

照度センサを用いた覆工コンクリートの打設高さ管理システムの開発

飛島建設 土木事業本部 正会員 ○滝波 真澄
 飛島建設 土木事業本部 正会員 熊谷 幸樹
 北斗工業 高知営業所 中平 憲文

飛島建設 札幌支店 正会員 筒井 隆規
 飛島建設 技術研究所 正会員 松田 浩朗
 大栄工機 岩井 善紀

1. はじめに

NATM でセントル型枠を用いて覆工コンクリートを打設する場合、コンクリートは側壁部の下方の検査窓から打ち込まれ、打設高さに応じて打ち込む検査窓を上方に変えつつ、肩部の検査窓を経て、最後は天端の吹上げ口から打ち込まれる。このとき、打上がり速度が速すぎたり、左右の打上がり速度が違いすぎると、型枠に大きな圧力や偏圧が作用して変形やずれの原因となる。また、打重ね時間が長くなってしまうとコールドジョイントの原因となる。

以上のような施工上のトラブルを防ぐため、コンクリートの打設高さを管理することは施工管理の上で重要であるが、通常、打設高さを確認するためには、狭隘なセントル内から検査窓越しに照明を当てながら覗き込んで目視確認する苦渋作業を要した。そこで、近年では打設高さ管理の自動化・定量化方法として、セントル表面に圧力センサを埋め込み圧力測定で管理する方法や、覆工補強鉄筋に静電容量センサを設置してコンクリートを検知する打設管理システム¹⁾が開発されている。しかし、詳細に打設高さを判別するためには数多くのセンサが必要となるが、圧力センサは高価なため数多く設置するには不向きであり、静電容量センサは打設の度に設置する必要があるため設置作業による作業遅延が発生するリスクがある。

そこで、安価な照度センサと LED 照明をセントル型枠内の管理上必要となるすべての箇所に埋め込み、コンクリートの有無を照度で判別して可視化する打設高さ管理システムを開発した。ここでは、打設高さ管理システムの概要、実際の使用状況等について報告する。

2. 開発した打設高さ管理システムの概要

(1) センサ部分の概要

図1に今回開発した打設高さ管理システムのセンサ部分の設置例を示す。使用している照度センサは CdS (硫化カドミウム) セルと呼ばれるもので、コンクリートが照度センサを覆って暗くなったときの照度の変化を検知できる。LED 照明は車のヘッドライトにも使用されている CREE 製 D-1466 (T10 3W 120lm) ハイルーメンバルブを使用しており、防水シートに反射した光を照度センサで検知するのに十分な光量を備えている。

センサ部分は照度センサと LED 照明が1つずつで1セットとなり、それぞれの孔に裏から照度センサと LED 照明を挿し込んで固定する。今回システムを設置したセントルには、横断方向に5側線、1側線あたりアーチ方向に一定の間隔を空けて11セット、合わせて55セットの照度センサと LED 照明を設置した。多数の LED 照明によって打設空間の照度が確保され、作業効率や安全性の向上にも寄与している。

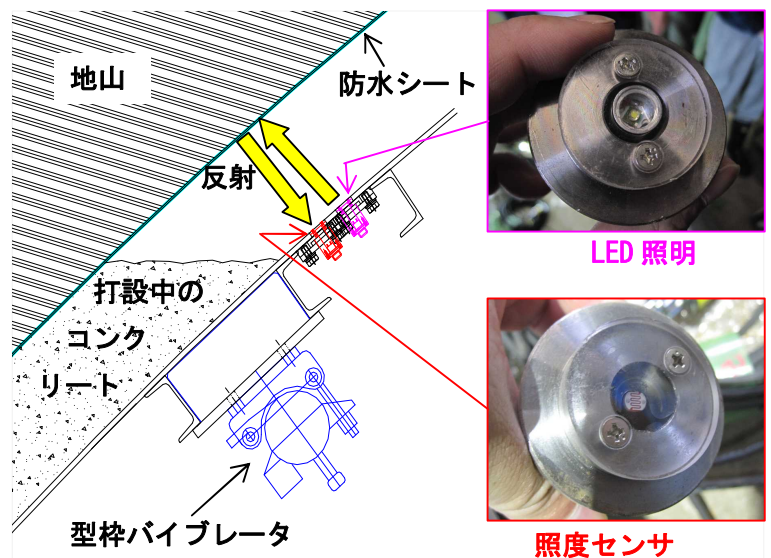


図1 照度センサとLED照明の設置例

キーワード 山岳トンネル, NATM, 覆工コンクリート, セントル, 照度センサ

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 1-8-15 W ビル 4F TEL:03-6455-8327

(2) 管理画面の概要

図2にシステムの管理画面の一例を示す。打設中、照度センサの照度が事前に設定した閾値以下になると、そのセンサに対応する画面の箇所が青くなる。画面の右側にはコンクリートポンプ車から送られる情報が表示されており、累計の圧送量から設定打設量に対して残り打設量を計算して表示する。

また、この画面は制御用PCで管理されており、各情報は自動的に記録される。同じ画面がセントルの切羽側の妻部付近に設置した大型ディスプレイに常時表示される他、クラウドサーバを介して、坑内外、ならびに遠隔地でもスマートフォン等の情報端末で、打設の進捗具合を確認することができる。



図2 システム管理画面の表示例

(3) 型枠バイブレータの自動締固め機能

本システムは「型枠バイブレータ集中制御システム (NETIS : KT-130066-A)」と連携して、コンクリートが打ち上がった箇所に対し、タイマー制御によって自動で締固めを行うことができる。誤動作を避けるため、「30秒連続して光量が閾値以下となった場合」を「コンクリートがその高さまで打ち上がった」と判別するシステムとなっており、その後タイマーで事前に設定した秒数だけ型枠バイブレータを振動させる。機械による自動制御を行うため、振動不足による締固め不足や振動過多による材料分離のリスクを排除することができる。

現在は試験導入という位置付けで、肩部から天端部にかけて型枠バイブレータを設置し、人力の棒状バイブレータと併用して最適なタイマー制御方法を検証している。

3. 現場での導入実績

本システムを導入したのは、国土交通省中国地方整備局の「長門県山道路 大寧寺第3トンネル北工事」である。写真1に打設前のセントル天端部の状況を示す。打設空間はアイランプ等の照明を設置しなければ照度が足りず遠くを目視することは困難であるが、多数設置されたLED照明によって他の照明がなくとも奥まで視界を確保できていることがわかる。

事前の懸念事項として、照度センサとLED照明をコンクリートから防護しているポリカーボネートの透光性が摩耗によって失われ、照度を検知できなくなる可能性を憂慮していたが、反応する照度の閾値を正しく設定することで、初打設から1ヶ月が過ぎた2017年4月現在でも特に問題は起きていない。また、肩部から天端部にかけて設置した型枠バイブレータの自動制御も正常に動作している。

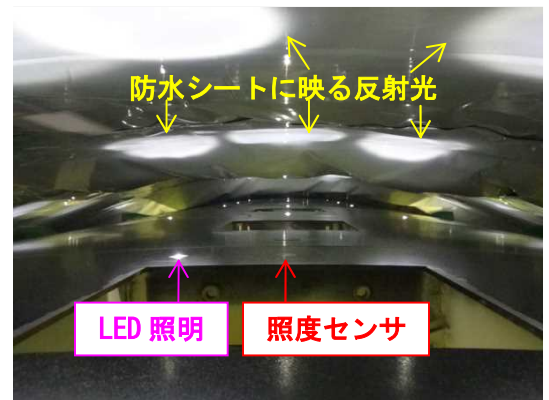


写真1 LED照明全点灯時の天端部

4. おわりに

施工管理上必要な箇所に多数のセンサ設置が可能な、「照度センサを用いた覆工コンクリートの打設高さ管理システム」を開発することによって、打上がり速度の可視化と記録、クラウドサーバを通じた情報共有を実現し、品質を保証するとともに照度の確保等によって施工性も向上させることができた。今後は、型枠バイブレータの自動締固め機能の検証・改善を進め、将来的には締固め作業の完全自動化を実現して省力化に貢献したいと考えている。

参考文献

- 1) 三河内永康, 藤倉裕介, 関原弦: 覆工コンクリートの施工状況の見える化, フジタ技術研究報告, 第51号, pp.27-32, 2015.