

コンクリート表面弾性波速度算定方法に関する実験的研究

東北学院大学

学生会員 伊藤 良一

正会員 李 相勲

1.はじめに

弾性波速度はコンクリート部材の圧縮強度や劣化状態を推定するための重要な物理的材料特性値であるが、対象波形の第1ピークの時間差を用いる一般的な方法ではその測定値に無視できないばらつきが存在する。本研究では、既存の2種類の測定法と新たに提案する測定法（積分法）を用いて、信頼性と正確性に基づく最も有効な方法を検証・評価しその結果を報告する。

2.計測供試体

(1)鉄筋コンクリート供試体

①呼び名 1.0m供試体

規格名 1A、1B、1C、1D、1E、1F の6供試体で寸法が幅 B120 mm、高さ H200 mm、長さ L900 mm、で鉄筋 $\Phi 10 \times 860 \text{ mm} \times 4$ 本、配力筋 $\Phi 4 \times 400 \text{ mm} \times 10$ 本を配置している。設計基準強度 $f'_{ck} = 24 \text{ N/mm}^2$

②呼び名 2.0m供試体

規格名 2A、2B の2供試体で寸法が mm^2 で幅 B120 mm、高さ H200 mm、長さ L1,900 mmで鉄筋D10 $\times 1860 \text{ mm} \times 4$ 本、配力筋 $\Phi 4 \times 400 \text{ mm} \times 19$ 本を配置したる。

(2)計測箇所・方法

①呼び名 1.0m供試体

下面1箇所と側面2箇所で、下面の計測箇所の間隔は30cmと50cmで加速度センサー1と2の2個を使用し、インパクト打点距離をそれぞれ加速度センサー1から10cmの位置で軽打を行い、下面については中心1列の計測、両側面については間隔5cmで3列計測を行い、全ての計測について3回行なう。計測箇所を右図に示す。

②呼び名 2.0m供試体

基本的に1.0m供試体と計測の考え方同様で、下面の計測間隔が1m供試体の30cmから50cmに変わっただけで、全ての計測について、1m供試体と同様に3回行なう。計測箇所を図1に示す。

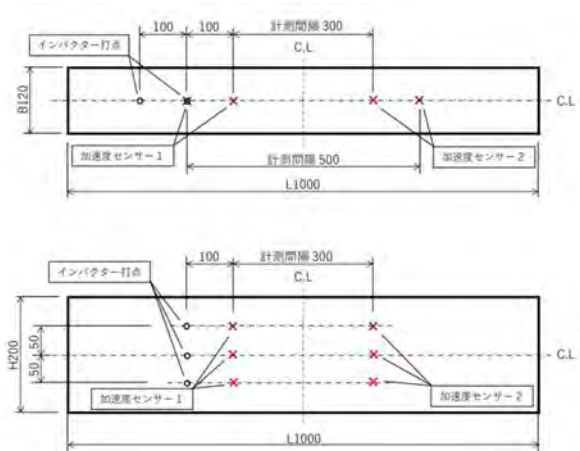


図1 1 m供試体計測箇所

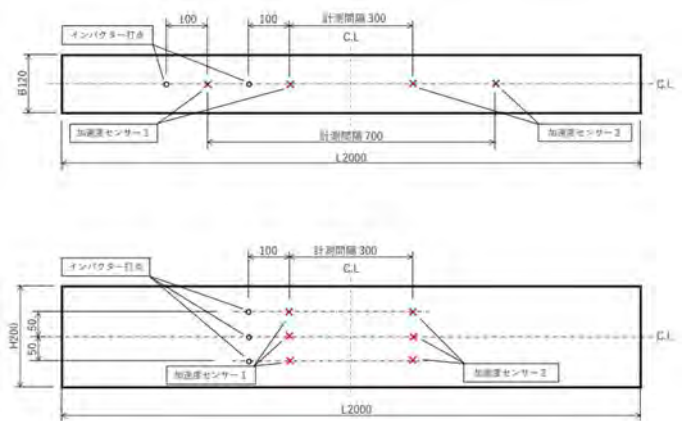


図2 2 m供試体計測

(3)算定総数(回)

規格名 1A から 2B までの全供試体数、8 供試体における計測総数は 8 箇所/供試体 $\times 3$ 回 $\times 8$ 供試体 $- 2$ 回(1A は 2 回計測不足) $= 190$ 回であり、算定総数は 190 回 $\times 3$ 種別 $= 570$ 回となる。

3.弾性波速度算定種別の分類

(1)積分法

打撃による波動の到達時点を、対象波形の第1ピークの時点とするのではなく、全体波形の面積（これを波動エネルギーとみなす）に対する有意義な初期波形の面積の割合が基準値に達した時点とする方法であり、本研究ではその割合が0.08%である。

キーワード：衝撃弾性波法 弾性波速度 コンクリート供試体

連絡先：〒985-8537 多賀城市 1-13-1 TEL022-368-1116

(2)MtoM 法(Mountain to Mountain)

実際の加速度データ 1 及び 2 から読み取った、両波の第 1 波のピーク値の伝播時間差より波速を求める方法。

(3)PtoP 法(Peak to Peak)

先行波のピーク値、後行波のピーク値又はボトム値の伝播時間差より波速を求める方法。ただし、数値の読取り値は最大振幅の±10%以上とする。

4.各供試体の検証、評価

(1)各グラフ、図の判定基準

○ヒストグラム (数値全体の信頼性): 正規分布を想定、底辺の広がり具合で判断、底辺が狭い程データに信頼性がある。

○標準偏差 (数値全体の正確性): 平均値からのばらつきを見るもので、標準偏差の値が小さい程、平均値に近い数値が多く、数値全体に正確性がある。

◎信頼性、正確性に基づく有効性の最終判断
ヒストグラムを主体的役割 (図による解釈) として判断し、標準偏差 (数値による解釈) も従的役割として重要な位置づけであり、両方を勘案して判断する。

(2)各供試体の検証、評価

570 回の測定波形に対して、3 種類の測定法を用いて弾性波速度を求めた結果のまとめを表 1、表 2、表 3 に示す。データのばらつきを表す標準偏差の値より最も信頼性のあるのが今回提案する積分法であることが確認できた。また、測定対象供試体の 3 例 (1A、1C、1E 供試体) に対する弾性波速度の分布を各測定法におけるヒストグラムで表す図 3、図 4、図 5 から同様な傾向が確認できる。

表 1 1A 供試体弾性波速度総括表

算定種別 ¹⁾	積分法 ²⁾	MtoM 法 ³⁾	PtoP 法 ⁴⁾
平均速度 V_{μ} [m/s]	2524.580 ⁵⁾	1769.156 ⁶⁾	2674.582 ⁷⁾
標準偏差 σ [%]	6.545 ⁸⁾	13.526 ⁹⁾	10.771 ¹⁰⁾



図 3 1A 供試体に対する各弾性波速度の分

表 2 1C 供試体弾性波速度総括表

算定種別 ¹⁾	積分法 ²⁾	MtoM 法 ³⁾	PtoP 法 ⁴⁾
平均速度 V_{μ} [m/s]	2416.259 ⁵⁾	1711.133 ⁶⁾	2644.770 ⁷⁾
標準偏差 σ [%]	5.611 ⁸⁾	16.346 ⁹⁾	14.066 ¹⁰⁾



図 4 1C 供試体に対する各弾性波速度の分布

表 3 1E 供試体弾性波速度総括表

算定種別 ¹⁾	積分法 ²⁾	MtoM 法 ³⁾	PtoP 法 ⁴⁾
平均 V_{μ} 速度 [m/s]	2557.173 ⁵⁾	1794.735 ⁶⁾	2717.508 ⁷⁾
標準偏差 σ [%]	8.724 ⁸⁾	13.917 ⁹⁾	12.046 ¹⁰⁾

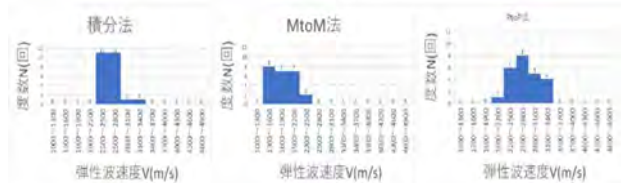


図 5 1E 供試体に対する各弾性波速度の分布

4.結論

衝撃弾性波理論に基づく波速算定法 3 種別において、正確性及び信頼性を考慮した有効性について評価すると、最も高いのが波形の面積を基準に弾性波速度を求める方法である積分法で、次に先行波のピーク値と後行波のピーク値又はボトム値を測定する方法である PtoP 法そして、先行波のピーク値、後行波のピーク値を測定する方法である MtoM 法という結果になった。その評価内容を下記に示す。

- 1)積分法はヒストグラムは想定正規分布に最も近く標準偏差についても最も小さい値となった。
- 2)PtoP 法はヒストグラムの想定正規分布の底辺の狭さの程度は、MtoM 法と同レベルであるが、標準偏差値による正確性が MtoM 法より 8 供試体中 5 供試体で 2 供試体上回ったので、MtoM 法より有効という結果となった。
- 3)MtoM 法はヒストグラムの信頼性は PtoP 法と同レベルであるが、標準偏差値による正確性が PtoP 法より 2 供試体下回ったので PtoP 法より劣位という結果になった。