

コンクリート供試体の弾性波速度に対する実験的検討

東北学院大学工学部 環境建設工学科 学生会員 ○高橋 大貴
 東北学院大学工学部 環境建設工学科 非会員 鎌水 大介
 東北学院大学工学部 環境建設工学科 正会員 李 相勲

1. はじめに

コンクリートを用いて構造物を設計・施工するとき、圧縮強度は最も重要な材料定数の一つである。コンクリートの圧縮強度を求めるためには、圧縮強度試験を行なうのが一般的である。現在、コンクリートの弾性波速度と圧縮強度が比例関係にあることを利用し、コンクリート表面 2 点から波動の伝わる時間差で速度を求める測定器が幅広く使われている。しかし、この方法により求められた圧縮強度は表面の弾性波速度を用いたもので、構造物の断面方向や全体の材料に対する強度とするには問題がある。つまり、非破壊検査の手法によりコンクリート部材の強度を推定するには、対象となる材料全体を代表できる強度として推定しなければならない。以上から、コンクリート部材の圧縮強度を推定するには、表面波速度ではなく断面方向の弾性波速度を求める必要がある。しかしこれらを用いて弾性波速度を求めるとその値には大きい差異があり、また対象物の形状によっても異なる。本来、弾性波速度は材料特性の一つであり、唯一値として取り扱わなければならないと考えられる。

本研究では、コンクリート円柱供試体について、時間差と衝撃弾性波法による弾性波速度の測定を行った。また、同供試体に対して圧縮強度試験を行い、実験で求めた弾性波速度と圧縮強度との関係性を明らかにし、断面方向の弾性波速度を求めることより、圧縮強度を推定することを目的とした。

2. 弾性波速度の測定と圧縮強度試験

2.1 測定対象

高さ 20cm、直径 10cm の円柱供試体で圧縮試験用供

試体と供用済みの橋梁床版からコア抜きした供試体（鉄筋が入っている）から採集した試験体の 2 種類が対象である。

2.2 弾性波速度 V_t と V_p

測定断面の両側にセンサーを置き、片方から衝撃を与えセンサーに届く時間差で求める方法と衝撃弾性波法により共振を利用して求める方法でそれぞれ弾性波速度を求めた。実験方法は図-1 に示すように表面に加速度計のセンサー 2 つを手で押さえつけ、片側のセンサー付近をインパクトで打撃した。

(1) 時間差による弾性波速度 V_t

センサーが検知した 2 つの波形の始点の時間差から、 V_t を求める。図-2 に示すように波の立ち上がりの差を読み取り、式(1)より V_t が求められる。

$$\text{弾性波速度 } V_t(\text{時間差}) = \frac{l}{\Delta t} \quad (1)$$

ここに、 l ：供試体長さ(m)、 Δt ：時間差(sec)。

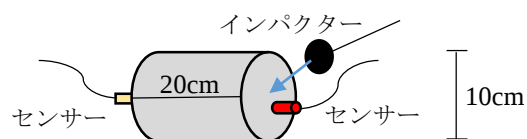


図-1 実験方法

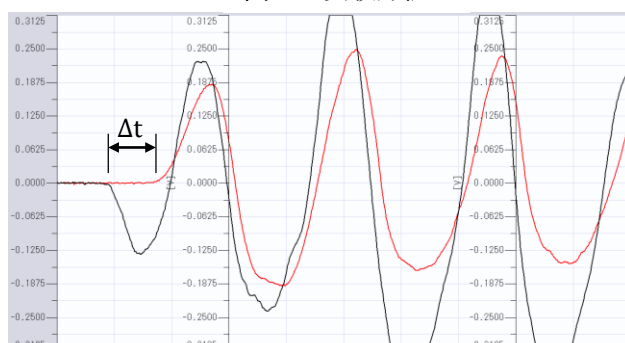


図-2 測定波形と時間差による弾性波速度の測定

キーワード：コンクリート供試体、衝撃弾性波法、コンクリート床版、弾性波速度

連絡先（多賀城市中央 1-13-1 Tel&FAX 022-368-7213）

(2) 共振による弾性波速度 V_p

図-2の波形をフーリエスペクトル(図-3)で表し、そこからピークの値を読み取り、式(2)に代入することで V_p が求められる。

$$\text{弾性波速度 } V_p (\text{共振}) = 2 \cdot f \cdot l \quad (2)$$

ここで、 f ：共振周波数(Hz)， l ：供試体長さ(m)を表している。

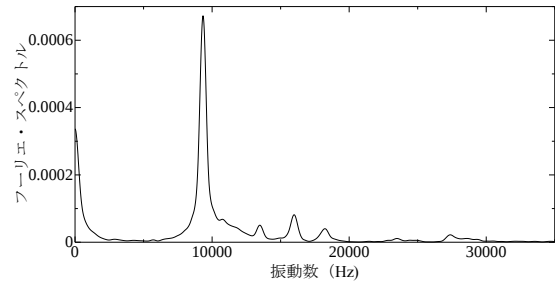


図-3 測定波形のフーリエ・スペクトル

2.3 圧縮試験で求める弾性波速度 C_p

前節で実験した供試体にひずみゲージを取り付け、圧縮試験を行った。一方コンクリートの弾性波速度 C_p は式(3)で求められる。

$$\text{弾性波速度 } C_p = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}} \quad (3)$$

ここで、 ρ ：重量密度， ν ：ポアソン比， E ：弾性係数を表している。

C_p を求めるための弾性係数 E は次式で示す圧縮強度との関係式より求めた。

$$\text{弾性係数 } E = 4270 \cdot \rho^{1.5} \cdot \sqrt{\sigma'_c} \quad (4)$$

ここで、 ρ ：コンクリートの比重。ここでは2.3とする。 σ'_c ：コンクリートの圧縮強度(kgf/mm²)である。

3. 実験結果

表-1, 2に各供試体の測定結果を示す。ここで、図4, 5は、弾性波速度と圧縮強度の関係性を表したもので、異常供試体(破壊の形状が異なるものや鉄筋が含まれることで速度に影響がでたもの)は白色で示す。

4. 結論

本研究ではコンクリート円柱供試体と供用済みの橋梁床版からコア抜きした同じ形状の供試体に対して、弾性波速度の測定を行った。測定結果より、弾性波速度 V_t 、 V_p と圧縮強度が比例関係であることが概ね確認することができた。このことは測定対象を損傷することなく弾性波速度を求めることで断面全体の状態が反映された圧縮強度を推定することが可能であることを示している。

参考文献

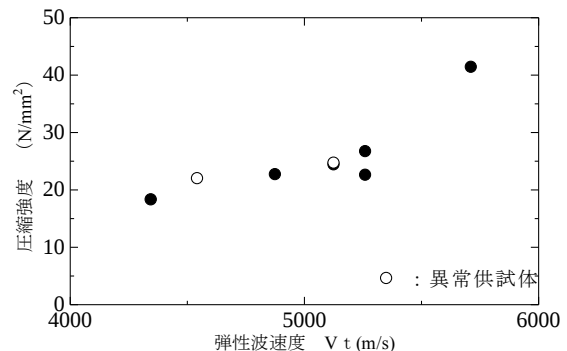
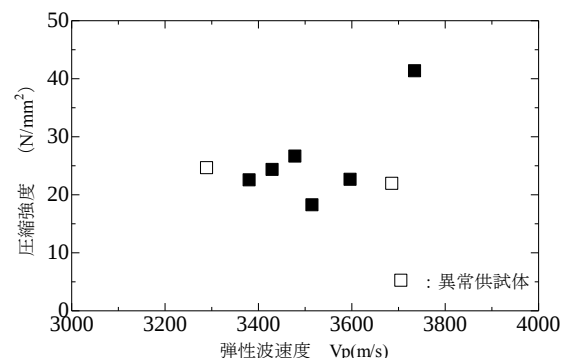
- 1) 日本非破壊検査協会：新コンクリートの非破壊試験 pp67, pp180-182, 2010.3

表-1 圧縮用試験体

No	質量(kg)	V_t (m/s)	V_p (m/s)	C_p (m/s)	圧縮強度(N/mm ²)
A	3.55	5263.0	3381.0	3701.25	22.1
B	3.56	5714.3	3735.4	3928.68	40.4
C	3.55	5128.2	3430.1	3211.30	23.8
D	3.51	3773.6	3686.5	3249.08	21.5
E	3.55	4347.8	3515.6	3404.87	17.7
F	3.54	4651.2	3597.3	3271.00	22.1

表-2 供用済みの橋梁床版からコア抜きした供試体

No	質量(kg)	V_t (m/s)	V_p (m/s)	C_p (m/s)	圧縮強度(N/mm ²)
G	3.70	5263.0	3479.0	3965.8	26.6
H	3.90	5128.2	3289.8	3786.5	24.6

図-4 圧縮強度と弾性波速度 V_t 図-5 圧縮強度と弾性波速度 V_p