

京都大学工学部 学生員 ○浅井 良太
京都大学大学院 フェロー会員 岡 二三生
京都大学大学院 学生員 小谷 優佳

1. はじめに

開削工法を用いて建設する半地下道路が、都市部の再開発として注目を集めている¹⁾。掘割道路と呼ばれ埋め戻しを行う場合も埋め戻しを行わない場合もある。しかし、液状化地盤における挙動は十分把握できているとは言えず、構造物及び周辺地盤の動的挙動の解明が課題とされている。そこで、鋼管矢板本体利用型半地下道路について、鋼管矢板の長さ、埋め戻しの有無に着目し、動的有効応力解析を行い液状化時挙動の比較検討を行った。

2. 解析条件

図1に示すように、幅30m 高さ8mであり、頂版及び底版の厚み1.4m、中壁の厚み0.8m、側壁の厚み(鋼管矢板)1.0mとなる半地下道路を想定した。解析地盤は中密砂層(液状化層)、粘土層(非液状化層)の2層構造で関西地域の典型的な地盤をモデル化したものである。地盤のパラメータを表1に示す²⁾。地下水位は地表より2mとした。解析地盤モデルを図2に示す。ただし、埋め戻しを行わないモデルでは半地下道路本体部分下部のみ地下水位を地表より13mとした。鋼管矢板は非充填鋼管矢板とした。構造物のパラメータを表2に示す。埋め戻しを行う場合、矢板の長さは、半地下道路本体に最低必要な8m、液状化層の途中まで貫入する23m、非液状化層まで貫入する29mの3モデルで解析を行った。また埋め戻しを行わない場合、矢板23m、矢板29mの2モデルで解析を行った。入力地震動は兵庫県南部地震時ポートアイランド G.L.= -83m 観測波のNS成分($\Delta t=0.01$ 、20sec)を用いた。解析コードはLIQCA2D01を用いた³⁾。

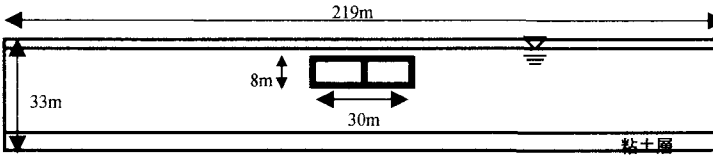


図2 解析地盤モデル

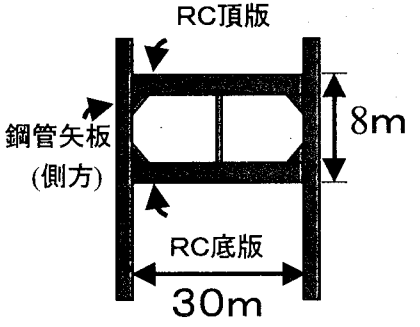


図1 半地下道路断面モデル図

表1 地盤のパラメータ

パラメータ	中密砂	粘土
初期間隙比	e_0 0.8	1.4
圧縮係数	λ 0.003	0.1
膨潤指数	κ 0.002	0.02
初期せん断係数比	G_0/σ'_{v0} 343.5	132.2
透水係数	$k(m/s)$ 3.00×10^{-5}	1.00×10^{-9}
ヤング係数	$E_0(kN/m^2)$ 4.669×10^4	3.564×10^4
静止土圧係数	K_0 0.5	0.5
ポアソン比	ν 0.3	0.3
内部摩擦角	$\phi(^{\circ})$ 30	39.3
粘着力	$c(kN/m^2)$ 0.0	0.0
せん断弾性波速度	$V_s(m/s)$ 134	127
破壊応力比	M^*_r 1.0	1.0
変相応力比	M^*_n 0.8	1.28
硬化関数/パラメータ	B_0 4000	500
硬化関数/パラメータ	B_1 40	50
硬化関数/パラメータ	C_1 0.0	0
水の体積弾性係数	K_f 2.0×10^5	2.0×10^5
擬似過圧密比	OCR 1.2	1.2
異方性消失のパラメータ	C_d 2000	
ダイレイタンス係数	D_0 1.0	
ダイレイタンス係数	n 2.0	
塑性基準ひずみ	γ^{ps} 0.003	
粘塑性パラメータ	$C_{p1}(1/s)$	5.5×10^{-6}
粘塑性パラメータ	$C_{p2}(1/s)$	7.8×10^{-7}
粘塑性パラメータ	m_0	14.0
ϕ_1 に対するパラメータ	G_2	9139.8
湿潤密度	$\rho(g/cm^3)$ 2.0	1.7

表2 構造物のパラメータ

パラメータ	非充填鋼管	頂版	底版	中壁
ヤング係数	$E(kN/m^2)$ 2.0×10^8	5.51×10^7	5.77×10^7	3.56×10^7
断面積	$A(m^2)$ 0.0434	1.4	1.4	0.8
断面2次モーメント	$I(m^4)$ 5.27×10^{-3}	2.29×10^{-1}	2.29×10^{-1}	4.27×10^{-2}
密度	$\rho(t/m^3)$ 7.85	2.5	2.5	2.5
第一降伏モーメント	M/f_1 1.0×10^{10}	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}
第二降伏モーメント	M/f_2 1.0×10^{10}	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}
第一降伏後の剛性低下係数	a_1 0.0	0.0	0.0	0.0
第二降伏後の剛性低下係数	a_2 0.0	0.0	0.0	0.0
引っ張り降伏強度	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}	1.0×10^{10}
引っ張り降伏後の剛性低下係数	0.0	0.0	0.0	0.0

3. 初期応力解析

半地下道路建設後の地盤内の応力状態を再現するためには、建設工法に即した初期応力解析を行う必要がある。まず原

地盤の応力状態を求め、その結果をもとに掘削後の状態を求めた。さらにその結果をもとに半地下道路建設、埋め戻し後の応力状態を求めこれを半地下道路建設後の初期応力とした。

4. 解析結果

全てのモデルで液状化が発生しており、半地下道路より下の部分も液状化が起こった。半地下道路本体の重量がもとの地盤に比べて小さいために、半地下道路本体下部は周りの部分より過剰間隙水圧が小さな値となった。しかし過剰間隙水圧が小さな値であっても決して安全であるわけではなく、初期平均有効応力も小さいため液状化が発生した。初期平均有効応力が半地下道路本体下部で周りの地盤より小さいことにより、地震時に過剰間隙水圧が上昇し始めると水平方向全応力の大きい側方地盤が、水平方向全応力の小さい半地下道路本体下部へ回り込む。液状化を防ぐことが難しいとすれば、たとえ液状化しても構造物の変位を最小限に食い止めることが重要となる。

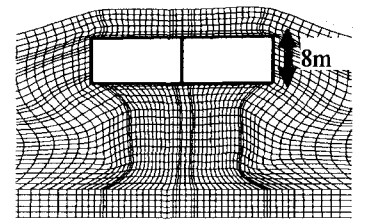
全てのモデル共通して、1 に近いほど液状化に近づいている事を表す相対有効応力減少比[$1 - (\text{平均有効応力}) / (\text{初期平均有効応力})$]の分布図を見ると、砂地盤がほぼ全体で液状化していることがわかる。図 3(a)に示すダクトのみのモデルの解析結果では、周囲の地盤から半地下道路下部へ大きく回り込みが起き 39cm の大きな浮き上がりとなった様子がわかる。図 3(b)に示す矢板が 23m のモデルの解析結果では、矢板の下端より下の部分で大きな回り込みが起きており、鋼管矢板そのものも半地下道路下部内側へ曲げられている。ダクトのみのモデルよりは浮き上がりが少ないものの 14cm の浮き上がりとなった。図 3(c)に示す矢板が 29m のモデルでは大きな回り込みは起きておらず、矢板が回り込みを抑えている様子がわかる。浮き上がりも 2cm と小さな値となった。埋め戻しを行わないモデルについても、定性的には、同じような傾向であった。図 3(d)に示す矢板の長さが 23m のモデルでは 20cm 浮き上がり、図 3(e)に示す矢板の長さが 29m のモデルでは 4cm の浮きあがりとなった。

5. まとめ

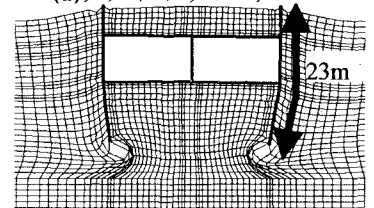
鋼管矢板を非液状化層まで貫入（矢板の長さ 29m）すれば、埋め戻しを行う場合も埋め戻しを行わない場合も浮き上がりは数 cm オーダーとなった。また埋め戻しを行う場合と埋め戻しを行わない場合では定性的に大きな違いは見られなかった。この結果埋め戻しの有無よりも矢板の長さが浮き上がり量の重要な要素となることが確認された。

参考文献

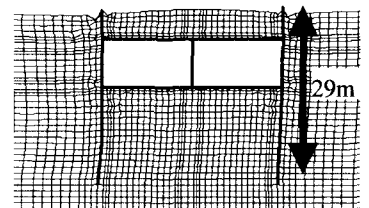
- 1) 半地下道路の研究小委員会：JSSC「半地下道路の研究小委員会」資料, 2003.
- 2) Oka, F., Yashima, A., Tateishi, A., Taguchi, Y. and Yamashita, S. : A cyclic elastoplastic constitutive model for sand considering a plastic strain dependency of the shear modulus, Geotechnique, Vol.49, No.5, pp. 661-680, 1999. 3) 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ(代表 岡二三生)：LIQCA2D01(2001 年公開版)資料, 2002.



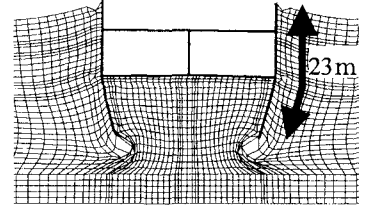
(a)ダクトのみのモデル



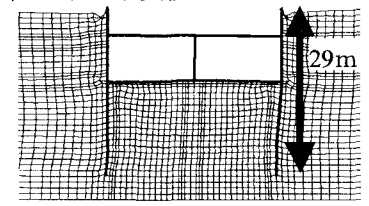
(b)矢板が 23m のモデル



(c)矢板が 29m のモデル



(d)埋め戻さず矢板が 23m のモデル



(e)埋め戻さず矢板が 29m のモデル

0.0 0.3 0.5 0.8 1.0
図3 変形図(変位 10 倍)と相対有効
応力減少比の分布図(地震終了時)