

III-325

釧路沖地震時のグラベルドレーン工法の液状化対策効果

福井工業高等専門学校 正会員 ○吉田雅穂
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. はじめに

1993年1月15日に発生した釧路沖地震($M=7.8$)では、釧路市の港湾地区を中心に多数の液状化被害が発生した。一方、サンドコンパクション工法やグラベルドレーン工法による液状化対策が施工されていた地点では、無対策地点と比較して被害は非常に軽微なものであった。サンドコンパクション工法に関しては実地震に対する液状化対策効果がこれまでも確認されているが、グラベルドレーン工法に関しては、今回が強大地震を経験した初めての地震であった。

本研究では、グラベルドレーン工法が施工されていた釧路港西港区第1埠頭を対象として、現地調査等より得られた埠頭の被害状況や数値解析より得られた過剰間隙水圧の発生状況等から、釧路沖地震時のグラベルドレーン工法の液状化対策効果を検討することを目的としている。

2. 対策効果の状況^{1),2)}

第1埠頭では平成元年に南側-12.0m岸壁の地点において液状化対策が施工された。岸壁は鋼管矢板式岸壁であり、岸壁近傍は既設構造物への悪影響の少ないグラベルドレーン工法が適用され、その背面にはサンドコンパクション工法が適用されている。現地調査によれば対策地点では地盤沈下等の被害は全く見られなかったが、対策部背面のオープンヤードで路盤の亀裂や隆起が一部見られた。一方、第2埠頭南側-12.0m岸壁はケーソン岸壁であるが、ここでは液状化対策が施工されておらず、液状化による地盤沈下によってケーソン境界部において数十cmの大きな断差が生じていた。したがって、第1埠頭において液状化対策効果が発揮されたものと考えられる。

3. 対策効果の検討

図1に示す第1埠頭のボーリングデータを元に、道路橋示方書の手法³⁾により地震加速度ごとの液状化に対する抵抗率 F_L を求めた。図2にその分布を示す。100galの場合には F_L は1を下回らず液状化の危険性は少ないが、200galになると深度5m付近と17m付近で F_L が1を下回り、300gal以上では深度20mまで全層に渡って液状化する可能性のあることを示している。第1埠頭の近くに位置する釧路港湾建設事務所で観測された地表の最大水平加速度は約470galであったが、このような液状化の可能性の高い地盤に大きな加速度が作用したにも関わらず被害が軽微であったことから、

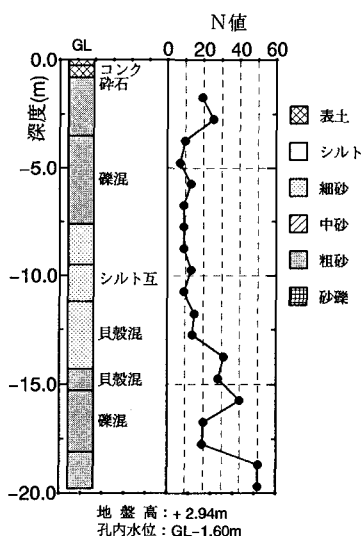
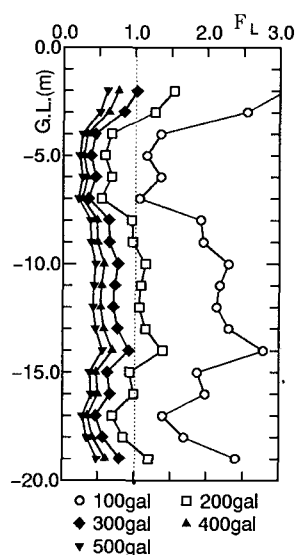


図1 ボーリングデータ

図2 F_L の分布

本工法の液状化対策効果が発揮されたことが分かる。

第1埠頭のグラベルドレーン工法施工地盤をモデル化し、釧路沖地震時の過剰間隙水圧の発生状況を数値解析して、本工法の液状化対策効果について検討を行った。解析には二次元全応力解析プログラムGADFLEA⁴⁾を用いた。図3は地盤の有限要素モデルであり、3層で構成されている。地表より、第1層はN値10の粗砂（ $k_s=0.0055\text{m/s}$, $m_v=0.0012\text{m}^2/\text{tf}$, $D_r=65\%$, $N_f=10$ ）、第2層はN値20の細砂（ $k_s=0.000075\text{m/s}$, $m_v=0.0008\text{m}^2/\text{tf}$, $D_r=70\%$, $N_f=20$ ）、第3層はN値50の粗砂（ $k_s=0.0055\text{m/s}$, $m_v=0.0004\text{m}^2/\text{tf}$, $D_r=95\%$, $N_f=15$ ）である。グラベルドレーンは直径400mm、打設間隔1.5m、最大打設長13.5mで6号碎石（ $k_g=0.1\text{m/s}$, $m_v=0.000075\text{m}^2/\text{tf}$, $D_r=70\%$, $N_f=2000$ ）とした。グラベルマットは厚さ0.3mであり、地下水位面は地表である。入力地震動（ $N_{eq}=17.7$, $t_d=11.8\text{s}$ ）は釧路沖地震のマグニチュードより算定した^{5), 6)}。

図4は過剰間隙水圧比の分布であり、対策前（図(a)）と対策後（図(b)）の地盤について地震動開始10秒後の結果を示している。対策前では、地盤全体が高い過剰間隙水圧比となっているのに対し、対策後ではグラベルドレーン内部、またその周辺部での過剰間隙水圧比の抑制が顕著に見られる。特にグラベルドレーンの打設深度が浅では、改良範囲内で過剰間隙水圧比が大きく抑制されており、約0.3以下にまで低下している。設計における許容過剰間隙水圧比は0.25であり⁶⁾ 比較的良く対応している。また、この場合のグラベルドレーンの有効円半径は約0.8mであるが、改良範囲外でもその効果が現れていることが分かる。

4. おわりに

以上、釧路沖地震時のグラベルドレーン工法の液状化対策効果に関して、現地調査及び数値解析より検討を行った。その結果、液状化対策を施工した地点では港湾施設の顕著な被害は確認できず、数値解析においてもグラベルドレーン打設地点での過剰間隙水圧の抑制効果が見られたことから、本工法の液状化対策効果が実証されたものと考えられる。

参考文献

- 1) 吉田雅穂・宮島昌克・北浦 勝・池本敏和：釧路沖地震による地盤液状化と構造物被害，第28回土質工学研究発表会発表講演集，2分冊の1，pp.1099-1100，1993。
- 2) グラベルドレーン工法研究会：平成5年釧路沖地震被害調査報告書（速報），1993。
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（V耐震設計編），1990。
- 4) Booker, J. R., Rahman, M. S. and Seed, H. B.: GADFLEA - A Computer Program for the Analysis of Pore Pressure Generation and Dissipation during Cyclic or Earthquake Loading, EERC 76-24, 1976。
- 5) 運輸省港湾局：埋立地の液状化対策ハンドブック，（財）沿岸開発技術研究センター，1993。
- 6) 伊藤文彦・市来隆・山田博人：釧路港液状化対策工事について－西港第1埠頭-12m岸壁改良の設計・施工－，第33回北海道開発局技術研究発表会講演概要集(4)，pp.339-344，1989。

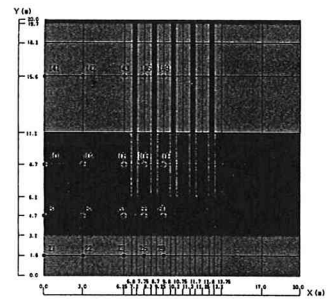
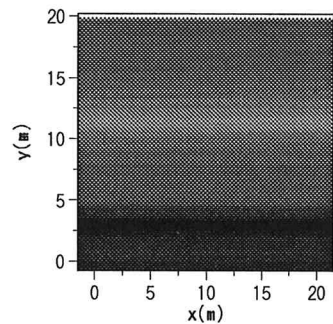
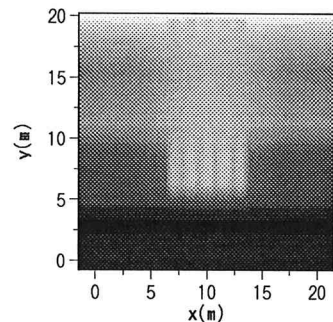


図3 地盤モデル



(a) 対策前



(b) 対策後

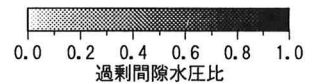


図4 過剰間隙水圧比の分布