

波浪による岸壁裏埋め砂の吸い出し解析

東亜建設工業(株) 正会員 ○大野康年
 京都大学大学院 フェロー会員 岡二三生
 名城大学 正会員 小高猛司

1. はじめに

著者らは特殊シリカ液を用いた地盤改良技術の研究に取り組んでいる。本技術を岸壁・護岸裏埋め土砂の吸い出し防止に適用する場合、その改良層厚・強度の設定が本技術の有用性・経済性に大きく影響する。著者らは既に本技術を用いた吸い出し防止法に関して耐用年数を考慮した改良層厚・強度の設定法¹⁾を提案し、その結果に基づいて現地試験工事²⁾を実施している。本論文では、現地試験工事²⁾を対象に岸壁背面地盤に波浪による浸透力が繰返し作用した場合の液状化による破壊を有限要素法によって解析した結果について報告する。解析に用いた手法は改良砂の繰返し弾塑性構成式³⁾を液状化解析法 LIQCA-2D04⁴⁾に導入したものである。

2. 解析条件

図1に現地試験工事²⁾における改良断面を示す。改良は裏込め石背面に沿って特殊シリカ液を浸透注入し、改良砂による難透水層を形成している。

解析ケースは裏込め背面に特殊シリカ液による吸い出し防止を実施しない未改良ケースと実施した改良ケースの2ケースとした。解析に用いた FEM モデルを図2に示す。

解析モデルの底面は XY 方向固定境界とし、左右は X 方

向固定、Y 方向自由境界とした。埋立て砂地盤の残留水位は DL+2.0m と固定し、この面を排水境界とし、モデルの左右端は埋立て砂部を排水境界、粘土部を非排水境界とした。本解析では現地試験工事にて実施した水位観測結果からケーソン前面の海底面と裏込め石内とで水圧の変動がほぼ等しくなっていることを考慮し、波浪による変動水圧をケーソン前面の海底面および裏込め石内の間隙水圧計設置面に作用させる。作用させる変動水圧は、波高 $H=2.0\text{m}$ 、周期 $T=6$ 秒、反射率 $Kr=0.9$ の重複波である。図3に海底面における1周期あたりの変動水圧波形を示す。解析ではこの変動水圧を 30 回連続して作用させた。

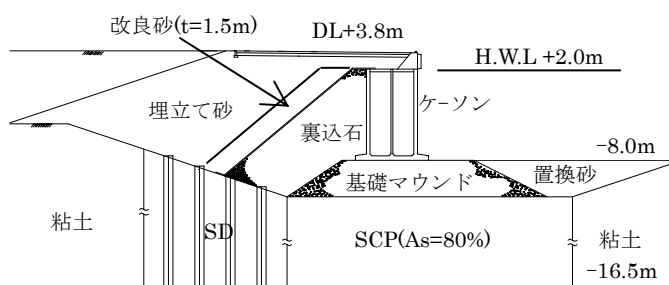


図1 改良断面

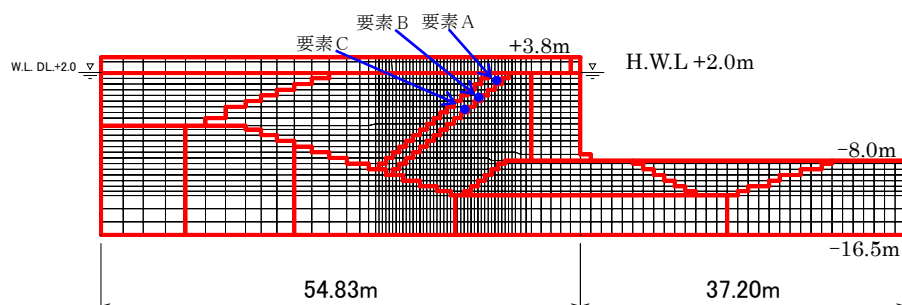


図2 FEM モデル

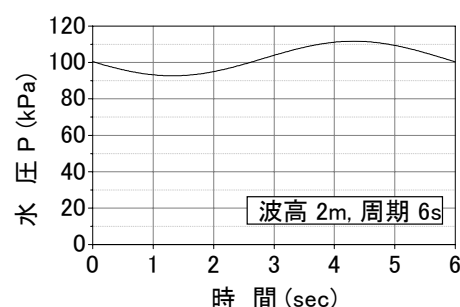


図3 変動水圧波形(海底面)

表1に解析に使用した材料パラメータを示す。解析では埋立て砂、置換砂、粘土、裏込め石、基礎マウンドには砂の繰返し弾塑性モデル⁵⁾を適用し、改良砂には改良砂の繰返し弾塑性モデル³⁾を適用した。また、ケーソンは弾性体とした。埋立て砂と置換砂の材料パラメータは岸壁建設時に同じ浚渫土砂を使用したことから同じとし、裏込め石、基礎マウンドの材料パラメータも琉球石灰岩が使用されていることから同じとした。

キーワード 吸い出し, 構成式, 特殊シリカ液, 浸透注入改良砂, 地盤改良

連絡先 〒102-8451 東京都千代田区四番町 5 東亜建設工業(株)土木本部防災技術室 TEL 03-3230-2419

3. 解析結果

図4に未改良および改良時の変動水圧作用後の相対平均有効応力減少比の分布図を示す．なお，相対平均有効応力減少比は式1にて算定される．

(相対平均有効応力減少比)= $1-\sigma'_m/\sigma'_{m0}$ (1)

ここで， σ'_m :平均有効応力, σ'_{m0} :初期平均有効応力
未改良時には裏込石上部近傍の埋立て砂にて液状化に至っている領域がみられる．したがって，裏込め石背面に敷設された防砂シートに破損(破れ)がある場合，防砂シート破損部より背面埋立て砂が吸い出されることを示している．一方，改良時には，埋立て砂が液状化している箇所は見あたらず，相対有効応力減少比も 0.3 以下に抑えられている．これは，吸い出し対策として形成された改良砂の効果が得られていることを示すものである．また，改良砂にも液状化に至っている箇所は見あたらぬ．裏込石背面埋立て砂の要素出力点 A, B(図2参照)の相対平均有効応力減少比の時刻歴を図5に示す．未改良には変動水圧の作用時間に伴い相対平均有効応力減少比が 0.95 に達しているが，改良時には相対平均有効応力減少比の顕著な増加は見られない．また，未改良時の変動水圧の作用時間に伴う相対平均有効応力減少比の増加は浅い層ほど大きく，浅い層ほど液状化に至っている領域が多い．

4. まとめ

現地試験工事を対象に岸壁背面地盤に波浪による浸透力が繰返し作用した場合の液状化による破壊を有限要素法によって解析することで本技術の吸い出し防止に対する有効性について検討した．検討の結果，未改良時には液状化に至っていた裏埋め砂が，改良時には液状化に至っておらず，裏埋め土砂の吸い出し防止法として本技術が有効であることがわかった．

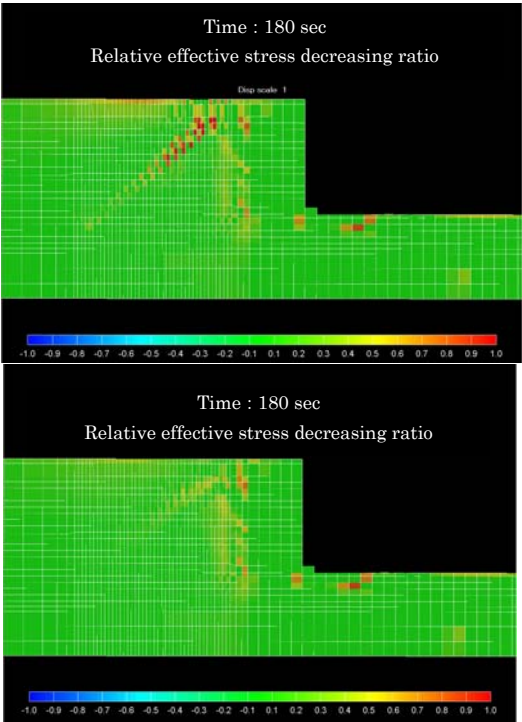
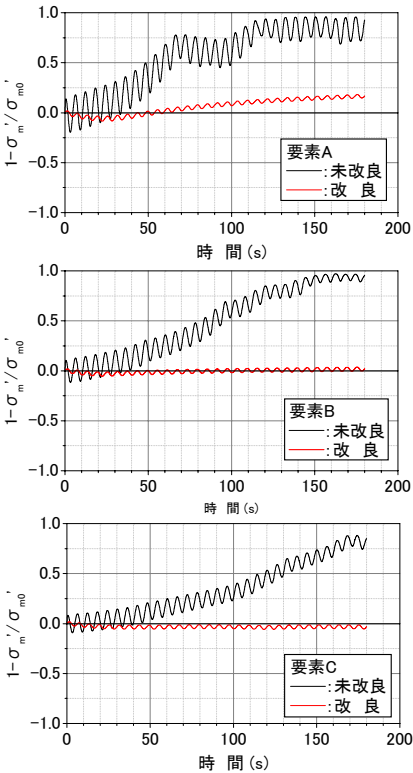


表1 材料パラメータ

地盤材料	埋立て砂 置換砂	改良砂	粘土	SD	SCP	裏込・基礎石
e_0	1.526	1.526	1.300	1.300	0.600	0.400
λ	0.025	0.025	0.206	0.206	0.041	0.010
κ	0.0025	0.0025	0.005	0.005	0.0005	0.0003
G_0/σ'_m	600	600	255	255	1100	2094
M_m^*	0.895	0.895	1.015	1.015	0.909	0.909
M_c^*	1.195	1.195	1.015	1.015	1.336	1.336
B_p^*	4500	4500	3000	3000	8000	5000
B_s^*	50	10	300	300	800	2000
C_f	1200	100	2000	2000	2000	2000
OCR^*	1.4	1.4	1.0	1.0	1.0	1.0
D_n^*	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
n	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
γ_{ref}^p	0.005	0.005	∞	∞	∞	∞
γ_{ref}^e	0.080	0.080	∞	∞	∞	∞
b	—	10.88	—	—	—	—
α_1	—	5.0	—	—	—	—
α_2	—	5.0	—	—	—	—
ν	0.25	0.25	0.27	0.27	0.35	0.30
k (m/s)	1.00E-04	1.20E-06	6.90E-07	—	—	1.00E-02
ρ_s (g/cm ³)	1.652	1.652	1.650	1.650	1.800	2.000

※ケーソン：E=1.05E+07kPa， ν =0.167



参考文献 1) 大野康年, 岡二 三生, 小高猛司:薬液浸透注入を用いた土の吸い出し防止法における改良強度・層厚決定法, 第 41 回地盤工学研究発表会講演集, 2006. 2) 照屋義昭, 平良聡, 大野康年, 高木幸二, 一野武史:多点浸透注入工法による岸壁背面砂地盤の吸い出し対策例, 第 40 回地盤工学研究発表会講演集, pp2469-2470, 2005. 3) Kodaka, T., Oka, F., Ohno, Y., Takyu, T. and Yamasaki, N.: Modeling of cyclic deformation and strength characteristics of silica treated sand, Geomechanics Testing, Modeling, and Simulation, ASCE, Geotechnical Special Publication No.143, pp.205-216, 2005. 4) 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ(代表 岡二三生):LIQCA2D04(2004 年公開版)資料,2004. 5) Oka,F.,Yashima,A.,Taguchi,Y.,Yamashita,S. :A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic strain dependence of the shear modulus, Géotechnique, 49(5), pp.661-680,1999.

図 4 相対平均有効応力減少比分布 (t=180sec 上段:未改良, 下段:改良)

図 5 相対平均有効応力減少比時刻歴