

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

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
株式会社 エイト日本技術開発 正会員 佐伯 宗大, 眞野 基大
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、「カルバート」という。）においてクラウン部のコンクリートはく落等の損傷が発生した。筆者らは、この損傷はカルバートの縦断方向（軸方向）にかかる周面せん断力に対して、分割したプレキャスト部材から構成されるカルバートが、十分な連結や抵抗がないことによって生じたと示した。本論文は既設カルバートを対象に、この縦断方向挙動に伴う損傷を防止するための対策工について、設計手法を検討したものである。なお、設計手法の検討プロセスは他報^{1),2)}で論じているので、ここでは検討結果から構築した設計法を示す。

2. 地震時の損傷と要求性能

東日本大震災では図1のように、特にヒンジ部で部材が相互に衝突することによって、コンクリート片のはく落がカルバート全長にわたって生じた。一方、レベル2地震時の土工構造物の要求性能では、重要度1のカルバートには性能2が求められる。ここで図の損傷を要求性能に照らすと、(1)ヒンジ部が損傷すると修復できない。(2)土側に損傷が発生すると点検、修復できない。(3)コンクリート片が全長で落下すると、内空道路の通行者の安全が確保できない。といったように、性能2で求める安全性や修復性が確保できない可能性がある。したがって、このような損傷が生じないような対策が必要である。

3. カルバート縦断方向荷重の設定

カルバート縦断方向荷重は、常時及び地震時にカルバートが盛土から受ける周面せん断力による。周面せん断力は図2の左下部のようにカルバート全周、全長にわたり生じている。これまでの検討結果では、この周面せん断力はカルバートの土被りに対して、係数 α を乗じることによって算定できることが分かっている¹⁾。したがって、縦断方向の地震時荷重は、図のように常時及び地震時増分を加算した係数 α に、土被り厚を乗じて算出することができる。ここで係数は、常時では坑口部 $\alpha=0.3$ で盛土中央部をゼロとした直線分布、地震時増分 $\Delta\alpha_{eq}$ は地

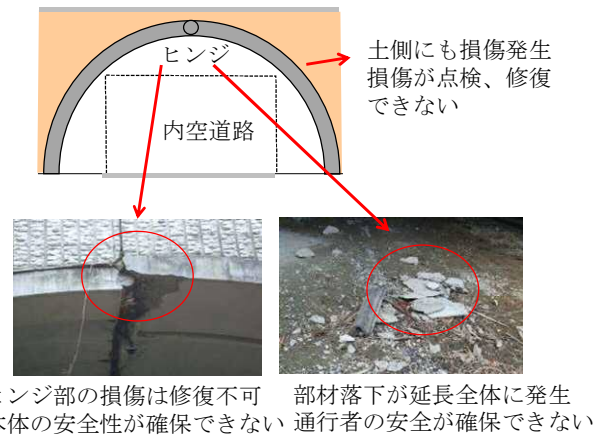


図1 カルバートの損傷と安全性・修復性

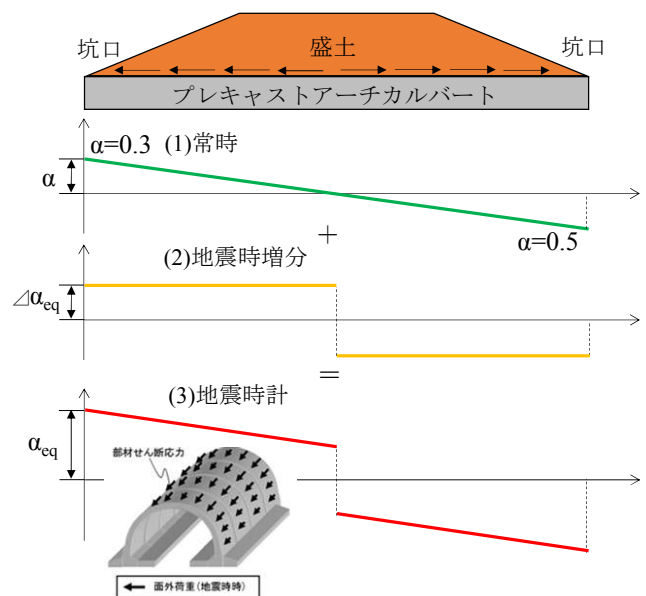


図2 カルバート縦断方向荷重の係数

震応答解析から算定したせん断力、地震時 α_{eq} は常時と地震時を加算したものとした。東日本震災で被災したカルバートを例にとると、道路橋示方書のレベル2地震動では、常時の坑口部の係数 $\alpha=0.3$ 、地震時の係数 $\alpha_{eq}=0.84$ となる。なお、盛土材料のせん断強度から、地震時 α_{eq} の上限値を定めている。また、この荷重の作用位置は、カルバート周面の荷重平均位置で、カルバートの高さの3/4、内空幅の1/4の位置になる。

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)

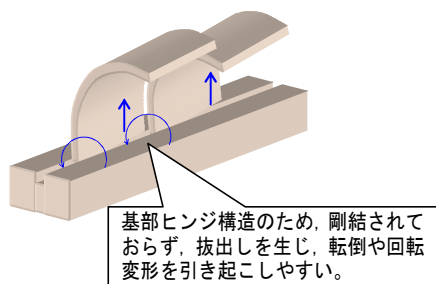


図3 アーチ部材の変形状況

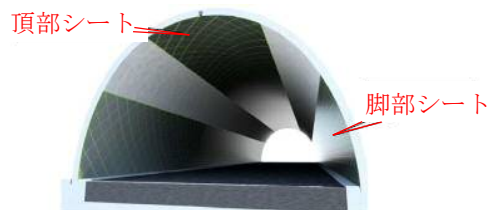


図4 カルバートの縦断方向変形抑制の対策

4. 対策工の考え方と部材の変形モード

カルバート縦断方向の連結が十分でないと、図3に示すようにアーチ部材が縦断方向の作用により変形する。この変形は基部がヒンジ構造で基礎と剛結されておらず、抜き出しが生じて、転倒や回転変形に繋がる。このような変形を抑制するため、対策工は図4のようにカルバートの頂部と脚部に炭素繊維等の繊維補強シート（以下、繊維シートという）を貼り付ける。ここで繊維シートを選定したのは、カルバート内空道路の建築限界を確保し易いこと、比較的短期間で施工が可能で、内空道路の通行者への影響が最小限にできること、繊維シートの引張強度が高いので、変形抑制を合理的にできること等がある。なお、繊維シートの貼り付け範囲は、シート貼り付けにより縦断方向荷重に対して、部材の曲げ照査を実施し、必要補強範囲を決める。抵抗と発生曲げモーメントを高さ方向に順次算定し、抵抗が上回る範囲とする。

図5には、アーチ部材の各変形モードに対して、繊維シートの設計の考え方を示す。図3のような変形をすると、アーチ部材が頂部を中心に回転して開くモードと、アーチ部材全体が荷重を受けた方向に倒れ込むモードが発生する。それをカルバート頂部及び側部に分けて変形モードとその対策を考える。(a)はカルバート頂部の鉛直軸まわり回転変形である。繊維シートは引張のみに抵抗する材料であるので、(a)のような回転変形に伴って頂部付近の部材間がずれる現象に対して、効果を発揮するように部材間目地に対して斜め45°方向に貼り付ける。繊維シートは、(a)は部材間ずれのせん断力に対して許容応力度内に収まるか照査する。(b)は基部を支点とする頂部

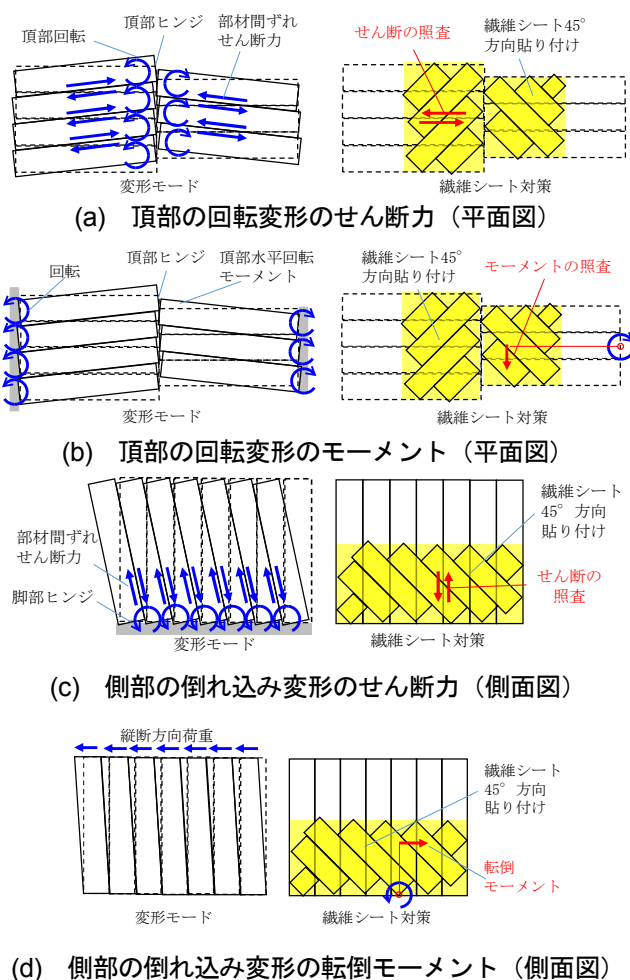


図5 アーチ部材の変形モードと対策工

の繊維シートの水平回転モーメントの照査である。(c)は側部の倒れ込み変形に伴って生じる部材間ずれのせん断力の照査である。(d)は側部の転倒モーメントの照査である。これらの繊維シートの設計によってカルバート縦断方向の変形を抑制できる。

4. まとめ

カルバートの縦断方向挙動は、盛土とカルバートの相互作用によって、3次元に回転、開き、倒れ込みが生じる。今回、縦断方向の荷重は土被り厚に応じた係数を用いて設定し、アーチ部材の各変形モードに対して、変形抑制する対策を構築できた。しかしながら、本検討では主に解析による検討であったため、安全側の設計としている。今後、実験や現場計測を実施し、荷重の設定、頂部と脚部の繊維シートの相互効果、シートの貼り付け位置や方向などについて、合理化していく予定である。

参考文献

- 1) 佐伯ら：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，土木学会第73回年次学術講演会（投稿中）
- 2) 眞野ら：既設プレキャストアーチカルバートの縦断方向挙動に対する対策工の検討，土木学会第73回年次学術講演会（投稿中）