



アーチ水路橋の耐震性能照査

— フレーム要素+平板要素を用いた無筋コンクリート橋の解析 —

宇部興産コンサルタント 株式会社

概要

通潤橋に代表されるようなアーチ水路橋は農業用水路として建造されたものであるが、現在では景観的価値、土木遺産的価値も高い。本橋は無筋のアーチ水路橋であり、主構造として下部工(柱)とアーチ部と水路部から構成されるが、それ以外にアーチ部と水路部の間には間詰めコンクリートが存在する。解析モデルとして、主構造を個別にモデル化する方法や間詰めコンクリート部を剛体としてモデル化する方法も考えられるが、できるだけ実構造に近づけるため、フレーム要素および平板要素を用いて無筋アーチ水路橋全体をモデル化し、静的解析および動的解析を行い、レベル2地震動に対する耐震性能照査を実施した。

対象構造物および解析条件

■ 対象構造物

橋長：約 68m、形式：無筋アーチ水路橋(14 連)
コンクリート材料： $\sigma_{ck}=16(N/mm^2)$

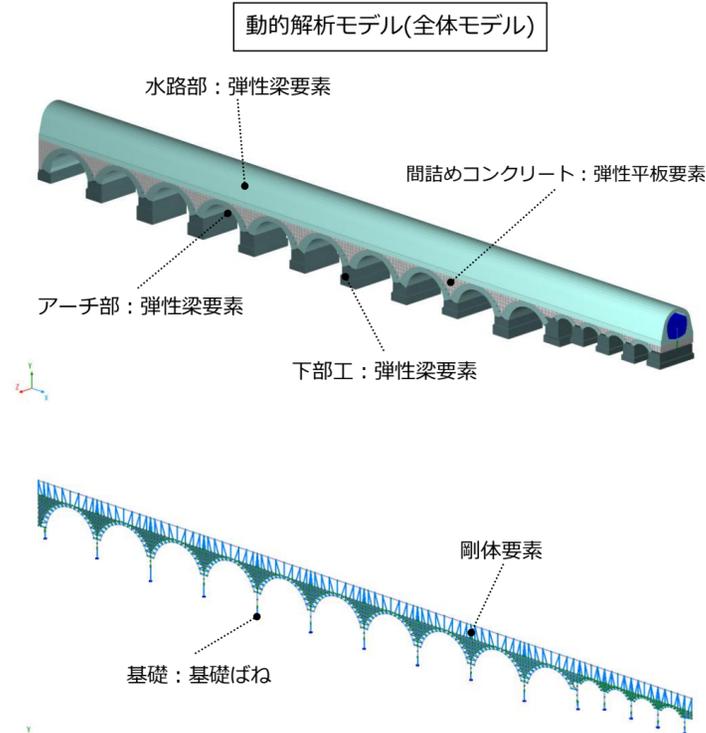
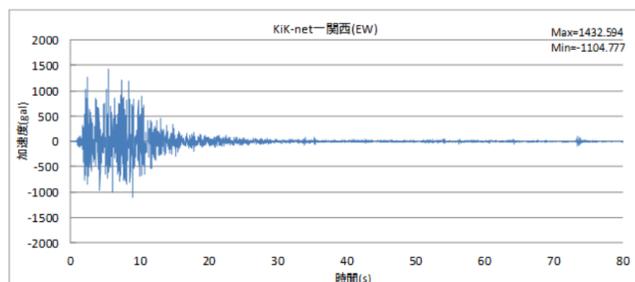
■ 解析条件

- ・ 無筋コンクリートのため、部材は全て弾性部材
- ・ 主構造の下部工(柱)、アーチ部、水路部は弾性梁要素
- ・ アーチ部と水路部のフレーム要素をつなぐ間詰めコンクリートは剛性を考慮するため、弾性平板要素を適用
- ・ 解析は動的解析を基本とするが、水路部の直角方向については、主たる構造が BOX 構造になるため、別途水路部単体のモデルを用いて静的解析を行う

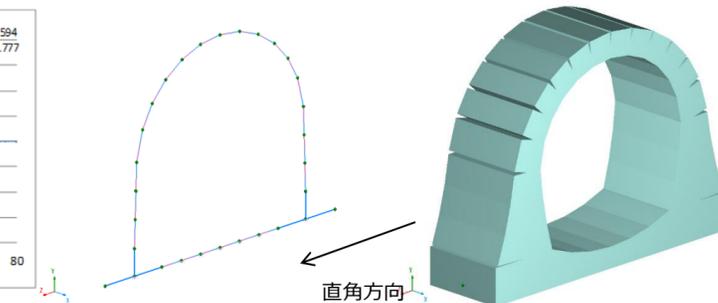
■ 設計条件

- ・ 準拠基準：水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版
- ・ 地域区分：C 地域、地盤種別：1 種地盤
- ・ 設計水平震度：動的解析の最大応答加速度より設定
- ・ 加速度波形は水道指針に記載されている K-net、Kik-net 等のレベル 2 地震動の代表的な強震記録を 4 波を入力し、水重による慣性力は直角方向のみ考慮

レベル 2 地震動の記録の例(Kik-net 一関西(EW 成分))

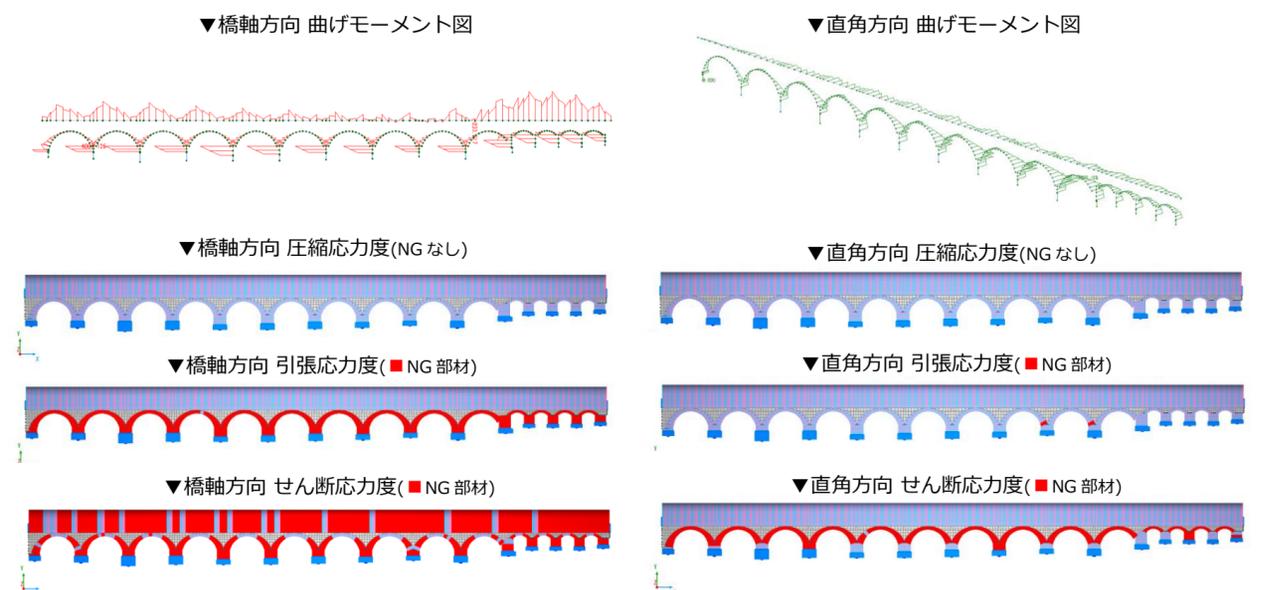


静的解析モデル(直角方向水路部単体)



検討結果

照査対象は主構造であるアーチ部、下部工、水路部とし、照査方法について、本構造は無筋コンクリートであるため、許容応力度法により行った。照査は圧縮応力度、引張応力度およびせん断応力度に対して行い、無筋断面のため、引張応力度 σ_c について、引張縁は断面端部とし、 $\sigma_c=M/Iy$ (M:応答曲げモーメント、I:断面 2 次モーメント、y:断面図心より引張縁までの距離(断面図心より引張側断面端部までの距離))により算出した。許容引張強度 σ_{bt} はコンクリートの曲げ引張強度とし、道路橋示方書を参考に、 $\sigma_{bt}=0.23 \times \sigma_{ck}^{(2/3)} \times \alpha=2.191(N/mm^2)$ (σ_{ck} :コンクリートの設計基準強度、 α :安全率で地震時は 1.5 とした)とした。以下には全体モデルの照査結果について示す。



無筋コンクリート構造の特色か、圧縮応力度は問題ないが、引張応力度およびせん断応力度について照査を満足しない。特に橋軸方向について、曲げ引張応力度はアーチ部と下部工の多数の部材で照査を満足せず、せん断応力度は全ての主構造の多数の部材で NG であり、構造全体として、耐震性能を満足していない。そのため耐震補強が必要と判断される。

考察

無筋アーチ水路橋を対象にフレーム要素および平板要素を用いて水路橋全体をモデル化し、レベル 2 地震動に対する耐震性能照査を行った。主たる構造が異なる、水路部の直角方向を除き、フレーム要素と平板要素を用いることで無筋アーチ水路橋を一体でモデル化でき、主構造に対して一括で解析し、照査を行うことができた。

照査結果、無筋コンクリートのため圧縮応力度については全く問題なかったが、主構造の多数の部材で引張応力度とせん断応力度を満足しない結果であり、耐震補強が必要であり、同じ手法で耐震補強を行うことも可能と考える。