

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 3)

木村 亮*・岸田 潔*・澤村 康生**

1. 研究の目的

3 ヒンジアーチカルバート (図 1) は 2011 年 3 月に発生した東日本大震災において供用性を損なう被災を経験したり、3 ヒンジアーチカルバートにおける現行の耐震設計法では、設計断面であるカルバート横断方向についてのみ、二次元の応答変位法により耐震性が検討される。一方、東日本大震災における被災構造物の損傷は、頂部ヒンジの損傷や坑口壁の変状などカルバートを含む盛土全体に発生している。そこで、本研究では、3 ヒンジアーチカルバートを含む盛土全体系における耐震性能評価手法の構築を目的に、三次元弾塑性有限要素解析を用いて縦断方向の地震時挙動を評価した。

2. 研究の方法

図 2 に解析メッシュを示す。解析ケースは土被り 1.0 m を縦断方向に一定に施した Case-1、最大土被り 5.0 m となるよう上載盛土を設けた Case-2 (図 2) である。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 (表 1)。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連結は Spring 要素によりモデル化し、その剛性はアーチ部材と同等することで剛結状態とした。アーチ頂部のヒンジは回転剛性ゼロの Spring 要素でモデル化した。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 (図 2(c))。入力波には、1 Hz 3 波、最大振幅 3.0 m/s² 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

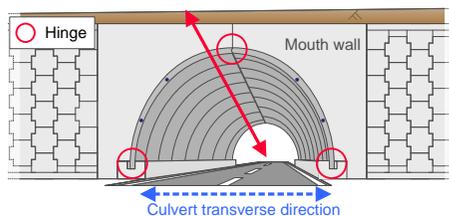


図1 3ヒンジアーチカルバート

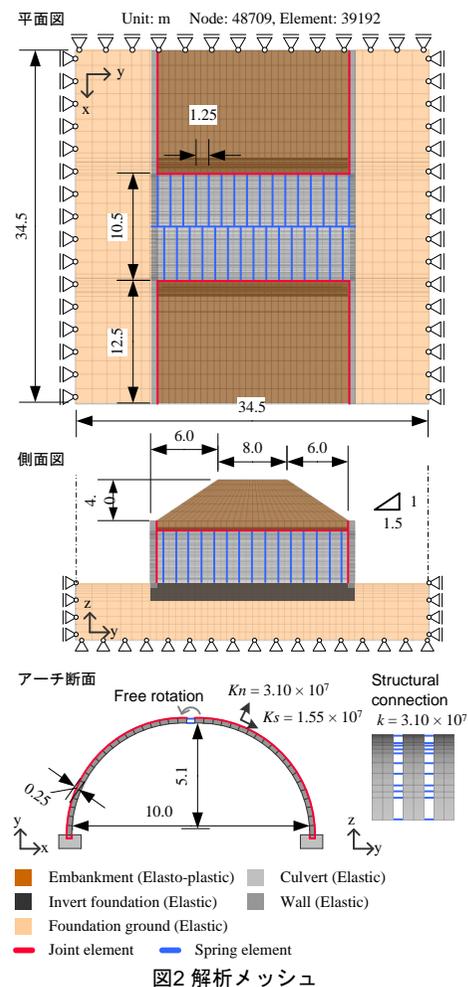


図2 解析メッシュ

*京都大学・大学院工学研究科・教授, **京都大学・大学院工学研究科・助教

力した。計算時間間隔は 0.001 秒とし、時間積分は Newmark- β 法 ($\beta = 1/4, \gamma = 1/2$) を用いた。

3. 得られた成果

図 3 に、Case-1 について、アーチ頂部における応答加速度の時刻歴を示す。図 3(b) より、Pos 1 ~ Pos 3 は全体として加速度の位相・振幅が一致する。これは Case-2 についても同様であった。

図 4 に、連結部に配した Spring 要素における軸力の時刻歴を示す。図 4(b) より、Case-1 は Pos 3 から Pos 1 の順に加振中に生じる軸力の振幅が小さくなる傾向を示した。一方、図 4(c) より、Case-2 では Case-1 と同様の大小関係を示したが、その振幅は Case-1 と比較して 2 倍以上となった。盛土形状を考慮すると、土被りの大きい Case-2 において、盛土からアーチに働く拘束圧がより大きくなると考えられる。したがって、Case-2 では盛土から大きな周面せん断力が作用し、その結果、より大きな軸力変動を示したと考えられる。

軸力の残留値は両ケースともに、Pos 1 ~ 3 は引張となる。しかし、Case-1 においては、Pos 1 ~ 3 の残留値は殆ど一致したのに対して、Case-2 においては、軸力の残留値は Pos 1, 2 で殆ど等しく、Pos 3 で小さい。連結部の軸力が引張方向に残留する理由は、縦断方向の加振により盛土が両側にはらみだすように変形することで、盛土の変形に伴いアーチが坑口側に傾くためであると考えられる。そして、この影響は Case-2 において顕著であった。これは、上載盛土を有する Case-2 の方がより大きく盛土が変形するため、と考えられる。

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: 盛土形状をパラメータとしたカルバート縦断方向の動的遠心模型実験, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.73, No.4, pp.429-441, 2017.

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) 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.

表1 盛土部のパラメータ

Principal stress ratio at critical state $R_{cs} = (\sigma_1/\sigma_3)_{CS(comp.)}$	4.0
Compression index λ	0.082
Swelling index κ	0.101
$N = e_{NC}$ at $p = 98$ kPa & $q = 0$ kPa	1.06
Poisson's ratio ν_c	0.276
Degradation parameter of overconsolidation state m	0.020
Degradation parameter of structure a	0.65
Evolution parameter of anisotropy b_r	0.4

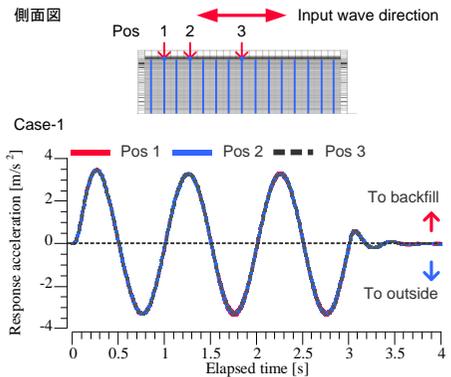


図3 アーチ頂部における応答加速度の時刻歴

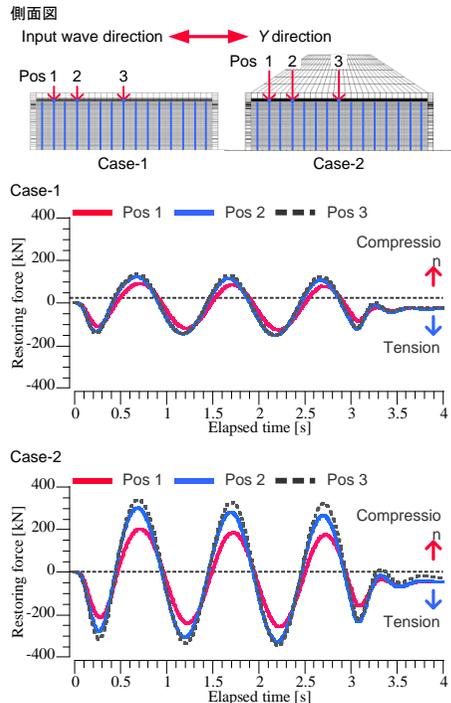


図4 連結部に作用する軸力の時刻歴