

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の検討

阪神高速道路(株)

(株)地震工学研究開発センター

(一財)阪神高速道路技術センター

正会員 ○篠原聖二, 正会員 金治英貞

正会員 馬越一也, 正会員 中村真貴, 正会員 本橋英樹

正会員 服部匡洋, 正会員 安藤高士, 非会員 大石秀雄

1. はじめに

今後発生が予想される南海トラフ地震や都市直下型地震に対して, 広域道路ネットワークの防災・減災対策を検討するにあたっては, 一般的な橋梁単位の地震応答解析ではなく, 広域の地震応答シミュレーションを行い, 路線単位やランプ間の区間単位の損傷程度を評価することが有効と考えられる. このような地震応答シミュレーションを行うためには, 大規模な計算資源が必要となるが, 近年, 理化学研究所の京コンピュータをはじめとする大規模計算機が国内の研究機関や大学に整備され, 大規模な解析が容易に行える環境が整いつつある. 著者らは, 2014年より, 京コンピュータを用いた基礎研究として, 仮定の延長20kmの連続高架橋を対象とした解析¹⁾や, 1995年兵庫県南部地震で被害を受けた東神戸大橋の損傷過程の再現解析²⁾を実施してきた. 本検討では, 広域道路ネットワークの地震被害シミュレーションの実現に向けた研究として, 阪神高速道路湾岸線の約30kmの区間を対象に, 上町断層を震源とする都市直下型地震が発生した際の地震応答解析を実施した.

2. 広域道路ネットワーク解析の流れ

広域道路ネットワークの地震応答シミュレーションは, 図-1に示すようにSTEP1: 断層から工学的基盤までの深層地盤応答解析, STEP2: 工学的基盤から地表面までの表層地盤応答解析, STEP3: 構造物の基礎から上部構造までの構造物応答解析の3段階で実施する. それぞれの地震応答解析において, 順次, 解析結果を受け渡すことにより道路ネットワーク上の各構造物の応答や損傷を評価する. なお, 本検討は実現に向けた基本検討と位置付け, STEP2の表層地盤応答解析は実施せず, STEP1の深層地盤応答解析結果を用いて構造物応答解析を行った. また, 構造物モデルの上下部構造の非線形特性は考慮せず線形モデルとし, 基礎は固定条件とした.

3. 解析モデルの構築

広域道路ネットワークの解析モデルの構築にあたっては, 解析モデルが大規模になることから, 効率よく構築していく必要がある. そこで本検討では, 阪神高速地理空間情報システム (New Communication Systems for road Maintenance and Operations, 以下, COSMOSと称す)³⁾や関西地盤情報データベースなど既存のデータベースを活用していく方針とした.

(1) 深層地盤モデル

本検討では, 大阪平野を南北に貫く上町断層を震源とした地震応答解析を行う. 上町断層は文献4)に基づき断層諸元を表-1のように設定した. 深層地盤のモデル化の範囲は, 図-2に示す60km×60kmの領域を対象とし, 計算格子メッシュは200m×200mとした. 計算は水平成

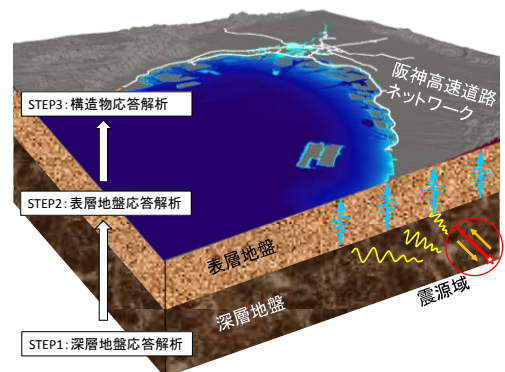


図-1 地震応答シミュレーションの方法

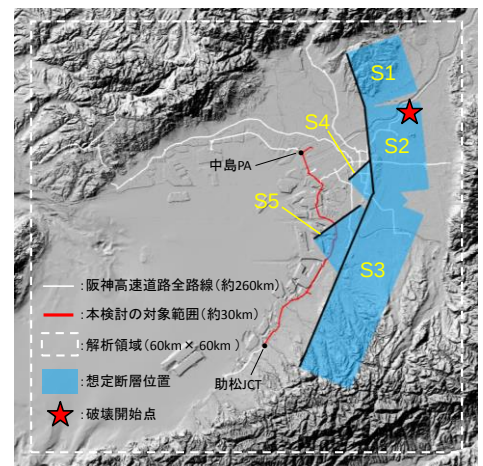


図-2 地震応答シミュレーションの解析範囲

表-1 上町断層の断層諸元

項目	単位	断層帯				
		S1 佛念寺 断層	S2 上町断層 北部	S3 上町断層 南部	S4 桜川 接曲	S5 住之江 接曲
地震モーメント M_0	N・m	1.15E+18	2.60E+18	1.22E+19	2.88E+17	1.15E+18
モーメントマグニチュード M_w		6.0	6.2	6.7	5.6	6.0
断層長さ L	km	8	12	26	4	8
断層幅 W	km	18	18	18	18	18
断層の走向角 ϕ	°	N341.250E	N354.029E	N22.982E	N47.277E	N54.343E
断層の傾斜角 δ	°	65	65	65	65	65
すべり角 λ	°	90	90	90	90	90
平均すべり量 D	m	0.2	0.4	0.8	0.1	0.2

キーワード 広域道路ネットワーク, 大規模解析モデル, 地震応答シミュレーション, 大規模計算機

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 阪神高速道路(株) 技術部 TEL06-6252-4583

層地盤を対象とした波数積分法の計算プログラム SeanSGM⁵⁾を用いた。

(2)構造物モデル

本検討では、阪神高速道路全線約260km（約9000基の橋脚）のうち、図-2に示す湾岸線の中島PA付近から助松JCTに至る約30km（約1000基の橋脚）の範囲のモデル化を行った。図-3に示すように上部構造、下部構造は線形はりモデル、支承は線形ばねモデル、基礎は固定条件とした。剛性、質量、幾何形状等の数値情報については、COSMOSのデータベースから構造物情報台帳を作成した上で、地震応答解析プログラム SeanFEM⁶⁾用モデルを自動構築した。例として港大橋付近及び大浜ランプ付近の構造物モデルを図-4に示す。

4. 湾岸線約 30km を対象とした地震応答シミュレーション

湾岸線のランプ・JCT位置を図-5(a)に、橋脚天端の最大応答変位の分布を図-5(b)に示す。図-5(b)には地盤応答に伴う基礎位置の変位も示している。北港JCTから南港北付近の最大応答変位が大きくなっている。これは、この付近の地盤変位が大きく、かつ橋脚高さが他の区間と比べて大きいことが要因と考えられる。同様に、伸縮継手部に発生する段差量の分布を図-5(c)に示す。段差量については、支承の最大水平反力が耐力を超えている場合は、支承が破壊すると判定し、対象支承の支承高さの1/2の段差が発生すると仮定として算出した。図-5(c)より、段差量についても天保山JCT付近で大きくなっており、支承の最大水平反力が大きく、支承高さも大きい段差量が大きくなっている。

5. まとめ

本検討では、上町断層を震源とする都市直下型地震が発生した際の広域道路ネットワークの地震被害シミュレーションの実現可能性について検討を行った。本検討で得られた知見を以下に示す。

- (1)広域道路ネットワークを対象とした大規模な解析モデルを構築し、震源断層から地表面の構造モデルまでの地震応答シミュレーションを実施し、構造物の応答を算出できる可能性を示した。
- (2)地震応答シミュレーションにより得られた支承の最大水平反力から、一定の仮定の下、伸縮継手部における段差量を算出した。この段差量から、地震発生後の路線単位の走行性を評価することができる可能性を示した。

今後、解析モデルの構築範囲を全路線へ展開していくとともに、構造モデルの非線形特性の考慮や地盤モデルの3次元化など、解析モデルの精度を向上させていく。

参考文献 1) 吉野ら：京コンピュータによる高架橋の広域3次元地震応答シミュレーション，第17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，2014。2) ハツ元ら：大規模計算における長大斜張橋地震応答解析の構造要素モデルの改良，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，2015。3) 岡山ら：情報共有基盤(COSMOS)のあり方と今後について，阪神高速道路第48回技術研究発表会論文集，2016。4) 大阪府：大阪府地震被害想定調査（大阪府自然災害総合防災対策検討（地震被害想定）報告書），<http://www.pref.osaka.lg.jp/kikikanri/higaisoutei/>，2007。5) 原田ら：剛性マトリックスによる水平成層地盤の波動解析，地震，第57巻，日本地震学会，pp.387-392，2005。6) 株式会社耐震解析研究所：SeanFEM ver.1.22 理論マニュアルと検証，2007。

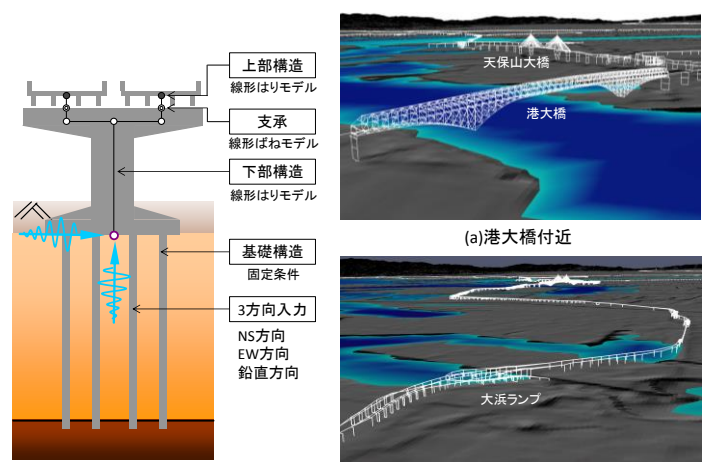


図-3 モデル構築方法

図-4 構造物モデル例

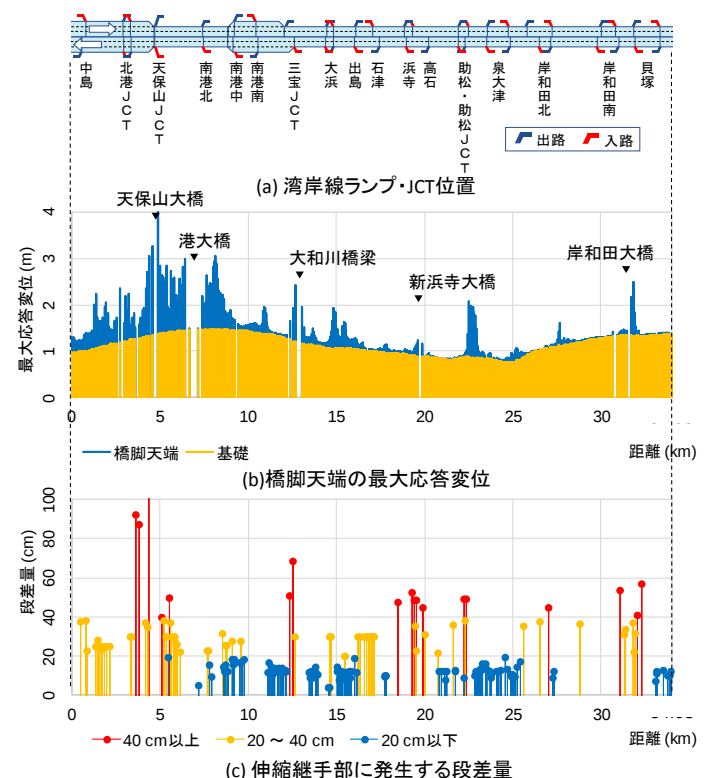


図-5 構造物の最大応答分布