

## 若松大橋の耐震性能向上策の検討

長崎大学大学院 学生会員 黒木義治 中国・福州大学 非会員 呉慶雄  
 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  
 三菱重工業 フェロー 犬束洋志

### 1. はじめに

兵庫県南部地震以後，新設される道路橋と同様に既存の道路橋に対しても，レベル1およびレベル2地震動それぞれの地震動に対する耐震性能の確保が求められている<sup>(1)</sup>．しかし，長崎県における離島架橋<sup>(2)</sup>の多くは固有振動および非線形地震応答の検討は行われていない状況にある．そこで，著者らは離島長大トラス橋である若松大橋の固有振動および非線形地震応答特性を明らかにした．その結果，上弦材および下弦材の一部において部材が降伏する知見を得た．上弦材は部材断面の不足および対傾構の部材の配置による影響，下弦材については部材断面の不足および支承の拘束条件の影響によることが降伏の要因として考えられる．

本研究では，上弦材の降伏要因である対傾構の部材の配置および断面の大きさを再検討した解析モデルによる非線形地震応答解析を行い，耐震性を評価する．

### 2. 若松大橋の概要および解析モデル

#### 2.1 若松大橋の概要

本橋は，長崎県本土の西に位置する五島列島の若松島と中通島を結んでいる離島架橋である．図-1に示す通り中央径間235m，側径間117.5mの3径間連続トラス橋であり，主構間隔9m，有効幅員6.5mである．非線形地震応答解析を行った結果，図-2に示す上弦材および下弦材が降伏に達する対傾構の部材の配置について，若松大橋では写真-1に示す位置において対傾構に部材が組み立ていない状況にある．

#### 2.2 解析モデル

本研究では対傾構の部材の配置および断面の不足が上弦材の降伏に影響していると考え，以上の点を考慮し，改良構造案として解析モデルを作成する．実橋モデルをModel 1，対傾構に部材を追加したモデルをModel 2，断面の大きさを改良したモデルをModel 3とする．図-3はModel 2について，対傾構に部材を168追加し，節点数1138，部材数2286のはり要素でモデル化した3次元骨組モデルである．Model 3は，断面の大きさについて，Model 1で降伏が見受けられた部材（E111,E112,E169,E170,E35,E36,E45,E46）の断面積を降伏していない近接したトラスの上・下弦材と同じ断面積に設定している．

支承の拘束条件は，鉛直方向および橋軸直角方向の変位は全て拘束で，橋軸方向については，A1橋台上の支点のみが拘束である．

### 3. 非線形地震応答解析

#### 3.1 解析条件

非線形地震応答解析は材料非線形性を考慮するため，軸力の変動および2軸曲げの非線形性を考慮できる

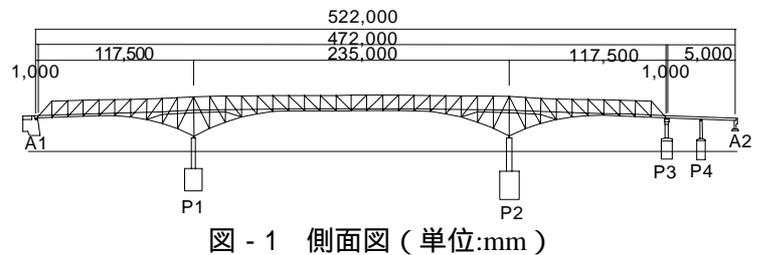


図-1 側面図 (単位:mm)

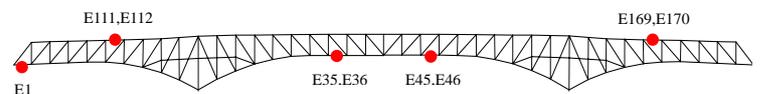


図-2 上弦材および下弦材の降伏位置



写真-1 対傾構の部材の状況

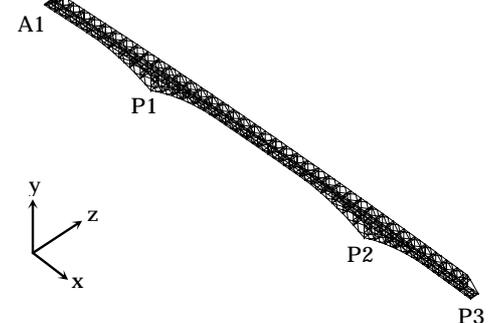


図-3 解析モデル (Model 2)

ファイバーモデルを用いる。地震応答解析には、Newmark の  $\beta$  法( $\beta=1/4$ )を用い、時間間隔 0.0025sec、継続時間 40sec とする。減衰はレーリー減衰とし、固有振動解析から得られた結果を用いて、橋軸直角方向で面外 1 次および面外 10 次振動モードの固有振動数、橋軸方向で面内 1 次および面内 2 次モードの固有振動数を用いる(表 - 1 参照)。

入力地震波については、道路橋示方書に基づく種地盤用標準地震波のタイプ (T111, T112, T113) およびタイプ (T211, T212, T213) の 6 個の波形である。入力地震波は地域別補正係数(長崎県:  $C_z = 0.7$ ) で振幅補正し、橋軸方向および橋軸直角方向にそれぞれ入力する。

### 3.2 解析結果

ここでは、橋軸直角方向加震時において最も大きな応答を示した T111 地震動を入力した場合における上弦材の応答に着目する。図 - 4 に Model 1, Model 2 および Model 3 に対して求めた上弦材の最大軸力をそれぞれ示す。

これらの 3 つのモデルの最大軸力を比較すると、Model 3 による最大軸力は、作用する応力が低減され、降伏軸力には達していない。Model 2 による最大軸力は Model 1 による最大軸力とほとんど変わらない大きさとなり、Model 1 による結果において降伏の見受けられた位置(60m 付近)では軸力が全く低減されていない。また、低減が見られた位置の軸力の差についても数パーセント程度であることから、対傾構の部材の配置が地震応答に及ぼす影響はほとんどないと言える。橋軸方向加震時においても同様の結果となった。

### 4. 耐震性の評価

耐震性の評価については、部材最外縁の最大ひずみ  $\varepsilon$  と降伏ひずみ  $\varepsilon_y$  の比によって部材が降伏するか否かを判別する。

図 - 5 にタイプ 地震動を橋軸直角方向に入力した場合における Model 1, Model 2 および Model 3 により求めた最大ひずみを示す。Model 3 による結果では降伏に達する部材は見受けられないが、Model 2 による結果では Model 1 による結果において降伏に達した位置(60m 付近)で降伏に達する。

### 5. おわりに

本研究では、上弦材の降伏要因として考えられた対傾構の部材の追加および部材の断面積を大きくすることで耐震性能の向上策になるのではないかと考え、若松大橋の耐震性を再評価した。結果として、上弦材の降伏要因の一つと考えていた対傾構の部材の配置による影響はほとんどないことおよび実橋モデルにおける部材の降伏は部材断面が小さいことが要因であることを明らかにした。

今後、下部工の影響を考慮したより実橋に近いモデルにおいて地震応答解析を行い、支承の拘束条件の影響を評価する予定である。

### 参考文献

- (1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説(耐震設計編), 2002.3
- (2) 窪田圭吾, 犬束洋志, 呉慶雄, 高橋和雄, 中村聖三：3 径間連続トラス橋(生月大橋)の固有振動および非線形地震応答特性, 鋼構造年次論文報告集, 第 12 巻, pp.1-8, 2004.11

表 - 1 固有振動数 (Hz)

Model	面外振動モード		面内振動モード	
	1 次	6 次	1 次	2 次
1	0.380	1.737	0.530	0.950
2	0.381	1.773	0.533	0.984
3	0.380	1.737	0.530	0.950

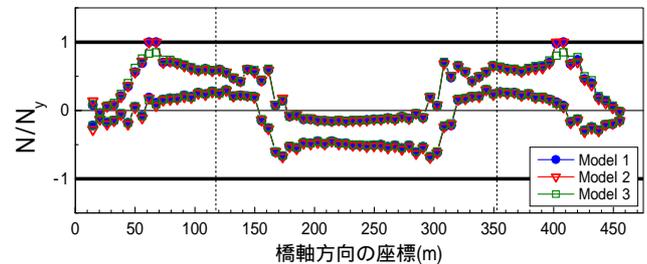


図 - 4 上弦材の最大軸力

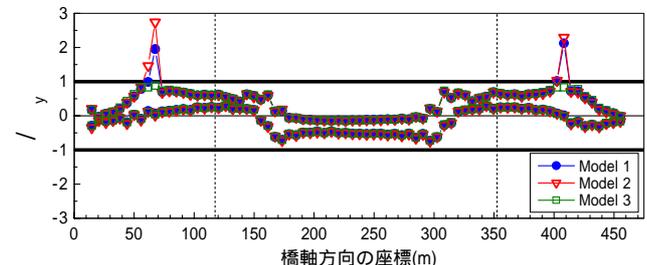


図 - 5 上弦材の最大ひずみ