

### 側径間の重量の大きい鋼上路式アーチ橋（水神橋）に対する耐震補強設計

埼玉県秩父県土整備事務所  
オリエンタルコンサルタンツ 正会員

曾田 信行  
久木留 貴裕 正会員

津久井 隆  
○前田 和裕 正会員 大竹 省吾

#### 1. はじめに

鋼上路式アーチ橋の耐震補強設計では、当て板補強・巻き立て工法は、重量の増加と短周期化のため適用が困難であり、制震対策が効果的であることが知られている。本稿では、側径間の重量が大きく、制震装置による対策のみでは、既往の耐震性能を満足しない鋼上路式ヒンジアーチ橋に対して、耐震壁を併用する耐震補強設計を実施した事例を報告する。

#### 2. 設計対象

図-1 に対象橋梁を示す。対象橋梁は、昭和 46 年に竣工し、現行基準<sup>1)</sup>による耐震設計は実施されていない橋梁である。全長 82.7m で中央径間に I 型断面の補剛桁、両側径間は単純桁構造で、アーチの補剛桁とゲルバー構造でつながっている。アーチリブは I 型断面で構成されており、支柱は、円筒形断面で構成されている。アーチ支承は、A2, A3 ともにヒンジ（ピン支承）構造である。上部構造は、左右の側径間が非対称であり、A1 橋台側は支間長 21.5m と全長に占める割合が高い。また、支承条件は、A1, A4 橋台が可動支承（線支承）であり、A2, A3 は端支柱上、ゲルバー部とも固定支承（線支承）である。このため、A2 側の端支柱には、橋軸方向と橋軸直角方向に対して側径間から大きな慣性力が作用する特徴のある構造である。

#### 3. 設計方針

本橋梁の耐震補強設計は、道示 V および鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン<sup>2)</sup>に基づいて、動的解析法によりレベル 2 地震動に対する照査を行った。目標耐震性能は、緊急輸送道路上の重要構造物であることから、表-1 に示す通り設定した。ここで、二次部材の引張側については非線形部材としてモデル化し主要部材への影響を考慮した。圧縮側については材料非線形と座屈現象を考慮する複合非線形挙動的確な評価が必要となるため、線形域に留めた。補強対策では、補強規模の減少が図れる制震化を基本とした。

#### 4. 現況照査結果

図-2 に現況照査の結果を示す。現況照査の結果、橋軸方向では、アーチクラウン、補剛桁、直角方向では、端支柱天端・アーチクラウン・補剛桁中央付近に大きな変位が発生し、これにより、端支柱の下端・アーチリブの基部、補剛桁の中央・端部付近を中心に損傷が発生する結果となった。

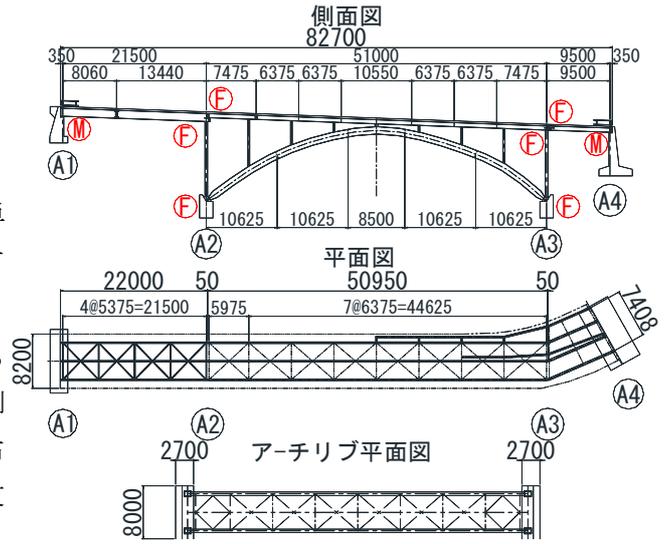


図-1 対象橋梁（一般図）

表-1 目標耐震性能

部材	目標耐震性能	備考
主要部材	耐震性能1	弾性的な挙動 (降伏応力度以内)
二次部材	耐震性能2	軽微な損傷 引張側のみ降伏を許容 $\leq 2\epsilon_y$
支承	耐震性能1	弾性的な挙動 (降伏応力度以内)

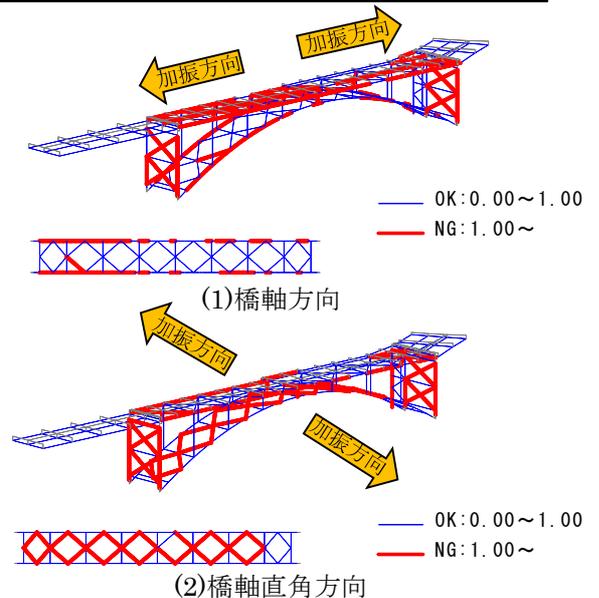


図-2 現況照査結果

キーワード 耐震補強設計, 鋼上路式アーチ橋, 動的解析, 粘性ダンパー, 座屈拘束ブレース

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 (株) オリエンタルコンサルタンツ TEL 03-6311-7860

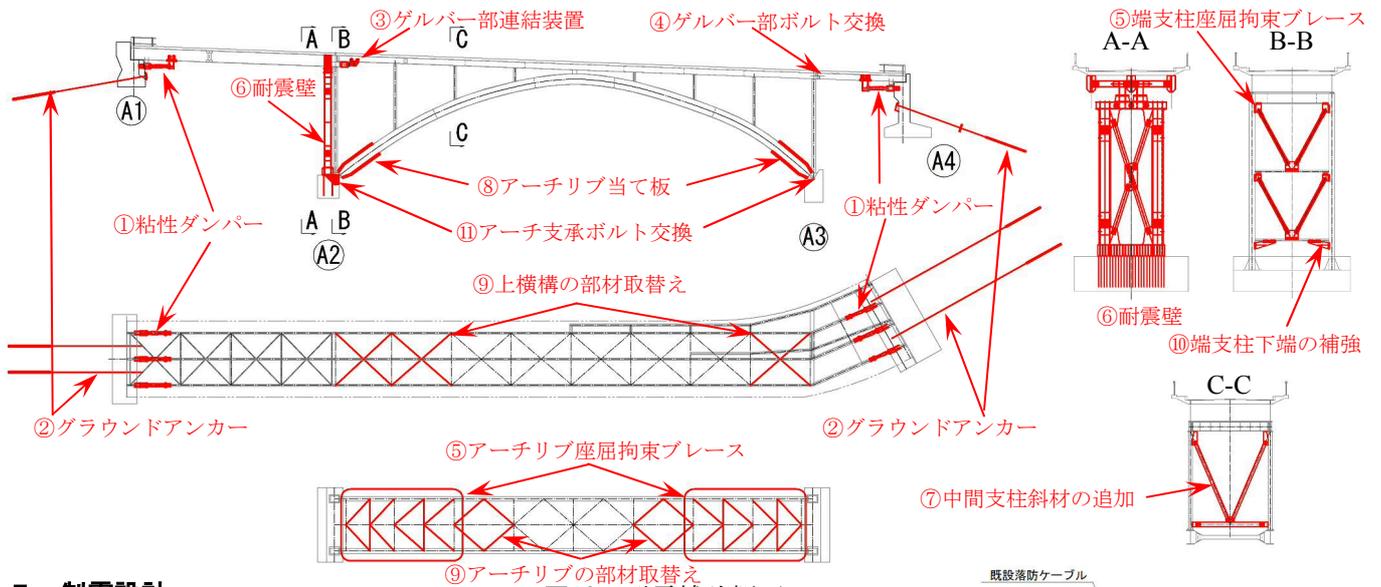


図-3 耐震補強概要

5. 制震設計

橋軸方向については、アーチクラウンと補剛桁の変位を抑制するため、固定点である A1 橋台、A4 橋台との間に可動支承と併用する形で粘性ダンパーを設置した (図-3)。さらに、粘性ダンパーからの作用力に抵抗するためのグラウンドアンカーの設計や、ゲルバー部の桁を確実に連結するための補強 (図-4) を行った。一方、橋軸直角方向については、端支柱およびアーチリブの直角方向

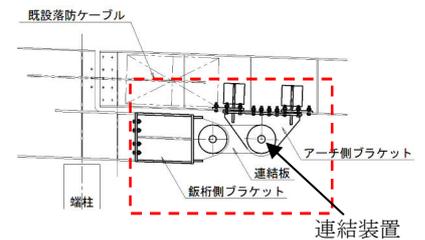


図-4 A2 側ゲルバー部連結装置

の変位を抑制できる固定点がないことから、常時荷重に対して抵抗しない部材である端支柱の斜材やアーチ横構のうち、耐震性能照査において降伏に至る部材を中心に、座屈拘束ブレースに取り換えることとした (図-3)。ここで、座屈拘束ブレースの規格は、レベル 1 地震時作用軸力に対して弾性域に留まる規格とした。

6. 耐震壁の設計

橋軸方向については、A2 側端支柱上部の橋軸方向の変形量は、現況解析では 6.0cm 発生していたが、粘性ダンパーの設置により 1.4cm に収っており、全構造部材の応答値は、許容値以下となった。このため、橋軸方向については、制震化による対策のみで対応可能であった。橋軸直角方向については、座屈拘束ブレースの設置による対策では、端支柱やアーチリブに補強必要箇所が多く残り、特に A2 側の端支柱は当て板補強を行っても対策が追いつかず、対策不可能となることがわかった。この要因は、A1 橋台側の単純桁が長く重量が重いことと推察された。そこで、橋軸直角方向の対策として端支柱の変位の抑制に着目し①鋼板巻き立て、②耐震壁、③支承交換による対策案を比較検討し、現実的な補強工法として耐震壁による対策を選定した (図-3~図-5)。ここで、耐震壁の橋軸直角方向の補強設計における位置づけは、制震化対策を補完する対策とした。これは、耐震壁は基部のアンカーの規模が大きく、設計施工上の課題となるため、極力規模を縮小することが望まれるためである。ここで、橋軸直角方向については、上記の対策で端支柱およびアーチリブの基部の応答は改善されたが、補剛桁とアーチリブの中間部に許容値を超える部材が残ったため、中間支柱への斜材の追加とアーチリブ横構の取り替えも行った。

7. おわりに

鋼上路式アーチ橋に対して、動的解析により照査を行い、耐震補強設計を実施した。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 橋軸直角方向の対策において、対策事例の多い座屈拘束ブレースによる対策のみでは A2 側の端支柱を中心に必要な対策効果が得られなかった。これは、A2 側の側径間の重量が大きいこと、および柱間隔が狭いためと推察される。
- (2) 橋軸直角方向の対策として端支柱の変位の抑制に着目し各種対策を検討した。この結果、制震化対策に、耐震壁を併用するのが有効なことがわかった。

参考文献： 1)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I～V，2012.3. 2)宇佐美勉：鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン，2006.9.