

原地盤のばらつきを考慮した沖合人工島の圧密沈下の解析的検討

圧密沈下 統計的解析 空港

五洋建設株式会社 正会員 ○仁井 克明 国際会員 新舎 博
 同上 正会員 河村 健輔 正会員 椎名 貴彦
 若築建設株式会社 国際会員 水野 健太
 国土交通省東京湾口航路事務所 遠藤 敏雄
 国土交通省東京空港整備事務所 福本 裕哉

1. はじめに

羽田再拡張事業 D 滑走路建設工事は、A.P.-20m の大水深海域に計画高さ A.P.+13.0~17.0m の空港島を造成し、また、この最大 45m の高盛土を短期間に施工する計画である。埋立に伴い約 7m の圧密沈下が発生し 1m 程度の残留沈下が生じると予測されている。圧密沈下の変動要因は、原地盤の土質のばらつき、ドレーンのウェルレジスタンス、埋立材のマットレジスタンス、長期圧密沈下および施工履歴の影響が考えられる。本論文では、粘性土層の土質定数のばらつきに着目し、圧密沈下量および残留沈下量の感度分析を実施した。土質定数のばらつきを統計的に整理し、モンテカルロシミュレーションによる FEM 沈下解析の結果について報告する。

2. 土質のばらつき

原地盤の沈下対象層およびその平均深度を表-1 に示す。上から覆土層である①-H 層、沖積粘性土層である①-C 層、洪積粘性土層である②-C 層および③-C 層が圧密沈下の対象となる。圧密沈下計算に関する土質定数は、初期間隙比 (e_0)、圧縮指数 (C_c)、過圧密比 (OCR)、圧密係数 (c_v) である。このうち、 e_0 と C_c については高い相関性¹⁾があるため、圧縮比 ($m_c = C_c / (1 + e_0)$) として整理した。従って、沈下のばらつきを考慮する土質定数は、①圧縮比 (m_c)、②過圧密比 (OCR)、③圧密係数 (c_v) となる。土質調査結果から土質定数のばらつきを統計的に整理すると、各層の m_c 、OCR、 c_v は正規分布もしくは対数正規分布となる。各土質定数の検定結果の一覧を表-2 に示す。

表-1 圧密沈下の対象層

層	A.P.(m)		特徴
	上端	下端	
①-H	-15.0	-20.0	覆土
①-C-1	-20.0	-30.0	沖積粘性土(粘土)
①-C-2	-30.0	-35.0	沖積粘性土(粘土)
②-C	-35.0	-60.0	洪積粘性土(砂混りシルト)
③-C-1	-70.0	-80.0	洪積粘性土(砂混りシルト)
③-C-2	-70.0	-80.0	洪積粘性土(高含水比粘土) ③-C-1層内に介在

表-2 全層の土質定数の検定結果

土質定数	項目	①-C-1	①-C-2	②-C	③-C-1	分布形状
圧縮比 m_c	設計値	0.307	0.325	0.186	0.233	正規分布
	平均	0.321	0.335	0.172	0.273	
	標準偏差	0.031	0.03	0.031	0.093	
	変動係数	0.096	0.09	0.183	0.339	
過圧密比 OCR	設計値	1.3	1.3	2.5	2.5	対数正規分布
	平均	1.588	1.667	2.557	2.471	
	標準偏差	0.302	0.265	1.168	0.608	
	変動係数	0.19	0.159	0.457	0.246	
圧密係数 c_v	設計値 (cm^2/day)	100	100	1000	1000	対数正規分布
	平均 (cm^2/day)	90.8	88.9	1906	1968	
	標準偏差 (cm^2/day)	33.3	20.6	1147	1223	
	変動係数 (cm^2/day)	0.367	0.231	0.602	0.622	

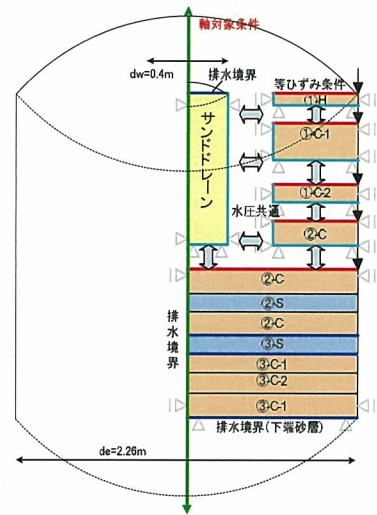


図-1 解析に用いたモデル

3. 解析方法

計算は、試行計算毎に、各層の深度方向に異なる土質定数を与えて解析を行うモンテカルロシミュレーションを用いた。この際、深度方向の自己相関性¹⁾を考慮し、深度方向 2m 毎に要素分割して土質定数のばらつきを考慮した。土質定数のばらつきは平均値、標準偏差、分布形状を与え、上述の 3 つの土質定数について乱数を発生させて計算に用いた。なお、計算の試行回数は事前検討により 50 回以上で収束することを確認の上で 100 回と設定した。解析に用いたモデルを図-1 に示す。埋立部の 1 次元的な沈下を想定し、サンドドレーン 1 本分の影響範囲を軸対称条件で解析した。FEM 解析には、土の弾・粘塑性構成式である関口・太田モデルを使用した。

Statistical Analysis of consolidation settlement of artificial island considering difference of soil

Penta Ocean Construction ; Katsuaki Nii/Hiroshi Shinsha/Kensuke Kawamura/Takahiko Shiina

Wakachiku Construction ; Kenta Mizuno Ministry of Land, Infrastructure and Transport ; Toshio Endo/Hiroya Fukumoto

4. 沈下の感度分析結果

全沈下量の時間～沈下量関係を図-2 に示す。また、表-2 に示す土質定数から、圧縮比が大きく過圧密比の小さいことから最も沈下量の大きい①-C-1層の結果を図-3 に、各土質定数のばらつき（変動係数）が最も大きい②-C層の結果を図-4 に示す。なお、図中の赤線は設計値による計算結果、青線は全計算結果の平均値、薄い灰色線が全試行 100 回の計算結果を示す。これらの図より、圧密沈下量のばらつきに大きな影響を与える土層は、①-C-1層、供用開始後の残留沈下量については、②-C層であることがわかる。

また、圧密沈下量の全計算結果を統計的に分析すると、供用開始時の沈下量は平均 $\mu=7.04\text{m}$ であり、標準偏差は $\sigma=0.30\text{m}$ 、変動係数は $V=4.3\%$ である。ばらつきの範囲を $\pm 2\sigma$ と考えると、供用開始時の沈下量は $6.44\sim 7.64\text{m}$ 程度と想定される。残留沈下量に関しては、供用開始後 30 年間の残留沈下量の平均 $\mu=0.94\text{m}$ であり、標準偏差は $\sigma=0.08\text{m}$ である。ばらつきの範囲を $\pm 2\sigma$ と考えると、供用開始後 30 年間の残留沈下量は $0.78\sim 1.10\text{m}$ 程度と予測される。

5. おわりに

本検討から地盤の土質定数のばらつきによる供用開始時の全沈下量のばらつきは変動係数 $V=(\sigma/\mu)=4\%$ 程度と比較的小さいことが確認できた。ただし、圧密沈下と与える影響要因としては、この他にドレーン材やサンドマット材、埋立柱材によるウェルレジスタンス²⁾、マットレジスタンス³⁾、長期圧密沈下、施工履歴など様々な変動要因がある。今後、実施工における施工条件および動態観測結果をフィードバックし、これらの要因を考慮した3次元的な予測⁴⁾を実施し、圧密沈下および残留沈下量の予測精度の向上に努めていく方針である。

最後に、本報告は東京国際空港 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。

【参考文献】

- 1) 土質工学会編：土質基礎の信頼性設計，pp.60-87，1985。
- 2) 椎名貴彦ら：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），2007。
- 3) 松本幸久ら：埋立柱材の透水性が沖合人工島の圧密遅れに及ぼす影響に関する解析的検討，第 42 回地盤工学研究発表会（投稿中），2007。
- 4) 水野健太ら：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，第 42 回地盤工学研究発表会（投稿中），2007。

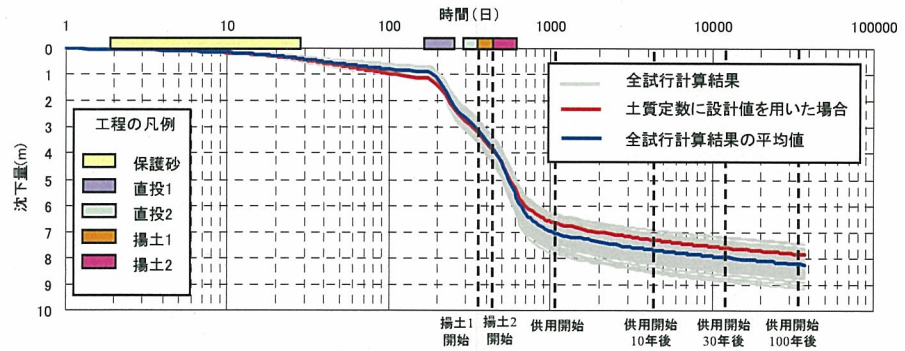


図-2 時間～沈下曲線（全沈下量，対象層厚 49m）

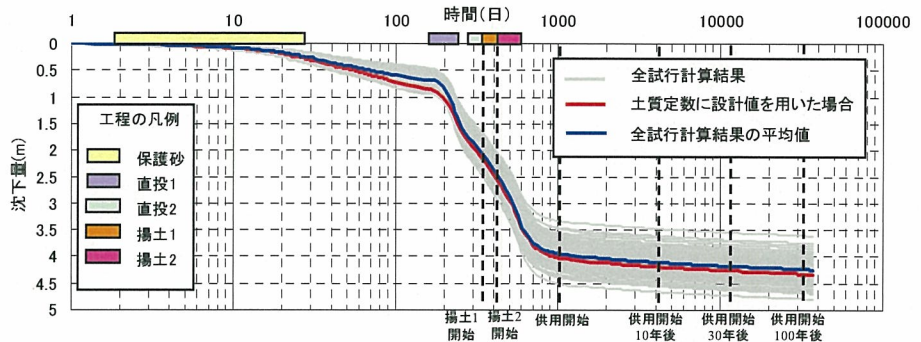


図-3 時間～沈下曲線（①-C-1層の沈下量，対象層厚 10m）

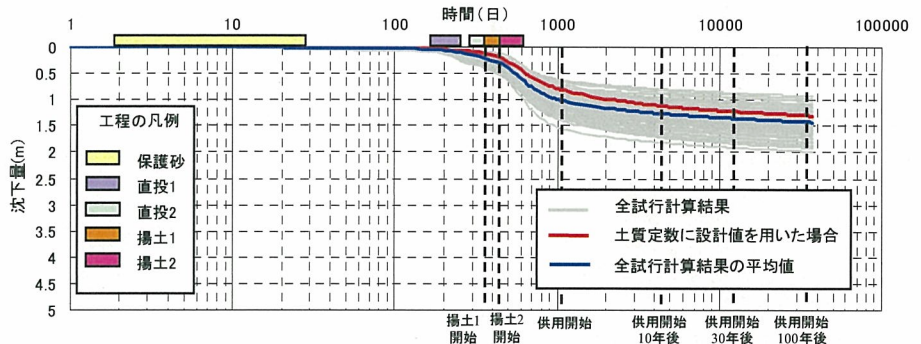


図-4 時間～沈下曲線（②-C層の沈下量，対象層厚 20m）