埋立地盤の液状化強度特性を考慮した地震応答解析

東京電機大学 正会員 〇石川 敬祐 東京電機大学 フェロー会員 安田 進

1. はじめに

東日本大震災での東京湾岸域の埋立地盤の液状化被害を踏まえて、今後、他の埋立地の液状化予測やその対 策を検討する必要があると考えられるが、不均質な埋立土層内の液状化層の特定を行うことは非常に重要な 問題と考えられる。筆者らは、液状化が発生した埋立地盤において、深度方向に連続的にサンプリングした試 料に対して室内土質試験を実施し、埋立地盤内の液状化強度の深度分布を求めてきた¹⁾.本研究では、その結 果を元に一次元地震応答解析を行ない、埋立層の地盤中の過剰間隙水圧の挙動から戸建て住宅の被害メカニ ズムを考察した.

2. 検討地点の被害状況

検討地点は、浦安市入船4丁目の住宅地である.ここでは、東日本大震災の際に液状化に伴う戸建て住宅の 傾斜や沈下による被害が生じている.調査地を提供していただいた住民から震災当時の状況をヒアリングす ると、液状化に伴う噴砂は本震の直後から発生し、30分後の最大余震まで噴水・噴砂は継続して噴出し、余震 時には水浸しの状況とのことである。また、噴砂が落ち着いたのは震災当日の夕方であった.

3. 地震応答解析条件·考察

表 1 各ケースの透水係数

埋立層

F

1.0E-06

1.0E-05

1.0E-04

盛土層

В

5.0E-07

Case

А

В

С

各層の透水係数 (m/s)

Hs-1~4

1.0E-06

1.0E-05

沖積砂質土層

Hs-5~6

1.0E-06

地震応答解析には、YUSAYUSA-2²⁾を用いた.入力地震動は、東日本大震災時の K-NET 浦安の観測記録³⁾を用いて、その場所での工学的基盤まで引き戻した波形を求めた(入力地震動波形は、図4の上図を参照).解析モデルは、検討地点での詳細調査結果¹⁾を元に沖積砂質土層までモデル化を行ない、それ以深は近傍の既存の調査結果

⁴⁾を参考にモデル化を行った. 各層の液状化特性は,図 1~2の震災後(2015 年 8 月)に採取した乱れの少な い試料に対する液状化試験結果より,間隙水圧の上昇の程度を表すパラメータ *Bp* や *Bu* を設定した.また, せん断剛性 *G*₀は密度と PS 検層の結果より設定している. 粘着力やせん断抵抗角,体積圧縮係数は,既往の推 定式を用いて一般的な値を設定した. 透水係数は,採取試料の粒度特性より森田ら⁵⁾の推定式で求めた値に対 して,表1の3パターンを想定し設定した. Case A は推定式から求められた最低値であり, Case B はその中 間値であり, Case C はその最大値である. なお,地下水位は,深度 0.8m に設定した.

各 Case の過剰間隙水圧の深度分布図を図 3 に示す. なお, 図中の点線は本震が終了した解析時間 500 秒の 時点であり,実線は余震が終了した解析時間 2100 秒時点である. Case A や Case B では,埋立土層の最下層の F-5 層において過剰間隙水圧比で 0.8 を超えるが他の埋立土層(F層)や沖積砂質土層(Hs 層)では過剰間隙 水圧比は 0.5 を下回る結果となった. 次に Case C では,本震終了時に F-1 層の一部で 0.9 に達し,余震終了時 点では F-1 層や F-2 層の一部で過剰間隙水圧が有効上載圧に達した. 図 4 は, Case C の各層の過剰間隙水圧比 $\Delta U/\sigma_V$ の時刻歴図を示す. 過剰間隙水圧は,本震の主要動が作用する 50 秒付近から上昇し最大加速度が作用 する約 118 秒付近で急上昇する.最大加速度付近で,F層と Hs 層の境界付近の F-5 層~Hs3 層は 0.6 程度に達 し,本震の主要動が治まる 200 秒付近から余震が生じる 1730 秒付近まで減少過程に転じる. F-1~F-4 層の挙 動は, F-5~Hs3 層と同様に最大加速度が生じる付近で急上昇することは同じであるが,200 秒付近から 1730 秒付近までの地震動が作用していない時も上昇し続けることが分かる.当該地では,本震の直後から噴水が発 生していることが目撃されているが,この結果では本震の主要動が治まって 4 分後に F-1 層では過剰間隙水

キーワード 液状化,地震応答解析,埋立地盤

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学 理工学部 建築・都市環境学系 TEL 049-296-3289

-441-



圧が有効上載圧に達しており、目撃証言と概ね一致する挙動であると考えられる.図5はF-1層の有効応力経路と応力ひずみ関係であり、本震が終了した時点では有効上載圧は6割ほど減じているが、この時点ではせん断ひずみは発生していない.その後、下層からの過剰間隙水圧の伝播に伴い有効上載圧が減じた時点で余震が作用したことでせん断ひずみが生じたことがわかり、戸建て住宅の被害はこの時点で発生したものと考えられる.なお、震災後のサンプリング試料を用いた液状化試験結果を用いたことや地震動が作用したことによる透水係数の評価の問題は今後の課題としている.

謝辞:地震波形は防災科学技術研究所の K-NET を使用した.前田記念工学振興財団研究助成の成果の一部である.関係各位に謝意を表します. 【参考文献】1)石川ら:浦安市の埋立層における連続したサンプリング試料を用いた液状化強度の深度分布,第51回地盤工学研究発表会.2) 吉田・東畑:YUSAYUSA-2理論と使用方法(改訂版 Ver.2.10).3)防災科学技術研究所:強震観測網 K-NET.4)浦安市:平成23年度浦安市液状化 対策技術検討調査報告書,2012.5)森田ら:粒度分布と締り度合を考慮した概略透水係数推定式の提案,第39回地盤工学研究発表会.