港内埋立て工事における 3 次元圧密解析

若築建設(株)　橋田龍二
若築建設(株)　山田悦治
(株)ハイドロ総合技術研究所　李　玟選
(株)ハイドロ総合技術研究所　正会員○　森田修二

1．はじめに

本報告では，大阪港北港南地区航路(-16m)附帯施設護岸(2)余水吐等工事（第 2 工区）における護岸(2)の基礎埋立て工事について実施した 3 次元圧密沈下解析の結果を報告する．圧密解析の構成則には関口・太田モデルを用いた．施工過程に応じた海底地盤の変位について計測結果で検証することで解析精度の向上を図り施工管理に役立てた．施工前の解析と着工 4 か月後の再検証を実施しており，今回は施工完了後の再現解析の結果について報告する．解析結果による 300 日後の最大沈下量は 220cm，捨石法尻の最大水平変位は 20cm となった．沈下量と法尻水平変位から算定される安定管理図では，要注意域には至らず安全に施工ができたと考えられる．なお，解析には地盤解析プログラム FEAST（JIP テクノサイエス）を用いた．

2．工事の概要

図-1 と**図-2** には対象地の平面図と標準断面図を示す．断面図の青色部分が今回の埋立て工事の範囲である．埋立ては高さ約 7m×幅約 40m，延長距離は約 320m，捨石による埋立て数量は約 72,000m^3 である．直下に軟弱な粘土層（Acu，Acd，Acs）が深度方向に約 30m 分布しており，地盤改良（SCP，SD）が施工済みである．施工期間は 2021 年 6 月から 12 月までの約 6 か月の工事であった．平面図の Y=217m 断面の港内側と港外側に水圧式沈下計と多段式傾斜計による沈下量と水平変位の計測を実施しており，変位計測しながら施工管理を行っている．施工前には施工済みの隣接工区の施工実績と計測結果に基づいた事前の 3 次元圧密解析を実施しており，施工計画に特に問題がないか検証を行った．また，着工後 4 か月の時点で計測値との比較検証を行い，地盤物性値を見直した再現解析を実施したうえで施工改良までの再検証を行った．

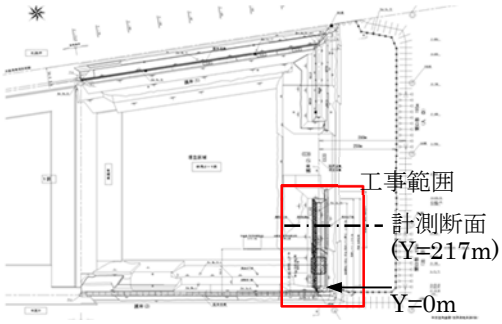

図-1　対象地の平面図

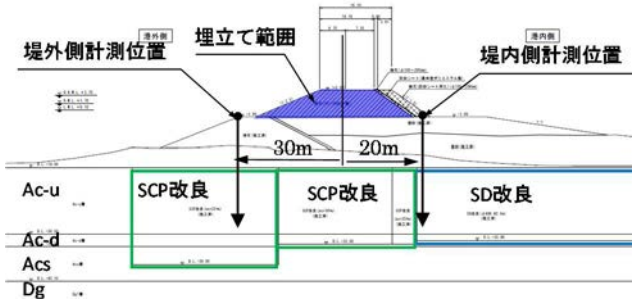

図-2　標準断面図

3．圧密試験の要素シミュレーション

現地で採取した粘土試料の標準圧密試験を実施しており，関口・太田モデル[1)]による要素シミュレーションを実施して弾塑性パラメータを設定した．一方，直下の粘土層は地盤改良を実施しているので，圧縮指数と膨潤指数を低減させることで現地の予測解析を実施した．なお，事前解析では隣接工区の実績値を参考に低減量を設定した．

図-3 には，Acu 層の要素シミュレーションの結果を示す．深度ごとの試料（T1～T11）について実施している．圧密試験の結果から，T1～T7 と T9，T11 の 3 種類に分類した．

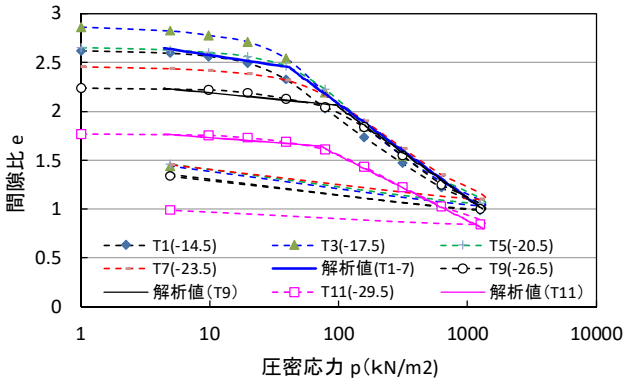

図-3　要素シミュレーション（Acu 層）

キーワード：港内埋立て，圧密沈下，関口・太田モデル，3 次元解析
連絡先：〒530-6126　大阪市北区中之島 3-3-23（株)ハイドロ総合技術研究所 森田修二 TEL:06-6479-3815

© Japan Society of Civil Engineers

表-1　粘土層の弾塑性パラメータ

記号	深度(m)	圧縮指数 λ	膨潤指数 κ	先行圧縮荷重 P(kPa)	破壊応力比 M	初期間隙比 e_0	単位体積重量 γ (kN/m³)
Acu	-14～-25 (T1-T7)	0.5	0.08	47	1.5	2.6	14
	～-28(T9)	0.6	0.05	102	1.5	2.2	14
	～-30.5(T11)	0.4	0.04	83	1.5	1.8	14
Acd	～-33.5	0.35	0.03	136	1.5	1.4	16
Acs	～-42.1	0.3	0.03	245	1.5	1.3	17
SCP（港内）		0.75	0.12	47	1.5	2.6	14
SCP（港外）		0.2	0.03	47	1.5	2.6	14
SD		0.18	0.03	47	1.5	2.6	14

Acd 層と Acs 層の圧密曲線は省略するが，**表-1** に要素シミュレーションで設定した弾塑性パラメータを示す．地盤改良層（SCP と SD）の物性値は現地の再現解析で決定した．

4．施工時のシミュレーション

図-4 に 3 次元解析に用いた解析モデルを示す．埋立て計画断面図と海底面の深浅測量の結果を基に解析モデルを作成した．護岸の横断方向には 200m，縦断方向には 400m，深度方向には DG 層の上部（深度-50m）までを解析領域とした．施工では，**図-4** に示すように延長方向に 3 ブロックに区分して一様に埋立てる計画である．再現解析では埋立て工程に合わせた段階施工解析を実施した．**表-1** 以外の地盤物性値は現地の土質調査資料等によって設定している．

図-5 と**図-6** に計測断面の堤内と堤外（**図-1** の Y =217m，**図-2** の左が堤外）の沈下量と水平変位の計測値と再現解析の結果の比較を示す．解析の沈下量は，先行する隣接ブロックの埋立て荷重で浮き上がる挙動など，計測値との差違も見られる．計測では，堤外側の沈下量に比べて堤内側の沈下量が 2 倍程度に大きい．再現解析では堤内側の圧縮指数や膨潤指数を大きく，堤外側では逆に小さくして堤内と堤外の差違を再現した．水平変位は深度-26m 地点からの相対変位で港内方向を正で表示している．海底面付近は護岸の外向きに変位しており，計測値は解析値に比べてかなり小さい．

図-7 に解析結果の松尾・川村 [2] の安定管理図を示す．凡例の Y=30～280(m)は断面ごとの結果である．全ての断面で要注意域（p_j/p_f=0.8）には指向せず安定した結果となった．

5．あとがき

施工過程を考慮した 3 次元解析を行い，埋立て工事の進捗に応じた海底地盤の沈下や側方変位の評価を行った．計測値による検証は限られたものであるが，解析的には安定管理図などで安全な施工が確認できた．圧密の弾塑性パラメータの検証には課題はあるが，一定の評価はできたと考えている．

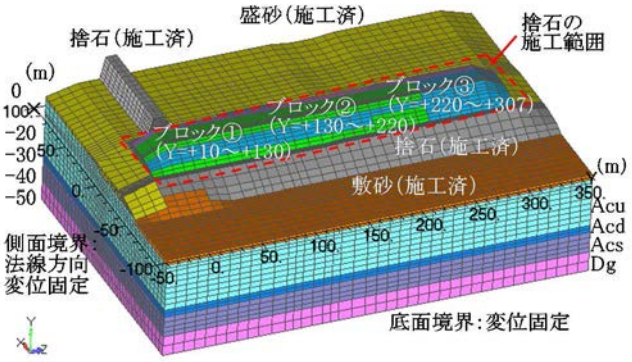

図-4　3 次元解析のモデル

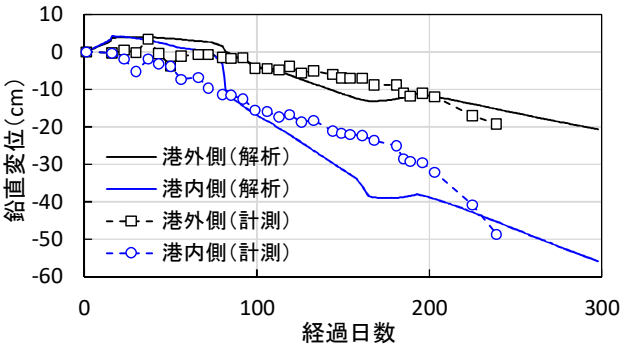

図-5　計測位置における沈下量の比較

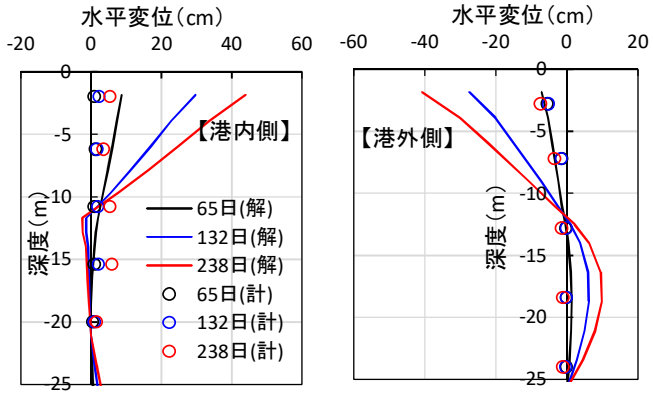

図-6　計測位置における水平変位の比較

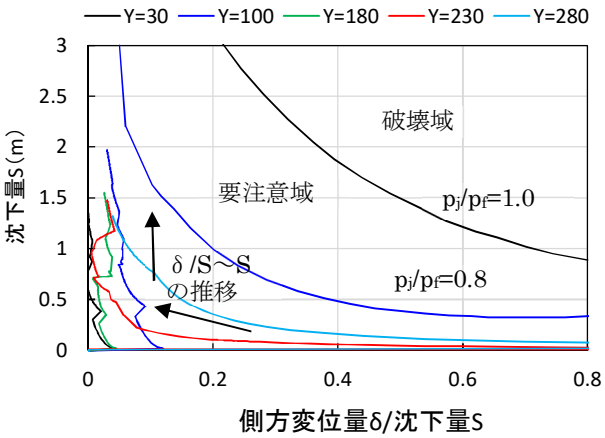

図-7　安定管理図

[参考文献]

1)　Iizuka, A. and Ohta, H. : "A Determination Procedure of Input Parameters in Elasto-Viscoplastic Finite Element Analysis", Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.71-87, 1987
2)　松尾，川村：軟弱地盤上の盛土施工に関する施工管理図，土と基礎，Vol.26，No.7，pp.5～10，1978

© Japan Society of Civil Engineers