

コンクリート構造物の内部欠陥が打撃波形に及ぼす影響に関する基礎的研究

宮崎大学 学生会員
宮崎大学

○河野 哲也
魚住 龍太郎, 李 根浩, 李 春鶴

1. はじめに

笹子トンネル崩落事故を期に、5年に1度の近接目視を基本とし、必要に応じて打音検査などを加えた定期点検が義務化された。しかし、一次元的な検査にとどまっており、既往の研究において三次元的な検査を目的として、糸田ら¹⁾が正の第一振幅に着目して伝播速度や周波数について解析を行った。

本研究では、欠陥の有無によって周期区間の選定が周波数分析に及ぼす影響や基準の選定が伝播速度に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験概要

供試体は縦1500mm、横1500mm、厚さ200mmの板状で、欠陥の比較を行うために内部に欠陥を模擬した供試体と欠陥の無い供試体、合計2体の供試体を用いた。例として欠陥有り供試体の形状寸法を図-1に示す。欠陥は縦400mm、横400mm、厚さ20mmの発泡スチレン板を用いて人為的に再現した。

欠陥有り供試体において、欠陥周辺にマイクを設置することで欠陥の影響を検出できると考え、打撃点を下部より450mm、左部より350mmに設定し、直線上に100mm間隔でマイクを8つ配置した。マイクは打撃点手前よりマイク①、②、…⑧とする。また、同じ打撃機とマイクの位置関係で右側に100mm間隔でずらしながら実験を行った。列を左から、A列、B列、…G列とする。欠陥無し供試体についても、同様の条件で実験を行った。

写真-1に打撃装置の外観を示す。打撃部分に縦20mm、横20mm、高さ80mmの鉄製のハンマを装着し、持ち上げ高さは200mmである。本打撃装置は約3秒に1度の連続打撃が可能であり、連続5回打撃を3セット行い、それによって得られた周波数成分の平均値を解析に用いた。また、サンプリング周波数が192.0kHzのレコーダーを用いて收音を行った。

データ処理は、Matlab(R2022a)を用いて打撃実験の音声データを解析した。周波数についてのデータ処理方法の概要を図-2(a)に示す。欠陥の有無によるそれぞれの周期区間における周波数の変化を確認するために、第二から第五振幅までを含めて検討を行った。周波数 f_i の算出方法について式(1)で定義する。

$$f_i = \frac{1}{T_{k+1} - T_k} \quad (1)$$

ここで、 T_k ：第一振幅から第五振幅までの時間 (s)

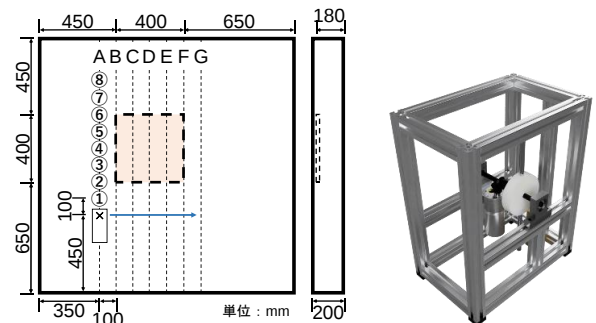
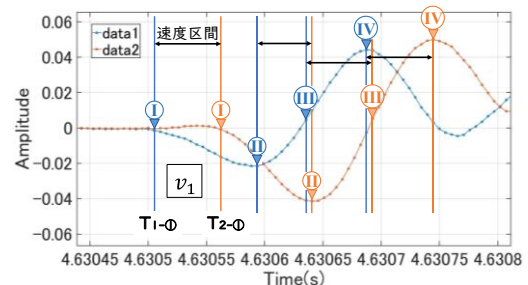
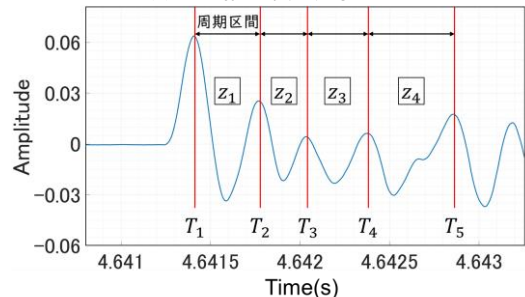


図-1 供試体形状寸法および装置配置 写真-1 打撃装置



(a) 伝播速度の定義方法



(b) 周波数の定義方法

図-2 データ処理方法

さらに、伝播速度についてのデータ処理方法の概要を図-2(b)に示す。伝播速度を算出する際の基準選定による違いを確認するために、振幅値により基準を4種類設定して解析を行った。基準Iは最初に負の閾値を超えた点、基準IIは最初の負側のピーク、基準IIIは最初に正の閾値を超えた点、基準IVは最初の正側のピークである。伝播速度 V_{ij} の算出方法について式(2)で定義する。

$$V_{ij} = \frac{L_{ij}}{T_j - T_i} \quad (2)$$

ここで、 L_{ij} ：マイク i とマイク j 間の距離 (m)

T_i ：マイク i における各基準の時刻 (s)

T_j ：マイク j における各基準の時刻 (s)

キーワード 打音検査, 伝播速度, 周波数, たわみ共振, 縦波共振

連絡先 〒889-2155 宮崎県宮崎市学園木花台西1丁目-1 宮崎大学コンクリート研究室 TEL 070-4180-7068

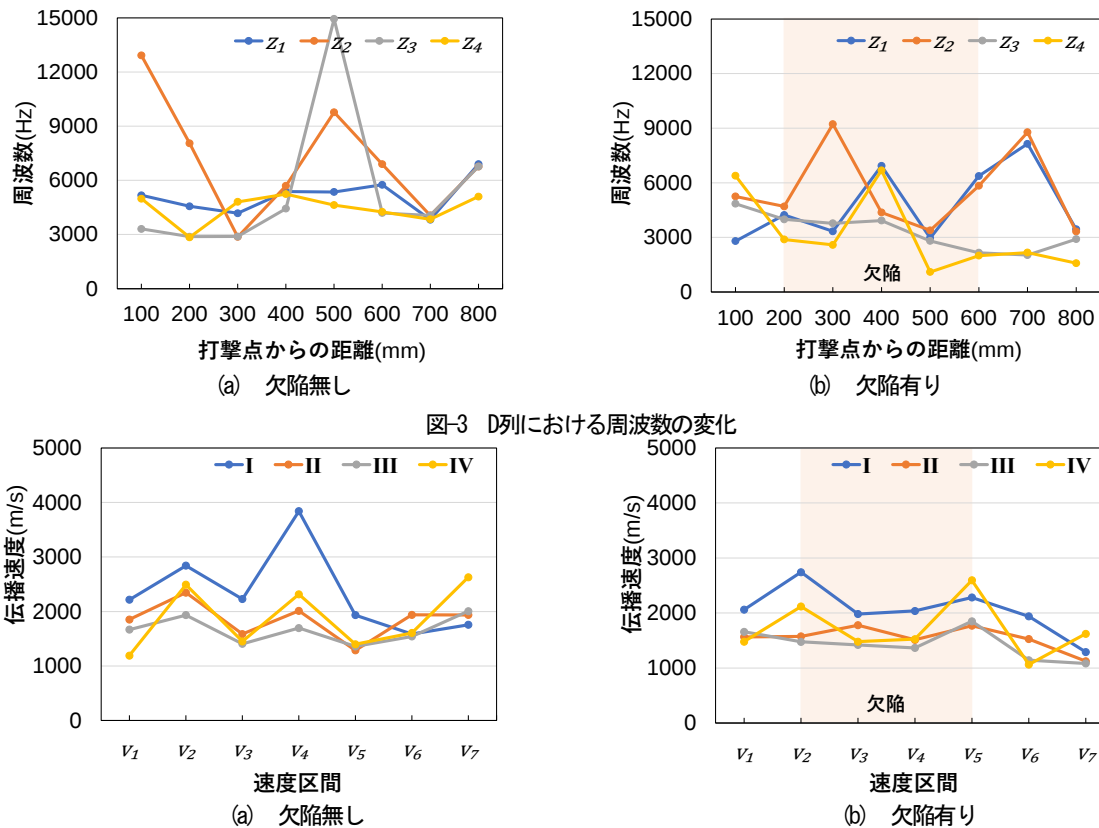


図-4 D列における伝播速度の変化

3. 実験結果および考察

(1) 周波数に関する考察

欠陥の影響が大きいと考えられる、欠陥直上を通る D 列について考察を行う。欠陥無しおよび有り供試体の D 列での解析結果を、それぞれ図-3(a)および(b)に示す。欠陥無しでは、3000Hz~6000Hz に分布しており、周期区間における周波数分布の相違は確認されない。また、10000Hz を超える高い周波数成分が存在している。これは、縦波共振周波数が計測された結果だと考えられる。

欠陥有りのD列では、 z_1 、 z_2 の周波数分布が4000Hz~9000Hzなのに対し、 z_3 、 z_4 の周波数は1000Hz~4000Hzと低く分布する傾向がある。これは、欠陥によりたわみ共振周波数が支配的になり、周波数が低下していると考えられ、 z_3 以降で低下していることから、 z_3 以降にたわみ共振が発生していると考えられる。

(2) 伝播速度に関する考察

周波数の解析と同様に、欠陥直上を通る D 列について考察を行う。欠陥無しおよび有り供試体の D 列での解析結果を、それぞれ図-4(a)および(b)に示す。伝播速度は、1500m/s から 2500m/s に分布している。以上の傾向について、岩野らによる弾性波速度と圧縮強度の関係式に、28 日の圧縮強度 (25.7N/mm²) を用いて以下の式(3)で伝播速度を計算し比較する。

$$f_c = 6.3 \cdot 10^{-18} \cdot V_p^{5.2} \quad (3)$$

ここで、 f_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

V_p : 弾性波速度 (m/s)

式(3)によって算出された伝播速度は3792m/sであった。さらに、福井らの報告から以下の式(4)により計算を行う。

$$V_s = 0.56 \cdot V_p \quad (4)$$

ここで、 V_s : 表面波速度 (m/s)

その結果、表面波速度は 2123m/s となった。これらから、本研究で得られた伝播速度は既往の研究と一致した傾向を示していると考えられる。

基準の伝播速度が基準II~IVの伝播速度より高い傾向が確認できる。これは、基準では P 波などの高い伝播速度の成分が計測され、基準II以降で S 波やレイリー波などの比較的低い伝播速度の成分や反射波のような伝播距離が長い成分がマイクに到達して計測されていると考えられる。

4. まとめ

本研究では、正の第一振幅から正の第五振幅までのデータと4種類の基準を設けて、周波数と伝播速度についての解析を行った。その結果、欠陥によりたわみ共振現象が発生し、その影響は z_3 以降に現れることが確認できたことから、第一振幅のみの解析では計測できなかった現象が計測できた。また、基準間で伝播速度の分布に差異が確認でき、P波やレイリー波、欠陥からの反射波などの影響が確認できた。謝辞：本研究は、令和4年度公益財団法人前田記念工学振興財団の研究助成を受けて実施したものである。ここで深くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 桑田守, 水口健史, 李根浩, 李春鶴 : 内部欠陥および鉄筋が打音波の位相差・伝播速度に及ぼす影響に関する基礎的研究, 令和3年土木学会西部支部研究発表会(オンライン), V-034, pp.713-714, 2022.3.5
- 2) 浅野雅則, 鎌田敏郎, 国枝稔, 六郷恵哲 : 打撃によるコンクリート部材の共振現象と打撃音の周波数特性, 土木学会論文集, No.760/V-63, pp.213-222, 2004.5