

現場計測に於ける周辺技術の概要と研究基本方針について

周辺技術ワーキンググループ 土屋 幸三郎

1. はじめに

近年、土木工事において計測を行う事例が急激に増加してきた。これは、過去に例のないような工事や、地盤条件および近隣などの環境条件の点できわめて厳しい施工条件下での工事が増えてきたことに起因する。すなわち、このような工事では従来の設計・施工技術では対応しきれなくなっており、工事中に計測を実施して得られたデータを迅速に施工にフィードバックするいわゆる情報化施工で工事を進めていくような事例が多くなってきたことによる。

この情報化施工でもっとも重要なことは、データの信頼性と即応性であり、パーソナルコンピュータを計測システムに組込んで現場内に設置し、計測・データ処理・作表・作図など一連の作業を自動的にきわめて短期間で行っている例も多い。

このような情報化施工は、施工における各種のデータを定量的にとらえ、合理的に施工を管理するという意味においてまさにマネジメント技術といえる。建設マネジメント委員会の目的は、『建設に関わる調査・企画、設計、施工、管理・運営、維持・保全という諸行為と経営の合理化のために、マネジメント技術の開発・整備と科学的体系化を目指す。』とされており、情報化施工はこのなかの施工分野での一例として考えられるが、技術的な現場計測とマネジメントの関連についての論議はほとんどされていないのが現状である。

そこで、周辺技術グループでは現場計測をマネジメント技術のなかで位置づけ、両者の関連を明確にするとともに、その考え方に基づいた現場計測で得られるデータの具体的な利用法などの研究を行なうこととした。

以下に、研究の方針および概要などについて述べる。

2. 周辺技術の概要

(1) 周辺技術の定義づけ

計測は、学術用語では『何らかの目的をもって事物を量的にとらえる方法・手段を考究し、実施し、或いはその結果を用いること』と定義されている。

土木工事における現場計測について考えてみると、構築物の出来形をはかる測量・測定から構築物の応力・変形や周辺地盤の沈下・傾斜など計測項目は多種・多様にわたる。また、現場計測の目的も各計測項目ごとの単純な確認で済む初歩的なものから、現場計測全体をシステム化してマネジメントに役立てるといったような終局的なものまで段階ごとに多種あるが、いずれの場合においても計測はデータを発生させることから始まる。

データ発生についてのセンサー類および計測システムなど、すなわち計測の定義のうち『量的にとらえる方法・手段』については現場計測システム小委員会のなかでの要素技術グループで研究されているのでここでは省略する。

計測の定義のなかの『結果を用いること』の部分が周辺技術に相当するところであり、データ発生後の各々の目的に沿ったデータ処理方法および目的を達成するためのデータの利用法や、建設マネジメントのなかでの現場計測データ利用の考え方および手法などの技術といえる。

すなわち、周辺技術とは現場計測によって発生するデータと建設マネジメントを結びつけるソフトウェア全般のことである。また、情報化施工での次施工段階以降の構築物の挙動の予測手法や計測計画立案の基本的な考え方なども周辺技術の範疇に入ると考えている。

(2) 建設マネジメントでの周辺技術の位置づけ

前述したように、現場計測は施工管理を目的として実施される例がほとんどである。

ここで、土木工事における施工管理について述べてみると、施工管理の主たる目的は、

- (a) 安全性……………安全管理
- (b) 品質……………品質管理
- (c) 工程……………工程管理
- (d) 経済性……………原価管理

を確保することであり、これらの4項目をすべて満足できるよう管理・改善するとともに各項目の対応につり合いを保たせることが大切であるとされている。

通常、行われている現場計測は施工管理のなかで安全管理および品質管理を目的としており、とくに即応性をもたせるためにパーソナルコンピュータを用いた計測システムを導入している例などは、そのほとんどが安全管理を目的としている。

施工管理における4つの管理は、それぞれ独立している訳ではなく、図-1に示すように相互につながりがある。例えば、安全管理を目的とした現場計測によって工事の安全性が十分であることが定量的に確認されれば工程を短縮する努力がなされ、一方安全性が不十分であればそれなりの施工上の対策が講じられる。

このように、安全管理を目的として行われる現場計測であってもそのデータからの判断によっては工程に影響を及ぼし、ひいては工事原価にも関連してくることになる。すなわち、現状では単なる技術的要素としのみとらえられている現場計測でのデータは、工事全体をマネジメントしていくなかでの1つの重要な情報となる。また、計測によって得られた

データをデータバンクとしてある程度蓄積することにより、合理的な設計および計画などに役立てることもできる。

以上のように、現場計測はその計測データを媒体として建設マネジメントのなかで欠かせない重要な位置をしめることになり、周辺技術は現場計測で得られる情報を建設マネジメントに生かす1つの道具としてとらえることができる。

3. 研究基本方針

(1) 研究方針の概要

土木工事の工程は多種・多様にわたり、また現場計測の内容も工種によってかなり異なる。このため、建設マネジメントのなかでの現場計測の周辺技術はかなり広い範囲となり、研究を始めるにあたり研究期間2年という時間的制約のなかでは周辺技術全体を網羅するような研究は不可能であると判断された。

そこで、周辺技術グループでは次に示す事項を主な研究項目として選定し、研究に着手することとした。

(a) 現場計測における管理手法の研究

(データの利用法)

(b) 原価管理での計測データの応用に関する研究

前記a)は、現在実施されている現場計測の管理手法を具体的に整理してデータの流れや計測の目的に対応するデータの利用法を検討し、管理手法の基本的な考え方を示そうとするものである。

一方、b)の研究は施工での技術的要素の1つである計測データを工事の経営的要素である原価管理のなかで有効的に利用するための考え方を模索する試みである。

以下にこの2つの研究項目の詳細について述べる。

(2) 現場計測における管理手法の研究

前述したように、土木工事の工種は数多くあるので研究の対象とする工種は次に示す3つとし、現場計測における管理手法をまとめることから始めることにした。

(a) 土留め工事

(b) NATMによるトンネル工事

(c) 海洋工事

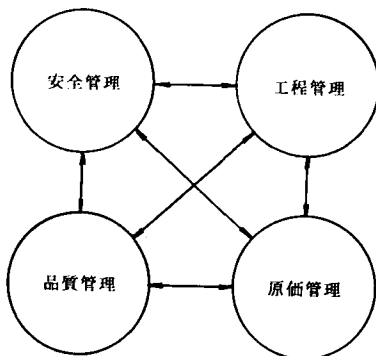


図-1 施工管理での4つの管理

上記(a)、(b)は現状調査グループでまとめている現場計測事例のアンケート調査で明かなように、計測を実施される場合の多い工種であり、現状では管理手法の標準化までに到っていないもののある程度計測データをすでに施工管理に具体的に利用している工種である。この他、計測をよく行っている工種としてはシールド工事が挙げられるが、周辺地盤の変状計測を除くとシールド工事での計測はシールドマシンの制御というような施工機械の自動化・ロボット化を目指したものが多く、現時点では研究対象の工種として取りあげるのではなく参考程度にとどめるものとした。

(c)の海洋工事は、計測項目が(a)、(b)の計測の場合とはかなり異なるとともに、管理の手法も現状では確立されておらず、初歩的な段階からのアプローチの例として研究対象に選定した。この海洋工事の具体的な施工例としては、橋脚の施工を取り上げる予定である。

これらの3つの工事における現場計測での計測項目はそれぞれ独自のものもあり、かなりの差異があるとともに管理手法も異なる。したがって、研究は工種別に行っていく予定であるが、研究を進めていくにあたりその基本的な考え方を以下に示す。

現場計測における管理手法のキーワードを

(a) 実測値

(b) 管理基準値

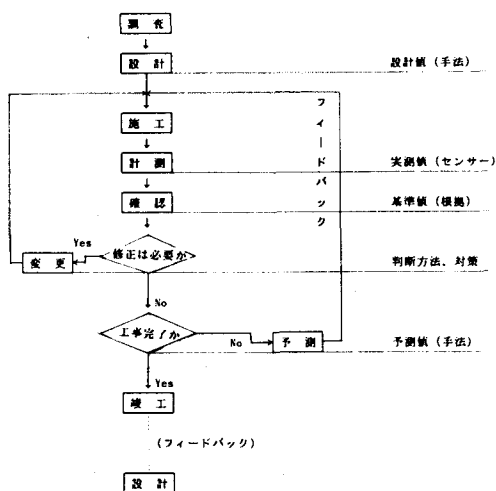


図-2 計測管理フローにおけるキーワードの位置づけ

(c) 予測値

(d) 設計値

とし、それぞれの値の持つ意味や本来どのような値をとるべきであるかなどについて明確にするとともに、それぞれの値を相互比較して工事に対する何らかの判断を行うための判定方法についても検討していくという方針である。

図-2は、計測管理のフローにおけるキーワードの位置づけを表わしたものであり、土留め及びNATM工事におけるキーワードをまとめてみたものが表-1、表-2である。

表-1 土留め工事におけるキーワード

	予測値 予測手法	基準値	実測値
土留め架構	単純梁法 仮想支点法 弾塑性法 FEM その他	材料の許容値 設計値 経験値 その他	応力 モーメント 変位 温度 その他
周辺地盤建物	経験的手法 FEM その他	材料の許容値 設計値 経験値 その他	変位 その他

表-2 NATMによるトンネル工事におけるキーワード

	計測項目	予測値 予測手法	基準値	実測値
計測A	坑内観察調査 内空変位測定 天端沈下測定	FEM 弾塑性法 経験値 その他	経験値(D/100) その他	変位 ひずみ 応力 その他
計測B	地山試料試験及び 原位試験 地中変位測定 ロックボルト軸力 測定 ロックボルト 引抜試験 鋼製支保工応力 測定 覆工応力測定 地表、地中沈下 測定 坑内弾性波速度 測定		設計設定値 許容引抜耐力 許容応力値 許容応力値 吹付許容強度 沈下勾配 絶対沈下量	

また、これらのキーワードをまとめていくときにはそれぞれの値をもつ精度の問題が必ず生じてくる。とくに、予測値では予測手法によって精度は大きく左右され、実測値も計測項目によって精度が異なる。したがって、将来的にはこれらの値の精度の問題も含めた信頼性解析などを管理手法に導入していくような研究も行っていきたいと考えている。

(3) 原価管理での計測データの応用に関する研究

通常、土木工事で用いられるデータは、安全管理、品質管理に用いられる技術的データ（応力、ひずみ、沈下、圧力など）と原価管理、工程管理に用いられる経営的データ（人工、数量、時間など）の2つに大別することができる。

現場計測は安全管理、品質管理を主目的としているので得られるデータはすべて技術的なものであるが、第2章周辺技術の概要で述べたように技術的データも結果的には原価管理に関連してくる要素をもっている。

そこで、周辺技術グループでは原価管理での計測データの応用に関する研究の第一段階として、計測データがどのような場合原価管理に影響を及ぼすかというようなケーススタディからはじめ、データの流れをまとめていく方針である。

なお、現在、原価管理で用いられているデータを収集するための計測システムなどについても研究を行う予定である。

4. 管理手法の研究事例

現場計測における周辺技術の研究は、着手してまだ間もないのでまとまっている訳ではないが、研究の中間報告として土留め工事における計測管理手法について以下に紹介する。

(1) 計測管理手法の現状

土留め工事における計測管理手法は、計測の規模・内容や発注者・施工者などによって異なり現状では標準化されている訳ではない。

実際には、計測を実施するだけで満足してしまったり、多量のデータを迅速に整理することができずデータを有効に利用していない例や実測値と設計値

を単純に比較するだけで管理している例もある。

現在、行われている計測管理手法のなかでもっとも確実と考えられるものは、以下に示す(a)～(c)の管理を組合せた手法であろう。

(a) 絶対値管理

計測項目ごとに2段階に分けて管理基準値を表-3に示すように設定し、実測値と比較してその状況に応じて表-4に示すような対応策を講じる。

管理基準値の基本的な考え方は、壁体応力・切ばり軸力など部材の許容応力を管理の対象とするものについては、管理基準値の第1次値を許容応力の80%、第2次値を100%とし、側圧・変形など設計者の判断によるものは、設計段階の採用値を第1次値とすることである。

(b) 予測管理

土留め解析プログラムに実測側圧をインプットして現時点までの掘削段階についてシミュレーションし、この解析で使用した諸定数を用いて次掘削から最終段階までの予測計算を行なう。その結果から次掘削以降の土留め架設の挙動を把握し、工事に対す

表-3 管理基準値

計測項目	比較の対象	管理基準値	
		第1次値	第2次値
①側圧・水圧	設計側圧分布 (地表面～各次根切り底)	100%	—
②壁体応力	(i)鉄筋の許容引張応力度	80%	100%
	(ii)許容曲げモーメント	80%	
③壁体変形	基本計画時の計算値	100%	—
④切ばり軸力	許容圧縮軸力(座屈を考慮)	80%	100%

表-4 測定値の状況と対応策

状 況	対 応 策
(i) 測定値 $\leq$ 第1次値	この場合、土留め架設については、問題はないと思われるが、測定値が第1次値をかなり下回る際には土留め架設の変更が可能か否か検討が必要がある。
(ii) 第1次値 $<$ 測定値 $\leq$ 第2次値	第2次値を許容応力としているので、測定値がこの範囲内にあるときは問題はないが次施工段階で第2次値を上回るか否かの検討が必要である。
(iii) 第2次値 $<$ 測定値	このような事態になったとき工事を一時中断し土留め架設全体および部材についても再検討し、切ばり架設位置の変更など適切な処置を講じる。

る安全性を事前に確認してから掘削を開始する。

この予測管理の基本的なフローを示したものが図－3である。

(c) 経時管理

土留め工事は、土を対象とした工事であるから、土の経時的な挙動を把握しておくことも重要である。パソコンを用いた自動計測システムを導入した事例では少なくとも1日1回はデータを収集しており、データの経日変化図で示される日ごとのデータの変化勾配から工事の安全性についての確認を行なう。すなわち、掘削を行っていないときにデータが異常に増加したり、また掘削中においてもデータの増加勾配が突然、急になるような状況は過去の事例から事故につながる事が多いので、この点について確認した後工事を始める。

(2) キーワードによる整理

土留め工事の計測管理では、コンピューターを用いたデータ処理が行なわれている例が多い。しかしながら、実際の施工にあたっては、経験に基づく人間の判断も重要な役目を果たしている。そこで、数

値化されたデータと数値化されていないデータにわけて、予測値、基準値、設計値、実測値という、キーワードで土留め工事の計測管理を整理してみると次のようになる。

(a) 数値データ

予測値 : 予測手法は、種々ある。予測結果は通常、応力及び変位で表わされる。

基準値 : [応力について]

材料が均一なものほど明確である。

[変位について]

山止め壁と構造物のクリアのように明確なものと周辺構造物の機能から規制される変位のように状況により検討を行ない定めるものがある。

設計値 : 計画時において、部材・工法を決めるときのある基準に基づいた安全率を見込んだ応力・変形などの予想値と考える。

実測値 : 設計値に対応する応力、変位などの実測値

(管理データ)

手法の入力条件に対応する実測値

(手法検証データ)

基準値を補足する実測値

(基礎データ)

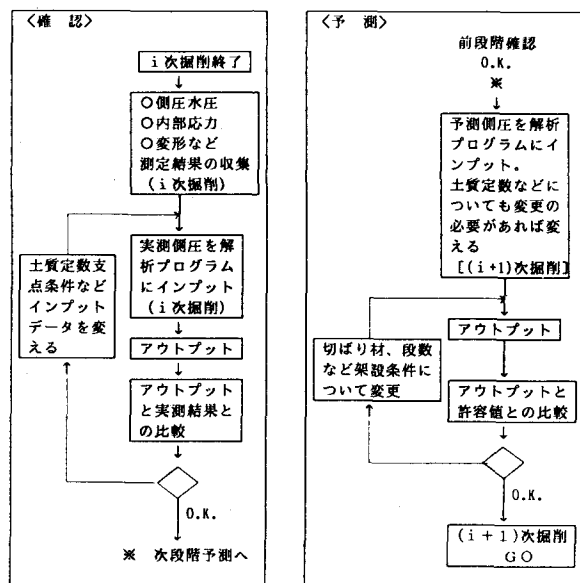
これらを併せて収集している。

(b) 非数値データ

予測値 : 経験に基づく掘削時の状況パターン、その変化パターン等。

基準値 : 危険の兆候、例えば、音、クラック、漏水、ズレ、等、目視チェック項目に当たるものまた、破壊パターン等。

実測値 : 五感+α、現場で肌で感じるもの。



図－3 予測管理の基本フロー

5. おわりに

現場計測における周辺技術は、建設マネジメントのなかでかなり中核的な役割をはたすと考えられるが、その範囲は広く未知の分野も多い。

したがって、当初は研究テーマの選定にも苦慮するような状況であったが、一応本報で述べたような方針で研究を開始した。

この研究を今後進めていくためには、当グループ内だけでなく、他のグループや小委員会との情報交換が不可欠となるので建設マネジメント委員会の委員各位の貴重な御意見をいただければ幸いと考えている。

なお、周辺技術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9月30日現在、※印はグループ主査である。)

※土屋 幸三郎 (大林組)
市原 義久 (奥村組)
高橋 莞兩郎 (鹿島建設)
植村 健 (佐藤工業)
古川 圭三 (大成建設)
斉藤 誠 (フジタ工業)
浜崎 康児 (前田建設工業)
井手 豊 (日本海洋コンサルタント)
高階 純司 (竹中土木)
竹内 誠 (矢作建設工業)
津田 健治 (飛島建設)

参 考 文 献

- 1) 土屋幸三郎：土留め計測管理の現状と問題点、土木工事のマネジメント問題に関する研究討論会講演・資料集、P15～P18、土木学会施工情報システム小委員会、1983
- 2) 土屋・糸田川・岸田：土留め工事の情報化施工でのパソコン利用例、基礎工Vol.112、P87～92、1984