

人工埋立島の圧密沈下予測に及ぼす荷重の三次元効果と浮力の影響

圧密沈下 埋立地盤 浮力

若築建設株式会社	国際会員	○水野 健太
小林ソフト化研究所	国際会員	小林 正樹
西松建設株式会社		安養寺精一
五洋建設株式会社	正会員	河村 健輔
国土交通省東京空港整備事務所	正会員	野口 孝俊

1. はじめに

人工埋立島の圧密沈下量を精度良く予測するためには、広範囲かつ多工種にわたる載荷履歴を忠実に再現し、地中に作用する増加応力を適切に算定することが重要である。また、埋立地内に地下水位が存在する場合は、沈下や残留水位の上昇に伴う埋立材料の水没による浮力の影響も無視できない。羽田空港 D 滑走路建設工事では、これらの影響を考慮できる沈下予測・管理システムを開発し、予測結果に基づく最終埋立天端高さの設定や施設の維持管理計画への適用を計画している。本稿では、システムの概要を述べると共に、計画工程より作成した載荷履歴を用いて、埋立荷重の三次元的な履歴差や浮力が沈下量に及ぼす影響を調べ、構築システムが人工埋立島の圧密沈下予測に有用であることを示す。

2. 沈下予測・管理システムの特長

2.1 システムの概要

本工事で開発した沈下予測・管理システムの構成要素およびその特長を以下に列挙する。①空港島埋立部全域の載荷履歴（土砂投入位置、層厚、投入日、工種名）を荷重ファイルと呼ぶデータベースで管理し、ブシネスクの式により任意地点の地中応力を算定。②工事海域の原地盤土層構成を 10m メッシュの三次元情報としてデータベースあるいはデータファイルとして管理。③洪積粘土層を未貫通としたサンドドレーン工法¹⁾および低置換率サンドコンパクションパイル工法に対応した解析モデルを実装。④埋立土が地下水位以下に水没した時に作用する浮力を考慮し、載荷荷重の修正を行う浮力補正機能を有す。⑤圧密沈下量の計算モデルとして、二次圧密が推定可能な関口・太田の弾・粘塑性モデルを基本として備える。さらに、 $e-\log p$ 曲線のひずみ速度依存性を考慮したアイソタック型の非線形モデルへの拡張を予定。⑥計算に必要なその他の条件（地盤改良範囲および打設深度、埋立材料の密度、島内水位、土質定数など）についてもデータファイルとして管理。図-1 に荷重ファイルの例を示す。図-2 は No.8 測線の横断面図である。この荷重ファイルは、計画工程から荷重ステップごとに作成したもので、滑走路縦断方向の 1 ブロックのサイズは 100m である。図-2 より水深が深い沖側では、現空港島側よりも埋立層厚が厚いことがわかる。

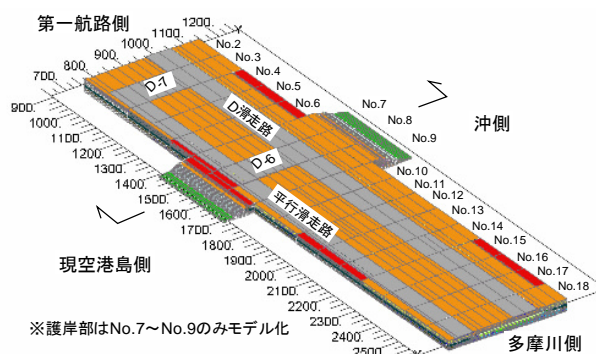


図-1 荷重ファイルの鳥瞰図（計画時）

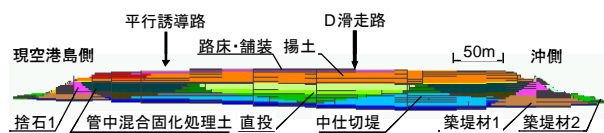


図-2 荷重ファイルの横断面図（No.8 測線）

2.2 計算手法

圧密計算には有限要素法を適用し、サンドドレーンやサンドコンパクションパイル改良部は軸対称モデル、それ以外は一次元モデルとした。本システムは、荷重ファイル、原地盤土層モデルおよびその他計算条件の各データベースから、任意計算地点の有限要素解析モデルを自動的に構築することができ、システムの効果的かつ効率的な運用が可能である。詳細な計算フローは紙幅の都合上省略するが、浮力に伴う荷重補正の繰り返し計算を行った後、任意計算点の圧密計算を行うため、浮力影響を反映した沈下計算が可能である。

3. 載荷履歴差が沈下量に及ぼす影響

載荷履歴の空間的・時間的な差が沈下量に及ぼす影響について試算した。計算に用いた構成式は関口・太田の弾・粘塑性モデルである。別途計算した結果によると、当該地盤の沈下量に影響を及ぼす荷重の有効範囲は、滑走路縦断方向に 250m と推察された。そこで、図-1 の No.8 測線を中心に滑走路縦断方向に 50m 幅の載荷ブロックを 5 ブロック並べた荷重ファイルを新たに作成し（図-3）、各工種の載荷履歴を中心ブロックの履歴からそれぞれ 1~3 ヶ月遅らせたケースを想定した（図-4）。図-5 に施工時の時間～沈下曲線、図-6 に工事完了後の時間～沈下曲線（残留沈下量）を示す。図-5 より載荷履歴を遅らせたケースほど施工時の沈下の出方が遅れていることがわかる。これによって、図-6 に示す程度の残留沈下量の差が生じた。載荷履歴を 1~2 ヶ月遅らせた Case-2 と Case-3 を比較すると、Case-3 の方が残留沈下を

Effect of 3D-loading history and buoyancy on consolidation settlement prediction in large-scale reclamation island:

Mizuno, K. (Wakachiku Construction)
Kobayashi, M. (Coastal Development Institute of Technology)
Anyouji, S. (Nishimatsu Construction)
Kawamura, K. (Penta-Ocean Construction)
Noguchi, T. (Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

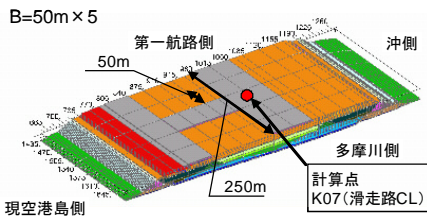


図-3 荷重ファイル (50m×5ブロック)

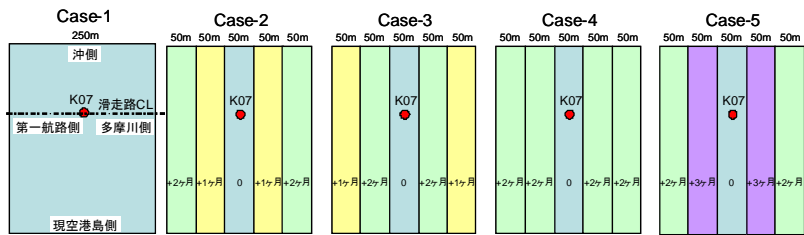


図-4 検討ケース (载荷履歴差)

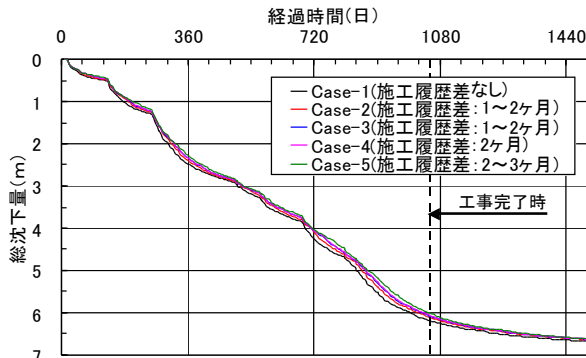


図-5 時間～施工時総沈下量 (载荷履歴差)

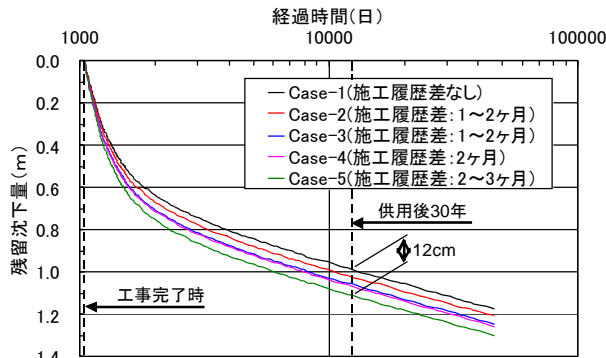


図-6 時間～工事完了後沈下量 (载荷履歴差)

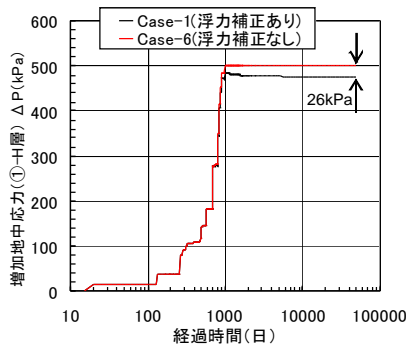


図-7 時間～地中応力 (浮力)

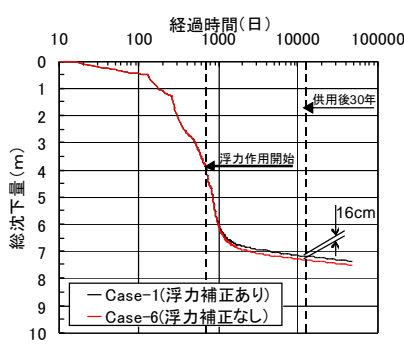


図-8 時間～総沈下量 (浮力)

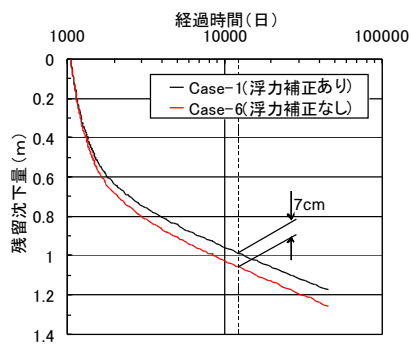


図-9 時間～工事完了後沈下量 (浮力)

多く残していることがわかる。また、Case-3とCase-4を比較すると、残留沈下量はほぼ同じ値となっている。すなわち、計算点に近い方の荷重ブロックの影響を大きく受け、計算点から75m以上離れた荷重ブロックは、沈下予測に及ぼす影響は相対的に小さいことを示している。今回の検討条件では、荷重履歴を1ヶ月遅らせる毎に、残留沈下量は4cm程度ずつ増える傾向が得られ、開発したシステムは荷重履歴の影響を緻密に考慮できることを確認した。

4. 浮力が沈下量に及ぼす影響

浮力の影響による総沈下量、残留沈下量の違いを試算した。図-4に示したCase-1の荷重ファイルに対して、浮力補正あり(既出Case-1)と浮力補正なし(Case-6)のケースで比較した。図-7は最浅部の粘土層(①-H)に作用する増加地中応力の経時変化を示したものである。浮力作用開始時(約700日目、揚土2施工時)から計算終了時までの残留沈下量は3.3mで、浮力に相当する荷重は概ね26kPaである。図-8および図-9より、浮力作用開始時以降に浮力補正ありと補正なしの沈下量に差が生じ、その差は最終沈下量に対して16cm、供用開始後30年までの残留沈下量に対して7cmであった。以上の計算結果より、浮力の影響は残留沈下量の設計値(90cm)の約8%に及び、人工埋立島の最終埋立天端高さを設定する上で、浮力の考慮は重要な影響因子であることがわかった。

5. おわりに

今後は、詳細な長期圧密試験やひずみ速度を変えたCRS試験を行い、沈下計算モデルの拡張を行う予定である。また、実施工においては、残留水位の把握と荷重履歴や各種計測値を確実に集積し、予測結果のキャリブレーションを行うことによって、適切な沈下管理を実施する予定である。

謝辞: 本報告は、羽田空港D滑走路建設工事の設計業務の一環として実施した成果の一部である。また、荷重ファイルの作成には(株)ジオデザイン、原地盤土層モデルの作成には(財)地域地盤環境研究所の協力を得た。ここに記して、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献: 1)椎名貴彦ら(2007): ドレーンのウェルレジスタンスを考慮した沖合人工島の圧密沈下の解析的検討, 第42回地盤工学研究発表会(投稿中)。