

新たな情報化施工管理ネットワークシステムへの試み

-----適用事例-----

(株)熊谷組 技術開発本部 土木技術第1部 吉本豊彦
(株)熊谷組 設計本部 土木設計部 生駒尚己
(株)熊谷組 東京支店 第三出張所 ○大森高樹

1. はじめに

現在、「ウォーターフロント構想」や「大深度地下空間利用構想」などの大規模プロジェクトが相次いでいる。これらの大規模プロジェクトを安全にかつ経済的に進めて行くためには、不確実な要素の多い自然地盤にいかに対応するかが重要となってくる。そのためには、現場の施工状況に合わせてリアルタイムに計測・解析を行い、逐次、設計を修正しながら工事を進めていく、「情報化施工」が極めて有効である。筆者らも1986年以来情報化施工管理ネットワークシステムの開発を進めており^{1), 2), 3), 4)}土質工学分野に関連した、斜面、山留め・地下水、盛土に対応する情報化施工管理システムを完成させ、合わせて数10例の適用を経てその有効性を確認することができた。

本文では、本システムの概要、および適用事例について述べる。ここで紹介する事例は、山留め壁の受働耐力の増加を目的とした地盤改良時における山留め壁の挙動を、リアルタイムで計測管理したものである。

2. システムの概要

2. 1 システムの設計方針

筆者らは、本社～現場間をネットワークで結ぶことにより、本社に蓄積されたノウハウが個々の現場の施工管理に生かされ統一的な技術支援体制が可能となるように、以下の点に留意して開発を進めた。

情報化施工管理システムが対象とする工事は、不確実な要素の多い自然地盤であるため、同一な施工や解析ルーチンにはなり得ないという前提がある。従って、情報化施工の後半のプロセス（採集したデータを解析し、将来の状況を予測して適切な処置を提示する）は、豊富な経験と高度な解析技術力をもつエキスパートが担当する部分となる。しかし、このようなエキスパートの数は、工事量の増大に対して不足する一方となっており、今後もこの傾向が増々強くなるものと考えられる。また、全国一円の工事現場の状況を分析してみると、個々の現場の規模・工事の難易度等に加えて、担当技術者の技術レベルにも相当の差異があることが判明した。

そこで、各現場で生じた問題はできる限りその現場で解決し、現場で解決できない部分のみを本社のエキスパートが担当する、といった柔軟性のあるネットワークシステムを確立すれば、効率的な技術管理が可能となり、品質管理や安全管理の面でも過不足がなくなると考えられた。

このように、個別現場の技術レベルに応じて、分散処理機能から、集中管理ネットワークシステムの機能までその運用形態に柔軟性を持たせることを目標として、システムを設計した。

システム設計における具体的なコンセプトは、次の点である。

- ①コンピュータは既に各工事現場に設置されているパーソナルコンピュータとし、既存のシステムと競合しないで利用可能とする。
- ②一般電話回線を利用したパソコン通信機能を持たせ、迅速なデータ転送を可能とする。
- ③現場計測データの採取は、パソコン通信を介することにより遠隔操作による管理を可能とする。
- ④本社システム管理以外の、解析計算を含むすべての機能を現場のシステム上で稼働可能とする。
- ⑤計測データは原則として各現場で保存し、必要に応じてファイルの任意の部分を取り出して転送することができることとする。

⑥使用言語は現場の技術者が理解できるBASICを基本とする。

⑦作業手順を十分考慮した操作性とマン・マシンインターフェイスを確保する。

2.2 システムの構成・特徴

システムは大別して3つの工種に対応している。すなわち、①切土斜面に関するもの、②山留め・地下水処理に関するもの、③盛土・埋立に関するものである。ハードは、パーソナルコンピュータを主体として、計測器、通信用機器により構成されている。計測器、通信用機器については、現在市販されているもののほとんどを結合可能とすることにより、複数メーカーにまたがってコストや性能を考慮し、各現場に応じた機器の選定が行えるようにした。

これらの3つのシステムはそれぞれ、(1)データ採取・作図・作表などの現場計測編、(2)本社・現場間でのデータ送受信等の通信編、(3)各種解析処理の解析編、(4)システム保守の4つの機能によって構成されている。

本システムの特徴の内からいくつか挙げると次のようなものがある。

①リアルタイム管理計測

自動計測と通信とが組合わさったもので、本社と現場とがそれぞれの画面上で、同時にリアルタイムにデータの変化を確認することができ、本社による迅速かつ効果的な現場支援を行うことができる。これは危険の迫った現場において特にその効力を発揮する機能である。

②オプション作図

ユーザーが、作図フォーマットを任意にかつ簡単に設定できる機能である。これにより、各現場に応じて作図フォーマットを作成し、そのフォーマット上に計測データや解析結果を表示することができる。このため、計測結果の把握が容易となり、現場の状況をより迅速かつ的確に判断できることとなる。(図-1 参照)

③解析機能

現場での情報化施工をより容易にするために、円弧すべり解析、山留めの逆解析、圧密沈下解析をはじめ各分野の情報化施工に必要な種々の解析機能を組み込んだ。なかでも、切土斜面システムに組み込まれている「総合評価機能」は、対話式で画面上の質問に回答していけば、エキスパートと同等の判断を得ることを可能とした現場管理支援機能である。

2.3 システムの運用体制

運用体制は図-2に示す通りである。本社情報化施工管理チームは、システム開発を進める一方で下部組織の管理、全国支店レベルへの普及活動、操作者教育などを行っている。各支店2～3名のキーマンは、管内の現場におけるシステム運用の指導に当たっている。現場計測担当者はキーマンの指導を受け、計測機の設置・計測・データ処理・解析などをそのレベルに応じて行っている。本社情報化施工管理チームは、リアルタイム管理計測機能等を利用して、

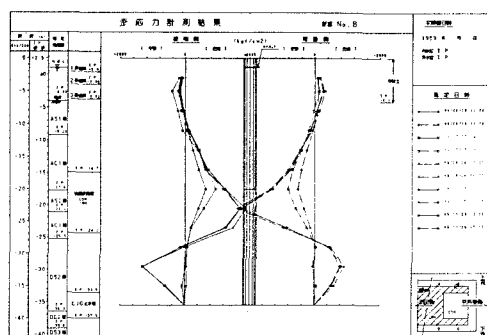


図-1 オプション作図例

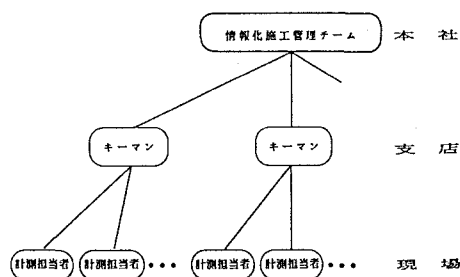


図-2 運用体制

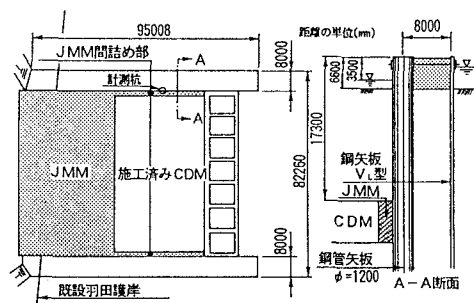


図-3 地盤改良施工図

直接、現場を支援する場合もある。

3. 適用事例

3.1 工事概要

本工事は、二重締切りにより運河を締切り、道路トンネルを構築するものである。トンネル構造物は、沖積粘性土層を中心とする軟弱地盤上に構築されるため、山留め壁の受働耐力の増加および躯体下の地耐力確保を目的として地盤改良が実施された。(図-3、4参照)

ここでは、安全管理を目的として、地盤改良時における山留め壁の挙動をリアルタイムに計測し、かつ、本社においてもパソコン通信機能を利用して現場を支援した結果について報告する。

3.2 計測概要

地盤改良が山留め壁に及ぼす影響を把握して、改良中の山留めの安全性を確認するために、山留め壁に発生する応力、土水圧をリアルタイムに計測管理した。応力に関しては写真-1に示すような応力断面分布図を計測室のパソコンのCRT画面に常時表示して管理した。さらに、山留め近傍改良時にはパソコン通信を利用して本社においても同じCRT画面を見ながら現場支援を実施した。(写真-2参照)

3.3 結果

(1) 計測結果

ここでは、間詰め部改良中の(図-3参照)計測結果について報告する。図-5、6にそれぞれ山留め壁の増加変形量および増加応力を示す。また、図-7に計測杭と地盤改良の位置図を、図-8に山留め壁発生応力の経時変化図を示す。地盤改良により山留め壁が最大で約4cm変形し、掘削前の時点で山留め壁の応力が許容応力度まで達した。この対策として、地盤改良後に山留め壁の補強を行った。その方法としては、地盤改良位置(鉛直方向)を挟んだ10m区間の鋼管矢板をH鋼(H-588)と鉄筋籠(D51)および中詰めコンクリート($\sigma_{ck}=300\text{kg/cm}^2$)によるSRC構造とした。

(2) 管理体制

今回、現場計測管理担当者による管理に加え、山留め壁近傍改良時には、本社においてもリアルタイムに現場と同じ画面を見ながら現場支援

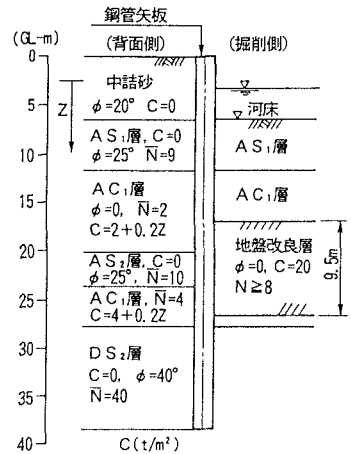


図-4 計測杭位置での地質断面

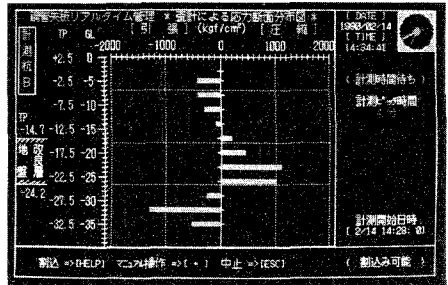


写真-1 リアルタイム管理図
(山留め壁応力の分布図、CRT画面)

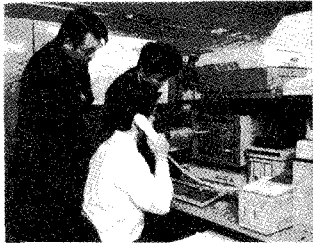


写真-2 パソコン通信状況

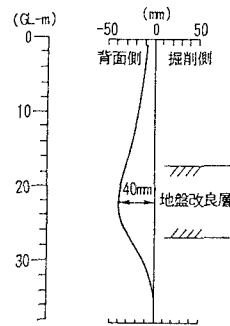


図-5 山留め壁の増加変位

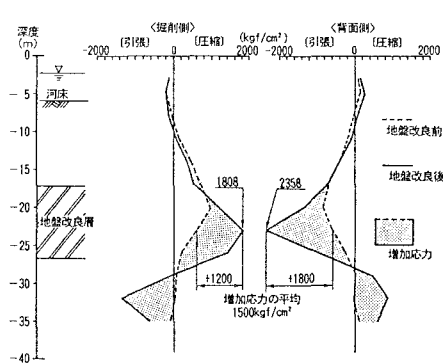


図-6 山留め壁の増加応力の分布図

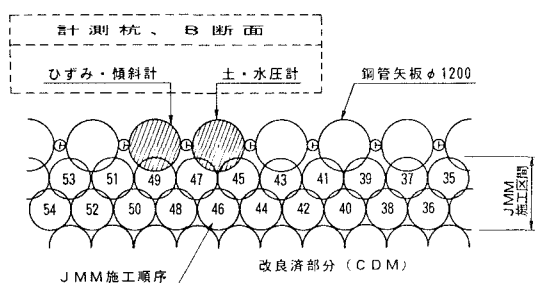


図-7 計測杭と地盤改良の位置図

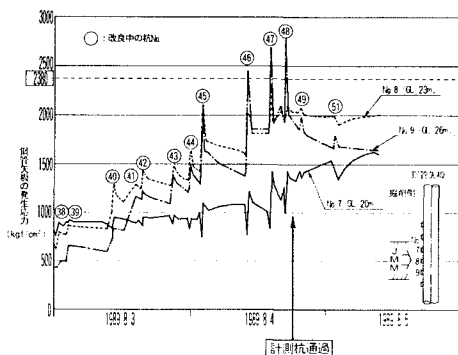


図-8 発生応力の経時変化図

を行った。地盤改良時の山留め壁の発生応力は図-8に示すように瞬時に大きな値を示すこと、地盤改良は昼夜連続で実施されたことなどから、地盤改良機オペレーターへの時間遅れの無い指示が重要となる。ここではこの問題に対して本社のエキスパート、現場計測担当者、地盤改良機オペレーターがリアルタイムに連絡を取り合いながら管理を行い、地盤改良工事を無事終了することが出来た。地盤改良後には山留め壁の補強を実施せざるを得なくなったが、今回実施したような管理体制は今後の管理のあり方の一つの方向を示すものとする。

4. 今後の課題

今後の課題としては以下のようなものがある。

- ①本システム適用現場の計測担当者等の生の声を吸い上げ、さらに使いやすいシステムにしていく必要がある。
- ②EWSやラップトップコンピュータを活用し、さらに柔軟性のあるシステムにしていく必要がある。
- ③運用体制としては、本社・支店・現場担当者の質・量ともに強化し、人間のネットワーク化を推進していく必要がある。

<参考文献>

- 1)石崎英夫、大田弘、井上嘉人：斜面情報化施工管理システム (REALS-S) の開発と適用例、土木学会第6回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会、1988年12月
- 2)大田弘、吉本豊彦、生駒尚己、加登文士、大形誠、宮本則幸：山留め・地下水情報化施工管理システムの開発、土木学会第44回年次学術講演会、平成元年10月
- 3)大田弘、吉本豊彦、生駒尚己、加登文士、大形誠、宮本則幸：汎用型山留め・地下水情報化施工管理システムの開発、第7回情報マネジメント問題に関する研究発表・討論会、1989年
- 4)石崎英夫、大田弘、大形誠、宮本則幸：新たな情報化施工管理システムへの試み、第15回土木情報システムシンポジウム、1990年10月