

超薄型充填検知センサと圧力センサを用いた覆工コンクリート天端部の充填確認

(株) 奥村組 正会員 ○柿沼 諒 正会員 會田 康太郎 林 健人
正会員 浜田 元 正会員 川口 昇平
ムネカタインダストリアルマシナリー (株) 海野 雄士

1. はじめに

山岳トンネル工事に於いて、覆工コンクリートを施工する空間は狭隘であり、特に天端部は吹上げ方式で施工するため、充填状況を目視で確認することが難しい。本稿では、覆工天端背面の防水シートに2種類のセンサを配置してコンクリートの充填状況を測定し、充填に至るまでの経過を分析したので、その結果を報告する。

2. 現場測定の方法

測定を実施した現場は、延長 1,602m、内空断面積 52m²、縦断勾配 5.8%の2車線道路の山岳トンネル工事である。本工事の覆工コンクリートの覆工厚は 300mm であり、延長 (スパン) 10.5m のセトルを使用し、上り勾配で施工した。表-1 に打設条件を示す。なお、セトル天端部には既設コンクリート側から 2.3m 離れた位置に打設口、1.3m 離れた位置に圧力計を配置した。

覆工コンクリートの天端部は、次の手順で充填した。

- ①コンクリートの打ち込みに合わせて、作業員がバイブレータで締固めを行いながら妻板側まで打設する。
- ②妻板天頂部よりコンクリートの漏出を確認後、圧送を一時停止し、引抜バイブレータ (引抜パイプ) で締固める。
- ③引抜パイプによる締固め後、妻板天頂部を閉じてコンクリートを再圧送し、打設を完了する。

なお、既往の研究で、天端コン打設時 40kPa 以上の加圧充填が覆工コンクリートの品質向上に寄与することが示されているため、今回も加圧充填を行うことを基本方針とした。

充填検知と圧力の測定は、トンネル標準部の2スパン (BL1, BL2) を対象として、図-1 に示す通りセンサを配置して行った。

BL1 には、シート状の超薄型充填検知センサ (超薄型センサ) を配置した (写真-1, 11 測点)。BL2 には、ピンポイントタイプの超薄型センサ (7 測点) と圧力センサ (1 測点) を配置した (写真-2)。超薄型センサは、センサ表面の電極間に交流電圧を印加し、その電圧の振幅の変化を監視することでコンクリートを判別する。圧力センサは圧電式 (最大測定圧力: 200kPa) であり、コンクリートがセンサに接触した状態の作用圧力を測定する。センサの測定は、天端打設口からのコンクリート打ち込みを確認してから開始した。測定データのサンプリングは 1 秒に 1 回とした。

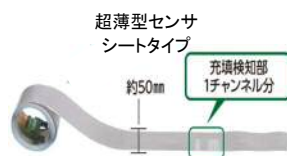


写真-1 センサ (BL1)

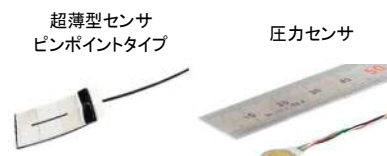


写真-2 センサ (BL2)

表-1 覆工打設条件

覆工形状	厚さ 300mm、1 ブロック長 10.5m
配合	18-15-40BB
天端打設方法	吹上打設後、加圧充填

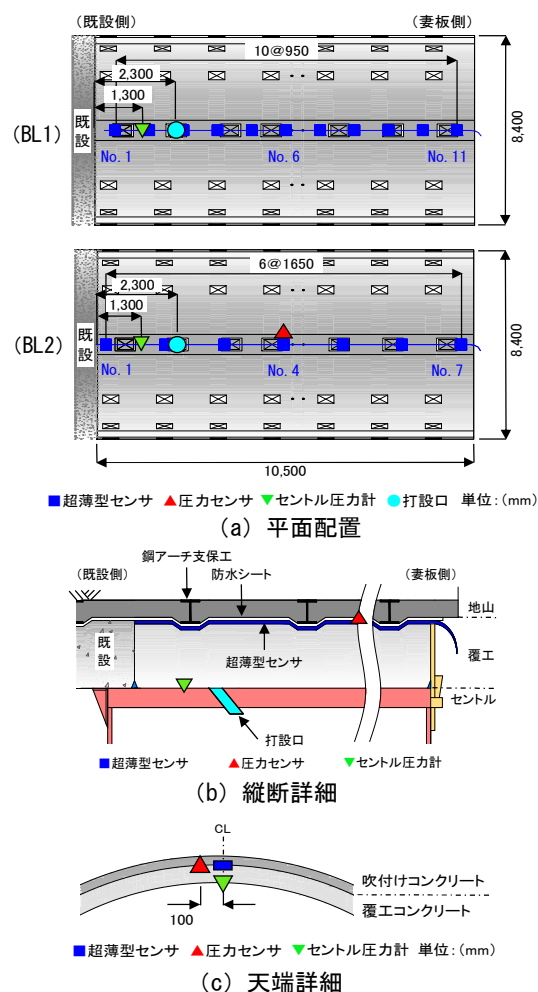


図-1 センサの配置

キーワード 山岳トンネル、覆工コンクリート、天端、充填、充填検知センサ、圧力センサ

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝 5-6-1 (株)奥村組 東日本支社土木技術部 TEL 03-5427-8278

3. 測定結果と充填経過の分析

BL1の測定結果を図-2に示す。図の上段は既設側～スパン中央、下段はスパン中央～妻板側の結果を示している。いずれも、測定開始からの経過時間を横軸、超薄型センサの分圧値を縦軸としている。なお、超薄型センサは、電極間の分圧が0.2~2.2(V)の範囲でコンクリートの充填と判定する。

図-2から、超薄型センサは、概ね打設口に近い順番でコンクリートを検知しており、打設口を起点として、順次コンクリートが充填した経過が確認できている。超薄型センサNo.1~10は、圧送一時停止時点でコンクリートを検知し、以降の引抜パイプによる締固め、再圧送でもコンクリートを検知した。コンクリートの充填状況は、引抜パイプによる締固めや再圧送で変化したもの、圧送一時停止時点とは大きく変わらないことを示す結果と判断した。一方、超薄型センサNo.11は、圧送一時停止時点でコンクリートを検知していないが、引抜パイプによる締固め終了直前にコンクリートを検知し、以降、再圧送でもコンクリートを検知した。引抜パイプによる締固めでコンクリートが移動し、センサに接触する状況になったと考えられる。

BL2の測定結果を図-3に示す。図-3には、超薄型センサ、圧力センサに加え、セントル圧力計の結果もあわせて示している。図中に示す赤丸は、超薄型センサがコンクリートを検知した時間であり、BL1と同様打設口に近い順番でコンクリートを検知した。

図-3から、覆工背面の圧力センサは、隣接する超薄型センサNo.4がコンクリートを検知して約10分経過後から圧力が上昇した。圧力は、圧送一時停止時点で26kPaであり、引抜パイプによる締固めに伴って5kPaに低下し、再圧送により最大68kPaに達した。なお、超薄型センサNo.4は、圧力上昇以降も、コンクリートを検知した。覆工背面における圧力の作用は、コンクリートが覆工背面の防水シートを押し上げて地山側の面と密着し、覆工天端部の施工空間にコンクリートが充填されたことを示す結果と判断した。

セントル圧力計は、近接する超薄型センサNo.2がコンクリートを検知して約3分経過後から圧力が上昇した。以降、圧力は再圧送開始時点まで概ね10~20kPaで推移しており、厚さ300mmのコンクリートにより作用する圧力(6.9kPa)よりも大きかった。再圧送後の圧力は、最大で57kPaに達した。なお、超薄型センサNo.2は圧力上昇以降もコンクリートを検知しており、覆工天端部において、コンクリートが充填されたことを示す結果と判断した。

4. おわりに

覆工天端部の背面に配置した超薄型センサと圧力センサの測定データから充填経過を分析した。充填状況を精度良く把握するうえで、2種類のセンサの組み合わせが効果的であることを示した。今後は、現場検証を重ねるとともに、充填状況を精度良く把握するシステムの構築に向け検討を進めたい。

【参考文献】 1) 角田晋相：覆工コンクリートの加圧充填による天端部の品質向上効果，土木学会第68回年次学術講演会，VI-7，2013。

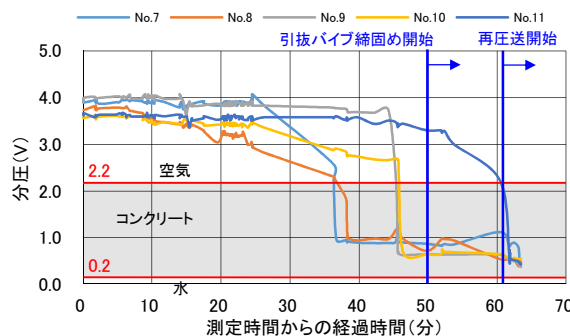
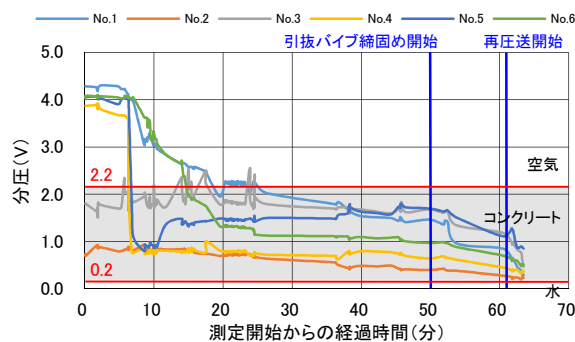


図-2 BL1の測定結果

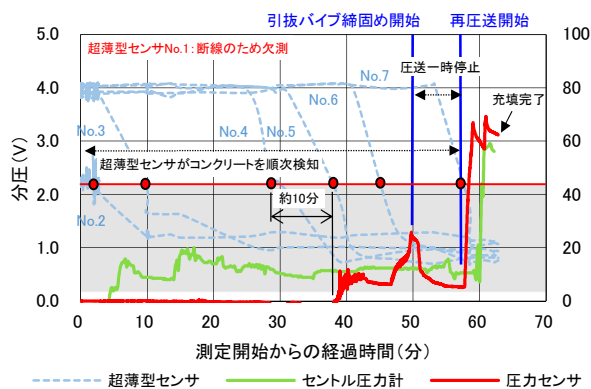


図-3 BL2の測定結果