

現場計測における計測機器のハード技術について

要素技術ワーキンググループ

指田健次

1. はじめに

現場計測の目的は、工事の施工管理、安全管理、品質管理に有効なデータを取得し、設計・施工にフィードバックして工事管理に役立てていくことである。

土木工事における計測は、計測エリアの一定したものと計測エリアの変化するものに大別される。前者は、造成工事や土工工事のように、測定点がある地域の中に点在するものと、土留工事や橋梁工事等のように狭い範囲に限定されるものに分けられる。また、後者は、トンネル(NATM)やシールドのように一次元的なものと、海洋工事のように二次元的に広がっているものに分けられる。これらの計測は、それぞれの目的に応じて計測の期間、必要精度、測点数、測点配置が異なるばかりでなく、工事の内容により、計測環境条件やデータ集計方法が異なっている。

このような複雑な工事条件下において、技術的に要求される精度を満足し、施工管理に有用な情報をフィードバックするための計測システムは、センサー、トランスデューサー等による測定方法や、データの伝達方法および集計方法等を包括した総合的なシステムでなければならない。要素技術は、このような計測のニーズに対して最適なハードウェアシステムを計画する技術である。

新しい技術開発の面からみると要素技術は、センサー技術やロボット産業等のハイテクノロジーを土木工事の複雑な環境に適用するための先端分野を担っていると考えられるが、新しい計測装置の開発のニーズや市場性が少ないこと等から十分な研究が行われていないこと、大手のハイテクメーカーが市場へ参入していないこと等の問題をかかえている。

このため、要素技術分科会では、学会等の機関を通じて研究、開発協力体制を整えるとともに、土木計測用センサーを規格化し、工事管理のための計測データの統一化を推進することを目標としている。

2. 計測機器のシステム構成

われわれが建設工事を行う場合、つねに環境との調和が要求される。このためには自然界に能動的に働きかけ、情報を取り出し、現象の定量的な把握を行い、施工にフィードバックすることが重要である。これが現場計測であり、中でも要素技術が深く関る分野である。

(1) システム選定時の要因

土木工事における計測のハードなシステムの選定にあたっては、図-1に示されるような種々の要因が関係してくる。次にそれら要因について若干説明を加える。

(a) 現象

現象とは測定対象あるいは、測定項目であり、気象、地盤、構造物関係などに分けられる。具体的な例をあげると、地すべり地帯の法面工事では降雨量や積雪量、山留めでは間引き水圧や土圧、構造物関係では応力、傾斜などが重要な項目となり、システムの選定に直接影響する要因である。

(b) 設置条件

設置条件は、各現場ごとでそれぞれ異なるので一概にいうことは難しいがシステム全体を左右する要因であり、センサの形式や伝達方法が大きな制約を受けることもある。さらに土圧計などのような地中に埋設される計器ではカタログ上の精度よりも設置方法による誤差の影響の方が大きいことが多い。

(c) 計測機器

計測機器の中には、センサ、収録技術、伝送技術などの要因があり、これらは統一のとれたものでなければならない。

センサは人間と外界の接点に立つものであり、現象を正確に、定量的にとらえるためには、高い耐久性・安全性・精度などが要求される。収録技術はセンサからの信号を表示、記録するものであり、伝送技術はセンサから収録およびデータ処理装置の間を結ぶ経路に関するもので、人間から電波、光などま

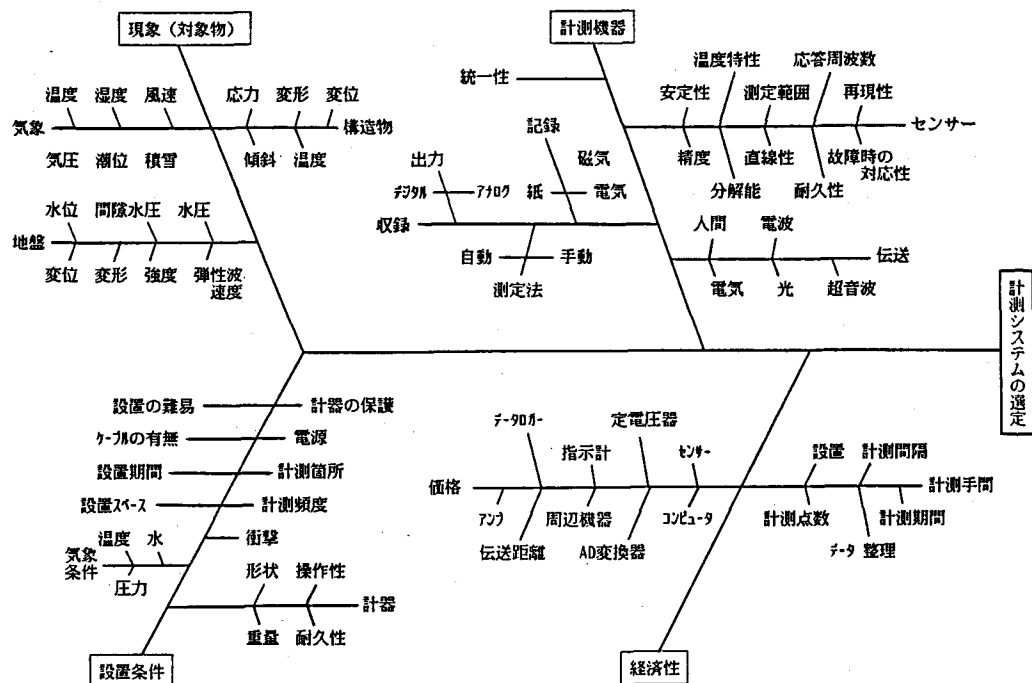


図-1 特性要因図

で種々の手段がある。

(d) 経済性

経済性の要因には、センサやデータロガー、コンピュータなどの機器・資材の価格や計測工費がある。測定点数、測点のピッチ、計測期間や頻度などから総合的に判断して、投資効果の高い計測機器の組合せを選定することが重要である。

以上のように、ハードなシステムを選定する際の要因は、多方面にわたっており、かつ相互に関連を持っているが、本文では主として計測機器の現状、問題点などについて記述する。

(2) 計測方法の分類

現在、土木工事において一般的に行われている計測方法を、使用するセンサあるいは測定装置の機構から分類すれば、イ)機械的測定、ロ)電気的測定、ハ)光学的測定、ニ)電磁波や超音波などを用いた測定などに分けられる。

機械的測定には、レベルやトランシットを用いた測量、ダイヤルゲージによる変位測定、流体(空気、

水、水銀)による土圧や間げき水圧の測定などが含まれるが、いずれの方法も検出された値は人間が読み取り、記帳する手動方式となっている。

電気的測定は、最近の計測形態の主流をなすもので、現象を検出し、電気変換して表示、さらにはプリントアウトするものである。データ処理装置と組み合わせることにより手動計測から自動計測まで任意の計測システムを選択することができる。また、工事規模の拡大に伴って計測項目や測定点数が多くなっていることあるいは危険予知能力の向上のためにも、計測の連続性、遠隔操作による集中制御、データ処理の迅速化などが求められているが、これらに対する適応性が高い。

光学的測定は、カメラや光波測距儀を用い、測量や大型土工事の出来型(高)管理などに利用されている。最近では、杭の打ち込み管理への応用などの新しい試みがなされている。

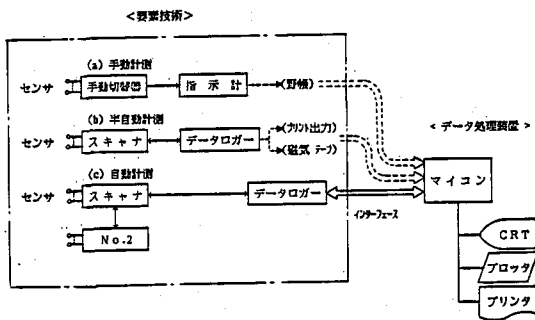
電磁波や超音波を用いた測定は、海洋工事における深浅測量、船舶の運行状況調査あるいは地下埋設物探査機などにも応用されている。

(3) 計測システムの構成

計測システムの構成について、電気的計測の場合を例に説明する。

計測システムを計測方法から分けると図-2のように手動・半自動・自動の3つに分類される。

図-2 現場計測システムの構成



(a) 手動計測

手動計測では、1点ずつ手動切替器と携帯型指示計により結果は読み取られ、野帳に記録され、必要に応じてデータ処理装置にキーインされている。

測定点数が少なく、測定頻度も少ない場合、測点が広範囲に分散していたり、施工中のためケーブルが1ヶ所にまとめられない場合などに適する。

イニシャルコストは安いですが、測定点数が数10点を越えると測定作業のコストが大きくなるので注意を要する。

(b) 半自動計測

半自動計測の構成機器は、自動計測の場合とほとんど同じであるが、データロガー(データ収録機)とデータ処理装置の間をON-LINEしない場合を特に半自動測定と呼んでいる。データロガーまではスキャナ(自動切替器)を通して自動的に計測されるが、データ処理装置へは人力によるキーインあるいは磁気テープなどを介して、データが送られる。

NATMなどのトンネル計測においては、切羽周辺の動態観測が重視されているため、切羽の進行に伴い計測断面も順次移動する。従って同一断面における測定期間は比較的短く、自動計測を行うべく長いケーブルを延長することは、不経済な場合が多くトンネル計測などには半自動計測が適していると考えられる。

(c) 自動計測

データロガーとデータ処理装置のマイコンをインターフェースで接続したシステムを自動計測システムと呼ぶ。

センサからデータ処理装置までON-LINEで結び、自動的にデータの取り込みからデータ処理、作図、作表までを一貫して行うシステムで、現在の現場計測では最も進んだ形態といえよう。

しかし、自動化が図られたことにより

①現場へ行って観察する機会が減る

②打ち出された結果を真の値として頭から信じ易い

③点計測であるにもかかわらず面まで拡大解釈してしまう

などのマイナス要因もあり、センサの設置状況、センサ固有の誤差、伝送経路におけるノイズなど種々の影響があることを確認しておく必要がある。

3. 各単位別の計測技術

先に述べた計測システムをセンサ技術、データ収録技術、データ伝送技術に分けて、現在の状況、問題点などについて述べる。

3-1 センサ技術

(a) センサの定義

センサという名称は広く用いられているが、一般的な定義はまだされていない。自動化技術編集部によれば、「センサとは対象物がどういう情報をもっているかを検知する機器である」と提案され、さらに、入力エネルギーを電気信号に変換して取出す機器をトランスデューサと呼んでいる。通常は両者の重なり合う部分が多く、センサ・トランスデューサと呼ばれることがある。土木の分野で用いられている多くの電気式検出器あるいは電気式変換器は、これに相当し、単にセンサと呼ばれていることが多い。

(b) センサの分類

現場計測で主に用いられるセンサを測定対象ごとに分けると次のようになる。

①地盤と構造物の接触面に作用する応力:土圧計、間隙水圧計

②構造物の局部の応力、ひずみ:コンクリート応力計、ひずみ計、鉄筋計、ロードセル

③構造物の変位と地盤の変形:傾斜計、沈下計、地中変位計、伸縮計

この他に、温度計、水位計、振動計、流量計などがある。

次にセンサを形式で分類すると表-1のようになり、それぞれの原理や特徴は以下の通りである。

表-1 センサの形式による分類

大分類名	中分類名	型 式 名	代表的な応用計器				
			土圧計	開 隙 水压計	層 別 沈下計	地 中 変位計	
機 械 系	機械式	スクリーポイント式			○		
		クロスアーム式			○		
	流体式	マノメータ式		○			
		流体平衡 (フルフル) 式	○	○	○		
電 気 系	磁気式	磁気探索式			○		
		磁極計数 (マグネチ) 式				○	
	電気抵抗式	ひずみゲージ式	○	○		○	
		半導体ゲージ式	○	○			
		カールソン式	○	○			
		ポテンショメータ式	○	○	○		
	差動トランス式	交流零位式	○	○		○	
		交流直偏式	○	○		○	
		直流直偏式	○	○		○	
	デジタル式	クォーツ式	○				
		振動弦式	○	○			
	サーボ式	サーボ式				○	

i) 機械式センサは、主に沈下量や距離の測定に用いられる。

ii) 流体式センサは、水、空気、水銀などを介して圧力を伝達させる方法の計器である。間げき水压計などによく用いられ、電気回路を使用していないため、絶縁低下、電触などが発生せず長期間の測定に適している。

iii) 磁気式センサは、地中に埋設したマグネット素子の位置をプローブにより検出し、層別沈下量を求める測定などに応用されている。

iv) 電気抵抗式には、ひずみゲージ型、カールソン型、ポテンショメータ型などがあり、差動トランス式と共に土木分野のセンサでは主流を占めている。ひずみゲージ型は細抵抗線、カールソン型は計器内部に張られたピアノ線の抵抗変化により現象を変換するものである。ポテンショメータ型は摺動抵抗式ともいわれ、固定抵抗の端子間を摺動子が移動すると出力が変化するという「摺動原理」を応用したものである。

v) 差動トランス式は、現象をコイルと鉄芯により磁界変化に変換する原理を応用したものである。

vi) これまで述べた方式は、いずれも変位→電圧という変換方式をとっているが、クォーツ型や振動弦型では変位→振動数というデジタル式の変換方式であり、伝送経路にノイズが入ってもカウント数が判定できさえすれば誤差の原因とならない

という長所がある。

vii) サーボ式は、振子が傾いてもいつも零位置にくるようにサーボアンプを通して、駆動部をフィードバック制御し、変位量と振子を戻す力をバランスさせ、変位を検出するものである。サーボ式は機械的な可動部がないため、高い精度を有している。

続いて、電気式センサの代表的計器である変位計について、各形式の比較を表-2に示し、それらの特徴を要約すると以下になる。

表-2 2次変換の比較(変位計)

形 式	ひずみゲージ型	ポテンショメータ型	カールソン型	差動トランス型	振動弦式 (デジタル式)
変換対象	変位→電気抵抗	変位→電気抵抗	変位→電気抵抗	変位→誘起電圧	変位→共振周波数
代表回路					
	ひずみゲージによる 平衡法	ポテンショメータによる 分圧法	カールソンによる 分圧法	電圧誘起方式	共振周波数 分周
最大検出 取り値	約 5 μ	約 0.2 mm	約 5 μ	約 0.001 mm	約 5 μ
最大測定値	約 10,000 μ	約 200 mm	約 10,000 μ	約 50 mm	約 1,000 μ
機械的強度	最も大きい	小さい	小さい	普通	小さい
経年変化	大きい時あり (温度変化、湿度、 応力、応力低下のため)	大きい時あり (温度変化、湿度、 応力、応力低下のため)	大きい時あり (温度変化、湿度、 応力、応力低下のため)	ほとんどなし	ほとんどなし
耐湿性	強い	強い	強い	強い	強い
絶縁低下に 対する影響	100 MΩ以上必要	100 kΩ以上で可	100 MΩ以上必要	50 kΩ以上で可	5 kΩ以上で可 (電圧が低減して あって電圧、電流 に問題ないため)

①ひずみゲージ型は、機械的強度が大きく取扱いが楽であるが、耐湿性が劣るため長期間の計測には不向き

②反対に差動トランス型や振動弦型は、経年変化がほとんどないため、長期間の計測に適している

③ポテンショメータ型は大きな変位の測定に最適
(b)センサの問題点

現場計測で用いられるセンサ全般について、問題点をあげると次ぎのようになる。

①前述したようにセンサの種類が多い

作動原理、応用機種についても種々であり、メーカーの数もかなりある

②センサの改良スピードが遅い

・カールソン式: 輸入された当時と、型式、性能はほとんど同じ

・ストレンゲージ式: 最近の10年程度で絶縁性、接着剤などの品質が向上

・差動トランス式: 10~15年間変化なし

・特殊なセンサ: 光、半導体、クォーツ、圧電素子、セラミックなど研究・開発中

③マイコンなどを用いた計測システムの中では、センサの精度が他の装置にくらべ低く、総合的な

精度を下げてしまう。

④他の分野のセンサにくらべて規格化、技術基準などの標準化が遅れている。

(c)新しいセンサ

これまでのセンサは、検出部の幾何学的な変位(例えば土圧計のダイヤフラムの変形、傾斜計の振子の傾き)が、ひずみゲージの抵抗変化、差動トランスの鉄芯の移動、ポテンショメータのワイバの移動などに置き換えられ、抵抗の変化としてとらえてきた。一方、新しく開発されつつある、ひずみ・磁気・熱・光・超音波・雰囲気などを対象とするセンサは、そのほとんどが半導体・誘電体・圧電体などの固体素子の物性の変化を利用するものである。土木の分野においても、半導体ゲージや圧電体を利用した加速度センサなどに一部応用されている。固体素子がセンサとして有用であるということは、いろいろの外界の刺激に敏感なためであるが、逆にいえば目的とする刺激以外には反応しないような工夫が必要となり、これが固体素子の弱点でもある。

しかし、現在使用されている伝統的なセンサは、前述の問題点でも指摘したように改良スピードが遅く、今後更に飛躍的な進歩はあまり期待できない。特にセンサの集積化(信号処理回路などを組み込む、機能化マイコンまでも一体化する)、マイコンとの組合せなどを考慮すると、将来の基本センサは固体素子の物性変化を応用したものが中心となり、現在とは一変した形になるのではないだろうか。

3-2 データ収録技術

データ収録技術とは、目や電気・磁気・光・超音波等のセンサによって検出された信号をどのように読み取り記録し、次の解析段階に伝えるデータにするかという技術である。これは、直接コンピュータと接続できない(インターフェイスをもたない)収録技術とコンピュータに接続できるものとに分けられる。さらに前者は目で一つ一つの値を読み取っていく最も一般的な計測方法とペンレコーダー、自己記録式の気象観測器、変位計等のようなデータが経済的に記録紙に書き込まれていくものがある。それぞれの特徴は表-3に示されている。

3-3 データ伝送技術

データ伝送技術は、センサからの信号や収録されたデータをどのような方法で伝達するかという技術

であり、最近の社会の情報化に対する要求と合まって、特に光を中心とした技術はめまぐるしく発達しており大量のデータを短時間で超距離伝送することができるようになってきた。このデータ伝送技術は、伝送信号がアナログかデジタルか、有線か無線か、システム全体のどの部分を伝送するか、たとえばセンサ～データ収録器の部分かデータ収録器～ホストコンピュータの部分か等によっていろいろ分けられるが、ここでは伝送媒体が何であるかによって人間、電気、電波、光、超音波の5つに分けることにする。これらの特徴は表-4に示されるが、その概要を述べると次のようである。

(1)人間

現場では最も一般的な方法で、野帳等の紙に記録する方法と磁気テープ、ディスク、RAMディスク等の磁気・電気に記憶させる方法とがある。特に面的な広がりや電源・ケーブル・計測ヶ所の移動等の制約条件をうける現場では、施工上あるいはコストの面から考えると無線・有線による自動化が困難になる場合が多く、後者は電気測量機器を含め今後普及する方法と思われる。

(2)電気

通信その他一般回路に用いられている方法であり、伝送信号によってアナログとデジタルの2つに分けられる。

アナログ方式は、室内においては十分に使用に耐えられるが現場においては伝送距離が長くなるとノイズ、電圧降下等の問題が生じてくる。一方、デジタル方式は、コンピュータ間やコンピュータと端末機間の情報伝達のほとんどの場合に用いられている方法であり、その規格にはGPIB、RS232C等があるが、やはり伝送距離に問題がある。

(3)電波

大出力のものは現場計測に用いることはできないが、VHF周波数帯を用いた小出力のものは伝送距離の比較的短い止め等に最近用いられるようになってきた。これも伝送距離には限界があり、その用途も限られる。

(4)光

入力された電気信号で発光素子を駆動(変調)することにより伝送するもので、光ファイバケーブルを用いる有線のものと同空間を利用する無線のものとの2つに分けられる。前者はさらに信号を振幅・周波数・位相の連続的な変化に変調するアナログ方式と

表-3 データ収録技術

方 法	特 徴	測 定 器
イ ン タ ー フ ォ ー ム	最も一般的な方法で、対象物の変化を直接目で読 で読み取ったり、1点ずつデータを取るもので、測 点が数点～数10点と少ない場合に簡単に適している。 原始的ではあるが、1点ずつデータを読み取るため 得られた値が正しいかどうかの判定が行いやすい。 測点が増えると多大な時間を要する。イニシャルコ ストが比較的安価である。	テープ、レベル、トラン シット、ダイヤルゲージ、 ブルドン管、プルーピン グメーター、温湿度等の 気象観測器、各センサ (ゲージ、差動トランス 等)の測定器
ス モ の 記 録 式 な い	対象物の変化を経時的にとらえることができ、維 持管理も楽である。しかし、データは記録紙から直 接読み取らねばならず、整理解析作業に多大な労力 を要する。	温湿度・雨量・気圧・水 位等の気象観測器、自己 記録式の地上計、ペンレ コーダー
イ ン タ ー フ ォ ー ム を も つ て	内部にCPU、インターフェイスをもっており、イ ニシャルコストは高いが、測点が数10点を越える場 合、労力を考慮したトータルコストは安くなること がある。ホストコンピュータとON-LINEで連結でき、 多点の経時変化を短時間で解析することができる。 しかし、高級な計測器ほどセンサーは複雑敏感で、故 障原因の発見に遅れることがある。	電気測量機器（トータル ステーション、タキメ タ） 増幅器+A/D変換器 データロガー

表-4 データ伝送技術

伝送媒体	種 別	特 徴	使用 機 器
人間	記 媒	紙	現場では最も一般的な伝達方法で簡単ではあるが、整理時に書き写し、インプットミスが生じることがあり、また時間もかかる。
	憶 体	磁電 気気	計測したデータを磁気・電気に記憶させるもので、ほとんどの場合サンプリングは自動であり、整理もそのまま直接コンピュータに接続して短時間に処理解析ができる。データの書き写しミス、インプットミスがない。
電気	有(電 線線)	アナ ログ	主に室内で用いられ、自動計測も簡単に行なわれるが、現場においては伝送距離が長くなるとノイズ電圧降下等の問題が生じ、その距離は数10m程度である。なお、定電流型のひずみゲージ変換器は数100mまでのケーブル延長が可能である。
		デ イ ジ タ ル	コンピュータとの通信にデジタル信号を、インターフェイス、変復調器(モデム)等を介して伝送するもので、長距離伝送も可能で、現場と事務所におかれたホストコンピュータ間の通信に使用できる。実用上の転送距離は転送速度によるが、通常GPIBで数m、RS232で10数m、RS422で4 km程度可能である。モデムを介して電話回線を利用することもできる。
電波	無 線	アナ ログ	ラジオ・テレビの音声・画像を変調して電磁波として伝送するもので、その出力により数100km以上の伝送が可能である。しかし、現場計測で使用できる少出力のものでは、VHF周波数帯を用いたワイヤレスモデムで約100mの通信が可能である。
光	(光 有フ ァ 線イ バ)	アデ ナイ ロジ グタ ル	非常に広帯域・大容量の情報を長距離無中継で伝送が可能で、電磁誘導の影響もなくケーブル重量も銅の1/10程度と扱いやすい。アナログ方式とデジタル方式があり前者は無中継で10km程度、後者は30km程度の伝送が可能である。現場と事務所が離れている場合は有利であるがケーブルはまだ少し高価である。
	(無(光 空 線間)	アデ ナイ ロジ グタ ル	高出力近赤外線発光ダイオードを光源とし、見通しのきく空間があり布線工事が困難な現場に適している。現在アナログ信号の場合は、1 km程度、デジタル信号を変調する場合は100m程度の伝送が可能である。
超音波	無 線	アナ ログ	主に水中で用いられ、現場計測にはまだ一般的でない。
			海中通信機器

パルス列化された信号に対応させ変調するデジタル方式とがあり、いずれも広帯域・大容量の情報を長距離伝送でき、ケーブルも軽量で扱いやすい。近年の急速なデジタル技術の進歩により回路のLSI化が進み、将来はデジタル方式に統一される動きがある。後者は見通しのきく直線空間を利用するもので、伝送距離は光ファイバケーブルを用いたものより劣るもののダムや海洋等の布線工事が困難な現場には適している。

(5) 超音波

空中の音波と同様の原理で主に水中の通信に用いられているが、計測用の通信としてはまだ一般的でない。

4. 計測データの信頼性

(a) 信頼性を低下させる要因

計測データの信頼性を低下させる要因の1つに、機種選択の誤りが考えられる。これはセンサの問題点の項でも述べたように、作動原理、応用機種が多様であり、耐衝撃性、耐久性、防水性など各メーカーの製品によっても特徴が大きく異なっているためであり、適切な選定を行うには専門知識を持った技術者が要求される。さらにセンサの選定とならんでメーカーの選定も重要なポイントとなっている。

他には大きな問題として測定時の故障がある。現場計測システム小委員会が昨年実施した「現場計測に関するアンケート」の結果によれば次のことがいえる。

図-3によれば、計測システムの故障原因は「破

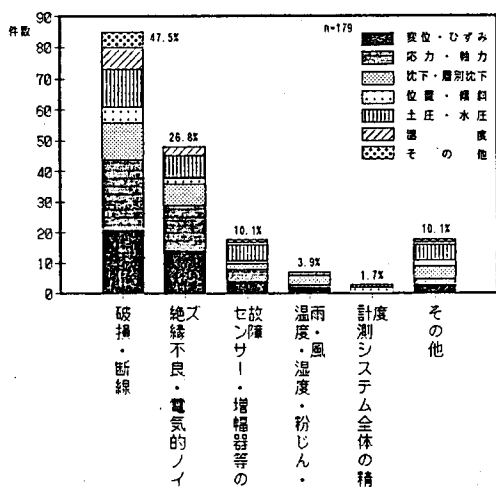


図-3 故障原因

損・断線」や「絶縁不良・電氣的ノイズ」が上位を占め、さらに図-4によると伝送系の中では野帳を除

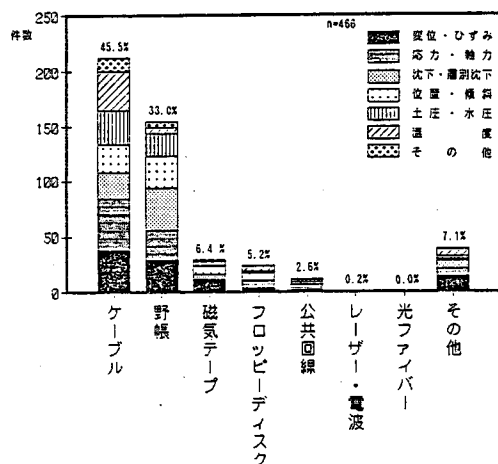


図-4 伝送方法

くとケーブルが大部分を占めていることから、センサおよびケーブル関係に問題が多いことが推察される。図-5からは、故障率の高い測定項目が「土圧

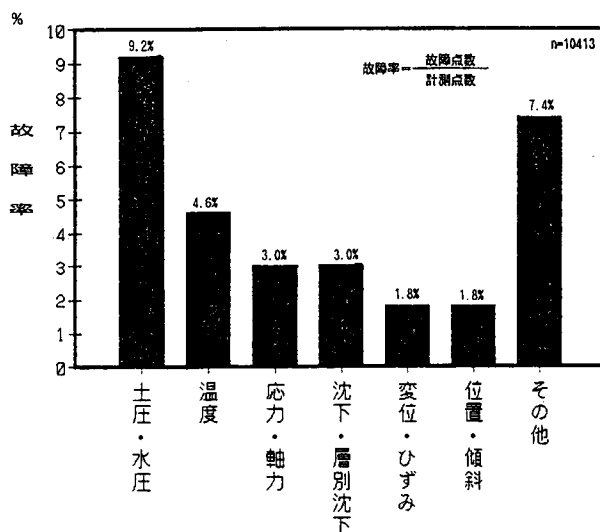


図-5 故障率

・水圧」であることがわかる。図-6によれば、測定精度は「十分」という解答が大部分を占めているが、「十分・不十分などの基準が個人の判断にまかされている」、「各測定項目全体を対象に考えた」等の影響があると思われる。

具体的な故障の状況は、

①施工機械によるケーブルの損傷・破断

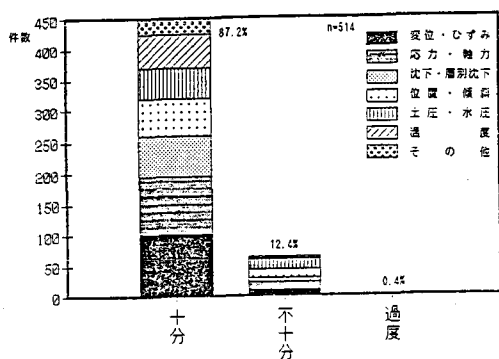


図-6 データ精度

②ケーブルのジョイント部のコーティング不良による絶縁低下

③センサ部では材料的欠陥、例えば接着剤のクリープや金属材料の海水による腐蝕が引き起す電気系統の不良などが考えられる。

さらにもう1つの要因は、計器設置位置の不敵や設置方法の不良がある。後者には

①埋め戻しや土グラウト材の充てん不足

②コンクリートの回りこみ

③地盤に押し込むあるいは押し付ける際の過負荷などがあり、特に深い地中への埋設機器の設置時には、設置技術が計測の成否を左右することさえある。

(b)センサが具備すべき要件

埋設用計器を例にセンサが持つべき要件は、

①長期ドリフトが小さく、安定した作動をすること

②温度など環境変化の影響が少ないこと

③故障率が小さいこと

④設置作業は精度に直接反映されるので、取扱いが容易で堅ろうであること

⑤地中コンクリート中に埋設されることが多いので、防水性、耐アルカリ性が十分であること

⑥埋設時の衝撃などに耐えられること

などが必要とされる。

(c)ハードシステムの規格化、標準化

いままで述べてきたような問題点は、土木計測の特殊性、例えば

①本格的な情報化施工の研究に取り組んでから、まだ日が浅い

②センサやデータロガーは、劣悪な環境で使用される

③センサの用いられる場所や条件がさまざまである

などに関連し、根本的な問題解決のためには独自の
(イ)規格化 …… センサを中心とするハードシステム
(ロ)標準化 …… 計測項目、位置、精度が必要になる。規格化、標準化が実現すれば、「どのメーカーのセンサを誰が使っても同じ結果が出る」ことになり、情報化施工の実用化に向けて大きく前進することが期待される。

規格化、標準化を進めていく上での課題は

①規格でしばと技術開発の妨げとなる

②計測器メーカー側の対応はどうか

③設置技術の標準化が難しい

④設置技術はユーザー側、メーカー側のどちらで有すべきか

などが考えられる。

以上、ハード面の問題点、改善案などについて述べてきたが、情報化施工を発展・定着させるためには、計測技術の進歩とならんで現場技術者の計測に対する理解が重要なポイントであると思われる。

5. 今後の展開

土木工事において、現場計測による管理手法を発展させていくためには、1つの工事で得られた計測結果を類似した他の工事に反映できるような情報サークルを作成する必要がある。

このために要素技術に要求されることは、計測のハードシステムの規格化であり、より汎用性の高いセンサや伝達方法の開発である。

一般に、これまでの土木計測は、現場の計測担当者が十分に計測を理解していないこと、発注者や計測業者ごとに計測仕様や方法が異なること等で、一貫性のある統一したデータを得ることは難しかった。

また、新しい技術開発は、個々のメーカーでは行なわれているが、土木計測という特殊条件を十分に考慮した総合的な開発は行なわれていないようである。

このため、今後は、計測業界に対して土木計測のニーズや市場性に対しての理解を求め、新技術の開発や、センサ、トランスデューサー、伝達技術等の計測システムの規格化、標準化について研究していく方針である。

参 考 文 献

- (1)(社)計量管理協会他：センサの原理と使い方
(1), コロナ社
- (2)豊田実：コンピュータロール, No. 7, コロナ社
- (3)自動化技術編集部：やさしいセンサ技術, 工業調査会
- (4)青山一郎：掘削における計測施工, 鹿島出版会
- (5)古賀哲決：現場計測の手法, 土と基礎, Vol. 31, No. 12, pp. 65~72, 1983. 12
- (6)菅原紀明：計測機器の手法, 土と基礎, Vol. 31, No. 11, pp. 107~113, 1983. 11
- (7)橋本正治：鋼管矢板による土止め工の計測, 土木施工, Vol. 25, No. 6, pp. 254~255, 1984. 3
- (8)竹林征二他：ダムの施工管理のための計測, 土木施工, Vol. 25, No. 6, pp. 422~453, 1984. 3
- (9)矢部興一他：挙動計測用埋設計器, 土木施工, Vol. 25, No. 6, pp. 482~501, 1984. 3
- (10)宮崎誠一：マイクロコンピュータ・データ伝送の基礎と実際, CQ出版社
- (11)日立製作所：光ファイバー伝送システムについて

※要素技術ワーキンググループの構成メンバーは以下のとおりである。(昭和60年10月31日現在 なお※印はグループ主査である)

福島晴夫(佐藤工業)※	伊藤良浩(佐藤工業)
藤井義文(竹中土木)	指田健次(日本国土開発)
岡野幹雄(フジタ工業)	笛木正文(前田建設工業)