

トンネル打音検査用ロボットの性能評価を目的とした標準供試体の製作

一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 正○寺戸 秀和, 正 井野 裕輝
同 上 正 伊藤 良介, 正 安井 成豊

1. はじめに

国土交通省発出の「道路トンネル定期点検要領^{1),2)}」(以下、要領という)では、点検は“近接目視を基本とし、健全性の診断等を適切に行うために必要に応じて打音検査等を併用する”とある。

打音検査は、頭部重量100～300g程度の点検用ハンマーを用いて対象箇所を人力によって打撃することで行われ、うき・はく離があると判断された箇所はハンマー等で撤去する²⁾。これらの作業を車線規制下のトンネル内で実施する必要があるため、また天端付近は見上げた状態での苦渋作業となることから、作業の安全性や効率性のさらなる向上が求められる。

一方、打音検査を支援するロボットの開発も進められており、これらを利用することで打音検査の安全性や効率性の向上が期待される。

点検作業にロボットを導入するためには、ロボットが人力点検の打音検査をどの程度補完できるかといった性能を把握する必要があると考えられる。本稿では、打音検査ロボットの性能評価を目的に製作した標準供試体について報告する。

2. 打音検査における課題

打音検査の目的は、点検ハンマーによる打撃音から覆工表面の劣化、表面近くの空洞、うき・はく離の有無を把握することにある。表-1は、要領²⁾に示された打音検査による判定の目安である。同表に示されるように、打音検査による判定そのものが定性的であり、人による判定のバラツキが存在するのが現状である。ロボットを点検現場で活用できると仮定した上で、ロボットに求められる「人と同等以上の検出能力」とは何かを明らかにし、各種開発ロボットの検出能力を利用者が把握できるようにすることが重要である。

3. 標準供試体の製作

ロボットによって打音検査を行う場合、その出力結果は「空洞がある／ない」あるいは「打音異常がある／ない」となる。ロボットはこれらの結果を出力する

表-1 打音検査による判定の目安²⁾

打音区分	状態	判定
清音	キンキン、コンコンといった清音を発し、反発感がある	健全
濁音	ドンドン、ドスドスなど鈍い音がする	劣化、表面近くに空洞がある
	ポコポコ、ベコベコなど薄さを感じる音がする	うき・はく離している

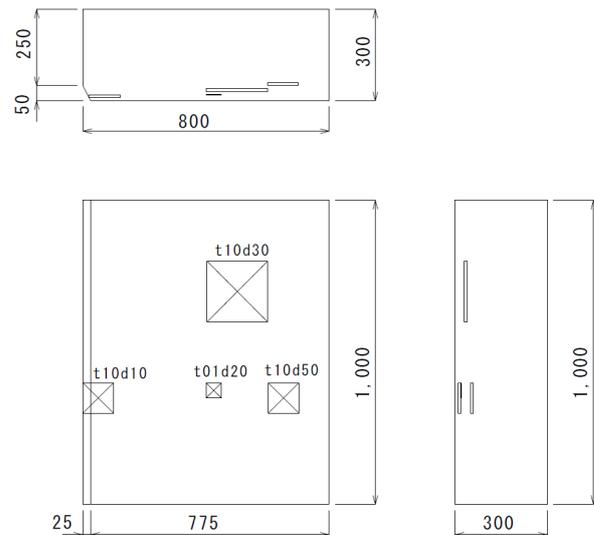


図-1 標準供試体の形状・寸法

ために、レーダやレーザあるいは打撃によって得られる振動等の計測値を固有のアルゴリズムで分析し、ある閾値をもって空洞の有無等を判定している。

一方、人による打音検査は検査を行う者の経験的な判断に基づいており、ロボットによる判定結果が人力による判定結果に対して人力以上の検出能力があるのか、人力以下の検出能力なのかを直接的に判定することはできない。

以上のような問題を解決するために、本研究では打音異常を模擬した標準供試体を製作し、人とロボットの検出能力を同一の評価基準で把握することとした。

(1) 標準供試体の製作

打音異常を模擬した供試体として、図-1に示すような幅800mm×高さ1,000mm×厚さ300mmのコンクリートブロック16体を製作した。厚さはトンネル

キーワード トンネル, 点検, ロボット, 打音検査, 標準供試体, 性能評価

連絡先 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 施工技術総合研究所 TEL 0545-35-0212



写真-1 標準供試体の一例

の標準的な覆工厚に基づいて設定し、幅と高さは供試体をフォークリフトによって移動できる重さ、サイズから設定した。また、図-1に示すように供試体の一边を50mm×25mmのサイズで面取りすることで、当該辺を突き合わせることで覆工の目地を模擬できる形状とした。写真-1に製作した標準供試体を示す。また、模擬打音異常は、事前に試行した各種サイズの模擬変状を設けた試験結果を基に、以下に示すうき・はく離、空洞を模擬した変状を設けた。

a) うき・はく離

コンクリート打設前に所定の大きさ(□50mm, □100mm, □200mmの4種類)に加工した厚さ0.1mmのビニールシートを所定の位置(表面からの深さ10mm, 20mm, 30mmの3種類)に設置する。

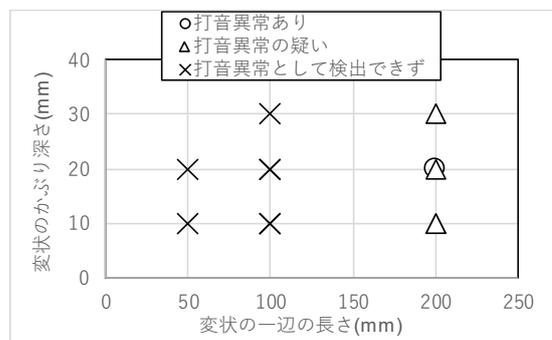
b) 空洞

コンクリート打設前に所定の大きさ(□50mm, □100mm, □200mmの4種類)に切り出した厚さ10mmの発泡スチロールを所定の位置(表面からの深さ10mm, 20mm, 30mm, 40mm, 50mmの5種類)に設置する。

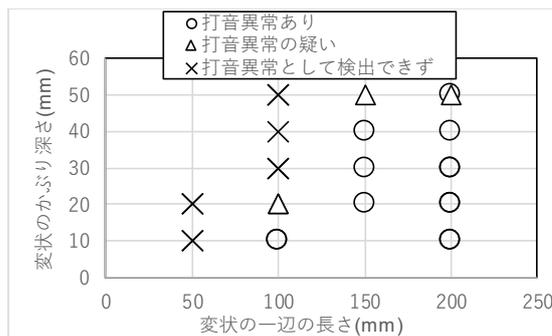
(2) 人力による打音検査結果

上記で製作した各種の打音異常に対して人力による打音検査を行い、人が打音異常として判定可能な変状の把握を試みた。検査は、供試体を50mm間隔でハンマーによって打撃し、打音異常あり/疑い/なしの3段階で評価した。検査は10名が実施した。

図-2は、打音供試体に設けた模擬変状に対する人力による打音検査結果である。同図は10名の技術者が判定した結果を3段階で数値化し、その平均値から打音異常あり/疑い/検出できずの3段階に区分したものである。同図から、うきを模擬した0.1mm厚の変状は、一边の長さが200mm程度であれば打音異常の疑いとして検出されるが、100mm以下では検出が困難であることが示唆される。一方、空洞厚10mmの場合、空洞の一边の長さが長くなると検出可能なかぶ



(a) うき・はく離 (変状厚さ0.1mm)



(b) 空洞 (変状厚さ10mm)

図-2 人力による打音検査結果

りが深くなることが読み取れる。

4. ロボットの性能評価法 (案)

上述のように、製作した標準供試体を用いて、人力による打音検査によって検出される変状をおおよそ把握することができた。この結果とロボットによる同供試体の打音異常の計測結果を比較することで、以下の検証が可能になると考えられる。

- 人力によって検出可能な変状のうち、ロボットが検出可能な変状の割合
- 人力では検出できない変状のうち、ロボットが検出可能な変状の規模
- ロボットが誤検出(変状がない箇所を変状と判定)する程度の評価

なお、本供試体を利用した具体のロボットによる評価結果については、別途報告する予定である。

5. おわりに

今回の結果は、ロボットの利用者だけでなく、ロボット開発者にも仕様を設定するうえでの有用な情報になるものと期待される。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：道路トンネル定期点検要領，2019.2.
- 2) 国土交通省 道路局 国道・技術課：道路トンネル定期点検要領，2019.3.