

V-347

低周波パルス波を用いたコンクリート内部の欠陥評価

東京工業大学大学院	学生員	富田芳男
東京工業大学工学部	正会員	鎌田敏郎
東京工業大学工学部	フェロー会員	長瀧重義
東京工業大学大学院	学生員	岩波光保

1. はじめに

コンクリート構造物においては、舗装版下面やトンネル覆工背面に存在する空隙等の、表面から深い部分に存在する欠陥を非破壊的に評価することは困難とされてきた。その理由は非破壊試験の各手法ごとに様々であるが、超音波法を用いる場合には、コンクリート中における超音波の減衰が著しいことがあげられる。しかし、低周波パルス波を入射波として用いれば、波長が長いことから、骨材による散乱等の影響が少ないため減衰は小さくなり、欠陥評価を適切に行うことができるものと考えられる。

そこで本研究では、表面から深い部分に存在する欠陥を対象として、従来よりも低い周波数帯域に中心周波数をもつ超音波を入射波として用いた場合において、欠陥の深さおよび大きさが受振波の周波数分布に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 供試体概要

本実験で用いたコンクリート供試体の概要を図-1に示す。人工欠陥は、円形の模型用発泡スチロール（厚さ1cm）を四方から釣り糸で型枠に固定した後、コンクリートを打設することにより設置した。また実験ケースは、欠陥の埋め込み深さ $h=15\text{cm}$ に対して欠陥直径 $d=5, 10, 20\text{cm}$ 、 $h=30\text{cm}$ に対して $d=10, 20, 30\text{cm}$ 、および「欠陥なし」の計7通りとした。なおセンサの貼付箇所については、グラインダーで表面処理を施した。

2. 2 測定システム概要

図-2に測定システムの概要を示す。低周波の帯域に中心周波数をもつ超音波を入射することを目的として、発振システムには、パルスジェネレータ（C-101-HV、日本フィジカルアコースティクス社製）およびAEセンサ（R3、同社製、図-3に周波数特性を示す）を用いた。また受振側には、発振子と同種のセンサおよびAE波形解析装置（TRA-2.5M、同社製）を用いた。

2. 3 測定条件

表面波の影響を考慮して、センサ間の距離は8cmとした。またパルスジェネレータの発振電圧は20Vで一定とし、受振波にはプリアンプにて3kHzハイパスフィルターをかけ、40dBの増幅処理を行った。

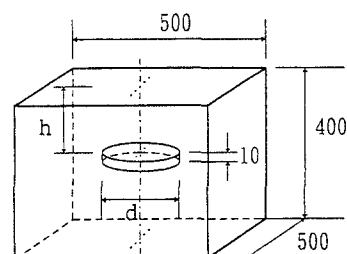


図-1 供試体概要（単位：mm）

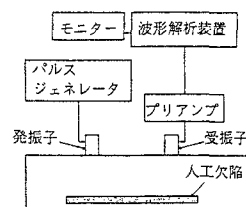


図-2 測定システム概要

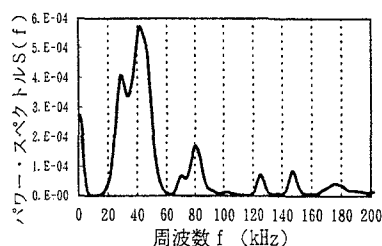


図-3 センサの周波数特性

キーワード：コンクリート、超音波法、欠陥評価、低周波パルス、周波数分布

住所：〒152 目黒区大岡山2-12-1 東京工業大学土木工学科 電話：03-5734-2585 FAX：03-3729-0728

3. 実験結果および考察

測定された受振波形について、パワー・スペクトル解析を行った結果の一例を図-4に示す。これより、100kHzより低い周波数帯域において、3カ所でピークが存在することがわかる。そこで、これら3カ所の成分と欠陥の深さおよび大きさとの関係について検討を行った。その際、次式で定義される1次モーメントを用いて、周波数分布の変化の定量化を行った。

$$1 \text{ 次モーメント} = \int f \cdot S(f) df$$

(f : 周波数 (kHz)、 $S(f)$: パワー・スペクトル)

積分区間は、先のピーク位置を考慮して、10～30kHz、30～60kHz および 60～100kHz とした。図-5に、各周波数帯域ごとの1次モーメントと欠陥直径との関係を示す。これによれば、10～30kHzの場合、欠陥直径が大きくなるにつれて1次モーメントが増加する傾向が見られる。これは、欠陥からの反射波を含む受振波の周波数分布が、1次モーメントを計算する範囲内において、高周波側にシフトする傾向があることを示している。

30～60kHz および 60～100kHz の場合には、供試体間で1次モーメントの値にばらつきが見られるものの、欠陥条件によるものと考えられる傾向は見られない。これにより、この2つの帯域では、欠陥条件以外の要因が、分布に強く影響しているものと考えられる。本研究においては、2探触子反射法を用いていることから、表面波の存在がその要因の1つとして考えられる。

以上より、本研究の範囲内においては、受振波の周波数分布の10～30kHzに欠陥に起因する傾向が現れており、欠陥の深さが15cmの場合で直径10cm、また深さが30cmの場合で直径20cm以上の大きさであれば、欠陥の存在を確認できた。

4. まとめ

低い周波数帯域に成分をもつ超音波を入射し、受振波の周波数成分の低い部分に着目することが、表面から深い欠陥の評価に有効であることが明らかとなった。また2探触子反射法を用いた場合、表面波の存在が周波数分布に影響を及ぼすことから、特定の周波数帯域のみについて評価することが必要である。なお本研究の範囲内においては、欠陥の存在による影響は、受振波の周波数分布の10～30kHzに現れた。

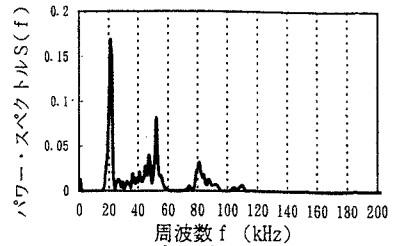


図-4 受振波の周波数分布

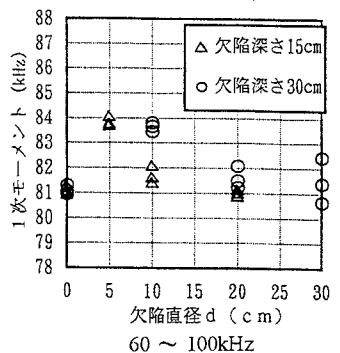
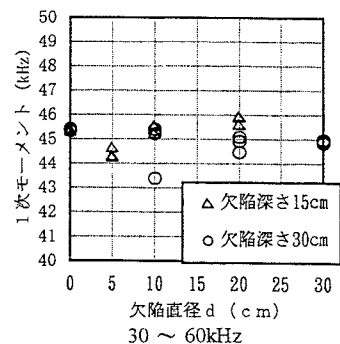
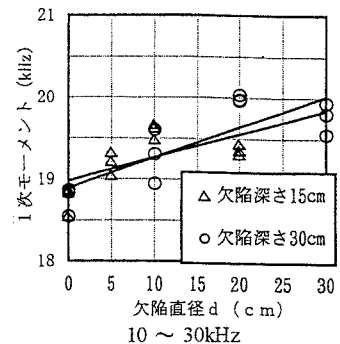


図-5 欠陥条件と1次モーメントの関係