2011 年東北地方太平洋沖地震の本震と余震を考慮した地震応答解析

- 鉛直アレー観測記録の地震応答解析-

東電設計株式会社 正会員 〇兵頭順一

- 正会員 溜 幸生
- 広島大学大学院 正会員 一井康二

## 1 はじめに

本検討は、連動型の地震に対する液状化被害の予測・評価手法を確立することを最終的な目的としている。 本検討では、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の東京港における鉛直アレー観測記録を対象に、本 震および余震を考慮した地震応答解析を行い、本震が余震に与える影響について検討する。解析手法は、近 年開発され FLIP<sup>1)</sup>に導入されたカクテルグラスモデル<sup>2)</sup>を用い、地盤の透水性を考慮して本震による過剰間 隙水圧の上昇、再圧密、余震による過剰間隙水圧の上昇、再々圧密の挙動について検討した。

## 2 検討方法

解析対象地点(新有明地点)を図-1に,液状化層の解析用地盤物性値<sup>3)</sup>を表-1に示す。解析モデルは鉛直 アレー下端の観測点から地表面までをモデル化した<sup>3)</sup>。各土層は FLIP のカクテルグラスモデル要素を用いて モデル化し、境界条件は側方 XY 方向の変位を同一とし、底面を粘性境界の一次元モデルとした。また、FLIP は Ver7.2.3、構成則は従来型、非線形反復法は従来型を用いている。入力地震動の本震は夢の島観測点<sup>4)</sup>、余 震は K-NET 浦安地点<sup>5)</sup>の記録を用いて、周波数特性を考慮した等価線形化手法により波形の引き戻しを行っ た地震動とした。動的解析は本震から余震終了までの継続時間約 30 分及びその後の水圧消散 2 時間 30 分の 計 3.0 時間の計算を実施した。また、余震の影響を調べるために、余震のみを入力した解析も実施した。

## 3 検討結果

最大加速度分布を図-2 に示す。解析結果は観測記録とほぼ整合していることがわかる。「本震+余震」の 加速度および過剰間隙水圧比時刻歴、応力ひずみ関係から求めた塑性せん断仕事の時間変化を図-3 に、「余 震のみ」の結果を図-4 に示す。「本震+余震」の場合、余震の過剰間隙水圧比は Ysu 層において本震の 0.3 よりさらに上昇して 0.4 に達するが、「余震のみ」の過剰間隙水圧比は 0.1 程度である。また、「本震+余震」 の塑性せん断仕事は、余震開始時にも累積しており、「余震のみ」の塑性せん断仕事より大きい。

Ysu 層の最大せん断応力  $\tau_{max}$ を縦軸とした有効応力径路を図-5 に、せん断応力ひずみ関係を図-6 に示す。 「本震+余震」の場合、本震による過剰間隙水圧が残留しているうちに、余震が生じている。また、応力ひ ずみ関係から求めた「本震+余震」の余震開始直後のせん断弾性係数  $G_{eq}$ は約 2.2×10<sup>4</sup> (kPa)、「余震のみ」 の場合約 4.2×10<sup>4</sup> (kPa) である。「本震+余震」の余震開始直後のせん断弾性係数は「余震のみ」より小さ くなる。

## 4 まとめ

解析による最大加速度は観測記録とほぼ整合している。よって、FLIPによる解析結果は実現象を良く再現 しており妥当な結果である。また、本震による塑性せん断仕事の累積やせん断弾性係数の低下により、余震 による過剰間隙水圧比は本震より上昇する結果となったと考えられる。液状化の被害は、本震と余震の重ね 合わせによる現象と推定される。

謝辞:本検討は、FLIP コンソーシアムの活動の一環として実施されたものである。本検討を実施するにあたり、東京都 港湾局及び防災科学技術研究所強震観測網(K-NET)の観測記録を利用した。また、入力地震動の作成には(株)地震工 学研究所の協力を頂いた。ここに記して謝意を表します。

キーワード 有効応力解析 液状化 地震応答解析 連絡先 〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 東電設計(株) TEL 03-6372-5530

-251



図-4 加速度および過剰間隙水圧比の時刻歴(余震のみ)

参考文献: 1) Iai,Matsunaga,Kmaeoka:Strain Space Plasticity Model for Cyclic Mobility, SOILS AND FOUNDATION, Vol.32, No.2, pp.1-15, 1992 2) 井合 進・飛田哲男・小堤治:砂の繰返し載荷時の挙動モデルとしてのひずみ空間多重モデルにおけるストレスダイレイタンシー関係、京大防災研年 報、2008.3)溜幸生・一井康二:2011 年東北地方太平洋沖地震における東京港の埋立地盤を対象とした地震応答解析,第48 回地盤工学研究発表 会(投稿中) 4)東京都港湾局:港湾局地震観測所で観測した地震動について[速報]http://www.kouwan.metro.tokyo.jp/business/kisojoho/jishindou.html 5)防災科学技術研究所:強震観測網(K-NET)