

コンクリート供試体の弾性波速度に対する解析的検討

東北学院大学 工学部 学生会員 ○明石 京介
 東北学院大学 工学部 非会員 加藤 圭太
 東北学院大学 工学部 正会員 李 相勲

1. はじめに

供用中のコンクリート構造物の耐荷力を評価するには各構成部材のコンクリート圧縮強度を測定する必要があり、非破壊検査の手法で弾性波速度を求め、間接的に圧縮強度を推定するのが一般的な方法である。例えば、広く使われている表面2点法というのは、2つの加速度センサを組み込んだ振動検出器をコンクリート表面にあて、その近傍をハンマーで叩いて発生させた衝撃弾性波速度を測定し、強度を推定する方法¹⁾である。しかし、この方法は表面波を用いるので断面厚さ方向の材料の状態は考慮できないという問題がある。また、断面厚さ方向の弾性波速度は求め方によって異なり、また対象の形態によっても変わるので同じ材料でも弾性波速度の値は一つにまとまらないのが現状である。本研究では強度推定のための弾性波速度を材料定数の一つにすべきであることを前提とし、解析的手段を用いて衝撃弾性波法における弾性波速度 V_p を材料定数としてのP波速度 C_p に換算するための形状係数 α を提案する。また、ヤング係数と弾性波速度の関係を明らかにしコンクリート部材に対する圧縮強度推定のための基礎的検討を行った。

2. コンクリート供試体の解析モデル

解析対象としてコンクリートの一軸圧縮強度試験に用いられる円柱供試体を想定した。その大きさは直径100mm、高さ200mmを基本とし、各検討においては高さを変化させる場合とヤング率を変化させる場合のパラメトリック解析を実施した。ポアソン比と重量密度はコンクリート標準示方書の値を参考にそれぞれ0.2と $2260(\text{N}/\text{m}^3)$ にした。例として高さ200mmの解析モデル(1/2モデル)を図-1に示す。境界条件は、底面は縦方向のみの固定とし、モデルの中心部は横方向の固定で設定した。解析モデルのメッシュの大きさは概ね一辺の長さが5mmの立方体である。衝撃を与えるための入力波は図-2に示すように三角形時刻歴荷重を用いた。

3. 円柱供試体の高さを変化させた解析

衝撃応答解析により求めた時刻歴応答加速度波形をフーリ

図-1 解析モデル (1/2モデル)

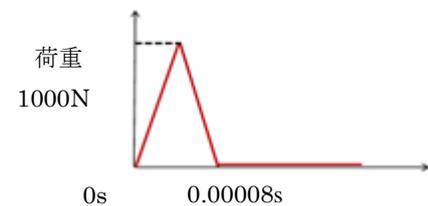
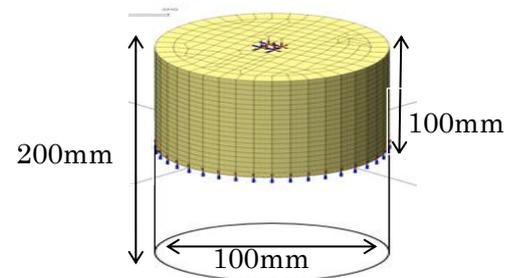


図-2 入力荷重 (衝撃波)

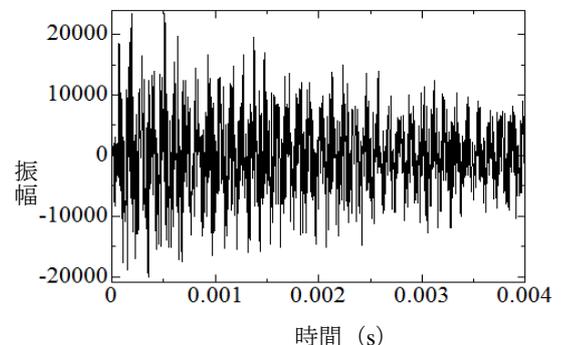


図-3 時刻歴応答加速度波形

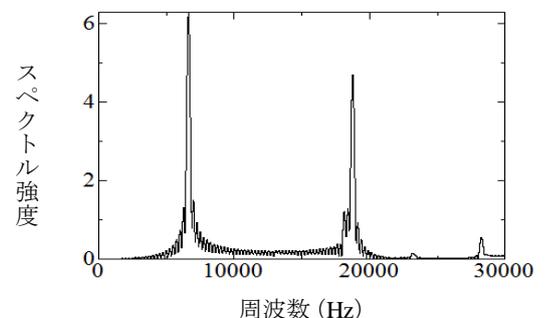


図-4 フーリエスペクトル

キーワード：コンクリート供試体、衝撃弾性波法、衝撃応答解析、弾性波速度

連絡先：〒986-8537 多賀城市中央 1-13-1 東北学院大学 環境建設工学科 TEL:022-368-7213

エ変換し、フーリエスペクトルの第1次モードのピークである周波数を用いて式(1)より弾性波速度を求めた。

$$D = \frac{V_p}{2f} \text{ or } V_p = 2fD \quad (1)$$

ここに、弾性波速度： V_p (m/s)、共振周波数： f (Hz)、測定方向の部材寸法： D (m)

また、解析モデルの高さを8パターン(50mm, 75mm, 100mm, 125mm, 150mm, 250mm, 400mm, 500mm)に分けて解析した。ヤング係数はコンクリート示方書の設計値を参考に圧縮強度24 (N/mm²) に該当するヤング係数25 (kN/mm²) を用いた。ここでは解析結果の一例として、高さ200mmの解析モデルを用いて解析で求められた時刻歴応答加速度波形とフーリエスペクトルをそれぞれ図-3と図-4に提示する。解析モデルの高さにおける弾性波速度の測定値 V_p とその値に対するP波速度($C_p=3506$ (m/s))の割合である形状係数 α の値を表-1に示す。また円柱供試体の高さ と弾性波速度の関係を図-5に示す。

$$C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \times \sqrt{\frac{(1+\nu)}{(1-\nu)(1-2\nu)}}$$

ここで、ヤング係数： E (kN/mm²)、質量密度： ρ (kg/mm³)、ポアソン比： ν

以上の結果より解析対象の各供試体から求めた弾性波速度は3000~3165(m/s)でP波速度($C_p=3506$ (m/s))より小さく測定された。これらの関係より形状係数 α を求めると1.04~1.11の値を持って分布される。

4. 円柱供試体のヤング係数を変化させた解析

解析モデルの形状を高さ200mmに固定して弾性波速度とヤング係数との関係を解析的に検証した。解析モデルのヤング係数を8パターン(22kN/mm², 25kN/mm², 28kN/mm², 31kN/mm², 33kN/mm², 35kN/mm², 37kN/mm², 38kN/mm²)に分けて解析した。円柱供試体のヤング係数と弾性波速度の関係を図-6に示す。この結果より、ヤング係数と弾性波速度は比例関係にあることを確認し、弾性波速度 V_p からヤング係数 E を換算する近似式を図-6に提示して提案する。

5. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 同じ形状の供試体でも高さによって弾性波速度が異なる。
- 2) コンクリート円柱供試体の弾性波速度をP波速度 C_p に変換するための形状係数を提案した。したがって、実験より圧縮強度を推定する際には供試体の形状を考慮して(たとえば測定対象物の形状係数を取り入れて)弾性波速度を圧縮強度に変換すべきである。
- 3) 本研究より供試体の弾性波速度とヤング係数が比例することを確認し、その関係式を次のように提案する。

$$E = 0.0165V_p^2 - 29 \quad \text{ここでヤング係数：} E(\text{kN/mm}^2)\text{、弾性波速度：} V_p \text{ (m/s)}$$

参考文献 1)新コンクリートの非破壊試験 社会法人日本非破壊検査協会編, 技報堂出版, 72-73pp

表-1 円柱供試体の高さ と形状係数

高さ (mm)	100	150	200	250
弾性波速度 (m/s)	3165	3276	3307	3314
形状係数 α	1.11	1.07	1.06	1.08
高さ (mm)	300	500	800	1000
弾性波速度 (m/s)	3330	3338	3357	3300
形状係数 α	1.05	1.05	1.04	1.06

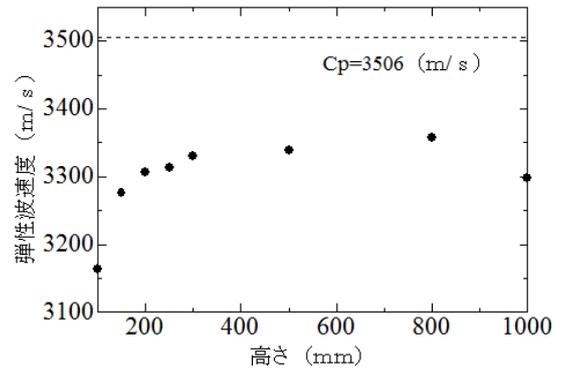


図-5 円柱供試体の高さ と弾性波速度

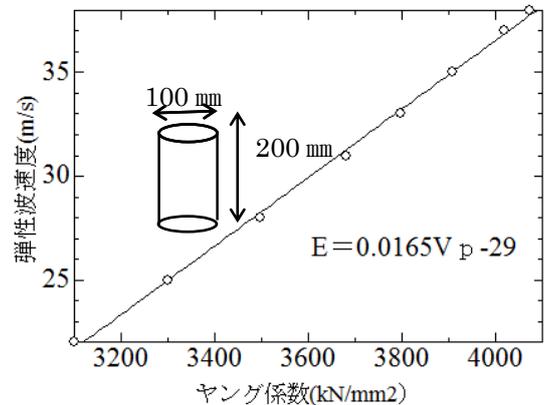


図-6 ヤング係数 と弾性波速度の関係