

超薄型センサを用いた覆工コンクリート天端部の面的な充填・締固め判定手法の開発

戸田建設(株) 正会員 山田 勉, 正会員 中林雅昭, 非会員 二宮伸二
ムネカタインダストリアルマシナリー(株) 非会員 海野雄士, 非会員 桑田拓弥, 非会員 金澤彰裕

1. はじめに

山岳トンネルの覆工コンクリート天端部は吹上げ打設となることから、コンクリートの充填・締固め状況の目視確認が困難であり、背面の空洞や締固め不足が生じる場合があった。そのため、天端部においては、充填・締固め状況を確認するセンサを併用して打設する事例が多くなっている。しかしながら、従来のセンサでは特定点での判定となり、天端部全体を確認することは難しい。そこで、天端部の充填・締固め状況を面的に判定できる超薄型センサ(以下、「本センサ」という)の開発に取り組むこととした。本稿では、その開発方針や試験で得られた成果等の経過報告を行う。

2. 開発方針と検知原理

本センサの開発にあたり、要求性能を「覆工コンクリート断面を欠損させずに、天端部の充填・締固め状況を面的に監視できるセンサ」に設定した。要求性能を満足させるために、以下を開発方針とした。

- ① 超薄型で可とう性を有し、防水シートの起伏に追従して貼り付けられるシート状のセンサとする。
- ② 充填・締固め状況の検知部とその信号を送信する電線は、シート状の基材(100 μm 程度)にスプレーコーティングまたはペースト塗布等による薄膜技術(数10 μm)を用いて形成する。
- ③ 上記検知部は、接触検知部とひずみ検知部を1組とし、2種類の検知原理を用いて総合的に充填・締固めを判定する機構とする。
- ④ 上記検知部をシート状の基材に密に配列する。薄膜電線は基材端部で1本のケーブルに集約し、専用の機器に接続して分析し、充填・締固め完了を自動判定する。

図-1に本センサの概念図を示す。接触検知部は、基材上に並列配置した2つの電極で構成され、電極間に介在する物質の電気抵抗の変化を交流電圧の振幅の変化として出力することで、コンクリートの充填および充填材料の種別(空気、ブリーディング水、およびコンクリート)を判定する。ひずみ検知部は、2つの電極に挟まれた高誘電率を有する膜(基材上に重ねて配置)の変形によって生じる電極間の電圧の変化を捉えることで、主にコンクリートの締固め状況を判定する。

3. 室内試験

図-2の型枠を用いた室内試験で本センサの接触検知部

キーワード 超薄型センサ, 覆工コンクリート, 天端部, 充填・締固め

連絡先 〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1 戸田建設(株) 本社土木技術営業部 TEL03-3535-1607

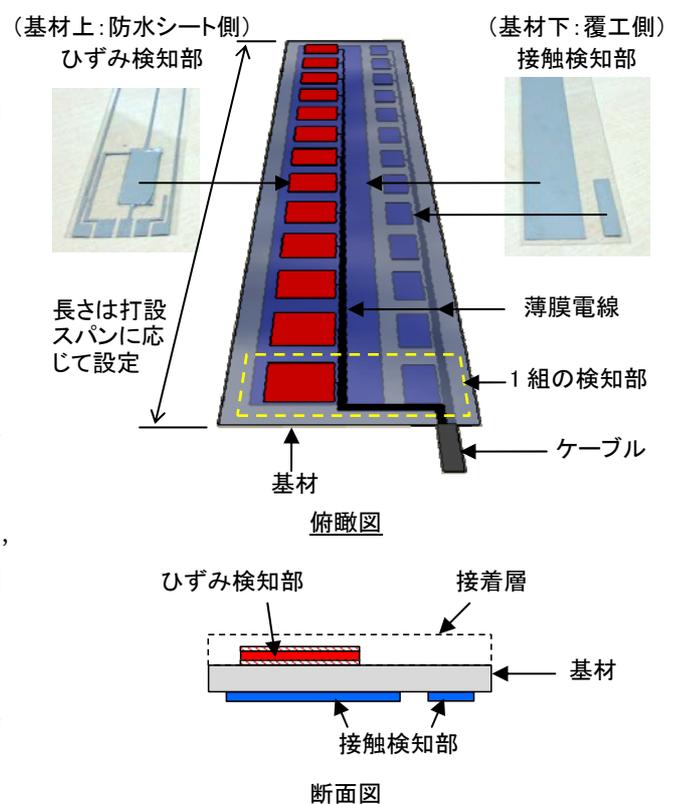


図-1 本センサの概念図

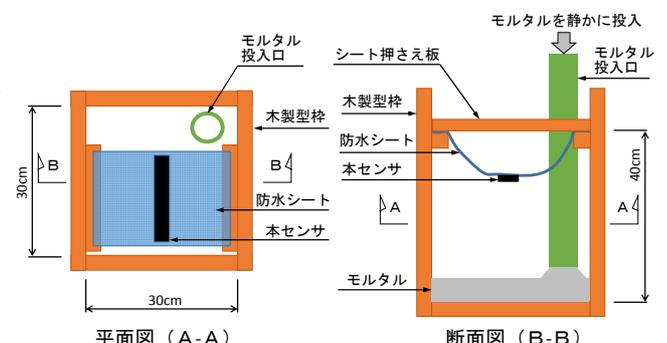


図-2 室内試験に用いた型枠

およびひずみ検知部それぞれの性能を確認した。防水シートは弛ませた状態とし、覆工天端部を模擬した。型枠内に1:3モルタル(W/C=60wt.%)を注入し、防水シートが背面の押さえ板に押し付けられるまで注入を継続した。

図-3に充填時の接触検知部の出力結果を示す。モルタル注入前は電極間が空気のため比較的高い電圧(抵抗)を示しているが、モルタル注入後に段階的に低下した。この変化は、電極間に介在する物質が導電性のない空気から、導電性のあるブリーディング水およびモルタルに変化したことを示していると考えられる。

図-4に充填時のひずみ検知部の出力結果を示す。モルタル注入前はノイズとして0.5V程度の電圧を検知しているが、モルタルの接触と同時にノイズが小さくなった。この変化は、ひずみ検知部がモルタル等の導電性を有する物質によって覆われたことで接地と同様の効果が働いたものと考えられる。接触検知部の充填物質の検知結果に加えて、ひずみ検知部の変化も考慮することで、より正確な充填完了の判定を行える可能性が示唆された。

図-5に締固め時のひずみ検知部の出力結果を示す。バイブレータ内蔵モータの周波数に近い約180Hzの電圧変化を検知したことから、一定時間検知することで締固め完了を判定できると考えられる。

4. 現場適用試験

本センサを国道289号6号トンネル工事の覆工コンクリート打設(天端部)に適用し、その性能を確認した。表-1にコンクリートの配合を示す。検知部の配列はトンネル軸方向に約25cm間隔とし、妻側に部分的に設置した(図-6参照)。なお、本センサ近傍に圧力センサも設置した。

図-7に最も妻側の接触検知部と圧力センサの出力結果の関係を示す。圧力が約9kPaとなったときにセントル妻枠上部よりモルタルの流出が目視確認され、ほぼ充填完了と想定されたが、接触検知部はブリーディング水との接触を示す電圧を示していた。その後も監視を継続し、圧力が15kPaに達したところで、接触検知部の出力電圧がコンクリートとの接触を示す値を示した。すなわち、覆工コンクリートの充填状況を正確に監視できていると考えられる。なお、締固め時は室内試験と同様の電圧変化が捉えられた。

5. おわりに

室内試験と現場適用試験において両検知部の性能を確認できた。この検知部を基材に密に配列することで、天端部の充填・締固め状況を面的に監視できると考える。今後は、自動判定用の分析機器も含めて製品化する予定である。

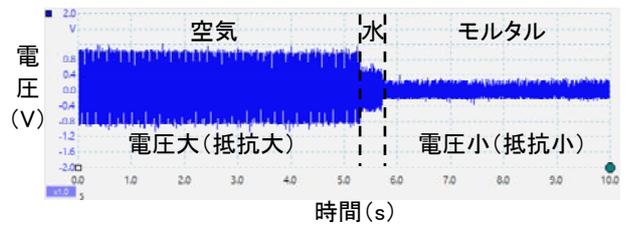


図-3 接触検知部の出力結果(充填時)

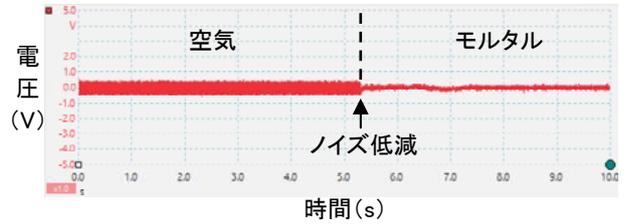


図-4 ひずみ検知部の出力結果(充填時)

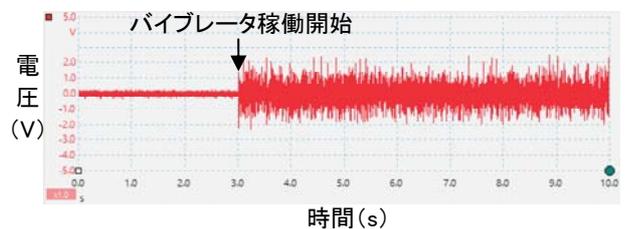


図-5 ひずみ検知部の出力結果(締固め時)

表-1 コンクリートの示方配合

| 種別 | W/C (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | |
|-----|---------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|------------------|------------------|
| | | | W | C | S | G | Ad ^{*1} | Fb ^{*2} |
| 中流動 | 46.1 | 50.0 | 175 | 380 | 848 | 868 | 5.13 | 3.19 |

※1:チューボールHP-70B, ※2:シムロックLX

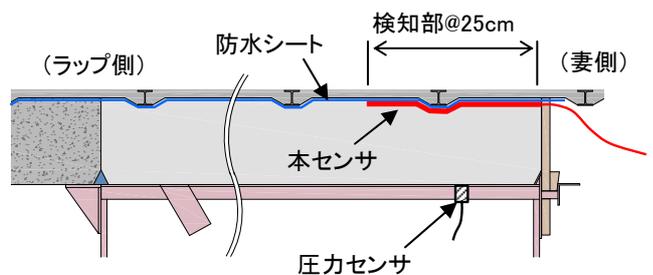


図-6 各センサ設置状況(縦断面図)

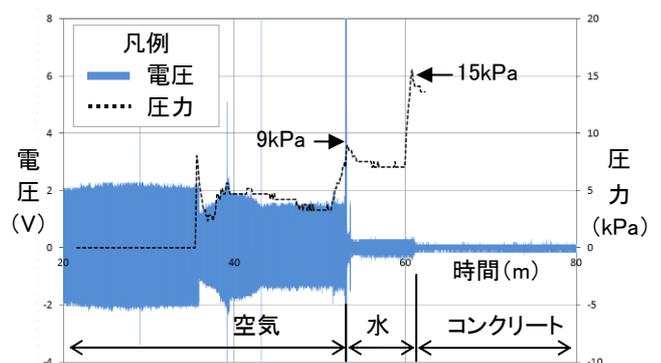


図-7 接触検知部と圧力センサの出力結果(充填時)