

既設プレキャストアーチカルバートの損傷を引き起こす縦断方向荷重の検討

株式会社 エイト日本技術開発 正会員 ○佐伯 宗大, 眞野 基大
株式会社 高速道路総合技術研究所 正会員 中村 洋丈, 細田 寿臣, 藤岡 一頼
国立研究開発法人 土木研究所 正会員 吉田 英二, 山崎 旬也, 石田雅博

1. はじめに

東日本大震災などで被災・損傷が発生したプレキャストアーチカルバート(以下、「アーチカルバート」という)について、これまでの検討により、その損傷原因がカルバートの縦断方向挙動にあることが判明してきている¹⁾。本論文は、既設アーチカルバートに、同様の損傷が生じないような対策を施す上で重要となる、設計用の縦断方向作用荷重の大きさについて、3次元FEM解析により検討したものである。

2. 解析方法

設計用の縦断方向作用荷重は、3次元FEM解析を用いた自重解析(常時状態を想定)、地震応答解析(地震時状態を想定)により算定した。図1に解析イメージを示すが、躯体と盛土の境界に発生する縦断方向せん断応力を作用荷重として抽出した。いずれの解析も線形弾性条件での解析としたが、地震応答解析では、地盤の剛性として、別途実施した2次元モデルでの等価線形化法を用いた地震応答解析での収束剛性を用いている。また、カルバート躯体は、連続体としてモデル化し、3.に示す方法によりその剛性を算定している。

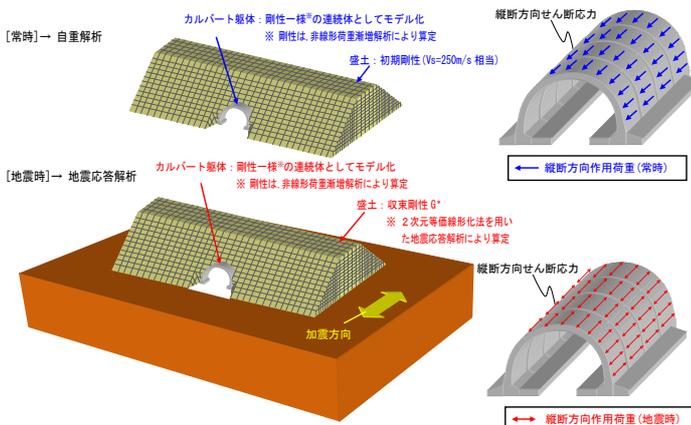


図1 解析のイメージ図

解析対象は、東日本大震災で被災したアーチカルバートを含めた4つのアーチカルバートとした。その解析モデル、物性値の一例を図2に示す。また、地震時の解析を行う上では、入力地震動波形として、東

日本大震災において観測された対象地点近傍の強震記録を、工学的基盤面まで引き戻して用いた。

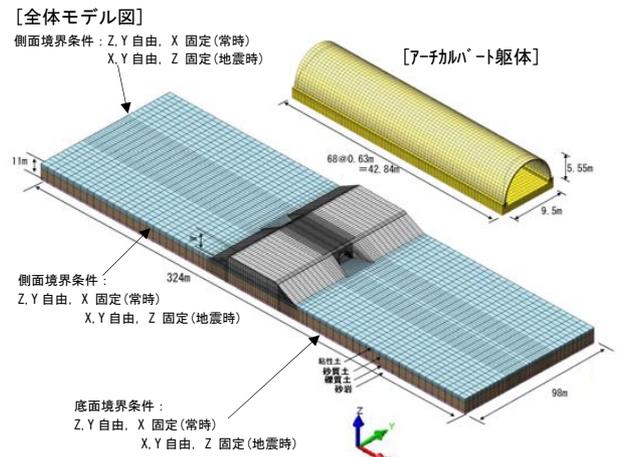


図2 解析モデル図

3. カルバート剛性設定のための解析

今回の解析では、カルバート躯体は、連続体としてモデル化しているため、その剛性の設定次第で、算定される荷重(せん断応力度)に大きな違いが生じることとなる。実際に、別途検討では、実測変形量に合わせるように、無体策時のカルバートの解析を行うと、コンクリートの剛性の0.1~0.2倍の剛性に設定することで良いとの結果が得られており、単純にコンクリートの連続体としてモデル化することは適切ではないものと考えられる。

このように、縦断方向に並べられたカルバート部材間の連結が強くない無対策時の状態を想定した場合は、上記のように剛性が非常に小さいと考えられるが、今後実施される対策工を考慮した場合には、逆に剛性が高くなることが想定され、その設定次第では、作用荷重を過小評価する可能性も考えられる。このため、対策工(ここでは、繊維補強シートを想定)を考慮した、構造物の非線形解析(アーチ部材間を非線形ばねで接合した非線形荷重漸増解析及び連続体モデルでの荷重漸増解析)を実施し、適切なカルバート剛性を求めることとした。図3にその解析のイメージを示す。結果としては、対策工を想定した場合の

キーワード 既設プレキャストアーチカルバート, 縦断方向荷重, 対策
連絡先 (〒164-8601 東京都中野区本町 5-33-11 株式会社 エイト日本技術開発 東京支社 防災保全部
TEL 03-5341-5161 FAX 03-5385-8530)

躯体剛性は、コンクリートの 1/15 程度であることが判明した。

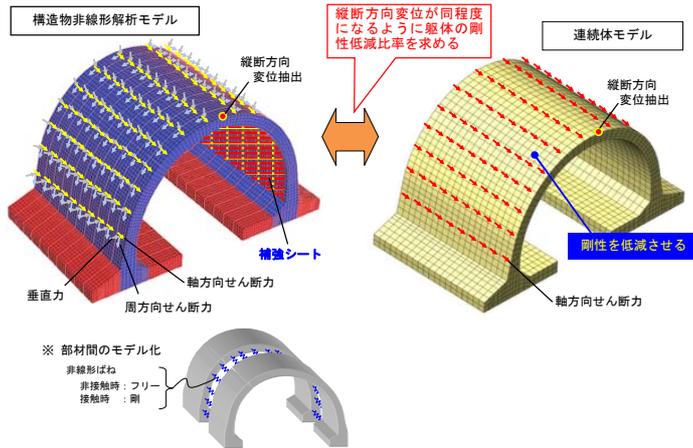


図3 躯体剛性を求めるための非線形解析

4. 解析結果

(1) 縦断方向荷重算定結果

常時を想定した自重解析結果及び地震時を想定した地震応答解析結果の一例を図3に示す。なお、図中示した補正係数 α は、下式より算定したものである。

$$\text{補正係数 } \alpha = \tau / \sigma_v' \dots\dots\dots (式1)$$

ここに、 τ : 縦断方向せん断応力 [kN/m²]
 σ_v' : 土被圧(頂部位置) [kN/m²]

常時状態では、カルバート縦断方向のせん断応力は、坑口に向かい大きくなる傾向が確認された。また、(式1)に示した α についても、同様の傾向が確認され、最大で $\alpha=0.3$ 程度となる結果であった。

地震時状態では、常時状態とは異なり、縦断方向のせん断応力は、盛土中央部も坑口部も大きな差は見られず、常時状態と同様に(式1)に示した α を求めると、最大で $\alpha=0.6$ 程度となる結果であった。また、この結果を含め、解析を行った4カルバートでの結果を表1にまとめたが、常時で $\alpha=0.3$ 程度、地震時で $\alpha=0.4\sim0.6$ 程度となる結果であった。

(2) 荷重作用位置について

荷重作用位置について、躯体へ作用するモーメントが等価となる換算位置として算定し、図4にその結果の一例及び4カルバートでの算定結果をまとめて示す。カルバート縦断方向分布を示した一例では、縦断方向に大きな変化は見られなかった。この結果を含めた、解析を行った4箇所での作用位置算定結果を見ると、鉛直作用高が、カルバート高の概ね3/4程度、水平作用位置は、カルバート幅の概ね1/4倍程度の位置であった。

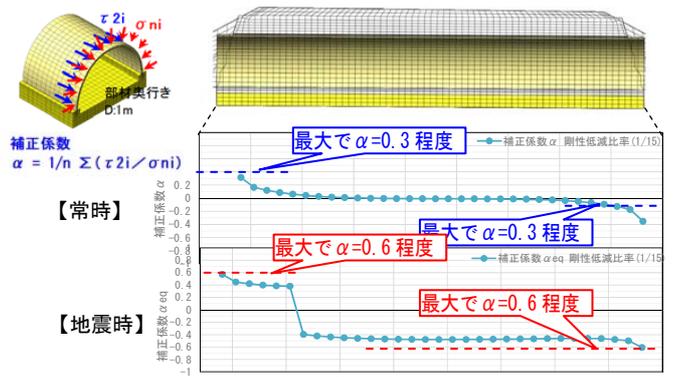


図3 作用荷重(補正係数 α)算定結果(常時・地震時)

表1 作用荷重(補正係数 α)算定結果のまとめ

	補正係数 α		備考
	常時	地震時	
カルバート1	0.3	-	
カルバート2	0.4	0.6	東日本大震災での地震動を想定
カルバート3	0.3	-	
カルバート4	0.3	0.4	東日本大震災での地震動を想定

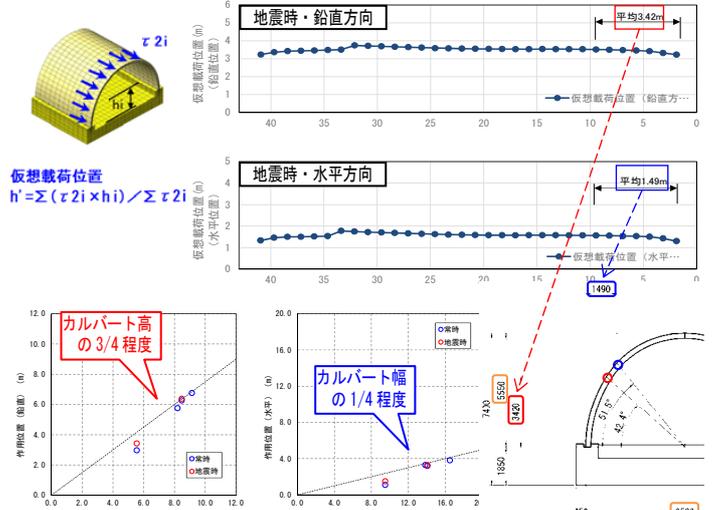


図4 荷重作用位置の算定結果

5. まとめ

以上示した通り、3次元 FEM 解析を用い、設計用の縦断方向作用荷重の大きさ及びその作用位置を求めることが出来た。今後は、対策工の効果検証など²⁾を行い、設計手法を構築³⁾した上で、実験や現場計測結果などを反映しながら、その設計法をより合理化させていく予定である。

参考文献

1) 中村ら: 3 ヒンジアーチカルバートの地震時縦断方向挙動と損傷に関する分析, 土木学会第 72 回年次学術講演概要集, III-132, pp. 263-264, 2017
 2) 眞野ら: 既設プレキャストアーチカルバートの縦断方挙動に対する対策工の検討, 土木学会第 73 回年次学術講演概要集 (投稿中), 2018
 3) 中村ら: 既設プレキャストアーチカルバートの縦断方向対策の設計法検討, 土木学会第 73 回年次学術講演概要集 (投稿中), 2018