

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

株式会社 高速道路総合技術研究所 正会員 ○中村 洋丈, 藤原 優, 藤岡 一頼
株式会社 エイト日本技術開発 正会員 佐伯 宗大, 眞野 基大

1. はじめに

東日本大震災では高速道路の3ヒンジ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。)においてクラウン部のコンクリート破壊やはく離等の損傷が発生しているが、この損傷は、カルバート縦断方向の躯体挙動が原因と推測されている。筆者らはこれまでに地震時のアーチカルバートの被害整理・分析を進めてきた¹⁾。本論文は被害整理により分類したアーチ部材の挙動を解析により表現し、部材の応力状態を再現して破壊やはく離現象を分析したものである。

2. 地震時のアーチカルバートの損傷分類

筆者らの分析によるとアーチカルバートの地震時の部材損傷は、大きく次の4つに区分できる(図1)。

- (1) アーチクラウン部の破壊やはく離
- (2) アーチ内空の側部にカルバート延長方向の縦断方向の曲げひび割れ
- (3) アーチ部材と基礎との取り付け部にひび割れ
- (4) アーチ部材間の目地部からの漏水

これらの内、『(1)クラウン部の破壊・はく離』については、地震時に、カルバート縦断方向に連結されていないアーチ部材が、ばらばらに挙動して縦断方向に倒れこみ、その際に部材同士が接触することによって生じると推測した。また、『(2)アーチ内空側部の曲げひび割れ』については、アーチ部材が倒れこむ際にクラウン部を中心に開く形となることにより、クラウンを介在して伝達されているアーチ軸力が抜け、部材内に想定以上の曲げ引張が生じたためと推測した。

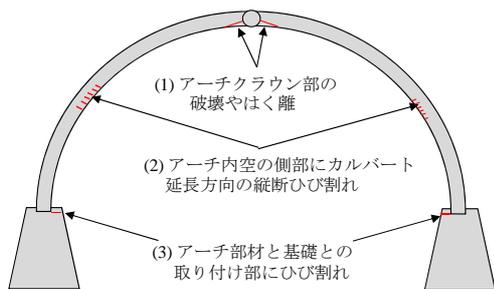


図1 アーチカルバートの損傷分類

3. アーチカルバート挙動と応力状態の再現

(1) 検討手法

損傷分類の(1),(2)の状態を再現及び検証するため、以下の手順で解析した。

- ①解析モデル：東日本大震災で被災したアーチカルバートを対象とした。(内空幅9.0m, 高さ5.3m, 延長42.8m, 最大土被り高さ3.0m)
- ②盛土からの作用荷重の算出：アーチカルバート縦断方向の2次元モデルにサイト波を用いた地震応答解析を実施。その結果から、盛土からカルバートへの作用力(作用力およびその作用位置)を求めた。
- ③図2のようにアーチカルバートの一部である部材3~4スパンをモデル化し、②の荷重を縦断方向に静的に載荷し、アーチ部材の変形状況及び応力状態を確認した。また、クラウンヒンジ部の応力状態を確認するため、図のようにヒンジ部をモデル化した。
- ④クラウン周辺の破壊・はく離状態を再現するため、クラウン部を3次元モデルとは別に詳細に材料非線形FEM解析(WCOMD)でモデル化し、3次元モデルでのクラウン部反力を用いた解析を実施した。

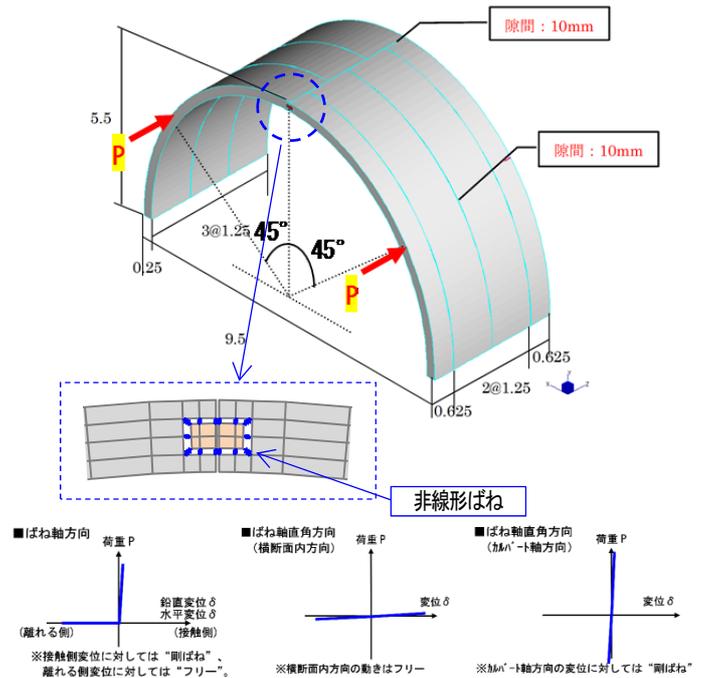


図2 検討のモデル

キーワード アーチカルバート, 耐震, 対策
連絡先 (〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 株式会社高速道路総合技術研究所 道路研究部 土工研究室
TEL 042-791-1694 FAX 042-791-2380)

(2) 検討結果

③の結果のうち図3はアーチ部材の変位を示している。アーチカルバート縦断方向に静的載荷すると、延長方向にはアーチ部材上部が倒れこみ、左右方向には載荷方向（倒れこみ方向）に開くように変位する。この状態は藤原ら¹⁾が整理したクラウンヒンジ部の角欠けの発生状況と同様の挙動である。図4、図5は図3に示す変位が生じた状態における部材の発生応力度のコンター図である。図4では、クラウンヒンジ部で部材同士が接触し、局所的に発生せん断応力度が卓越する結果が得られた（図中の青破線部）。これは損傷分類(1)のクラウン部のコンクリート破壊・はく落に対応するものである。

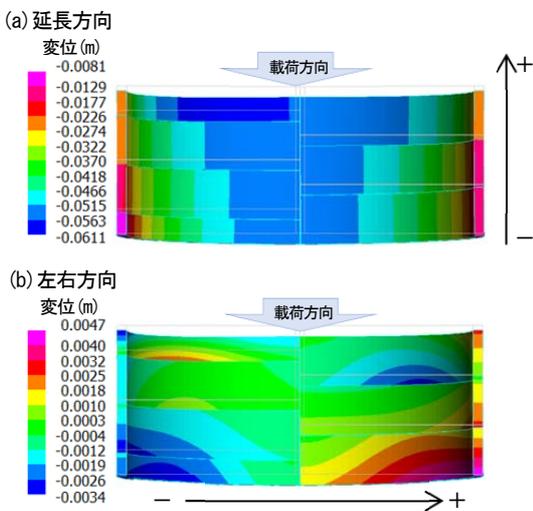


図3 静的載荷による変位（内空から頂部を望む）

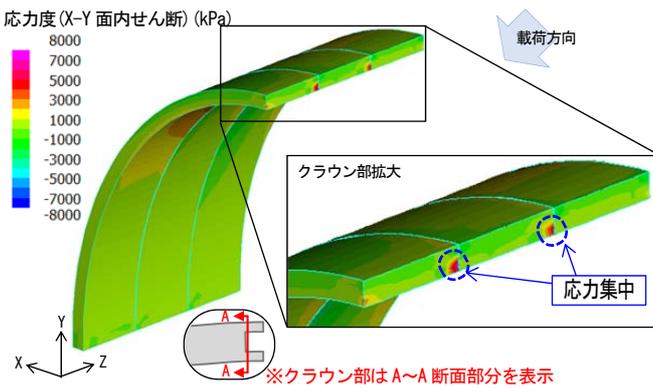


図4 クラウン部のせん断応力度

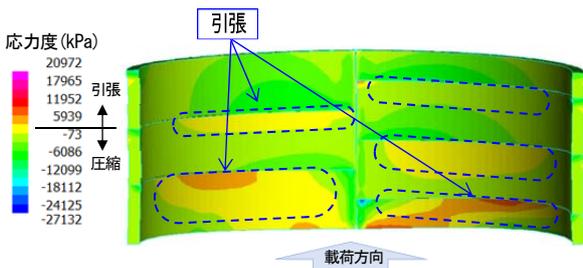


図5 アーチ円周方向の応力度（内空から頂部を望む）

図5は円周方向の応力度であるが、アーチ部材の一部材の中でも発生応力度が圧縮、引張部に分かれており均一ではない状態となる（図中の青破線部は軸圧縮力が小さい範囲を示し、一部で引張応力が発生している）。図3に示された部材が縦断方向に開きながら倒れる変位により軸力が均等に伝達されておらず、この不均一な状態が損傷分類の(2)のアーチ部材の曲げひび割れの発生要因であると考えられる。

図6はクラウン部を詳細にモデル化した④の解析結果である。解析の結果、引張ひずみ3%、せん断ひずみ2%程度に達している領域（図の濃赤部）が連続的にクラウン中央部から下部に向かって斜め方向に発生していることが分かる。この部分では、コンクリートの破壊・はく落が生じるものと考えられ、実被害のクラウン付近の破壊・はく落範囲と概ね一致する結果であった。

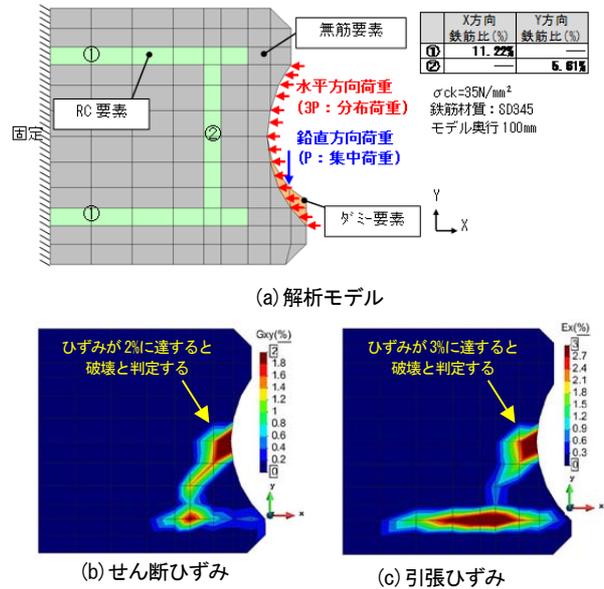


図6 クラウン部のひずみ状態

4. まとめ

今回の解析結果では、想定していた損傷分類がアーチカルバート縦断方向の変形挙動に伴い発生していることが確認できた。したがって、これらの被害が生じないための対策工を検討する上では、縦断方向の変位を拘束することが効果的であると考えられる。今後、さらに実験的検証や土圧計測によって、対策工設計に反映できる知見を蓄積する予定である。

参考文献

1) 藤原ら: 3 ヒンジプレキャストアーチカルバートの上載盛土の影響に関する分析, 土木学会第71回年次学術講演概要集, III-460, pp.919-920, 2016.