

硫酸により劣化した下水管の簡易的劣化診断手法の検討

九州大学大学院 正会員 ○山本 大介 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 学生会員 土居 優子

1. はじめに

昨今、下水道関連施設におけるコンクリート構造物の硫酸による劣化が問題となっている。これは、下水道管内での水中の嫌気的環境と気中の好気的環境が混在する特殊な環境において、微生物が関与して引き起こされる下水道施設での特有の劣化現象であり、管内気中に曝されたコンクリートが硫酸によって侵食される。場合によっては埋設後ごく短期間で劣化し、道路陥没・下水の流出等の問題を引き起こす。下水道施設の普及が現在でも続いていることを考慮すると、今後、より大きな社会的問題へと発展する可能性のあることが指摘されている¹⁾。また、高度経済成長期に建設された多くの構造物の維持管理問題が浮上する現在の社会的背景において、新設・既設の構造物に対するライフサイクルコストを考慮した設計・運用が求められている。

このような背景の中で、維持管理コスト削減のために既存の下水道施設における維持更新の判断基準となる簡易的劣化診断手法が求められている。本検討では供用期間 38 年を過ぎた呼び 250 の下水道フューム管を試験対象とし、硫酸による劣化状況を調査した。また、反射波横波超音波伝播速度を利用し、フューム管を埋設したまま簡易的に劣化進行状況を診断する手法について検討した。

2. 実験概要

フューム管の軸方向に垂直な断面でのコンクリートの中性化深さの測定(JIS A 1152)を行った。また、ビッカース硬さ試験(JIS Z 2244)、横波超音波伝播速度測定を、管の下部、乾湿の影響を受ける境界部および管の上部に対し、管の軸方向に垂直な断面での深さ方向に行った。また、遠心力鉄筋コンクリート管の曲げ強度試験(JIS A 5372)を行い、硫酸劣化をした管の曲げ強度を測定した。

3. 試験結果および考察

ビッカース硬さと同試料における中性化深さ、鉄筋の配置位置の関係、ビッカース劣化深さを図-1から図-3に示す。本検討では、管外面から内面方向にビッカース硬さを測定した時に、その値が急激に低下し始めた点から管内面までの距離をビッカース劣化深さと定義した。これらの図より、中性化深さより少し深い所までビッカース劣化深さが進行していることが分かる。また、下部においては硬さ、中性化はほとんど劣化しておらず、上部・境界部において劣化が進行していることが分かる。なお、試験対象としたフューム管の鉄筋はどれも発錆していなかった。

次に横波超音波伝播速度測定方法を図-4、図-5に示す。本実験では振動子間隔は 270mm とし、管内部に振動子を接触させ伝播時間を測定した。横波は媒質の振動方向が波の進行方向と垂直になっており、せん断

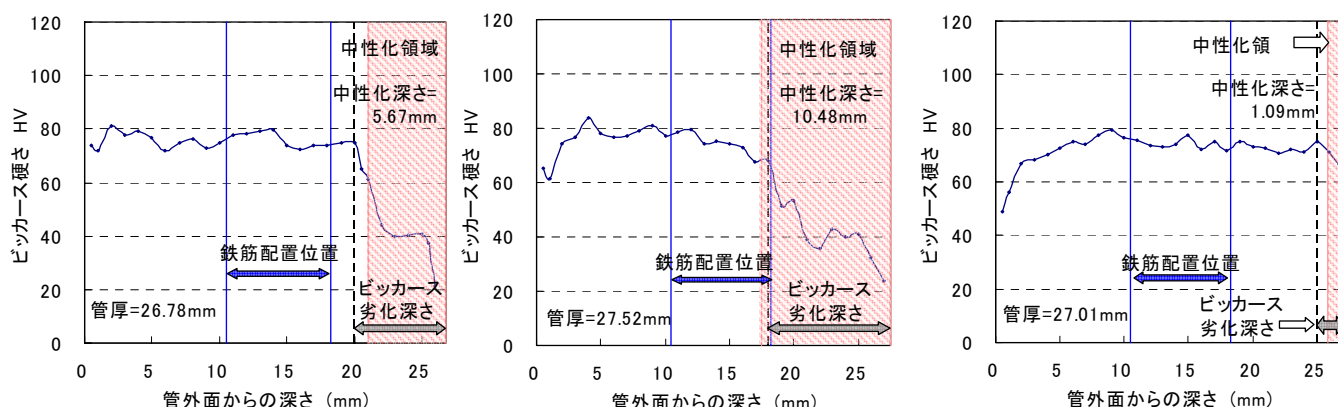


図-1 ビッカース硬さ試験結果（上部） 図-2 ビッカース硬さ試験結果（境界部） 図-3 ビッカース硬さ試験結果（下部）

キーワード 非破壊試験 超音波伝播速度 硫酸劣化 遠心力鉄筋コンクリート管

連絡先 〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1 TEL&FAX 092-642-3271

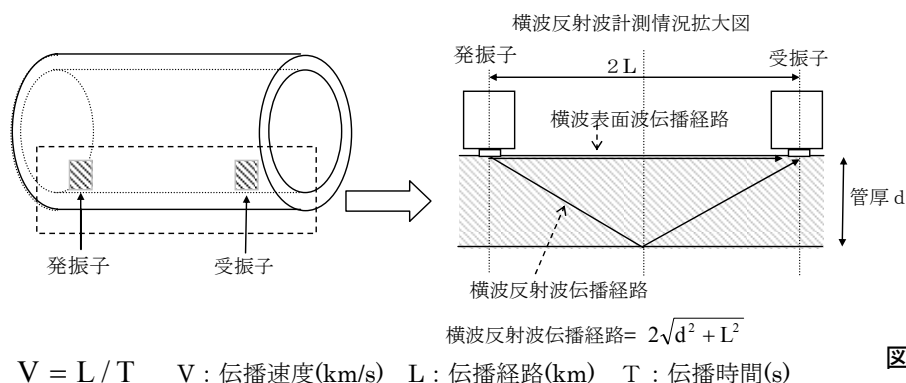


図-4 反射波横波超音波伝播速度の測定法

力によって体積変化を伴わずに伝播する。横波はずれ弾性に基づく振動が次々に周囲に伝わる現象であるので、固体中のみ伝わり、液体や気体中では伝わらない。その為、管の乾湿状態に影響されずに伝播速度を測定でき、コンクリートの劣化診断には有効な手段である²⁾ため、本検討では3体の管に対し試験を行い、縦波ではなく横波を用いて超音波伝播速度を測定した。

図-6より中性化深さと横波超音波伝播速度には負の相関があることが分かる。また、図-7よりビッカース劣化深さと反射波横波超音波伝播速度にも負の相関があることが確認できる。この2つの関係から、硫酸劣化により中性化したコンクリート組織が脆弱化し、超音波伝播速度が小さくなったと推測される。

次に、5体のフューム管の曲げ荷重試験による破壊荷重の値と管上部における横波超音波伝播速度の関係を図-8に示す。また、各管でのひび割れ荷重と破壊荷重は同程度であった。埋設管にとっては土圧による鉛直荷重が主たる荷重であり、かつ硫酸劣化機構の特徴から管上部が硫酸劣化しやすく弱点となる事が多いため、曲げ強度試験では管上部を載荷位置とし、また、管上部における反射波横波超音波伝播速度をパラメーターに選定した。全ての管が製造当時のJIS規格は満足していたものの、何れのフューム管も現行のJIS規格である2種破壊荷重は満足していなかった。図-8より、管上部における反射波横波超音波伝播速度と破壊荷重の間には相関が認められ、フューム管の破壊荷重は反射波横波超音波伝播速度から間接的に推測できることが示された。

4. まとめ

下水道施設におけるフューム管の簡易的劣化診断手法として、管内部の上部での、反射波横波超音波伝播速度が有効なことが示された。しかし、本検討で用いたフューム管の鉄筋は発錆しておらず、比較的健全なフューム管であったため、今後劣化状況の異なるフューム管も測定対象とし、更なる検討を重ねる必要がある。

【参考文献】

- 1) コンクリートの化学的侵食・溶脱に関する研究の現状, コンクリート技術シリーズ 53, 土木学会, 2003
- 2) 濱崎 仁: 横波超音波の波動伝達関数解析によるコンクリートの物性評価, コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17, 1995

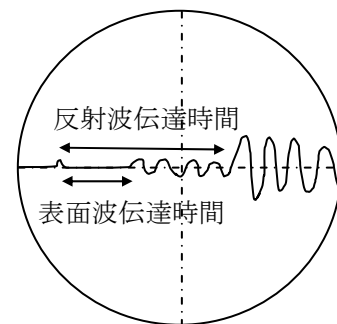


図-5 オシロスコープを用いた反射波横波超音波伝達時間の読み方

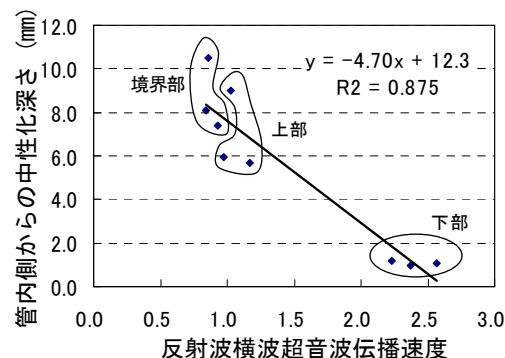


図-6 反射波横波超音波伝播速度と管内側からの中性化深さの関係

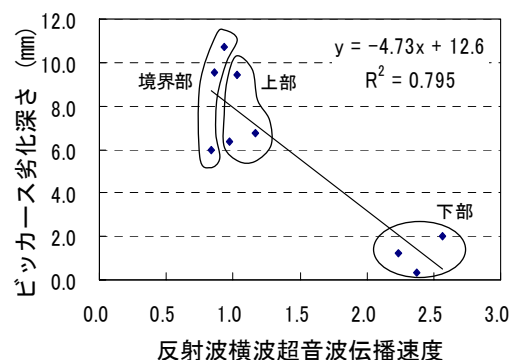


図-7 反射波横波超音波伝播速度とビッカース劣化深さの関係

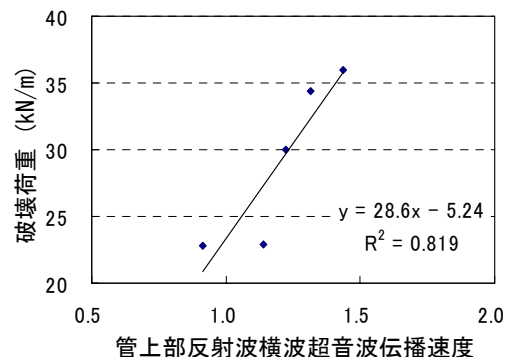


図-8 管上部反射波横波超音波伝播速度と破壊荷重の関係