

# 超音波振動を用いたコンクリート構造物の検査に関する研究

[研究代表者] 岩月栄治 (工学部土木工学科)  
 [共同研究者] 小塚晃透 (工学部電気学科)  
 [共同研究者] 本多祐二 (本多電子 (株))

## 研究成果の概要

我が国のインフラは1960年代の高度成長期に集中して整備された。これらは現在では50年以上を経ており、老朽化や劣化が進んでいる。インフラを構築する材料としてその多くにコンクリートが用いられているが、その容積の多くを占める骨材資源の変遷や、高強度化、施工効率を追求することなどから、耐久性を早期に低下させる劣化現象であるアルカリ骨材反応（アルカシシリカ反応）や塩害、施工時の加水等がマスコミ等によって報道され、1983年には社会問題となった。また、2012年には笹子トンネルの天井板落下事故が発生し、維持管理の必要性が問われることとなった。このような背景から2013年に政府はインフラ長寿命化計画が取りまとめられている。コンクリートの点検・維持管理においては、劣化による性能低下を画一的に知ることが重要であるが、その手法によるばらつきや人為的な誤差や判断の不画一性を解消する方法の開発が急務とされている。さらには点検に携わる人員も不足していることから、無人のモニタリング手法も検討する必要がある。

以上のことから本研究は、コンクリートの劣化の診断をするうえで接触・非接触による超音波振動や弾性波等を用いた方法を検討し、基礎データを得るためのモデル実験を行った。

実験では、コンクリート製ヒューム管にあらかじめ荷重を作用させて模擬的にひび割れを発生させ、ひび割れの幅の違いによって得られる超音波伝搬速度の測定を行い、さらに段階的に荷重を加えた状態における超音波伝搬速度の相違を測定した。結果では、模擬的に発生させたひび割れ幅によって超音波伝搬速度が異なり、さらに荷重を段階的に作用させた場合でも初期のひび割れ幅による超音波伝搬速度に違いと荷重の増加とともに超音波伝搬速度の低下がみられた。

**研究分野：**コンクリート工学、土木材料学

**キーワード：**コンクリート、劣化、診断、モニタリング、維持管理

## 1. 研究開始当初の背景

我が国では、昭和39年の東京オリンピック以降に整備された首都高速1号線等、高度成長期以降に整備したインフラが一斉に老朽化しており、今後20年間で建設後50年以上経過する構造物の割合が加速度的に高くなる見込みである。例えば、道路橋は、その割合が平成25年3月の約18%から、10年後には約43%、20年後には約67%と急増が予想されている。特に日本においてはインフラ構造物に使用されている材料の多くはコンクリートであり、コンクリートの劣化・診断や維持・管理、更新時期の判定手法の開発が急務とされてい

る。現時点でのコンクリート構造物の点検手法は、目視観察や打音等検査が主に行われているが、専門的な知識と経験が必要であることや、点検技術者の判断に頼るところが多く、人為的な判断の差も含まれる。さらに今後、寿命を迎えたコンクリート構造物が急増することから、対応する技術者の不足も懸念されている。このような状況を解決するような技術の開発が早急に望まれている。

## 2. 研究の目的

本研究は、コンクリートの劣化を数値などで判定できる画一的な手法を開発することを目的とし、超音波を利

用したコンクリート構造物の診断技術の開発を検討した。対象は、製造時の品質が比較的安定しているコンクリート製品であり、さらに使用方法が限定的であるものとし、維持管理と劣化による取り換えの判断を判定する超音波診断装置の開発を目指した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 実験に用いたモデル材料

本研究では、モデル材料としてコンクリート製ヒューム管のNB型150(内径200mm、長さ2000mm)を用いた。3のヒューム管のうち、2本は事前に長さ方向に対して水平に荷重してひび割れを発生させて劣化のモデルとした。荷重の程度は初期ひび割れ幅が0.05mmと0.25mmの2種類とし、ひび割れラインに沿って赤のマーキングを行った。写真-1に使用したヒューム管と超音波伝搬速度の測定状況を示す。



写真-1 使用したヒューム管と超音波伝搬速度の測定状況

#### (2) 超音波伝搬速度の測定

ヒューム管の超音波伝搬速度の測定には、市販の測定器(株)マルイ製 UST-02型)を使用した。測定箇所は、ヒューム管の中央と中央から50cm離れた両端の3カ所とした。その後、100tの万能試験で荷重を加えながら荷重毎の超音波伝搬速度を測定した。同時にヒューム管にひずみゲージを添付し、ひずみ量の測定も同時に行った。写真-2にヒューム管の荷重状況を、写真-3に荷重中の超音波伝搬速度の測定状況を示す。



写真-2 ヒューム管の荷重状況



写真-3 荷重中の超音波伝搬速度の測定状況

### 4. 研究成果

#### (1) ヒューム管の超音波伝搬速度と荷重との関係

初期ひび割れ0.05mmと0.25mmのヒューム管に荷重を作用させたときの超音波伝搬速度の測定結果を図-1に示す。図にはヒューム管の中央と、両端の平均値を示した。結果では、ヒューム管の中央では荷重が増加すると超音波伝搬速度は低下する傾向にある。両端の平均値は荷重5t程度で伝搬速度が増加しているが、さらに荷重が増加すると超音波伝搬速度は低下している。このことから荷重を加えたことによるヒューム管の変形が超音波伝搬速度を低下させているといえる。また、両端は荷重の作用方法の影響が現れていると思われる。

#### (2) ヒューム管の超音波伝搬速度とひずみの関係

ヒューム管の超音波伝搬速度とひずみゲージのひずみと関係を図-2に示す。図では初期ひび割れが0.25mm

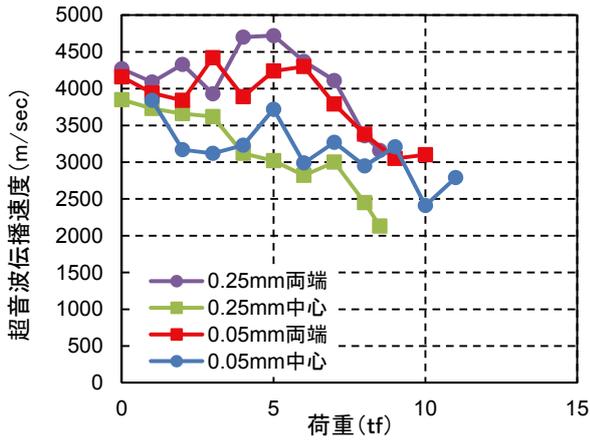


図-1 初期ひび割れ (0.05mm, 0.25mm) のヒューム管に荷重を作用させたときの超音波伝搬速度の測定結果

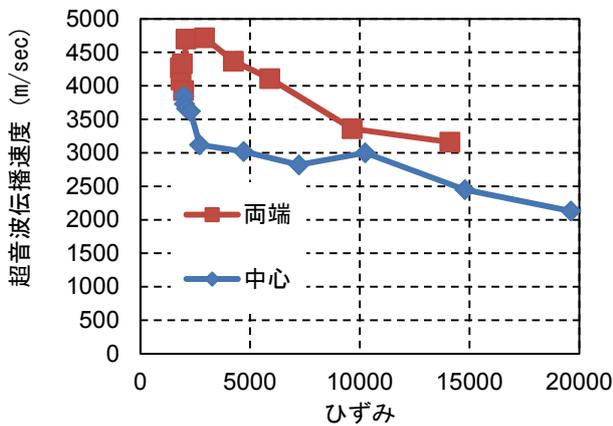


図-2 ヒューム管の超音波伝搬速度とひずみゲージのひずみと関係

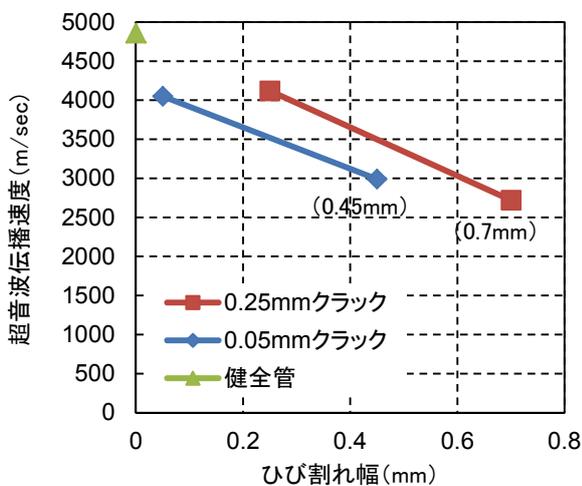


図-3 ヒューム管の超音波伝搬速度とひび割れの関係

の結果であるが、ひずみが増加すると同時に超音波伝搬速度も低下しており、前述の荷重との関係と同様となっている。

(3) ヒューム管の超音波伝搬速度とひび割れとの関係

ヒューム管の超音波伝搬速度とひび割れの関係を図-3 に示す。ひび割れが発生していない健全管に対して初期ひび割れを発生させると超音波伝搬速度は低下するが、ひび割れ幅の差に対する超音波伝搬速度の低下の差はほとんどない。しかし、荷重を作用させた後のひび割れ幅 0.45mm と 0.70mm ではひび割れ幅が大きいほうが超音波伝搬速度の低下が大きい。このことから、初期に発生した劣化や欠陥がさらに進行することによって、初期ひび割れの幅が大きいほど伝搬速度の低下が著しいことから、超音波伝搬速度はコンクリートの劣化の程度を把握することが可能であると考えられる。

5. 研究のまとめ

本研究では、コンクリートの劣化診断を画一的に判断する手法を検討するため超音波伝搬速度に着目し、ヒューム管を用いて基礎データを収集した。その結果から以下が得られた。

- ①初期欠陥やその後の劣化が進行したコンクリートは超音波伝搬速度の低下がみられた。
- ②载荷後のひび割れ幅が大きいほど超音波伝搬速度の低下がみられた。

これらのことから、超音波伝搬速度はコンクリートの劣化程度を把握することができると思われる。今後は接触式の他に非接触での超音波伝播速度の測定、光センサ等の他の方法も検討するほかに、多種の結果（打音スペクトル解析、超音波の音速解析、打診反射波解析など）を総合的に診断する手法と AI の導入を検討し画一的な診断装置の開発を実施していく予定である。