

コンクリートの鉄筋および欠陥の有無が弾性波速度に及ぼす影響

東北学院大学 工学部環境建設工学科 ○学生会員 楠木 智之
 東北学院大学 工学部環境建設工学科 非会員 飯渕 大暉
 東北学院大学 環境建設工学専攻 学生会員 李 東建
 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

衝撃弾性波法は、対象物の表面を叩くことで弾性波を発生させ、表面に設置するセンサーによりその振動波形を計測・分析することで材料定数などを推定する方法である。したがって、弾性波速度を正確に測定することはこの方法により評価される。例えば部材厚さや内部欠陥の有無の推定の精度に大きく影響されるのは必至である。しかし、実測による弾性波速度は、実測する方法や測定対象物の形態、測定場所などにより異なるため、その測定値を何らかの評価に適用するには十分に注意をする必要がある。本研究では、直径の異なる鉄筋を内部に配置したコンクリート供試体を製作し弾性波速度の分布を求めることで、鉄筋の有無が弾性波速度に与える影響について検討した。内部欠陥を有する供試体についても同様に弾性波速度の分布を求めることで検出測定に用いる可能性を検討した。

2. 弾性波速度の測定方法

今回の測定で用いた多重反射法はコンクリート表面をインパクターで衝撃を与え得られた波形に対する周波数スペクトラムにおいて振動が最大値のときの周波数を用いて弾性波速度を算出する測定方法である。測定には直径 19mm のインパクターを用いた。多重反射法では以下の式より弾性波速度を求める。

$$V = 2 \cdot f \cdot D$$

ここで、 f ：共振振動数 (Hz)

D ：コンクリートの厚さ (m)

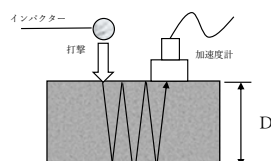


図-1 多重反射法の概要図

3. 各供試体概要と実測面

測定の対象となるのは、異なる直径の鉄筋を断面の両側に配置したコンクリート平板供試体（以下、鉄筋供試体という）と大きさと形態の異なる内部欠陥を有するコンクリート平板供試体（以下、内部欠陥供試体という）である。鉄筋供試体は図-2 に示すように長さ 1000×高さ 1000×厚さ 200mm の直方体である。各鉄筋の配置に関する情報を図-2 に示した。一方、内部欠陥供試体(図-3)は長さ 800×高さ 800×厚さ 200mm の直方体である。内部欠陥の配置位置を図-3 に表し、表-1 には各欠陥の表面からの深さを表した。

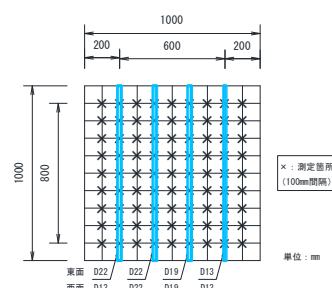


図-2 鉄筋供試体概要図および測定箇所（東面）

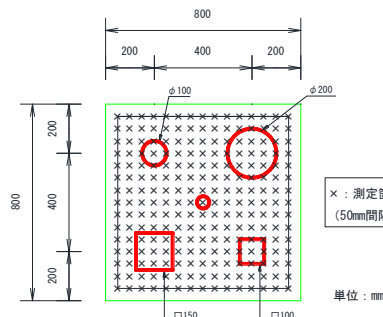


図-3 内部欠陥供試体および測定箇所（東面）

表-1 内部欠陥の深さ(mm)

欠陥	○φ200	○φ100	○φ50	□100	□150
東面	150	50	100	150	100
西面	50	150	100	50	100

4. 測定結果

(ア) 鉄筋供試体

1) 各測定点における弾性波速度の測定結果

東面と西面で測定した弾性波速度の平均を比較すると、鉄筋なしは東面 $4131 \pm 52 \text{ m/s}$ 、西面 $4167 \pm 37 \text{ m/s}$ となりに、誤差の小さい一定の弾性波速度を示した。一方、鉄筋ありは鉄筋の直径が大きいほど弾性波速度が小さい分布となった。

2) 鉄筋配置位置の推定

表-2 に示すように各鉄筋の両面の弾性波速度は近い値になっているが、鉄筋の直径により異なっていることが分かる。このことから、図-4, 5 に示すように弾性波速度の分布より鉄筋の配置位置と直径の大きさを推定することができる。

表-2 鉄筋ありの弾性波速度 $V(\text{m/s})$ の平均

鉄	深さ	D22,	D22	D19	D13
東	30	3644	3573	3857	4125
西	30	3594	3580	3881	4080

(イ) 内部欠陥供試体

1) 各測定点における弾性波速度の測定結果

東面と西面で求めた弾性波速度の平均を比較すると、欠陥なしは $3500 \text{ m/s} \sim 4000 \text{ m/s}$ の分布となっている。平均値にばらつきがあるのは欠陥との境界面や供試体の端の部分によるものと考えられる。一方、欠陥ありは表-3 に示すように欠陥が大きいほど弾性波速度が小さい分布となっている。これは曲げ振動や断面欠損によるものと考えられる。

2) 欠陥の配置と深さの推定

図-6, 7 に示すように弾性波速度の分布から内部欠陥の位置や大きさを推定することができる。また、表-3 に示すように弾性波速度が欠陥の深さと比例関係にあることから、両面からの弾性波速度の差より表面からの深さをおおむね推定することができることが分かった。

表-3 欠陥ありの弾性波速度 $V(\text{m/s})$

欠陥	東面(mm)	$V(\text{m/s})$	西面(mm)	$V(\text{m/s})$
○ $\phi 200$	150	1900	50	1612
○ $\phi 100$	50	2990	150	2978
○ $\phi 50$	100	3472	100	3472
□100	150	3520	50	2827
□150	100	2085	100	2094

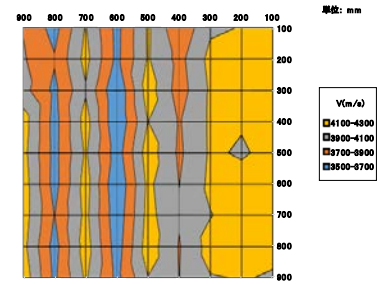


図-4 鉄筋供試体の弾性波速度 V (東面)

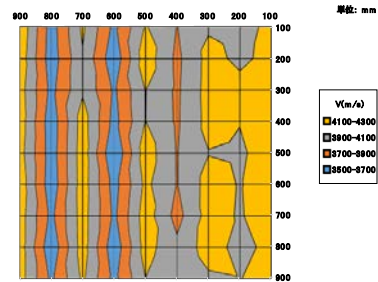


図-5 鉄筋供試体の弾性波速度 V (西面)

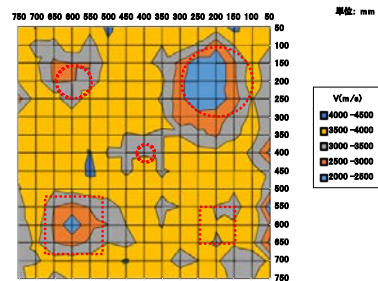


図-6 内部欠陥供試体の弾性波速度 V (東面)

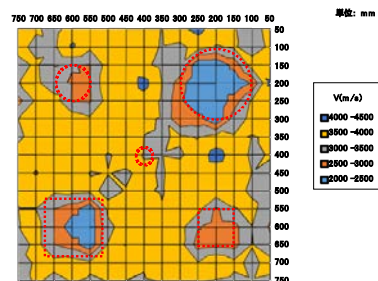


図-7 内部欠陥供試体の弾性波速度 V (西面)

5. 結論

- ・鉄筋および欠陥の存在により弾性波速度が小さくなることから弾性波速度分布図より鉄筋および欠陥の有無が検出できる。このことは、鉄筋コンクリートに対して弾性波速度を測定する際には鉄筋の位置を避けるかその影響を補正すべきことを示している。
- ・弾性波速度から内部欠陥（空洞）、位置のみならず大きさや断面における深さを推定することができる。

参考文献

- 1) コンクリートの非破壊検査-衝撃弾性波法：日本非破壊検査協会