

広域道路ネットワークの地震応答解析における設計振動単位の検討

名古屋工業大学大学院 学生員 ○熊田 理幾
名古屋工業大学大学院 正会員 野中 哲也

1. 背景・目的

近年、南海トラフ巨大地震の発生確率の高まりが指摘される中、都市高速道路においては事前の耐震補強の重要性はもちろんのこと、発生後の体制や被害予測システムの対応強化による二次災害の極小化や早期復旧も非常に重要である。名古屋高速道路では、高架橋の地震後点検支援システム¹⁾を開発し、二次災害の極小化や早期復旧に繋げるべく取り組みを行ってきた。現在、そのシステムの強化を開始し、広域道路ネットワークとして評価できる解析モデルおよび地震応答解析に関する研究を実施している。近年、広域道路ネットワークとして評価することが重要であると認識され始め、同様な研究^{2)~4)}が積極的に行われるようになってきた。通常の耐震設計では、隣接桁との衝突等についての厳密な検討は実施されていない。レベル2地震動に対する高架橋の耐震設計においては損傷をさせる箇所は橋脚基部であるが、連続高架橋においては橋脚が損傷していても、桁衝突、支承破断等により路面に段差が生じ、通行できない状態になり、道路ネットワークとしての機能を失うことも考えられる。よって、道路ネットワークとして評価する際は、最低でも隣接高架橋までモデル化する必要があると考えられる。前述したことを考慮した事例として、名古屋高速道路の地震後点検支援システムの解析モデルでは3連モデル(図1参照)を採用している。しかし、広域道路ネットワークとして評価する際に3連モデルで十分であるかどうかの検討はされておらず、何連まで考慮すればよいか検討する必要がある。また、通常の耐震設計で実施されている1つの高架橋モデル(図2参照)で正確に道路ネットワークとして評価ができるのかも確認しておく必要がある。よって、本研究では広域道路ネットワーク用に構築中の高架橋解析モデルを活用して、前述した2点について検討を実施し、広域道路ネットワークの地震応答解析における設計振動単位を明らかにする。

2. 対象広域道路ネットワーク

広域道路ネットワークとして評価できるある路線区間約2.5km(15連の連続高架橋、橋脚41基)を本検討の対象とする。上部構造、支承、梁、橋脚、フーチング、基礎は図3に示すようにそれぞれモデル化を行った。

3. 解析条件

広域道路ネットワークとして評価する設計振動単位について明らかにするため、まず、本検討で対象とした15連の連続高架橋の中で、対象の1高架橋(以下、対象高架橋と称す)を決定し、図4に示すように隣接高架橋のモデルを追加していき、広域モデルへと拡張する。十分な設計振動単位を確保するまで先程の拡張を繰り返す。図5に示すように12パターンの連続高架橋モデルを作成し、地震応答解析を行った。各高架橋モデルをn連つなげたモデルをn連モデルと呼ぶこととする。広域道路ネットワークの設計振動単位を解明するにあたり、対象高架橋の橋脚P71、P72、P73、P74の挙動に着目した。また、1高架橋のみ(1連)を対象としたモデルにおいて、隣接高架橋の質量を考慮し集中質量として与えたモデルを1連A、隣接高架橋を考慮していないモデルを1連Bとし、対象高架橋を1連とした場合にどちらがより精度の高い解析を行えるかも検討できるよう、モ

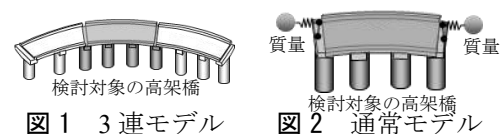


図1 3連モデル

図2 通常モデル

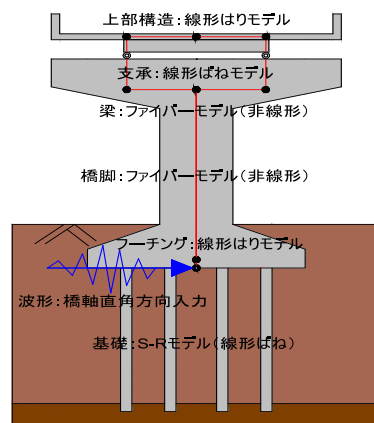


図3 構造物モデル化

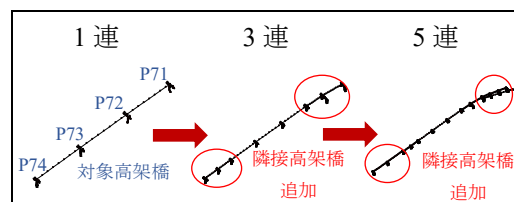


図4 広域モデルの拡張手順

1 連 A	1 連 B	3 連
5 連	7 連	9 連
10 連	11 連	12 連
13 連	14 連	15 連

図5 対象モデル

キーワード 広域解析 道路ネットワーク 設計振動単位

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052-735-5563 FAX052-735-5563

デルを構築した。地震応答解析では構造解析ソフト SeanFEM⁵⁾を使用した。入力波形としては、標準波形II-II-1を橋軸直角方向に入力した。直角方向に入力する理由としては、対象とする広域道路ネットワークの桁の継ぎ目の支承が可動支承であり、橋軸方向に波形を入力しても、隣接高架橋同士で影響を及ぼし合う可能性が低いためである。

4. 広域モデルの妥当性

対象広域道路ネットワークの15連モデルの妥当性について、死荷重解析を行い、各橋脚の軸力比で確認を行った。一般的に、死荷重解析の際の橋脚軸力比 P/P_y は鋼製橋脚： $0.05 < P/P_y < 0.15$ 、RC橋脚： $P/P_y \approx 0.04$ とされている。ここで、広域モデルの橋脚41基の各名称を図6に示し、各橋脚における軸力比の結果を図7に示した。各橋脚の軸力比において、大部分が該当する橋脚の軸力比内に収まっていることが確認できる。

5. 広域解析における設計振動単位

12パターンの高架橋モデルにおいて地震応答解析を行い、対象高架橋の各橋脚P71, P72, P73, P74の橋軸直角方向における橋脚天端最大水平変位を図8に示した。各橋脚における橋脚最大天端変位は3連モデル以降でほぼ変化しないことが分かる。よって、広域解析を行う際は3連モデル以上を確保すれば、十分に評価できると言える。しかしながら、P71, P73, P74においては、3連モデルではやや精度に欠ける。より高精度な広域解析を行ったのであれば、5連以上を確保することが望ましいと言える。次に、1連モデルにおいてはA・B両タイプ共に全体モデル（15連）と同値にならず、設計振動単位としては不十分と言える。よって、広域道路ネットワークの一部に着目し、地震応答解析を行う場合は最低でも隣接高架橋をモデル化した3連モデル以上を設計振動単位とする必要があると言える。また、仮に1高架橋モデルで評価する場合には、全体的に15連モデルの結果に近い、1連Aモデル（隣接高架橋を集中質量として与えたモデル）を設計振動単位とすることが望ましい。

6. まとめと課題

本検討では広域道路ネットワーク約2.5kmを対象とし、はり・ファイバーモデルを構築した。広域モデルの中で対象高架橋の一つ決定し、対象高架橋を基点として隣接高架橋を追加していき12パターンの連続高架橋モデルを構築し、地震応答解析を行った。その結果、広域道路ネットワークの地震応答性を正しく評価するにあたり、隣接高架橋をモデル化した3連モデル以上を確保し、地震応答解析を行う必要があると分かった。さらに高精度な解析を行いたい場合は、5連以上を設計振動単位とすることが望ましい。また、広域道路ネットワークの一般的な地震応答解析では、1高架橋を対象として隣接高架橋の質量を集中質量と見なし対象高架橋の端部に与え解析を行うが、精度が十分でないことも分かった。ただし、本結論は今回対象とした区間がほぼ直線上であった場合のものであり、曲線部においては3連モデルでは不十分になる可能性がある。今後、曲線部も含めて検討範囲を拡大し、さらに同時2方向加震についても検討する予定である。

参考文献

1) 森下ら：京コンピュータを活用した都市高速道路における地震後の損傷推定に関する研究，第18回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.127-134，2015。2) 篠原ら：スーパーコンピュータを用いた橋梁ネットワークの大規模シミュレーション技術，橋梁と基礎，Vol.8，2017。3) 篠原ら：広域道路ネットワークにおける地震被害シミュレーションの実現可能性，第20回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，2017。4) 松下ら：広域道路ネットワークにおける地震応答シミュレーションの実現可能性に関する検討，第37回地震工学研究発表会，土木学会地震工学委員会，2017。5) (株)耐震解析研究所：SeanFEM version1.0 利用説明書，2005。

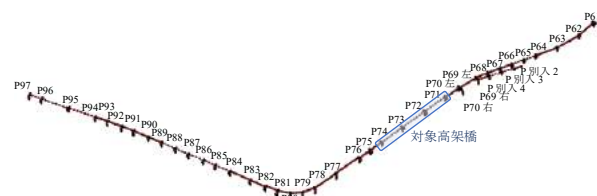
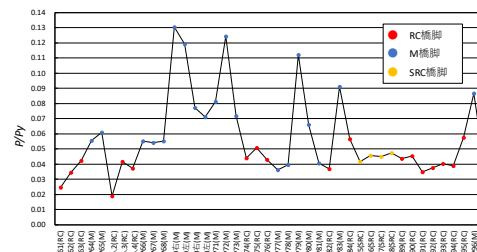
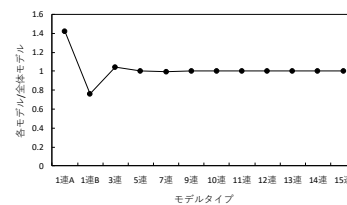


図6 橋脚名

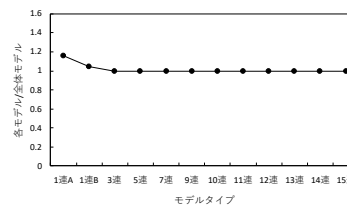


橋脚名および種類

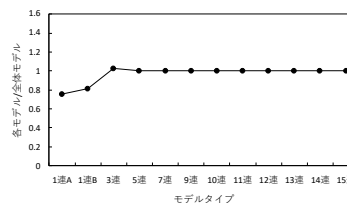
図7 橋脚軸力比



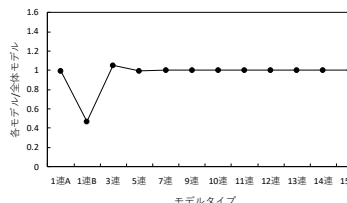
(a) P71



(b) P72



(c) P73



(d) P74

図8 橋脚天端最大水平変位