

広域道路ネットワークの地震応答シミュレーションに用いる深層地盤応答解析の精度向上

(一財)阪神高速先進技術研究所 正会員 ○佐藤知明 正会員 服部匡洋
 (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 曾我恭匡 非会員 田中将登

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旨とした防災・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¹⁾。

地震応答シミュレーションは、**図-1**に示すようにSTEP 1：深層地盤応答解析，STEP 2：表層地盤応答解析，STEP 3：構造物応答解析の3段階で実施しているが、過年度までの検討では、深層地盤解析は水平成層地盤を仮定したモデルにより実施していた。そのため、例えば1995年兵庫県南部地震で発生したいわゆる「震災の帯」と呼ばれるような局所的な激震領域の評価が困難であった。そこで、本検討では、地盤の不均質性を考慮できるよう三次元モデルを導入し、その検証として「震災の帯」の再現を試みた。

2. 深層地盤解析

STEP 1の深層地盤応答解析では、**図-2**および**図-3**に示す山田の特性化震源モデル²⁾を用いた。震源モデルに与えたパラメータを表-1に示すが、ここでサブイベント4については釜江ら³⁾の文献に従い別途算定した。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。計算にはこれまで統計的グリーン関数法(SGF)を用いていたが、長周期成分の精度向上のため三次元差分法(3DFDM)を併用したハイブリッド法を用いた。

一方、深部地下構造モデルには、大阪堆積盆地全体を表現するグリッドモデルを採用した。このモデルは断層や基盤岩が堆積層に衝上するなどの地下構造の急激な変化をできるだけ正確に表現しようとするモデルであり、地層の堆積深度や年代に応じて弾性波速度や密度を変化させているため、データ量は膨大となり、取扱いが難しいという特徴がある。

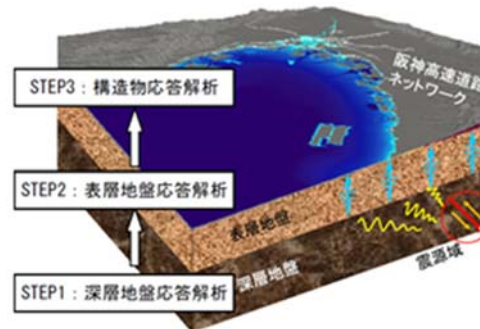


図-1 地震被害シミュレーションの方法

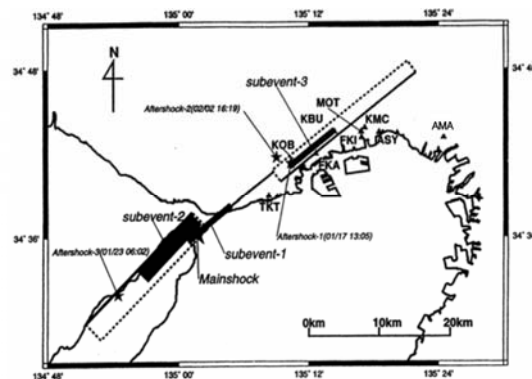


図-2 想定する震源モデル

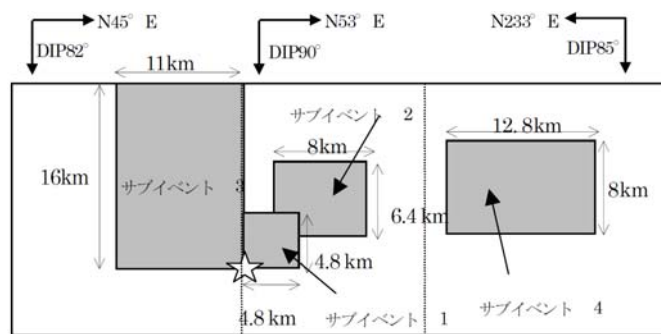


図-3 強震動生成域 (SMGA) 配置

表-1 サブイベントの地震モーメントおよび応力降下量

サブイベント	1	2	3	4	単位
地震モーメント	1.00	0.11	0.23	0.36	$\times 10^{19}$ Nm
応力降下量	8.6	23.4	15.6	8.6	MPa

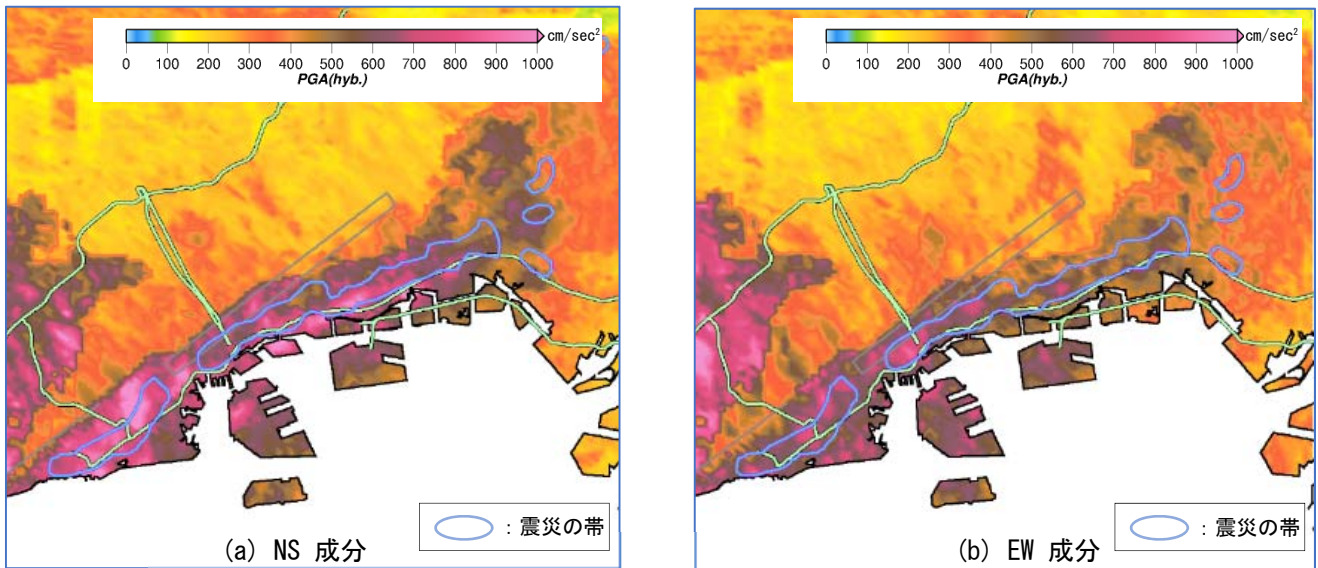


図-3 地動最大加速度 (PGA) 分布

3. 表層地盤解析

表層地盤応答解析では最近法によるボーリングデータを割り当てたのち、FDEL⁴⁾による等価線形解析を実施し、地表面波の算出を行った。

4. 再現解析結果

深層地盤解析から得られた結果の一例を示す。図-3はSGF結果と3DFDM結果の遷移周期帯を1~2秒としてハイブリッドさせた地動最大加速度(PGA)分布である。同図には、「震災の帯」と呼ばれる領域も図示しているが、本解析結果でも700 cm/sec²を超える大きな加速度が発生することが再現された。

次に、表層地盤応答解析結果を示す。図-4は人工島を架橋している東神戸大橋地点の結果であり、図(a)は加速度応答スペクトルであり、地表面およびGL-35m結果とも、おおよそ0.4秒以上の周期帯で観測値と計算値が概ね一致していることがわかる。また、図(b)に示す地表面における加速度の時刻歴に関しては、高周波成分が多くみられるが、主要動が再現出来ているものと考えられる。

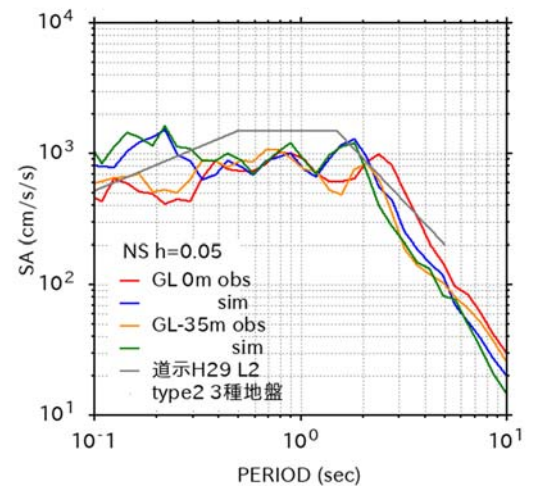
6. まとめ

本検討では、広域道路ネットワークの地震応答シミュレーションに用いる地震動生成にあたり、深層地盤モデルに大阪堆積盆地全体を表現する三次元モデルを導入した。

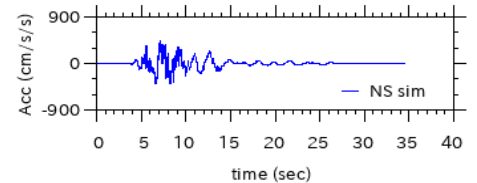
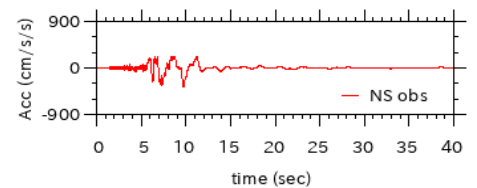
三次元差分法と統計的グリーン関数法とのハイブリッド結果は、兵庫県南部地震における「震災の帯」周辺で大きな加速度が生じることを再現した。今後はSTEP3の解析精度向上を目指し、より精緻な構造物モデルを構築し地震応答シミュレーションを進める予定である。

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) 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.
- 3) 釜江ら：1995年兵庫県南部地震の断層モデルと震源近傍における強震動シミュレーション，日本建築学会構造系論文集，第500号，pp.29-36，1997.
- 4) 杉戸真太，合田尚義，増田民夫：周波数依存性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察，土木学会論文集，No.493/II-27，pp.49-58，1994.



(a) 加速度応答スペクトル



(b) 地表面における加速度の時刻歴

図-4 表層地盤解析結果