

## 非線形地震応答解析による地震動を用いた大阪地域の液状化危険度の予測

大阪市立大学大学院	○学 末吉拳一 (現 日本工営)
同上	正 大島昭彦 学 糟谷佑多
全日本コンサルタント(株)	正 中村優孝
地域地盤環境研究所	正 濱田晃之 正 春日井麻里
(株)ニュージェック	正 平井俊之

## 1. まえがき

筆者らは、大阪・神戸地域を対象に、関西圏地盤情報データベースと基準ボーリング調査を基にして沖積砂 As 層、沖積粘土 Ma13 層、第 1 洪積砂礫 Dg1 層、洪積粘土 Ma12 層の土質特性をモデル化した「250m メッシュ浅層地盤モデル」を構築した<sup>1)</sup>。さらに、上町台地周辺の洪積上町(DU)層<sup>2)</sup>及び各地層の繰返し変形特性モデル<sup>3)</sup>も先のモデルに組み込んで、工学的基盤面を Ma12 層直下の第 2 洪積砂礫 Dg2 層およびその相当層として、直下型の「上町断層帯地震」と海溝型の「南海トラフ地震」の想定地震動を入力した際の表層地盤の揺れやすさ(地表面加速度、卓越周波数など)を非線形地震応答解析(SHAKE)によって求めた<sup>4)</sup>。

本稿では、上記解析で求めた南海トラフ地震(基本ケースと陸側ケース)の地表面最大加速度を用いて大阪・神戸地域の液状化危険度の平面分布を求めた結果を報告する。

## 2. 液状化危険度の予測方法

液状化危険度の予測は、以下の①～③の方法で行った。

- ① 2017 年度版道路橋示方書<sup>5)</sup>に従い、液状化判定を行う層を決め、地震動(タイプ I : プレート境界型)の動的せん断強度比  $R$  を求める。
- ② SHAKE で求めた図-1 に示す地表面最大加速度  $\alpha_{\max}$  (gal)<sup>4)</sup>を用いて、道路橋示方書に準拠した式(1)によって地震時せん断応力比  $L$  を求める。

$$L = r_d \left( \frac{\alpha_{\max}}{980} \right) \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} \quad (1)$$

ここに、 $r_d (=1.0-0.015x)$  : 深さ方向の低減係数、 $x$  : 深度(m)、 $\sigma_v$  : 深度  $x$  における全上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)、 $\sigma'_v$  : 深度  $x$  における有効上載圧 (kN/m<sup>2</sup>)

- ③  $R$  を  $L$  で除し、液状化安全率  $F_L$  を求め、それを式(2)で積分して液状化指数  $P_L$  を求める。

$$P_L = \int_0^{20} (1 - F_L)(10 - 0.5x) dx \quad (\text{ただし、} F_L \geq 1.0 \text{ のときは、} 1 - F_L = 0 \text{ とする}) \quad (2)$$

なお、地震応答解析からは深度方向の  $L = \tau_{\max} / \sigma'_v$  を求めることもできるが、メッシュでの計算が簡単となる上記の  $\alpha_{\max}$  を用いる方法を採用した。ただし、両者による  $P_L$  値に大きな差がないことを確認している。

## 3. 液状化危険度の予測結果

図-2 に非線形地震応答解析の最大加速度に基づく南海トラフ地震の液状化指数  $P_L$  分布を示す。なお、図で空白となっているメッシュは Ma12 層までのモデルができておらず(ボーリングデータ不足ため)、解析対象としていないためである。図-2(1)の基本ケースでは、図-1(1)に示す地表面加速度が小さい(全体に 100~300gal, 上町台地周辺、西宮市、神戸市西部では 300~400gal も点在)こともあり、 $P_L$  は 5 以下が優勢であるが、西大阪では 5~15 を示す地域が多い。特に  $P_L$  が 20 以上となる液状化危険度が高い地域は、大阪市住之江区、都島区、東淀川区、守口市、西宮市となった。これは、これらの地域では  $N$  値が低い沖積砂層が厚く堆積しているためである。図-2(2)の陸側ケースでは、図-1(2)に示す地表面加速度が大き(臨海域以外は 300~500gal, 特に上町台地周辺、千里丘陵周辺、神戸市西部では 500gal を超える)ため、全体に  $P_L$  は大きくなり、西大阪では 20 以上となる地域が多くなり、先に述べた地域では 25 以上となり、液状化危険度がかなり高いと予想される。

Key Words : 地震動, 地震応答解析, 地盤情報データベース, 浅層地盤モデル, 液状化

〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 TEL 06-6605-2996 FAX 06-6605-2726

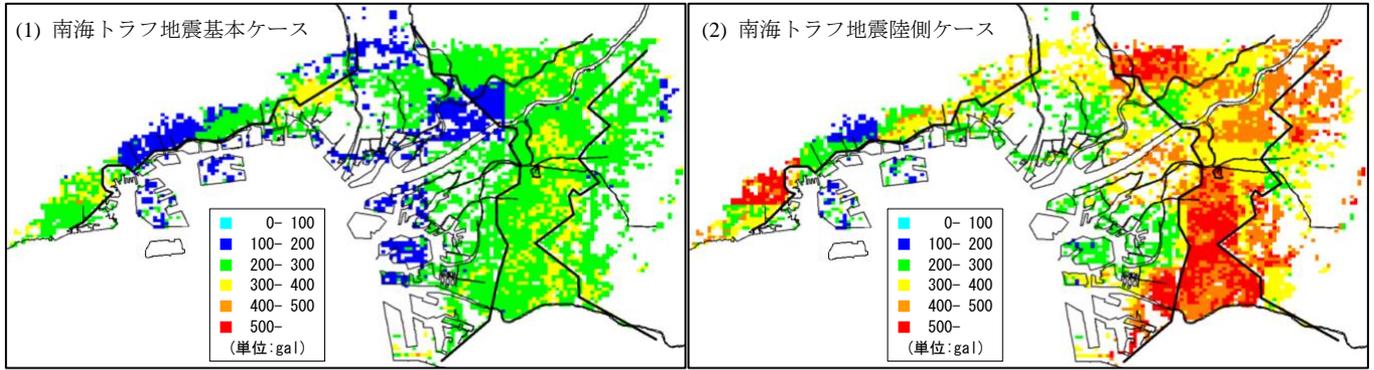


図-1 非線形地震応答解析による南海トラフ地震の地表面の最大加速度分布

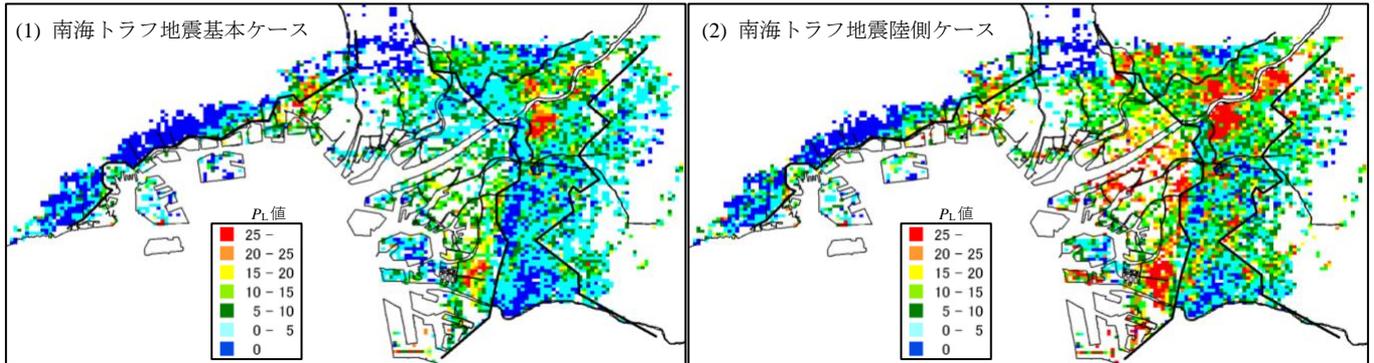


図-2 非線形地震応答解析の最大加速度に基づく南海トラフ地震の液状化指数  $P_L$  分布

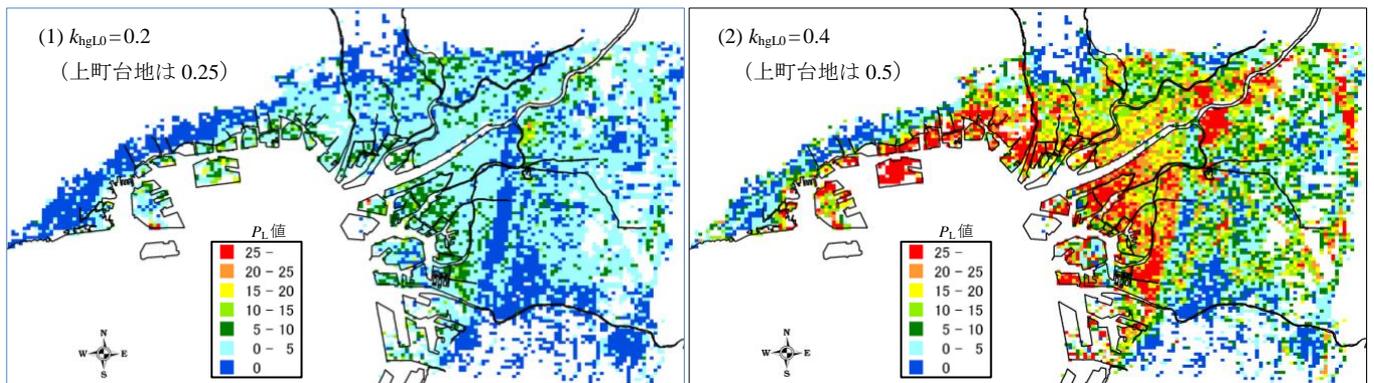


図-3 道路橋示方書による液状化指数  $P_L$  分布 (地震動タイプ I)

次に、通常の道路橋示方書<sup>5)</sup>の方法 (地震動タイプ I,  $c_w=1.0$ ) で、上町台地以外と上町台地はそれぞれⅢ種、Ⅰ種地盤として水平震度  $k_{hgLO}=0.4, 0.5$  (レベル 2)、それぞれ半分とした  $k_{hgLO}=0.2, 0.25$  (レベル 1 相当) の  $P_L$  分布を求めた。その結果を図-3 に示す。南海トラフ地震基本ケースに対応する図-2(1)と図-3(1)を比較すると、大阪市住之江区、都島区、西宮市で応答解析の方が  $P_L$  は大きい。また、西大阪地域と上町台地の東側でも応答解析の方が  $P_L$  は大きくなった。一方、西淀川区の周辺では応答解析の方が  $P_L$  は小さくなった。南海トラフ地震陸側ケースに対応する図-2(2)と図-3(2)を比較すると、西大阪、東大阪地域では大きな違いはないが、西大阪から神戸の臨海域で応答解析の方が  $P_L$  は小さくなった。地震応答解析による方がより確からしい液状化予測となると考えている。

最後に、本研究は地盤工学会関西支部「関西の地盤情報に基づく防災ハザードマップ開発研究委員会」(委員長: 大島昭彦) の WG1 (地震による揺れやすさと液状化検討) の研究活動の一環で行ったことを付記する。また、南海トラフ地震想定地震波を提供いただいた内閣府防災担当に謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 新井・他: 大阪地域の上部洪積層 (Dg1, Ma12) の 250m メッシュモデルと地下水位低下による沈下予測, Kansai Geo-Symposium 2015, pp.197-202.
- 2) 糟谷・他: 大阪上町台地上の洪積上町層を取り入れた 250m メッシュ浅層地盤モデルの作成, 第 54 回地盤工学研究発表会 (投稿中)
- 3) 中村・他: 大阪浅層地盤の繰返し変形特性モデルの構築と非線形地震応答解析事例, No.0990, 第 53 回地盤工学研究発表会, 2018.
- 4) 末吉・他: 非線形地震応答解析による大阪表層地盤の揺れやすさの予測, 第 54 回地盤工学研究発表会 (投稿中)
- 5) 日本道路協会: 『道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編』, 2017.