

木曽川河口部の旧河道埋立地における液状化危険度評価

名城大学大学院 学生会員 ○高木 竜二・尤 源
名城大学 正会員 小高 猛司・崔 瑛
建設技術研究所 正会員 李 圭太
中部土質試験協同組合 久保 裕一

1. 目的

2011 年東日本大震災では、利根川流域の旧河道の埋め立て地や東京湾岸の比較的若齢の埋立地で液状化の被害が顕著であった。南海トラフ巨大地震においても同種の被災が懸念される。そこで現在、地盤工学会中部支部の南海トラフ巨大地震中部地域地盤災害研究委員会（委員長：野田利弘（名大））の WG（WG 長：杉井俊夫（中部大））活動の一環で、木曽川河口域の旧河道埋立地にて地盤調査を実施し、液状化の危険性を検討している。本報では簡易判定法や詳細な数値解析による液状化危険度評価の結果を示す。

2. 液状化判定

液状化簡易判定は道路橋示方書・同解説(V耐震設計編)を用いて実施した。判定に用いた深度ごとの N 値および結果を表 1 に示す。各深度における N 値はボーリング孔において標準貫入試験を実施し、得られたものである。各深度における条件は、地点ごとにおいて採取した試料を用いて実施した詳細な室内試験の結果を用いた。想定する地震動をレベル 2 地震動のタイプ 1、地盤種別はⅢ種地盤として液状化判定を行った。地下水位は地盤調査時 1.3m 付近であったが、今回は地下水位の変動や不確実性を見込んで 0.5, 1.0, 1.5, 2.0m の 4 水位で行った。なお、深度 13m より下では細粒分含有率が 50%を超えており、粘土質であるために液状化判定の対象外とした。

液状化判定の結果、液状化抵抗率 F_L 値は水位が 0.5m である場合に全ての深度において 1.00 を下回っており、全層が液状化の危険性があると判定された。水位を下げるに伴い F_L 値は上昇し N 値が高めの層では 1.00 以上の深度も出てくるが、総じて危険度が高いことには変わりはない。また深度 8m と 10m では N 値がほぼ同じであるが深度 10m の F_L 値が 1.00 を下回り、深度 8m の F_L 値が 1.00 以上になるのは、深度 10m の砂層の方が深度 8m の砂層に比べて、細粒分含有率が低いためである。

3. 数値解析

数値解析に用いた地盤モデルを図 1 に示す。解析は深度 34m までを解析領域とし、地盤モデルはボーリング時に確認した土質を慎重に検討し、上から盛土層、埋め土層、砂層上部、砂層下部、シルト混じり砂層、シルトの 6 層にモデル化した。室内試験¹⁾より得られた液状化強度曲線を図 2 に示す。液状化の定義は過剰間隙水圧比 0.95 以上としている。液状化強度 R_{L20} は埋め土層で $R_{L20}=0.281$ 、砂層上部で $R_{L20}=0.232$ 、シルト混じり砂層では $R_{L20}=0.285$ となった。なお、解析に用いる各種の土質パラメータは、サンプリング試料による各種の室内試験結果¹⁾を基本として決定した。

入力地震動は、内閣府中央防災会議が平成 15 年に公表した東海・東南海・南海地震波と内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会が平成 24 年に公表した南海トラフ地震波（陸域ケース）として用いている。特に後者の南海トラフ地震波は、5 連動型の地震を想定した理論上最大とされている地震波である。今回の解

表 1 液状化判定の結果

深度 (m)	N 値	液状化抵抗率 F_L			
		水位 0.5m	水位 1.0m	水位 1.5m	水位 2.0m
1	1	0.48	-	-	-
2	11	0.87	1.04	1.20	-
3	3	0.44	0.50	0.56	0.61
4	14	0.83	0.91	1.00	1.08
5	19	0.92	1.00	1.07	1.14
6	9	0.66	0.70	0.74	0.79
7	8	0.63	0.67	0.70	0.74
8	18	0.91	0.96	1.00	1.05
9	12	0.68	0.71	0.80	0.83
10	17	0.8	0.84	0.87	0.90
11	6	0.59	0.62	0.64	0.66
12	8	0.69	0.71	0.73	0.76

析では調査地点に最も近い地点の公開地震波を用いて、およそ 250m 下の $V_s > 700\text{m/s}$ の基盤から、重複反射理論による一次元等価線形解析によって、設定した解析領域まで地震波を引き上げて作成した。図 3 にそれぞれの最終的な入力地震動を示す。東海・東南海・南海地震波に比べて、南海トラフ地震は最大加速度が約 2 倍となっている。

図 4 に、2 次元有効応力液化解析 FLIP を用いた動的応答解析事例を示す。せん断ひずみ分布に着目すると、東海・東南海・南海地震波では、砂層下部のみに大きなせん断ひずみが発生しているものの、砂層上部、シルト混じり砂層は砂層下部ほど大きなせん断ひずみは発生していない。一方、南海トラフ地震波では、東海・東南海・南海地震波と比べると砂層下部だけではなくシルト混じり砂層も大きなせん断ひずみが発生している。次に、過剰間隙水圧比に着目すると、いずれの地震波においても、沖積砂層をはじめとして、埋め土層やシルト混じり砂層も過剰間隙水圧比は 1 近くに到達しており、液化化していることがわかる。なお、埋め土層からシルト混じり層までの全層で液化化すると仮定した場合、液化化試験後の体積ひずみ量の観察結果を援用することにより、最大 43cm 程度の地盤沈下の発生が予想される。

紙面には掲載していないが、動的応答解析において各層における応答加速度を見たところ、深度-34m の地点で入力した地震波は図 3 に示すように 2 つの地震動で大きく異なるが、南海トラフ地震波は、シルト層と沖積砂層を通過する間に大きく減衰することより、埋め土層における最大加速度はいずれの地震波も 110~120gal 程度であり、加速度の差は大きく縮まることがわかった。

4. まとめ

詳細な地盤調査と室内土質試験に基づき地盤構造のモデル化を行い、液化化解析コード FLIP を用いて動的応答解析を実施した。従来から想定されてきたレベル 2 地震動である東海・東南海・南海地震波を用いても、南海トラフ巨大地震波を用いても、当該地域において液化化の危険度は非常に高いことがわかった。また、この地点では液化化後に大きな地盤沈下が発生する危険性もあることが示された。今後は、他地点でのボーリング調査を実施するなどして、液化化による被害の程度の差などについて、より詳細に検討する予定である。

参考文献：1) 尤ら：木曾川河口部の旧河道埋立地における地盤調査と土質試験，平成 27 年度土木学会中部支部年次学術講演会，2016。

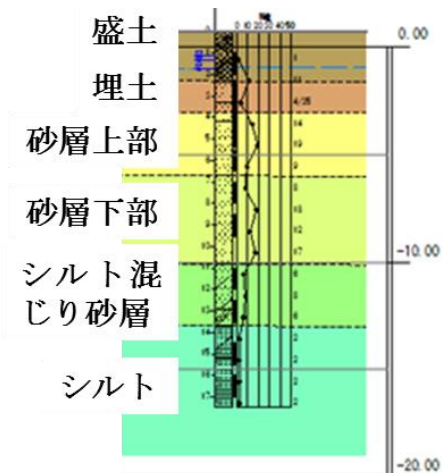


図 1 解析に用いた地盤モデル

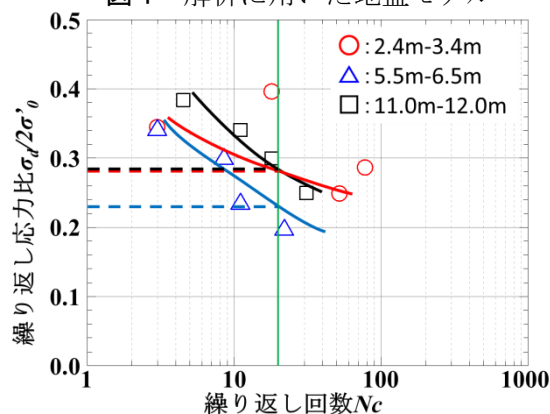


図 2 液化化強度曲線

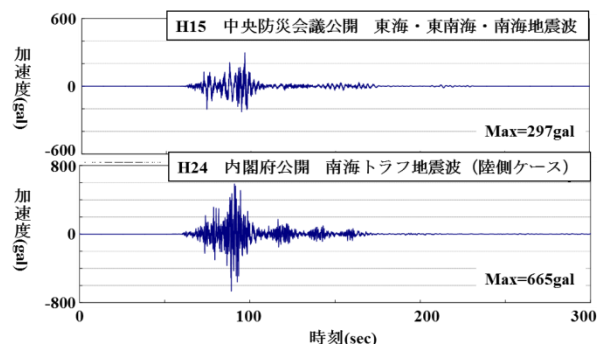


図 3 解析に用いた入力地震動

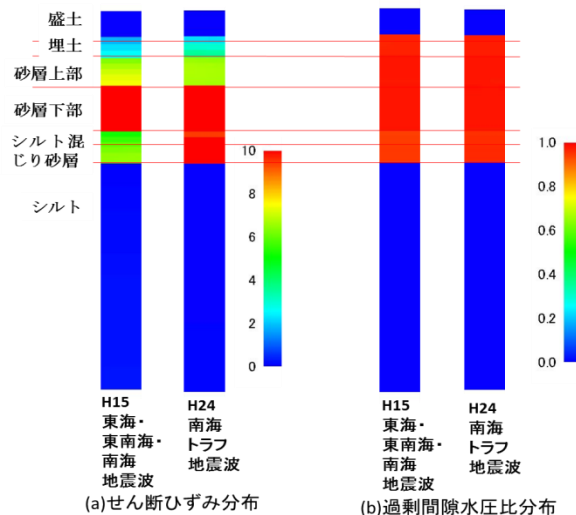


図 4 解析結果