### 表面波を用いたコンクリート表面ひび割れの定量化

徳島大学 学生会員 〇山口喜堂徳島大学 正会員 渡辺 健徳島大学 正会員 橋本親典徳島大学 正会員 石丸啓輔

#### 1. はじめに

弾性波を用いた非破壊試験として、コンクリート表面を打撃した時に発生するレイリー波(以下 R 波)に 着目し、表面から内部に進展したひび割れ本数やひび割れの間隔の評価を試みた。本研究では、加速度センサ で記録した原波形から手動で抽出したパラメータおよびアコースティック・エミッションセンサ(以下、AE センサ)で記録した波形から機械的に抽出したパラメータを用い、R 波の減衰特性とひび割れの関係性につい て検討した。その結果、加速度センサで計測した波形の振幅および AE センサで計測した波形パラメータのエ ネルギーが、鋼球の波長とひび割れの本数を考慮した指標と相関性が高いことを示した。

## 2. 実験概要

### 2.1 供試体

供試体は角柱供試体 100×200×900mm を使用した。ひび割れはコ ンクリートを打設する前に、型枠内に厚さ 1mm、長さ 100mm(水平 方向)の鋼板を、深さ 40mm(鉛直方向)で設置し、脱型後に鋼板 を引き抜いてスリット状に形成したものである。作製した供試体の 概要を図-1 に示す。供試体は、ひび割れの無い健全な供試体(以 下、健全)、ひび割れを供試体端部から 450mm の位置に 1 本入れた 供試体(以下,ひび割れ 1 本)、ひび割れを供試体端部から 300mm の 位置にひび割れ間隔 300mm で 2 本入れた供試体(以下、ひび割れ 2 本)、ひび割れを供試体端部から 425mm の位置にひび割れ間隔 50mm で 2 本入れた供試体(以下、近接したひび割れ 2 本)、ひび割れを供 試体端部から 225mm の位置にひび割れ間隔 225mm で 3 本入れた供 試体(以下、ひび割れ 3 本)の 5 種類用意した。

#### 2.2 計測方法

弾性波の計測には、図-2 に示すようなセンサ配置を用いて実施 した。打撃点に近いセンサを発信波形収録用センサ(以下,CH1) とし、ひび割れを挟んで反対側のセンサを受信波形収録用センサ(以 下,CH2)とした。CH1は供試体端部から200mmの位置に設置し、 CH2は供試体端部から150mmの位置に設置した。

弾性波の検出には加速度センサ (シェア型加速度ピックアップ,周



表-1 鋼球ハンマの波長と平均周波数

	波長(mm)	平均周波数(kHz)
鋼球ハンマ直径5.5mm	115	12.9
鋼球ハンマ直径7.0mm	117	12.4
鋼球ハンマ直径14.8mm	182	10.1
鋼球ハンマ直径18.6mm	171	9.2

波数範囲 5Hz~12kHz) と AE センサ(共振型 AE センサ,周波数範囲 50kHz~200kHz)の両者を用いた。加速 度センサについては原波形から最大振幅および伝播速度のパラメータで検討し, AE センサについては記録され る波形パラメータのうちエネルギー特性,最大振幅,伝播速度,平均周波数,継続時間のパラメータで検討し た。また,弾性波の入力には鋼球ハンマを用い,供試体端部から 100mm 離れた位置のコンクリート表面に試験 実施者が手動で打撃して行った。

波形の波長や周波数を変えるため鋼球ハンマの直径を 5.5mm, 7.0mm, 14.8mm, 16.8mm の 4 種類用意した。 表-1 に本研究で得られた波長と平均周波数を示した。これより,入力周波数に対して AE センサは,周波数範 囲が高いことが分かる。

#### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 加速度センサの最大振幅

今回は各種パラメータから代表して,図-3 に加速度セン サの最大振幅を示した。縦軸の値は最大振幅の比である。つ まり CH1 で計測した値で,CH2 で計測した値を除した値であ るので縦軸の減少は弾性波の減衰を意味する。

図-3 より,直径が大きくなると減衰は小さいものの,健 全なコンクリートに比べてひび割れの本数の増加によって最 大振幅が減少することが分かる。また,近接したひび割れ 2 本は同じひび割れ本数のひび割れ 2 本に比べて弾性波の減衰 が小さいことが分かる。これらよりひび割れと弾性波の振幅 およびエネルギーの減少を用いた場合,ひび割れが 2 本発生 していても,入力した波の波長に比べてひび割れ間隔が十分 に近接した場合は,1つのひび割れと判定される可能性が考 えられる。

# 3.2 直径による波長の変化とひび割れ本数を考慮したパ

#### ラメータの評価

今まであげてきたデータには鋼球の波長による変化や平均 周波数が各種パラメータの減衰率に影響を及ぼしていたこと が考えられる。そこで,鋼球の波長とひび割れの本数をあら かじめ考慮した指標を既往の研究を参考に提案・検討をした。 加速度センサの最大振幅と AE センサのエネルギーについて 図-4~5に示した。横軸は *nd*λ とした。ここで,*n* はひび割 れ本数,*d* はひび割れ深さ(mm),λは R 波の波長(mm)である。 ここで近接したひび割れ 2 本に関しては、今回使用した式で



図-5 AE センサのエネルギー

はひび割れ本数は考慮しているものの、ひび割れ間隔を考慮していないので、除外した。

図-4~5より,加速度センサの最大振幅比と AE センサのエネルギー特性は近似曲線に近似したデータが取れ,ひび割れによる減衰量と nd/λ の良い相関が認められた。

#### 4. 結論

- 1)本実験で検討した基本的なパラメータの内,加速度センサで得られた最大振幅とAEセンサで得られた エネルギー特性において良い相関が得られた。
- 2)本実験で、鋼球の波長とひび割れの本数をあらかじめ考慮した指標を用いて、R波の波形パラメータの 減衰を調べることでひび割れによるコンクリートの損傷度が評価できる可能性があることを示せた。

#### 参考文献

- 1) 桃木昌平,蔡華堅,塩谷智基: Rayleigh 波減衰特性によるコンクリートひび割れの定量評価に関する基礎研究,コンクリート構造物の補修,補強,アップグレード論文報告集 第9巻 P25~P30 2009.10
- 2) 江川顕一郎,堤知明,呉佳曄:表面波を用いたひび割れ深さの新しい測定技術,コンクリート構造物の 非破壊検査への期待, P65~P74, 2003
- T.Shiotani D.G.Aggelis : Wave propagation in cementitious material containing artificial distributed damage, Materials and Structures, P377~P384, 2009