

## 広域道路ネットワークの地震被害シミュレーションによる兵庫県南部地震の再現に関する検討

(一財)阪神高速道路技術センター 正会員 ○服部匡洋 非会員 大石秀雄  
 (株)地震工学研究開発センター 正会員 中村真貴 正会員 馬越一也  
 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. 研究目的

阪神高速では災害時にも関西圏のライフラインとして機能することを目指した防災・減災対策にも積極的に取り組んでおり、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のような様々な震源域を想定した広域道路ネットワークの地震応答シミュレーションに関する研究を進めている<sup>1)</sup>。本年度は昨年度モデル化した湾岸線に加え、神戸線、東大阪線、大阪港線のモデル化を行い、より広域の地震応答シミュレーションが可能になった。本研究はその広域道路ネットワークの地震応答シミュレーションの精度検証に向けた取り組み<sup>2)</sup>の一環として1995年阪神淡路大震災の再現を実施したものである。

### 2. 地震被害シミュレーションの方法

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に示す通り、STEP 1：震源域から工学的基盤までの深層地盤応答解析、STEP 2：工学的基盤から地表面までの表層地盤応答解析、STEP 3：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。

1995年兵庫県南部地震の再現にあたり、深層地盤応答解析は野津の再現解析<sup>3)</sup>で用いた山田の特性化震源モデル(神戸側部分)<sup>4)</sup>を用いた。なお、公開資料に示されていないパラメータについては、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016)が規定した「震源断層を特性した地震の強震度予測手法(「レシピ」)修正版」に準拠して決定した。計算には統計的グリーン関数法を用いた。表層地盤応答解析は最近法により各橋脚直近のボーリングデータを割り当てたのち、YUSAYUSAによる一次元逐次非線形解析を実施し、地表面波の算出を行った。構造物応答解析では、下部構造の橋脚材種、寸法に応じて13の断面グループに分類し、各グループの代表断面をファイバー要素に割り当てモデル化している。しかし、本検討では、兵庫県南部地震当時の実構造物に近い断面とするため、13の断面グループから鋼製橋脚は充填コンクリートを、RC橋脚は補強巻立て部分を削除しモデル化した。また、倒壊したピルツ式橋脚の区間については、図面を基に被災当時の精緻なファイバー断面を作成し、モデルに組み込むこととした。図-2に解析モデルの一例を示す。

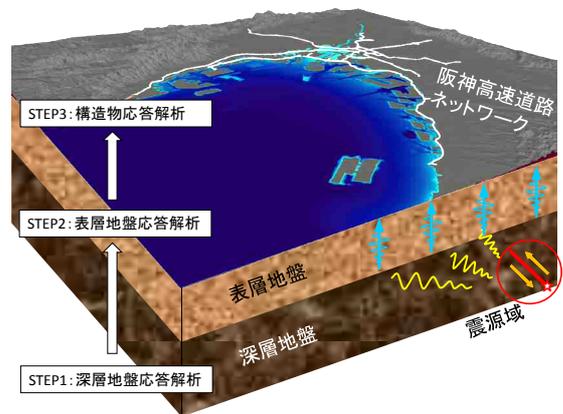


図-1 地震被害シミュレーションの方法

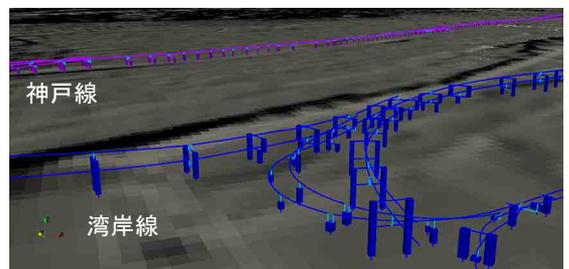


図-2 解析モデル一例(生田川ランプ周辺)

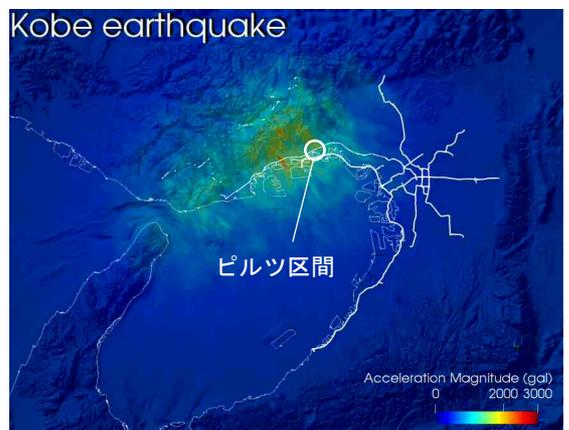


図-3 再現解析における基盤波最大加速度

キーワード：広域道路ネットワーク、地震被害シミュレーション、兵庫県南部地震、再現解析

連絡先：〒541-0054 大阪市中央区南本町 4-5-7 東亜ビル内 TEL06-6244-6028

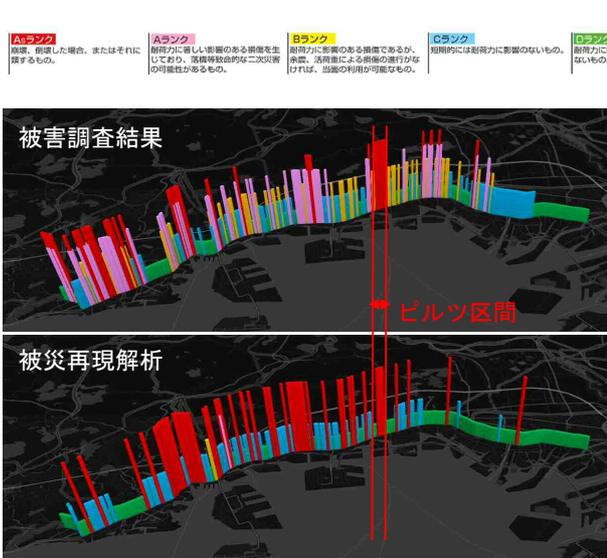


図-4 神戸線における被災度分布の比較

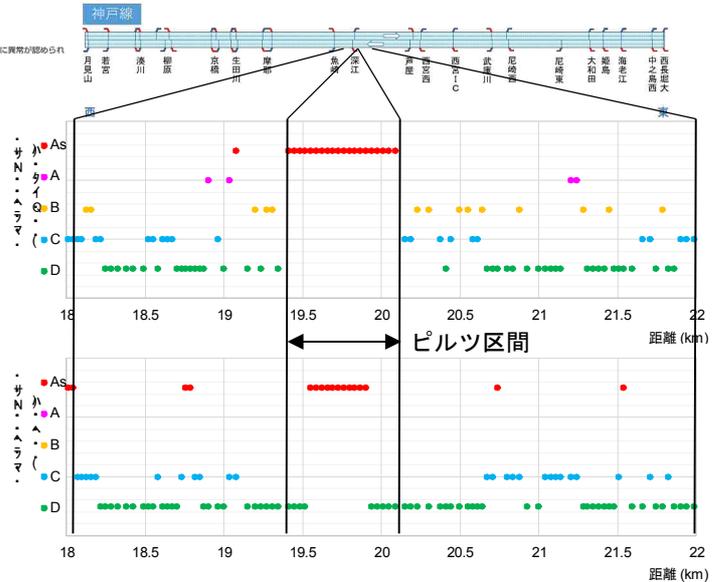


図-5 ピルツ区間周辺における被災度分布の比較

表-1 地震被害シミュレーションでの被災度判定方針

被災度	定義	評価方針	応答 (解析)
As	倒壊したものの損傷変形が著しく大きなもの	-	-
A	きれつ、座面、鉄筋の破断等の損傷、または変形がおおきなもの	軸方向鉄筋が破断するかどうか 柱がせん断耐力を超えるかどうか	軸方向鉄筋引張りひずみ最大値 せん断力最大値
B	鋼材の座面や部材の変形が部分的にみられるもの 鉄筋の一部の破断やはらみだしおよび部分的なかぶりコンクリートの剥離やきれつがみられるもの	軸方向鉄筋ははらみ出すかどうか かぶりコンクリートが剥離するかどうか	軸方向鉄筋引張りひずみ最大値 かぶりCon.圧縮ひずみ最大値
C	鋼材の変形や変形が局部的かつ軽微なもの ひびわれの発生や局所的なかぶりコンクリートの剥離がみられるもの	軸方向鉄筋ははらみ出すかどうか かぶりコンクリートが剥離するかどうか	軸方向鉄筋引張りひずみ最大値 かぶりCon.圧縮ひずみ最大値
D	損傷がないか、あっても耐荷力に影響のないきわめて軽微なもの	軸方向鉄筋が許容ひずみを満足するかどうか	軸方向鉄筋引張りひずみ最大値

表-2 被災度判定結果

損傷ランク	解析結果	被害調査結果
As	96	72
A	1	80
B	2	95
C	225	245
D	566	398
照査数	890	890

3. 再現解析結果

図-3 に再現解析より得られた基盤波の最大加速度分布を、図-4 に神戸線における各橋脚の被災度分布の比較を示す。ここで、被災度判定のうち、被害調査結果は 1995 年兵庫県南部地震直後に外観損傷から判定区分された結果を示す。また、被災再現解析では表-1 に示す被災度判定方針に基づき外観損傷に対応する閾値を設定し、構造物応答解析で得られた最大応答ひずみ、最大せん断力により判定区分した結果を示している。倒壊したことから被害調査において As 判定に区分されたピルツ区間に着目すると、被災再現解析でもピルツ区間の全区間ではないが As 判定に区分されることを確認した。表-2 には各被災度判定に区分された橋脚の基数を示している。As 判定された橋脚基数は、被害調査では 72 基であったのに対し、被災再現解析では 96 基と被災再現解析が被害調査に比べわずかに多く評価される結果となった。このとき、ピルツ区間の橋脚は橋脚に生じる最大せん断力がせん断耐力を上回る、つまりせん断破壊により As 判定に区分されており、破壊形態についても対応した。表-2 よりその他の損傷ランクについても橋脚基数の分布が概ね整合していることから、地震動の再現性、被災度判定のための閾値の方針等課題は残るものの、一定の再現性があることを確認した。

4. まとめ

広域道路ネットワークの地震応答シミュレーションにより兵庫県南部地震の再現解析を試みた結果、一定の再現性を確認することができた。今後さらに高い精度で再現するためには、解析モデル精度、被災度判定方法、地震動のそれぞれの再現性を高めていく必要があるが、まず地震動の再現性向上を目的とし統計的グリーン関数法と剛性行列法を剛性させたハイブリッド法を用いた地震動の作成を行う予定である。

参考文献

1) 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モデルの地震応答シミュレーション，第 15 回日本地震工学シンポジウム，2018. 2) 馬越ら：長大斜張橋における 2018 年大阪府北部地震の地震観測記録と応答特性の評価，第 38 回地震工学研究発表会，2018. 3) 山田ら：兵庫県南部地震の震源モデルの再検討，日本地震学会講演予稿集，A14，1999. 4) 野津ら：スペクトルインバージョンに基づく全国の強震観測地点におけるサイト増幅特性とこれを利用した強震動評価事例，日本地震工学会論文集第 7 巻，第 2 号（特集号），2007.