



トンネル点検システム 「iTOREL(アイトーレル)」

東急建設株式会社 / 東京大学 / 湘南工科大学 /
東京理科大学 / 株式会社小川優機製作所 / 株式会社菊池製作所

精度の高い点検でインフラの 安心・安全を提供するトンネル点検システム



■iTOREL(アイトーレル)の概要

iTORELは、人によるトンネル点検の近接目視と打音検査の業務をロボット技術によって代替する事を目指したシステムで、覆工コンクリートのひび割れと浮きをリアルタイムに自動検出する点検ユニットが搭載されています。複数の点検ユニットを使用して広範囲に点検することで、作業時間の短縮や省力化を実現できるだけでなく、トンネルのメンテナンスサイクルを検討するうえで重要なひび割れ、浮きなどの位置や形状を高精度に取得できます。また、現場の点検作業だけでなく、取得した点検データを使い、効率的に点検調書を作成することもできます。

点検するトンネルの条件によってガントリーフレーム型と点検用アームを搭載した高所作業車型が選択できます。ガントリーフレーム型は、フレキシブルガイドフレーム、走行式防護フレーム、打音検査ユニット、ひび割れ検出ユニットの4つ技術を組合せ、トンネル内をタイヤで走行しながら覆工コンクリートを円周方向に点検していきます。一般道を主な適用対象としていて、道路の幅員や高さに合わせてシステムの幅や高さを調整できるフレーム構造になっています。高所作業車型は、トンネル点検用高所作業車に設置した点検用アームに、複数の打音検査ユニット、ひび割れ検出ユニットを搭載し、高所作業車を走行させながらトンネル縦断方向に点検を行います。点検スピードは最大1150m²/h(人の点検スピードの約1.7倍)です。

■3つの革新的な点検技術

iTORELの特徴的な技術として打音検査ユニット、ひび割れ検出ユニット、フレキシブルガイドフレームの3つが挙げられます。

打音検査ユニット

従来の浮きの点検は、人が点検用ハンマーで覆工コンクリートを叩いた音を基準としているため、打音検査ユニットは人の腕の

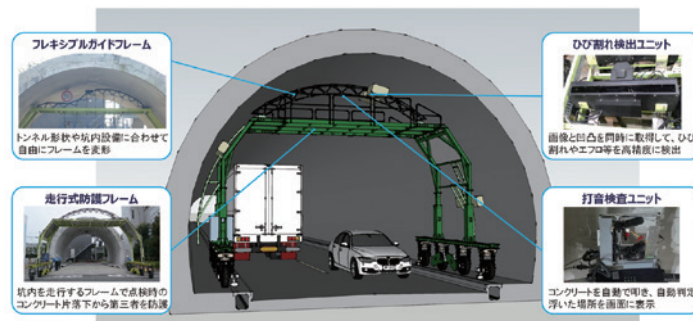
振りを模擬し、人に近い打音を発生可能なアーム機構を採用しています。浮きの自動判定には騒音などに対して頑健な浮きの検出が可能な機械学習の一つであるアンサンブル学習を使用していますが、システムで初めて点検するトンネルは学習データが無いためクラスタリングを使用し、打音の差によって集合(クラスター)に分割することで浮きと健全を判別しています。

ひび割れ検出ユニット

覆工コンクリートには汚れが付着していることが多く、画像だけではひび割れを正しく検出できない場合があります。ひび割れ検出ユニットは光切断法を用いた3次元形状計測によって、可視画像と距離画像を同時に撮影し、コンクリート表面よりも奥行きのある黒い線を識別することで、ひび割れを自動検出します。

フレキシブルガイドフレーム

トンネル形状は地山や用途等によって様々で、点検時には坑内の照明や標識などを回避しなければなりません。点検に必要な反力が得られる汎用性の高いフレーム構造を実現するため、可変形状トラスを点検用ガイドフレームとして応用しています。



iTORELの概要