

低周波弾性波非破壊検査装置によるRC床版の内部欠陥に対する検出性能の評価

三菱電機（株）	正会員	服部 晋一
岐阜大学	正会員	鎌田 敏郎
（株）オーデックス	正会員	竹村 泰弘
（株）オーデックス		井上 正光
三菱電機（株）		島田 隆史

1. はじめに

コンクリート構造物の点検のための新しい非破壊検査法として、磁歪素子により発生させた低周波の弾性波を用いたコンクリート構造物診断システム¹⁾を開発し、現在、その実用性について検証中である。

本報文は、この装置の実大床版供試体における性能評価を行った結果について報告するものである。

2. 実験装置の構成

計測では、著者らの報告¹⁾に示される金属系磁歪素子を使い低周波の 1kHz～10kHz の弾性波を連続的に変化させる周波数スイープ信号を入力し、対象構造物のたわみ(横)振動、または厚み(縦)振動の応答から欠陥の有無、欠陥までの深さ、部材の厚さ(覆工厚等)を評価する。

実験に供したシステムの構成は、図-1 に示す通りであり、探査子・計測制御ユニット・エアコンプレッサ(吸着用)で構成されている。

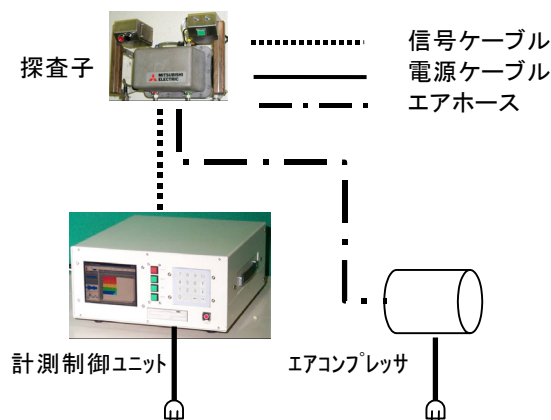


図-1 計測システム構成図

3. 実験概要

本実験では、剥離状欠陥の診断評価を実施すべくRC床版を模擬した実大供試体(4×2×0.2m)に大きさや深さを異なる種々の人工欠陥を内部に配置したもので計測を行い、欠陥評価に対するパラメータ、適用限界および欠陥検出の精度を明確にした。供試体は、鉄筋付近等の剥離を想定した人工欠陥(t=5 mmの発泡スチロールにて円盤状欠陥を模擬し、表面に対し水平に配置)が内部に設置されている。この人工欠陥は、直径: 5, 10, 15, 20, 30, 50cm で、表面からの深さがそれぞれ 3, 10, 17cm に埋設されている。また、有筋と無筋箇所が設けられ、鉄筋有無の影響を評価できる構造になっている。

4. 検証結果

4. 1 欠陥深さと振幅レベル

深さの異なる人工欠陥上での振幅レベルを図-2に示す。ここでの振幅レベルは低周波領域でのエネルギースペクトルの帯域積分を行うことにより求めた値である。また値は欠陥中央部の計測ポイントをサンプルした。図-2の欠陥深さと振幅レベルの相関より、深さ 3cm の欠陥位置での振幅レベルは平均 1.1 ($\sigma=0.71$)、深さ 10cm での振幅レベルは平均 1.9×10^{-1} ($\sigma=1.6 \times 10^{-1}$)、深さ 17cm の欠陥位置での振幅レベルは平均 3.1×10^{-3} ($\sigma=6.7 \times 10^{-4}$)であった。尚、

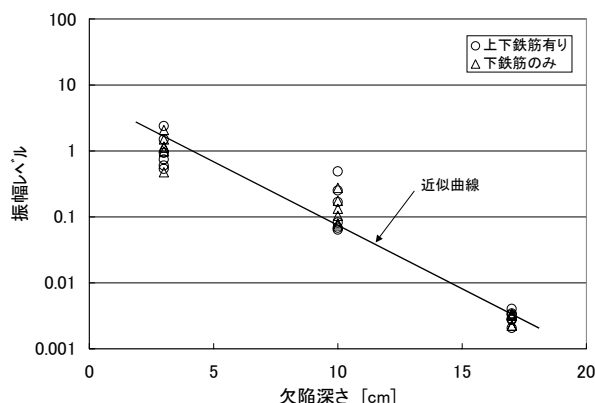


図-2 欠陥深さと振幅レベル

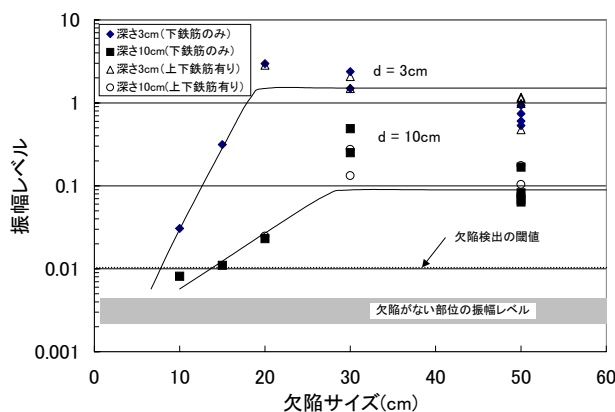


図-3 欠陥サイズと振幅レベル

キーワード: 構造物診断、非破壊検査、コンクリート、磁歪素子、低周波弾性波、RC 床版

連絡先: 〒850-8652 長崎市丸尾町 6-14 三菱電機(株)

Tel: 095-864-2285 Fax: 095-864-2381

欠陥のない健全部での振幅レベルは、 $2 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-3}$ であった。

4. 2 欠陥サイズが振幅レベルに与える影響

欠陥サイズが異なることによる振幅レベルへの影響を図-3に示す。振幅レベルの値は欠陥中央部のデータをサンプリングした。グラフより、同一深さの欠陥では、欠陥サイズがある大きさより小さい場合は、振幅レベルは欠陥サイズに応じて小さくなること。また欠陥サイズがある大きさより大きくなると、振幅レベルはほぼ一定レベルの値をとること。この一定レベルの値は欠陥深さが浅い程大きいことがわかる。

4. 3 欠陥検出の閾値と適用範囲

供試体の健全な箇所での振幅レベルは $2 \times 10^{-3} \sim 4 \times 10^{-3}$ のため、本供試体において欠陥を検出できる振幅レベルの閾値は健全レベルの上限の2倍強の 1×10^{-2} とした。図-2にこの閾値を適用すると欠陥深さが3cmでは $\phi 10\text{cm}$ 、欠陥深さが10cmでは $\phi 20\text{cm}$ が欠陥検出の適用範囲であると判定される。

4. 4 欠陥の深さ推定及び精度

振幅レベルから欠陥深さを推定するため図-2に示す相関より近似曲線を導出した。推定式は指数近似を用い $y = 4.56 \times e^{-0.412x}$ であった。ここで x は振幅レベル、 y は欠陥深さ[cm]である。この近似式を用いて欠陥深さを推定しその精度を確認した。結果を表-1に示す。

4. 5 欠陥推定深さのマッピング

欠陥部の推定深さに基づく欠陥マップを図-4に示す。

欠陥深さの推定結果に対応して青～赤への色相変化で深さを表している。欠陥位置、及び欠陥深さがビジュアルに表現され、欠陥状態の把握に有効である。

4. 6 鉄筋の影響

供試体における配筋の違い(上下筋ありと下筋のみ)において、それぞれに同じ条件で設置された欠陥を計測した結果は、鉄筋の有無による有意な差は認められなかった。

5. まとめ

- (1) 欠陥判定の閾値について今回の供試体では、振幅レベル約 1×10^{-2} であり、この値より小の場合は欠陥なし、大の場合は欠陥ありと判定できた。
- (2) 欠陥検出の適用範囲として、深さ3cmの場合は $\phi 10\text{cm}$ 以上、深さ10cmの場合は $\phi 20\text{cm}$ 以上の欠陥の検出が可能との結果が得られた。
- (3) 欠陥の検出の精度は、深さ3cmの場合は $\pm 0.5\text{cm}$ 、深さ10cmの場合は $\pm 2\text{cm}$ 程度との結果が得られた。
- (4) 鉄筋の影響は無視できることを確認した。
- (5) 今後の課題としては、鋼橋RC床版の補強工法の一工法である上面増厚において、一部の橋梁では上面増厚床版或いは旧床版の内部コンクリートに劣化・ぜい弱や剥離などの欠陥が問題になりつつあり、これに対して実橋と同様な上面増厚床版、もしくは舗装を施工した供試体を製作し、追加実験で評価する予定である。

最後に、本実験を実施するに当たりご協力いただいた昭和コンクリート工業㈱の関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 服部、鎌田、竹村、他2名：金属系磁歪素子による低周波弾性波を用いたRC構造物診断装置の適用化開発，土木学会第56回年次学術講演会講演概要集，pp,784-785(2001)。
- 2) 服部、島田、亀山：低周波弾性波診断装置による実大コンクリート構造物計測評価，第9回超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集，pp,11-16(2002)。

表-1 欠陥の深さ推定精度

人工欠陥		欠陥推定深さ		
深さ[cm]	サイズ[cm]	推定深さ[cm]	平均値	推/実値
3	$\phi 50$	2.3～5.6	3.9	1.3
	$\phi 80$	1.7～2.8	2.3	0.77
10	$\phi 50$	7.1～10.5	8.7	0.87
	$\phi 80$	5.6～8.8	7.1	0.71

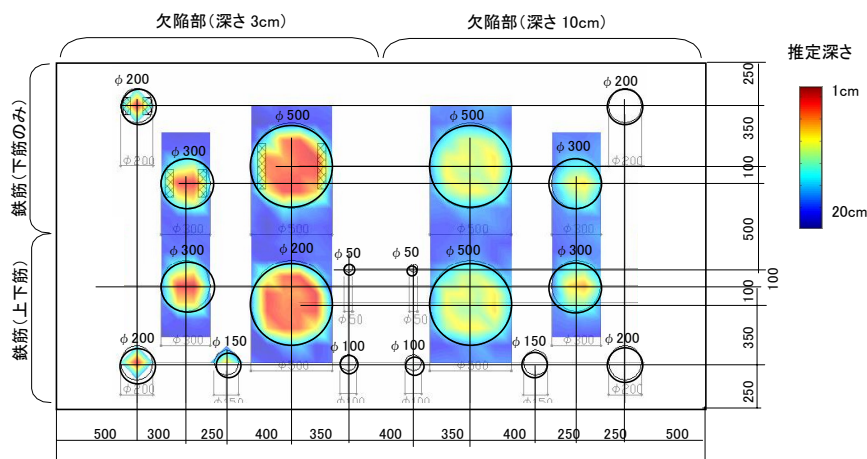


図-4 欠陥深さマップ図