

打音法によるコンクリートの欠陥診断に関する実験的研究

名城大学大学院理工学研究科	正会員	水野 宏俊
名城大学理工学部建設システム工学科	正会員	飯坂 武男
名城大学理工学部環境創造学科	正会員	杉山 秋博
名城大学理工学部建設システム工学科		安藤 邦広
名城大学理工学部建設システム工学科		池山 佳宏

1. 目的

打音法¹⁾は、計測作業が簡便で効率も良いという利点の反面、評価は測定者の経験的判断に委ねられ、定量性が低く、欠陥診断においては信頼性に欠けるものとされてきた。そこで、打音法を定量的な評価法とするために、コンクリート表面を打撃した際に生じる空気振動を音響機器により受信し、その波形を FFT 分析することにより定量化の一例を検討した。本研究では欠陥としてひび割れを取り上げ、ひび割れ深さの検出を試みた。また、ひび割れ補修の一例としてモルタルを注入し、その注入率の変化による応答音の測定を行った。

2. 実験概要

2.1 供試体寸法

本実験で用いる供試体概要を図-1 に示す。健全なコンクリートとして $10\text{cm} \times 15\text{cm} \times 53\text{cm}$ の立方供試体を用いた。また、その中央位置にスリットを設けたものを模擬ひび割れ供試体とし、スリット長さ $10 \cdot 15 \cdot 20\text{cm}$ 、幅 $0.5 \cdot 1.0 \cdot 2.0\text{mm}$ 、深さ $1 \sim 5\text{cm}$ と変化させた。打撃音は供試体寸法にも影響を受けると考えられたため、供試体長さ $33 \sim 53\text{cm}$ 、高さ $5 \sim 10\text{cm}$ と変化させ測定を行った。

ひび割れ補修用の供試体概要を図-2 に示す。 $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 53\text{cm}$ の立法供試体の中央に長さ 20cm 、幅 1cm 、深さ 10cm のクサビ形のスリットを入れたものを模擬補修用ひび割れ供試体として用い、スリットにモルタルを注入した。注入率変化は注入深さを $1 \sim 6\text{cm}$ まで変えることによって行った。

2.2 打撃音測定法

本実験の測定概要を図-3 に示す²⁾。コンクリートへの打撃はテストハンマーの一端を支点としたものを振り上げ角度 60° から自由落下させて行った。打撃点はひび割れ位置から 0.5cm 離れた点である。供試体は木片による 4 点支持とし、8 回打撃し、平均化したものを測定結果とした。打撃音の測定は、打撃点より水平方向に 5cm 、鉛直方向に 5cm の位置に設置したマイクロフォンにより行い、その後、PC に wave ファイルとして取り込み、受信波形に対して FFT 分析を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 ひび割れの発生

実験結果を図-4 に示す。これは、健全コンクリート供試体と模擬ひび割れ供試体（深さ 3cm ・幅 2.0mm ）における応答音を比較したものである。健全供試体における卓越周波数は 1.2kHz 、 5.5kHz 付近の 2 箇所であるのに対し、模擬ひび割れ供試体においては、 7.5kHz 付近に新たな卓越周波数が出現した。図-4 はその一例であるが、他のひび割れ状態についても同様に、新たな卓越周波数の発生が確認された。よって、打音法によるひび割れの有無は、卓越周波数の出現により確認可能であると思われる。以降のグラフ上のプロットは全てこの周波数に関するものである。

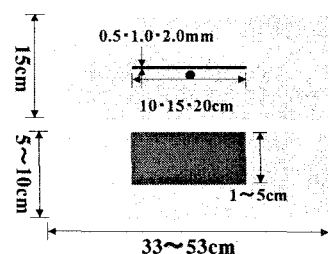


図-1 ひび割れ供試体概要

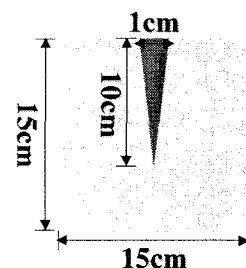


図-2 補修用供試体概要

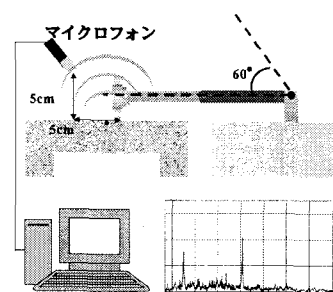
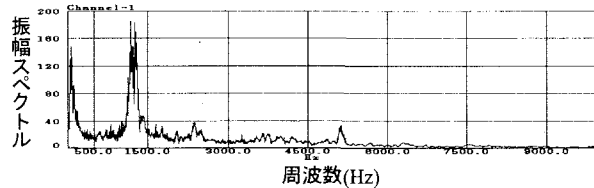


図-3 打撃音測定概要

健全コンクリート供試体



模擬ひび割れコンクリート供試体

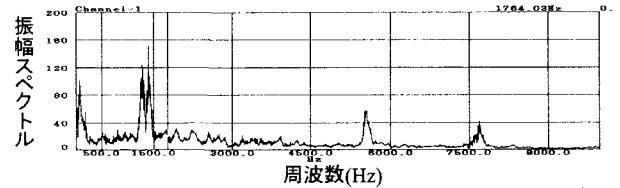


図-4 ひび割れによるスペクトル分布

3.2 ひび割れ寸法が与える影響

新たな卓越周波数の発生をひび割れの結果として捉え、ひび割れ深さの進展を表したものが図-5 および図-6 である。図-5 には各ひび割れ幅ごとの深さの進展、図-6 には各ひび割れ長さごとの深さの進展を示す。ひび割れ深さが大きくなるにしたがい、卓越周波数が低い周波数方向へと推移していく傾向が見られる。ひび割れ幅においては明確な差は確認されず、ひび割れ長さが大きくなるにつれて周波数が低下する傾向が確認された。

3.3 ひび割れが供試体寸法に与える影響

模擬ひび割れ供試体において、供試体寸法を変化させた場合の結果を図-7、図-8 に示す。供試体長さ変化に関しては多少の誤差は見られたが、ほぼ同一の応答性を示し、供試体長さは発生した周波数に影響を与えないと考えられる。また、版厚変化に関しては、一般的に知られる健全コンクリートの場合と同様に、版厚が大きくなるにつれ、発生した卓越周波数が大きくなっていく傾向が見られた。

3.4 注入率変化に対する応答変化

ひび割れへの補修材注入量を変化させた際の結果を図-9 に示す。図中のプロットは健全コンクリートと比較し、変化がみられた周波数の推移を示している。注入量が大きくなるにしたがって、周波数は小さくなった。しかしその周波数振幅は小さくなる傾向がみられ、注入深さが大きくなるほど卓越周波数の検出は困難になると考えられる。

4. 結論

ひび割れ評価に関する研究を行った結果、以下の結論が得られた。

1. ひび割れは新しい卓越周波数の出現によって検知可能である。
2. ひび割れ深さが大きくなるほど、新たに生じた卓越周波数は低い周波数へと推移していくことが確認された。
3. 各ひび割れ幅とスペクトルに明確な相関性は認められない。
4. ひび割れ長さが大きくなるほど発生した周波数は小さくなる。
5. 供試体寸法に関しては、周波数は供試体長さには影響を受けず、版厚が大きくなるほど周波数も大きくなる。
6. 注入率が大きくなるほど卓越周波数は大きくなるが、その周波数振幅は小さくなるため、確認は困難になる。

【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会研究委員会報告書：コンクリート構造物の診断のための非破壊試験方法,2001
- 2) 金森正樹：打音法によるコンクリートの健全度評価に関する研究,名城大学大学院修士学位論文

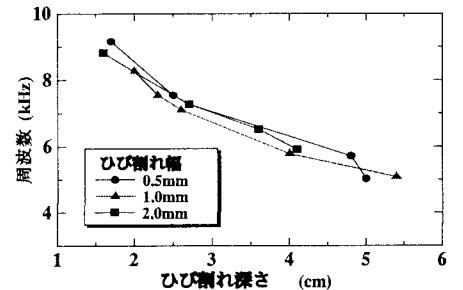


図-5 ひび割れ深さによる応答変化

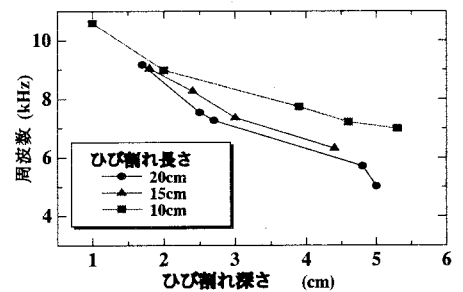


図-6 ひび割れ長さによる応答変化

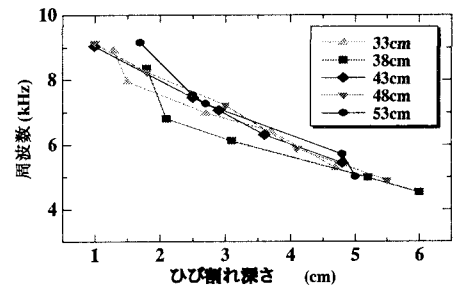


図-7 供試体長さによる応答変化

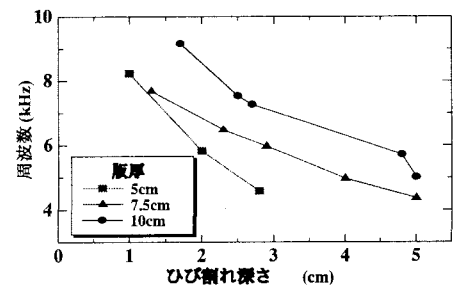


図-8 供試体版厚による応答変化

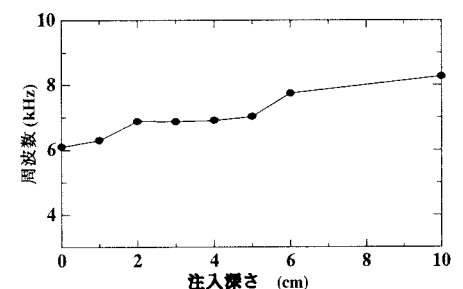


図-9 注入率による応答変化