

## コンクリートの弾性波速度の推定に影響を及ぼす因子に関する研究

東北学院大学環境建設工学専攻

学生会員 ○李 東建

正会員 李 相勲

### 1. はじめに

コンクリートの弾性波速度は弾性係数、圧縮強度、欠陥の有無などを推定するために非常に重要な物性値である。しかし、実測による弾性波速度は測定環境や測定位置、測定方法などの様々な要因により影響されやすく、安定した結果が容易に得られない。これまでの同研究グループの成果からその具体的な影響因子として、前述の要因以外にも対象物の形態、鉄筋の有無や比率、含水量の大小などによって少なからず影響されることが確認されている。本研究では、実験的及び解析的な方法による結果から各因子の影響を明らかにし、より正確な弾性波速度をもとめることで、コンクリート強度の推定や欠陥の検出の精度を高めることをその目的とする。

### 2. 弾性波速度の影響を与える因子

弾性波速度の推定に関わる因子の中で最も影響の大きいとされるいくつかを提示する。これらの因子について補正係数をかけることで物性値としての普遍的弾性波速度に近づけることを目指すが、まずはその前段階として因子の妥当性を確認した。

#### 2.1. 測定方法の影響

測定方法による弾性波速度への影響を調べるため、多重反射法と透過法の2つの方法を用いて弾性波速度を推定する測定を行った。図-1に両方法の概念図を示す。測定対象は図-2に示すようなコンクリート平板供試体である。

##### (ア) 多重反射法

コンクリート表面をインパクターで衝撃を与え、周波数を用い、弾性波速度を算出する測定方法である。以下の式により弾性波速度を求める。

$$V = 2 \cdot f \cdot T \quad (1)$$

ここで、 $f$ ：共振振動数（Hz）、 $T$ ：測定対象寸法（m）

##### (イ) 透過法

コンクリート部材を挟むように両面から加速度センサを用いて衝撃による波形を測定し、2つの加速度センサでの到達時間差から弾性波速度を算出する方法である。以下の式により弾性波速度を求める。

$$V = \frac{D}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

ここで、 $D$ ：コンクリートの厚さ（m）

$t_2 - t_1$ ：弾性波が加速度センサに到達する時間差（s）

##### (ウ) 測定結果

上記2つの方法により求めた弾性波速度の結果を表-1に示す。測定場所は欠陥のない位置の12か所である。多重反射法による平均弾性波速度3598m/sで、

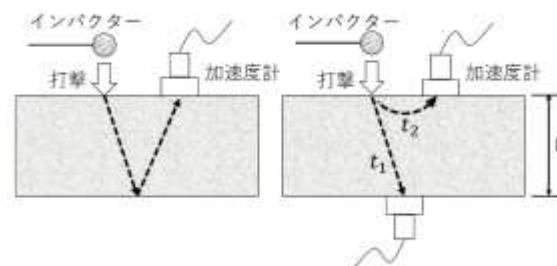


図-1 多重反射法と透過法の概念図

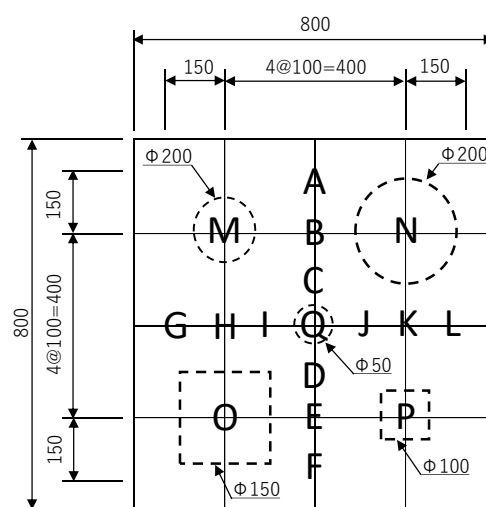


図-2 コンクリート供試体の詳細図

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、影響因子、鉄筋、埋め込み欠陥

連絡先

〒981-8537 宮城県多賀城市中央 1-13-1 TEL：022-368-7213

透過法でピークの時間差で求めた場合 2221m/s で、ピークの 1/10 の立ち上がりの時間差で求めた場合 2154m/s であった。3つの方法の割合は 1:0.62:0.60 であり、特に多重反射法と透過法では相当な差を示しており補正が必要であることがわかる。

表-1 多重反射法と透過法の弾性波速度

| 測定箇所  | A        | B    | C    | D    | E    | F    |
|-------|----------|------|------|------|------|------|
| 多重反射法 | 3211     | 3765 | 3757 | 3794 | 3755 | 3318 |
| 透過法   | peak     | 2045 | 2801 | 2377 | 2152 | 2588 |
|       | peak1/10 | 1859 | 2690 | 2198 | 2272 | 2350 |
| 測定箇所  | G        | H    | I    | J    | K    | L    |
| 多重反射法 | 3297     | 3745 | 3760 | 3729 | 3783 | 3267 |
| 透過法   | peak     | 2108 | 2045 | 2556 | 2045 | 1778 |
|       | peak1/10 | 1825 | 2222 | 2152 | 2350 | 2292 |

## 2.2. 鉄筋の影響

コンクリート構造物はほとんどの場合は鉄筋が配置されているため、もし鉄筋が弾性波速度に影響を与えるのであれば、測定場所を選ぶか鉄筋の影響を補正する必要がある。図-3 に示すような、鉄筋が入ったコンクリート供試体に対して弾性波速度の測定を行ったうち、中央部である横方向7か所、縦方向3か所で計 21 か所の結果を表-2 に示す。鉄筋のある場所の弾性波速度が鉄筋ない場所のそれより低い値になっていることがわかる。また、鉄筋の直径に弾性波速度が概ね反比例することが確認できる。

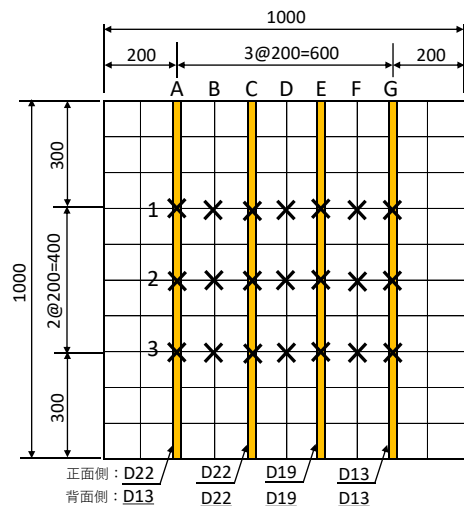


図-3 鉄筋供試体概要図および測定箇所

表-2 鉄筋コンクリート供試体の弾性波速度

| 測定箇所           | A | B    | C    | D    | E    | F    | G    |
|----------------|---|------|------|------|------|------|------|
| 弾性波速度<br>(m/s) | 1 | 3647 | 4076 | 3505 | 4197 | 3803 | 4124 |
|                | 2 | 3624 | 4126 | 3584 | 4207 | 3864 | 4124 |
|                | 3 | 3690 | 4154 | 3550 | 4166 | 3919 | 4091 |

## 2.3. 水分率の影響

水分率の影響を調べるために、6つの円柱型コンクリート供試体に対して、平常状態、湿潤状態、乾燥状態の3つの異なる条件において水分率と弾性波速度を求め、その結果を表-3 に示す。ここで湿潤状態とは水中に供試体を2週間放置した状態、乾燥状態は60℃の乾燥炉に24時間保管した状態である。水分率と弾性波速度との関係を図-4 に示す。今回の測定された水分率の差に対して約8%の弾性波速度の差を示す結果となり、コンクリートは水分を多く含むほど弾性波速度は大きくなることが分かった。

表-3 水分率と弾性波速度

| 湿潤状態       |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| 供試体番号      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 重さ(kg)     | 3.67 | 3.67 | 3.67 | 3.68 | 3.7  | 3.66 |
| 水分計        | A    | 4.1  | 4.4  | 4.3  | 4.2  | 4.3  |
|            | B    | 5.7  | 5.8  | 5.7  | 5.8  | 5.9  |
| 弾性波速度(m/s) | 4005 | 4007 | 4001 | 4003 | 4006 | 4005 |
| 通常状態       |      |      |      |      |      |      |
| 供試体番号      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 重さ(kg)     | 3.59 | 3.6  | 3.59 | 3.6  | 3.6  | 3.57 |
| 水分計        | A    | 3.2  | 3    | 3.1  | 3    | 3.1  |
|            | B    | 3    | 2.8  | 3.3  | 3.7  | 3.2  |
| 弾性波速度(m/s) | 3910 | 3936 | 3858 | 3876 | 3913 | 3904 |
| 乾燥状態       |      |      |      |      |      |      |
| 供試体番号      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 重さ(kg)     | 3.52 | 3.54 | 3.52 | 3.54 | 3.55 | 3.52 |
| 水分計        | A    | 1.2  | 1.4  | 1.5  | 1.5  | 1.4  |
|            | B    | 2.7  | 2.8  | 2.7  | 2.6  | 2.5  |
| 弾性波速度(m/s) | 3766 | 3765 | 3725 | 3711 | 3726 | 3753 |

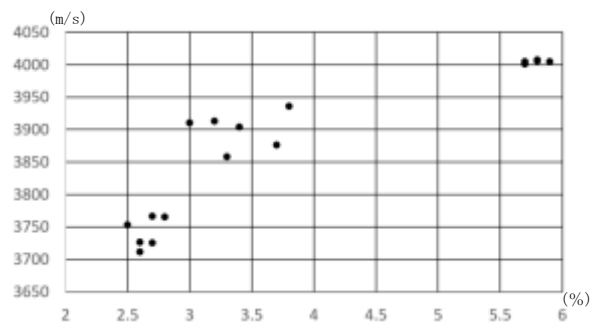


図-4 供試体の水分率と弾性波速度の関係

## 3. 結論

コンクリートの物性値として普遍の弾性波速度を求めるためには以下の因子の影響を考慮し補正する必要がある。

- 1) 測定方法：多重反射法と透過法（ピーク）、透過法（ピークの 1/10）による弾性波速度の割合は 1 : 0.62 : 0.60 である。
- 2) 鉄筋：表面側に配置している鉄筋は弾性波速度を遅くし、鉄筋の直径に弾性波速度が反比例する。
- 3) 水分率：コンクリートが水分を多く含めば含むほど弾性波速度は大きくなる。