

非破壊試験によるコンクリート品質、厚さ、鉄筋の計測に関する研究

その18 弾性波法によるコンクリート舗装版での弾性波速度と厚さの測定

NDT Measurement of Qualities, Thickness, Diameter and Cover of Re-Bars in RC Members
Part18 Measurement of Thickness and Velocity in Concrete Pavement by Elastic Wave Method

伊藤建設(株) 岩野 聡史 アプライドリサーチ(株) 境 友昭
東海大学 極 檀 邦夫 独立行政法人土木研究所 森濱 和正

概 要

鋼球打撃によりコンクリートに励起される弾性波を解析し、縦弾性波の固有振動数と伝搬速度から板厚・内部欠陥を計測する研究を行っている。これまで、表面波の影響を除去するため、複数鋼球を用いた弾性波の自己相関関数によって固有振動数を得ること、表面弾性波から弾性波の伝搬速度を推定する弾性波法を提案した。今回は、提案した弾性波法を実構造物であるコンクリート舗装版に適用して検証した。測定厚さはコンクリート舗装版より約10%厚くなったが、裏側のアスファルト中間層を含めた厚さとほぼ一致した。

キーワード：衝撃弾性波法、鋼球打撃、コンクリート舗装版、厚さ測定、速度測定

1. まえがき

コンクリートを鋼球で打撃すると、打点から球面状に伝搬する弾性波が発生し、表面を伝搬する表面波と、内部に縦弾性波と横弾性波が発生する(図1)。内部に伝搬した縦弾性波などは境界面で反射し、反射波となるので、表面に設置したセンサー(PCB加速度計)では表面波と反射波が複合された波動が観測される。縦弾性波はコンクリートの下端上端で多重反射するので、この反射波の振動数 f_0 と弾性波速度 V_p から厚さ D は $D=V_p/(2f_0)$ により計算できる。これまで報告してきた、表面波の影響を除去する方法¹⁾と弾性波速度測定での内部鉄筋の影響を除去する方法²⁾、を現地コンクリート舗装版に適用して厚さを測定し検討した。

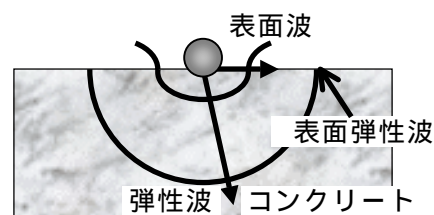


図1 鋼球打撃で発生する波動

2. 測定方法

測定は施工直後の新しいコンクリート舗装版、
、
、
、
の5点で、裏側にはアスファルト中間層がある。弾性波速度 V_p は、表面に打撃点から100mmの位置にセンサー1を固定し、センサー2をセンサー1から100mm間隔で600mmまで移動させ、各センサー間距離で表面弾性波の到達時間差を測定して求めた。測定に用いた鋼球直径は10mmである。反射波の振動数 f_0 は、直径15、20、30mmの鋼球を用いて測定し、各鋼球での測定波動の自己相関関数をFFT解析し、得られた解析結果を比較して決定した。

3. 測定結果

図2に測定点で、各2点センサー間距離で測定した表面弾性波の到達時間差を示す。

センサー間距離と到達時間差は比例し、両者の相関係数 0.998 となった。測定点の近傍に鉄筋がある場合、打撃点とセンサーの距離が遠方になると、内部鉄筋の影響を受け、センサー間距離と到達時間差との比例関係が乱れるが、測定結果からこの測定点では内部鉄筋の影響を受けていないことが確認できる。最小二乗法により、到達時間差とセンサー間距離差の回帰式を求め、その傾きから弾性波速度を求めると 4044m/s となった。

図 3 に測定点 における、各鋼球での測定波形(Velocity)、自己相関関数(Correlation)、FFT 解析結果(Power)を示す。自己相関関数を鋼球直径毎に比較し、最も正弦波に類似する直径 30mm での FFT 解析結果(厚さ 360.1mm で最大)から厚さは決定できる。(図 3FFT 解析結果の横軸は振動数を $D=V_p/(2f_0)$ の式に代入して厚さに換算した。)さらに、打撃する鋼球直径を変化させた場合、反射波の振動数はコンクリートの厚さに依存するので、鋼球直径の大小に関わらず複数の弾性波に存在する。従って、正弦波に類似した自己相関関数波形が得られない場合などでは、複数鋼球で打撃し、FFT 解析結果を比較することが有効である。FFT 解析結果では 360mm 近辺で共通してピークを示した。これらから厚さは 360.1mm と確実に決定できる。

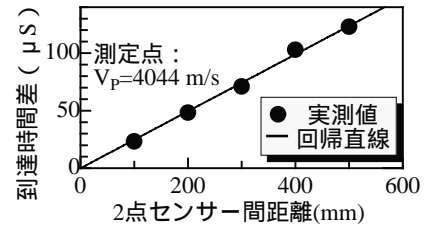


図2 弾性波速度測定結果

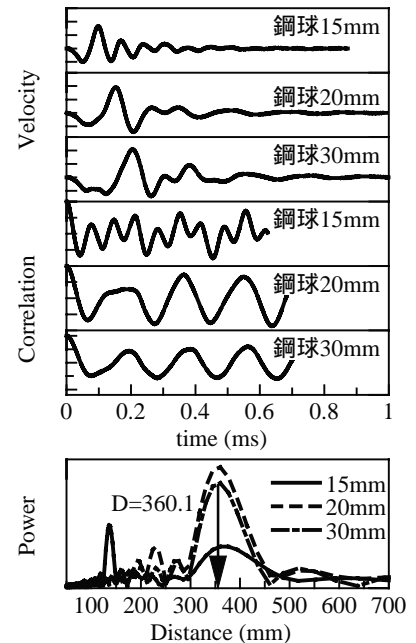


図3 各打撃鋼球直径での測定結果 (測定点:)

表1 測定結果一覧表

測定点	実寸(mm)			弾性波速度 (m/s)	測定厚 (mm)	/	/(+)
	コンクリート	アスファルト	+				
	324.9	41.2	366.1	3945	367.2	1.130	1.003
	315.4	40.2	355.6	3976	354.0	1.122	0.996
	325.1	41.5	366.6	4091	364.3	1.121	0.994
	313.0	46.1	359.1	4044	360.1	1.150	1.003
	308.0	42.1	350.1	3971	338.9	1.100	0.968

4. まとめ

表 1 に全測定結果を示す。測定厚さは、全測定点ともコンクリートの実寸より 10% 以上厚くなった。弾性波法による厚さ測定では、コンクリートの厚さ方向の固有振動数を利用するが、アスファルトのように裏側の弾性率が近似した場合には、1)固有振動数がアスファルトを含めた厚さによって決定される、2)アスファルトの密着によりコンクリートの固有振動数が低くなる、が考えられる。1)の場合、アスファルトの弾性波速度はコンクリートより遅いので、コンクリートの弾性波速度を用いて計算した厚さは両者の和より大きくなる。しかし、測定厚さと和の比率は 0.968 ~ 1.003 となり、この現象を確認できなかった。コンクリートと裏側材料の弾性係数が近似している場合は、弾性波の伝搬挙動、固有振動数、弾性波速度の測定などについて今後検討する必要があると思われる。

参考文献：1)岩野他：非破壊試験によるコンクリート品質、厚さ、鉄筋の計測に関する研究 その 4 弾性波法による測定方法について、日本非破壊検査協会平成 12 年度春季大会講演概要集,pp.71 72、2)岩野他：非破壊試験によるコンクリート品質、厚さ、鉄筋の計測に関する研究 その 13 表面波に及ぼす鉄筋の影響、日本非破壊検査協会平成 12 年度秋季大会講演概要集,pp.269 270