

ヒンジセグメントの施工時挙動計測—連続計測システムの概要と適用検討—

坂田電機(株)	正会員	○樋口	佳意
東京都下水道局	非会員	坂根	良平
東京電力(株)	非会員	高橋	晃
日本シビックコンサルタント(株)	正会員	新井	孝弘
佐藤工業(株)	正会員	桐谷	祥治

1. はじめに

これまで実施されてきたセグメントの現場計測システムは、センサをセグメントに埋め込み、センサと測定器をケーブルで結線する方法であった。この方式では、セグメント組立後に結線作業を行うことから、セグメント組立後に計測を開始せざるを得ない。このため、セグメント組立時に発生する応力の計測ができず、計測開始時点におけるセグメントの応力状態が不明確なことから、シールド掘進時の正しい応力履歴を評価することが困難であった。

シールドトンネル技術に係わる数社は、シールドトンネルの施工時計測および供用後のメンテナンス計測に関して議論し、センサ、計測システム、データ伝送システムの開発を進めていた。新たに開発したシステム¹⁾は、セグメントにセンサと小型データロガを埋め込み、セグメント製作段階から計測データを収録するものである。これによって、現場での結線作業は一切不要となり、運搬から組立、さらにはシールド推進中まで、連続して計測することが可能となった。また、このシステムは、地盤中で伝送可能な新しい無線伝送装置を使用しているため、トンネル上部の地上からデータを収集することができる。

本報告では、新しい計測システムの開発経緯、概要および特長について紹介する。なお、本システムは東京都の下水道シールド工事で初めて採用され、連続測定できることが確認されている。²⁾

2. 従来計測システムと連続測定システム

(1) 従来計測システムの課題（限界）

従来の現場計測システムでは、以下のような問題点が挙げられる。

- ①セグメントが地上に置かれた状態では手動計測により初期値測定は行えるものの、その後は施工の障害となることから、図-1のように、組立を完了してケーブル接続を行うまではデータが得られない。
- ②坑内におけるケーブル接続作業は、シールド掘進を中断せざるを得ないとともに、セグメント表面にケーブルを配線するため、施工への支障となる場合やケーブル断線等のトラブルとなる場合がある。
- ③劣悪な環境下（狭小、高湿度 etc）での計測システムの構築作業となることから、計測の信頼性が低下する。

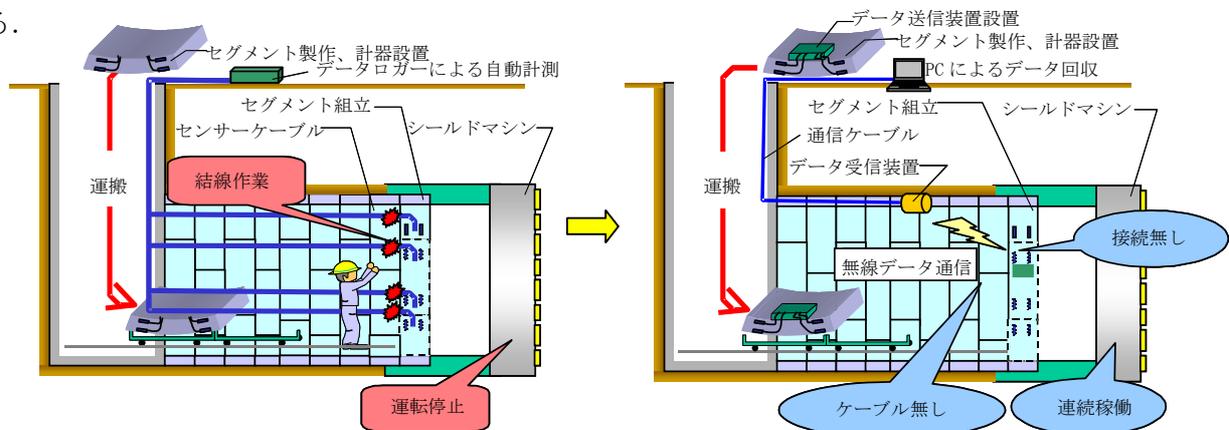


図-1 従来計測システム

図-2 連続無線計測システム

キーワード シールド，現場計測，応力計測

連絡先 〒167-0051 東京都杉並区荻窪 4-8-13 坂田電機(株)計測工事事務部計測技術課 TEL 03-3391-4652

(2) 解決策の検討

従来の計測システムによる課題を解消し、以下のような効果が得られる計測方法として、図-2 に示す現場配線不要の連続自動計測システムを検討した。

- ①セグメントの製作時に予め本計測システムの特徴である小型・薄型の自動計測システムをセグメントに設置することで、無負荷時の状態から組立後まで連続して計測できることを可能とする。計測データはセグメントに取り付けたデータログに収録され、任意の時点に回収する。
- ②現場でのケーブル接続作業を省略することで、シールド掘進の中断を回避する。同時に安全性の向上も図る。
- ③現場内に設置する計測システムや配線ケーブルを大幅に削減することで、計測の信頼性の向上を図る。
- ④このシステムは無線データ送信機を接続することができるため、シールドトンネル供用後に地上からデータ収集することができる。

3. 下水道トンネルでの測定

図-3 にセグメントに埋め込まれた連続測定装置、図-4 にデータ送信装置および測定ユニットを示す。データ送信装置、測定ユニットは何れも高さ 50mm 以内であり、二次覆工一体型セグメントの防食層部の箱抜き部に収納されているため、本体構造に影響を及ぼすことはない。

東京都の下水道トンネルでの測定に当たり、セグメント工場では本装置を組み込み、直ちに電源を投入して測定を開始した。測定は、セグメント養生時、運搬、組立、掘進にわたる全工程で連続して行った。シールド推進時は、計測リングから 6 リング掘進まで測定した。

測定頻度は、表-1 に示すように施工段階に応じて最長で 1 回/日、最短で 1 回/20 秒に設定した。測定頻度はデータログに直接指令を与えて設定することもできるが、今回は無線送受信装置を介して行った。これによって、測定期間中計測要員が坑内に一切入らず、地上部からの指令で工事に影響することなく計測できることが確認できた。

表-1 作業内容と計測頻度

施工段階	測定頻度
セグメント養生時	1回/1日
セグメント運搬中	1回/1時間
セグメント組立前・組立中	1回/分 or 1回/20秒
シールドマシン掘進中	1回/分 or 1回/20秒
計測リングから6リング掘進後	1回/1時間

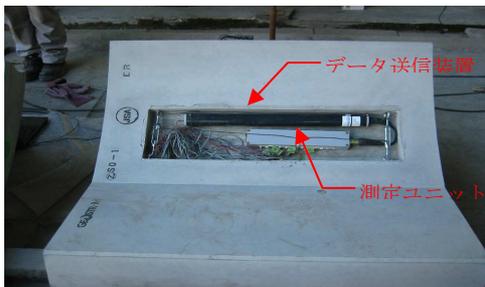


図-3 セグメントに組み込まれた連続測定装置

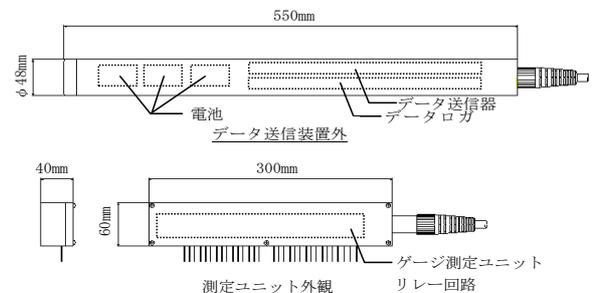


図-4 データ送信装置、測定ユニット

4. おわりに

シールドセグメント計測に関する従来測定システムへの反省から必要機能を検討し、開発したセグメント連続測定システムを実地使用した。これにより、システムの動作、作業内容、セグメント養生からシールド掘進にいたる全工程で発生する応力を把握することができた。特に組立から掘進に至る施工時荷重によるセグメント発生応力の実態を詳細に把握することが可能となった。今後は、コンクリートの健全性も視野に入れた長期計測、トンネル以外のコンクリート構造物の長期測定への摘要も考えて行きたい。なお、本測定で得られたデータは現在解析中であり、近く公表する計画である。

参考文献

- 1)セグメント測定装置およびシールド情報管理システム，公開特許公報(A)，特開 2005-273445 2005.10.6
- 2)佐藤幸二，新井孝弘，才田誠，金崎伸夫，セグメントの施工時挙動計測に適応する連続計測システムの計画と実施について，地盤工学会 地下空間における調査計測に関するシンポジウム，2006.5.