

公益信託 NEXCO関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金
受託者 三菱UFJ信託銀行株式会社 宛

研究概要書

研究課題：三次元弾塑性有限要素解析による

プレキャストアーチカルバートを含む盛土の耐震性評価手法の検討

研究代表者：京都大学大学院 工学研究科 教授 岸田 潔

共同研究者： 同上 准教授 澤村 康生

同上 助教 宮崎 祐輔

1. 研究背景と目的

プレキャストアーチカルバートは奥行 1~2 m 程度の部材を縦断方向に連続的に設置し、PC 鋼棒などにより一体化が図られる¹⁾。縦断方向の設計においては、不同沈下や部材の滑動防止を考慮するが、地震時の影響は考慮されず、未解明な部分が多い。さらに、東日本大震災においても、カルバート縦断方向の慣性力が支配的と考えられる被害²⁾が発生しており、その地震時の影響は無視できない。本研究は、三次元弾塑性有限要素解析により連結様式の影響を考慮したカルバート縦断方向の地震時挙動を評価することで、本工法の耐震性評価手法の構築に資することを目指す。

2. 数値解析の概要

解析対象は、延長距離 20.0 m の 3 ヒンジ式アーチカルバートを含む盛土である。図-1 に解析メッシュを示す。盛土部は Cyclic mobility model³⁾、基礎地盤、坑口壁、カルバートは弾性体としてモデル化した。盛土部の諸元に関しては江戸崎砂の三軸試験及びそのシミュレーション結果を基に決定した。また、図-2 にカルバート躯体の境界条件を示す。連結条件を考慮するために、部材同士の衝突を伴う接触解析を実施する必要がある。本解析では、ペナルティ法を基に、躯体要素間にバイリニア型のばね要素を挿入することで分離条件を表現した(図-2)。解析ケースは、Case-1 を分離条件、Case-2 を連結条件とする。入力波には、基本的な地震時挙動を把握することを目的に、1 Hz、3 波、最大振幅 300 gal の正弦波を用いた。動的解析においては、基礎地盤の底部からカルバート縦断方向に正弦波を入力した。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。

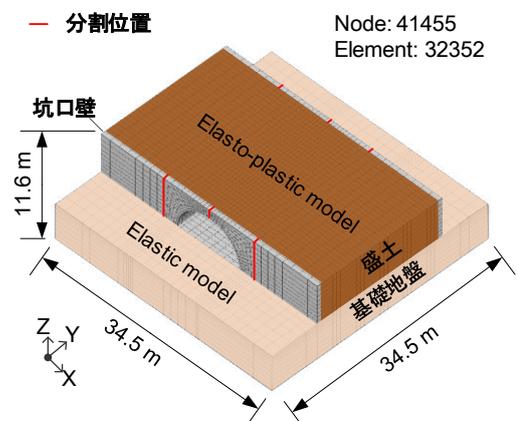
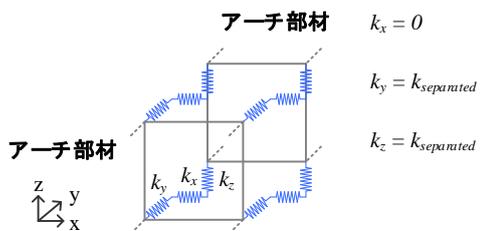


図-1 解析メッシュ

アーチ部材間の連結



頂部ヒンジ

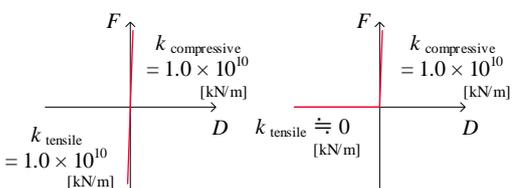
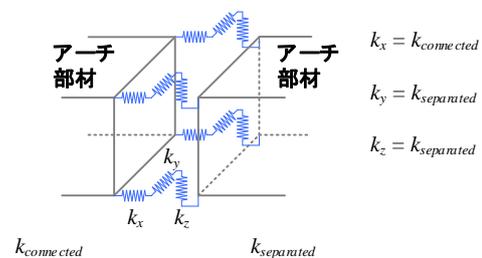


図-2 アーチ部材間の境界条件

3. 数値解析の結果

図-3 に、Case-1 について、振動中におけるカルバートの Y 方向の変位コンターの推移を示す。図より、カルバート縦断方向の振動に伴い、坑口に位置するアーチ部材の変位が増大し、最終的に坑口から外側に向かう変位が残留することがわかる。加振中の詳細な挙動については、図-4 に、アーチ頂部だけに注目して Y 方向の応答変位に関する時刻歴を整理した。図より、図-3 と同様に、分離条件においては加振に伴いアーチ頂部が坑口から外側に向かう変位が増大することがわかる。連結条件においては、いずれのアーチ部材も同じ応答変位を示し、一体的な挙動を示した。

図-5 に、カルバートに作用する τ_{zx} の推移を示す。ここで、 τ_{zx} は、カルバート横断方向にアーチ部材をせん断させる力である。図より、分離条件では個々のアーチ部材にせん断応力が集中していることがわかる。この個々のアーチ部材に作用する、カルバート横断方向のせん断応力が、アーチ部材のねじれ変形をもたらし、結果としてカルバート間の目開きを引き起こすと考えられる。また、連結条件の場合では、アーチ断面全体でせん断応力に抵抗するため、応力値が分離条件より大きいことに加えて、特に坑口における応力集中が顕著となった。

4. 結論

本研究では、ペナルティ法を用いて連結条件の影響を考慮したカルバート縦断方向の地震時挙動に関する三次元解析を実施した。解析の結果、アーチ部材に生じる応力状態はアーチ部材の位置によって大きく異なること、アーチ部材間の連結条件により、個々のアーチ部材における応力状態もまた異なることを確認した。そのため、アーチ部材および連結部における応力照査を適切に行うためには、連結条件の影響を考慮した三次元解析が必要といえる。くわえて、三次元解析においては、アーチ部材の応力状態は周辺地盤の変形挙動に大きく影響を受けるため、盛土部ならびに補強土壁で構成される坑口壁を、適切にモデル化してその地震時挙動を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 財団法人 先端建設技術センター「テクスパン工法設計施工マニュアル検討委員会」：テクスパン工法設計施工マニュアル (案)，1998。
- 2) 安部哲夫，中村雅範：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。
- 3) Zhang et al., (2007): Explanation of cyclic mobility of soils, Approach by stress-induced anisotropy, Soil and Foundations, Vol. 47, No. 4, pp. 635-648. dx. doi.org/10.3208/sandf.47.635

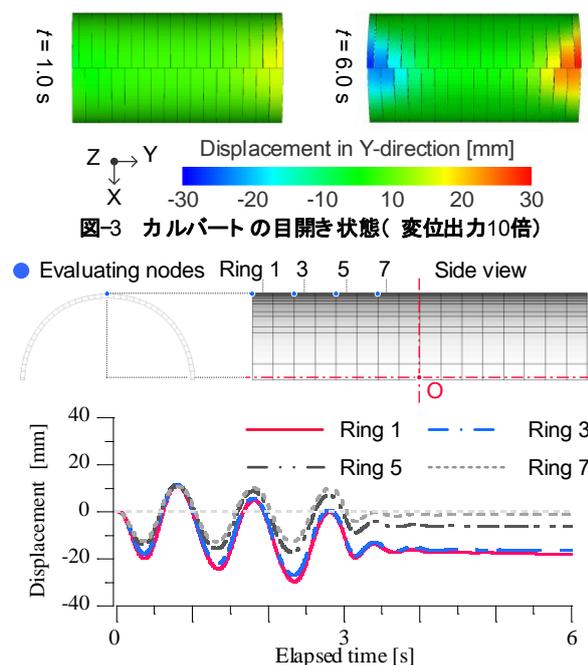


図-3 カルバートの目開き状態 (変位出力10倍)

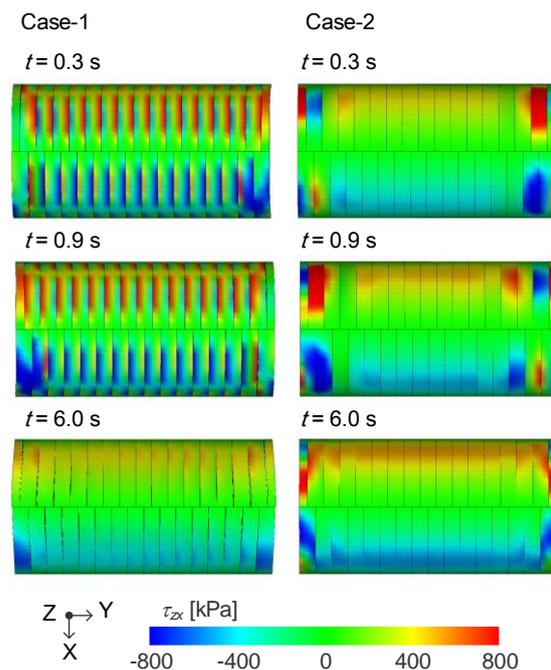


図-4 Y方向の応答変位に関する時刻歴 (Case-1)

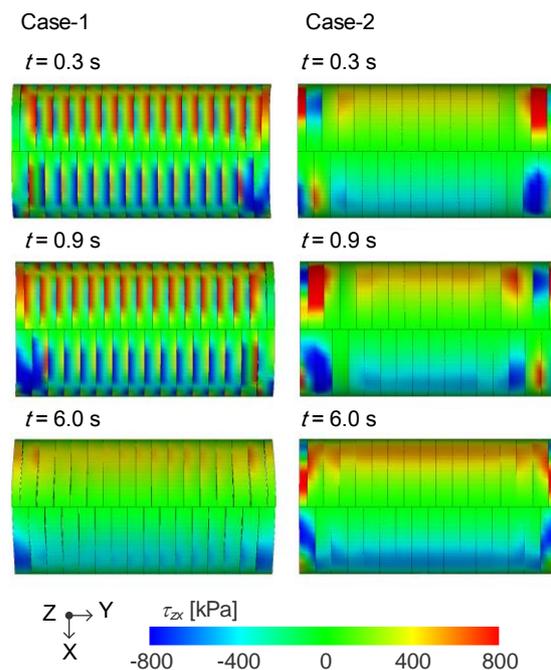


図-5 カルバートにおける τ_{zx} の推移 (変位出力10倍)