

浮島地盤改良工事における圧密変形解析の適用

Application of Consolidation Deformation Analysis to Soil Improvement Work in Ukishima

大古殿 利 直 (おおふるとん としなお)

首都高速道路公団湾岸線建設局工事課 班長

岡 山 隆 (おかやま たかし)

若築建設㈱神奈川中央工事事務所 所長

堀 田 芳 樹 (ほった よしき)

若築建設㈱土木本部設計部 課長代理

津 田 誠 (つだ まこと)

首都高速道路公団第三建設部工事課

渡 部 一 己 (わたなべ かずみ)

若築建設㈱土木本部設計部 課長代理

長 廻 幹 彦 (ながさこ みきひこ)

若築建設㈱土木本部設計部

1. はじめに

高速湾岸線、高速川崎縦貫線および東京湾横断道路が交差する浮島ジャンクションは、図-1に示すように多摩川をはさんで羽田空港の対岸に位置している。多摩川河口にあたるこの地域には軟弱な粘性土層が厚く堆積しており、地盤改良工事が不可欠である。浮島ジャンクション高速川崎縦貫工区では、軟弱地盤の圧密促進を目的としてサンドドレーン（以下SD）と載荷盛土工法による広範囲の地盤改良工事を行った。

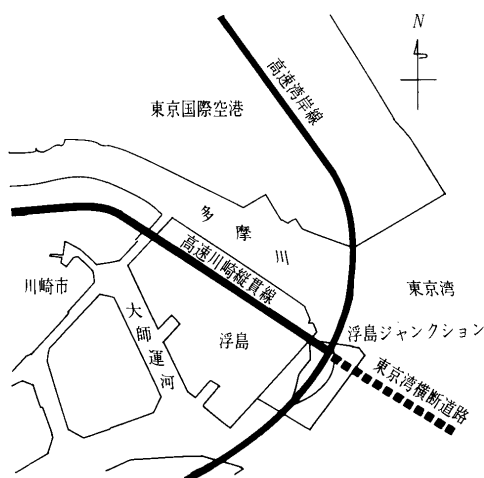


図-1 浮島位置図

図-2に土質柱状図を示すが、同工区は建設残土と浚渫投入土砂による若齢な埋立地であり、埋土層の下にはN値0、層厚約30mの沖積粘性土層（Ac1層）が堆積している。そのため大きな圧密沈下が予想され、また付近には埋立護岸やLPGタンクなどの重要構造物が隣接しており、盛土による地盤の側方変位にも注意が必要であった。そこで全体工事の前に試験盛土工事を行い、現場計測と数値解析により地盤性状を把握し、その後の施工計画に反映することにした。本報告では、同工事への圧密変形解析の適用例を紹介する。

2. 載荷盛土工事への数値解析の適用

一般に載荷盛土工事では、盛土の安定性と圧密進行状況を把握した上で工期的、経済的に効率のよい施工計画

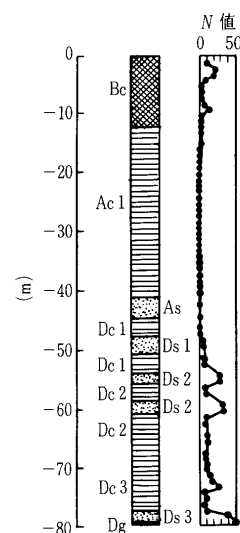
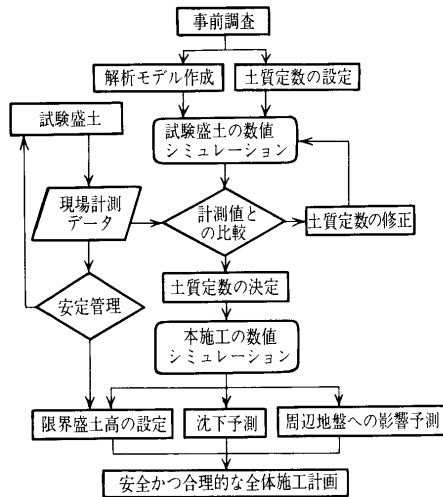


図-2 土質柱状図

を立てる必要がある。また周辺に重要構造物などが隣接している場合には、盛土による地盤の側方変位にも注意しなければならない。

このように側方変位を含めた地盤挙動の予測が必要な場合には、有限要素法による圧密変形解析が有効である。しかし弾塑性あるいは弾・粘塑性モデルによる圧密変形解析に必要な入力土質パラメーターは多く、それらを土質試験の結果から一つ一つ求めていくのはなかなか困難である。また要素試験により求めた土質パラメーターが必ずしも地盤を代表する値でないこともあり、特に本工事のような軟弱粘性土層が30～40mと堆積している地盤では実用的な予測を得るのは難しいのが現状である。しかしこのような場合でも試験工事を先行して実施し、土質パラメーターの妥当性を検討することで、予測の信頼性は向上すると考えられる。

そこで載荷盛土による地盤変形状況を把握するため図-3に示す検討フローにしたがって試験盛土工事を実施した。まず土質調査結果に基づいて試験盛土を数値シミュレーションし、その結果を現場計測と比較しながら入力土質パラメーターの修正を行った。修正後の土質パラメーターを用いた数値解析により、本施工時の地盤の挙動予測を行った。

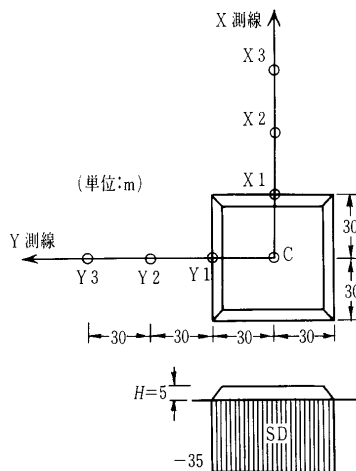


図—3 試験施工のフローチャート

3. 試験盛土工事

3.1 試験盛土形状と現場計測

試験盛土は図—4に示すように1辺60m、高さ5mの正方形の盛土である。盛土施工前にφ500mmのSD杭を2mピッチの正方配置で打設した。ただし航空制限の関係でSD杭の長さは35mでありAcl層下端には達しておらず、層厚約8mの未改良部を残している。盛土は15cm/dayの速度で層厚管理により35日間で施工した。



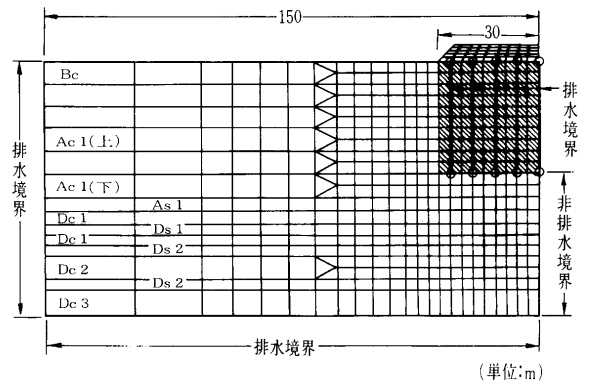
図—4 試験盛土形状

計測は、図に示すようにXYの直角方向に2本の測線を設け、盛土施工直前から6か月間、沈下量、側方変位量および間隙水圧を計測した。各測線の盛土中央(C)、法尻(X1, Y1)、法尻から30m離隔(X2, Y2)、60m離隔(X3, Y3)の合計7点に、層別沈下計、固定式傾斜計、間隙水圧計を埋設し自動計測を行った。また盛土内では沈下板による地表面沈下量の計測、盛土範囲外のXY測線上では5m間隔で変位杭による変位計測を行った。

3.2 数値解析モデルと事前予測

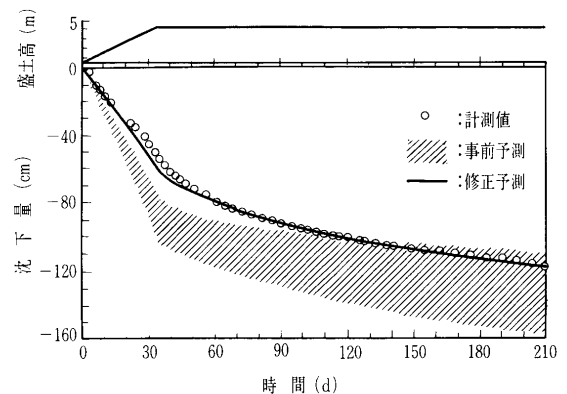
数値解析モデルを図—5に示す。解析手法としては関口・太田モデル¹⁾による弾・粘塑性有限要素法解析を用いた。SD打設領域は、図のように排水境界を垂直に設けることでモデル化した。また土質試験および間隙水圧

の測定結果によりAcl層は過圧密比が0.8程度の未圧密地盤であることがわかったので、初期間隙水圧として盛土施工直前に計測した間隙水圧を入力した。



図—5 解析モデル

このモデルで、土質調査により得られた情報から土質パラメータを設定し事前解析を行った。ただし埋土層(Bc層)は粘性土や砂質土、がらなどが混入しているため土質試料の採取も困難であり、圧密層であるかどうかの判断ができなかった。そこでBc層を弾・粘塑性体としてモデル化したケースと弾性体としてモデル化したケース、またそれぞれについて土質パラメータをいくつか仮定して複数ケースの解析を行った。解析の結果、盛土中央部での沈下量は図—6の斜線で示す範囲となった。図中には実際の現場計測結果もあわせて示しているが、事前予測は実測値よりも大きな沈下量を算出している。



図—6 盛土中央での沈下曲線

3.3 計測値との比較と土質パラメータの修正

盛土中央での解析沈下量が層別沈下計による各層での計測値と一致するように、土質定数を修正した。Acl層ではまず塑性指数および透水係数を定め、ほかの弾・粘塑性パラメータは、飯塚・太田によって提案されている推定式²⁾で塑性指数から算出した。Bc層については、層別沈下計による計測によると圧縮量が盛土施工終了後増えていないことから弾性体としてモデル化した。表—1に設定した入力土質パラメータをまとめ、図—6に沈下曲線を示した。

図—7には地表面の側方変位の計測値と解析値を示した。沈下曲線はよく一致したが、側方変位は解析値と計測値にかなりの差がみられた。これは実際の試験盛土が

事例報告

表-1 修正後の主な入力パラメーター

	γ (tf/m ³)	E (tf/m ²)	ν	I_p	λ	κ	D	k_0 (m/day)
Bc	1.70	900	0.33	—	—	—	—	1.0E-01
Acl(上)	1.55	—	0.36	43	0.316	0.135	0.037	2.9E-0.3
Acl(SD)	1.55	—	0.36	43	0.316	0.135	0.037	4.9E-04
Acl(下)	1.55	—	0.38	64	0.463	0.226	0.049	2.9E-03
盛土	1.45	1000	0.33	—	—	—	—	1.0E-00

正方形であるのに対して解析は帯状の盛土を想定した平面ひずみモデルであり、側方変位の減衰機構に相違があるためと考えられた。そこで軸対称モデルによる解析を行い図中に破線で示した。法尻付近では差があるものの、法尻から20m以遠では計測値とよく一致した。一般に数値解析では実際の側方変位よりも過大な水平変位を算出する事例が多いが、その原因の一つはこの三次元効果にあると考えられる。

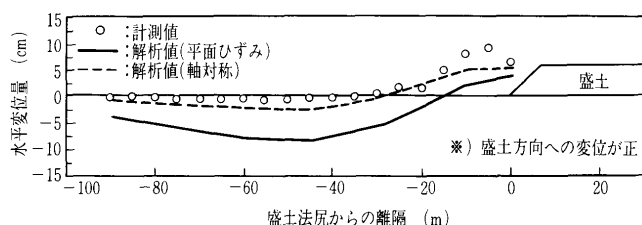


図-7 地表面側方変位

3.4 修正した土質パラメーターの評価

今回設定したAcl層の土質パラメーターと事前土質試験結果の比較を図-8に示す。塑性指数、圧縮指数は土質試験結果とほぼ一致しているが、透水係数は試験結果と大きく異なった。未改良部では標準圧密試験による透水係数を12倍することで各層別沈下状況をよく再現できた。一般にFEM解析に用いる透水係数は、標準圧密試験による透水係数を6~10倍した値にすると実地盤の挙動によく合うという事例が多く、今回の試験盛土でも同様の傾向となった。これは粘性土層中にサンドシームが存在している場合には、標準圧密試験で求めた透水係数は土層全体としてみたときの透水係数よりも小さい値

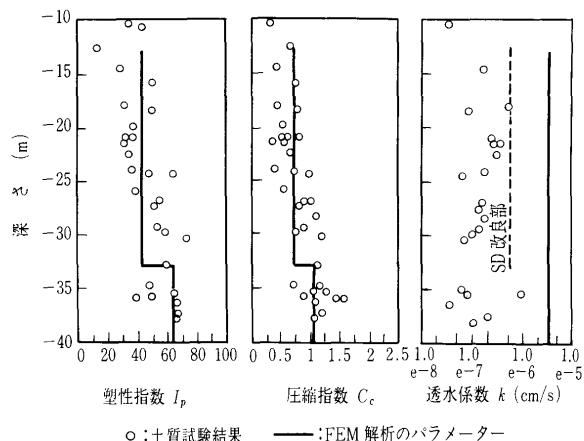


図-8 設定した土質パラメーター

になりやすいためと考えられる。一方、SD改良部の透水係数は逆に標準圧密試験からの値よりも小さくなった。これはSD杭のモデル化として排水境界を比較的密に設定しており、実際の地盤よりも過大な排水条件になっているためと考えられる。

4. 本施工のシミュレーション

試験盛土の数値解析で得られた土質パラメーターを用いて、本施工のシミュレーションを行い、各地点での必要盛土厚および必要放置期間を求めた。予測沈下曲線の一部を実測値とともに図-9に示した。載荷中の即時沈下量に差がみられるが、放置期間中の沈下状況はよく一致している。

またシミュレーションの結果から埋立護岸等の周辺構造物の変位が問題になると判断した箇所では、盛土高さを制限する等の対策をとり他の構造物に悪影響を及ぼさないよう配慮した。特に重要な場所では施工中に変位を計測しているが、水平変位は予測値以内に収まっている。

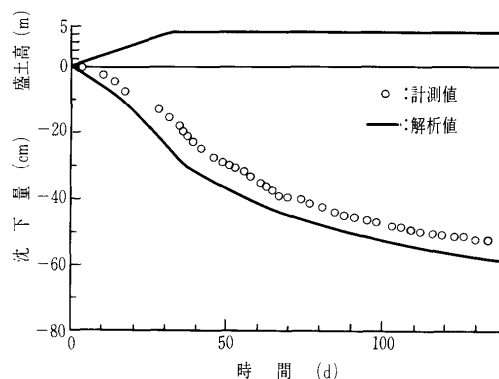


図-9 本施工での沈下曲線

5. おわりに

試験盛土による圧密変形を、弾・粘塑性有限要素法による数値解析でほぼ再現することができた。また軸対称モデルで三次元的な変位減衰を考慮することで側方変位もよく一致した。本施工では試験盛土で得られた土質パラメーターを用いることにより精度のよい予測を得ることができ、現在安全に施工中である。

参考文献

- 1) Sekiguchi, H. and Ohta, H. : Induced anisotropy and time dependency in clays, Proc. 9th ICSMFE, Specialty Session 9, Tokyo, pp. 229~237, 1977.
- 2) 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.

(原稿受理 1995.1.31)