

ロックボルト充填材計測装置の現場実証と改良

大成建設(株) 正会員 ○中島 雄一郎 石原 弘樹
フジモリ産業(株) 正会員 坂根 一聡 齊藤 賢吾

1. はじめに

先充填型ロックボルトによる支保効果を確実に得るためには、定着材の確実な充填が必要である。充填が不十分になると、支保の強度不足やボルトの腐食を誘発し、長期安定性を阻害する原因となる。現状の施工確認方法は、目視のみの定性評価であり、全数の引抜試験を実施することは困難であることから、品質向上には課題があると考えられる。この課題を解決するために、充填材計測装置「モルタルディレクタ®」を日本海沿岸東北自動車道 朝日温海道路2号トンネルで導入した。本トンネルでは、設計数量でロックボルトが約 34,000 本あり、脆弱な地山が多く占めるため、ロックボルトの確実な施工が必須である。本稿では、充填材計測装置の導入結果及び現場で施工管理を行う過程で判明した課題、またそれらの対応について述べる。

2. モルタル計測システム「モルタルディレクタ」の概要と現場実証

今回導入したモルタルディレクタは、モルタルミキサーと圧送ポンプが一体化した MAI ポンプに、各種センサを設置することで、使用する水の温度・流量の計測と吐出するモルタルの流量を計測できるようにしたシステムである。図-1 にシステムの概要図を示す。

各センサの信号を受け取るインターフェース盤内には、堅牢型の PC が設置されており、取得した各種データは、外部モニタに表示される。各種センサデータを利用することで、MAI ポンプの動作状況をシステムが自動認識し、MAI ポンプ運転時のみの各種センサのデータを元に自動で帳票データを作成することが可能なため、データ整理等の作業は不要である。吐出するモルタル量の計測には、電磁流量計を使用している。電磁流量計は、構造的に配管と変わりなく、圧力損失がほぼ無く、固液混合液の測定ができるため、モルタルのようなスラリー流量計としては最適な流量計である。

データ取得は自動で行われ、配管としても圧力損失がほぼ無いことから、作業員は今までと同じように、通常のモルタル充填作業を行うだけで良い。追加の作業としては、電磁流量計と追加したホースの洗浄作業が発生するが、施工サイクルタイムに影響を及ぼすことは無い。また、このシステムは、MAI ポンプを設置するモルタル注入台車に設置可能な形状寸法となっている。このため、使用している注入台車を入れ替えることなくモルタルディレクタを設置することが可能である。図-2 は、現場で使用していたモルタル注入台車に、モルタルディレクタを設置した状況である。本現場では、人による投入作業をなくすドライモルタルの供給装置を利用しているが、モルタル供給装置を使用している場合、追加でモルタルディレクタを設置することは問題ない。

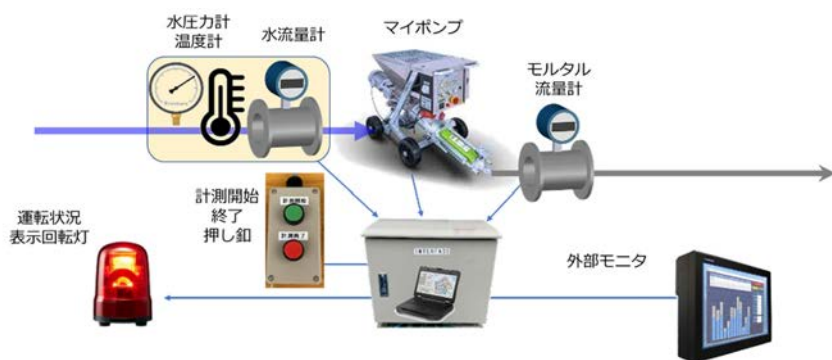


図-1 「モルタルディレクタ」システム概要図



図-2 モルタルディレクタ設置状況

キーワード 山岳トンネル, NATM, ロックボルト, モルタル充填設備, 品質管理

連絡先 〒958-0205 新潟県村上市塩野町 794 大成建設(株)朝日温海道路2号トンネル工事 TEL:0254-75-5090

〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 4-4-10 フジモリ産業(株)西日本土木資材課 TEL:06-6228-3864

3. 現場施工で判明した課題点

図-3 は、本現場で行った代表断面での計測結果である。システムが自動で MAI ポンプの動作を判断し、孔毎にデータを分けることで、追加のデータ編集の必要なく孔毎のデータとして、表計算ソフト形式で取得できる。作業員は計測開始と終了のタイミングで、ボタンを押す以外、通常通りの充填作業を行うだけで、孔毎に充填量を計測でき、計測値はリアルタイムで外部モニタに表示され、精度も問題無いことが確認できた。

しかし、計測データを充填量の指示器として表示し、作業員に周知する方法がないため、MAI ポンプのオペレーターやドリルジャンボのマンケージに乗る作業員がモルタル充填量を管理しながら、施工することができない。取得した充填量データを利用して、リアルタイムに施工指示を行う事ができない課題が判明した。

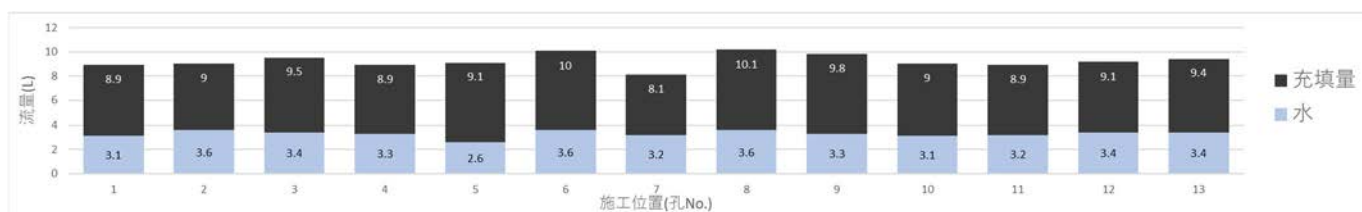


図-3 モルタル充填量計測データ

4. 課題への対応・改良

現場施工時に判明した課題に対して、車のスピードメーターのような指示計を取付け、作業員が離れていてもすぐに認識することが可能な対策を実施した。

ボアホールカメラ等による計測で予め得られた削孔径のデータを基にモルタル充填量を計算し、入力した設定値を基準として、現状の充填状況を離れた位置から分かりやすいよう回転灯・ブザーで周知できるようにした。しかし、注入ホースの抜取りのタイミングを作業員の勘に頼っており、判断基準とするものが無いため、積層回転灯を周知方法とすることで、誰が見ても判別可能とした。図-4 が設置したデジタル調節計、図-5 が積層回転灯である。設定値を基準として 1/3 で上段が点灯、2/3 で上段と中段が点灯、3/3 で 3 つ全てが点灯することで作業員が今どの程度、設定量に対して充填できているかをリアルタイムで認識できるようになった(図-6 参照)。

これらにより、モルタル計測データロガーとしてだけではなく、モルタルの確実な充填の参考となる指示計としても運用することが出来た。外部モニタに表示される値が、瞬時値、積算値の数字表示のみで、施工断面全体のモルタル充填状況を捉えられないため、更なる改良を今後進めたいと考えている。



図-4 デジタル調節計



図-5 積層回転灯



図-6 積層回転灯 運転概要

5. まとめ

モルタル計測システム「モルタルディレクタ」を使用することで、モルタル充填量の計測だけでなく、確実な充填を実施するための作業員への指示計としても利用可能であることを確認した。実際の施工でも、強風化による未固結地山において、ロックボルトの求められる引張耐力が十分得られた。本報告で得た結果は、モルタルポンプの遠隔、自動運転へとつながる技術であり、この技術を展開、運用していくことで、今後、さらなる省力化、品質向上を図っていききたい。