

# コンクリート充填センサの開発

## Development of the Concrete Filling Sensor

岡 利 博<sup>\*1</sup> 寺 澤 正 人<sup>\*2</sup>  
Toshihiro Oka Masato Terazawa  
柳 森 豊<sup>\*3</sup> 平 間 昭 信<sup>\*4</sup>  
Yutaka Yanagimori Akinobu Hirama

【キーワード】 コンクリート, 充填, センサ, 自然電位, 充填圧力

### 1. 開発の背景と目的

目視確認ができない型枠内へのコンクリート充填状況を確認する方法として、既に他社より振動を利用した充填検知システム<sup>1)</sup>が販売されている。当社も含めて山岳トンネル覆工では数ヶ所で既に実績がある。振動方式による検知システムは充填確認の信頼性に優れているが、システム価格が高く、特にコンクリート打設毎に埋め殺しとなるセンサが高価で、トンネル延長が長くなるほど高くなり、システム導入の障害となっている。また断線等による検知不可トラブルも複数報告されている。

著者らはEW工法開発時、金属が有する自然電位の変化を計測し電食完了を判断する手法を確立した<sup>2)</sup>。今回の充填検知センサの開発目的は、この当社独自技術を応用して、コンクリートの充填が確認できる、安価な充填システムを構築することにある。

### 2. 充填センサ概要

#### 2.1 充填センサの原理

本充填センサは、金属が有する自然電位を利用し、金属製型枠や鉄筋等と充填センサ間にフレッシュコンクリートが充填されると、両者間に電位差が発生することを利用する。この時に発生した電位差を計測すれば型枠内に打設されたコンクリートの充填状況を把握することができる。図-1に充填センサの検知原理図を示す。

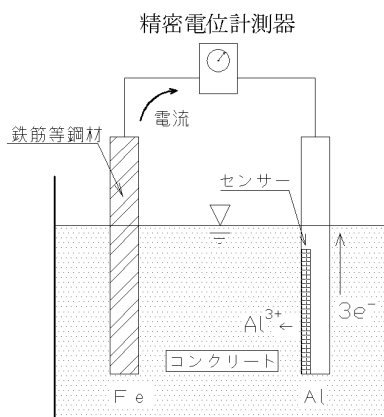


図-1 充填センサの検知原理図

#### 2.2 充填センサ基礎実験

当該原理による充填検知システムが構築可能であることを確認するために基礎実験を実施した。図-2に実験

結果としてコンクリート充填による電位差発生状況を示す。ここで、Feは山岳トンネル等の型枠材、Alは検知センサとした図である。

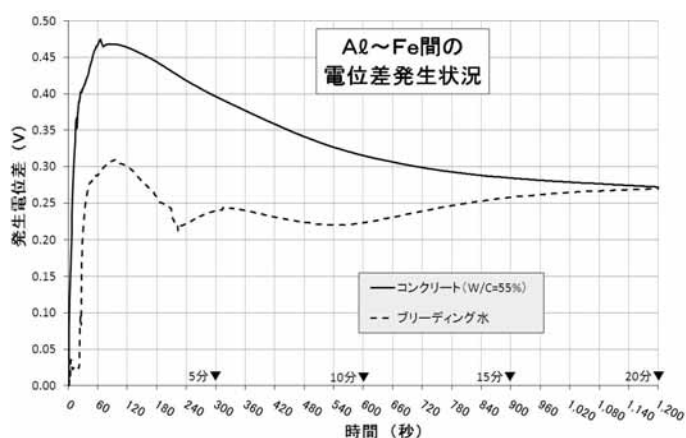


図-2 電位差発生状況

本基礎実験結果より、次の3点が確認できた。

- ①Fe (型枠等) ~ Al (検知センサ) 間にコンクリートが充填されると、2分以内に約470mVの電位差が発生する。
- ②ブリーディング水の発生電位は正常なフレッシュコンクリートの約65%であるので、フレッシュコンクリートとブリーディング水との判別が可能である。
- ③センサ材料としてAl箔が利用できるので、安価なセンサが製作可能である。

### 3. 現場での実証試験

本充填センサがトンネル二次覆工で所定の機能を有することを確認するため、大笹生トンネル(作)で実証試験を実施した。実証試験結果を図-3に示す。試験結果より、打設コンクリートとセンサが接触してから2~3分以内に900~1,000mVの電位差が発生しトンネル二次覆工コンクリートの充填センサとして適用可能であることが分かった。また、未充填の閾値として、基礎実験結果より900mVの65%である600mVを目安とした。

### 4. 圧力センサ併用による信頼性向上

山岳トンネルの二次覆工では通常、吹付け支保表面

1. 建設事業本部 企画統括部 機電G 2. 建設事業本部 技術研究所 設計G 3. 建設事業本部 企画統括部 トンネルT  
4. 建設事業本部 エンジニアリング事業推進部 インフラ・防災G

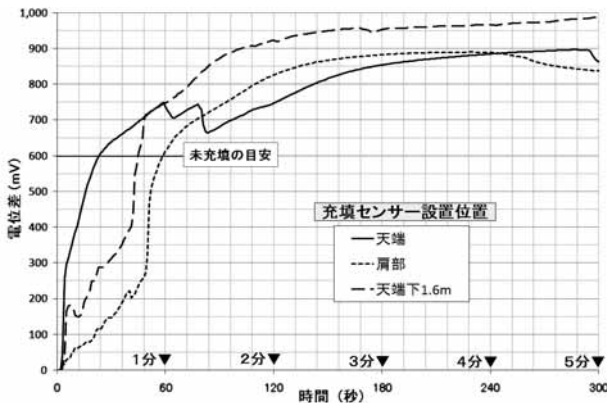


図-3 現場実証試験結果

に防水シートが貼られ、充填センサはこの防水シート面上に設置される。防水シートは吹付け支保表面に対して隙間無く張られるものではなく、写真-1で示すように、垂れた状態となる。コンクリート打設に伴い充填センサと接触しただけでは、支保表面まで確実にコンクリートが充填されたとは必ずしも判断できない。充填センサでの検知に加え、打設されたコンクリート圧力計測をすることで二重のチェックが可能となる。図-4に圧力センサ<sup>3)</sup>の検知原理を示す。写真-2に圧力センサを充填センサと同一面に配置した新センサを示す。

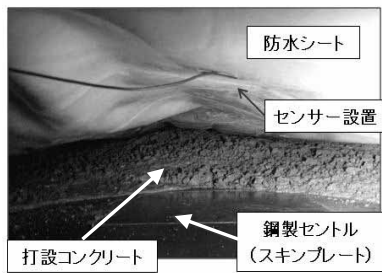


写真-1 コンクリート打設状況

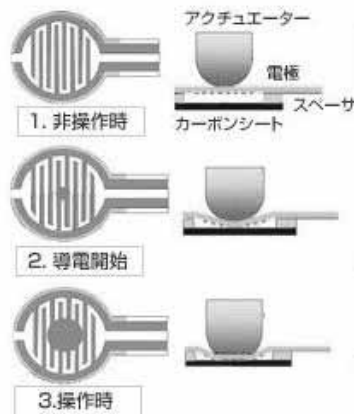


図-4 圧力検知の原理

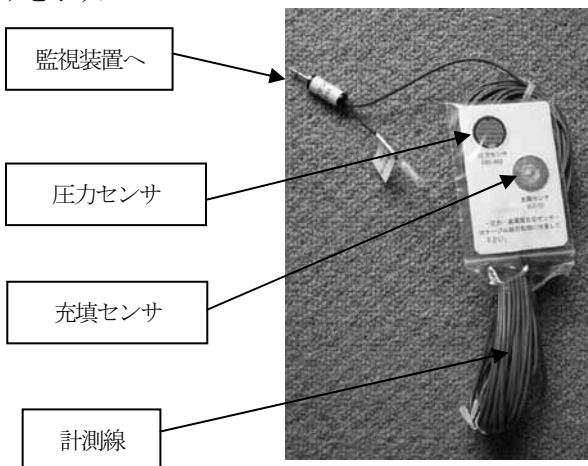


写真-2 新センサ

従来のトンネル二次覆工で使われる圧力センサはセントルの型枠面や妻部の圧力を検知するのに比べ、新充填センサではセンサ設置面の直接検知が可能であり、充填確認の信頼性が向上した。

## 5. 従来センサシステムとのコスト比較

当社 A トンネル作業所をモデルケースとして、飛島式コンクリート充填システムと他社製充填システムの導入コストを試算した。試算条件を以下に示す。

- ・トンネル掘削延長 1,400m
- ・二次覆工コンクリート打設総数は 140 回
- ・センサ（圧力センサ含まず）設置場所は打継ぎ側と中間部天端の 2 ヶ所に設置
- ・2 ヶ所のセンサ計測線延長の合計は 25m/打設毎
- ・監視装置のリース期間 8 ヶ月

上記試算条件下での比較では、当社システムが他社製充填センサシステム費用の約 4 割で導入可能であることがわかった。

## 6. まとめ

試験施工結果およびコスト試算結果から、金属の自然電位を利用した当社独自技術の充填センサは山岳トンネル以外の現場でも利用可能と考えられる。また、充填センサと圧力センサを併せて使用することで、特にトンネル二次覆工では、充填の蓋然性が担保できると考えられる。

本報では紙面の都合上記述していないが、型枠埋込型センサを開発した。型枠埋込型センサは、高密度の鉄筋配置やパイプレータの挿入が不可能なために充填不良が懸念されるコンクリート構造物工事<sup>4)</sup>の木枠型枠に適用できる。型枠貼付型の従来充填センサでは、脱型後硬化したコンクリート表面にセンサ跡が残る課題があったが、本センサは脱型後のセンサ跡を最小限とすることができる。

今後は様々なコンクリート充填管理に利用可能な、安価で信頼性の高いセンサとして改良する予定である。

**謝辞：**本報告をするにあたり、大笹生トンネル(作)、大万木トンネル(作)、小矢戸トンネル(作)の工事関係者には多大なるご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

### 【参考文献】

- 1) 金子稔, 坂井孝, 安田正雪, 安岡英二: 振動を利用したコンクリート充填検知システムに関する基礎実験, コンクリート工学年次論文集, Vol., 24, No. 1, 2002, pp.1527-1532, 2002
- 2) 電食技術による直接発進到達工法 技術マニュアル, 財団法人下水道新技術推進機構, pp50-51, 2002.6
- 3) Force Sensing Resistor Integration guide and evaluation parts catalog, Interlink Electronics Inc., p.5, 2010
- 4) コンクリートの充填不良防止のための施策, (社)日本土木工業会, 土木工事技術委員会, 2008.2.1