

1994年北海道東方沖地震による下水道被害に関する検討

金沢大学大学院	村田 晶
金沢大学工学部	正会員 宮島 昌克
福井高等専門学校	正会員 吉田 雅穂
金沢大学工学部	正会員 北浦 勝

1. はじめに

1994年10月4日に発生した北海道東方沖地震において、構造物被害、港湾被害などの他に、下水マンホールの浮上、下水道管周辺の地盤変状が顕著に見られ、道東の2市9町で下水道施設の被害が報告されている。

そこで本研究では、現地調査により得られた下水道施設の被害状況を報告するとともに、特に大きな被害が見られた標津町の下水道周辺地盤の地盤応答解析を実施し、被害原因について検討を加えた。

2. 下水道被害の概要¹⁾

今回の地震においては、各地で下水マンホールの抜け上がりが見られた。しかし、同時に污水管渠埋設部分の沈下も見られ、マンホール周辺の地盤が沈下している場合が多いため、周辺地盤が沈下してマンホールが浮き上がっているのか、マンホール自身が浮上したのか明らかなでない場合が多かった。本論文では、特に被害の大きかった、標津町の下水道管路について概要を報告する。

標津町の下水道管路は $\phi 250$ mmの塩化ビニル管からなっており、敷設延長は19.2 kmである。また、マンホールには1号マンホールを用いている。管路の埋設深さは2 m~7.5 mである。今回の地震においては、そのうち敷設延長の約65%にあたる12.7 kmが被災した。マンホールの抜け上がりも見られたが、その相当数については周辺地盤が沈下したことに対する相対的な浮上であるとみられる。一例として、標津町の北端部に当たる新川上町の563.5 mの区間においてマンホールの浮上量及び周辺地盤の沈下量をレベル測量した結果をFig. 1 に示す。調査マンホールは18カ所であり、同図によれば、マンホールの浮上が0~20 cm、周辺地盤の沈下量が10~50 cmとなっており、地盤沈下の方が卓越していると言える。これらのマンホールの浮上の原因としては、マンホールを埋設する際の埋め戻し砂が液状化したためであると考えられる。その理由としては、地下水位が浅かったこと、埋め戻し砂の周辺は非常に軟弱な泥炭層で囲まれているため、地震時に埋め戻し砂のせん断ひずみが大きくなったこと、などが考えられる。

なお、標津町の下水道管路の周辺地盤の概略は以下のようにになっている。表層には数10 cmの表土層があり、その下には数10 cm~5 m以上の厚さの泥炭層がある。また、泥炭層は砂質土層、粘性土層と互層になっていることが多い。泥炭層のN値については非常に小さく、 $N=1\sim3$ 位である。その下には砂質土層あるいは粘性土層、レキ質土層、その下の凝灰質砂などの火山灰質土層に続いている。火山灰質土層のN値は、概ね $N=10\sim40$ 程度である。

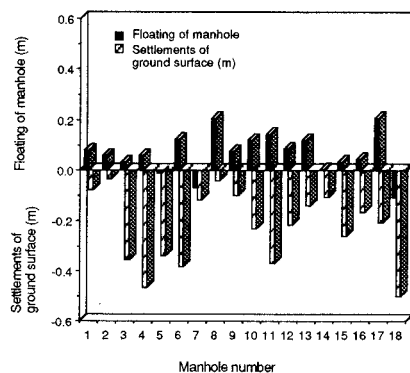


Fig. 1 Relationship between floating of manhole and settlement of ground surface at Sinkawakami-chou.

3. 地盤応答解析

(1) 解析モデル

解析モデルとして用いた地盤データとしては、埋め戻し砂による液状化被害が確認された標津町新川上町における既存のボーリング資料を用いた。土質定数については、道路橋示方書²⁾に示されている土質分類に対する概略値を用い、透水係数については一般的な値³⁾を用いた。ただし、埋め戻し砂の透水係数については施工時に圧密されることを考慮して、一般的な値の10倍に設定した。泥炭の土質定数については北海道の泥炭の平均的な値を用いた^{4), 5)}。泥炭層の上位に存在する腐植土については、工学的性質としては泥炭に近いものと考えられるので泥炭と同様な土質定数とした。また、浮き石混じり砂については文献⁶⁾を参考に値を設定した。基盤入力地震動波形につ

いては、デジタルデータが入手できなかったため、文献⁷⁾を参考に地表面上で最大加速度が350 gal になるように補正した釧路沖地震における入力地震動波形データを使用した。

以上の値を使用して作成した解析モデルは、原地盤モデル (model - 1)、埋め戻し砂を考慮したモデル (model - 2) の2種類を設定した。解析手法については、過剰間隙水圧の発生・消散を考慮したFEM解析⁸⁾を用いた。なお、解析に用いた有限要素メッシュをFig. 2 に示す。今回の解析では下水道管上部の要素9 (0.5~1.5m)、要素15 (1.5~2.5m)、要素21 (2.5~3.0m)、要素27 (3.0~4.0m)、下水道管下部の要素33 (4.0~5.0m) における過剰間隙水圧比について考察する。また、model - 1 において道路橋示方書による方法 (case-1)、全応力解析で求められるせん断力を用いる方法 (case-2) による液状化判定も行い検討した。

(2) 考察

model-1, model-2の解析結果をFig. 3, Fig. 4 に示す。また、case-1, case-2 について液状化判定した結果をFig. 5 に示す。model - 1の解析結果より、原地盤で液状化が発生するのは、深さ2.5 mからマンホールの底部に当たる 5mまでの層であると考えられる。これをFig. 5 に示す液状化判定結果と比較すると、過剰間隙水圧比が1.0となる要素21, 27, 33については、 F_L 値が1を下回っていることから、解析結果と液状化判定の対応は良いと言える。model - 2においては、Fig. 4 よりmodel-1と同様の深さにおいて埋め戻し砂の液状化が認められる。このときの埋め戻し砂の N 値は $N=2$ と非常に小さい。今後解析を進めるに当たっては、さらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 北浦勝・宮島昌克・池本敏和・吉田雅穂：1994年10月4日北海道東方沖地震調査速報，1994.11.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書，同解説V耐震設計編，p.34, 38, 42, 114, 1990.
- 3) 土質工学会：土質工学ハンドブック，pp.68~70, 1982.
- 4) 能登繁幸・神谷光彦：2. 北海道の土質2. 北海道の泥炭地盤，土と基礎，37-9 (380)，pp.20~23, 1989.9.
- 5) 三田地利之・池浦勲：北海道の土質工学的特徴，土と基礎，37-9 (380)，pp.3~6, 1989.9.
- 6) 若松幹男・近藤務：2. 北海道の土質3. 北海道の火山灰質土，土と基礎，37-9 (380)，pp.24~29, 1989.9.
- 7) 森伸一郎・三輪滋・沼田淳紀：1994年北海道東方沖地震による標津町下水道管路の被害と復旧工事に関する検討書，1994.10.
- 8) Kitaura, M., Miyajima, M. and Suzuki, H.: Response Analysis of Buried Pipelines Considering Rise of Ground Water Table in Liquefaction Processes, Proc. of JSCE, Structural Engineering/Earthquake Engineering, No.380/1-7, pp.173-180, 1987.4.

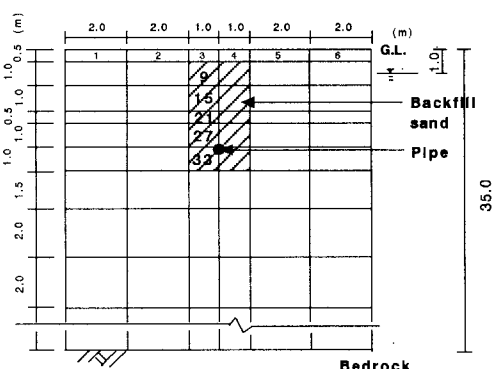


Fig. 2 Finite elements of the model ground.

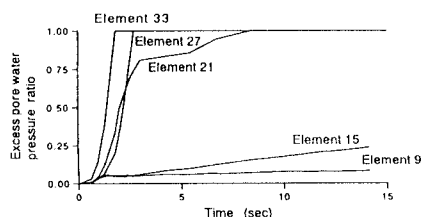


Fig. 3 Time histories of excess pore water pressure ratio (model-1)

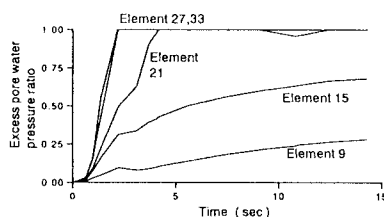


Fig. 4 Time histories of excess pore water pressure ratio (model-2)

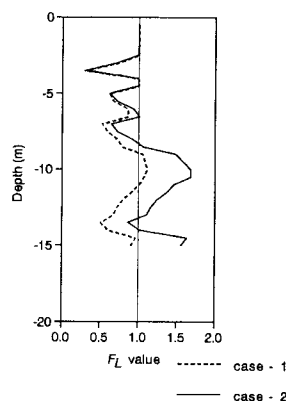


Fig. 5 Distribution of F_L value