

コンピュータネットワークを用いた土構造物の 情報施工システムの盛土への適用

鹿島建設(株) 正員 松本 喬、○森川誠司、中川雅由

1. はじめに

近年、大都市圏におけるウォータフロント・ジオフロントの利用に大きな期待が寄せられ、実際にそれらの開発に伴った埋立て・盛土・土留め・掘削工事が盛んに行われるようになった。こうした土工事は、一般に経験・実績の少ない大規模施工となり、しかも近傍に重要構造物が存在したり、軟弱地盤上で行われたりするなど、厳しい条件の下での工事となるケースが多く、注意深い施工管理が要求されている。

このような土工事を安全に遂行するためには、施工中の構造物や地盤の挙動を常時観測し、その情報を用いて設計・施工の修正を行うか否かを判断しながら施工を進める、いわゆる情報施工を採用することが一つの有力な技術的手段として考えられている。

そこで本報告では、大規模土工事を安全にかつ合理的に進めるために今回我々が開発したコンピュータネットワークによる情報施工システムの概要と実際の盛土工事への適用について述べる。

2. コンピュータネットワークを用いた土構造物の情報施工システム

2.1 概要

一般に土工事では、地盤状態や設計方法、施工の不確実性によって予測と現実との間にずれが生じることが多い。しかし、情報施工を取り入れることによって、施工中の計測結果及びそれに基づいて得られる次の施工段階の予測値と管理基準との比較によって、現状と次工程の安全性を随時検討し、必要があれば現計画を変更しながら施工を進めていくため、高い信頼性を保持しつつ工事を完了させることが可能となる。

本情報施工システムは、計測結果に基づく地盤の変形・安定性の予測手法に有限要素法による逆解析及び弾塑性極限解析を用い、現場一支部一本店間のコンピュータネットワークによって迅速に次の施工段階における地盤の挙動を予測するものである。また、有限要素法を予測手法に用いているため、ほとんどの土構造物に対し適用が可能であり、汎用性が高いシステムとなっている。

本情報施工システムにおけるメインプログラム構成を図-1に示す。

2.2 システムの機能

(1) 弾性圧密逆解析¹⁾による地盤の変形予測

逆解析による予測手法とは、計測データ(沈下量・側方変位量など)を用いて、それに見合う地盤の物性値(弾性係数・ポアソン比・透水係数)を逆算し、逆算された物性値を用いて将来の地盤の変形・応力状態を推定する方法である。

本システムにおける逆解析プログラムは、地盤を弾性体と仮定し、間隙水の移動を考慮した有限要素法を基に、物性逆算のための最適化手法にBFGS法(数種ある最適化手法の内、現在最も有効と言われている)を取り入れたものである。解析結果の一例を図-2に示す。

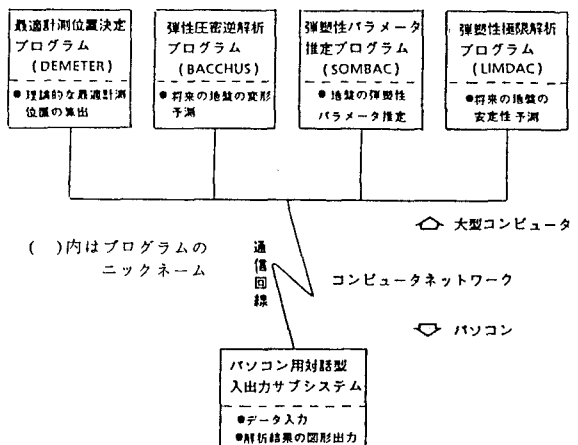


図-1 システムのメインプログラム構成

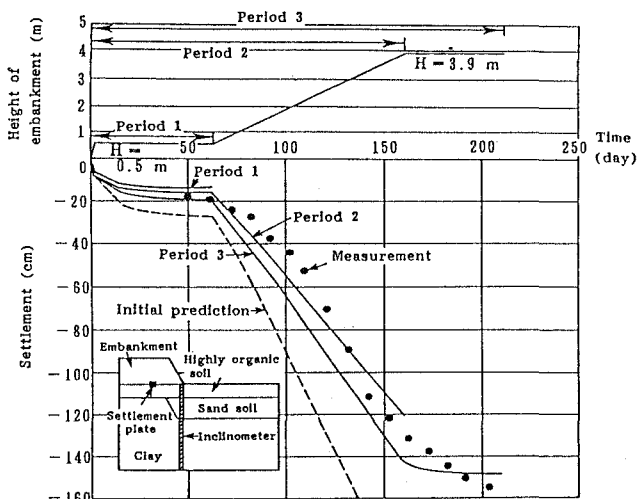


図-2 逆解析結果例 <事前予測値(破線)との比較>

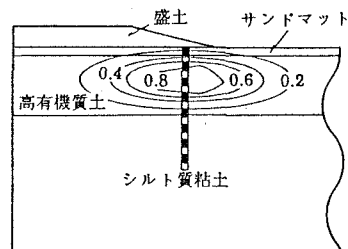


図-3(a) 水平変位感度から判断した最適傾斜計位置

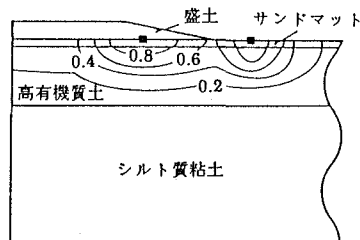


図-3(b) 鉛直変位感度から判断した最適沈下計位置

(2) 地盤の弾塑性パラメータの推定と安定性予測²⁾

弾性圧密逆解析によって得られた地盤の弾性係数と割線変形係数をほぼ等しくする弾塑性パラメータを弾塑性解析の繰り返し計算より求め、これを基に弾塑性極限解析³⁾⁴⁾を実施することにより、現状及び次工程における地盤の安定性(限界盛土高・破壊域など)を検討することができる。

(3) コンピュータネットワークによるデータ伝送

(1)及び(2)の各解析は計算時間・計算容量の面で有利な大型コンピュータで実施し、現場のパソコンはデータの入力・解析結果の出力だけの役割を受け持つ。各現場と本店間は支店コンピュータを介して電話回線によってネットワーク化され、計測データ・解析結果の転送をスピーディに行う。

(4) 最適計測位置の算定⁵⁾

限られた計測コストの中で各々の計測器をどのように配置するかは重要な問題である。計測計画作成時に最適計測位置算定プログラムを用いることにより、逆解析される地盤の物性値の変動によって地盤の挙動が最も影響を受けやすい位置を感度解析によって求め、これを解析上の最適計測位置と見なすことにより、計測計画策定への支援を行うことができる(図-3参照)。

(5) 対話型入出力システム

計測データ及び逆解析コントロールデータの入力、解析結果の出力指示、大型コンピュータの起動などはすべて現場パソコンからメニュー画面の選択による対話型処理によって実行できるようにシステムは構築されている。データ入力画面及び解析結果の図化出力例を図-4(a)~(d)に示す。

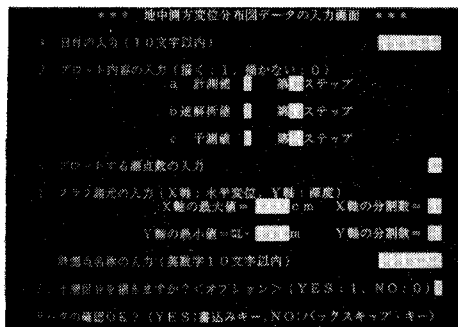


図-4(a) データ入力画面の一例

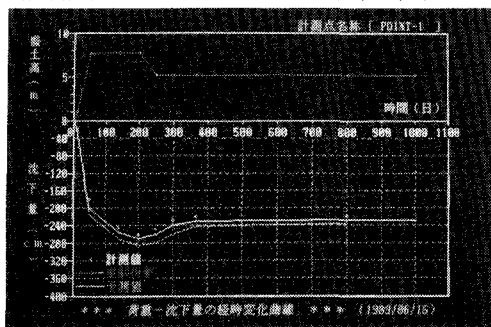


図-4(b) 荷重-沈下量曲線の画面出力

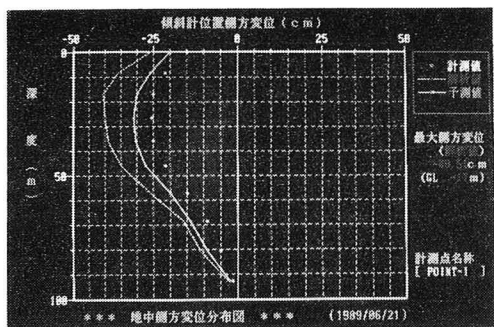


図-4(c) 側方変位分布の画面出力

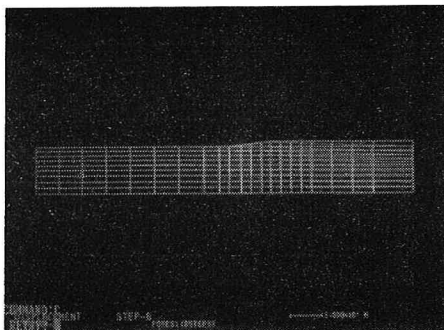


図-4(d) 盛土の変形図の画面出力

3. 情報施工システムの盛土への適用

3.1 概要

本情報施工システムの適用例として、筆者らの所属する会社を含むJV施工の大規模工業団地造成盛土工事(茨城県守谷町)での例を紹介する。システムを適用する工区の計画盛土断面(サーチャージ分を含む最高盛土高時)及び計測器の配置を図-5に示す。本工区は図-5に示すように、約3か月間で8.8mの盛土を行った後、約6か月間放置してG.L.+4mの高さまでサーチャージ分を撤去する工程となっており、地盤改良工はサンドマット工とペーバードレーン工のみである。地盤は軟弱層が約10m堆積しており、慎重な施工管理が要求されている。

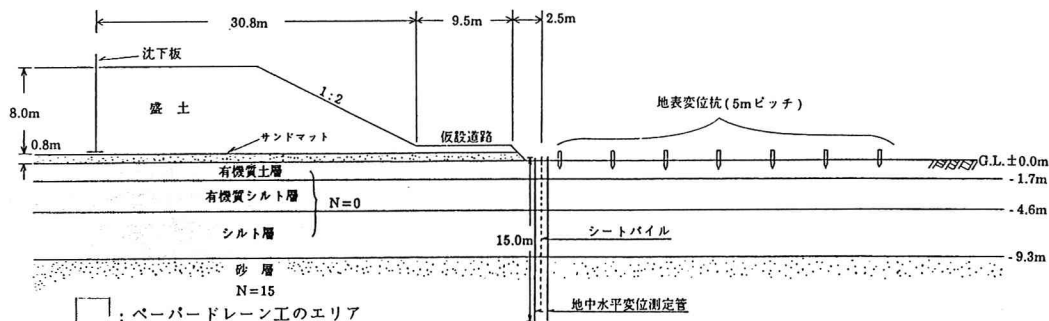


図-5 システムを適用する工区の計画盛土断面と計測器配置

3.2 システム構成及び運用フロー

本現場に適用している情報施工システムのハードウェア及びネットワーク構成を図-6に示す。また、システムの運用フローを図-7に示す。

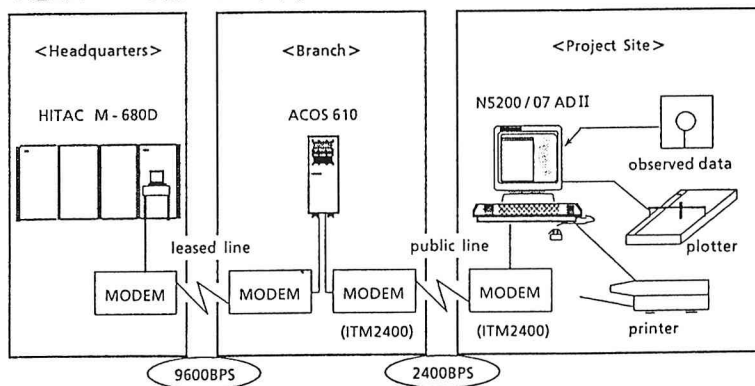
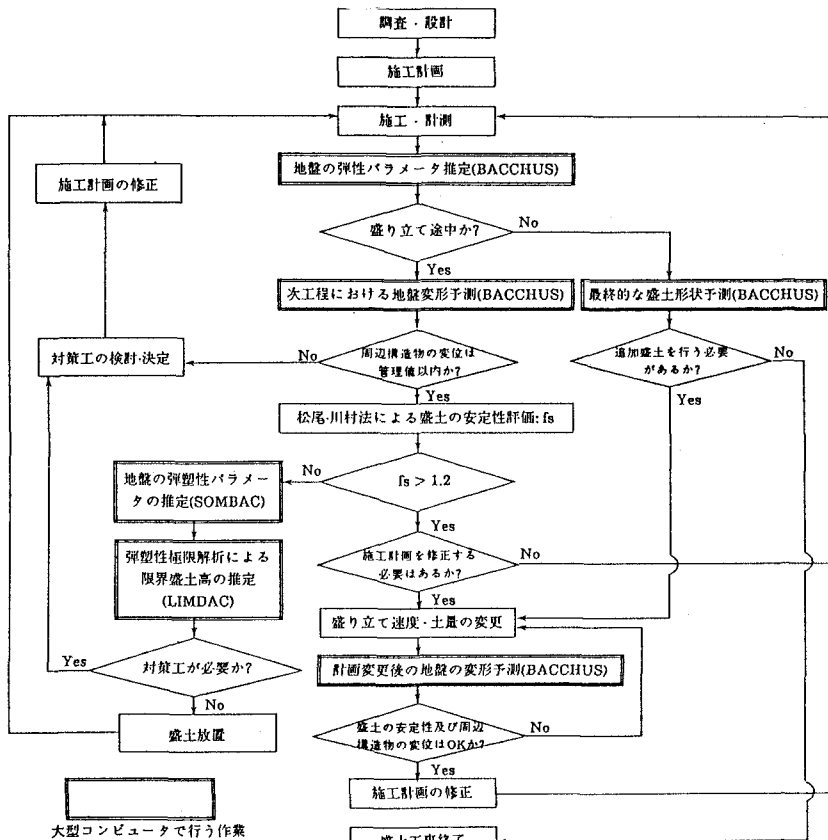


図-6 システムのハードウェア及びネットワーク構成



図・7 本情報施工システムを用いた盛土施工管理フロー

弾性圧密逆解析は計測値が得られしだい随時実施し、盛り立て期間中には次工程における地盤の変形予測及び安定性の検討を、盛り立て終了後は圧密終了期間及び最終盛土形状の予測を中心に検討を行い、その結果を施工計画へフィードバックするものとしている。また、地盤の破壊予測は簡易法(松尾・川村法⁶⁾)と弾塑性極限解析を併用している。

4. おわりに

ここでは、本システムの盛土工事への適用例を示したが、他の土工事にも同じような展開を行っている。今後、本システムをさらに種々の土工事で適用し、実用性の向上を図る所存である。

<参考文献>

- 1) 高橋・松本・庄子・太田(1988):「二次元弾性圧密逆解析の現場への適用」第23回土質工学研究発表会, pp.1161~1164
- 2) Shoji, M., Ohta, H., Matsumoto, T. and Morikawa, S. (1989): "Safety Control of Embankment Foundation based on Elastic - Plastic Back Analysis," Soils and Foundations, Vol.29, No.2, pp.112~126
- 3) Shoji, M., Matsumoto, T., Morikawa, S. Ohta, H. and Iizuka, A. (1988): "Coupled Elasto - Plastic Deformation Flow Finite Element Analysis using Imaginary Viscosity Procedure," Proc. of 6th Int. Conf. on Numerical Methods in Geomechanics, Innsbruck, pp.229~304
- 4) 庄子・松本・太田・飯塚(1987):「仮想粘性法による弾塑性変形・浸透流連成解析」土木学会論文集, 第388号/III-8, pp.121~130
- 5) Shoji, M., Ohta, H., Arai, K., Matsumoto, T. and Takahashi, T. (投稿中): "Two Dimensional Consolidation Back Analysis"
- 6) Matsuo, M. and Kawamura, K. (1977): "Diagram for Construction Control of Embankment on Soft Ground," Soils and Foundations, Vol.17, No.3, pp.37~52