

レジンコンクリートの強度推定技術 (2)―超音波を用いた非破壊検査装置の開発

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○内堀 大輔, 齋藤 千紘
 NTT アクセスサービスシステム研究所 非会員 中川 雅史, 柳 秀一

1. 背景

レジンコンクリート(REC)は、セメントコンクリートに比べて高強度性、軽量性、耐久性等に優れた建設材料であることから、マンホール(MH)や共同溝等の地下構造物に多く使われている。日本電信電話株式会社では、多数の REC 製通信用 MH を全国に設置しており、安全な維持管理のために定期的な目視点検を実施している。しかし、REC 製通信用 MH は、内部に鉄筋を配置せずに構築するため、目視によりひび割れを見つけた時には、すでに強度低下を起こしている可能性が高く、劣化の予兆を捉えることが難しい。現在、REC の強度を計測するためには、躯体からのコア抜きによる破壊試験による計測を行っているが、費用の発生やコア切り出し時の通信ケーブルの破断リスク等の課題がある。このような背景から我々は、REC を伝搬する超音波の音速を用いて非破壊で REC の強度を計測する技術を開発した。

2. 現場マンホールでの超音波音速計測の課題

先の報告「レジンコンクリートの強度推定技術 (1)」において、REC の表面を伝搬する超音波の音速により強度を推定する推定式を提案した。提案した強度推定式は、音速に約 80m/s の誤差が生じると、推定強度が 1MPa ずれるため、現場 MH において音速を精度良く計測することが重要となる。音速は、コンクリート表面に超音波の発信用と受信用の探触子を設置し伝搬時間と伝搬距離を用いて算出するが、コンクリート表面を伝搬する音速は毎秒数千 m であるため探触子の設置距離はミリ単位の精度で正確に設置する必要がある。しかし、現場 MH は暗所かつ狭隘であるため、事前にメジャー等を用いて探触子の設置位置をマークした上で正確に探触子をコンクリート平面に設置する作業は難しい環境である。

そこで、本稿では、現場 MH において超音波を用いた非破壊検査を実施するために、コンクリート表面を伝搬する音速を高精度に計測するための探触子の固定治具とこの治具により計測したデータから音速を算出し、REC の強度推定を行う装置を開発したので紹介する。

3. 音速の計測方法と探触子固定治具

コンクリートの表面を伝搬する超音波音速は、コンクリートの同一表面に探触子を複数距離で設置し計測したデータから算出する。なぜならば、探触子面は一定以上の面積があるため同一表面を伝達する超音波を計測した場合、伝達距離は探触子の中心間距離と一致しないという問題がある。そこで、表面波音速の算出には、探触子間隔を異なる 3 距離以上で計測した後に、探触子間隔と各間隔における伝搬時間を変数とした最小二乗法の回帰直線によって算出する方法を用いる。そのため、現場 MH において探触子を既定の複数間距離で正確に設置できる探触子固定治具が必要となる。我々は、複数距離での測定を簡便に実施できるようにスライド機構を有する治具を作製した(図 1)。提案治具は送信用探触子と受信用探触子を固定する 2 つのホルダーを一体型として備えており、片手で持てる大きさである。これらのホルダーは、ホルダーと探触子の中心が合うように探触子をはめ込むことができ、一度はめ込んだ探触子は回転せず、スライド機構により事前に設計した複数の既知間隔に移動・固定が可能である。そのため、現場 MH でメジャー等を用いずに探触子の設置距離の調整や変更が容易であり、2 つのホルダーが一体化しているため探触子間隔の維持が可能となる。図 2 は、提案治具を用いた際の表面波の計測手順である。計測には最小二乗法による回帰直線の算出のために、探触子間隔は 3 距離以上で表面波の伝搬時間の計測を実施する。また、各探触子の設置間距離においてもコンクリートは

キーワード レジンコンクリート, 超音波, 強度推定, 非破壊検査, 探触子治具

連絡先 〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 TEL 029-868-6210

不均一物質であるため、複数回の伝搬時間の計測を実施し、その平均値を用いることとした。

4. 非破壊検査装置の構成

図3は、現場MHにおいてRECの強度推定を行うための装置構成である。本装置は、既存の超音波入出力装置と、開発した探触子固定治具、音速の算出アルゴリズム、音速による強度推定アルゴリズム、及び制御PCによって構成される。制御PCには、図2の作業手順が表示されるため、作業者は画面に表示される手順に従って計測を実施すれば、超音波の伝達速度の算出とRECの強度推定が自動的に実施される。

5. 非破壊検査装置を用いた音速算出の検証

REC試験体を用いて本装置による音速算出の検証を行った。実験条件を表2に示す。探触子の設置方法は、比較のために手で固定する方法と探触子固定治具を用いる方法の2パターンとして、探触子の計測間隔は5距離とした。各計測間隔において、3回音速を計測し平均値を当該間隔の音速値とした。探触子間の表面波の伝達時間は、受信用探触子に到達する第一波が最短距離で到達した表面波として、その到達波のピークを計測した。実験の試行回数は100回行った。表3に、探触子の固定方法別における音速のばらつき(3σ)の結果を示す。探触子を手で固定した場合、音速のばらつきが大きく計測毎に音速が安定しなかった。探触子固定治具では、ばらつきが16.0m/sまで抑えられた。RECの強度推定では音速が約80m/s変化すると、推定強度が1MPa変化するため、強度推定の誤差を1MPa以下に抑えられることが確認できた。REC製MHの初期強度は約20MPaであるため、この推定誤差は十分に有効であると考えられる¹⁾。これらの結果より、提案する非破壊検査装置を用いてRECの表面波音速を算出することが有効であることが確認できた。

6. まとめ

本稿は、超音波によるRECの強度推定を現場設備において実施するための装置を報告した。強度推定において重要となる音速は、探触子固定治具を用いることにより、現場MHにおいて十分な精度で計測できることを確認した。今後は、現場使用者の意見をもとに、制御PCのタブレット化等の装置の小型化を検討したい。

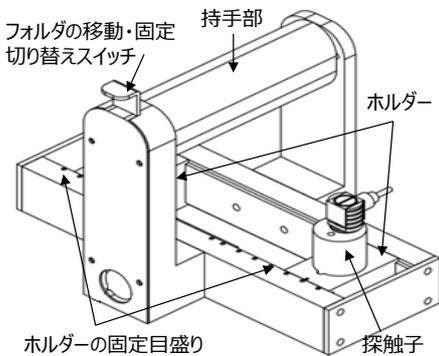


図1: 探触子固定治具の概略図

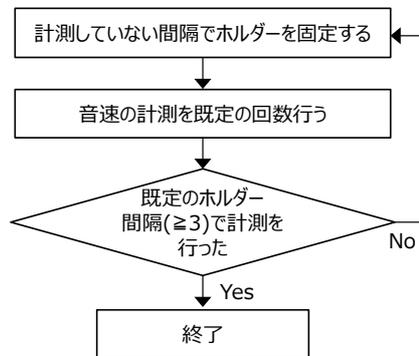


図2: 計測の作業フロー

表1: 実験条件

| 項目 | 条件 |
|-----------|-------------------------------|
| 測定試験体 | 縦40*横30*厚さ10(cm)のRECコンクリート |
| 探触子固定方法 | 手, 探触子固定治具 |
| 探触子測定間隔 | 40, 70, 100, 130, 160(mm)の5距離 |
| 各間隔での測定回数 | 各間隔において3回測定 |
| 測定手順 | 図2の測定フロー |
| 伝達時間の測定方法 | 受信用探触子に到達する第一波を表面波として測定 |
| 実験の試行回数 | 100回 |

表2: 探触子固定方法別の音速算出結果

| | 手(m/s) | 探触子固定治具(m/s) |
|-------------|--------|--------------|
| 平均音速 | 2997.8 | 2703.5 |
| 音速ばらつき (3σ) | 912.8 | 16.0 |



図3: 装置の概略

参考文献

1) 村井信夫: レジンコンクリート製ブロックマンホール, コンクリート・ジャーナル, Vol. 11, No. 4, 1973.