

山留め工事における現場計測の必要性

Necessity of Field Measuring On Excavation Work

周辺技術ワーキンググループ 坂元 健一郎 (フジタ工業㈱)
by K. SAKAMOTO

本報文は、建設マネジメントのなかでの現場計測の位置付けを考える研究の一環として、特に工種を山留め工事に絞って、現場計測の必要性について報告するものである。

一般に現場計測の目的といえば、“施工管理”、“設計法の確認”、“工法開発”3つが挙げられるが、今回は、このうち最も一般的に行われている“施工管理”のための計測について、その必要性を論じた。

“施工管理”のための計測とは、基本的には設計時に考慮されない様々な要因に対して、実際の挙動を定量的に把握し、工事の安全性を確認しながら施工を進めるために実施するものである。

ここでは、設計時に具体的に考慮できない要因として“地盤が悪い”、“掘削深さが深い”等を考え、更に各々の要因に対して具体的に問題となる事項を列挙し、現場計測の必要性を判断する際の判断要因とした。

【キーワード：計測、施工管理、山留め工事】

1. はじめに

近年の土木工事では、合理性の高い計画、設計、施工を行うため、情報化施工を取り入れるケースが増えている。その背景には規模の大きい構造物の施工が増加してきたことや、地盤条件、周辺環境等の施工条件が厳しくなってきたことがある。また、情報化施工の基盤となる解析技術、情報処理技術などの電算機の利用技術や計測技術の向上が、その普及に一層拍車をかけているといえよう。

一方、情報化施工に伴い膨大なデータが収集されるが、計画、設計、施工に有効にフィードバックされない限り、現場計測を行う意味はないといえる。

周辺技術 W/Gでは、建設マネジメントのなかでの現場計測の位置付けを考えながら、計測により得られるデータの利用法についての研究を行ってきた。

本年度は、こうしたデータの利用法以前の根本的な問題として「なぜ計測するのか」という計測の必

要性についての見直しを行うこととした。

工種については山留め工事に絞り、その現場計測の必要性に関する検討項目を“施工管理”、“工法開発”、“設計法の確認”の3つに分類して整理し、計測すべきかどうかの判断について考察した。

本文はこれらの研究内容についての報告であり、具体例として実際の山留め工事における現場計測例についても併せて述べる。

2. 山留め工事における現場計測の必要性

山留め工事における現場計測は、一般に以下に示す事項を目的として実施される。

- (1) 危険な兆候を事前にキャッチして、事故の発生を未然に防ぐこと(施工の安全管理)
- (2) 当初設計の妥当性を確認すること
- (3) データを蓄積して以後の設計資料をする(研究、開発)

これらのうち、(1) 施工の安全管理を目的とする場合が殆どである。従って、ここでは山留め工事の安全管理を行なううえで何故現場計測が必要かについて考えることとする。

山留め工事を安全に施工するために、事前調査ならびにそれに基づく設計が行われる。山留めの設計では、山留め架構(壁体、支保工材)の安全性、内部地盤の安定性(ボーリング、ヒーピング、盤ぶくれ)、周辺地盤の変状や周辺構造物の受ける影響などが検討されるが、これらの検討過程で多くの不確実な要因が入り込んでくる。以下主要な要因について挙げる。

a) 地盤調査の結果をもとに設計に用いる土質定数を決定するが、ばらつきの多い土質定数のなかから一つを選定し土層全体を代表させていること

b) 元来不均一な材料である土を均一な材料に理想化していること

c) 山留め壁に作用する側圧は、地盤の構成(砂層、粘性土層、互層)、山留め壁の剛性、山留めの平面形状と大きさなど多くの要因に影響されるため不確実であること、特に根ぎり面以深の土圧については不明であること

d) 山留め架構の構造条件及び根切り面以深の支持条件などの複雑な要因を単純なモデルに置き換えて計算していること

e) 計算に含めにくい地盤のクリープ変形のような要因があること

f) 計画根切り面を越えた深掘り、支保工材の継手部や仕口部の精度が低下しやすい、壁体と腹起こし間のなじみなど施工精度に影響される要因があること

山留めの設計は以上列挙したように、多くの不確実な要因や定量化しにくい要因を含んだまま行なわれるため、設計で想定した状態と現実の状態とが異なる可能性があり、その結果、不測の事態が生ずる恐れがある。従って山留め工事を安全に施工するためには、事前の検討だけでは困難であり、施工中における山留め架構や内部地盤の挙動を定量的に把握する現場計測が必要不可欠となる。

3. 現場計測実施の判断要因

山留め工事の安全管理を行なううえで、定量的な現場計測は有効な方法であり、且つ必要である。しかし、施工実績の多い山留め工事では、経験が蓄積されて安全が確認されていること、また費用がかかることもあり、トランシットやレベルによる測量や目視による簡単な安全管理が行なわれている程度であり、全ての山留め工事に対して現場計測による安全管理が行なわれているわけではない。

では、現在どのような場合に現場計測による安全管理が実施されているのであろうか、それを示したのが図-1である。図-1に示すように、平面規模が大きい場合、地盤が悪い場合、特殊な掘削形状を有する場合、周辺構造物に近接して掘削する場合、掘削深さが深い場合、また、これらが組み合わさった場合は前述したように不確実な要素や定量化されない要素が入り込んでいることに加えて、設計で考慮されていない事項が加わる恐れがある。

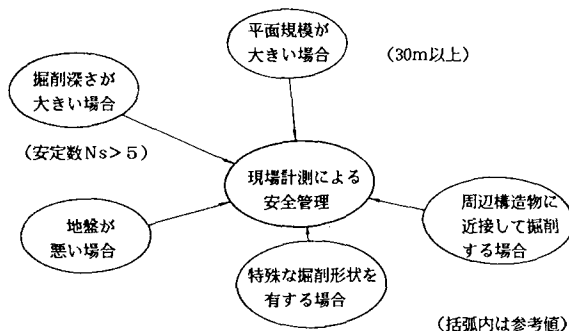


図-1 計測による安全管理

各要因ごとに、特に問題となる事項を表－１に示す個々の工事現場においては、これら各要因を総合的に判断して、現場計測による安全管理を実施すべきかどうかを決定しているのが実情であろう。特に未経験あるいは施工実績の少ない工事に対しては、従来の設計・施工技術で対応できないため、現場計測が計画実施され安全を確認しながら施工している。

一方、施工実績の多い一般山留め工事では簡単な

測量程度による安全管理しか行なわれていないが、山留め工事に含まれている設計・施工の不確実な要因を考慮すれば、安全率をもちすぎた不経済な山留め施工あるいはぎりぎりの安全率しかもたない山留め施工を行なっている恐れがある。従って、従来の山留めに対しても場合によっては現場計測による定量的な安全管理を実施して、得られたデータを迅速に施工にフィードバックする情報化施工が必要となる。

表－１ 現場計測実施の判断要因

判 断 要 因	問 題 と な る 事 項
平面規模が大きい場合	(1) 同一断面での切梁（またはアンカー）の数が多いため切梁の効き具合にバラツキが生じる恐れがある (2) 切梁の縮み量が大きくなるため、交差している切梁が相互に悪影響を及ぼしあう恐れがある (3) 切梁が長く、その設置、および継手部、仕口部での厳密な精度の確保が難しいため、偏心荷重が作用する恐れがある (4) 切梁が長い場合、切梁の温度変化に伴う切梁軸力（温度応力）が大きく生じる恐れがある (5) 中間杭の浮き上がりにより切梁に設計応力以外の応力が付加される恐れがある
掘削深さが深い場合	(1) 大深度における外力の評価が難しい (2) 土留め壁が深い場合、その施工精度の確保が難しい
特殊な掘削形状を有する場合	(1) 平面形状および縦断面形状が非対称であるため、局部的に応力集中が生じたり偏圧が作用したりする恐れがある (2) 厳密な意味での設計計算上のモデル化が難しい
地盤が悪い場合	(1) 軟弱粘性土地盤においては側圧の評価が難しい (2) 地盤のリバウンド量が大きいと、支保工へ悪影響を及ぼす恐れがある (3) 周辺地盤に与える影響が大きく、その予測が難しい (4) ヒービング、ボイリングなどを起こしやすい
周辺構造物に近接して掘削する場合	(1) 地盤の変形により既設構造物が悪影響を受け傾斜、沈下、亀裂が生ずる

4. 計測事例

ここでは、施工中に山留め壁の安定性が確保できないことが予測管理結果で明かとなったため、地盤改良による先行地中梁工が対策として採られ、無事30mの大深度掘削を完了した例について紹介する。

本工事は都市内の軟弱地盤における大規模掘削を伴うもので、開削の規模は65m×35m、深さ30mである。山留め壁には壁厚100cmのRC連続地中壁支保工には鋼製切梁10段が採用された。地盤はN=0～3の軟弱シルトとルーズな砂が互層をなす沖積層が30mも堆積しており、地下水位もG.L.-1m前後と高い(図-2)。また、マンション、木造民家および河川に近接しているという厳しい条件下にあった。

施工にあたっては、大規模・大深度掘削であり、地層が複雑なため山留め壁に作用する側圧や地盤のバネ定数の採り方等原設計には不明確な点が多く、また近接構造物があるために

- 山留め架構の安全管理
- 周辺地盤・構造物の変状把握
- 予測解析および対策工検討

等を目的とした計測管理を実施した。

計測項目として、山留め架構では側圧、水圧、壁体変形・応力および切梁軸力・温度、周辺地盤・構造物では地盤の沈下、地下水位および構造物の沈下・傾斜を測定した(図-2, 3)。

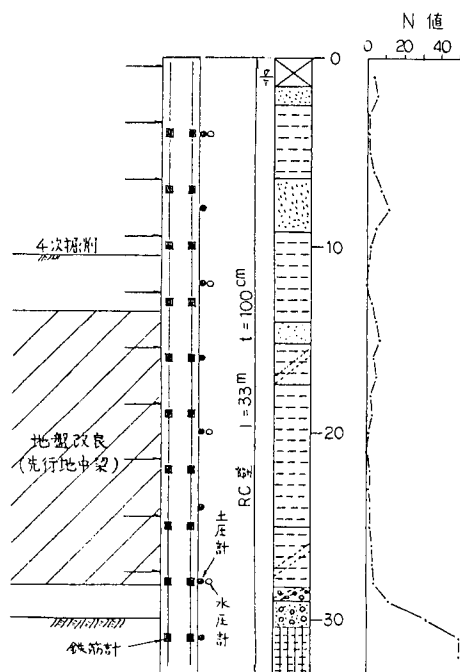


図-2 土質柱状図

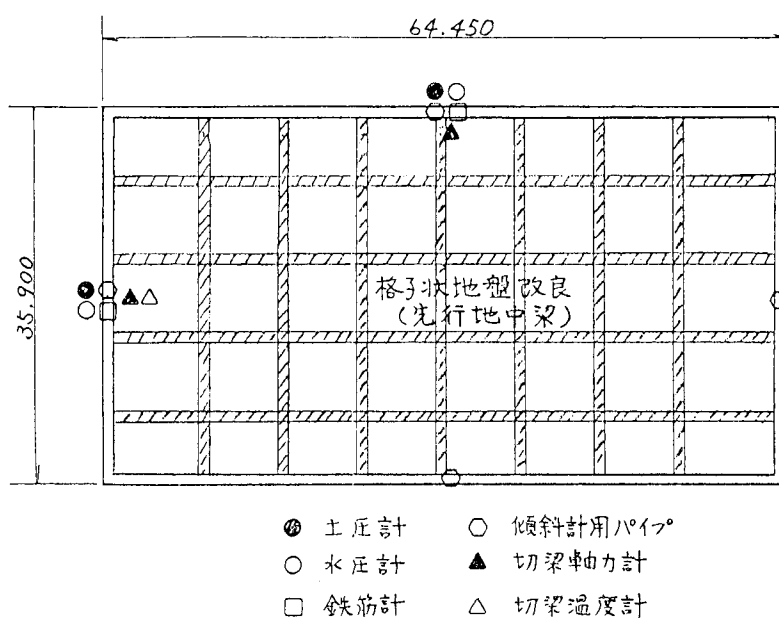


図-3 計器配置平面図

計測管理フローを図-4に示す。

現場ではパソコンを中心とした自動計測により、計測・データ処理・図化処理を迅速に行い、即時に実測値と管理基準値とを比較し現状での安全性を確認する（絶対値管理）。さらに、電話回線を通じて計測データが本社のパソコンに同時転送され、次段階以降の予測解析が大型電算を用いて行われる。

当予測システムは、計測結果を基に原時点での変位・応力状態で不明確である地盤定数を推定する逆解析過程と、逆解析より推定された地盤定数を利用して、次段階以降の山留め壁に発生する変位・応力を解く予測解析過程とからなる。逆解析手法には、非線形計画法を用いた繰り返し計算を行い、実測変位に解析変位を近づけるように未知数を決定する。

予測解析は逆解析で得られた地盤定数を用い、以降の施工段階を弾塑性解析し、工事終了まで安全かどうかを予測値と管理基準値との比較により確認する（予測管理）。なお、逆解析・予測解析は各次掘削が終了した時点で実施した。

4掘削までの逆解析・予測解析結果から、5次掘削以降で壁体の曲げモーメント等が許容値を超えることが予測されたため（図-5）、対策が必要と判断された。種々検討の結果、施工上の制約条件が多いことから掘削側地盤の改良（噴射攪拌工法）が採用された。なお、改良時の壁体への影響、工期、施工性および経済性を考慮して、全面改良はせずに格子状に改良した（図-3）。

以上のような計測管理と対策工の実施により、計画段階から予想された難易度の高い地下工事を無事完了することができた。

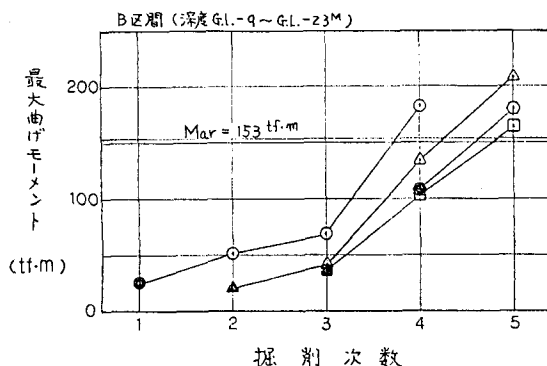


図-5 曲げモーメント予測値推移図

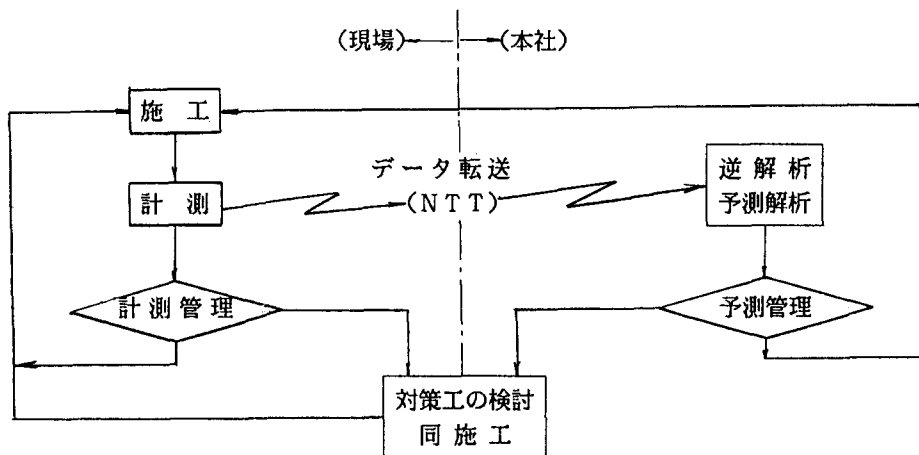


図-4 計測管理フロー

5. おわりに

近年、現場における計測は、情報化施工上必要欠く可からざる物となっており、その実績も多く蓄積されて来ている。

しかし、まだ現場において計測が必要となる要因、またどの様な計測が必要であるか等について、整理されていないのが現状であろう。

そこで本報告書では、山留め工事に工種を絞り、現場計測を必要とする要因を上げて整理した。

今回報告した要因は完成品でなく、この結果を基に、今後現場で計測を行うか否かを検討しかつこれをリファインして行く作業が必要であると考えている。

なお、周辺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62年11月30日現在、* 印はグループ主査である。）

* 土屋幸三郎	(株) 大林組
平尾 淳一	(株) 大林組
市原 義久	(株) 奥村組
高橋莞爾郎	鹿島建設 (株)
植松 健	佐藤工業 (株)
古川 圭三	大成建設 (株)
村上 清基	飛鳥建設 (株)
坂元健一郎	フジタ工業 (株)
岩田 誠	前田建設工業 (株)
竹内 誠	矢作建設工業 (株)