

# 地中ボックスカルバートの地震時挙動とフラジリティ評価(その1)

(株)大林組 技術研究所 正会員 大塚 林菜  
 同 技術研究所 正会員 副島 紀代  
 同 土木本部 正会員 渡辺 伸和  
 同 原子力本部 足立 高雄  
 同 原子力本部 吉田 伸一

## 1. はじめに

設計荷重を上回る巨大な地震力に対する構造物の損傷リスクを定量的に把握するためには、構造物の損傷モードとその発生確率をフラジリティ(損傷確率)として評価することが必要となる。一方、地中構造物の大規模地震時の挙動は、構造物と地盤それぞれの非線形性と相互作用により非常に複雑である。

そこで地中ボックスカルバートを対象として、地盤-構造物連成2次元FEMモデルによる非線形時刻歴応答解析によって、フラジリティ評価を行うことを試みた。(その1)として、まず基本的な地中ボックスカルバートの地震時挙動を把握するために、入力地震動の大きさをパラメータとする解析を行った結果を報告する。

## 2. 解析モデル

評価対象は、図-1に示す1連のRC製地中ボックスカルバートである。図-2にカルバートの詳細図、表-1に材料モデル、図-3に地盤の非線形特性を示す。

## 3. カルバートの変形性能

まず初めに、カルバートの基本的な変形性能を把握するため、常時荷重を作用させた上で図-2中の➡で示した位置に水平変位を与えるプッシュオーバー解析を実施した。また、要求性能に対して以下のように損傷モードと限界値を設定した。

構造物としての健全性を維持する

- ・鉄筋降伏ひずみ
- ・コンクリートピークひずみ

構造物として崩壊を防止する

- ・コンクリート圧縮ひずみ (限界値 = 10000  $\mu$ )
- ・層間変形角 (限界値 = 1%)

図-4に荷重~層間変形角の関係を示す。また図-4中に他の損傷モードに対応する項目について、それぞれの発生ステップも示した。

解析の結果、塑性ヒンジは両側壁の上下にほぼ同時に発生した。

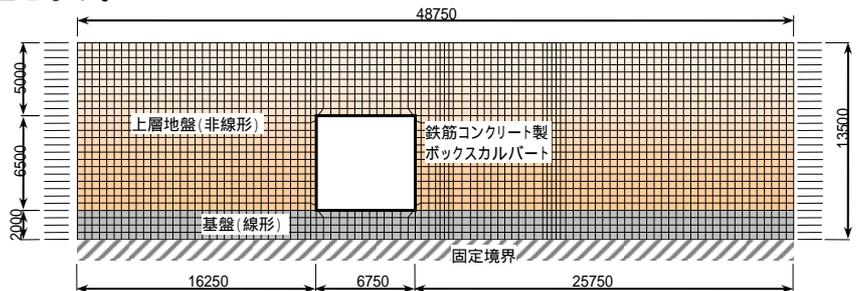


図-1 評価対象モデル

表-1 解析材料モデル諸元

要素タイプ	材料	材料		構成則			
		コンクリート	鉄筋	圧縮強度 $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	材質	修正 Ahmad モデル	バイリニア
構造物	ファイバー要素	コンクリート	鉄筋	24.0	SD345	修正 Ahmad モデル	バイリニア
	ソリッド要素	表層	基盤	$V_s$ (m/sec) 深度依存	$V_s$ (m/sec)	修正 GHE モデル	弾性

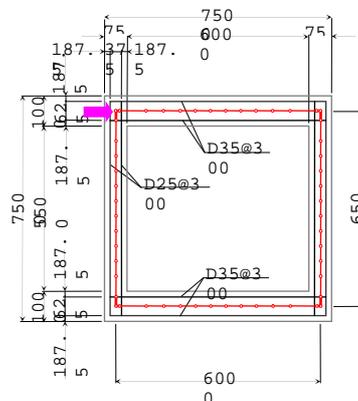


図-2 カルバートモデル

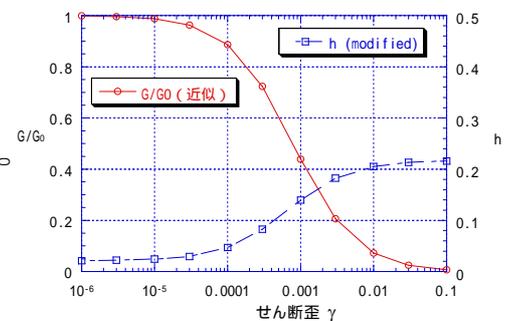


図-3 表層地盤非線形特性

キーワード ボックスカルバート, フラジリティ, 損傷確率, 相互作用, 層間変形角

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸4-640 (株)大林組 技術研究所 構造技術研究部 TEL042-495-1013

### 4. 地震応答解析

#### (1) 解析モデルおよび解析手法

解析は FEM 非線形解析コード FINAL を使用し、図-1 に示す解析モデルに対して底面固定境界から鉛直・水平方向を同時に直接入力し時刻歴非線形動的解析を行った。

#### (2) 入力地震動

入力地震動は 1995 年兵庫県南部地震ポートアイランド基盤波(図-5)を基準に、最大加速度をパラメータとして 400, 800, 1200, 1500(gal) に振幅調整したものを用いた(計4ケース)。

#### (3) 解析ケース

(2)で述べた入力地震動4ケースに対し、地盤せん断波速度 Vs を2通り(135m/s, 164.9m/s)とした計8ケースである。

#### (4) 解析結果

解析結果を図-6 に示す。層間変形角では、最大入力加速度=1500gal で0.01程度となり、構造物として崩壊に近い状態となる結果となった。また、鉄筋・コンクリートひずみをみると、最大入力加速度=400gal のケースではほぼ弾性範囲内に収まっている(図-7, 図-8)。しかし最大入力加速度=800gal 以上のケースでは、鉄筋は降伏するが、コンクリートは最大入力加速度=1500gal のケースでもピークひずみには達していない。

図-9 に構造物と地盤の層間変形角時刻歴を示す。地盤の Vs が小さいケースでは先に地盤剛性が低下して変形が大きくなり、結果として構造物の層間変形角が小さくなる結果となっている。

### 5. まとめ

地中の RC 構造物の地震時挙動は非常に複雑であり、地盤・構造物それぞれの剛性のバランスや相互作用によって構造物の応答が決まる。地中構造物のフラジリティ評価に際しては、それらの特性を十分に考慮した上で、入力地震動強度や要求性能に応じた損傷指標によって判断する必要がある。

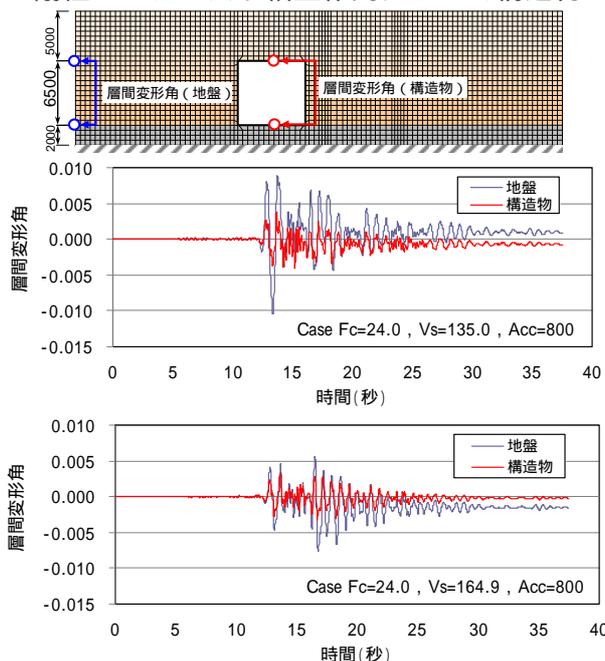


図-9 地盤と構造物の層間変形角時刻歴

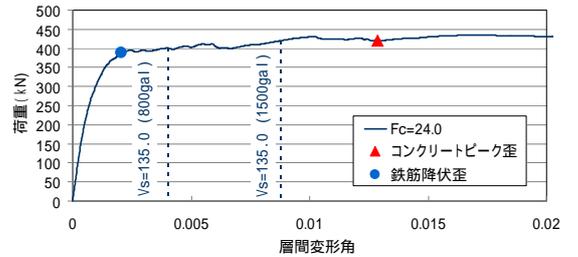


図-4 荷重～層間変形角関係

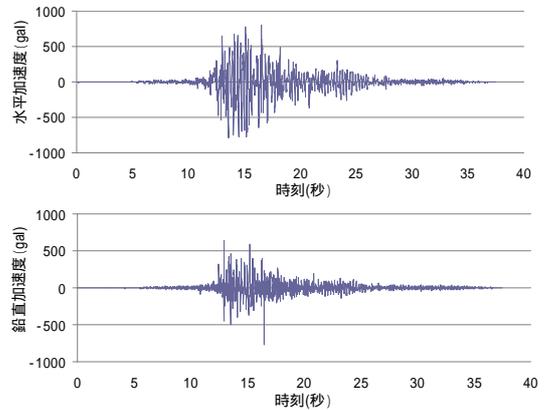


図-5 入力地震動(800gal)

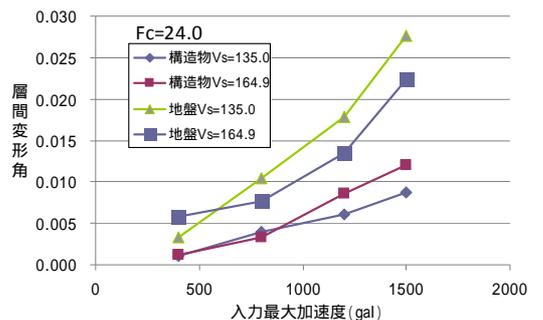


図-6 層間変形角と地震強度

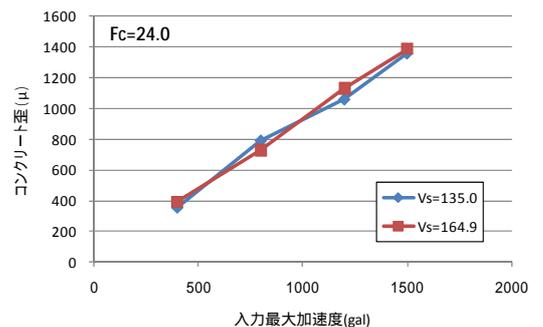


図-7 コンクリートひずみと地震強度

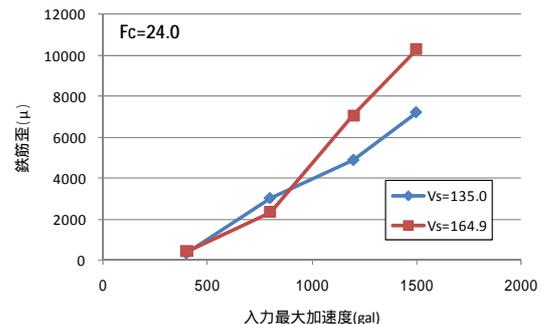


図-8 鉄筋ひずみと地震強度