

高知平野における東南海・南海地震のハザード評価

四国地方整備局	四国技術事務所	正会員	川崎末和	藤原浩史
	地域地盤環境研究所	正会員	○鶴来雅人	大西良広
	〃	正会員	濱田晃之	山本浩司
	愛媛大学	正会員	矢田部龍一	
	京都大学		岩田知孝	

1. はじめに

四国沖の南海トラフなどを震源とする海溝型巨大地震（南海地震，東南海・南海地震）は，四国地方の明確な防災課題である。特に高知平野をはじめ四国の太平洋側の地域は，1946年の昭和南海地震の経験から，近代都市圏であっても甚大な被害の発生が危惧されるので，この確実に襲来する巨大地震に対しては速やかに適確な防災対策の展開が求められる。そのために，各地域に発生する地震動や液状化等の地震ハザードを地域性が識別されるレベルで予測・評価し，対策検討の前提条件を明示することが重要となる。本報では，別報¹⁾において構築した地盤モデルを用いて，想定東南海・南海地震による高知平野の地震動を詳細な予測手法により予測・評価した結果を紹介する。また，想定地震動による液状化発生の予測結果も示す。

2. 地盤モデルの検証（中小地震再現計算）

構築した深層地盤モデルとIwata et al.(2008)による地殻構造モデル²⁾を用いた3次元有限差分計算による計算精度の検証のため，2009年7月22日に室戸岬沖で発生したM4.6の地震による地震動観測記録の再現シミュレーションを行った。図1に結果の一例を示す。なお対象地震は海域の地震なので震源深さの情報に幅があるため（気象庁29km，F-net 20km），条件を変えて検討を行った。図は震源深さD=15[km]の結果である。これより，震源メカニズムの補正を実施していないため方向による一致度の高低や多少の位相のずれはあるものの，概ね振幅を再現できている。

3. 地震動の予測

今回の地盤モデルを用いて，東南海・南海地震の既往シナリオによる高知平野全域の地震動を予測した。

(1) 震源断層モデル：想定東南海・南海地震の震源モデルの断層破壊シナリオは，「中央防災会議・東南海，南海地震に関する専門調査会」（2005）の設定に準拠した。破壊開始点は，紀伊半島・潮岬沖に設定されている。

(2) 予測方法：ハイブリッド法により工学的基盤の地震動を生成し，工学的基盤以浅の浅部地盤の地震応答解析はプログラムDYNEQ [吉田ほか(1996)]³⁾を用いた。その手順は，以下のとおりである。

①地震基盤における短周期地震動を統計的グリーン関数法で求める。②得られた波形を入力とした1次元地震応答解析（線形）を行い工学的基盤の短周期地震動を求める〔深部地盤モデル¹⁾を適用〕。③工学的基盤の長周期地震動を3次元有限差分法⁴⁾により求める〔深部地盤モデル¹⁾ 2)〕。④②と③の短周期地震動と長周期地震動をハイブリッド合成する〔マッチング周期：1.67～2.5秒（0.4～0.6Hz）とした〕。⑤得られた工学的基盤における地震動を入力とした1次元地震応答解析（等価線形）を行い，地表面の地震動を得る〔表層地盤モデル¹⁾〕。なお，工学的基盤は500m，地表面は250mの各メッシュサイズで計算した。

(3) 予測結果：図2に3次元有限差分計算結果のスナップショット（東西成分）を示す。破壊開始の約40～50秒後には室戸岬南東，約80～90秒後には高知市南東沖の各アスペリティに断層の破壊フロントが到達し，この領域から大きな振幅の地震波が励起されていることがわかる。図3と図4に計測震度とSI

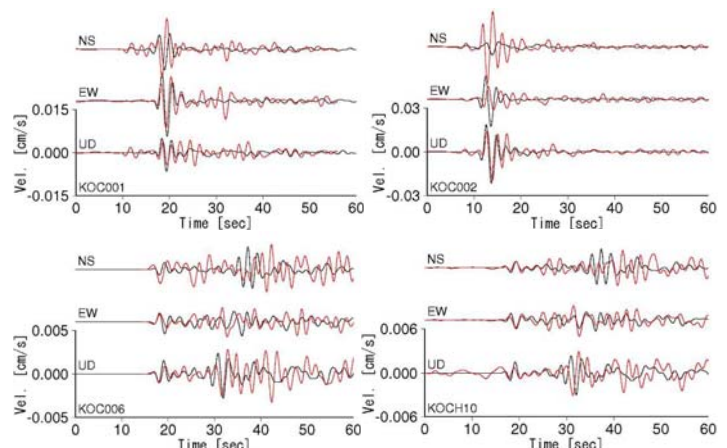


図1 再現計算の例（赤：観測，黒：計算）（周期2秒以上）
〔上段：室戸岬付近岩盤点，下段：高知平野堆積地盤〕

キーワード 東南海・南海地震，高知平野，地震動，液状化，地盤モデル，ハイブリッド法

連絡先 〒550-0012 大阪府大阪市西区立売堀 4-3-2 (財)地域 地盤 環境研究所 TEL 06-6539-2975

値の分布を示す。最大加速度は山間部で 400cm/s^2 未満、平野部が 1000cm/s^2 程度で、震度5強～6強が予測された。最大速度は対象エリア南西部で顕著に大きく 100cm/s 程度となった（高知県沖アスペリティの破壊に伴う大振幅の指向性のパルスの影響）。また、SI値等の分布は、昭和南海地震における建物倒壊の分布⁵⁾（図5）とも比較的対応が良い。再現計算ではないが地盤条件の影響の大きさが推察される。なお、昭和南海地震において建物倒壊率が高かった場所の中には、旧沼地の軟弱地盤での地盤変状や砂州地盤での液状化現象などの地震動以外の要因もあったことが報告されている⁵⁾。したがって、現在の都市環境とも照らし、地震動に加えて総合的に地震ハザードを検討する必要がある。

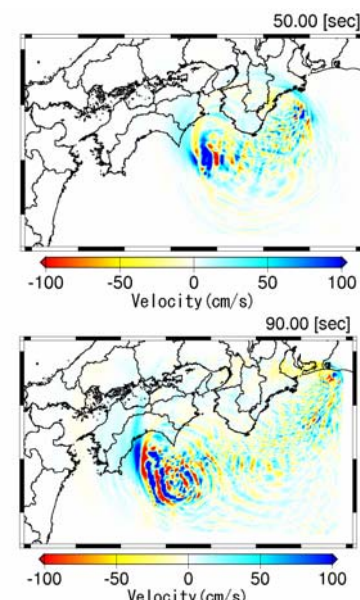


図2 3次元有限差分計算のスナップショット（東西成分）

4. 液状化の予測

四国地盤情報データベースのボーリングデータを主体に用いて、 F_L 法⁶⁾により高知平野内の液状化発生の可能性を予測した。検討では、高知平野の砂質土の液状化強度特性を確認し、土質定数（細粒分含有率、平均粒径）や地下水等の条件設定のための検討も加えた。図6に P_L 値の分布を示す。予測地震動が全域に大きいので、緩い砂層の堆積が厚い場所に液状化発生の可能性（激しさ）が大きいことが示された。つまり、仁淀川流域（特に河口部）、鏡川三角州東域の砂州等で危険性が高く、物部川周辺の扇状地盤では人工地等の局所的に脆弱な場所を除いてほとんど発生しないと評価される。

5. まとめ

高知平野における東南海・南海地震の地震動と液状化の予測・評価に取り組んだ。地震動評価では、種々の地盤情報を集積・活用して表層と深層の地盤モデルを詳細に構築し、さらに構造モデルの妥当性を既往中小地震の再現計算により検証した上で、高度な予測手法（3次元有限差分法やハイブリッド法）を適用した。地震動予測は断層破壊シナリオ等の諸条件が不確定なので、今回の検討と既往の予測結果の妥当性を比較・議論することは適当でないが、地盤モデルを綿密に検討し高度な手法に適用したことにより、高知平野における東南海・南海地震の地震ハザードの信頼性が高まったと評価される。

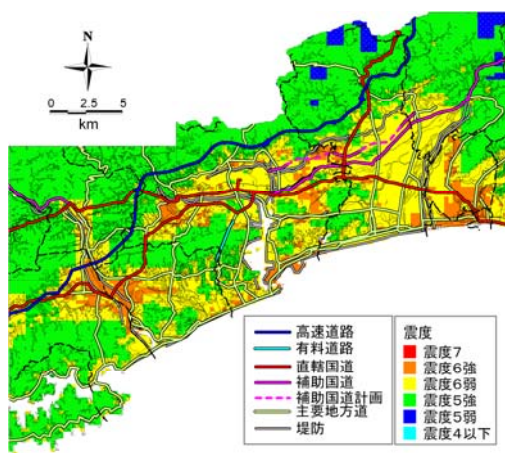


図3 地震動の予測結果〔計測震度〕

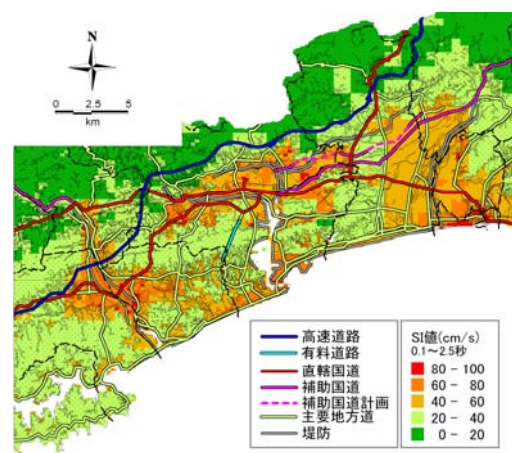


図4 地震動の予測結果〔SI値〕

参考文献

- 1) 山本ほか(2010): 高知平野の地震ハザード評価のための地盤モデルの構築, 土木学会. (投稿中)
- 2) Iwata et al. (2008). Basin and crustal velocity structure models for the simulation of strong ground motions in the Kinki area, Japan, J. Seism., 12.
- 3) 吉田ほか(1996): DYNEQ: 等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業技術研究所報.
- 4) Graves et al. (1996): Simulating seismic wave propagation in 3D elastic media using staggered-grid finite differences, Bull. Seism. Soc. Am. 86
- 5) 高知県 (1949): 南海大地震誌
- 6) 日本道路協会編(2002): 道路橋示方書・同解説V耐震設計編

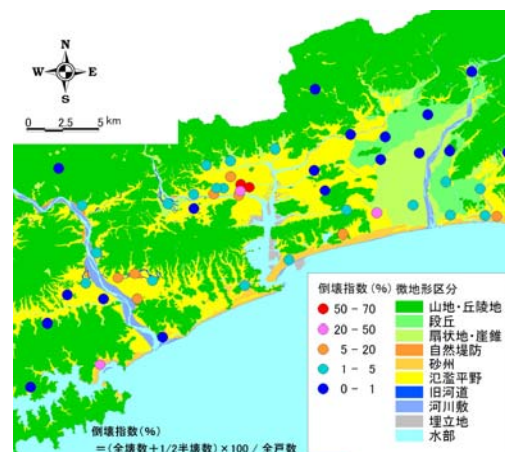


図5 昭和南海地震における市町村の建物倒壊指数

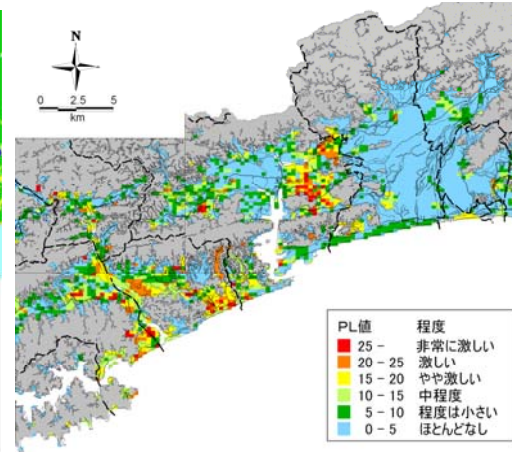


図6 液状化の予測結果〔 P_L 値〕