

## 第 III 部門

## 造成宅地の固有周波数と被災に影響を及ぼす入力地震動の周波数帯域に関する解析的検討

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○吉田 武  
 パシフィックコンサルタンツ 正会員 門田 浩一  
 法政大学 デザイン工学部 正会員 酒井 久和

大阪大学大学院工学研究科 正会員 秦 吉弥  
 広島大学大学院工学研究院 正会員 一井 康二  
 大阪大学大学院工学研究科 フェロー会員 常田 賢一

## 1. まえがき

2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動の作用により、仙台市内の造成宅地を中心に深刻な被害<sup>1)</sup>が数多く発生した。この点に関して著者ほか<sup>2),3)</sup>は、仙台市内の造成宅地を対象に動的有効応力解析を実施し、2011 年東北地方太平洋沖地震による被災ならびに 2005 年宮城県沖地震による無被災を再現することに成功している。しかしながら、造成宅地の被災に大きな影響を及ぼす地震動の周波数帯域については、十分な議論が行われていない。

そこで本稿では、動的有効応力解析 (FLIP) を仙台市青葉区内の造成宅地<sup>1)</sup>を対象に実施し、入力地震動の特性を数多く変化させたパラメトリックスタディにより、造成斜面の残留変形量と入力地震動の周波数成分との関係について基礎的な検討を行った。

## 2. 入力地震動の選定

入力地震動としては、計 51 波を採用した。具体的には、先行研究<sup>3)</sup>による再現解析の際に入力地震動として採用されている 2011 年東北地方太平洋沖地震による Small-Titan 岩切中学校での観測地震動の工学的基盤相当波を基準として (以後、基準入力地震動と呼ぶ)、基準入力地震動の速度 PSI 値<sup>4)</sup>と同等もしくはそれ以上となる 1995 年兵庫県南部地震以降に日本国内で得られた観測地震動の工学的基盤相当波 (50 波) を採用した。ここにその内訳としては、スラブ内地震・内陸地殻内地震について 25 波、海溝型地震について 25 波それぞれ選定した。図-1 に本稿で選定した入力地震動 (計 51 波) のフーリエ振幅スペクトルを比較したものを示す。

さらに、入力地震動としては、対象造成宅地における地震後の残留変形に影響する周波数帯を調べるために、上述したオリジナル波形 51 波のほかに、オリジナル波形 51 波に対して、0.10, 0.13, 0.16, 0.20, 0.25, 0.32, 0.40, 0.50, 0.63, 0.79, 1.00, 1.26, 1.58, 2.00, 2.51, 3.16, 3.98, 5.01, 6.31, 7.94, 10.0Hz の計 21 種類のローパスフィルターをそれぞれ施した波を採用した (結果的に 1,071 波を採用した)。

## 3. 動的有効応力解析の実施

図-2 (上段) に対象造成宅地<sup>1)</sup>の断面図を、および図-2 (中段) に対象造成宅地の FEM モデルに基準入力地震動を作用させた場合の残留変形状況 (等倍スケール) をそれぞれ示す。図-2 (下段) に示すように、本震後の残留変形量の実績を一定の精度で評価可能である先行研究<sup>3)</sup>による解析モデル・地盤物性値・数値解析条件などを転用した。なお、対象造成宅地内の地下水位としては、無水掘り実施の際に確認された水位<sup>1),3)</sup>を採用した。

図-3 (上段および中段) に先行研究における各々の着

目位置 (図-2 参照) での残留変位比と入力地震動のカットオフ周波数の関係を示す。ここに、残留変位比は、フィルターカットオフされた入力地震動による残留変位を、フィルター処理無しのオリジナル入力波による残留変位で除したものである。図-3 (上段および中段) に示すように、概ね 0.5~2Hz の周波数帯域において残留変位比の急激な増加傾向が確認できる。この傾向は、水平方向 (はらみ出し変形量等) および鉛直方向 (残留沈下量) において共通となっている。これは、対象造成宅地の地震被災に影響を及ぼす入力地震動の周波数帯域が 0.5~2Hz であることを示唆するものである。なお、上記で得られた知見は、高盛土 (空港盛土) を対象とした既往研究<sup>5),6),7)</sup>による成果と類似する結果となった。なお、この影響周波数帯域は、図-3 (下段) に示すように、対象造成宅地の固有周波数帯域よりもやや低周波数帯域に位置している。

## 4. まとめ

本稿では、仙台市青葉区内の造成宅地を対象にした動的有効応力解析 (FLIP) に基づくパラメトリックスタディの実施により、大規模地震後の残留変形量に大きな影響を及ぼす入力地震動の周波数帯域の影響について基礎的な検討を行った。その結果、やや短周期帯域 (0.5~2Hz) の入力地震動の周波数成分 (宅地の固有周波数よりもやや低周波帯域の成分) が対象造成宅地の残留変形量に対して比較的大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

謝辞：各種国内機関によって得られた地震観測波形データを提供・使用させていただきました。本研究の遂行にあたり、(一財) 災害科学研究所土工構造物の性能向上技術普及研究会の委員の皆様方に有意義なご意見をいただきました。

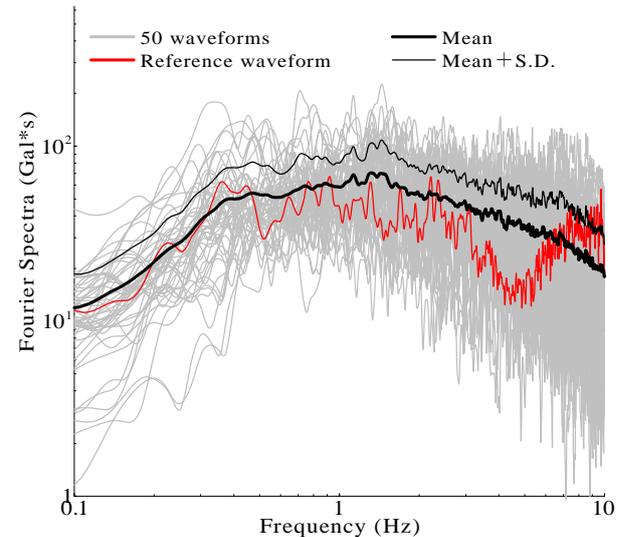


図-1 採用した入力地震動によるフーリエ振幅スペクトルの比較

Takeshi YOSHIDA, Yoshiya HATA, Hirokazu KADOTA, Koji ICHII, Hisakazu SAKAI and Ken-ichi TOKIDA

tyoshida@civil.eng.osaka-u.ac.jp

参考文献

- 1) 仙台市：第9回仙台市宅地保全審議会技術専門委員会公開資料，都市整備局開発調整課 HP，2012.
- 2) ニゲマンカタリナ，秦吉弥，常田賢一，門田浩一，魚谷真基：海溝型地震による宅地造成斜面の被災・無被災シミュレーション—仙台市泉区南光台6丁目の高盛土を例として—，土木学会論文集A1，Vol.71，No.4，pp.95-110，2015.
- 3) 門田浩一，本橋あずさ，佐藤真吾，三嶋昭二：滑動崩落被害を受けた仙台市造成宅地の再現解析及び被害予測の課題，地盤工学会誌，Vol.63，No.10，pp.32-35，2015.
- 4) 野津厚，井合進：岸壁の即時被害推定に用いる地震動指標に関する一考察，第28回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，pp.18-19，2001.
- 5) 秦吉弥，一井康二，野津厚，酒井久和：高盛土の残留変形に影響を及ぼす入力地震動の周波数帯域に関する基礎的検討，地盤工学ジャーナル，Vol.9，No.4，pp.747-759，2014.
- 6) 酒井久和，野津厚：地中構造物の損傷に影響する地震動の周波数成分，第11回日本地震工学シンポジウム論文集，pp.1033-1038，2002.
- 7) 立石章，佐藤忠信：LIQCAによる護岸の被災変形量の有効応力解析，レベル2地震に対する土構造物の耐震設計シンポジウム発表論文集，地盤工学会，pp.223-245，2000.

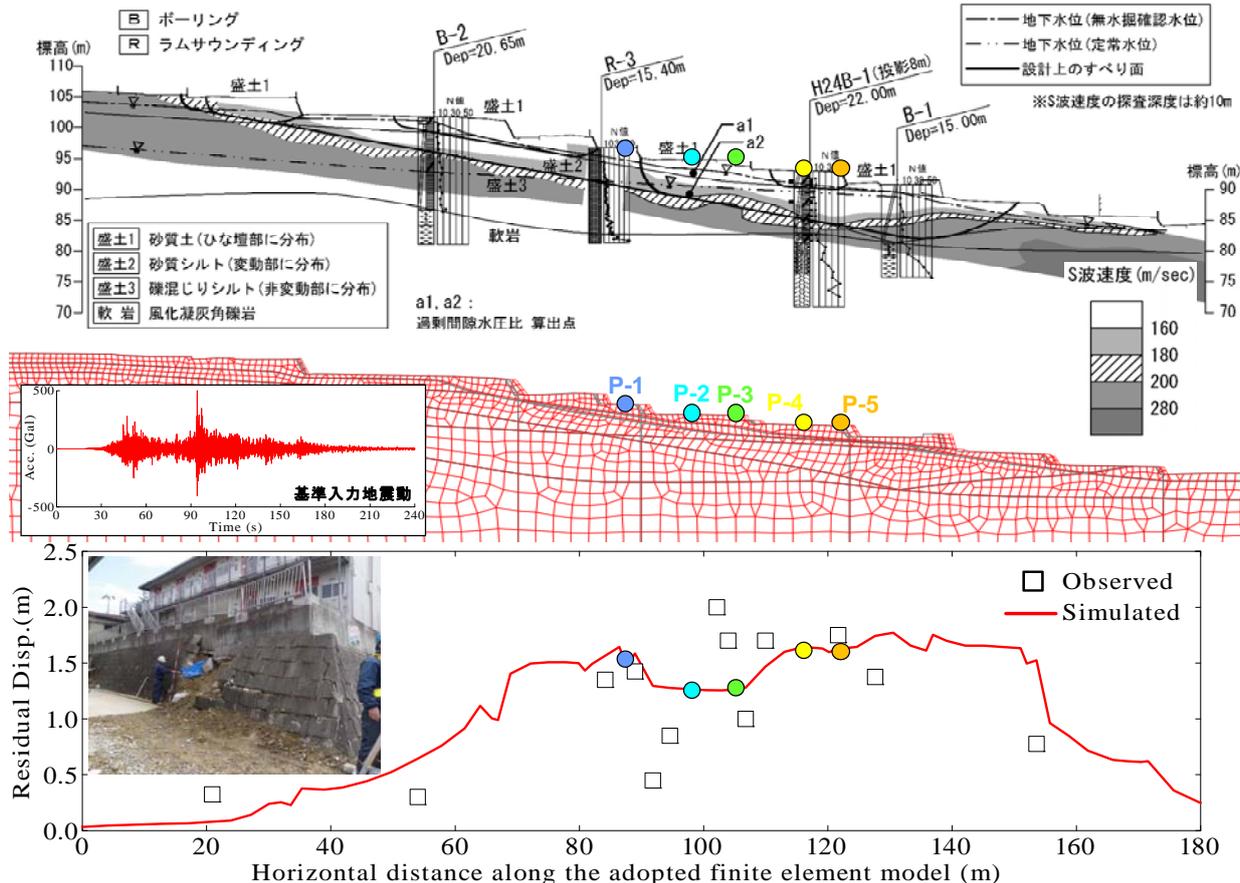


図-2 対象造成宅地の断面(上段参照)，FEMモデルと残留変形状況(中段参照)，および解析手法の適用性確認(下段参照)

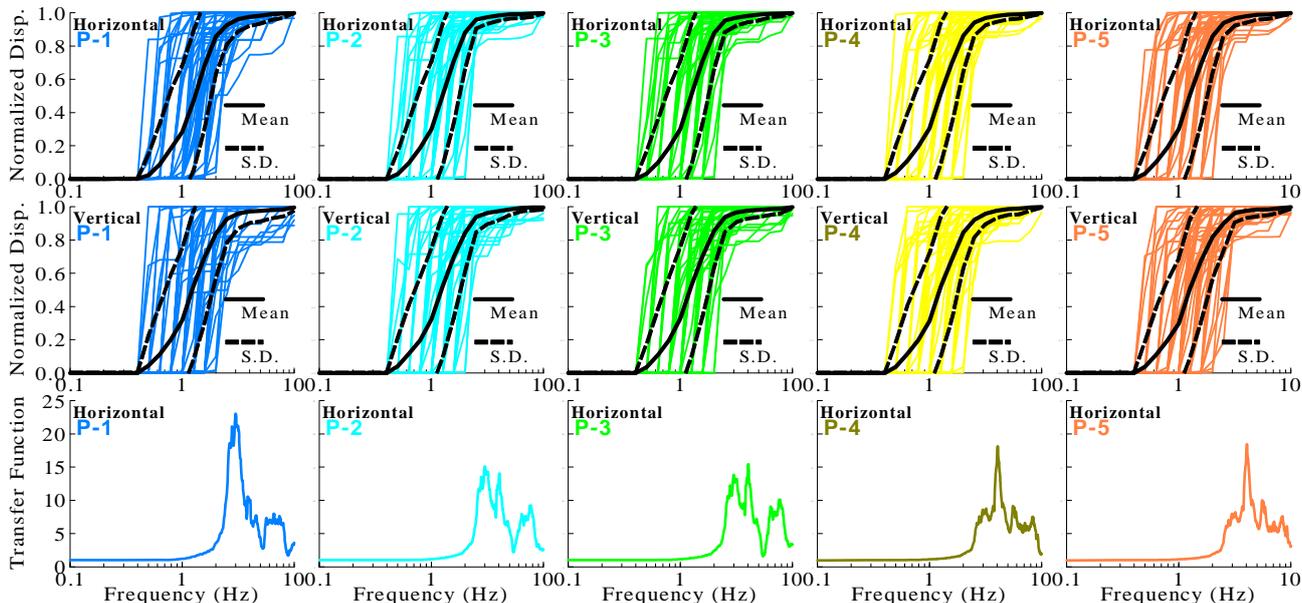


図-3 入力地震動の周波数帯域が対象造成宅地の地震被災に及ぼす影響(上段・中段参照)および対象造成宅地の固有周波数(下段参照)