

(II-6)

土工管理支援システム (CIEMIS) の開発

Development of the Earthwork Management System

○(株)間組 松本茂生*
(株)間組 石原公明**
(株)間組 須田清隆***

By Shigeo Matsumoto, Kimiaki Ishihara, and Kiyotaka Suda

最近の大規模土工事において深刻化する人手不足と土構造物の高品質化、土工の効率化対処するために土工の自動化、合理化が求められている。その方法の一つにコンピュータを利用した施工管理技術の開発がある。日常の現場管理業務では出来形管理、材料管理、品質管理、計測管理、運土管理、機械管理及び動態観測などのさまざまな管理情報が発生し、その作業量は膨大なものがあり、これらの情報を正確に整理分析し、リアルタイムに情報を現場技術者に提供することが可及の課題となっている。また、定型化した帳票類の作成なども効率化に大きな影響を及ぼす。本システムの開発はこうした土工事の情報化土工と自動化を目指して取り組まれており、現在、一部にパイロットシステムとして導入されている。また、同時に施工機械のロボット化、自動化なども平行して進められている。

【キーワード】 〈施工管理技術、システム開発、土工事、自動化、情報化施工〉

1. はじめに

最近の大規模土工事においては、理想的な立地条件で行われることは少なくなりつつあり、高盛土工事や沈下が予想される場所での大量急速施工が要求される場合が多くなっている。さらに、施設の大規模化にともなう土工事の高品質化要求は高度な計画技術、設計技術、施工管理技術が必要となり、日常の現場管理業務は膨大なものとなっている。そのため、筆者らは土工事における日常の現場管理業務を分類分析し、さまざまな条件に応じた管理業務のシステムかを図り、データベースを介して一元管理を可能にする現場管理システムCIEMISの開発を行った。以前より他業種、特に製造業においては製造過程におけるCIMが進行しており、設計、生産

の一体化が図られており、建設業においても最近の人手不足は深刻化しており、システム化、ロボット化技術が研究開発されているが多くのものが、まだ発展途上にある。今回開発したCIEMISも一部の現場に採用されているが、まだパイロットシステムの域にあり、今後多くの研究すべき課題が残されている。本報では実際の適用事例とともに現在開発段階にあるものも含めて紹介する。

2. 土工管理の現状と問題点

最近の土構造物は施設の大型化にともない大量急速施工や高盛土に対する技術的対応が必要となり、ますます施工の生産性向上と高品質を目指した現場管理が必要とされている。

土工事の実務には材料管理、運土管理、機械管理、出来形管理などの多岐にわたる管理業務があり、その情報量は膨大なものがある。そのため、現場技術者の日常業務はこれらの情報の収集整理に追われ、技術者としてこれらの情報からの的確な判断を下す本来の任務が見失われがちである。こうした状

* 土木本部設計部 03-3405-1153

** 技術本部土木開発部 03-3405-1152

*** 技術本部CAD技術室 03-5474-1190

況を解決するためにこれらの管理業務における機械化、自動化の促進が必要不可欠な時期にきている。特に、土工事において土工量を中心とする数量データ管理は各種管理業務の根幹をなし、測量業務の省力化、自動化が重要な課題となっている。

さらに、最近では施工の品質確保上、施工中施工後の動態観測業務も品質管理業務の中で重要性を増し、高盛土工を伴う工事においては必要不可欠である。

3. システムの全体概要

当社で開発中の土工管理システムの概要を図-1および図-2に示す。本システムは大きく2つのシステムからなる。1つは基本計画支援システムと呼ぶ本社のホストマシンを核とするシステムと現場の管理データを保存編集するワークステーションによる現場支援システムからなる。この2つのシステムを公衆回線によってオンラインで結んでおり、本店技術部門によるホストコンピュータでの基本計画支援システムによる3次元地形表示の処理や、他の解析システムによる計算結果などのフィードバックを行い、施工品質、安全品質の向上をはかっている。

また、現場管理データベースに蓄積された日々変化する現場の情報を抽出し、本社のホストコンピュータに蓄積することにより、貴重な現場情報をデータベース化して保存することが可能である。

現場管理システムは次の6サブシステムそれぞれのデータを統括する現場管理データベースからなる。

ハードウェアには管理データが膨大となるためワークステーションを用い、各サブシステムはウィンドウ環境を用いて、同時に動かすことが可能である。また、基本計画支援システムのうち地質地形などの基本データはホストコンピュータにデータベースとして登録されている。

本システム開発においてもっとも留意した点は現場でのオペレーションを極力簡易にしたことである。

オペレーションは基本的にマウスやタッチパネルによって行い、コマンドをキーボードによる入力はシステム立ち上げ時以外は皆無にした。

また、システム内の言葉遣いも現場内で管理されている言葉をそのまま採用し、違和感なく利用できる。

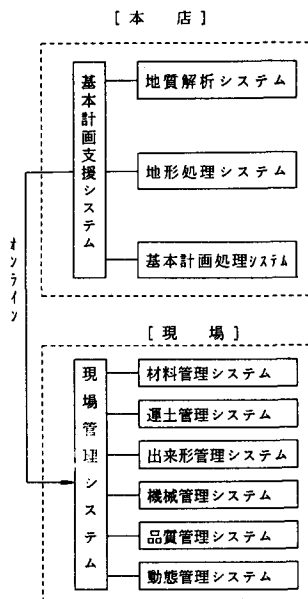


図-1 システム構成

る。出力帳票類も各現場のニーズに対応できるようにフレキシブルなフォーマットが採用されている。

以上の点を留意した結果、MMI（マンマシンインターフェイス）が良好となり、スムーズな運用が可能となった。

4. サブシステムの概要

(1) 材料管理システム

材料管理システムを構成するデータは現段階ではダンプ運搬のデータ（土工数量データ）が日常的な管理データの中心となっている。

土工数量データは次のようなデータ項目からなっている。

年月日／材料名／土量／ダンプ名／切土場名／
盛土場名／仮置場名

これらのデータを日常的に管理し土工事の進捗状況を管理している。これらのデータの収集は従来は現場技術者が野帳に記録することによって行われていたが写真-1に示すようなハンディターミナルを運転手に持たせ作業終了後にハンディターミナルのデータを現場のワークステーションにモデムを介してシステム内にデータベースとして取り込んでいる。

そのため、現場技術者の手を煩わすことなく日々の土工数量を把握することが可能となった。

このシステムでは各種の編集機能を生かして材料別、盛土場別、切土場別等に月別土工数量、累積土工量などの各種の帳票類を整備して帳票作成の簡素化をはかっている。(図-3, 図-4 参照)

なお、土工数量データベースは定期的な自動測量によって見直しが可能になっている。

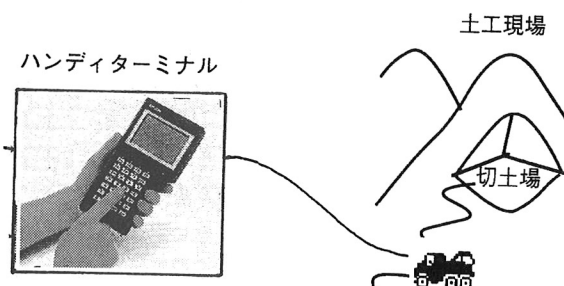


写真-1 ハンディーターミナルによる管理

土工数量管理システム (1991/5/29) *****

実行ファイル: ./data/test

作業

作成 : 90/11/01 --- 90/11/30

切土場 : * --ALL

盛土場 : * --ALL

材料名 : * --ALL

運転手 : * --ALL

出力順序 : D Z M K U

日付 材料 盛土 切土 運転

中継集計点 : D M D W O Z M K U

無日 週月 材料 盛土 切土 運転

出力内容 : S A S

全体 集計のみ

リストファイル : jlsseki.2

終了

図-3 材料管理入力画面

土工数量管理システム (1991/5/29) *****

実行データ *****

C S M	番号	年月日	時分	切土	盛土	機材	材料	運搬量
1	901101	9:00	C-2	B-2-5	12	A		64
2	901101	9:00	C-2	B-2-5	21	A		65
3	901101	9:00	C-5	B-4-6	16	A		41
4	901101	9:00	C-5	B-4-6	20	A		31
5	901101	18:00	C-5	B-3-2	22	B		59
6	901101	9:00	C-5	B-3-5	15	B		62
7	901101	9:00	C-5	B-3-5	23	B		20
8	901101	9:00	C-5	B-3-9	20	B		11
9	901101	9:00	C-5	B-3-9	812	B		56
10	901101	18:00	C-5	B-4-2	15	B		52
11	901101	18:00	C-5	B-4-2	16	B		55
12	901101	18:00	C-5	B-4-2	23	B		54
13	901101	9:00	C-5	B-4-5	23	B		22
14	901101	9:00	C-5	B-4-5	27	B		5
15	901101	9:00	C-5	B-4-5	811	B		55

終了

図-4 材料管理出力画面

(2) 運土(計画)管理システム

このシステムの核となるデータは土工数量データベースから取り込まれ、日常の切土場、盛土場の数量の把握から線形計画法によって現場で運土計画がたてられるようになっている。

運土計画は基本計画時にはシステム的に行われるが工事途中においては基本計画時の運土計画を微調整する程度で進められることが多いが、本システムでは現場の状況に応じた制約条件下において長期、短期の運土計画が出来るようになっている。そのため、天候不順などによる状況変化に対してフレキシビリティをもった運土計画が出来るようになっている。運土計画において制約条件項目の数が運土計画の柔軟性に影響するが本システムでは次のような制約条件を取り込むことが出来るようになっている。

制約条件

土取場の指定/盛土場の指定/仮置場名/材料名
切土量/盛土量/仮置量/ルート指定 / ダンプ
名/稼働率/工期指定

これら制約条件については各現場での使用実績を見て随時変更更新する予定である。

(3) 出来形管理システム

日々の出来形管理は土工数量データベースのなかのダンプ検収数量とあらかじめ各切盛土場のH-V(高さ-容量)曲線を設定し、各切盛土場の地形表示を行っている。そして、定期的な測線測量によって定期的に修正が加えられるようになっている。

測線測量は光波自動測量によりデータレコーダーを介してシステム内に取り込まれ、既存の地形データと比較することにより材料別数量算定が行われる。

現段階では現場管理の都合上、平均断面法による数量算定や2次元断面表示による地形表示が本システム中心となっているが将来的にはすでに開発されている3次元のCADシステムとリンクさせ、3次元表示による出来形管理に移行する予定である。

しかし、3次元データによる管理システムは工事の積算体系がまだ2次元であることからイメージ性が強く、今後、積算とリンクするようになると開発のスピードは加速化されるだろう。

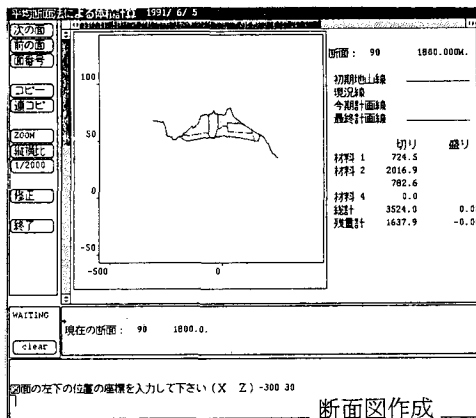


図-5 出来形管理出力画面

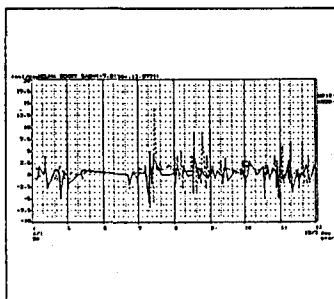


図-6 土量変化率帳票

(4) 機械管理システム

大規模土工事においては多様な重機が搬入され、その稼働状況や作業能力を把握し適切な重機配置を行うことが重要な課題となっている。

本システムにおいては各種重機類の管理に対応出来るようにシステムとしては受け皿を用意している。

これまでの利用については、もっとも工事に影響の大きいダンプの運行管理システムの利用が中心となっている。ダンプの運行管理のシステムは土工数量データベースの中で一部紹介されたものも機械管理システムの一部を形成している。機械管理のデータ項目には次のようなものが用意されている。

重機名／運転日／運転手名／運転時間／作業量／燃料消費量／運行経路／型式仕様

これらのデータから重機の稼働率や標準的歩掛かりなどを定期的に把握している。

(5) 品質管理システム

品質管理システムには含水量試験、締め固め試験、透水試験、密度試験などの各種土質試験結果を位置属性をつけて管理している。空港工事などにおいては大量急速施工が要求される場合には土質試験による材料分類が工事の進捗に大きく作用し、迅速な材料仕分けが空港工事の現場技術者の重要な仕事となっている。また、品質管理に関する帳票類の作成は現場技術者の大きな負担となっている。そのため、本システムには各材料試験の統計処理機能や各種の編集機能、および、各種のフレキシブルなフォーマットを持つ帳票類を作成した。そのため、現在は今まで以上に現場技術者が効率的に日常の品質管理状況を把握することが可能となっている。さらに、位置属性を持たせることにより、各材料の切土場から盛土場までの経歴を追跡することが可能である。図-8、図-9に品質管理試験システムの一例を紹介する。

試験データ選択処理 (ゾーン1) データ登録・更新処理

☐ 1. 土の含水量試験 ☐ 8. 土の締固め試験
☐ 2. 現場密度試験 (砂置換法) ☐ 9. 土の液性限界・塑性限界試験
☐ 3. 現場密度試験 (R1法) ☐ 10. 片重、吸水量試験
☐ 4. 粒度試験 (ふるい分け) ☐ 11. 粒度試験 (2000 μ mふるい通過率分)
☐ 5. 土の透水試験 (変水位) ☐ 12. 日報 (急速管理)
☐ 6. 現場透水試験 (定水位) ☐ 13. 日報
☐ 7. 土粒子の比重試験 ☒ 14. 終了

確認

図-8 品質管理データ登録画面

盛土管理日報 (ゾーン1)					
ダム名		材 料	土取場名	原石山	
計画名			土質名	I期	
試験月日	1991/9/30		機種	SP60	
天 候	晴れ		転注方法	まきだし型	
試験者	角山重剛		転注回数	8	
		密度測定方法	砂置換法		
サン プ ル 取 得		①	②	③	平均値
ゾ ー ン の 種 別		数値			
堤 体 上 の	取 得	10			
	支距又は盛高	15			
試験地点	標 高	350			
	盛立前含水比(w _{in}) (%)	19.5			
ストックヤード	盛立時含水比 (w _{opt}) (%)	17.1			
	w _f -w _{opt} (%)	2.4			
堤 体	D 値 (%)	98.7			
	片重量 (%)	90.6			
	盛立時含水比 (w _{opt}) (%)	17.5			
	盛立材の含水比 (w _f) (%)	19.2			
	w _f -w _{opt} (%)	1.7			
不合格盛土の処理方法					

図-9 品質管理日報の例

(6) 動態観測システム

最近の工事の大型化にともない、工事の安全施工の上から動態観測の重要性が高くなっている。

動態観測は変位計、傾斜計、伸縮計、沈下計、間隙水圧計、地下水位計などの各種計器によって行われている。これら計器からのデータは時系列データとして膨大な量となり、そのデータをリアルタイムに処理し、技術者に的確な推移分析結果を提供することが重要である。

一方、観測に使用される多くの機器類のデータは各メーカーによってまちまちであり、従来はそれらの計器ごとに独自の図化分析を単独システムとして行っていた。本システムではこれら計器とオンラインで結びインターフェイスプログラムにより、共通したフォーマットを有するデータベースとして保存している。また、これらのデータは本社技術部門とデータベースを共有化することにより、計測結果の再評価を現場にフィードバックしたり、法面変形等の異常値に対しては予知警告を出すシステムとなっている。図-10に各計器の出力例を示す。

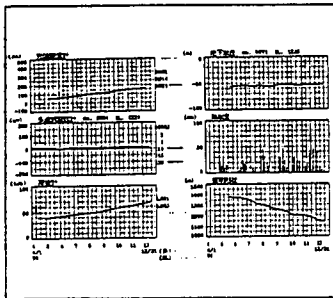


図-10 動態観測出力帳票

6. 今後の課題

現段階における土工管理システムの開発状況をこれまで記述してきたが、開発はまだその緒についた段階であり、今後数多くの現場に適用を重ねてシステムをブラッシュアップしていく必要がある。

今後、開発を進める上の課題としては次のようなことがあげられる。

(1) 測量システムの開発

- ①広範囲自動測量システムの開発
(航空測量や人工衛星の利用)

- ②切り盛り工事における定期、定点測量システム開発(定置カメラによる形状認識)

(2) 出来形管理

- ①3次元切盛地形表現
- ②積算との連動

(3) 運土計画

- ①運土計画における現場状況の分析と各種制約条件の整理定式化(気象、仮設道路情報)

(4) 機械管理

- ①多様な機械への展開、データ項目の抽出

(5) 品質管理

- ①必要情報の厳選、データの保存法の確立
- ②3次元位置情報とのリンク

6) その他

①帳票類の統一

各期間の帳票類のフォーマットが一定しないため、現場導入時に独自の帳票類の整備が必要となり、余分な導入費用が必要となる。

②技術者教育とMMI(マンマシンインターフェイス)の充実をはかる。

③システム化への機器類の初期投資が大きくシステム開発にともなうコスト低減効果を定量化する必要がある。

7. おわりに

本システムは現在石見空港(企業者:島根県)と味噌川ダム(企業者:水資源公団)の工事において試験的に導入され、かなりの効果をあげている。

しかし、まだ試験的な段階でもあるため、今後各種の不具合をなくす必要がある。今後、一層建設業においても人手不足が予測される中で、日常的な工事の大規模化にともない現場管理業務はますますきびしくなるものと思われる。そのため、現場の生産性向上と高品質を維持向上していくためには現場技術者を単純作業から解放するための現場支援システムの開発を一層進めて行かなければならない。また、本社一支部一現場間でデータベースの共有化を進め情報ネットワークを構築することが今後ますます重要になってくる。

最後に本システム開発にご協力いただいた石見空港、味噌側ダムの関係者、及び関係各位に深く感謝する次第であります。