

汎用計測管理システムの開発と斜面工事への適用例

Development of general-purpose measurement data processing system
and its application for slope work

東急建設㈱ 馬場 一秋*
古橋 健治*
門倉 博之*

By Kazuaki BABA, Kenji FURUHASHI, Hiroyuki KADOKURA

工事における計測管理は現在ごく一般的に行われているが、この際使用する計測データ処理システムは、大別すると以下の2種類に分けられるようである。

- ① 工事ごとに開発し、他の工事で使用するにはかなりの修正が必要なもの
- ② 工種（例えばNATM）や計測項目（例えば挿入式傾斜計）ごとに専用なもの
すなわち、土圧計、傾斜計などの多数の計測項目を処理し、且つ多くの工事で利用できるという汎用的なシステムはほとんど無いように思われる。そこで、筆者らは、「すべての工事で利用できる」事を目標に汎用計測管理システムの開発を行って来た。

本論文は、システムの開発経過と機能面での特徴およびロックボルトと大型ベアリングプレートを用いた斜面安定化工法への適用例を紹介するものである。

〔キーワード〕 情報化施工、汎用システム、プレゼンテーション、ロックボルト

1. はじめに

情報化施工の一般化に伴い、計測データ処理システムの果たす役割はますます重要なものとなり、加えて様々な機能が要求されるようになってきている。筆者らは、昭和60年から様々な工種の計測管理に幅広く使用できる汎用的な計測管理システムの開発を開始した。1次開発のシステムは、鉄道工事における二重締切土留工を対象としたものであったが、その後NATMやシールドの立坑などの計測でも使用できるように機能追加を行った。また、計測システムは土木、建築にほとんど差がないため、若干の修正で建築工事にも使用できるシステムに改良することができた。その後、平成3年から抜本的な見直しを行い、表計算ソフトとの連動なども考慮して2次開発を行い、昨年開発を完了した。

本論文は、システムの開発経過と機能面での特長および適用例を報告するものがある。

2. 開発経過

2.1 1次開発

1次開発において留意した主な項目は、以下の通りである。

① 汎用性

できるだけ多くの工種、計測項目に対応するシステムとする。

② 計測方法

指定時刻に無人計測を行う完全自動計測の他、任意時刻にキーボードからの指示で計測を行う半自動計測、データを手入力する手動計測を可能とする。

③ 作図機能

・分布図 計測結果が一目で把握できるような任意の作図を可能とする。

・経日変化図 表示する計測項目とその座標軸の位置や表題を自由に設定できる。

④ 作表機能

表示する項目や表示桁数の任意設定を可能とする

③、④については、計測結果の表示も大切なプレ

* 情報システム部

☎044-860-2000

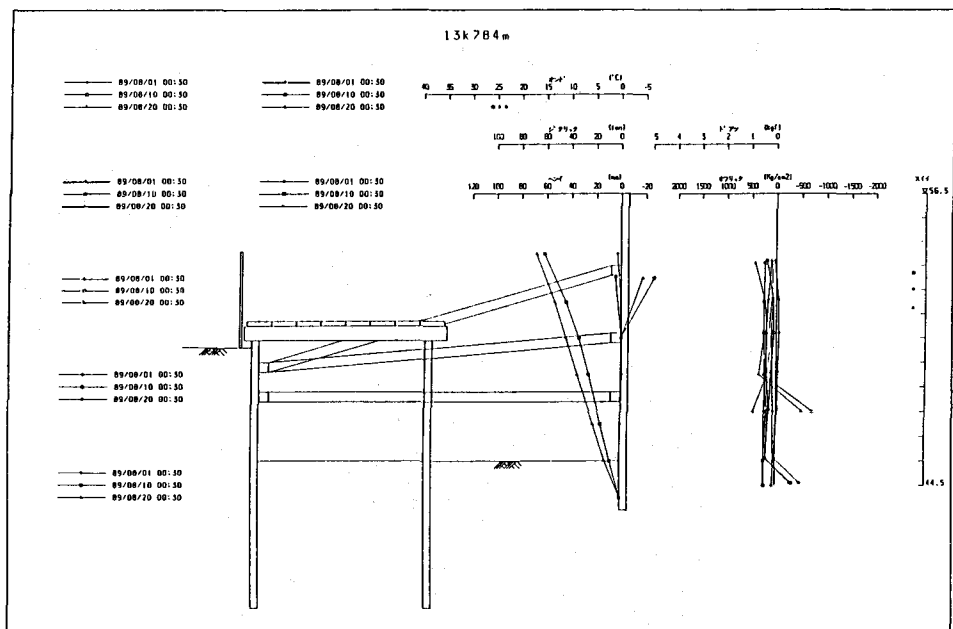


図1 分布図の例

ゼンテーションと考え、特に重点的に検討を行った。それまでのシステムには、いくつかの問題があったが、分布図においては、以下の2点が大きな欠点として指摘されていた。

- ① 作図は計測項目ごとに行うため、計測断面が同一でも図面は別々になるため、総合的な把握が行いにくい。
- ② 結果の表示は簡単な折れ線グラフのみでこなわれており、どの計測断面の結果であるか判断しづらい。

そこで、次のような工夫をおこなった。

- ・ 計測システムに簡単なグラフィックスを組み込む
- ・ グラフィックスを用いて描かれた図上に、任意の計測項目を任意の位置に表示する

この結果、図1に示すような計測結果が総合的に判断できる分かりやすい図面の作成が可能となった。

コマンドは直線、長方形、円、文字、グラフ、ハッチの5つであり、これを組み合わせて図形の作成を行う。

また経日変化図については、表示項目や表示方法が固定されているため、工事ごとの特色を表す図面の作成ができないという問題があった。そこで、

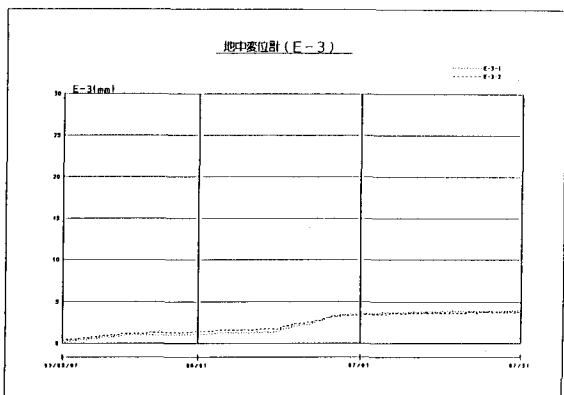
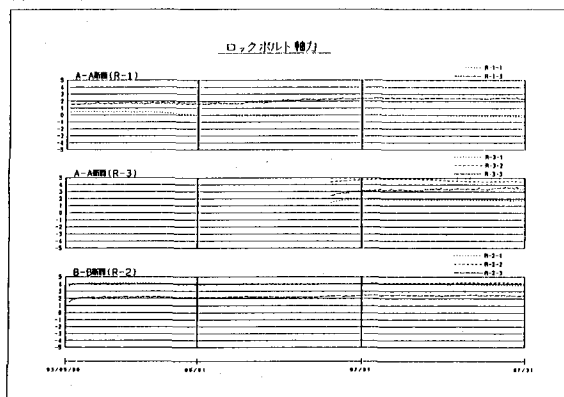


図2 経日変化図の例

- ・ 表示項目、注釈
- ・ 1枚の図面に表示する座標軸の数（最大4個）と原点位置、縮尺
- ・ 図面サイズ

などを任意に設定できる機能を設けた。これによる作図例を図2に示す。プログラム修正は一切行わずこのような図面を任意に設定することが可能となりニーズに合わせた経日変化図の作成が可能となった。経日変化図設定画面を図3に示す。

*** 経日変化図作成情報設定 ***

Fig No. ==> 2
Title ==> A断面
(作図情報一覧表)

NO.	Fig. name	pen	Line	Mark	Scale	lx	ly
24	5-SV-T	1	1	0	1	230	265
25	5-SV-Y	2	2	0	2	230	260
26	799-GL	4	0	0	3	230	135
27	1-L	1	1	0	4	230	70

作図する項目数 (Max=10) ==> 4
スケール数 (Max=4) ==> 4
時間軸始点X座標 (mm) ==> 50
時間軸始点Y座標 (mm) ==> 10
使用する原図番号 (0:無) ==> 0
タイトル始点X座標 (mm) ==> 150
タイトル始点Y座標 (mm) ==> 270
タイトル文字サイズ (mm) ==> 150
備考欄(1)フラグ ==> 0

(スケール情報一覧表)

NO.	Scale title	Ypos	Height	Maximum	Minimum	Pitch
1	傾斜計	210	50	10	-10	4
2	傾斜計	145	50	20	-20	4
3	沈下(mm)	80	50	20	-20	4
4	温度(℃)	15	50	40	0	4

SHIFT[Alt]: 作業1軸 [Del]: 作業2軸 [F4]: 次図面 [Esc]: 終了

図3 経日変化図設定画面

- また、当然のことではあるが、
- ・ チャネル個数、最大計測回数の変更
 - ・ 盛替
 - ・ データの修正、削除

などの事故や計測条件の変更への対応も可能とした。尚、使用パソコンは社内の標準機としているF9450(現在はFMR50 A 富士通機製)、OSはAPCS、使用言語は技術計算用BASICであり、図面の出力はプロットで行うものとした。

このシステムは、鉄道工事や道路工事など土木工事で使用を開始したが、昭和62年より建築工事でも使用するようになった。建築工事では工期が短いため、土木工事のような大規模で多岐にわたる計測を行うことは少なく、挿入式傾斜計を用いた山留壁の変位計測のみという場合が多い。そこで挿入式傾斜計の処理部分を分離し、更に図面出力もプリンタへのハードコピーという「コンパクト版」の整備も行った。

2.2 運用体制

計測システムは現場で使用する必要上、運用体制が難しい場合があるが、次のような方法を現在でも用いている。

- ① システムのインストール、利用指導は情報システム部で行う。
- ② バグ対応も情報システム部で行うが開発当初はプログラムの開発業者に委託する。
- ③ 図面作成などのオペレーション業務は、通常計測業者に委託する。ただし、現場技術員が行う場合もある。

平成3年まで、土木、建築合わせて約70の工事でこのシステムを利用した。この内、自動計測を行ったのは15工事であった。また、土木と建築の比は約2対3で建築の方が多かったが、建築の70%は挿入式傾斜計のみの利用であった。

2.3 2次開発

1次開発では、作図、作表機能を中心に「任意の設定」による汎用性を徹底的に追求した。その結果機能面ではほぼ目標通りの成果を上げたと考えている。反面操作性という面では課題を残しており、また、

- ① 測定装置（データロガー）の発展への対応
- ② Lotus1-2-3やMicrosoft Excel などの表計算ソフトとの連携
- ③ パソコン通信の効果的利用

など、新しい技術への対応が要求されるようになってきた。

そこで、平成3年より2次開発に着手した。2次開発ではOSをMS-DOSに、言語をCに変更する他、次のような機能を追加した。

- ① 操作はメニューバーをマウスでクリックして行う（ファンクション・キーによる操作も可能）。

画面例を図4に示す。

PC9821 Copyright (c) 1992 TOKYU CONSTRUCTION

12/27 2:42:03 31/1/22

6:定価172.00 印刷 9:計測回数 9:27回 10:42.7

< 計測条件の設定 > 7:9開成 = (A:Ytest 1) 記録回数 (27回)

- 印刷出力機能
 - ・ 表計算出力時出力 0 (0:OFF 1:ON)
 - ・ 印刷後の改行数 0 (0:OFF 1:常時ON 2:記録時ON)
 - ・ 印刷後の改ページ 0 (-1~20 : -1は改ページ)
- 計測インターバル (0~1440) 0 分 (0 は未使用、00:00:00を起点)
- 定時計測有効範囲 (0~24) 23 回 (" , (6:定時)で設定)
- 計測項目の表示or印刷 (0:未固定) 1 (1:固定の設定は 17:表、印)
- グラフY軸: 最小 -500 最大 500 10 Y軸単位 kg/cm² (半角82°)
- 経時変化
 - 分間数 10
 - 表示時間長 6
 - 時間単位 3 (1/分 2:時 3:日)
 - 分間数 6
 - 時間単位 3
 - 時間単位 6
 - 時間単位 11
 - 時間単位 1
 - 表示開始記録回数 1

1992/07/31 12:00:00 (1のとき春期)
1133220726113322072610は次回より

図4 操作メニュー画面例

- ② FD（フロッピーディスク）を持つデータロガーの場合、FDにデータを蓄積し、一括してパソコンに取り込む事が可能。
- ③ データ（計測生データあるいは加工後のデータ）のテキストファイル出力が可能。これにより表計算ソフトへのデータ引渡を行う。
- ④ 計測結果のリアルタイム・グラフィック表示が可能。
- ⑤ 経日変化図では、折れ線グラフだけでなく棒グラフによる出力も可能。
- ⑥ パソコン通信を用いたデータ送受信が可能。
- ⑦ データの2次、3次加工において、複雑な演算式を設定できる（図5）。

システムは平成4年9月にほぼ完成し、現在稼働中である。

FOCAS2 拡張CH再計算			
1/計算開始	3/挿入	4/削除	5/復写
6/印刷	7/削除	8/次へ	9/保存呼出
10/終了			
FOCAS2 計算領域 [b:Ytest3] 記録回数 [724] 記録CH範囲 [0] ~ [99]			
再計算範囲 (記録回数) 1 ~ 1992/03/19(木) 00:00:00			
724 回まで 1992/10/05(月) 11:27:39			
CH 取込	計算式	結果	
900 1	$[(CH001-338) \div (-0.471) + 225 - 21.5] \div (-100)$		
901 1	$[(CH001-489) \div (-0.461) + 820 - 37.5] \div (-100)$		
902 0			
903 0			
904 1	$[CH010 + CH011 - 1641] \div 2 + (-0.083) \div 30$		
905 1	$[CH020 + CH021 - 2589] \div 2 + (-0.061) \div 30$		
906 0			
907 0			
908 0			
909 0			

図5 演算式の設定画面

3. 適用例

システムは、様々な工事で利用されたが、本論文ではロックボルトと大型ベアリングプレートを用いた斜面安定化工法への適用例を報告する。

通常の土留壁を用いた工事については、計測管理の方法はほぼ確立されているが、斜面安定化工法については確立されておらず、計測管理の方法はケース・バイ・ケースというのが現状である。しかし、システムの汎用性という特長を十分に生かし、効果的な計測管理を行うことができた。ここでは、いくつかの事例の中でも難工事であった急傾斜地における建築工事の土留工にこの工法を採用した際の計測結果を報告する。

3.1 工法の原理

ここで使用している工法は、NATMの考え方を

応用し、比較的短いロックボルトと、ロックボルト頭部に設置する大型で剛性のあるベアリングプレートによって斜面の安定を保つものである。すなわちロックボルトをシステムチックに打設し、斜面表面を大型ベアリングプレートで拘束することにより、ロックボルト打設領域の地山を一体化し、その領域を地山自身の強度をもった疑似擁壁体として機能させるものである。この原理を図6に示す。

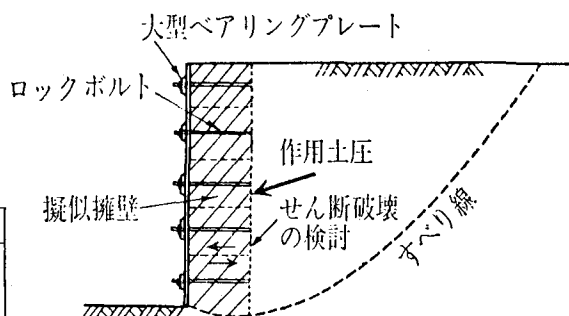


図6 工法の原理

(1) ロックボルトの働き

この工法は、「斜面内に生ずる変形によりロックボルトの作用効果が発生する」というメカニズムに基づいている。一般に、斜面において生ずる変形には、

- ① 斜面の掘削に伴う変形
- ② 降雨・地震などによる応力変動に伴う変形
- ③ 局部破壊やクリープの進行による変形

などが上げられる。ロックボルトには、これらの変形によって軸力が発生し、この軸力は地山の応力状態を改善させる。したがって、斜面内に変形が発生すれば、設計計算において求められた想定すべり線以内に打設されたロックボルトにおいて軸力が発生し、ロックボルトは十分な作用効果を発揮できる。

(2) 大型ベアリングプレートの働き

大型ベアリングプレートは、現場打ちあるいは吹付により形勢する。そのため、斜面表面に密着し、かつロックボルトと構造的に一体となっているところに特徴がある。作用効果としては、以下の点が上げられる。

- ① ロックボルトに大型ベアリングプレートを設置することにより、ロックボルトの軸力が増大するとともに、軸力ピークの位置が斜面壁面側に近づく事が実験的にみとめられている。またひずみエネルギーも多く蓄積され、ロックボルトの作用効果が高まる(図7)。
- ② ロックボルトに初期プレストレスを与えることが容易になるため、ある程度のロックボルト軸力をあらかじめ発生させることができる。

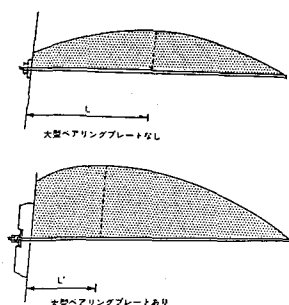


図7 ロックボルト軸力のピーク

3.2 工事概要

- ① 場所 神奈川県横浜市
- ② 建物 RC 8階建
- ③ 基礎 直接基礎、深礎杭

この地域は約40年前に起きた地すべりのためすり鉢状を呈しており、敷地の平均斜度は約30度、高低差は17mで神奈川県から急傾斜地崩壊危険区域に指定されている。

当初は、親杭横矢板方式の土留を計画していたが三方が急斜面で囲まれていることから、親杭を打設する重機の作業スペースが確保できないためこの工法を採用した。ロックボルト断面と配置を図8、9に示す。

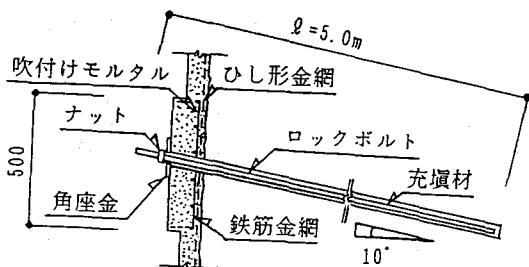


図8 ロックボルト断面

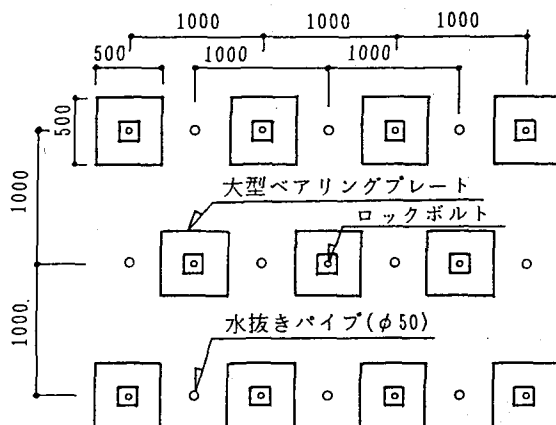


図9 ロックボルトの配置

3.3 地盤概要

図10に建物および地盤の想定断面図を示す。地盤は下末吉台地に位置し、上からローム、凝灰質粘土砂礫、砂と固結粘土および固結シルトの互層、下部の砂礫および土丹層に区別される。中間の砂礫層は帯水しており、施工中にもかなりの湧水が見られた。

下部の土丹層は新第三紀三浦層群に属する安定した地盤であり、本建物の基礎とした。

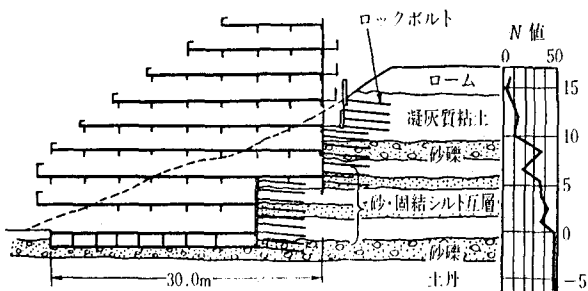


図10 断面図

3.4 設計・施工概要

設計は次のような手順で行っている。

- ① 疑似擁壁に作用する土圧の算定
- ② 疑似擁壁のせん断破壊に対する検討
- ③ ロックボルトの引抜きに対する検討

④ 大型ベアリングプレートの検討

⑤ 斜面の安定計算

ロックボルト長は5m、水抜パイプは全域にわたり
1m×1mピッチとした。

施工の特長は以下の通りである。

① ロックボルト孔の穿孔は、ロームおよび凝灰
質粘土部は人力のエアオーガー、砂礫部は機械

施工とした

② 表面保護のため法面全体にモルタルを吹きつ
けた。

③ 掘削開始からロックボルト定着のナット締め
までを1日の施工サイクルとし、必ず1日で完
了させるようにした。

土留工施工前後の状況を写真1、2に示す。



写真1 土留工施工前

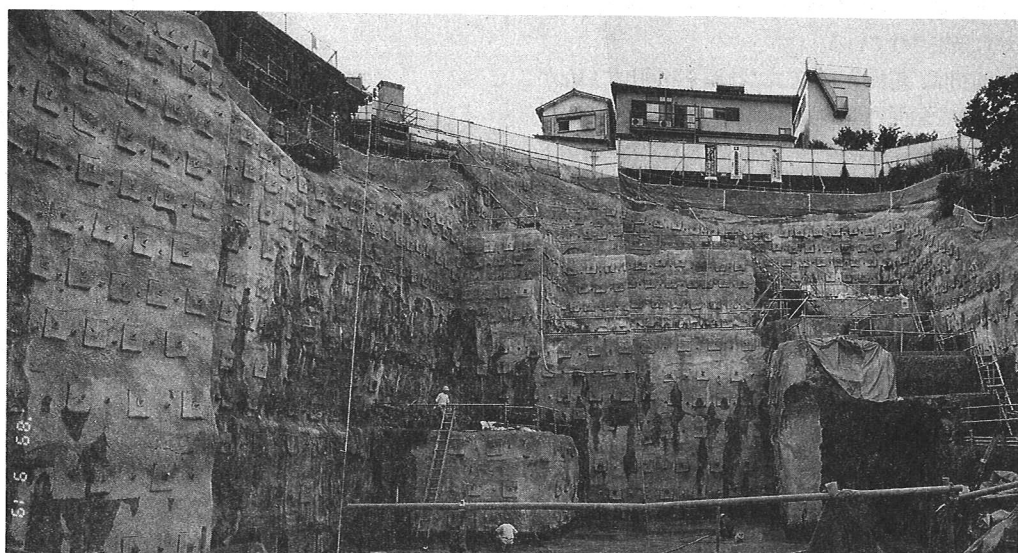


写真2 土留工完了後

3.5 計測計画

計測は以下の項目について行った。

表1 計測項目

	計 測 項 目	計 測 器	数 量
①	地山の水平変位	地中変位計	5
②	ロックボルト軸力	軸 力 計	9
③	地表面伸縮	伸 縮 計	2
④	降 雨 量	雨 量 計	1

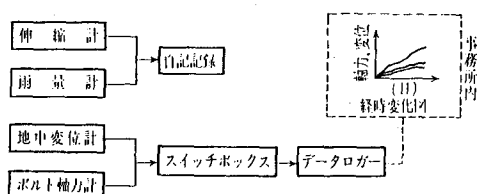


図11 処理形態

このうち、①、②について自動計測を行った。データの記録は掘削工事中は1日6回、掘削工事は1日4回とした。ただし、計測は20分間隔で行い画面による監視は常に行った。③、④はドラム上に連続記録する形をとった。処理形態を図11に示す。

3.6 計測結果

ボルト軸力、地山の水平変位の経日変化図を図12に示す。

ボルト軸力は、最大でも2t程度であり、気温による多少の変化はあるが掘削終了後は安定している。これは、他のボルトについても同様であった。

地山の水平変位については、掘削以前からクリープ的な変形が見られた。掘削開始後は、進捗とともに増加していったが安全性の面では問題なかった。

自動計測は、順調に行われた。この工事では、計測データはFDにて管理部門に送付され、

① 変位量と経過時間との相関

② 変位速度と経過時間の相関

など種々の予測計算に利用するとともに、工事終了後も、研究や営業用資料としてしばしば利用されている。

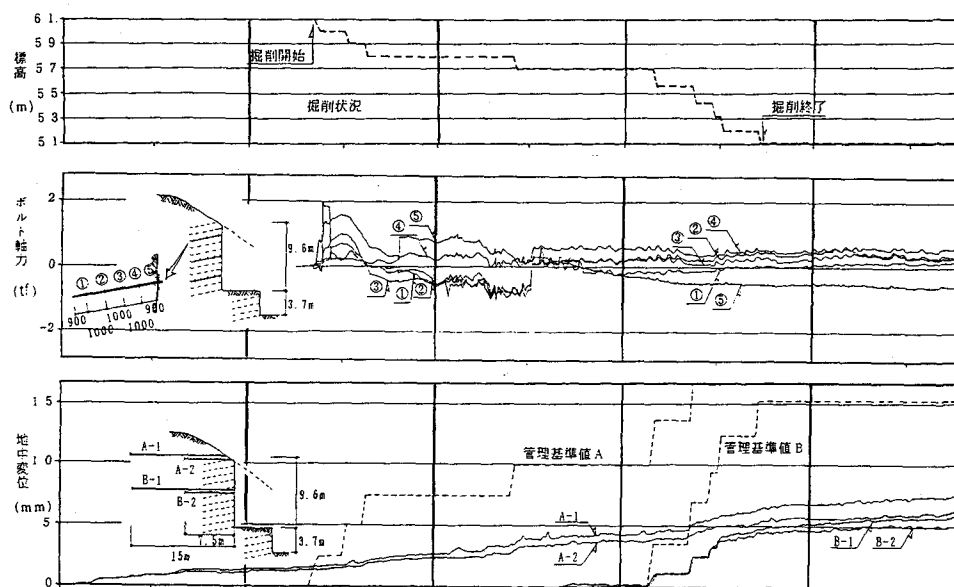


図12 ボルト軸力、地山水平変位経日変化図

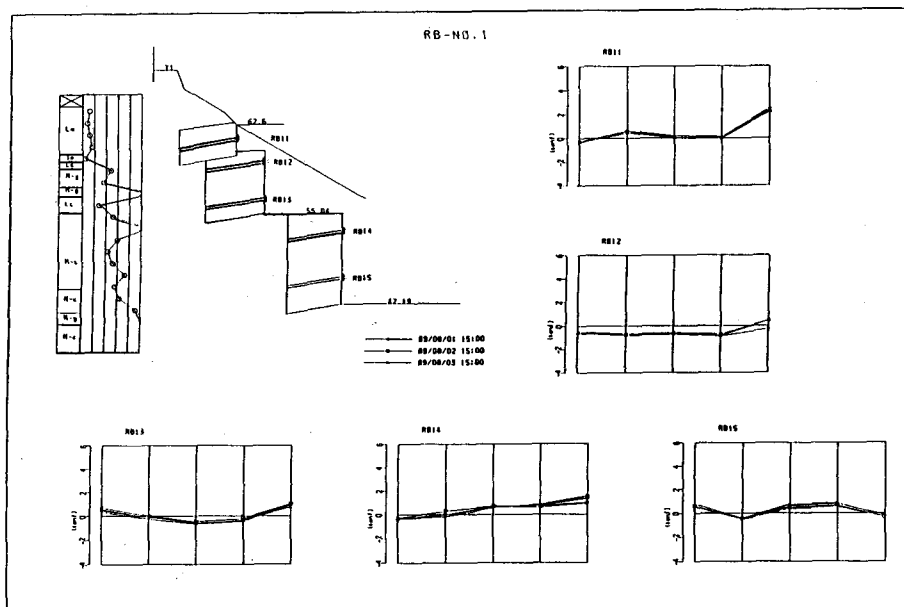


図13 ロックボルト軸力分布図

また、ロックボルト軸力分布図の作図例を図13に示す。このような分かりやすい表示方法は、管理する場合だけでなくプレゼンテーションにも有効であった。

この工事は、その後この斜面安定化工法を使用する際に参考となる多くのデータを残すことができたと同様に、システムの有効性を十分に証明した事例となった。

4. おわりに

「すべての工事で利用できる」ことを目的に開発したシステムであるが、目標はおおよそ達成できたと考えている。現在、当社ではNATMについては専用システムがあり、操作が容易であるためこれを利用する機会が多いがそれ以外の計測には土木、建築ともほとんどこのシステムを使用している。特に作図機能は効果をあげており、分布図、経日変化図とも工事ごとに特徴のある図面を作成している。また、管理部門にもこのシステムを配備し、パソコン通信やFD、ファックスで送付されるデータを処理し、現場支援に利用している。

最近では現場技術員でもこれを使いこなす者もで

てきており、普及という面でも予想を上回るものがあった。但し、使いやすさという面では課題は残している。汎用性と操作性は両立しづらいテーマであり、オペレーションは今後も計測会社等に委託する形が多いと思われる。

計測データ処理システムは汎用的システムである必要はなく、従来通り各現場で開発すれば良いという意見もあるが、このようなシステムの開発事例を報告した。これに対する、諸氏の御助言、御批判を仰ぎたい。

最後に、本論文作成にあたり貴重な資料の提供ならびに御指導を頂いた、建築技術部、土木技術部、技術研究所の関係各位に厚く感謝の意を表する次第である。