

(Ⅲ～12)

山岳渓流地における造成工事の計測管理

Measurement Controll of Land Development at Mountain torrent

東京電力株式会社 大塚 正博

佐藤工業株式会社 ○横山 正樹

佐藤工業株式会社 植松 健

By Masahiro OHTSUKA, Masaki YOKOYAMA, and Takeshi UEMATSU

近年の山岳渓流地の土木施工に於いては、構造物の品質、保全だけでなく特に環境保全が重要視され、施工途中に於いても環境管理が重要になってきている。

そして構造物の品質、安定、施工中の環境管理に於いては、情報化施工が重要な位置づけとなり、計測から得られる情報を基に工事施工管理を行うことが重要になってきている。

【キーワード】 土石流、盛土、計測、施工管理、情報化施工、環境管理

1. はじめに

近年の施工に於いては、社会環境の変化に伴って施工途中の安全・品質・工程の情報を「より早く」「より正確に」「より効率的に」把握し、その情報をもとにリアルタイムで判断を下し、現場へフィードバックできるシステムが必要となってきている。

このためには、事前の設計及び各種検討結果より定められた管理基準値を設定した計測管理システムを導入して施工管理を行う事が求められる。

今回報告する計測管理システムは、山岳渓流地に位置する基幹変電所の敷地造成工事に於ける「土石流堆積物を盛土材料とする盛土の動態観測」と「防災施設工事による濁水発生防止のための環境管理計測」を中心に実施したものである。

動態観測は、その強度特性・変形特性の把握が困難な土石流堆積物による盛土途中の安全及び品質を把握し、常に管理基準値及び設計値との対比による設計条件の妥当性を評価していくとともに切土による応力解放が切土地山の安定に与える影響を常に把握して行くために重要である。

また環境管理は、山岳渓流の環境保全を目的として施工による汚濁を監視しその影響を最小限に防止するために必要である。

ここでは、上記の2項目①動態観測、②環境管理計測を中心に施工管理システム事例を報告する。

2. 工事概要

本工事は、基幹変電所の敷地造成工事とそれにとりもなう関連の防災施設工事であり、各施設の数量・諸元と位置の概要を表2-1及び図2-1に示す。

表 2 - 1 数量・諸元

項 目	単位	数量	諸 元
造成面積	畝	4.2	
有効面積	畝	1.6	
造成盛土量	千 m^3	153	
治山ダム 1～5号	基	5	1号4.7*43.0m 2号3.5*46.0m 3号14.5*82.5m 4号14.5*57.5m (鋼製ダム223t) 5号5.0*44.0m
山作沢流路工	m	550	H×B＝3.0m×9.0m
奥野沢流路工	m	619	H×B＝3.0～9.0m×15.0m
調整池	基	1	容量＝1,914 m^3
法面法枠工	m^2	13,891	切土法面＝フリーフレーム、盛土法面＝格子枠

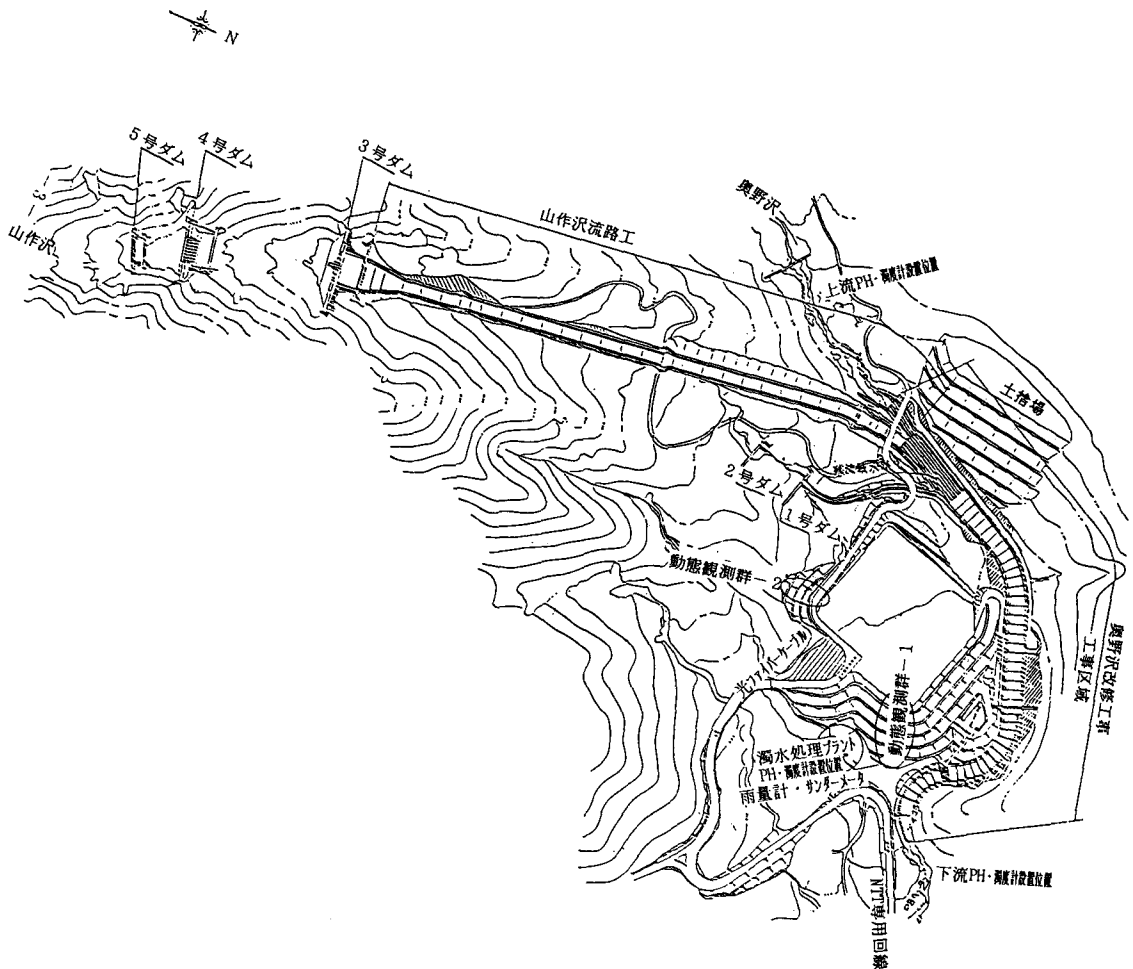


図 2 - 1 工事位置概要図

3. 計測管理システム

施工を進める上で基本的なことは、変状の兆候をできるだけ早い段階で把握できるように計測データを収集し、そのデータを情報として施工管理にリアルタイムにフィードバックすることである。

つまり情報化施工は、計算や経験によって得られた数値を目安として、その仮定や条件を十分理解し、後は実際の挙動の推移を注意深く監視しながらその数値（管理基準値）と実測値との照合を行い、工事全体を総合的に判断して臨機応変に対策や変更を行って、環境保全を図りながら、工事を安全にかつ経済的に完了することを目指している。

今回の計測計画については、主に以下の項目を考慮した。

- ①現場、施工者側事務所（以下JV事務所と称する）、発注者側事務所（以下工事事務所と称する）で同時に管理できるようにする。
- ②計測を一定時間毎に実施し、管理基準値との対比で異常時には随時計測が出来るようにする。
- ③雷雲の発生が多いので落雷に対してもできるだけ防護する。

これらの項目を考慮し、計測システムは可能な限り自動化を図り、現場観測所とJV事務所そしてJV事務所と工事事務所とを電話回線で結ぶ形態を採用した。

常時計測はJV事務所のパソコンで定時に実施し、JV事務所のパソコンに表示すると共に、環境管理データは工事事務所に伝送し工事事務所のパソコンに表示する。又、現場観測所のパソコンでは任意の計測点の情報がグラフ表示できるようにした。

JV事務所のパソコンでは、常に計測データと各計測項目の管理基準値と比較し、異常があれば画面表示と警報音で管理技術者に通報するようにした。

ここで、計測管理を進める上で最も煩雑な部分はデータ収集であった。今回の計測では、計測点数が150点を超え、計測間隔が60分毎となると、1日あたり3600個に及ぶデータを処理しなければならない。更に、万一の変状の兆候発生に即応してより細やかな間隔での計測も必要となると考えられた。本自動計測管理システムは、パソコンによって処理することで、正確にかつリアルタイムに

対処することを意図したものであり、60分間隔の定時計測と指示による随時計測を可能とした。

今回の計測システムの系統図は、図3-1の通りで、図3-2にはL-3測線の縦断面図を示す。

図2-1に示す動態観測群1にL-3, 5, 7測線が、動態観測群2にL-8測線が含まれている。以下にシステムの特徴を示す。

（1）システムの構成

- ①計測点数が多く、また盛土部計測と切土部計測の各測線が離れているので、自動測定器を2台使用した。
- ②2台の自動測定器の切り替えは、JV事務所のパソコンから自動的に行える自動切り替え器（マルチプレクサ）を使用した。
- ③各自動測定器と現場観測所の距離が長いので、計測データは光ケーブルで伝送した。
- ④JV事務所と工事事務所は、NTTの公衆回線を使ってデータ伝送を行い環境管理データについてはリアルタイムに監視できるようにした。
- ⑤JV事務所と現場観測所とのデータ伝送は、以下の理由により専用回線を採用した。
 - a. 専用回線は品質が安定している。
 - b. 早い伝送速度が設定できる。
 - c. 計測頻度が多いので、定額費用のほうが安価。

（2）システムの保護

自動計測システムは、落雷・停電に対し以下に示す防災対策を講じ、万一の被害に対しても被害最小となるようなバックアップシステムを考慮した。

- ①計測器及び自動測定器のケーブルは、防水性の高い材質のものを採用し、計測器には個々に避雷器を取り付けた。
- ②JV事務所の計測専用パソコン、マルチプレクサ、自動測定器の電源は、無停電装置より供給した。
- ③常時計測データは、メモリに記憶すると共に磁気ディスクに記憶するようにした。

このデータは、随時、磁気ディスク内の他のファイルにバックアップできるようにした。そして、バックアップデータは、他のパソコンで様々な報告書作成に利用した。

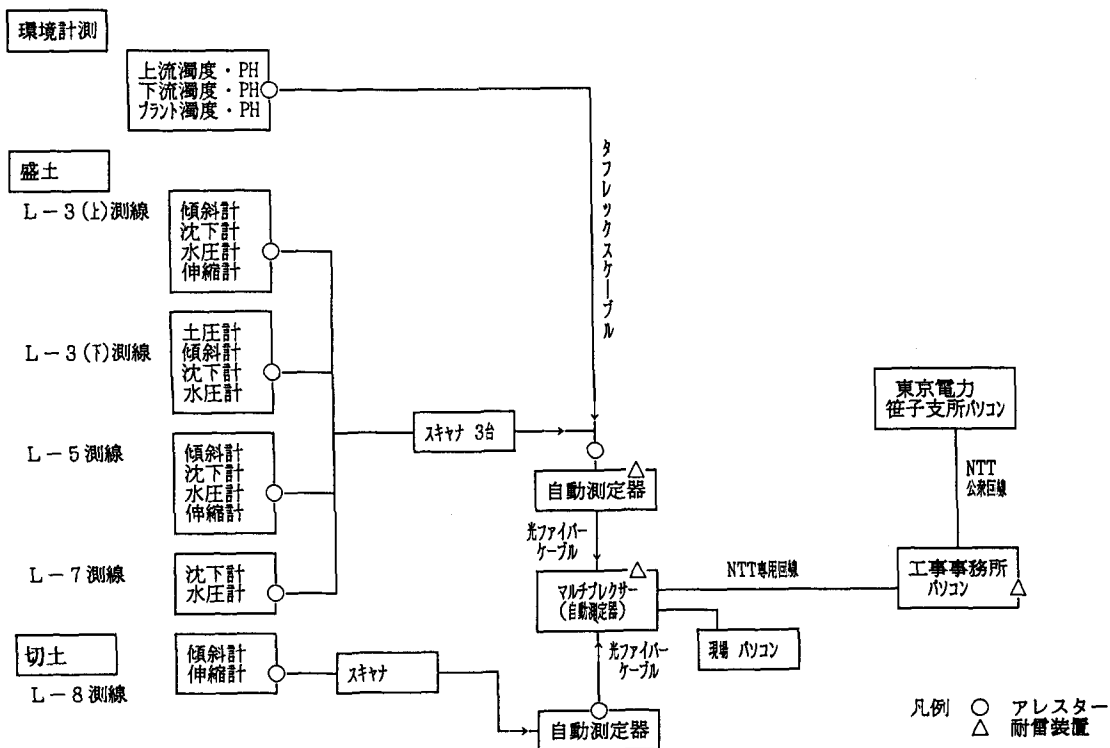


図 3 - 1 計測システム系統図

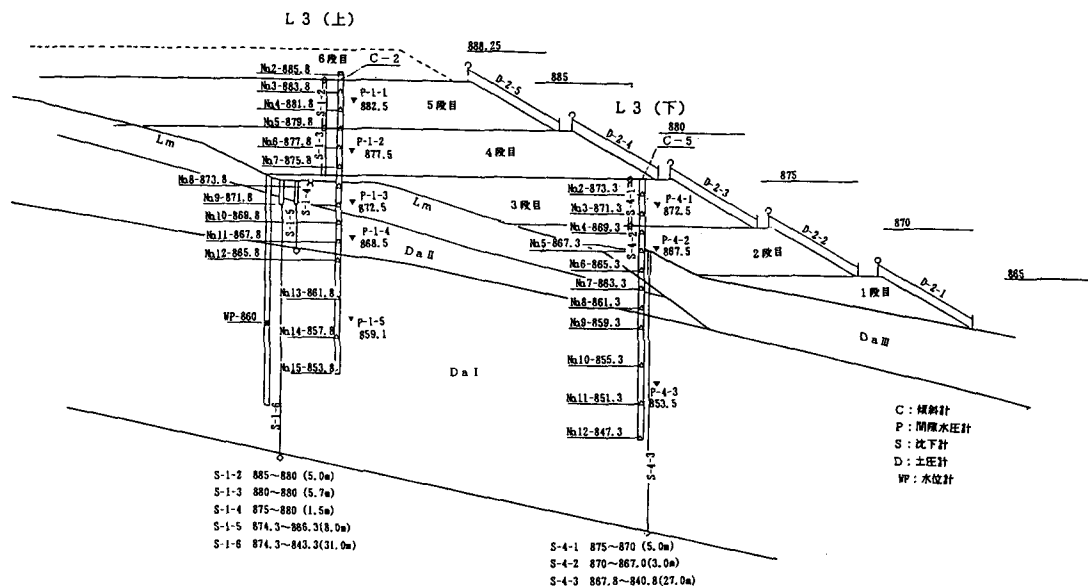


図 3 - 2 盛土部計測縦断面図 (L-3 測線)

4. 計測管理項目および計測結果

(1) 計測観測項目

a) 動態管理計測

当敷地造成工事は、工事概要にあるように

- ① 高盛土である。(盛土高 H=18~27m)
- ② 切取斜面が長大である。(切土高 H=25m)
- ③ 地山の土質及び盛土の材料は粒度構成が異なる土石流を含んでおり、粒度構成の違いによって物性値が大きく左右される。

などが特徴で、次に示す項目を重点課題とした。

- ① 盛土・切土の斜面安定
- ② 基礎地盤を含む造成盛土の沈下・変形
- ③ 擁壁などの構造物の安定・沈下

従って、これらの項目について確実に把握できるように、表4-1に示す計測項目を設定し、それぞれに対応する計測器を設置した。

動態管理計測は、計測地点が大きく2カ所に分かれているため(切土エリア、盛土エリア)、2カ所に自動測定器を配置し、そこから現場観測所へ光ケーブルを介して計測データを転送した。

自動計測から得られたデータは、日々日報を作成し管理基準値との対比を行い、安定性の評価の資料とした。また、施工段階における管理基準値の見直しの際にも設計値と対比してその妥当性の評価に利用した。

b) 環境観測計測

治山ダム及びその他の構造物の工事に伴い発生するコンクリート汚染水や濁水は、工事区域内に設置した沈砂池へいったん貯留し、濁水処理プラントへ送水・処理し、PH・濁度を確認した後下流に放流した。

また、工事区域より上流と下流にPH計・濁度計を設置する事により、当該工事に伴い発生する汚濁水であるか、その他人為的、自然的に発生するものであるかをリアルタイムに監視し、対応が取れるようにした。

表4-2に環境管理計測の計測項目を示す。

安全の対策上、落雷の発生の可能性をサンダーメーターにより予測し、防災体制の中に組み込み管理した。また、雨量・水位も管理基準値を定め、異常増水あるいは出水などに対する防災体制を整えた。各計測器の配置平面図を図4-1に示す。

表4-1 動態観測計測項目

	計測項目	計測器	個数
①	盛土及び切土地盤の水平変位(安定性の確認)	傾斜計	90
②	盛土の各層の沈下量	層別沈下計	9
③	現地盤の沈下量	現地盤沈下計	6
④	盛土・切土の変形(相対的水平変位・沈下量の確認)	伸縮計	10
⑤	盛土および地盤の圧密度(排水条件の確認)	間隙水圧計	13
⑥	構造物に加わる土圧(設計値の確認)	土圧計	8
⑦	地下水位の変動	水圧計	1

表 4 - 2 環境管理計測項目

	計測項目	計測器	個数
①	濁度 (SS)	濁度計	3
②	P H (ペーハー)	P H計	3
③	落雷の可能性	サンダーメータ	1
④	雨量 (異常増水・濁水発生の可能性)	雨量計	1
⑤	水位 (異常出水の可能性)	水位計	1

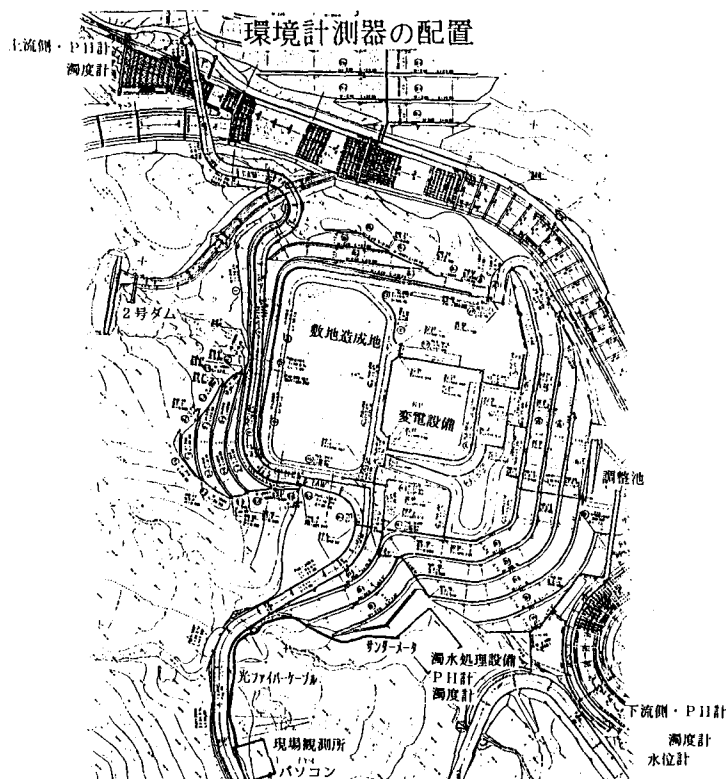


図 4 - 1 環境計測器の配置

(2) 管理基準値の設定方法およびフロー

施工の管理においては、施工に先立ち試験盛土を実施し、所要の盛土強度を満足するための盛土の標準的な施工方法の規定とこれを確認するための品質管理基準を設定した。

一方、盛土の沈下・変形による斜面の安定管理について直接変形量を把握して管理するうえで管理基

準値を別途設定した。

この管理基準値は、既往の調査・試験結果や試験盛土結果より推定した盛土・地山の物性値を用いて計画工程に基づき盛り立てステップ毎のFEMにより変形解析を行い、この解析結果を利用して設定し、この基準値を安定や変形に対する管理の目安とした。

図 4 - 2 に管理基準値の設定フローを示す。

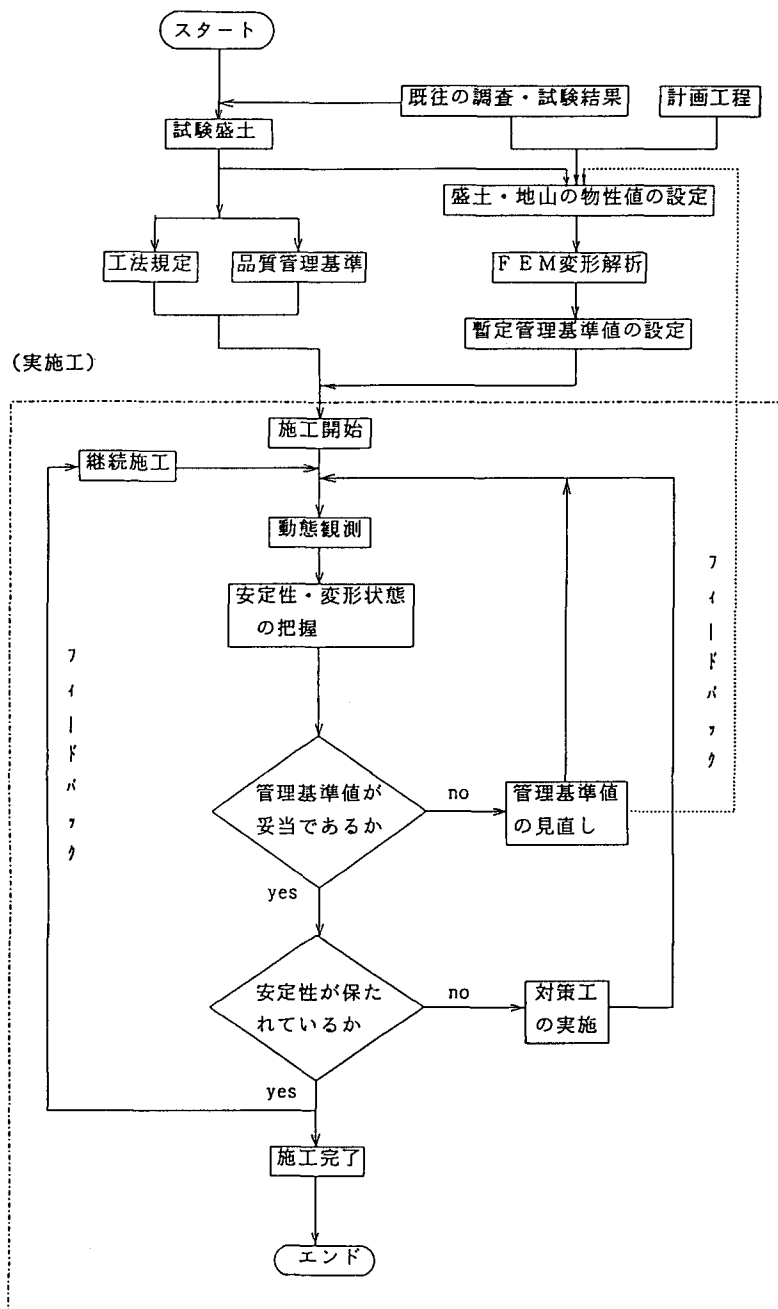


図 4-2 管理基準値の設定方法および考え方

(3) 計測結果

a) 動態観測

動態観測に用いる計測器は、地山については、ボーリングを実施し設置した。盛土については、施工が進むに従って計測器を順次設置した。得られた1日24個のデータをプリントアウトし、最大値・最小値と定時(午前7:00)のデータは蓄積した。

蓄積データは予測プログラムによって崩壊・収束の予測に利用出来るようにした。

動態観測は、パソコン通信を用いたネットワークにより大幅な省力化が図れた。特に日々のデータを自動的に蓄積する事により経日変化を常に監視できた事は、工事管理上大変楽であった。結果としては心配するような顕著な動きもなく工事は無事終了し、特に現場で対策工法を取るような事はなかった。

動態観測結果を利用して、室内試験としてはその把握が難しい土石流堆積物の物性値を評価するなどの資料とした。

管理結果のデータ図化の例を図4-3に示す。

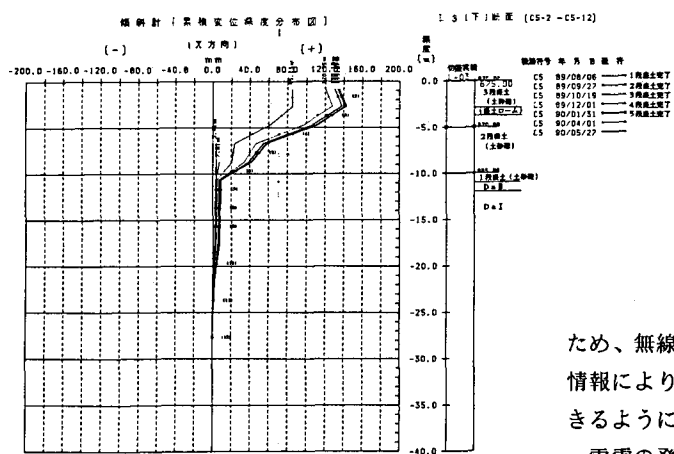


図4-3 計測結果（累積変位深度分布図）

b) 環境管理計測

環境管理システムは、全ての工事に先立って濁水処理プラントと同時に導入し、工事による環境への影響を最小限に止めるよう努力した。現場下流にはヤマメ・岩魚の養殖場があり濁水が流れ込むと死滅するため、万一の場合も考え養魚場への連絡を取り取水を制限して貰う事が出来るような体制を採っ

た。このためリアルタイムにデータが採取できる当システムは非常に役立った。

管理基準値を超えたデータが得られた場合はJV事務所のパソコンのブザーが鳴り24時間体制で対応できるようにした。環境管理データは、地元説明会などの資料としても活用した。

5. おわりに

土石流堆積物という、強度・変形特性の把握しづらい材料での盛土と、非常に高い要求品質を持つ基幹変電所であるという2つの観点から、動態観測を用いて施工途中の計測情報を即時に処理し、段階的に施工を進めていき無事盛立ては終了した。

途中3段盛土終了の段階で、計測情報を参考にして物性値の見直し及び管理基準値の見直しを実施した。

それぞれの計測データは、経時変化図、変形速度図などに即時的に加工できるソフトを併用したため、データ分析に役立てる事が出来た。途中落雷の影響により土圧計が破壊し計測が中断した。

調査の結果、土圧計の破壊は施工との兼ね合いで土圧計とアレスターとの取り付け位置が1m程離れていた事が原因と考えられた。その結果、アレスターの位置の再確認と、停電に備えて計測用パソコンには安定化電源装置から電気を供給するなどを実施した。また環境管理計測においては、汚濁水発生時の対応の早さが最も重要であったため、無線のネットワークを併用して、計測データ情報によりその対策がリアルタイムに現場へ反映できるように工夫した。

雷雲の発生を感知するサンダーメータは、副次的に局地的な降雨の予測も出来た。

当現場では、この他にも本文では紹介できなかった『労務管理のIDカードシステム』『熱感知センサーを利用した危険予知・登山者案内』『メディアボードを利用した打ち合わせ』等の省力化を目指したシステムも導入し、総合的な現場管理を実施し効果を上げた。今後は、これらの実績をふまえ、より統合的なシステムをめざしたいと考える。