

Title	大阪地域の表層地盤の 250m メッシュモデルと地震時揺れやすさマップの作成
Author	大島 昭彦
Citation	都市防災研究論文集. 2 巻, p.13-18.
Issue Date	2015-10
ISSN	2189-0536
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学都市防災教育研究センター
Description	
DOI	10.24544/ocu.20191219-003

Placed on: Osaka City University

大阪地域の表層地盤の250mメッシュモデルと 地震時揺れやすさマップの作成

大島 昭彦¹⁾

1) 大阪市立大学 大学院工学研究科 e-mail: oshima@civil.eng.osaka-cu.ac.jp

これまでに大阪地域の沖積層の250mメッシュモデルを構築したが、地震時の揺れやすさ評価の基となる工学的基盤は、十分硬く、地震動の特性が同じと見なせる必要がある。そこで、沖積層直下の第1洪積砂礫(Dg1)層と洪積粘土(Ma12)層までモデルを拡張した。このモデルを用いて、Ma12層下端の第2洪積砂礫(Dg2)層を工学的基盤と見なし、250mメッシュごとに一次元地震応答解析を行い、卓越周波数分布による揺れやすさマップを作成し、その地域性を考察した。

Key words：沖積層，洪積層，地盤情報データベース，地震応答，揺れやすさマップ

1. はじめに

南海トラフを震源域とする海溝型地震は、過去1,000年以上もの間、100～200年程度の周期で発生していることが知られている。直近では昭和の東南海地震（1944年）と南海地震（1946年）から約70年経ており、近い将来大地震が発生すると言われている¹⁾³⁾。地震による揺れの大きさは一般に、震源断層においてどのような破壊が起こったか（震源特性）、生じた地震波動がどのように地殻内を伝わったか（伝播経路特性）、地表付近の地盤構造によって地震動がどのように増幅したか（サイト特性）の各特性が組み合わさることによって決まる⁴⁾。中でもサイト特性は細かい地域ごとの揺れの強さを決める最大の要因であり、地震による被害の程度を予測するためには、工学的基盤（構造物への地震動設定の基礎となる良好な地盤）以浅の表層地盤の増幅特性（揺れやすさ）について把握することが重要である。一般に、表層地盤が柔らかい場合は硬い場合に比べて揺れが大きくなる。内閣府から「表層地盤の揺れやすさ全国マップ」が一般に公表されている⁵⁾。これは表層地盤の揺れやすさを、計測震度増分として7段階に色分けして示されたものであるが、マップは1kmメッシュと粗く、増幅度は地表面から深度30mまでの平均的なせん断波（S波）速度のAVS30から求めており、その土地での工学的基盤の深さは考慮されていないことが現状である。元来このマップは、揺れが大きくなると予想される地域を公表することで地方自治体における住宅等の耐震化を促進させ、住宅所有者等の防災意識の高揚を図るなどの被害軽減を期待して作成されたものである。しかしこの目標を果たすには、地域内の詳細な揺れの違いを把握できるマップを作成する必要がある。

筆者は、関西圏地盤情報データベース（以下、DB）と基準ボーリング調査を基に大阪堆積盆地や周辺地域の地盤研究に取り組んでいる。これまでに「新関西地盤～大阪平野から大阪湾～（2007）」⁶⁾で紙上に集約された研究地盤情報（解釈された地盤情報）を電子化し、大阪・神戸地域の最も表層となる沖積層及び沖積粘土層の250mメッシュモデルを構築した⁷⁾¹⁰⁾。この沖積層下端に堆積する第1洪積砂礫(Dg1)層は構造物基礎の支持層として認識されてきたが、大阪地域全体で揺れやすさを評価するためには、十分に硬く、広域で地震動の特性が同じと見なせる土層であることが望ましく、港湾構造物等の耐震設計における工学的基盤はさらにその下位の第2洪積砂礫(Dg2)層に設定することが多い¹¹⁾。

そこで本研究では、既に作成している沖積層及び沖積粘土層の250mメッシュモデルの作成手法を踏襲して、沖積層下端の上部洪積層である第1洪積砂礫(Dg1)層と洪積粘土(Ma12)層までモデルを拡張した¹²⁾¹³⁾。構築したモデルを用いて、250mメッシュごとに一次元地震応答解析を行い、Ma12層下端のDg2層を工学的基盤とした揺れやすさマップとして卓越周波数分布を作成し、その地域性を考察した。

2. 地盤の250mメッシュモデル化手法

モデル化の前に，DBに登録されているボーリングデータ（以下，BD）の沖積層下面，Dg1層上面・下面，Ma12層上面・下面の標高の整合性（連続性）を確認し，一部見直しを行った。

図1に示す「地盤モデル作成システム」¹⁴⁾を用いて，250mメッシュ（国土地理院の地域標準1/4地域メッシュ）内のBDを抽出し，深度方向に土層を1mごとに細分・平均化してモデル化する。作業後には，メッシュごとに深度1m刻みの土質，*N*値，湿潤密度（地下水位以浅と以深）及び上面・下面標高，層厚，孔内水位がモデル化される。このモデル化をDg1層とMa12層ごとに行い，最後に既に作成している沖積層モデルに合体した。

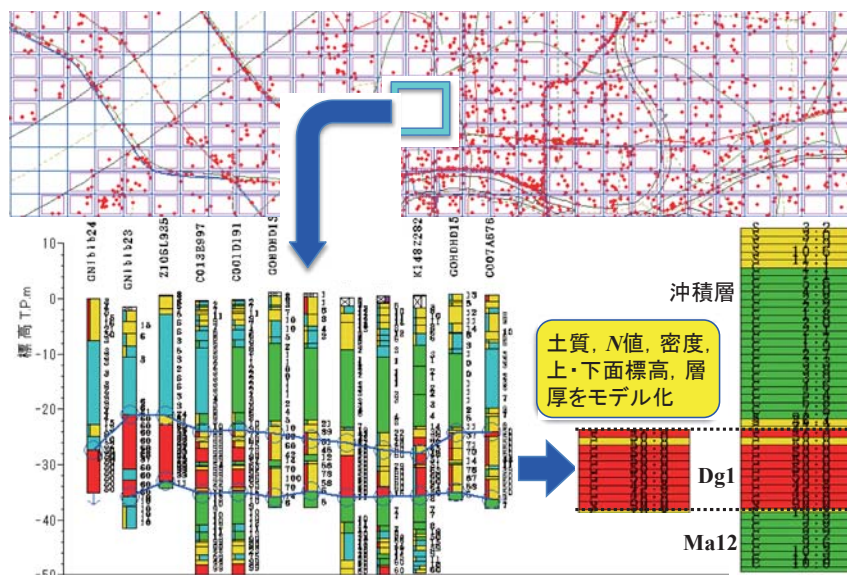
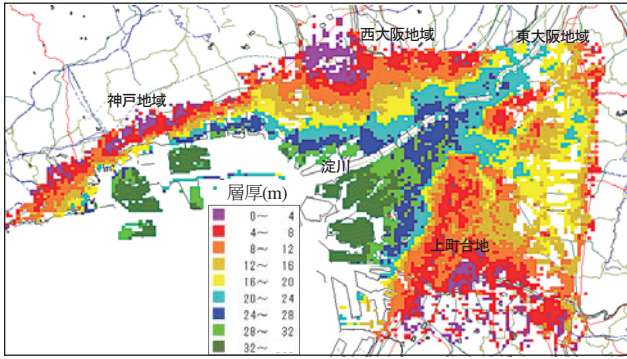


図1 地盤モデル作成システムによるDg1層のモデル化の例

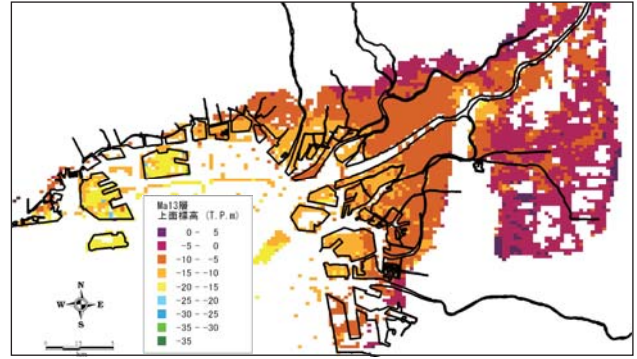
3. 表層地盤（沖積層，Dg1層，Ma12層）の地盤特性

図2に沖積層の250mメッシュモデルによる地盤特性を示す。図2(1)の沖積層の層厚分布から，沖積層は大阪・神戸地域全体に表層を覆っていること，神戸地域では海側（埋立地）で層厚が大きいこと，西大阪地域では淀川を軸に海側ほど層厚が大きいこと，上町台地及び東大阪地域では層厚が小さいことがわかる。図2(2)～(4)の沖積粘土層の上面標高，層厚，平均*N*値分布から，沖積粘土層は陸側では比較的浅い位置に堆積していること，神戸・西大阪地域では海側ほど厚く堆積するが，上町台地では存在しないこと，東大阪地域では局所的に厚く堆積し，全体に平均*N*値が小さいことがわかる。

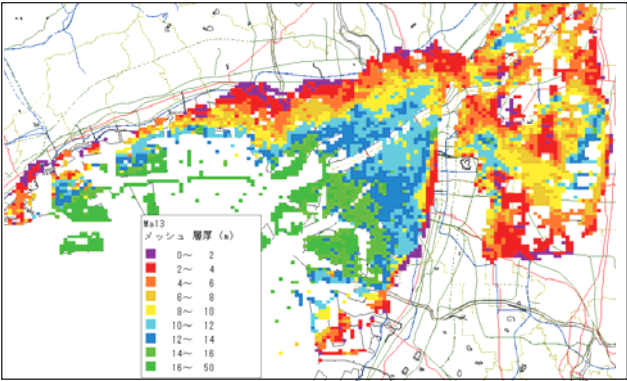
図3にDg1層の250mメッシュモデルによる地盤特性を示す。図3(1)のDg1層の上面標高分布（沖積層の下面標高分布に一致）から，やはり海側ほど標高が低く，陸側ほど標高が高いこと，上町台地では存在しない（Dg1層よりも古い地層が堆積）ことがわかる。図3(2)のDg1層の層厚分布から，東大阪地域では東部ほど厚く堆積している。また，西大阪地域では中之島を中心に北東-南北方向で厚く堆積している。これはMa12層上面が古大阪川（現在の淀川）によって削剥され，そこにDg1層が堆積しているためである¹⁵⁾。また，西大阪地域の南部の住之江区周辺と西部の武庫川沿い及び神戸地域の沿岸部で厚く堆積している。図3(3)のDg1層の優勢土質の層厚分布から，西大阪地域の淀川に沿う両岸は砂礫が主体である。ただし，Dg1層であっても，粘性土主体になる地域が存在する。特に上町台地西側や東大阪地域東部では，粘性土が優勢となり，砂と粘土の互層になっている。また，東大阪地域の全域，西大阪地域の南部及び神戸地域は砂が主体となっている。図3(4)のDg1層の優勢土質の平均*N*値分布から，東大阪地域では粘性土部分の*N*値は小さく，北部の砂層も小さいことがわかる。西大阪地域の礫層ではほとんどが*N*値>50となっている。西大阪地域の南部の粘性土の*N*値は東大阪地域の粘性土と同じように小さく，支持層とはならないことがわかる。



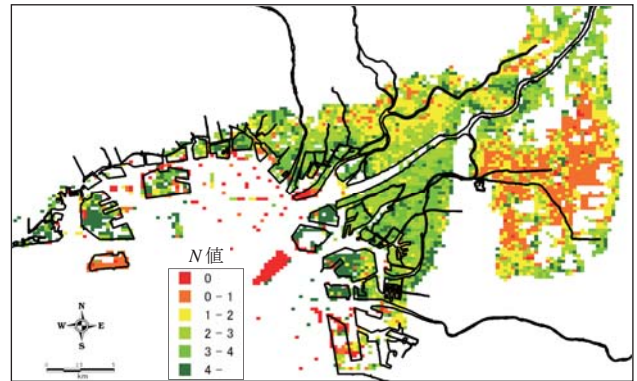
(1) 沖積層の層厚分布



(2) 沖積粘土層の上面標高分布

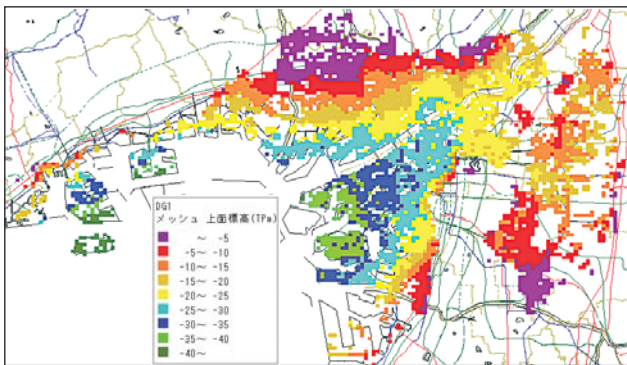


(3) 沖積粘土層の層厚分布

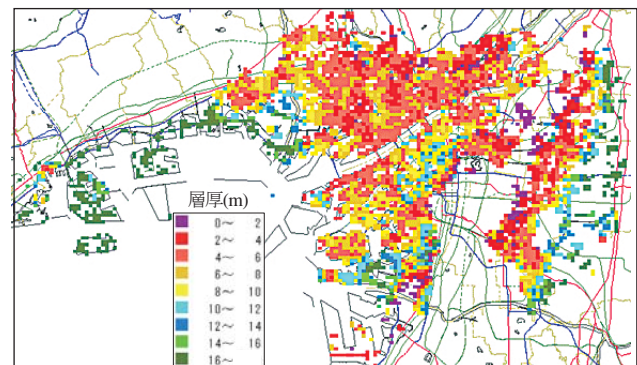


(2) 沖積粘土層の平均 N 値分布

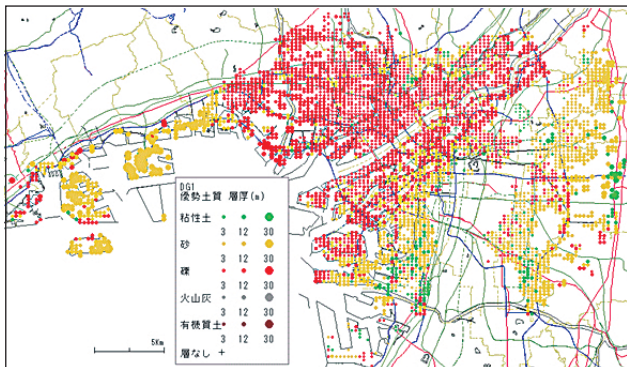
図2 沖積層の250mメッシュモデルによる地盤性状



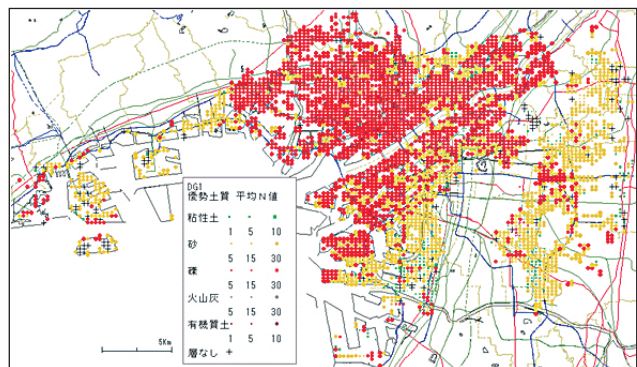
(1) Dg1 層の上面標高分布



(2) Dg1 層の層厚分布



(3) Dg1 層の優勢土質の層厚分布



(4) Dg1 層の平均 N 値分布

図3 Dg1 層の250mメッシュモデルによる地盤性状

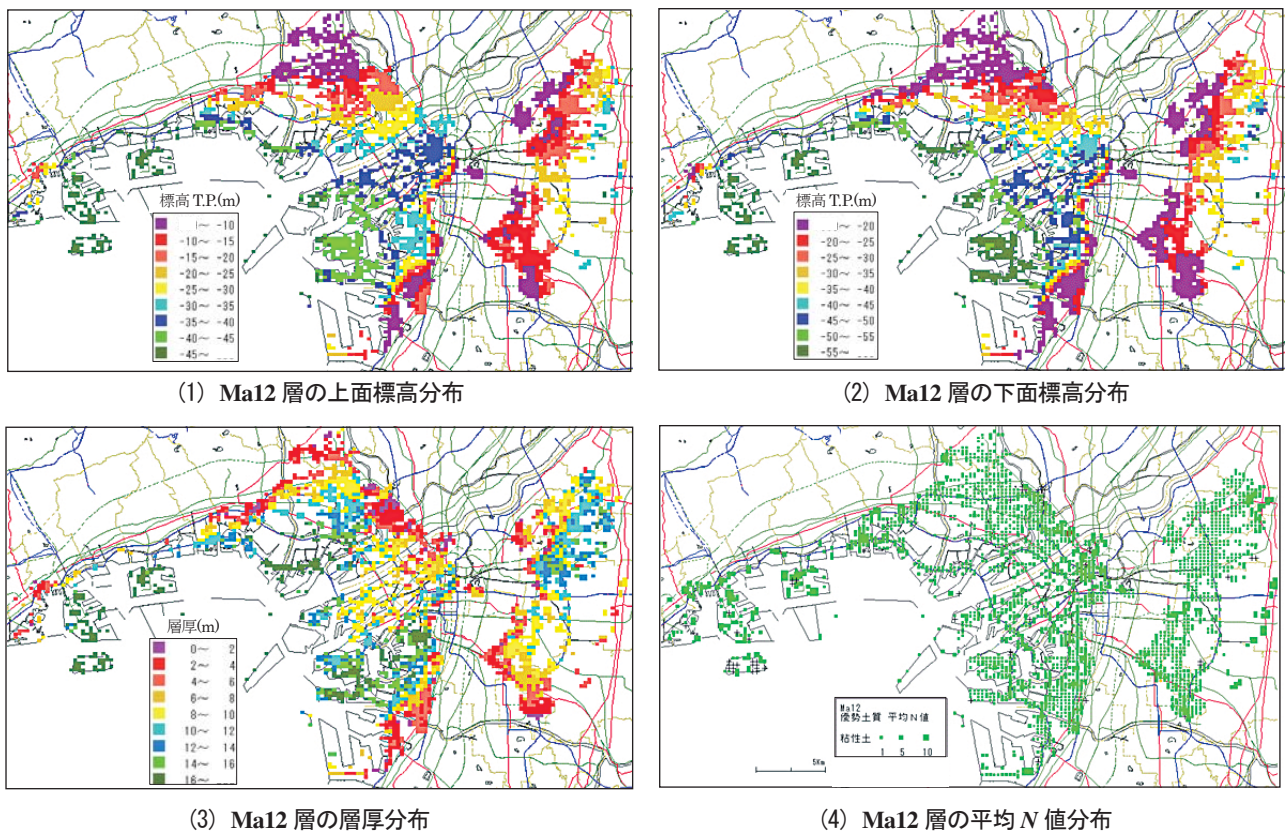


図4 Ma12 層の 250m メッシュモデルによる地盤特性

図4にMa12層の250mメッシュモデルによる地盤特性を示す。東大阪地域の東部と西大阪地域の武庫川沿いはBDが少ないため、空白域が多い。図4(1),(2)のMa12層の上面、下面標高分布（それぞれDg1層の下面、Dg2層の上面標高分布に一致）から、西大阪地域の中之島を中心に上面標高が低いのは、Ma12層の上面が古大阪川によって削剥されたためである。また、上面標高は東大阪地域の西側ほど、西大阪地域の南部、北部で高い。西大阪地域の南部で高いのは住之江撓曲の影響である。一方、下面標高は淀川を挟んで、北西から南東方向に低くなっている。図4(3)のMa12層の層厚分布から、やはり西大阪地域の中之島を中心に層厚が薄いこと、神戸・西大阪地域の海側、東大阪地域の北東部で層厚が大きいことがわかる。図4(4)のMa12層の平均N値分布から、全体に5前後であるが、神戸地域、上町台地西縁部、東大阪地域東縁部でやや大きいことがわかる。

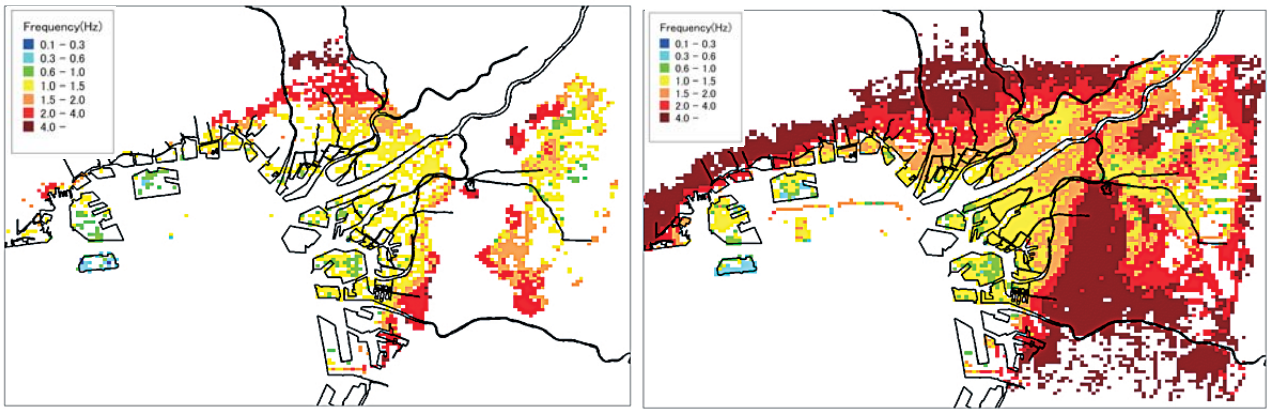
4. 揺れやすさマップ（卓越周波数分布図）

250mメッシュごとの地盤モデルを用いて一次元地震応答解析（SHAKE¹⁶⁾を行い、揺れやすさマップとして大阪地域における一次卓越周波数の分布図を作成した。各メッシュにおける土層の層厚はメッシュごとにモデル化された土層区分とし、せん断波（S波）速度 V_s はN値から道路橋示方書¹⁷⁾による次式によって算定した。

$$\text{砂質土地盤： } V_s = 80 \times N^{1/3} \quad (\text{m/s}) \quad (1)$$

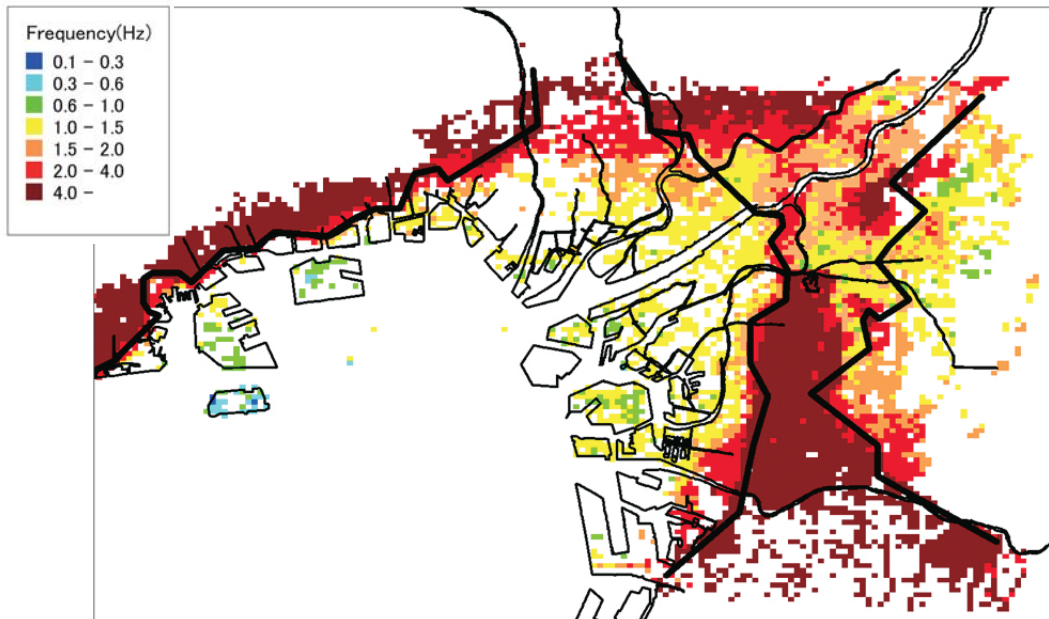
$$\text{粘性土地盤： } V_s = 100 \times N^{1/3} \quad (\text{m/s}) \quad (2)$$

図5に卓越周波数分布に基づく揺れやすさマップを示す。Ma12層までモデル化されたメッシュについては、図5(1)に示すようにMa12層下端のDg2層から地表面までの卓越周波数を算出し、Ma12層が存在しないメッシュについては、図5(2)に示すように沖積層下端（Dg1層又はそれより古い地層）から地表面までの卓越周波数を算出した。図5(3)には両者を合成したマップを示す。これより、Ma12層下端から地表面までの地盤の卓越周波数は大阪湾沿岸部が最も低く（0.6～1.0Hzも見られる）、揺れやすいと言える。平野部はほとんど1.0～1.5Hz程度であり、山側にいくほど卓越周波数が高くなっていき、上町台地や山地など硬い地盤では4.0Hz以上となり、揺れにくいことがわかる。



(1) Ma12層下端のDg2層を工学的基盤に設定

(2) 沖積層下端(Dg1層又はそれより古い地層)を工学的基盤に設定



(3) (1)と(2)を合成させた揺れやすさマップ

図5 表層地盤の250mメッシュモデルによる揺れやすさマップ

以上から、250mメッシュごとの地盤モデルを構築した成果で、細かい地域の地盤特性を反映できており、内閣府による「表層地盤の揺れやすさ全国マップ」よりも精細なマップが得られたと考えられる。

5. まとめ

本論文で得られた結論を以下にまとめる。

- 1) 「地盤モデル作成システム」を用いて、大阪・神戸地域の表層地盤（沖積層及び第1洪積砂礫(Dg1)層と洪積粘土(Ma12)層)の250mメッシュモデルを作成できた。
- 2) モデル化により、沖積層及びDg1層とMa12層の深度1m刻みの土質、N値、湿潤密度、及び上・下面標高、層厚、孔内水位が250メッシュごとに求められ、各々の地盤特性の地域性を示すことができた。
- 3) この表層地盤の250mメッシュモデルを用いて一次元地震応答解析を行い、卓越周波数分布に基づく揺れやすさマップを作成した。卓越周波数は大阪湾沿岸部が最も低く(0.6~1.0Hz)、揺れやすいこと、平野部から山側に行くほど高くなり、上町台地や山地など硬い地盤では4.0Hz以上となり、揺れにくいことがわかった。
- 4) 250mメッシュごとの地盤モデルを構築した成果で、内閣府によるものよりも精細な揺れやすさマップを得ることができた。

なお, Ma12 層の 250m メッシュごとの土質特性 (物理性質から力学性質までの 12 種類) の分布, 及び Dg1 層の地下水を有効利用することを想定し, 現状の地下水位から 1~3m 低下させた場合の 250m メッシュごとの圧密沈下量を予測した結果は, 文献 18) で報告している. また, 上部洪積層 (Dg1 層と Ma12 層) の 250m メッシュモデルの土質特性データは, 今後, 関西圏地盤情報ライブラリー¹⁹⁾として Web 上で公開する予定である (沖積層モデルの土質特性データは既に公開済みである).

謝辞: 本研究は, KG-NET・関西圏地盤研究会の関西広域地盤研究部会と地盤工学会関西支部「南海トラフ巨大地震に関する被害予測と防災対策研究委員会」の部会 1 (地盤特性と被害予測) のチーム 2 (地盤の揺れやすさ) の研究活動として行ったものであることを付記し, 関係各位に謝意を表する.

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部: 南海トラフの地震活動の長期評価 (第二版) について, 2013.
- 2) 中央防災会議: 「東南海, 南海地震等に関する専門調査会」 (第 16 回) 東南海, 南海地震に関する報告 (案), 2003.
- 3) 内閣府: 南海トラフ巨大地震の被害想定 (第二次報告) について, 2013.
- 4) 岩田知孝・入倉孝次郎: 観測された地震波から震源特性, 伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震 2, 第 39 巻, pp.579-593, 1986.
- 5) 内閣府: 「表層地盤のゆれやすさ全国マップ」について, 2005.
- 6) 関西圏地盤情報活用協議会: 新関西地盤～大阪平野から大阪湾～, 第 1 編 第 4 章 地域の地盤特性, pp.59-121, 資料図 地域の土質特性, pp.資料 1-資料 64, 2007.
- 7) 新井瞬・氏家彰大・大島昭彦・濱田晃之・山本浩司: 神戸・阪神地域の沖積層の 250m メッシュごとの地盤特性, 第 48 回地盤工学研究発表会, No.122, pp.243-244, 2013
- 8) 氏家彰大・新井瞬・大島昭彦・濱田晃之・山本浩司: 大阪地域の沖積粘土層の 250m メッシュごとの土質特性, 第 48 回地盤工学研究発表会, No.123, pp.245-246, 2013.
- 9) 山路雅之・大島昭彦・新井瞬・山田卓・濱田晃之・近藤隆義: 大阪・神戸地域の沖積粘土層の 250m メッシュモデルの修正, 第 49 回地盤工学研究発表会, No.136, pp.271-272, 2014.
- 10) 新井瞬・大島昭彦・山路雅之・山田卓・濱田晃之・近藤隆義: 大阪・神戸地域の沖積粘土層の 250m メッシュモデルによる土質特性の分布, 第 49 回地盤工学研究発表会, No.137, pp.273-274, 2014.
- 11) 野津厚・菅野高弘: 港湾におけるサイト増幅特性を考慮したレベル 2 地震動の算定事例, 港湾空港技術研究所資料 No.1146, 2006.
- 12) 堤杏紗・新井瞬・大島昭彦・濱田晃之・春日井麻里・近藤隆義: 大阪・神戸地域の上部洪積層 (Dg1, Ma12) の 250m メッシュモデルによる分布性状, 第 50 回地盤工学研究発表会, No.132, pp.263-264, 2015.
- 13) 新井瞬・堤杏紗・大島昭彦・濱田晃之・春日井麻里・近藤隆義: 大阪地域の洪積粘土 Ma12 層の 250m メッシュモデルによる土質特性の分布, 第 50 回地盤工学研究発表会, No.133, pp.265-266, 2015.
- 14) 山本浩司・三村衛・三田村宗樹・大島昭彦・小田和広: 大阪平野における全国電子地盤図の作成—パイロット・スタディー, 第 43 回地盤工学研究発表会, No.36, pp.71-72, 2008.
- 15) 関西圏地盤情報活用協議会: 新関西地盤～大阪平野から大阪湾～, 3.2 地質構成の分布, pp.33-48, 2007.
- 16) Schnabel, P. B. ・ Lysmer, J. ・ Seed, H. B. : SHAKE A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites, Report No. EERC75-30, University of California, Berkeley, 1975.
- 17) 社団法人 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012.
- 18) 新井瞬・大島昭彦・山田卓・堤杏紗・濱田晃之・春日井麻里・近藤隆義: 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 論文集 (投稿中), 2015.
- 19) 関西圏地盤情報ライブラリー: <http://www.geo-library.jp/>