下水道埋設管路網の液状化被害と入力地震動の関係

筑波大学大学院　学生会員　○原 昌弘　　筑波大学　正会員　庄司 学

1. はじめに：東北地方太平洋沖地震により下水道埋設管路網に甚大な被害が発生した[例えば 1)]．本研究では，下水道埋設管の液状化被害が顕著であった茨城県神栖市内(図 1)の 2 地点を対象に YUSAYUSA-2[2)]により表層地盤の地震応答解析(図 2)を行うことで地震波の増幅特性と液状化の経時的な発生過程を明らかにする．

2. 地盤のモデル化と入射波データ：解析の対象とする 2 地点の柱状図，標準陥入試験結果，及び地盤をモデル化した際の層厚を図 3 に示す．モデル化においては液状化試験結果を用いるが，試験が行われていない層については文献 3)の方法に基づき補間し，また，内部摩擦角ϕについては文献 4)の式に基づき N 値より補間した．透水係数 k は Creager の実験値[5)]により推定した．入射波データとしては，原・庄司による計算波形[6)]を使用し，また，比較のために対象地域近傍や他の液状化被害地点における観測波形を使用する(図 4).

3. 解析結果：入射波 I により液状化に至った第 2 層の加速度，変位，過剰間隙水圧比の時系列及び有効応力経路，並びに基盤に入射した加速度の時系列を図 5 に示す．なお，本研究では過剰間隙水圧比の最大値を 97%とし，これを液状化の判定に用いている．図 5 より地点 A において，入射波 I では 110 秒付近及び 190 秒付近に過剰間隙水圧が上昇し 250 秒に液状化に至っている．また，第 2 層の最大加速度は入射波形と比較し 1.3 倍に増幅している．それに対し観測波形を入射波として解析した結果，過剰間隙水圧が急激に上昇している(図 5(c)，(e)，(f))．また，入射波 II では最大加速度が入射波に対し 2.0 倍と増幅しているのに対し，入射波 III 及び入射波 IV の最大加速度については逆に低減している．これは入射波 III 及び入射波 IV が液状化を発生させるための基盤波として十分な振幅を有していることを示す．一方，地点 B においては，入射波 I 及び入射波 II では液状化に至らなかったが入射波 III および入射波 IV では液状化に至っている．また，地点 A，B ともに入射波 III 及び入射波 IV では最大変位が 0.20m から 0.36m と他の入射波の 10 倍程度の値を示している．

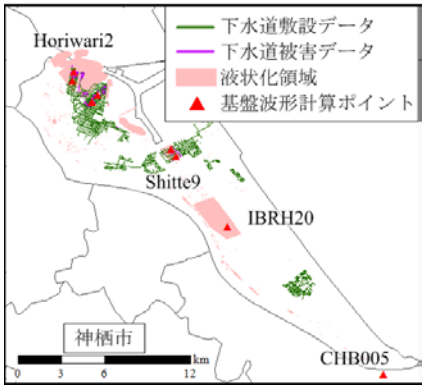

図 1　分析対象地域[1)に加筆]

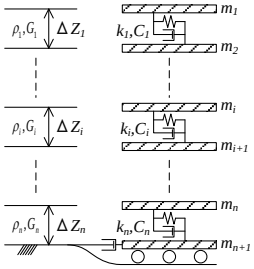

図 2　地盤の離散化モデル[2)に加筆]

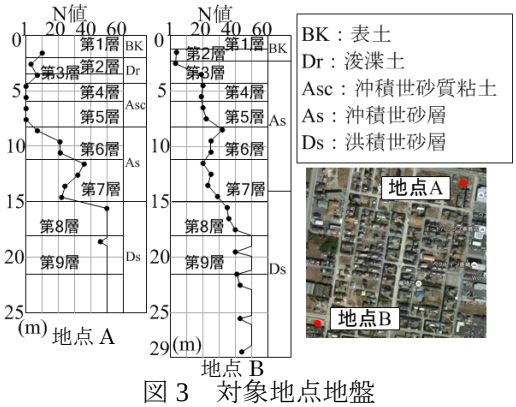

図 3　対象地点地盤

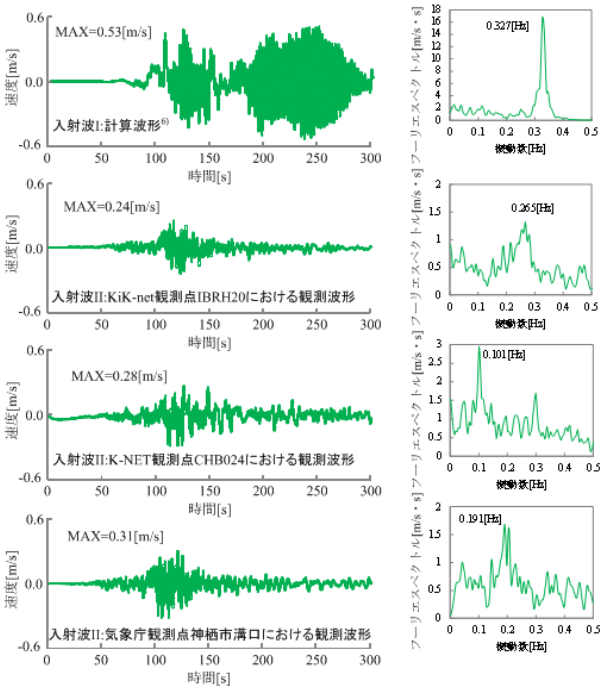

図 4　入射波データ

キーワード　東北地方太平洋沖地震，下水道埋設管路，液状化，地震応答解析，有効応力解析
連絡先　〒305-8573　茨城県つくば市天王台 1-1-1　筑波大学大学院システム情報工学研究科　TEL 029-853-7368

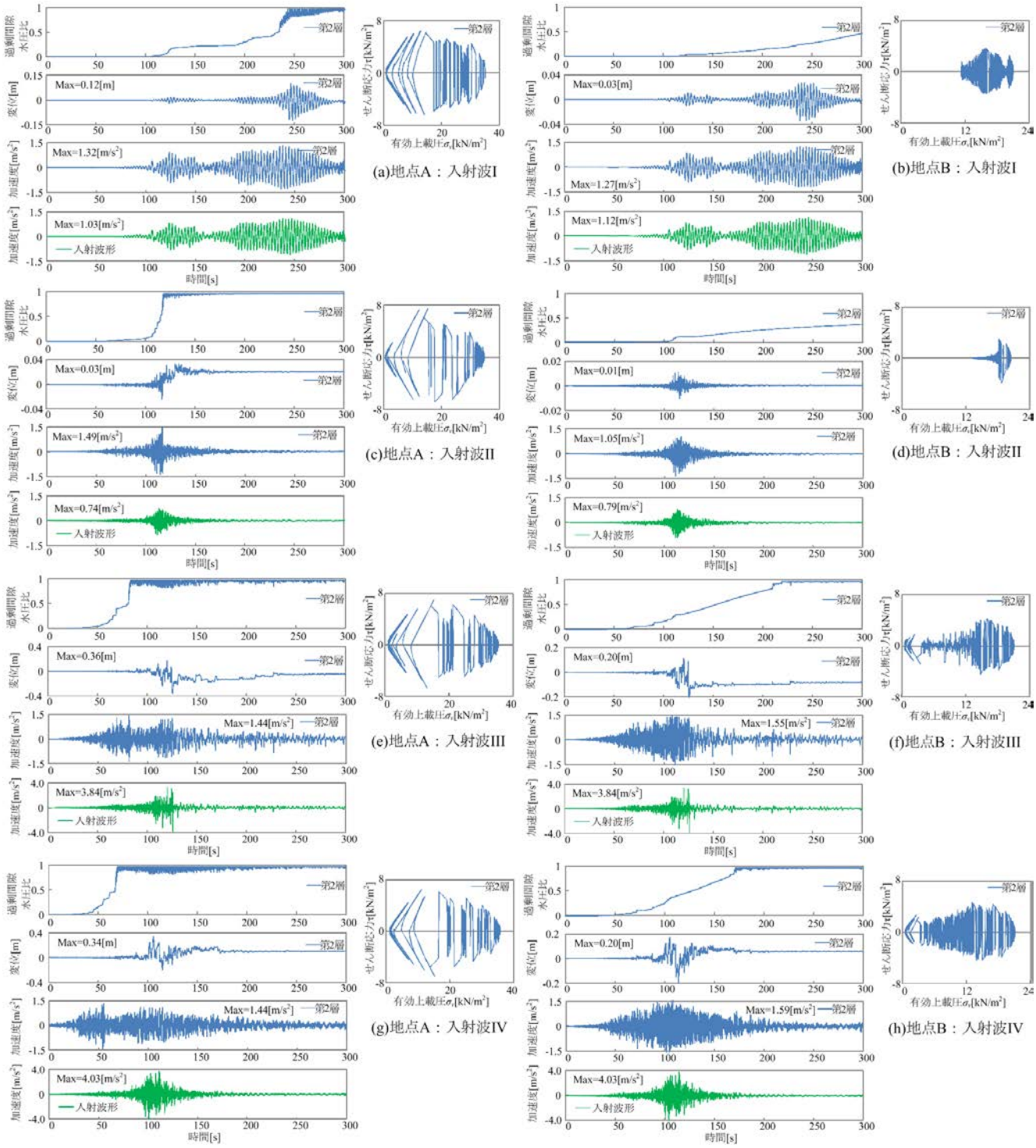

図５　対象地点と入射波形の違いによる液状化発生過程の比較

4. まとめ：長周期帯のみを扱っている計算波形による液状化解析の結果と，短周期帯も含む観測波形による液状化解析の結果には，過剰間隙水圧の上昇過程と液状化に至るまでの時間において大きな相違がみられた．入射波形の相違による液状化発生過程の相違，及び地盤の構造や物性値の異なる表層地盤の液状化の発生過程の相違を解明するために，様々な入射波形を用いて更に多くの地点において解析する必要がある．

謝辞　本研究では茨城県神栖市の液状化対策検討委員会の皆様には液状化被害のメカニズム等に関して多々ご教授いただきました．観測波形については防災科学技術研究所の K-NET，KiK-net 及び気象庁の強震波形記録を活用させていただきました．ここに謝意を表します．

参考文献　1) 庄司学，寺嶋黎，永田茂：下水道埋設管路の地震被害率曲線の構築，土木学会論文集 A1（構造・地震工学），Vol.70，No.4（地震工学論文集第 33 巻），pp.I_921-I_946，2014. 2) 吉田望，東畑郁生：YUSAYUSA:有効応力に基づく 1 次元地震応答解析，http://www.civil.tohoku-gakuin.ac.jp/yoshida/computercodes/index.html 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，pp.134-136，2012. 4) Hatanaka, M. and Uchida, A.: Empirical correlation between penetration resistance and internal friction angle for sandy soils, Soils and Foundations, Vol.36, No.4, pp.1-9, 1996. 5) Creager, W. P., Justin, J. D., and Hinds, J. Engineering for Dams, Vol. III, Earth, Rock-fill, Steel and Timber dams, John Wiley & Sons, Inc., N.Y., pp.645-649,1945. 6) 原昌弘，庄司学：東北地方太平洋沖地震で被災した下水道埋設管路網・敷設下の工学的基盤相当に作用した地震波に関する一考察，日本地震工学会・大会―2015 梗概集，P4-11(CD-ROM)，2015.