をしなかったモデルに対し鉛直方向に40kN/m³の荷重を与えたものの水平変位分布を図3に、固化改良体を使用したモデルと使用しなかったモデルのそれぞれに対し鉛直方向に20kN/m³と40kN/m³加えたモデルの各解析結果を表2

に示す。図3から、40kN/m³の荷重を加えた場合には上部の水平変位が大きく、土槽全体がせん断変形を生じる変形モードとなっていることがわかる。また、表2をみると鉛直荷重が大きくなるほどコンクリートボックスの水平方向の最大変位が大きくなっており固化改良体による補強をしない場合には鉄筋が降伏に至るといった結果になった。このことから、ボックスに対し良好に力が加わっているということが考えられ、実際の実験において40kN/m³程度の鉛直応力を加えたほうが構造物モデルに損傷を生じさせやすいということがいえる。

固化改良体による補強をしたモデルと使用しなかったモデルで鉛直方向に40kN/m³の荷重を設定し解析を行なった結果、固化改良体による補強をしないモデルのボックスが水平荷重50kNで降伏したのに対し、固化改良体による補強をしたモデルのボックスは水平荷重を80kN加えても降伏に至らなかった。最終荷重時のせん断ひずみ分布図を図4に示すがこの図をみると固化改良体による補強をしたモデルのひずみがボックスと固化改良体の真上で試験体をせん断するように大きくなっていることが分かる。また、最終荷重時における水平方向の応力分布を図5に示すが固化改良体による補強をしたモデルの水平方向の応力分布をみると解析モデルの左側の固化改良体で大きな応力が発生していることが分かる。このことから、ボックスに伝わる力に対し強い抵抗力を固化改良体が発揮していると考えられる。

5.まとめ

本研究で得られた結果のまとめを以下に示す。

- 1)鉛直荷重を40kN/m³加えたモデルと20kN/m³加えたモデルでのボックスの水平変位の比較から、大きい鉛直応力を加えたほうがボックスに対し良好に力を伝えることができるといえる。
- 2)固化改良体による補強をしたモデルの最大せん断ひずみ分布から固化改良体の補強により、固化改良体の真上で試験体をせん断するように大きくなっていることが分かる。
- 3)固化改良体による補強をしたモデルの水平方向の応力分布からボックスに伝わる力に対し固化改良体が大きな抵抗力を発揮することでボックスの負担を緩和するということがわかった。

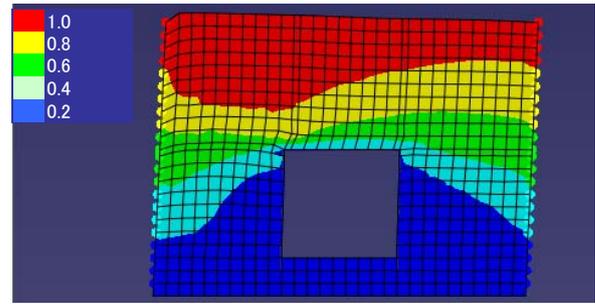


図3 水平変位分布図(cm)

表2 解析結果

	固化改良体なし		固化改良体あり	
	20	40	20	40
上載圧 (kN/m ²)	20	40	20	40
最大水平載荷重 (kN)	42.99	50.84	65.43	78.7
ボックス最大変位 (mm)	1.955	2.432	0.817	0.966
層間変形角 (%)	0.230	0.286	0.096	0.114
地表鉛直変位(mm)	2.872	2.587	3.188	2.584
構造物損傷状況	ひびわれ	降伏	ひびわれ	ひびわれ

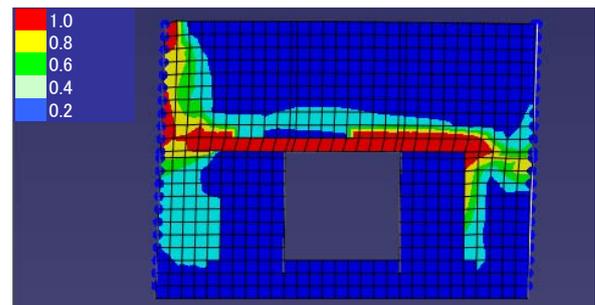


図4 最大せん断ひずみ分布図(%)

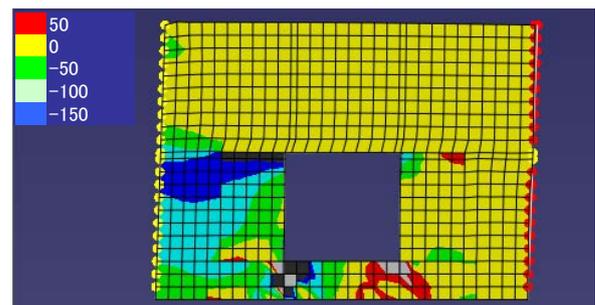


図5 水平応力分布図(kN/m²)

実験自体はまだ準備段階であり、実際に試験体がこのような挙動をするかどうかはわからないため、実験結果と解析結果を照らし合わせることにより解析の妥当性について検討を行なう必要がある。

<参考文献>

1)浦野和彦, 足立有史, 山田淳夫, 三反畑勇, 河邑眞: 繊維混合物改良土による地下構造物の耐震補強効果の検討, 土木学会第65回次学術講演会, 2010.