

離島長大トラス橋（若松大橋）の非線形地震応答特性

長崎大学工学部 学生会員

○黒木義治

長崎大学工学部 正会員

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. まえがき

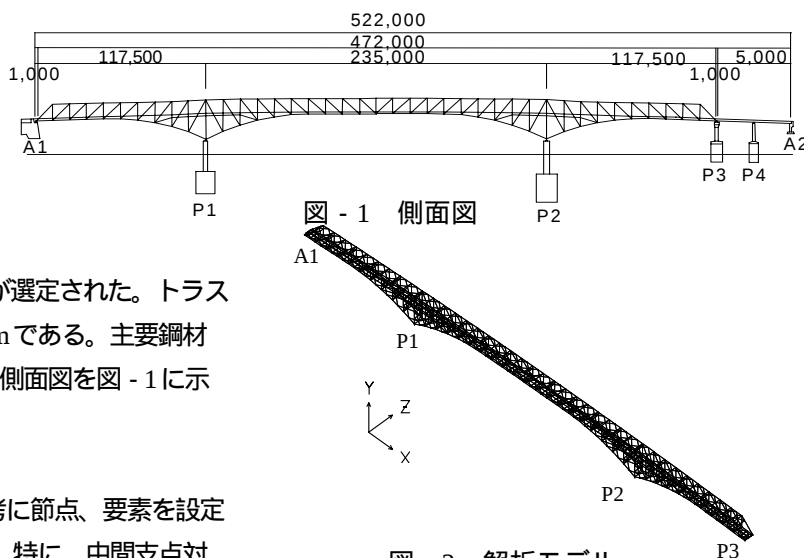
1995年に発生した兵庫県南部地震後、道路橋示方書の改定(平成8年)により、既存の道路橋に対してもレベル1地震動およびレベル2地震動それぞれの地震動に対し耐震性能の確保が求められている。離島架橋では2車線の道路が多く、幅員の割に橋長が長い面外方向の剛性が小さい。しかし、長崎県における離島架橋においてはそのほとんどが固有振動解析および非線形地震応答の検討は行われていない。著者らは、吊橋や連続トラス橋等の離島長大橋の耐震性を逐次評価しつつある。

引き続き本研究では、平成3年に供用開始された3径間連続トラス橋である若松大橋を解析対象として、3次元骨組モデルを作成し、固有振動解析および非線形地震応答解析を行い、強震動に対するトラス部材の耐震性を検討する。

2. 対象橋梁と解析モデル

2.1 若松大橋の概要

若松大橋は、長崎県本土の西に位置する五島列島の若松島と中通島間の若松瀬戸に架かる離島架橋である。本橋の橋梁形式は経済性および施工性に優れることからトラス形式に選定され、トラス橋形式としては下路式の3径間連続トラス橋が選定された。トラス部分の中央径間は235m、側径間117.5m、主構間隔9mである。主要鋼材はSS400、SM490YおよびSM570である。若松大橋の側面図を図-1に示す。



2.2 解析モデル

解析にあたって、まず設計図および工事誌¹⁾を参考に節点、要素を設定し解析対象である若松大橋の構造モデルを作成する。特に、中間支点对傾構および橋門構では、部材を細分割し地震応答を評価する。質量マトリクスは集中質量とし、RC床版の剛性を考慮する。節点数は1078、部材数は3548であり、図-2に示すようにはり要素でモデル化した3次元骨組モデルを用いる。解析にはTDAP²⁾を用いる。

3次元骨組モデルの支承の拘束条件は、鉛直方向および橋軸直角方向の変位は全て拘束であり、橋軸方向については、A1橋台上の支点のみ拘束である。

なお、本研究では下部工の影響は考慮していない。

3. 固有振動解析

固有振動解析を行って得られた結果を表-1に示す。固有振動モードに着目すると、橋軸方向の拘束条件がA1橋台上支点で拘束で、P3橋脚上が自由であるため、3次、4次モード等で非対称になっている。

4. 非線形地震応答特性および耐震性の評価

4.1 解析条件

非線形モデルは、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自動的に考慮できるファイバーモデルを用いる。鋼材の材料特性については道路橋示方書²⁾によるバイリニアモデルを用い、RC床版の材料特性について、鉄筋はバイリニアモデルを、コンクリートはコンクリート標準示方書モデルを用いる。なお、本研究では部材の座屈は考慮していない。地震応答解析には、Newmark β 法($\beta=1/4$)を用い、時間間隔1/400sec、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、橋軸方向で2次および5次の固有振動数、橋軸直角方向で1次および10次の固有振動数を用いる。減衰定数は道路示方書により0.02とする。

図-2 解析モデル

表-1 固有振動数および固有振動モード

次数	固有振動数 (Hz)	振動モード
1	0.380	
2	0.530	
3	0.900	
4	0.950	
5	0.978	
6	1.088	
7	1.225	
8	1.418	
9	1.511	
10	1.737	

入力地震波は、道路橋示方書に基づく 種地盤用のタイプ (T111、T112、T113)の3個の標準波形である。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。

4.2 最大断面力

ここでは非線形地震応答解析の1例として、橋軸直角方向にタイプのT111の地震波を入力した場合について下弦材の最大軸力 N 、面内曲げモーメント M_y および面外曲げモーメント M_z を図-3に示す。これらの図は、横軸に橋軸方向の座標を示し、縦軸に各部材の断面力の最大値および最小値を示している。

図-3(a)に着目すると、中間支点上では圧縮側の軸力が大きくなり、スパン中央部で引張り側の軸力が大きく、A1橋台支点上およびスパン中央付近について、部材の最大軸力が降伏軸力に達し、軸力のみで降伏する部材が見られる。A1橋台支点上付近については軸力に加え、面外曲げモーメント M_z が大きく、中間支点对傾構について、面内曲げモーメント M_y が大きくなっている。また、P3橋脚支点上の曲げモーメント M_z と比べてA1橋台支点上の曲げモーメント M_z が大きいのは、A1橋台支点上で橋軸方向の変位が拘束されているためと考えられる。

なお、ここには示していないが他の地震波を入力した場合および橋軸方向に地震波を入力した場合に関してもここで述べたことと同様の特徴が現れた。

4.3 耐震性の評価

タイプの3地震波T111、T112およびT113を橋軸直角方向に入力した場合の上・下弦材の最大ひずみの平均値を用いて、耐震性の評価を行う。図-4に、上・下弦材、橋門構および中間支点对傾構における最大ひずみ ε および降伏ひずみ ε_y を示す。

図-5(a)および(b)に示すように、下弦材ではA1橋台支点上、200m、260mおよび440m付近で、上弦材では、70mおよび410m付近で部材が降伏していることが分かる。下弦材についてA1橋台支点上の部材の降伏は、橋軸方向変位を拘束しているためであると考えられる。また、降伏した部材では部材断面が小さいため、地震による応力が大きくなっている。一方で、図-5(c)および(d)に示すように橋門構および中間支点对傾構については降伏していない。

5. まとめ

- (1) 橋軸方向の変位を拘束している支点上について下弦材の断面力が大きい。
- (2) 上・下弦材について降伏に達する部材が見受けられる。上・下弦材が降伏する部材に着目すると、軸力のみで降伏する部材と軸力および曲げモーメントによって降伏する部材がある。
- (3) 橋門構および中間支点对傾構については、降伏する部材は見られない。

本研究で示された解析結果によって長大3径間連続トラス橋では、強震時に降伏する部材があることが明らかにされた。今後、本研究を発展させトラス圧縮部材の局部座屈および下部工の影響を考慮した地震応答解析により、解析対象とした若松大橋の耐震性をより詳細に検討する予定である。

参考文献 1)長崎県: 若松大橋工事誌,1993.3 2)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説(耐震設計編),2002.3

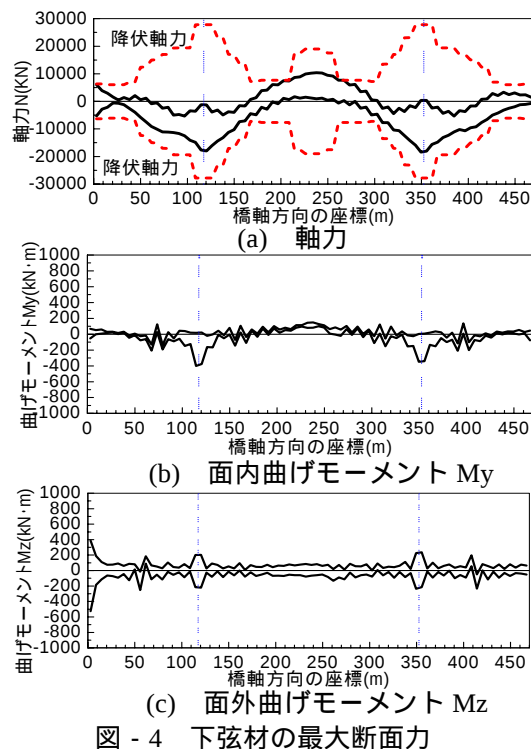


図-4 下弦材の最大断面力

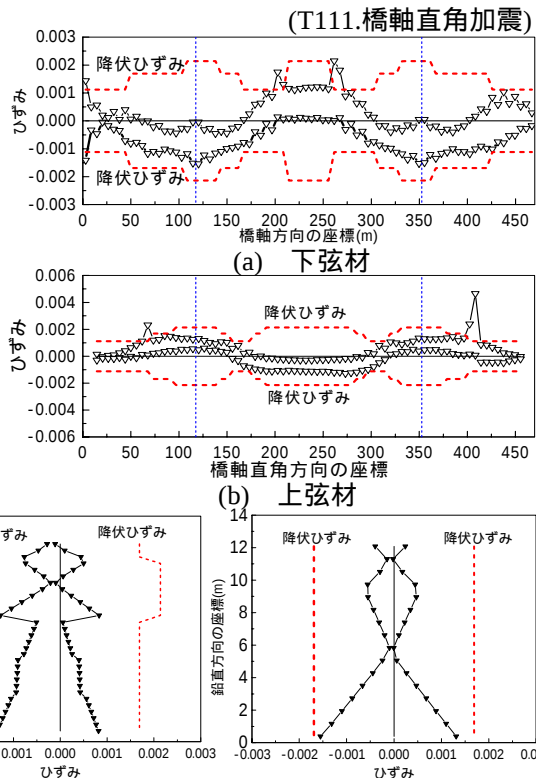


図-5 最大ひずみ (3波平均値・橋軸直角加震)