

コンクリートの養生期間が弾性波伝搬に及ぼす影響

(株)コンステック

正会員 ○鄭 子揚

正会員 佐藤 大輔

田中 昭洋

住友大阪セメント(株)

青木 真材

1. はじめに

社会インフラの老朽化問題に対して、安全安心な社会の構築に向けて数々の研究が行われ、解決策が見出されている。社会インフラの多くはコンクリートを用いて造られており、その維持管理は初期点検、日常点検、定期点検、臨時点検および緊急点検に分別でき、把握できる内容も点検の種類によって異なる。既に硬化したコンクリート構造物の評価に用いる検査方法は確立・実用されている¹⁾²⁾。一方、コンクリート材齢の変化を評価できる非破壊検査方法は少ないのが現状である。

超音波法による非破壊検査はコンクリートの状態確認に有効である。本稿では、超音波法を用いて、健全なコンクリート試験体に対して、打設 24 時間後から一ヶ月までのコンクリート硬化過程における弾性波伝搬速度の変化について確認し、内部状態推定手法を提案できないか検討した。

2. 実験概要

2.1. 弾性波伝搬速度に影響を及ぼす因子

弾性波伝搬速度は材料の物性および内部変状などに影響される。弾性波伝搬速度を用いてコンクリートの評価を行う時に、表 1 に示すように、コンクリートの材齢、含水率、深さ、密度、強度および内部変状による影響を考慮しなければならない。

一般的には、コンクリート内部の含水率、密度、強度を把握することが難しいため、本稿では健全状態のコンクリート試験体の材齢および測定位置の違いに着目し、打設から一ヶ月までのコンクリート弾性波伝搬速度を確認した。

2.2. 健全な試験体を用いた実験

用いたコンクリート試験体は人工欠陥を有さない、1,000mm×1,000mm×1,000mm の立方体で、試験体の片面に D10 の鉄筋を格子状に 150mm ピッチで配置した。コンクリート打設後、2 日目で脱型し、気中養生とした。また、同一配合の $\phi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$ 圧縮試験体を作成し、封緘養生した。

試験体に対して超音波法の透過法を用いて、弾性波伝搬速度を測定した。測定は図 1(a)に示すように試験体の中心部および外側から 50mm の場所に測線を設け、図 1(b)に示すように、高い位置は上端 100mm、低い位置で上端から 900mm、100mm 間隔の測線を設けた。中心部と外側で合わせて 18 測線の弾性波伝搬時間を測定し、弾性波伝搬速度を算出した。

表 2 に示すように、各材齢において超音波法による弾性波伝搬速度測定を行った。圧縮試験体に対して、衝撃弾性波法による弾性波伝搬速度の測定を行った。

表 1 弾性波伝搬速度に影響を及ぼす因子³⁾⁴⁾

コンクリート現状	弾性波伝搬速度(硬化過程)	
材齢	遅 ←	速 →
含水率	低 ←	高 →
深さ	浅 ←	深 →
密度	低 ←	高 →
強度	低 ←	高 →
ひび割れ	多 ←	少 →
豆板	多 ←	少 →

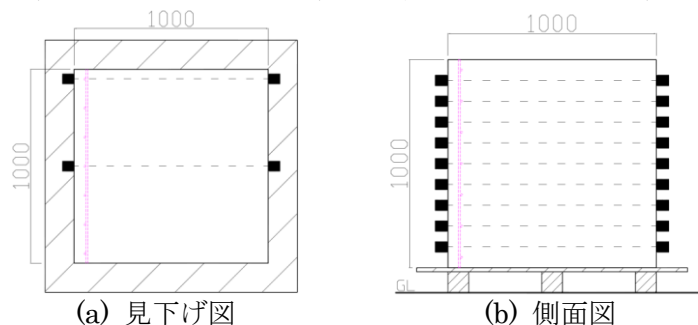


図 1 測定概要図

キーワード

非破壊検査, 弾性波, 伝搬速度, 材齢, 養生期間, 維持管理

連絡先

〒140-0001 東京都品川区北品川 1-8-11 Daiwa 品川 North ビル 5 階 TEL 03-3458-0447

表 2 各材齢において行った試験

実験内容		コンクリート材齢						
		1 日	2 日	3 日	7 日	14 日	21 日	29 日
弾性波伝搬速度測定	1m ³ 試験体	○	○	○	○	○	○	○
	圧縮試験体		○	○	○	○	○	○

3. 実験結果および考察

各材齢および各測線位置における弾性波伝搬速度の測定結果を図 2 に示す。

測定結果は図 2 に示すように、材齢の進行および測線が低くなることに従って、弾性波伝搬速度が早くなる傾向が見られる。また、各材齢における測線位置が低くなると、それに従い弾性波伝搬速度の差が小さくなる傾向も見られる。弾性波伝搬速度の収束程度は、材齢 2 日の場合、中心部の最大値と最小値の差は 340m/s，外側は 480m/s，材齢 29 日の場合、中心部の最大値と最小値の差は 196m/s，外側は 294m/s であり、測定箇所によらず、材齢 29 日の弾性波伝搬速度の最大値と最小値の差は材齢 2 日の 6 割程度になった。

また、図 2 には、圧縮試験体の弾性波伝搬速度も示しており、同様に材齢の進行に従って弾性波伝搬速度が早くなる傾向が見られる。さらに、中心部では、圧縮試験体の測定結果は測線位置 100mm の測定結果とかなり近似し、外側の測線では、圧縮試験体の測定結果は、測線位置 200mm の測定結果と近似していることが認められる。

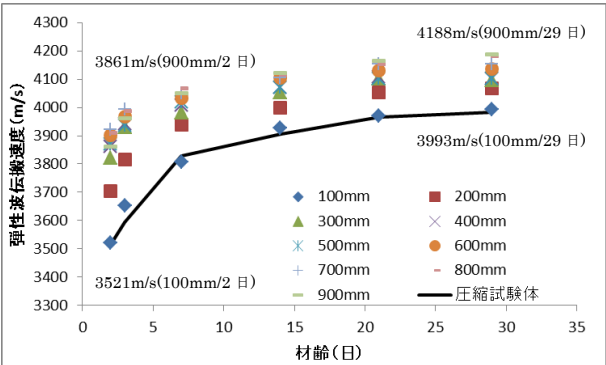
上記の実験結果には、若材齢のコンクリートの弾性波伝搬速度は材齢および測線の高低との強い相関関係を示している。また、中心部と外側の測線位置 900mm の実験結果を比較すると、材齢 2 日の中心部は外側より速く、材齢 29 日の時はほぼ同じ速度を示した。測線位置 100mm の実験結果では、材齢によらず外側の弾性波伝搬速度は中心部より遅いことが確認できる。理由として以下の 2 つが考えられる。一つ目は、試験体は材齢 2 日に脱型し、気中養生としたため、外側の水分が蒸発して含水率が低下したことが、二つ目は、打設は冬場に行われ、外側の温度は中心部より低いため、水和反応は中心部より遅かったことが挙げられる。

4. 健全性評価手法の考案

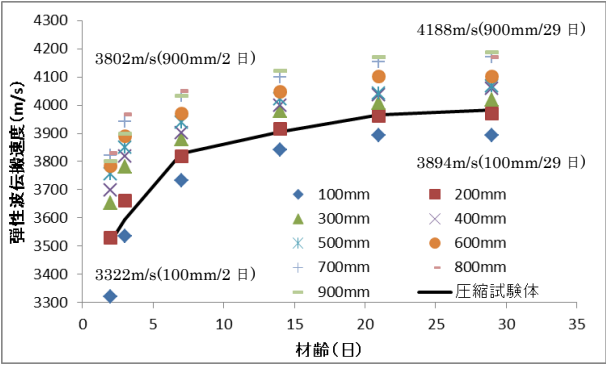
弾性波伝搬速度に影響を及ぼす因子は内部欠陥だけではなく、材齢、深さ、含水率および水和反応の程度も影響を与えるため、弾性波伝搬速度が予想より遅い測点を発見した場合、その測点の水平又は鉛直方向にも測点を複数設けることを提案する。これにより、弾性波伝搬速度の変動量が不連続の場合、内部変状が発生している可能性が高いと判断できる。また、材齢、深さ、測点の設置箇所および弾性波伝搬速度の関係から、水和熱によって発生する初期ひび割れを確認することも可能と考えられる。さらに、圧縮試験体の弾性波伝搬速度を用いて、測点に相応する弾性波伝搬速度を把握し、内部の状態を推定することも可能と考えられる。

参考文献

1) 重松宏和ら：コンクリートの状態変化が表面 P 波速度に及ぼす影響，土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，Vol. 36，pp. V-32，2009 2) 岩野聡史ら：衝撃弾性波法による新設構造物の圧縮強度測定における材齢補正方法の検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.65，pp. V-227，2010 3) 一般財団法人 日本非破壊検査協会：非破壊検査，Vol. 66，No. 3，2017 4) T. Ozturk, O. Kloggel, P. Grubl. : Propagation of ultrasound in concrete - Spatial distribution and development of the Young's modulus. BB 85-CD Intern. sympos. Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Berlin:2003.



(a) 中心部の測線



(b) 外側の測線

図 2 各材齢/測線位置の弾性波伝搬速度