

### 3 ヒンジアーチカルバートの縦断方向の耐震性評価手法に関する研究（その4）

木村 亮\*・岸田 潔\*・澤村 康生\*\*・宮崎 祐輔\*\*\*

#### 1. 研究の目的

2011年3月に発生した東日本大震災において、旧型の3ヒンジアーチカルバートが供用性を損なう大きな被災を経験した<sup>1)</sup>。その構造の特徴として、鋼製の芯棒を頂部に挿入した旧式のヒンジ構造を有すること、アーチ部材同士の縦断方向の連結が坑口から一定の距離までとされ、またその設計は部材の滑動防止や不同沈下を考慮するが耐震性は考慮されていないことが挙げられる。東日本大震災における被災調査<sup>1)</sup>から、アーチ部材の変位が部材の角欠けを引き起こしたと考えられており、この連結条件と被害の関係を明確にする必要がある。そこで、本研究では、分離されたアーチ部材の地震時挙動を評価することを目的に、部材同士の接触問題をペナルティ法<sup>2)</sup>により考慮した有限要素法による三次元動的解析を実施した。

#### 2. 研究の方法

本解析には、Ye et al. (2007)<sup>3)</sup>により開発された解析コード DBLEAVES を用いた。図1に解析メッシュを示す。基礎地盤は弾性体でモデル化し、盛土部はCyclic mobility model<sup>4)</sup>を用いてモデル化した。地盤のパラメータは江戸崎砂に対する三軸圧縮試験と等方圧密試験の結果から決定した(表1)。アーチ断面は内空幅10.0m、最大土被り5.0mとして設計した。アーチ部材同士の縦断方向の連結はペナルティ法によりモデル化し、分離(Case-1)・連結(Case-2)の2ケース解析した。特に、分離条件はバイリニア型のばねモデルにより、接触時に非常に高い剛性、非接触時に殆どゼロの剛性というシンプルなモデルとした。アーチ脚部のヒンジは、脚部基礎との境界面にJoint要素を配して、部材と基礎に働く滑りをモデル化した。地盤とカルバートの境界における影響を考慮するために、両者の境界部分にJoint要素を配置した。入力波には、1Hz 3波、最大振幅3.0 m/s<sup>2</sup>の正弦波を用い、基礎地盤の底部からカルバート縦断方向に入力した。計算時間間隔は0.001秒とし、時間積分はNewmark-β法(β=1/4, γ=1/2)を用いた。

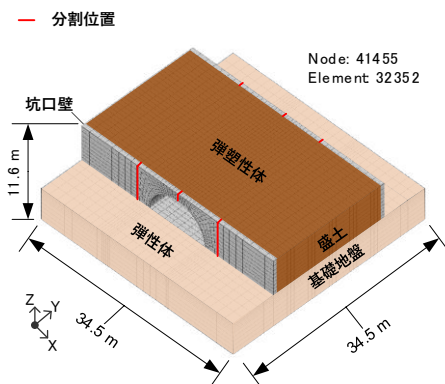


図1 解析メッシュ

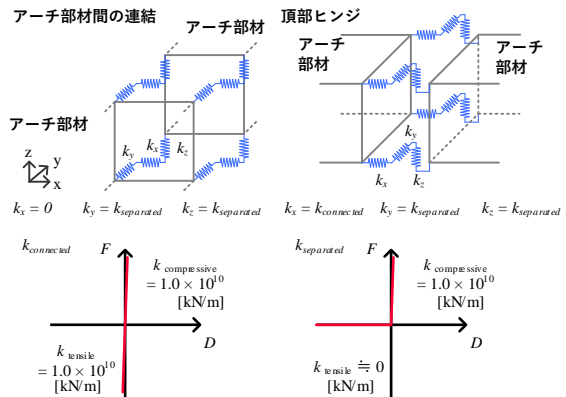


図2 アーチ部材同士の境界条件

\*京都大学・大学院工学研究科・教授，\*\*同・准教授，\*\*\*同・助教

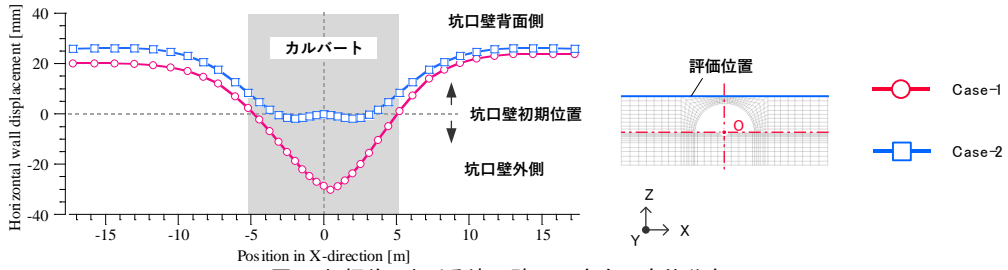


図3 加振後における坑口壁のY方向の変位分布

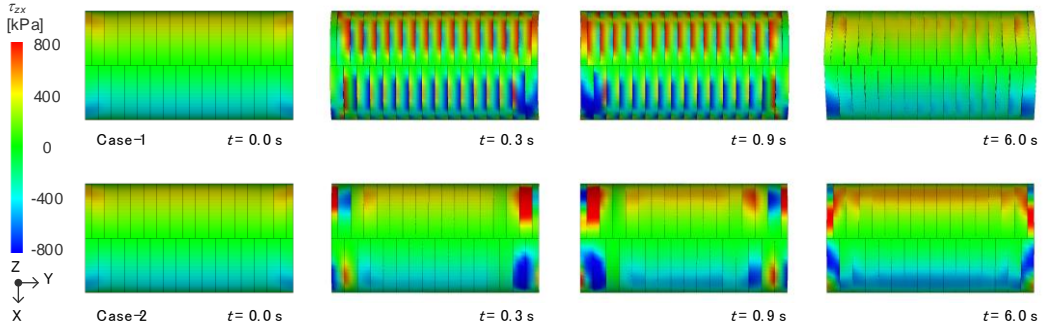


図4 加振中のせん断応力分布(変位出力10倍)

### 3. 得られた成果

図3に、加振後における坑口壁のY方向の変位分布を示す。図より、カルバート間が連結されていないCase-1の方がCase-2より、坑口壁外側に向かう変位量が全体的に増大し、特にその傾向はカルバートの設置されている領域で顕著である。図4に、アーチ部材に作用する $\tau_{xz}$ の推移を示す。図より、分離条件では個々のアーチ部材がせん断抵抗し、連結条件では全アーチ部材でせん断抵抗する様子がわかる。局所的に発生するせん断応力は連結条件の方が大きいものの、振動中に個々のアーチ部材に生じるせん断応力は分離条件の方が大きい。また、分離条件では加振後に盛土の変形に伴うアーチ部材の残留変位が確認できる。このように、ペナルティ法を用いたFEM解析により、部材間の連結条件により異なる3ヒンジ式アーチカルバートの地震時挙動を表現できた。また、坑口壁の変位量に関する傾向は、連結条件に着目した動的遠心模型実験<sup>5)</sup>の結果とも一致している。

### 4. 謝辞

本研究は、ヒロセ株式会社より委託されたものであり、関係各位に謝意を表す。

### 発表論文

- 1) Miyazaki, Y., Sawamura, Y., Kishida, K. and Kimura, M.: Elasto-plastic 3D FE analysis of the seismic behavior in culvert longitudinal direction of three-hinge type of precast arch culverts, Proc. of the Symposium of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), ID:039, Gandhinagar, India, 2019-3.
- 2) 宮崎祐輔, 澤村康生, 岸田 潔, 木村 亮: 3ヒンジ式アーチカルバートの縦断方向の地震時挙動に関する三次元FEM解析, 第53回地盤工学研究発表会, pp.1577-1578, 高松市, 2018-7.

### 参考文献

- 1) 安倍・中村: 高速道路における大型のプレキャスト部材を用いたカルバートの活用と適用上の留意点, 基礎工, Vol.42, No.4, pp.8-11 2014.4
- 2) T. J. R. Hughes et al.: A Finite Element for a Class of Contact-Impact Problems, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 8, pp. 249-276, 1976.
- 3) Zhang et al.: Explanation of cyclic mobility of soils, Approach by stress-induced anisotropy, Soil and Foundations, Vol.47, No.4, pp.635-648, 2007.
- 4) Ye, B., Ye, G. L., Zhang, F. and Yashima, A. : Experiment and numerical simulation of repeated liquefaction-consolidation of sand, Soils and Foundations, Vol.47, No.3, pp.547-558, 2007.
- 5) 宮崎祐輔, 澤村康生, 岸田 潔, 木村 亮: 2ヒンジプレキャストアーチカルバートを含む盛土におけるカルバートの連結様式を考慮した縦断方向の動的挙動の評価, 地盤工学ジャーナル, Vol.10, No. 4, pp.517-529, 2015.