

衝撃弾性波法によるコンクリート内部空洞の弾性波速度の一考察

(株)大進コンサルタント 正会員 ○尾場瀬 宏美
 東海大学土木工学科 正会員 極 檀 邦夫
 アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭
 (株)大進コンサルタント 池 端 秀幸

1. はじめに

衝撃弾性波法で測定した波形データより得られた鋼球接触時間や減衰時間を手掛かりにコンクリート内部空洞の簡易探査方法¹⁾に関しては、本年度の西部支部研究発表会においてすでに報告した。その際、透過法による弾性波速度を利用して、コンクリート内部空洞を探査する方法にも言及した。しかし、コンクリート構造物の殆どは地中に埋設されているため、透過法による測定が不可能である。ここで、実寸供試体を対象とし、コンクリートの表面弾性波速度を約 30cmに固定した2個の加速度計を用いて測定し、コンクリート内部空洞を検知する可能性について検討し、実験結果を動的FEM解析によって検証した。

2. 弾性波速度について

周知のように、弾性波速度とは、弾性体の中を伝搬する波動（縦波）の速度をいう。コンクリートの弾性波速度はコンクリートの密度、弾性定数等で決まる。

また、コンクリートの弾性波伝搬速度は、コンクリートの表面状態や内部状況等と密接な関係があり、弾性波速度の正確な測定は、構造物等の健全度を診断するのに有効である。

一般的には、弾性波速度は伝搬距離に影響されないものとするが、伝搬距離が長くなると低下する傾向にあるとしている。故明石先生ら²⁾の研究結果では、表面波に劣化部分があれば、平均音速が遅くなる。また、弾性波が劣化部分を通過すれば受信波形の振幅が非常に小さくなることから異常部分を知ることができる。伝搬距離について、30cmより長くなると、弾性波速度の変化が少なくなることが判明した。

3. 供試体と測定方法

(1) 供試体

空洞を想定した内部欠陥を有する実寸壁式モデル (B1800×H1550×T200mm, 基礎厚 200, 図-1) を製作した。供試体内に、表-1に示すように、かぶり

厚さ、サイズの異なる発泡スチロールを 6 点埋設し擬似空洞とした。



図-1 供試体概要

表-1 空洞寸法及びかぶり厚さ 単位:mm

番号	寸法	かぶり厚さ	備 考
1	200×200×20	30 (150)	
2	200×200×20	30 (150)	傾斜角 30°
3	200×200×20	100 (80)	
4	100×100×20	30 (150)	
5	200×200×20	50 (130)	
6	100×100×20	100 (80)	

注：() 内の数字は供試体 B 面の空洞までのかぶり厚さを示す。

(2) 測定装置

測定に用いた測定装置は、インパクト(鋼球直径 15mm)、加速度計 (PCB352C66) 2 個及び PC を内蔵した測定器本体から構成される。弾性波速度測定時、サンプリングクロックは 0.48μs、データ総数 1000 個。加速度センサー間距離と伝搬遅延時間の関係によって弾性波速度を求める。

(3) 測定方法

弾性波速度の測定は、コンクリート表面の 10cm 方眼交点に 30cm を離れた二つの加速度計を手で鉛直に押し付け、その近傍 4~5cm 位離れた位置にインパクトで軽く打撃する。比較検討のため、供試体 A 面上部の弾性波速度はインパルスハンマーと加速度計を有する 2ch の同種測定機器を用いて透過法で測定した。

4. 測定結果及び考察

(1) 表面弾性波速度と内部欠陥（空洞・剥離等）

供試体 A 面（発泡スチロールを固定するための取付け孔ある面（補修済））と B 面の空洞までのかぶり厚

キーワード 衝撃弾性波法, 弾性波速度, 内部欠陥, 非破壊試験

連絡先 〒861-2102 熊本市沼山津 4 丁目 2 番 22 号 (株)大進コンサルタント技術部 TEL 096-365-0112

さが異なるため、両面にてコンクリートの表面弾性波速度を計測し、表面弾性波速度と空洞までのかぶり厚さの関係を検討する。測定結果は図-2～3に示す。

供試体コンクリートの表面弾性波速度平均値 4000m/s に対して、かぶり厚さ 3cm では 3450m/s と空洞付近の表面弾性波速度は遅くなっている。しかし、10cm より厚い場合の速度差は微小で空洞の判別が困難である。

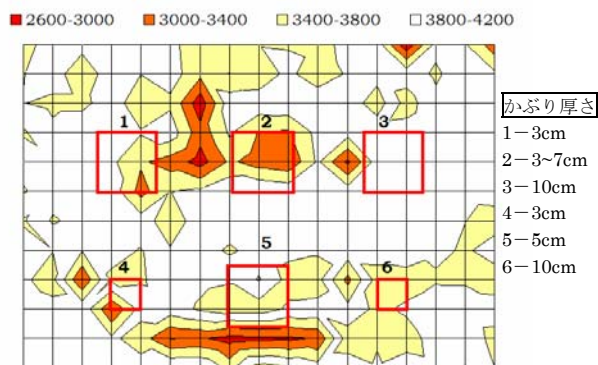


図-2 供試体 A 面の弾性波速度等高線図(単位:m/s)

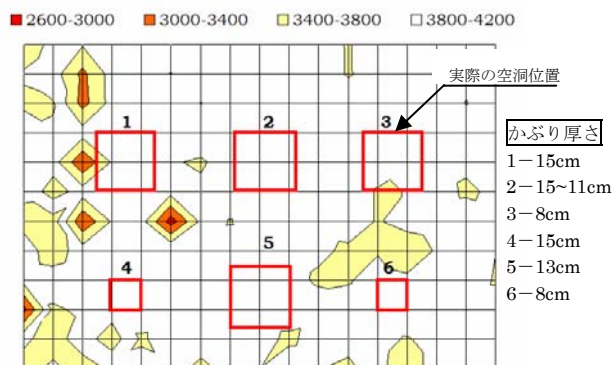
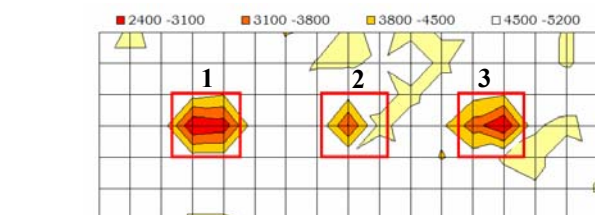
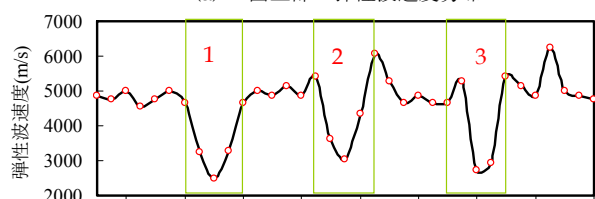


図-3 供試体 B 面の弾性波速度等高線図(単位:m/s)

(2) 透過法による弾性波速度分布



(a) A 面上部の弾性波速度分布



(b) 空洞中心線断面の弾性波速度分布

図-4 透過法による弾性波速度分布図(単位:m/s)

供試体 A 面での測定結果は、図-4 に示す通り、供

試体上部の空洞位置の弾性波速度が空洞なし位置に比べ非常に減少して、全体平均値 5000 m/s の約半分に低減したことが分かった。表面弾性波速度より、空洞の存在は明確に判別できる。

5. 動的 FEM 解析及び比較検討

(1) FEM 解析概要

ここで、図-1 に示すように、供試体の内部空洞中心断面 (1800×200×4mm) をそれぞれ抽出し、動的 FEM 解析を行い、A 面において空洞までのかぶり厚さと弾性波速度の関係について検討する。衝撃荷重は継続時間 100 μ s の半波正弦波とする。

(2) 弾性波速度の比較検討

表-2 に空洞 1 と 3 の弾性波速度の実験及び解析結果を比較したものを示している。比較検討の結果、空洞までのかぶり厚さの影響は、透過法による弾性波速度の解析結果と測定結果の両方において確認された。一方、空洞 1 と空洞 3 のかぶり厚さは異なるにもかかわらず、空洞中央位置と空洞なし位置の表面弾性波速度の差異が殆ど認められなかった。

表-2 空洞 1 と 3 の弾性波速度の比較検討 単位:m/s

空洞番号	検討位置	表面弾性波速度 (伝搬距離約 30cm)		透過法による 弾性波速度	
		実験	解析	実験	解析
1 (かぶり厚 3cm)	中央	3450	3530	2470	2470
	端部	3980	3460	5000	4780
	健全部	4140	3540	4880	4880
3 (かぶり厚 10cm)	中央	3900	3910	2740	2900
	端部	3980	4110	5260	4880
	健全部	4000	3930	4880	4920

6. おわりに

2 個の加速度計の間隔を約 30cm に固定して、得られた表面弾性波速度分布に基づいて内部空洞を検出する可能性について考察した。その結果、かぶり厚さ 3cm では空洞付近の表面弾性波速度は明確に遅くなっているが、10cm より厚い場合の速度差は微小で空洞の判別が困難である。今後の課題として、表面弾性波速度の影響要因及び表面弾性波速度と空洞までのかぶり厚さの関係について、継続的に研究する予定である。

参考文献

- 尾場瀬宏美, 極檀邦夫, 境友昭, 池端秀幸: 衝撃弾性波法によるコンクリート内部空洞の簡易探査法, 土木学会西部支部研究発表会, pp.763-764, 2005.3
- 明石外世樹: コンクリートの非破壊試験に関する研究, 土木学会論文集, 第 390 号/V-8, pp.1-22, 1988.2