

2.2 泥炭性軟弱地盤地での動態観測の目的

前述の様な、泥炭性軟弱地盤地の施工時は、一般的な施工管理項目はもとより、特に動態観測を中心とした管理が重要であり、施工上の位置付けとしては、下記の事項について、適切な判断を行うために、実施する。

- ①盛土の滑りによる破壊の危険性の有無を判断（施工速度のコントロール）
- ②载荷盛土の取り除き時期の判断
- ③残留沈下量の予測と対策（上越し量の設定）
- ④盛土による周辺地域の沈下または隆起による第三者への被害の予知及び対策²⁾

2.3 動態観測の概要及び重要性

この動態観測の主な項目は、以下の方法がある。

- ①沈下板観測による現地盤の沈下測定
- ②周辺現地盤の水平、鉛直変位の測定

また観測頻度は、表-1の頻度を原則とし、変状が生じ始めたことが予想される場合は適宜、発注者と協議する必要がある。

この様に軟弱地盤地における盛土の動態観測は観測により得られた安定管理データを基に盛土の破壊の危険性を判断し、盛土施工をコントロールする、極めて重要な管理であるといえる。

また各種計測器を用いその情報を基に施工の判断をおこなう施工と計測情報が一体となった施工方法を、一般的には情報化施工と呼び、古くからトンネルにおける変位計測データの施工への反映が実施されている。近年においてはICT技術（情報通信技術）、特にGPS、TS等の測位技術と機械制御技術とを融合した情報化施工技術が普及しつつある。

図-2に動態観測の情報化施工フローを示す。

2.4 従来の動態観測

この様に極めて重要な管理である動態観測は、一般には沈下板観測ではレベル、スタッフにより水準観測を行い、最低2名の人員を必要とした。

変位杭観測では、1測線ごとに設けられる不動杭と呼ばれる堅固な基準点に光波測距儀を据え付け観測対象である変位杭に反射プリズムを設置、その点間距離を観測することで、沈下板観測と同様に最低2名の人員を必要とした。

しかも施工範囲が広範囲に及ぶ場合はこれに伴い、観測すべき測線が増加する。盛土の施工規模によっては観測すべき沈下板、変位杭が100点を超える場合も数多く見受けられ、この様な観測規模の現場では2名で観測に半日以上、また観測データを用いた安定管理データの取り纏めにおいても半日程度を要し、これらを合わせると丸一日要するとのヒアリング結果も得ている。

この様に動態観測は極めて重要な管理ではあるものの、作業所においては観測に要する負担が多

大な管理であるともいえる。

(図-3)に従来法の動態観測イメージを示す。

表-1 動態観測の標準的な観測頻度

	対策 施工中	盛土 期間中	終了後 1か月	1~3 か月	3か月 以降	測定期間
沈下板 観測	1回/日	1回/日	1回/ 2~3日	1回/週	1回/月	工事期間 まで
変位杭 観測	1回/日	1回/日	1回/ 2~3日	—	—	終了後 1か月まで

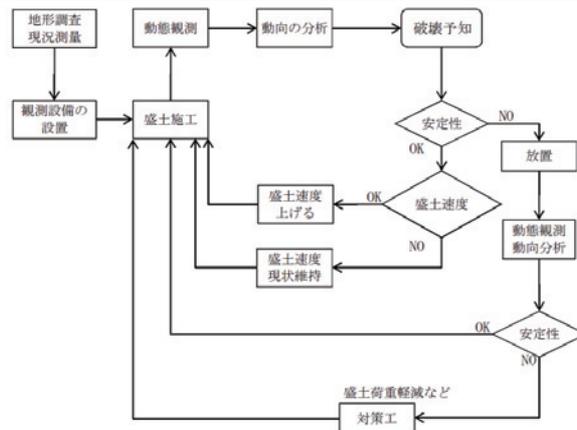


図-2 動態観測の情報化施工フロー

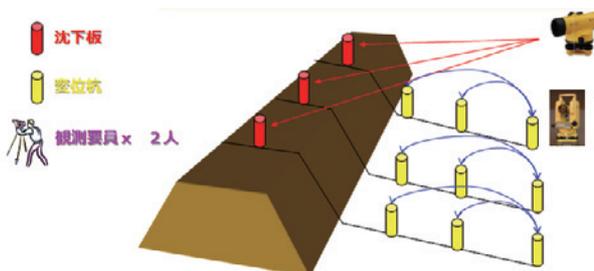


図-3 従来の動態観測手法のイメージ図

3. トータルステーションを用いた動態観測

3.1 開発の経緯

道内では近年、道央都市圏の環状道路として、新千歳空港を起点とし、小樽市へ至る全体延長約80kmの道央圏連絡道路が整備されつつあり、本路線には道内有数の軟弱地盤地域である石狩管内が含まれており、そこでは盛土の施工に伴い動態観測が日々実施されている。

上記背景を基に、動態観測の効率化を目的として2006年にトータルステーション（以下、TS）を用いた動態観測システムの開発をスタートした。

3.2 システム開発時の要求機能

本システム開発上の、留意点を以下に挙げる。

- ①特定測器メーカーへの依存を避ける為、日本測量機器工業会規格であるSIMA形式ファイルをTSから出力し、今回開発する軟弱地盤対策工管理システムへ取込む

(以下、管理システム)

②データ改変防止，大容量データ取扱い時の安定性及び処理速度を考慮し，データベース方式を採用

③管理データとして紙での提出を想定し，表計算ソフトへ安定管理帳票を出力

また利用されるTSの要求機能を以下に挙げる。

- ①日本測量機器工業会の規格であるSIMA形式のファイル出力への対応
- ②モータードライブを搭載し，自動視準，自動追尾機能，及び360°全周プリズムによる，ワンマン観測機能への対応
- ③動態観測において，従来法と同程度の観測精度を得る為，測角精度は水平，垂直とも5秒以上を有する

これら要件を満たした動態観測システムが2006年に完成し，現在まで道内外10数か所の現場で運用され，現場からの意見要望を反映した機能改善を実施しながら現在に至る。

また2008年1月には国土交通省が新技術の活用のため運用する，新技術情報提供システム（通称NETIS）への登録を完了している。

3.3 システムの概要

この動態観測システムは，観測時には2つの方法を想定しており，それぞれ以下の特徴を示す。

【固定プリズム方式】

- ①予めプリズムを観測個所に常設
- ②観測精度が高く，また観測スピードが速い
- ③観測個所の分，プリズムが必要

【360°全周プリズム方式】

- ①360°全周プリズムを持ち，観測個所毎に整準
- ②固定プリズムと比較し，観測個所を歩く工数が発生するが，相対的には低コスト

実際の現場においては求める精度，観測個所数，人員，コストなどを勘案し観測方法を選定する必要がある。

また安定管理データは上記観測で得られたデータをSIMA形式でパソコン上の管理システムに取り込み半自動的に安定管理データを取り纏めるものである。

2006年，開発当時の現場検証では沈下板50点，変位杭50点の観測個所を1名で観測し，観測0.26日，データ取り纏め0.13日の合計0.39日との結果を得ることが出来た，一方の従来法では2名観測で0.49日，データ取り纏めで0.50日の合計0.99日とのヒアリング結果を得ている。

本管理システムの画面イメージを図-4に示す，またTSを用いたワンマン観測のイメージを図-5，図-6に示す。

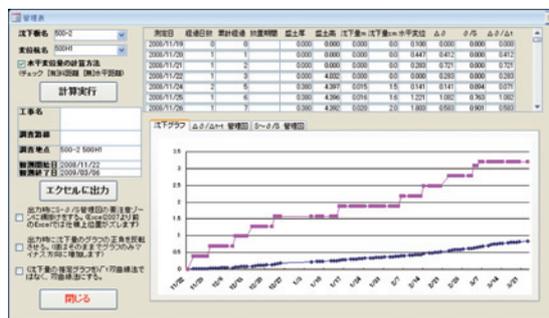


図-4 軟弱地盤対策工管理システム画面イメージ

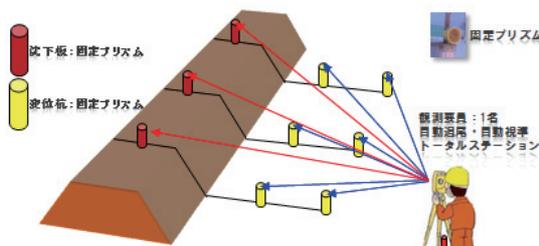


図-5 ワンマン観測（固定プリズム方式）

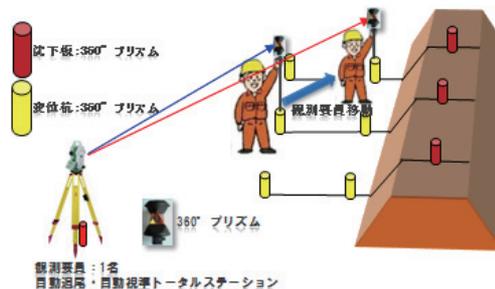


図-6 ワンマン観測（360°全周プリズム方式）

3.4 2007年現場検証及び結果

前述の2006年現場検証では沈下板50点，変位杭50点を観測したことは既に述べた。また，このときの観測手法は固定プリズム方式であった。

よって本節では，2007年末に実施した360°全周プリズムを用いた場合の検証結果を紹介する。

検証概要を，表-2に示すとおり沈下板9点，変位杭36点を1名で観測し，観測データを管理システムで取り纏めたときの，工数，コスト，精度を従来法と比較した。この結果を，以下に示す。

工数比較結果，表-3からは変位杭観測工数の削減が確認されるが，TSの単価が高額である為，金額的には大きな削減とはならなかった。一方，沈下板観測は従来法での工数も小さく，ともに絶対値の小さな結果となった。

更に観測～データ整理までのトータル工数に着目した場合は本技術では0.2日，従来技術では0.35日となりトータル金額でも一定の削減効果が確認できる。

しかしながら，2006年現場検証で得られた削減効果ほどには効果が得られていない。

これは観測個所数が少なく大きな低減効果が得づらい点，変位杭観測において視通を確保する為TSの移動が複数回発生した点，360°プリズム方式

特有の観測個所への移動の工数が影響を与えたと推測される。

一方、従来法と比較した変位杭観測精度を図-7に示す。その結果、新手法は従来法に対して、平均2mmほど短い値を示し、バラツキ(σ)も5mmほどと比較的良好な結果となった。

本検証では、TSに1秒機を選定し、その観測距離は200m弱であった。このことから5秒機以上の機種を用いた場合でも、その観測距離を100m以内とした場合、従来法と同程度の観測精度が得られることが期待できる。

また本検証から以下のことが考えられる。

- ①観測個所数が多いほど、工数削減効果が大きく、特に変位杭観測での工数削減が期待できる
- ②TSと観測個所の視通確保が重要であり、視通の確保ができない場合、大きな工数削減が期待できない
- ③1秒機を用いた場合、150m程の観測距離であれば従来法と同等の精度が期待できる

4. 本システムの効果と課題

本章では、前章ならびに実運用現場でのヒアリング結果を踏まえ、本システムの効果と課題を述べる。

【効果】

- ①観測個所数が多いほど、観測、データ取り纏めともに工数削減が期待でき、速やかな盛土の挙動把握に寄与する
- ②観測データを用い半自動的に安定管理データを取り纏める為、ミス、モレを削減できる

【課題】

- ①視通の確保が困難な場合、工数削減が期待できない
- ②360°全周プリズムによる観測時、プリズムのロストが発生する

課題②に関しては、観測者の操作方法に起因するもの、太陽光の影響など気象条件に起因するものなど様々であるが、TSの機能向上に伴い、改善されつつある。

5. おわりに

本論では、北海道の特性を踏まえた泥炭性軟弱地盤における、動態観測の重要性や新しい動態観測技術の概要、その検証結果について報告した。

また、各種計測器を用い、その情報を基に施工法を判断する、計測情報が一体となった情報化施工が古くから実施されていることにもふれてきた。

近年では、ICT技術を活用した情報化施工がわが国でも普及しつつあり、本技術もICTを活用した情報化施工技術と位置付けることができると考える。

このような情報化施工技術は土木施工において少なからず存在する苦渋作業の低減や、危険源への曝露数の減少、作業効率の改善などが期待でき、土木業界に漂う閉塞感へのブレークスルーとなりえる技術と考えられる。

今後も、GPS、TSに代表される測位機器や各種計測機器と、これらのデータを活用するソフトウェア開発などを通じ、土木施工の生産性向上に寄与できるような活動を継続したい。

表-2 動態観測検証概要(360°プリズム方式)

検証項目	観測数	区間
沈下板観測	9箇所	L=105.77m
変位杭観測	36箇所	L=105.77m
観測データ取り纏め	45箇所	

表-3 工数比較結果

比較技術	新技術	従来実績ヒアリング
地表面沈下計測 9点	・測量技師補:0.01人/9点計測 20,400円×0.01人=204円	・測量技師補:0.03人/9点計測 20,400円×0.03人=612円
	・トータルステーション:0.01日/9点計測 35,000円×0.01日=350円	・測量助手:0.03人/9点計測 18,500円×0.03人=555円
	地表面沈下計測 0.01日 554円	地表面沈下計測 0.03日 1,175円
側方変位測定機計測 36点	・測量技師補:0.13人/36点計測 20,400円×0.13人=2,652円	・測量技師補:0.19人/36点計測 20,400円×0.19人=3,876円
	・トータルステーション:0.13日/36点計測 35,000円×0.13日=4,550円	・測量助手:0.19人/36点計測 18,500円×0.19人=3,515円
	側方変位測定機計測 0.13日 7,202円	側方変位測定機計測 0.19日 7,648円
沈下板・変位杭 観測データ 取り纏め 45点	・測量技師補:0.06人/45点取り纏め 20,400円×0.06人=1,224円	・測量技師補:0.13人/45点取り纏め 20,400円×0.13人=2,652円
	・軟弱地盤対策工管理システム:0.06日/45点 標準価格:600,000円 5,000円×0.06日=300円	・Microsoft Office Excel 2007 標準価格:28,800円 223円×0.13日=29円
	観測データ取り纏め 0.06日 1,524円	観測データ取り纏め 0.13日 2,681円
TOTAL	0.20日 9,280円	0.35日 11,504円

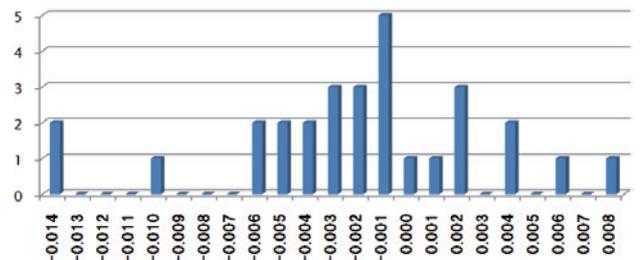


図-7 変位杭観測精度

参考文献

- 1) 独立行政法人 寒地土木研究所, 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル, pp1-6, 2002
- 2) 独立行政法人 寒地土木研究所, 泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル, pp159, 2002