

鋼ニールセンローゼ橋の耐震解析モデルにおける要素分割に関する一考察

東日本高速道路	正会員	○氏原 安美	正会員	庄子 宗男	正会員	吉川 正紘
オリエンタルコンサルタンツ	正会員	久木留 貴裕	非会員	審良 郁夫	正会員	梅林 福太郎
オリエンタルコンサルタンツ	正会員	澤井 公哉	正会員	林 駿佑	正会員	張 寧

1. はじめに

古い基準で設計された鋼アーチ橋の耐震補強設計では、大規模地震に対して、アーチリブや横支材等の鋼部材に損傷が発生することが多い。この場合、局所的な発生応力度の評価の仕方により、耐震補強量や範囲が変わることから、要素分割を適切に行う必要がある。しかしながら、これまで鋼製橋脚の要素分割について検討されている事例^{1), 2)}はあるものの、鋼上部構造の要素分割に対して検討されている事例はない。そこで、本研究では、鋼ニールセンローゼ橋の耐震解析モデルを対象に要素分割をパラメータとした解析的研究により、鋼上部構造の要素分割に関する考察を行った。

2. 対象橋梁諸元と解析モデル

図-1 に対象橋梁を示す．対象橋梁は鋼ニールセンサー桁と鋼単純合成鉄桁の2連からなる橋梁である．橋梁諸元を表-1 に，図-2 に解析モデルを示す．鋼部材の構成要素には，部材の非線形性と軸力変動の影響を適切に評価可能なファイバーモデルを採用した．入力地震動は，道示³⁾に示されるレベル2地震動とした．

3. 要素分割数の設定

参考文献 1)では、単柱式鋼製橋脚を対象に面内の解析により耐震性能評価を行う際の要素分割の検討が行われており、塑性化した領域の要素長を $BE/5$ 以下、塑性化しない部材を BE 以下に設定することが提案されている ($BE=(BF+BW)/2$, $BF \cdot BW$: フランジ及びウェブの幅). また、参考文献 2)では、鋼製橋脚基部の要素分割に関する検討が行われており、橋脚基部から断面幅の区間を 5 要素でモデル化すれば、10 要素でモデル化した解と概ね同様な解が得られることが確認されている.

本研究では、上記の既往の検討結果を踏まえ、橋軸直角方向加振時の Pushover 解析で損傷程度の大きい上支材の要素分割数を 4 分割、8 分割、16 分割（要素長を BE 程度に設定）、16 細分割（要素長を BE 程度に設定し、16 分割の解析結果で塑性化した領域の要素長をさらに BE/5 以下（6 要素））となるようにモデル化した場合の検討結果の比較を行った。

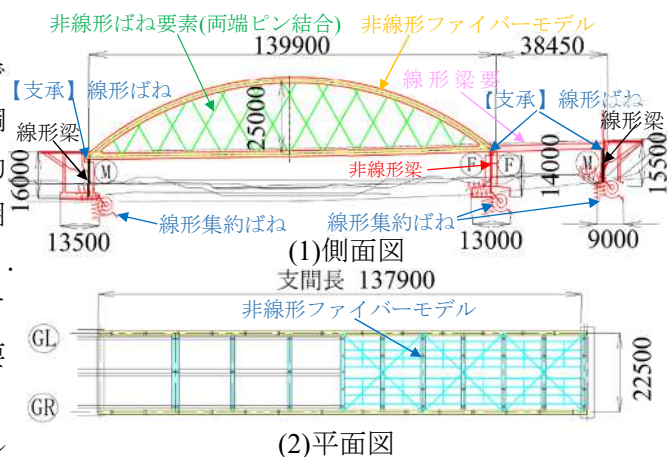


図-1 橋梁一般図とモデル化方針

表-1 橋梁諸元

項目	内容
架設年度	1996年(平成8年)
橋長(桁長)	178.500m(139.900m+38.450m)
上部工形式	鋼ニールセンローゼ桁+単純合成鉄桁
支承形式	ピンローラー(A1側), BP支承(A2側)
下部工形式	箱式橋台, 壁式橋脚
主構間隔	22.500m
基礎形式	直接基礎
地盤種別	I 種地盤
適用示方書	道路橋示方書・同解説(平成2年)

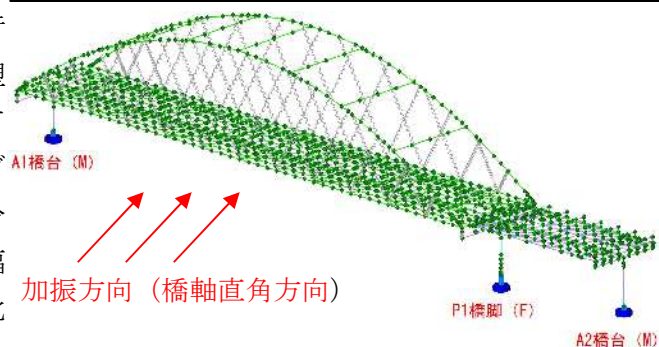


図-2 解析モデル

キーワード 鋼ニールセンローゼ橋，耐震補強設計，非線形解析，ファイバー要素，局部応力
連絡先 〒983-8477 宮城県仙台市宮城野区榴岡 1-1-1 東日本高速道路（株）TEL022-398-8266

4. 検討結果

図-3に各要素分割ケースの損傷状況の違いを示す。水平震度 $kh=1.22$ （レベル2地震動に相当）加振時において、損傷する部材は一致していることを確認した。このため、部材の損傷の有無の評価は、4分割でも可能であると考えられる。損傷範囲に着目すると、分割数を細かくすることで損傷範囲が増減しており、細かく分割するほど、損傷範囲は収束する傾向があることを確認した。

次に、図-4に要素分割数の違いによる、アーチリブ・上支材の断面力分布を示す。図-5の $kh-\delta$ と表-2の水平震度 $kh=1.22$ 時のアーチクラウン部の水平変位を比較すると、4～16分割ではばらつきがあるものの、16分割と16細分割では概ね収束することを確認した。水平震度 $kh=1.22$ 時において、分割数を細かくすると、曲げモーメントは同程度となるが、部材端部の曲率やひずみは、応答値が大きくなることを確認した。

このため、端部の局所的な応力（曲率やひずみ）を評価するためには、塑性化する範囲の要素長は $BE/5$ 以下、塑性化しない範囲は BE 以下とすることが望ましいと考えられる。

5. まとめ

本検討の結果、部材端部の局所的な応力の評価を行うためには、16細分割程度とする必要があることを確認した。すなわち、局所的な応力を評価するためには、塑性化する範囲の要素長を $BE/5$ 以下、塑性化しない部材を BE 以下でモデル化することが望ましいことを確認した。

謝 辞：本検討の実施にあたって、東北大学大学院の運上茂樹教授、内藤英樹准教授、東北学院大学の中沢正俊教授、千田知弘准教授をはじめとする多くの方々に御助言を賜った。記して謝意を表します。

参考文献：1)（社）日本鋼構造協会：ファイバーモデルを用いた鋼橋の動的耐震解析の現状と信頼性向上，pp.110～111，2011,2. 2)（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編に関する参考資料，pp.111～113，2015,3. 3)（社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，pp.16～35，2012,3.

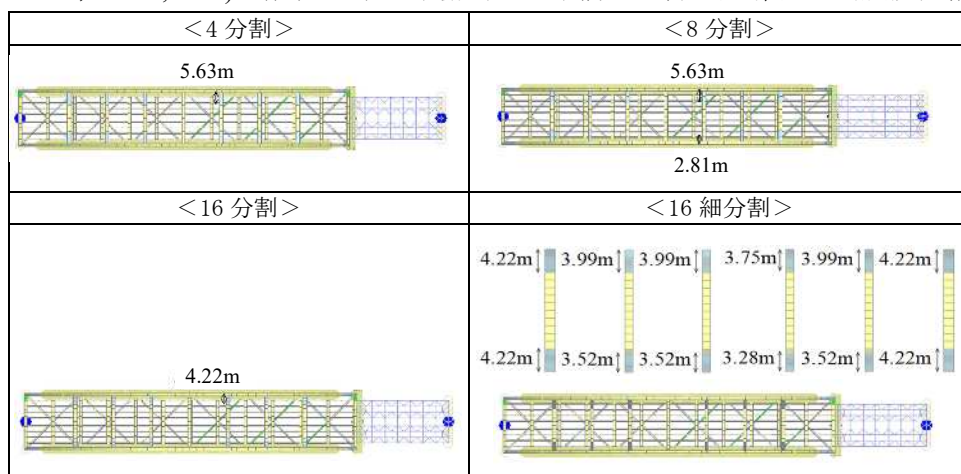


図-3 要素分割の違いによる損傷状況の違い

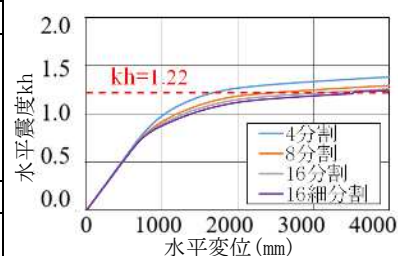


図-5 $kh-\delta$ 曲線の比較

表-2 水平変位の比較($kh=1.22$)

分割数	クラウン部変位 (mm)	比率
4分割	1680	0.48
8分割	2472	0.70
16分割	3159	0.90
16細分割	3527	1.00

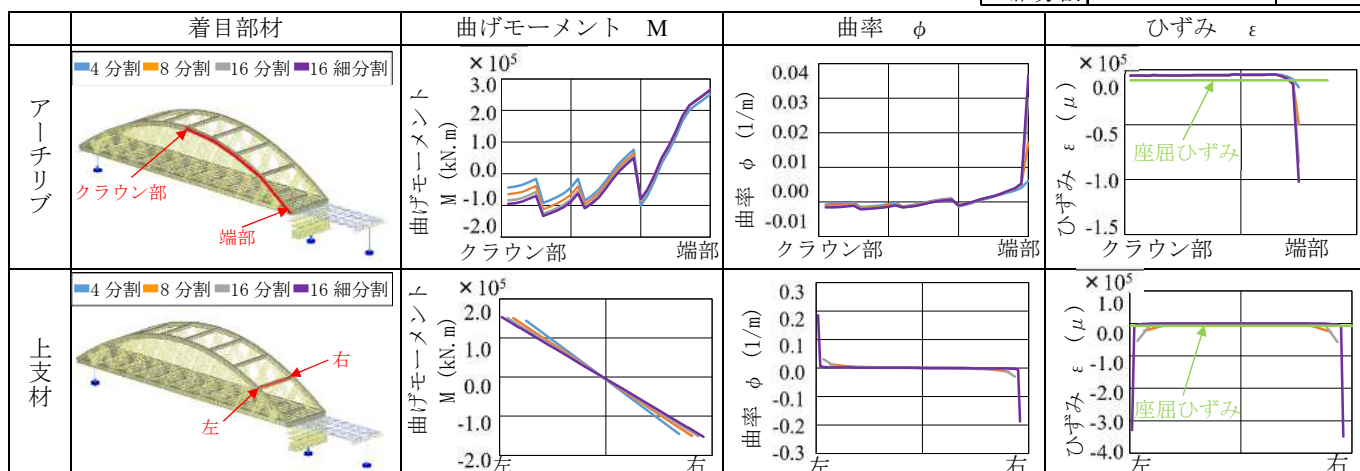


図-4 要素分割数の違いによる、アーチリブ・上支材の断面力分布