

### 3 ヒンジアーチカルバートの縦断方向の耐震性能評価手法に関する研究(その5)

木村 亮\*・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>。本震災の被災調査<sup>1)</sup>から、個々のアーチ部材の変位が被害を大きくした可能性が高く、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、アーチ部材の連結区間が地震時挙動に及ぼす影響を評価することを目的に、連結区間をパラメータとした数値解析を実施した。解析手法には、部材同士の接触をペナルティ法<sup>2)</sup>により考慮した三次元動的有限要素解析を用いた。

#### 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。アーチ断面は内空幅 10.0 m, 最大土被り 5.0 m として設計した。アーチ部材同士の縦断方向の分離状態はペナルティ法によりモデル化した。そのモデルは、接触時に非常に高い剛性、非接触時にゼロの剛性というシンプルなバイリニア型とした。接触方向と垂直な二種類の方向については、摩擦を考慮したばね乗数を用いた(図2)。解析ケースは、連結区間をパラメータとして表2の通り設定した。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、1 Hz 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。

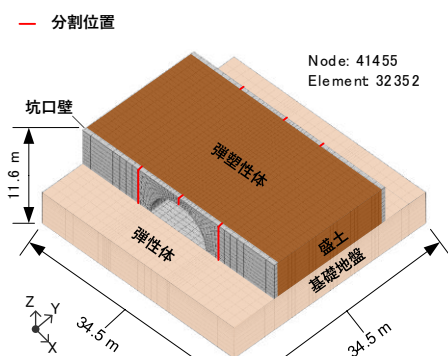


図1 解析メッシュ

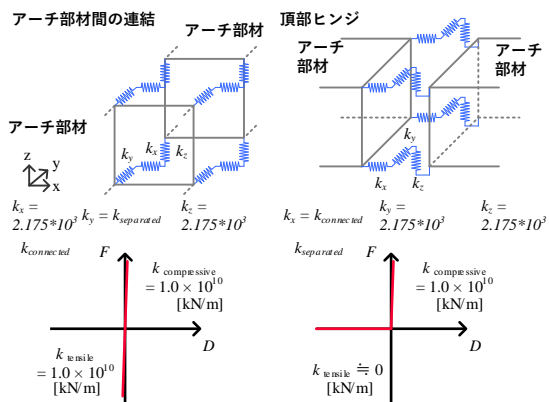


図2 アーチ部材同士の境界条件

表1 解析ケース

土被り	連結区間	全体分離	坑口から2体連結	坑口から4体連結	全体連結
H = 1 m	Case-1_as	Case-1_c2	Case-1_c4	Case-1_ac	Case-1_ac
H = 4 m	Case-2_as	Case-2_c2	Case-2_c4	Case-2_ac	Case-2_ac

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

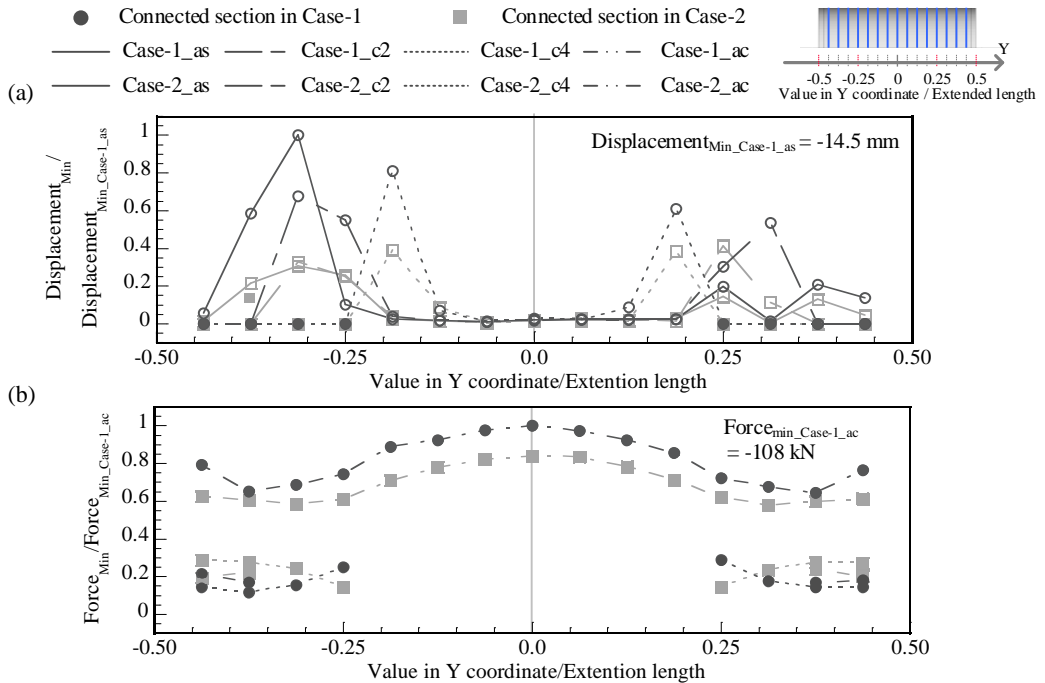


図3 加振中の部材間におけるY方向の (a) 最大引張変位量の分布と (b) 最大引張力の分布

### 3. 得られた成果

図3に、アーチ部材の縦断方向の連結断面に配置したばね要素において、加振中に生じた最大の引張変位量（目開き量）と引張力を連結区間ごとに整理した。それぞれの値はケース間の最大値で正規化している。図3(a)より、部材間において目開き量が最大となる位置に着目すると、部分的にアーチ部材を連結した場合、分離区間の開始位置において最大値が発生していることがわかる。さらに、坑口から2体連結した場合より、4体連結した方が大きな目開き量を示した。一方、加振中に連結部に生じた引張力を評価すると、図3(b)より、部分連結した場合の最大引張力の分布は、定性的には全体連結した場合と同様の傾向を示した。さらに、全体連結する場合より、部分連結した方が引張力は大きく減少した。また、目開き量および引張力のいずれも、土被りが小さい、すなわちカルバートの拘束圧が小さい場合に大きくなった。このように、地震時におけるカルバート間の連結部の目開き量と引張力は、その連結区間と盛土形状に大きく依存することが示唆された。

### 4. 謝辞

本研究は、ヒロセ補強土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) 宮崎祐輔・澤村康生・岸田 潔・木村 亮: 連結様式に着目したプレキャストアーチカルバート縦断方向の地震時挙動に関する有限要素解析 (FE analysis on seismic behavior of precast arch culvert in culvert longitudinal direction considering structural connectivity of culverts), 第54回地盤工学研究発表会, pp.1091-1092, さいたま市, 2019-7.
- 2) 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.

### 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.