

若松大橋の耐震性能照査及び耐震性能向上策の検討

中央コンサルタンツ(株) 正会員 ○黒木義治 長崎大学工学部 フェロー 高橋和雄
長崎大学工学部 正会員 中村聖三

1. はじめに

平成7年の兵庫県南部地震を契機として、翌、平成8年の道路橋示方書¹⁾(以下、道示と記す)の改定により、新設される道路橋と同様に既設道路橋に対しても、レベル1およびレベル2地震動に対する耐震性能の確保が求められている。離島架橋では幅員の割に橋長が長いことから面外方向の剛性の不足が懸念されている。しかし、長崎県における既設離島架橋の多くが非線形地震応答の検討は行われていないのが現状である。また、これまで既設のトラス橋を対象とした動的解析が行われた例はあるものの、レベル2地震動に対する長大トラス橋の耐震設計事例は少ないようである²⁾。

そこで本研究では、離島長大トラス橋である若松大橋の地震応答特性を明らかにするとともに、耐震性能照査を行い、耐震性能向上策について検討する。

2. 解析方法

2.1 解析対象橋梁の概要

本研究において解析対象橋梁とする若松大橋は、長崎県本土の西部に位置する五島列島の若松島と中通島を結ぶ離島架橋である³⁾。本橋は、平成3年9月の供用開始から15年経過している。トラス部分の中央径間は235m、側径間は117.5m、主構間隔9m、有効幅員6.5mである(図-1)。上部構造は橋軸方向に対してA1橋台部において1点固定されており、P1、P2、P3橋脚部では可動の固定可動構造で非対称となっている。

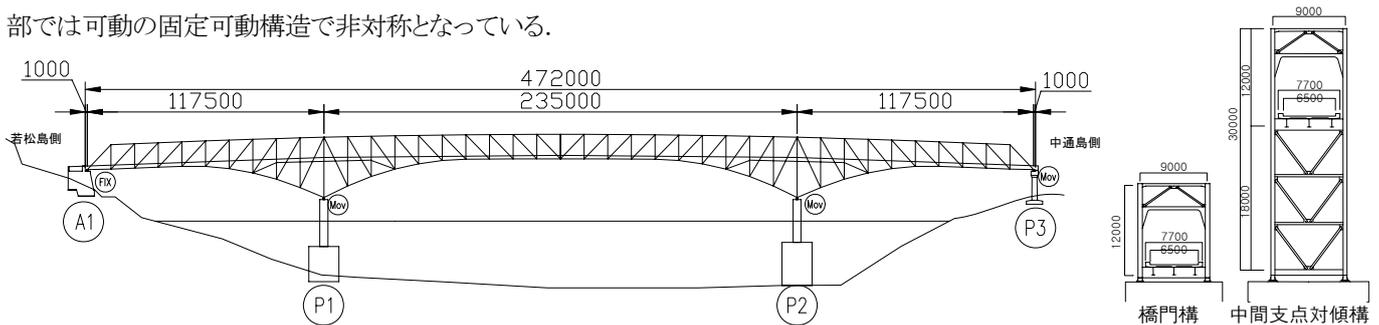


図-1 解析対象橋梁一般図(単位:mm)

2.2 要求耐震性能の設定

本橋の要求耐震性能は、道示・V耐震設計編に基づき、レベル2地震動に対して、耐震性能2を確保することとした(主要部材:弾性的に挙動する 二次部材:損傷を許容する)。

2.3 解析概要

解析モデルは、全トラス部材、床版および橋脚をはり要素を用いて3次元骨組モデルとした(図-2)。支承はバネ要素によりモデル化している。質量は、各節点に質量を集中させる集中質量系モデルとした。地震応答解析における解析方法の概要を表-2に示す。

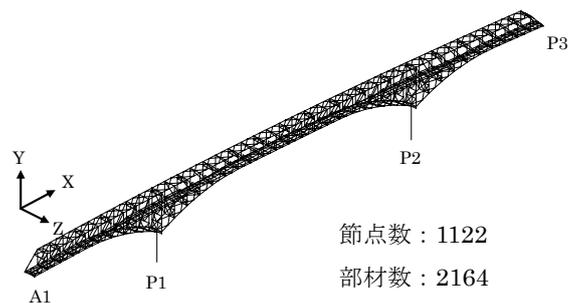


図-2 解析モデル

3. 現況の耐震性能照査

本橋の耐震性能照査は3地震波入力時における部材最外縁の最大ひずみの平均値 ε と降伏ひずみ ε_y の比によって部材が降伏するか否かを判別した。その際、 $|\varepsilon/\varepsilon_y| > 1$ のとき部材が降伏したものとしている。

現況の耐震性能照査の結果として、図-3に降伏耐力超過部材(図中の赤線箇所が降伏耐力を超過する部材である)を、図-4、5に橋軸方向および橋軸直角方向加震時における主要部材である上下弦材の無次元ひずみをそれぞれ示す。

キーワード:トラス橋, 非線形地震応答, 耐震性, 制震ダンパー, 免震支承

連絡先:長崎大学工学部社会開発工学科 〒852-8521 長崎市文教町1-14 TEL:095-819-2610 FAX:095-819-2627

橋軸方向加震時、橋軸直角方向加震時ともに、主要部材である上下弦材において塑性化する部材が見受けられる。また、本稿には示していないが、その他主要部材、横構等の二次部材においても多数の部材で降伏耐力を上回る結果となり、要求耐震性能を満足しないことが明らかとなった。

特に、タイプII地震動が橋軸方向に作用した場合、A1固定支承近傍の下弦材では力が集中するため、降伏ひずみの3倍以上の応答値となった(図-4(b))。

4. 耐震性能向上策の検討

4.1 対策の方針

制震ダンパーとしては、橋軸方向地震に対してせん断パネル型制震ストッパー⁴⁾を、橋軸直角方向地震に対しては座屈拘束ブレース(以下、BRB)を設置することを想定した。制震ストッパーはA1固定支承位置に5基設置し、BRBは中間支点部の下横構および中間支点对傾構斜材部に設置する方針とした。

現鋼製支承を免震支承に取り替えることについて、免震支承には鉛プラグ入り積層ゴム支承を用いることとした。

4.2 対策の効果

耐震性能向上策の効果について対策前と対策後の応答値を比較することにより評価する。

上・下弦材では降伏部材はなくなることが確認できる(図-4, 5)。A1固定支承近傍の下弦材においては、橋軸方向加震時に制震モデルでは58.6%、免震モデルでは96.2%ものひずみが低減された。本稿には示していないが、制震モデル、免震モデルともに、その他塑性化していた多数の部材においても、ひずみが低減され主要部材では塑性部材はなくなり、二次部材では一部損傷部材は残るものの損傷部材を多数減少させることができた。

5. おわりに

現況のままではレベル2地震クラスの強地震が作用した場合、二次部材だけでなく主要部材においても多数損傷を受け、要求耐震性能を満足しないため、耐震性の向上を検討する必要があることが明らかとなった。

上部工の耐震性能を向上させる方策として制震ダンパーの設置や現鋼製支承を免震支承へ取り替える方法について解析的検討を行った。その結果、耐震性能向上策を講じることにより要求耐震性能を満足することができる知見を得た。

最後に、制震ダンパーの設置および免震支承へ取り替える方法の経済性、施工性について定量的な検討を行い若松大橋の耐震性能向上策について検討する次第である。

【参考文献】

- 1) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説(V耐震設計編), 2002.3
- 2) (社)日本鋼構造協会:鋼橋の耐震・制震設計ガイドライン, 2006.9
- 3) 長崎県:若松大橋工事誌, 1993.3
- 4) 橋梁用デバイス研究会((株)横河ブリッジ, 高田機工(株), 川口金属工業(株)):せん断パネル型制震ストッパー設計・施工要領, 2006.10

表-2 解析方法の概要

解析方法	時刻歴応答解析(直接積分法)
数値積分方法	Newmark β 法($\beta=1/4$)
積分時間間隔	1/400 秒
減衰	Rayleigh 減衰
入力地震波	タイプ I, II 地震動
地盤種別	I 種地盤
地域別補正係数	$C_z=0.7$ (長崎県)

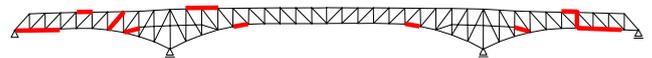
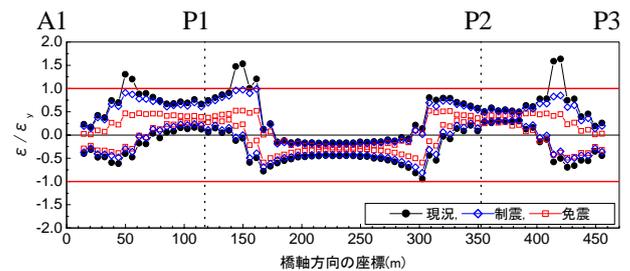
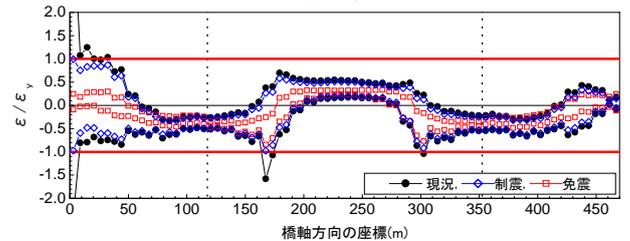


図-3 現況照査結果(降伏耐力超過部材)

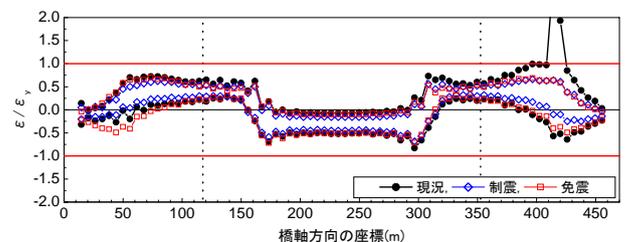


(a) 上弦材

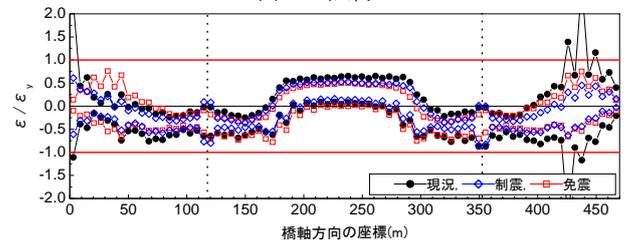


(b) 下弦材

図-4 無次元ひずみの比較(橋軸方向加震時)



(a) 上弦材



(b) 下弦材

図-5 無次元ひずみの比較(橋軸直角方向加震時)