

広域道路ネットワーク地震応答解析における解析モデル構築および結果可視化に関する検討

(株)地震工学研究開発センター 正会員○馬越一也, 正会員 中村真貴

(一財)阪神高速道路技術センター 正会員 服部匡洋, 正会員 安藤高士, 非会員 大石秀雄

阪神高速道路(株) 正会員 篠原聖二, 正会員 高田佳彦, 正会員 西岡 勉

1. はじめに

一般に、耐震解析で構築する橋梁単位のはり要素を用いた全体系解析モデルは、竣工図面や設計計算書、ボーリングデータ等の情報を元にして、解析モデルに必要な上下部構造の節点座標と剛性、支承条件、基礎・地盤系ばね、死荷重、質量といった入力データを作成する。本研究では橋梁等で構成された阪神高速道路全路線の地震応答を一体として評価するために、解析モデルを一般的な方法で構築していくことは多大な時間と費用が必要になり現実的ではない。さらに本研究における全路線を対象とした解析モデルは大規模というだけでなく、建設されている橋梁に対して現在までに行われてきた耐震補強や補修工事に加え、今後の維持管理に対する工事、路線延伸等の将来の構造的変化に対する解析モデル変更にも対応可能なように構築するものとした。また、広域道路ネットワークとして路線単位やランプ間の区間単位での損傷度を評価するためには、解析モデルの精度やシミュレーションの信頼性が求められる。これら課題を解決するため、本研究では図-1 に示すように阪神高速道路全路線を幾つかの区間に分け、それぞれの区間で段階的に解析モデルの精度向上を目指すものとした。本稿では全路線を3つの区間に分割した内の1つの湾岸線(延長約55 km, 下部構造約1800基)を対象に、解析モデルの構築方法と、大規模解析で出力される結果の可視化に関して検討した成果について述べる。

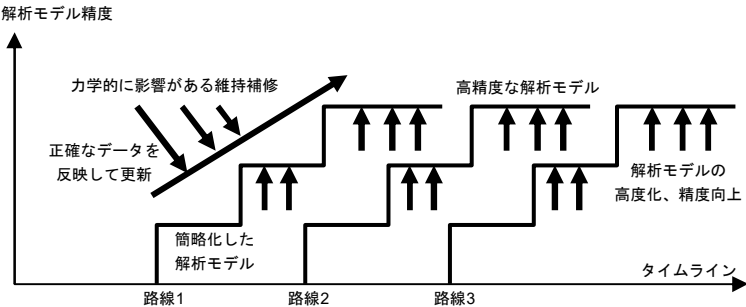


図-1 大規模・高精度解析モデル構築のための手順

2. 解析台帳の作成と解析モデル構築

橋梁をドローン空撮や地上からデジタル撮影された写真を画像解析し、3次元モデルを構築する試みは興味深く、本研究のような大規模解析モデル作成への適用が期待できるが、現在では維持管理を目的とした実績¹⁾に留まっており、質量・材質・板厚・配筋・支承条件・地盤条件のような幾何形状以外の情報を付与した力学モデルの自動生成までには至っていないようである。そこで本研究では解析データ管理用データベースの解析台帳を作成し、効率的な解析モデル構築を試みた。解析モデルはこの解析台帳によって作成され、今後の解析対象路線の拡大や解析モデル高精度化によるモデル入れ替え、進捗によって段階的になる解析モデルの煩雑なバージョン管理を一元的に管理する。そのために、これまでに培った²⁾大模解析データ保持の方法やデータ作成に必要な情報、重複する項目の共有化などを踏まえて、解析台帳フォーマットの設計を行った。

解析台帳は、表-1 に示すようにモデルレベルを明確にした上で、阪神高速地理空間情報システム(COSMOS)の既存のデジタルデータベースを活用して構造物の剛性や重量、支承条件等の情報を取得し、データ入力の効率化を図った。土木建築施設図と各下部構造近辺のボーリングデータから基礎のS-Rばね値を算定して解析台帳へ適用した。なお、表層地盤応答解析に用いる各基礎位置の表層地盤条件にも同

表-1 構造解析モデルレベル

対象	精度レベル	モデル化方法	適用
上部構造	レベル1	はりモデル	○
	レベル2	ファイバーモデル	
	レベル3	シェル・ソリッドモデル	
下部構造	レベル1	はりモデル	
	レベル2	ファイバーモデル	○
	レベル3	シェル・ソリッドモデル	
支承	レベル1	鋼製支承：固定・可動の支承条件 分散ゴム：グルーピングした等価剛性 免震支承：グルーピングした等価剛性	○
	レベル2	鋼製支承：固定・可動の支承条件 分散ゴム：等価剛性 免震支承：等価剛性	
	レベル3	鋼製支承：固定・可動の支承条件 分散ゴム：等価剛性 免震支承：非線形	
	レベル1	固定	
	レベル2	S-Rばねモデル(線形ばね)	○
	レベル3	動的相互作用考慮モデル	

キーワード 高速道路ネットワーク, 地震応答解析, 解析モデル構築手法, 可視化

連絡先 〒880-0902 宮崎県宮崎市大淀 3-5-13 株式会社 地震工学研究開発センター TEL0985-55-0125

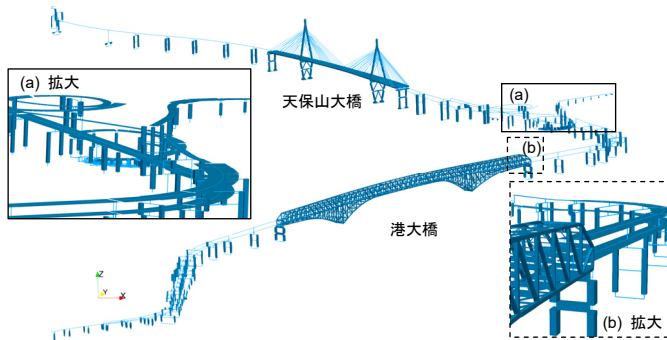


図-2 構造解析モデル例（港大橋付近）

一のボーリングデータを共有しているため、解析全体の統一性についても保たれている。広域道路ネットワークとして解くため、座標系は平面直角座標系第6系、大阪湾最低潮位 O.P.に統一し、上部構造の平面線形や縦断勾配、下部構造形状など形状に関わる部分は可能な限り精緻なデータとする。下部構造断面については断面形状（矩形、円形）、材質（鋼製、コンクリート製）、断面幅の使用頻度から12グループに分類し、代表橋脚断面を各グループに設定した。

解析規模に大きく影響する下部構造断面（線形・ファイバー）、長大橋（1本棒・全橋）のモデル化を変化させて、解析規模を段階的に大きくするステップ解析を行った。それぞれのステップで解析モデルやプラットフォームにおける解析上の不具合、収束性をチェックし、解析の妥当性を確認することで大規模解析において安定した解が得られるようにした。また、解析台帳のデータから自動的に SeanFEM³用の解析モデルが生成されるため、解析台帳を構築することはこのようなステップ解析に対しても有用である。図-2 に解析台帳から作成された解析モデルの一部を示す。

3. 結果の可視化

本研究のような全路線を対象とした大規模解析の応答結果を俯瞰的に評価するために、正確にわかりやすく表現する可視化は有効な手段である。しかしながら出力される結果は膨大であり、これまで使用していた可視化ツールだけでは制約が生じて本研究で用いるには困難であったため、大規模解析に対する可視化について検証した。ここでは可視化手順と可視化例を示す。

実際の可視化までの手順は、PC クラスタまたはスーパーコンピュータ京のフロントエンドネットワークから結果をダウンロードし、バイナリデータをビッグエンディアンからリトルエンディアンへ変換後、結果を抽出して可視化ツールに対応するように開発

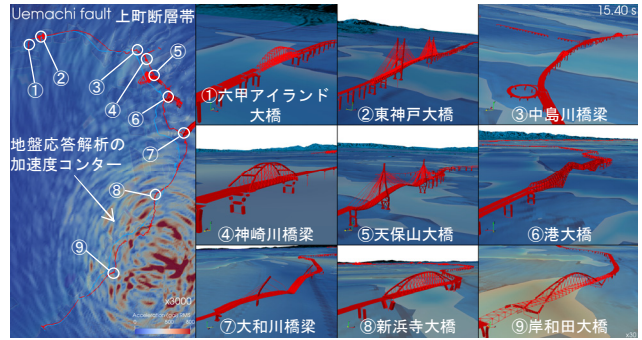


図-3 結果可視化例（アニメーションスナップショット）

したコンバーターでデータを展開して可視化する。可視化に必要なデータは、例えば最大値分布であれば最大加速度データや最大ひずみデータ、アニメーションであれば時刻歴データが必要であるため、全時刻の変位データなどを適宜選択しダウンロードした。アニメーション作成に当たってはマルチスレッドに対応したオープンソースの汎用ポストプロセッサ ParaView を用いた。並列化によって処理時間を短縮させるだけではなく、地盤応答解析と構造物の地震応答解析を同時に表示することができるため、地震波伝播に合わせて橋梁構造物が振動する様子や共振の状況を確認することができる。可視化例として図-3 にアニメーションのスナップショットを示す。

4. おわりに

阪神高速道路全線を対象とした地震応答解析のための解析モデル構築および結果可視化に関する検討を行った。(1) 解析台帳を構築することによって、モデル化作業の効率化と今後の高精度解析モデル作成を両立させることができた。(2) 可視化環境を整備することによって今後の解析対象路線拡大や高精度モデルへの変更によってさらに大規模化する解析データについても対応が可能になった。なお、本検討は阪神高速道路（株）と（株）地震工学研究開発センターの「巨大地震発生時における阪神高速道路の全体系応答シミュレーションに関する共同研究」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 小沼ら：多視点画像 3D 構築技術の橋梁調査への適用性について，土木学会第 69 回年次学術講演会，2014.
- 2) 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.
- 3) 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.