

関西国際空港建設による更新統互層地盤の変形解析—解析モデル—

京都大学 学生会員 ○田 炳坤
 京都大学 正会員 三村 衛

1. はじめに

大阪湾泉州沖に海上埋立空港として建設された関西国際空港の基礎地盤は、更新統粘土・砂礫の互層が厚く堆積する構造を有しており、当初から長期沈下問題が懸念されていた。1987年に一期空港島建設が開始され、1994年の開港を経て、1999年から一期空港島から200m沖合に平行滑走路を有する二期空港島が建設され、現在は2つの滑走路を持つ24時間空港として供用されている。本稿では、隣接する2つの空港島建設による更新統互層地盤の長期沈下挙動を総合的に検討する第一段階として、一期空港島を対象として、大規模海上埋立による更新統互層地盤の変形を二次元有限要素法によって解析するスキームを構築する。

2. 数値解析に関わるモデル化

大阪湾海底地盤は沈降する基盤上に海進、海退によって粘性土と砂礫が交互に堆積するという構造を有している。泉州沖海底地盤も同様の地盤構造となっているが、このあたりには大川がなく、陸上からの土砂供給が十分ではないことから、大阪港や神戸沖と比べて砂礫層厚が薄く、連続性に欠け、細粒分含有率が高いという特徴がある。これは、排水層としての能力に全幅の信頼を置けないということにつながり、粘土層の圧密速度を支配する砂礫層の透水性が強く懸念される。Mimura & Jang¹⁾は有限要素解析における側方水理境界の影響を検討し、泉州沖のように砂礫層の排水能力に問題のある地盤では、載荷幅の10倍程度の解析領域を採らなければ、圧密の計算に水理境界の影響が現れてしまうことを報告している。本稿ではその成果に基づき、加えて、

次のステップでは二期空港島建設に伴う二島間の相互作用と両島の長期沈下挙動解析を実施することを念頭に置いて、一期空港島沖側に10000m、陸側に5000mの領域を有する解析モデルを設定した。関西国際空港基礎地盤は海側に向かって出現深度が深くなる傾斜基盤となっているが、本解析では、一期空港島中央部の層厚を基準として水平堆積地盤と設定し、メッシュ両端の排水条件を粘土層は非排水、砂礫層は排水境界とする地盤モデルを設定した。

図-1に関西国際空港基礎地盤の層序と標準圧密試験の結果に基づく圧密降伏応力の分布を示す。図中灰色で示す部分が粘土層で、見かけの過圧密量として $\Delta p_c (=p_c - p_0) = 120\text{kPa}$ が得られることがわかる。本解析では、 p_c を更新統擬似過圧密粘土の見かけのものと考え、 p_c 以下の応力域での非弾性挙動を仮定し²⁾、更新統粘土の諸定数については、Mimura et al.³⁾に示す設定方法に基づいて実験値から決定した。また、砂礫層は弾性体とし、水平方向に連続しているモデルを採用した。排水層としての能力に関わる層の連続性、厚さ、細粒分含有率の影響は、等価透水係数に反映させる形で表-1に示すような値を各層に対して仮定することによって考慮した。具体的には、連続性の悪さや薄層厚によってマクロな透水性に問題があるとき

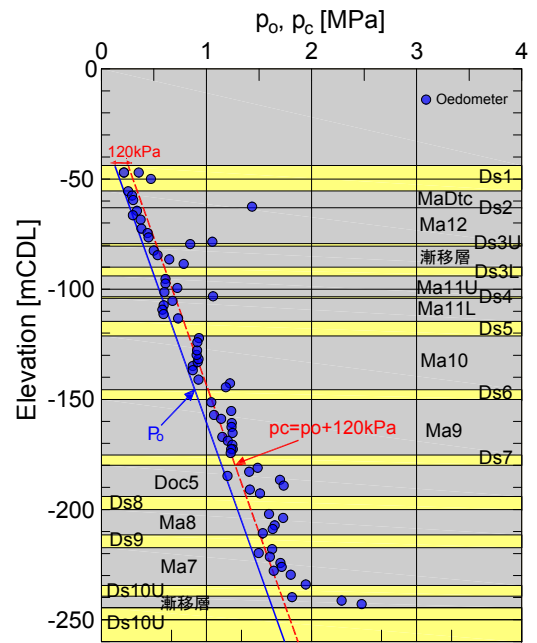


図-1 関西国際空港基礎地盤の層序と更新統粘土の圧密降伏応力

表-1 砂礫層の等価透水係数

砂礫層	Ds-1	Ds-2	Ds-3	Ds-4	Ds-5	Ds-6	Ds-7	Ds-8	Ds-9	Ds-10
透水係数(cm/s)	5.0×10^{-2}	8.0×10^{-3}	2.5×10^{-2}	1.6×10^{-3}	4.5×10^{-3}	2.5×10^{-5}	2.5×10^{-5}	2.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}

キーワード：弾粘塑性構成式，有限要素法，更新統地盤，過剰間隙水圧，長期沈下

連絡先：〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所地盤災害研究部門 TEL: 0774-38-4091

れるDs-6, Ds-7層は低い等価透水係数を設定し, 連続性のよい礫層であるDs-1やDs-3層は等価透水係数を高く設定した. それ以外の普通の砂礫層と判断した層については実験で得られる 10^{-3}cm/s オーダーの値をそのまま用いた. 一期空港島建設による荷重履歴は沈下と嵩上げによる埋立層の浮力補正を施したものを海底地盤に作用させた.

3. 解析結果による関西空港一期島基礎地盤の応力と変形

一期空港島埋立開始から4800日経過時点(二期空港島埋立直前)における基礎地盤内の過剰間隙水圧分布を図-2に示す. 基礎地盤上部では排水能力の高いDs-1, Ds-3層と沖積粘土層に打設されているサンドドレーンの効果によって過剰間隙水圧が順調に消散しているのに対し, Ds-6, Ds-7という難透水性砂礫層の周辺に堆積するMa-10, 9更新統粘土層を中心とした部分では, 過剰間隙水圧の消散が非常に遅れていることがわかる. また, 埋立領域外へと過剰間隙水圧が伝播しており, 二期空港島建設地点をはじめとする一期空港島周辺では有効応力が減少するという状態が生じている.

上部(Ma12), 中部(Ma9), 下部(Ma7)更新統粘土の要素の状態経路を図-3に, それぞれの沈下~時間関係を図-4に示す. 図-3よりすべての粘土層において埋立に

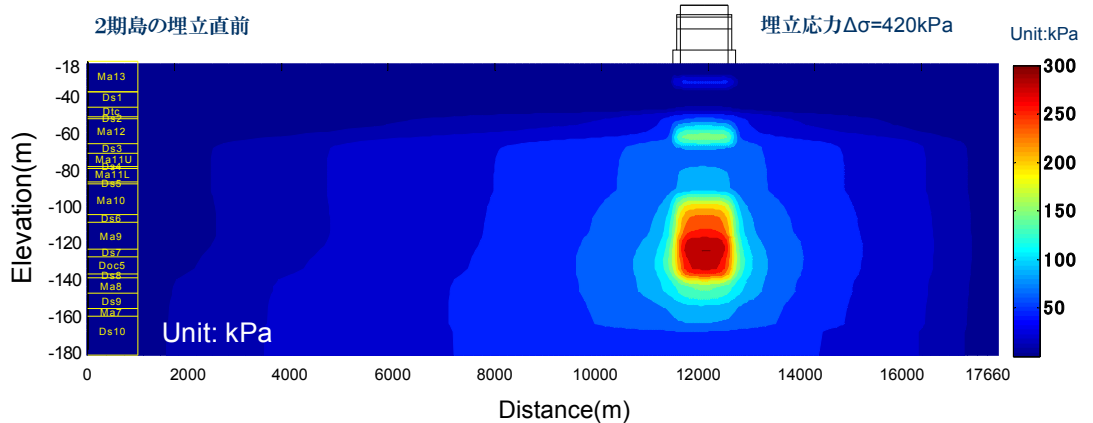


図-2 一期空港島建設による基礎地盤における過剰間隙水圧分布(埋立開始から4800日時点)

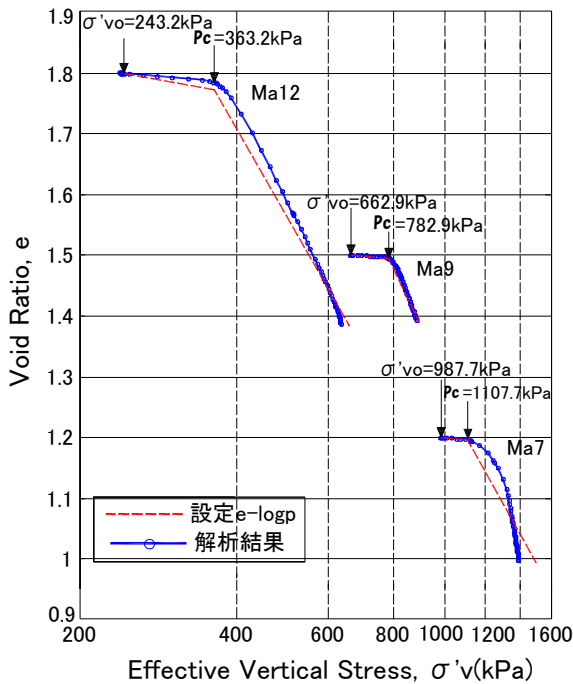


図-3 解析による層別の圧密曲線

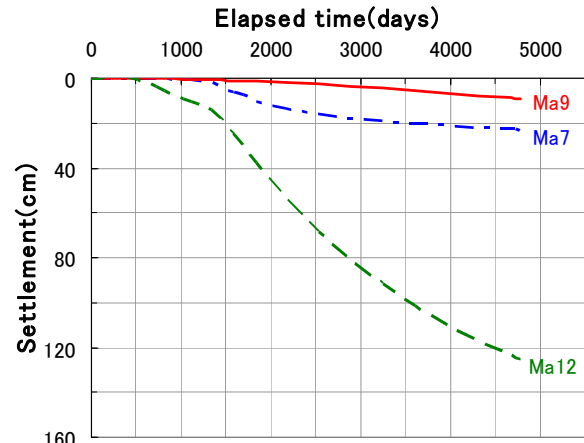


図-4 更新統層の層別沈下~時間関係

よって塑性降伏が生じているが, 初期応力が小さく, 水圧消散も比較的順調なMa12は圧密により大きく圧縮しており, 沈下量も二期島埋立直前で125cmに達している. これに対して砂礫層の透水性が悪い砂礫層に挟まれているMa9では過剰間隙水圧の停留によって圧密の進行が遅く, 沈下量も小さくなって

いることがわかる. このように, 関西国際空港基礎地盤では砂礫層のマクロな透水性によって過剰間隙水圧の停留・消散性状が異なり, それと連動してそれぞれの粘土層が異なる速度で圧密するという現象が生じている. 更新統層全体として大きな沈下を生じているが, 詳細にみれば, Ds-1, 3, 10という高排水性砂礫層近傍の上部更新等層, 下部更新等層では圧密が比較的早く進行するのに対し, Ds-6, 7という難透水性砂礫層に隣接するMa-9を中心とする粘土層では過剰間隙水圧が大きく残留し, 圧密は遅れて進行するというモードになっていることがわかる.

参考文献: 1) Mimura and Jang: Proc. Symp. on Geotechnical Aspects of KIA, 2005. 2) Mimura and Jang: Soils and Foundations, 44-4, 2004. 3) Mimura et al.: Soils and Foundations, 30-4, 1990.