

大阪表層地盤の繰返し変形特性モデルの構築とうめきたサイトでの非線形地震応答解析

全日本コンサルタント(株) ○中村優孝
大阪市立大学大学院 大島昭彦
(一財)地域地盤環境研究所 濱田晃之

1. まえがき

筆者らは、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・神戸地域の沖積砂（As）層、沖積粘土（Ma13）層と上部洪積（Dg1, Ma12）層を含む「250m メッシュ浅層地盤モデル」を構築し、このモデルを基にメッシュ毎に一次元地震応答解析（SHAKE）を行って卓越周波数に基づく「揺れやすさマップ」を作成した²⁾。しかし、これは線形解析（ G, h 一定）によるものであった。本研究では、As 層、Ma13 層、Dg1 層、Ma12 層の繰返し変形特性（ $G-\gamma, h-\gamma$ 関係）モデルを構築し、250m メッシュ浅層地盤モデルに組み込んだ。本稿では、このモデル化の結果及び大阪市北区うめきた 2 期地区での地盤調査結果に基づき、非線形地震応答解析を行った結果について述べる。

2. 繰返し変形特性試験データの収集

図-1 に大阪地域において繰返し変形特性試験が実施されている地点を示す。黒丸は既に DB に登録されている地点、赤丸は今回新たに試験データを収集した地点である。なお、関西空港及び神戸空港の試験データは、埋立前後のデータが混在していたことから、モデル化に使用するデータからは除外した。

3. 繰返し変形特性モデルの構築

収集した繰返し変形特性の試験データから西大阪、東大阪地域の違いを検討したが、特に違いは認められなかったため、地域性は考慮せず、各地層に一つの繰返し変形特性モデルを定めることにした。

この繰返し変形特性のモデル化を検討したのは、「H-D モデル（以下、H-D）」、「R-O モデル（以下、R-O）」、「DHP モデル（以下、DHP）」の 3 モデルである。このうち、H-D では低ひずみ域の $h-\gamma$ 関係が試験データと必ずしも整合していないので、低ひずみ域に最小減衰定数 h_{\min} を設定した修正モデルを検討対象とした。図-2 にこの 3 モデルで繰返し変形特性（ $G/G_0 \sim \gamma$, $h \sim \gamma$ 関係）の試験データをフィッティングした結果を示す。これより、試験データはかなり幅を持つが、最もフィッティングがよいのは H-D モデルといえる。



図-1 繰返し変形特性試験の実施位置

4. 非線形一次元地震応答解析（SHAKE）の事例

図-3 に図-2 の 3 モデルによる繰返し変形特性を用いて、うめきた地盤を対象に非線形一次元地震応答解析を行った結果を線形解析とともに示す。入力地震波には、平成 19 年大阪府地震被害想定の上町断層帯地震 A のうめきた位置の地震波（EW 成分）を用い、Dg2 層（工学的基盤）に入力した。

図-3(1)の最大ひずみの深度分布から、H-D では 11.5% と非常に大きく、R-O では 2% 程度と小さくなった。図-3(2)せん断波速度 V_s の深度分布から、線形解析ではモデル地盤での設定値（PS 検層による V_s 値）と変わらないが、非線形解析では、表層から工学的基盤までは設定値に対して H-D ではおよそ 1/4、R-O 及び DHP では 1/2 程度の値となった。図-3(3)伝達関数（地表面/地震波入力）では、線形解析では 1.52Hz の卓越周波数に対し、H-D では 0.4Hz、DHP では 0.65Hz、R-O では 0.75Hz と卓越周波数が大きくシフトしていることがわかる。これにより、地盤の非線形応答によって卓越周波数が低周波数化（長周期化）する傾向が捉えられた。

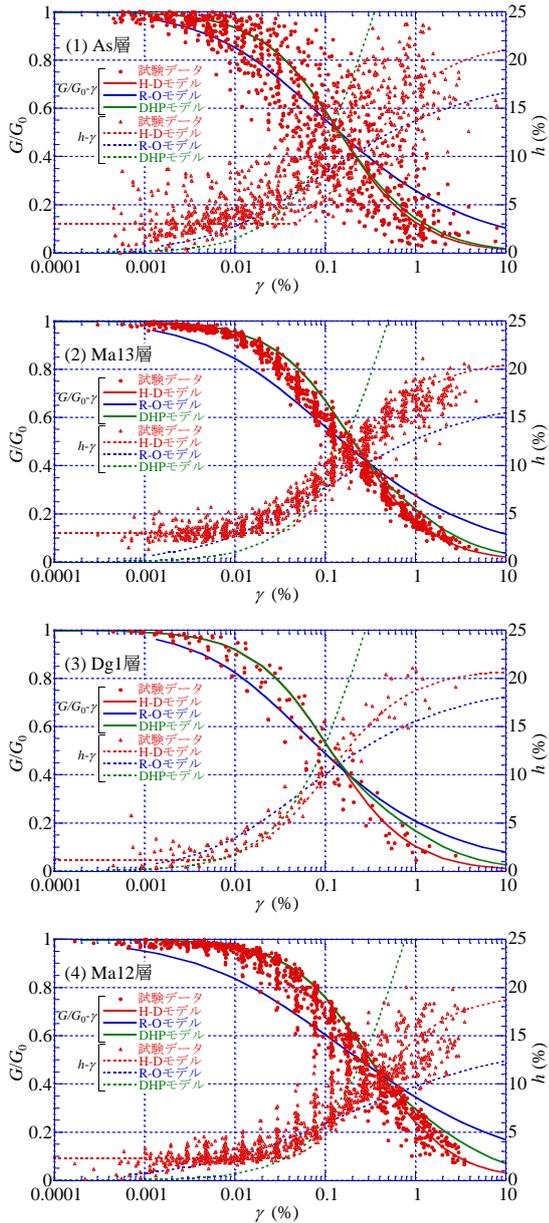


図-2 各地層の収集データと繰返し変形特性

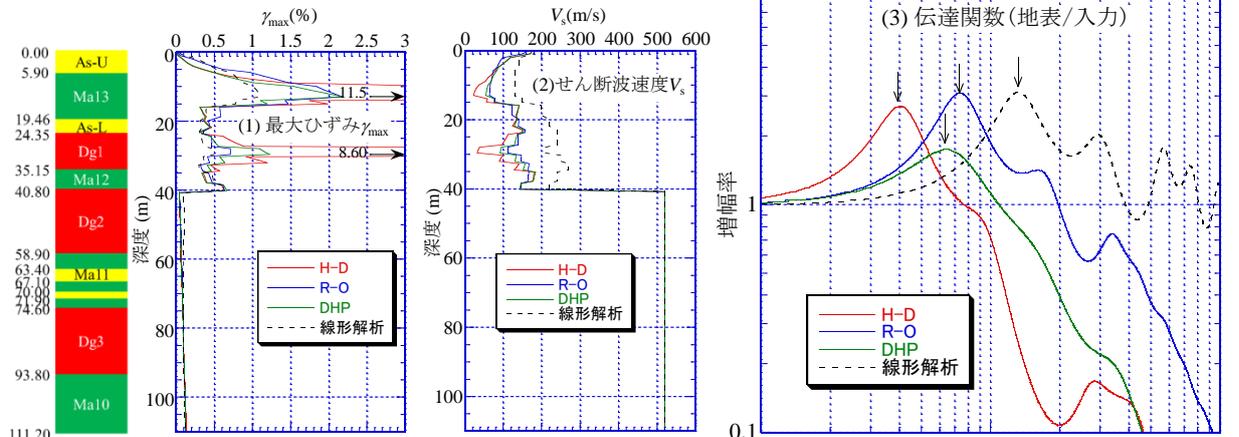


図-3 非線形地震応答解析結果

5. まとめ

収集データを整理した際に最もフィッティングした H-D モデルを用いて一次元地震応答解析を行った結果、大規模地震想定時にはひずみが過大となった。R-O モデルの解析結果との比較より、採用する動的変形特性モデルによって地震応答解析結果が大きく異なることが明らかとなった。今後は試験データの取得時期を考慮した繰返し変形特性のモデル化や、複数の試験データから一つのモデルを作成する手法についての見直しについて検討したい。

[謝辞]

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、上町断層帯地震 A 想定地震波を提供いただいた大阪府危機管理室に謝意を表す。

参考文献

- 1) 堤・他：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, 2015.
- 2) 平井・他：大阪地域の表層地盤モデルを用いた揺れやすさマップの作成，Kansai Geo-Symposium 2015, pp.203-208, 2015.
- 3) 京矢・他：うめきた2期地区での地盤調査結果(その1：調査概要とボーリング結果)，第52回地盤工学研究発表会, No.0057, 2017.
- 4) 吉田：二重双曲線モデルの精度評価，第50回地盤工学研究発表会, No.0873, 2015.