

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6)

木村 亮*・澤村 康生**・宮崎 祐輔***

1. 研究の目的

これまで、旧型の3ヒンジアーチカルバートについて、1 Hz の正弦波を用いてアーチ部材の縦断方向の連結区間が同方向の地震時挙動に及ぼす影響を調べてきた。その結果、連結区間と土被りの大きさが連結部に生じる目開き量や引張力に大きな影響を与えることを確認した。しかし、実際の地震動が有する主要な周波数帯によっては、カルバートおよび盛土の変形モードが変化することが予想されるため、異なる周波数による応答を確認しておく必要がある。そこで、本研究では、異なる周波数を有するパルス波を用いて、3ヒンジアーチカルバートの縦断方向の地震時挙動を3次元弾塑性有限要素解析により整理した。

2. 研究の方法

本解析には、Ye et al. (2007)¹⁾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 model²⁾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、図1に示す土被り 1.0 m のケースに対し、アーチ部材間を完全分離した条件、および、完全連結した条件を設定した2ケースである。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、0.5 Hz, 1 Hz, 5.0 Hz, 10 Hz の1波、最大振幅 3.0 m/s² の正弦波を用いた。これらの入力波を、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。

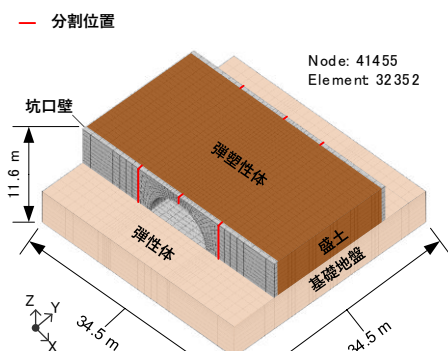


図1 解析メッシュ

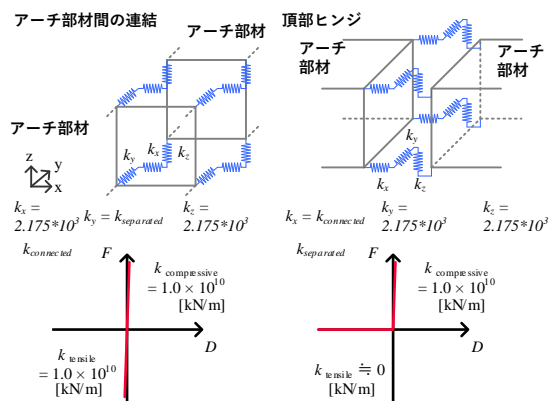


図2 アーチ部材同士の境界条件

*京都大学・大学院工学研究科・教授, **同・准教授, ***同・助教

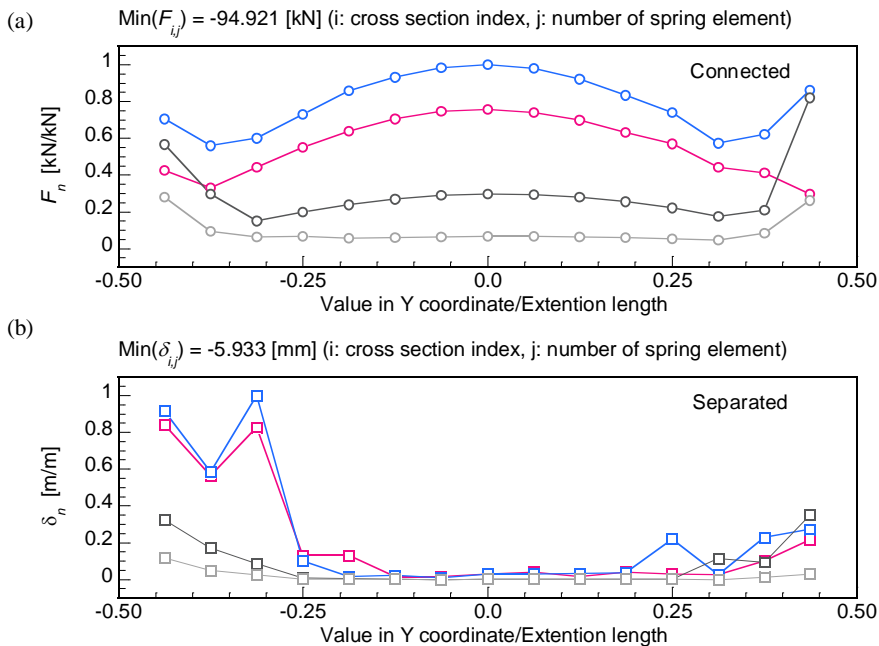
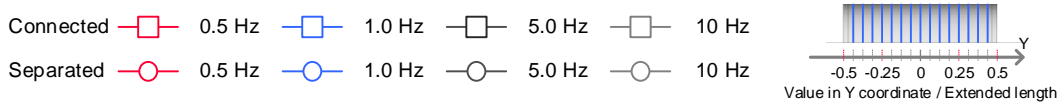


図3 加振中における連結部のY方向の (a) 最大引張力の分布(引張方向:負)と (b) 最大引張変位量の分布

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、周波数を変えた解析ケース間の最大値で正規化している。連結条件に注目すると、図3(a)より、連結部の軸力については、0.5 Hz, 1.0 Hz においてはカルバートを含む盛土中央部において引張力が最大化し、5.0 Hz, 10 Hz においては坑口部で引張力が最大化する。一方、分離条件に注目すると、図3(b)より、周波数帯によらず連結部の目開き量は坑口付近で最大化した。また、カルバート縦断方向の盛土の変形量は、10 Hz, 5.0 Hz, 0.5 Hz, 1.0 Hz の順に増大することを確認している。このことを踏まえると、加振中に生じる連結部の目開き量は盛土の変形量に依存し、連結部に作用する軸力は、変形量だけでなく周辺盛土の変形モードの影響を大きく受けると考えられる。そのため、盛土の変形量と変形モードに応じた、アーチ部材に作用する三次元的な周面せん断力の解明が今後の検討課題である。

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) 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.
- 2) 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.