

衝撃弾性波法によるコンクリート厚さ測定における背面地盤の影響について

伊藤建設 (株) 正会員 岩野 聡史
 (独) 土木研究所 正会員 森濱 和正
 東海大学 正会員 極壇 邦夫
 アプライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. はじめに

コンクリート表面に鋼球で打撃を与えると、内部を球面状に伝搬する縦弾性波が発生し、縦弾性波はコンクリートと音響インピーダンス（密度と弾性波速度の積）が異なる面で反射して、その後、打撃面と反射面で多重反射を繰り返す。これまでの研究では、主に背面が空隙の場合で、打撃面と背面での多重反射による振動数を求め、コンクリート厚さを測定する研究を行ってきた。しかし、土木構造物では背面が地盤と密着している構造物が多くあり、この場合、コンクリートとの音響インピーダンスの比率が空隙の場合とは異なるので、反射波の位相や反射率が異なり、振動数の測定結果に影響を与えることが考えられる。そこで、背面側が空隙の供試体と砂利・砂に密着している供試体での厚さ測定結果を比較し、背面地盤の影響について検討した。

2. 実験方法

表1 各測定点の設計厚さ

測定点	設計厚さ(mm)	背面状況
①	285	供試体A：空隙 供試体B：砂利・砂
②	255	
③	225	
④	195	
⑤	165	

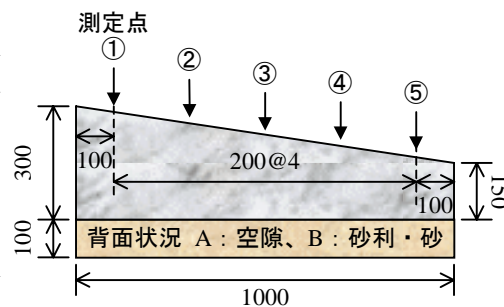


図1 供試体断面図 (単位 mm)



写真1 測定状況

実験に用いた供試体の断面図を図1に示す。供試体 A,B とも配合、材齢 (7 日)、設計寸法 (2550×1000mm) は等しく、厚さはくさび状に変化する。各測定点①～⑤での設計厚さを表1に示す。供試体 A の背面は空隙で、供試体 B は厚さ 100mm の砂・砂利と密着している。測定方法は、コンクリート表面に加速度計を設置し、その近傍を鋼球で打撃する (写真1)。加速度計が観測した測定波形に対して MEM による振動数解析を行い、縦弾性波の多重反射による振動数 f_0 を求め、別途計測した弾性波速度 3300m/s から、厚さ D を $D=3300/(2 \cdot f_0)$ …(式1)により計測する。なお、打撃には直径 10mm と 15mm の鋼球を用いて入力波長を変化させ、両鋼球で得られた振動数スペクトルを加算することにより、 f_0 を求める際にノイズとなる入力波形の振動数成分の影響を除去した。サンプリングクロックは 10 μ 秒、データ数は 800 個である。

3. 測定結果および考察

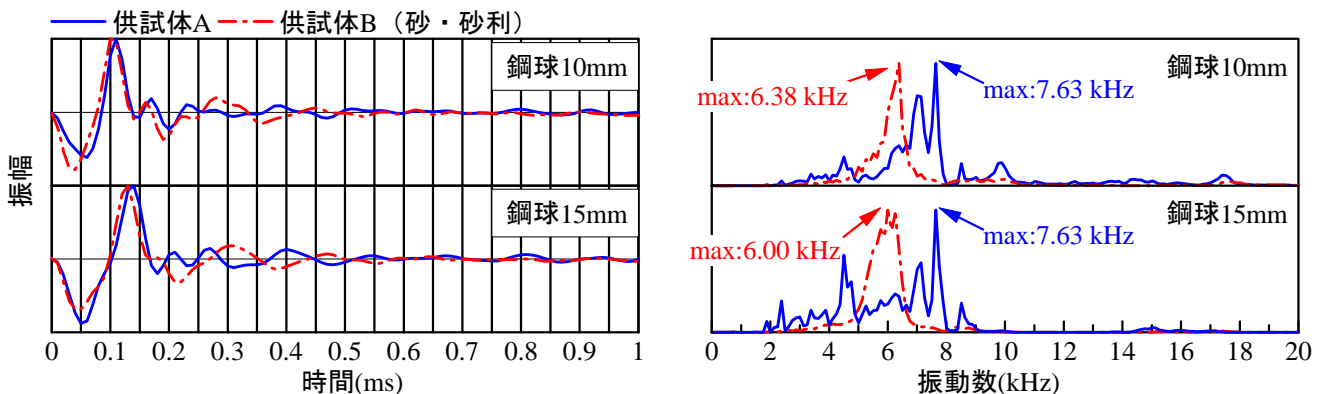


図2 測定点③ (設計厚さ 225mm) 各鋼球での測定波形と振動数解析結果 (上図：鋼球 10mm、下図：鋼球 15mm)

測定点③での測定波形および振動数解析結果を図2に示す。測定波形は、鋼球 10,15mm とも入力時から約 0.15ms までは、供試体 A,B でほぼ一致し、入力波長は直径 10mm で約 0.14ms、直径 15mm で約 0.16ms である。しかし、時間約 0.2ms 以降では、例えば鋼球 15mm で上に凸の形状が観測される時間は、供試体 A では約 0.25、0.4ms であるのに対し、供試体 B では約 0.3、0.45ms となり、鋼球 10,15mm とも測定波形にズレが生じ、供試体 B の方が供試体 A よりも遅れている。また、振動数解析結果で、振幅が最大となる振動数は、供試体 A では鋼球 10,15mm とも振動数 7.63kHz であるのに対し、供試体 B では、鋼球 10mm で 6.38kHz、15mm で 6.00kHz となり、供試体 B での縦弾性波の多重反射による振動数は、供試体 A よりも低くなり、さらに、入力波長の長い鋼球 15mm の方が、鋼球 10mm よりも低くなる結果が見られた。

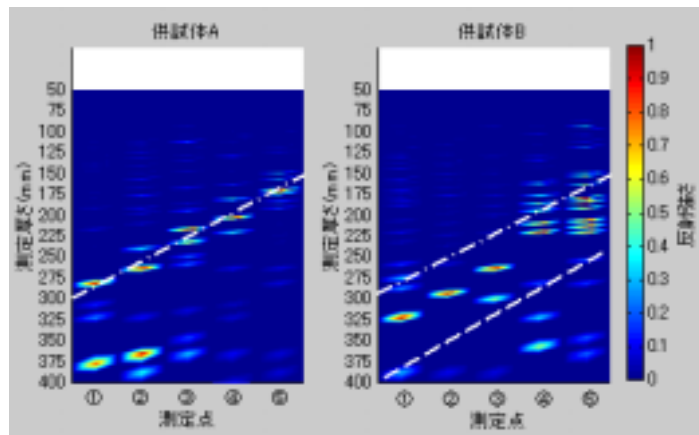


図3 全測定点での振動数解析結果

表2 厚さ測定結果

供試体	測定点	①設計厚 (mm)	f_0 (kHz)	②測定厚 (mm)	誤差 (②/①)
A	①	285	5.88	281	0.98
	②	255	6.26	264	1.03
	③	225	7.63	216	0.96
	④	195	8.14	203	1.04
	⑤	165	9.76	169	1.02
B	①	285	5.13	322	1.13
	②	255	5.63	293	1.15
	③	225	6.26	264	1.17
	④	195	7.51	220	1.13
	⑤	165	8.01	206	1.25

全測定点での解析結果を図3および表2に示す。図3は、各測定点で求めた振動数スペクトルの振動数軸を(式1)により厚さに変換して縦軸に示し、各測定点での縦弾性波の反射厚さと反射強さの関係をコンター表示したものである。また、供試体背面までの設計厚さを一点鎖線(---)、供試体 B では、砂・砂利を含めた厚さを破線(---)で示した。図3および表2より、供試体 A での測定厚さは、全測定点で背面までの設計厚さと良く一致しているが、供試体 B では、全測定点で前述の測定点③と同様に、供試体 A よりも f_0 が低く、測定厚さは背面までの設計厚さよりも厚くなった。しかし、砂・砂利を含めた厚さまでは厚くなっていない。

以上の現象から、背面が砂・砂利に密着している場合での縦弾性波について考えると、まず、測定厚さは砂・砂利を含めた厚さまでは厚くないことから、縦弾性波はコンクリートと砂・砂利との境界面(背面)で反射していると考えられる。この時、背面が空隙の場合では音響インピーダンスが0であり、反射波の位相は0であるのに対し、背面が砂・砂利と密着している場合では、音響インピーダンスにより位相がズレた反射波が観測される。MEM 解析では、自己回帰モデルにより、入力波形と同じ波形が観測される時間差によって振動数を特定するが、位相がズレた場合では見かけ上の往復時間は長くなり(模式図を図4)、供試体 B での振動数は供試体 A よりも低くなったと考えられる。また、同じ位相のズレであっても、入力波長の長い鋼球 15mm の方が、鋼球 10mm より見かけ上の往復時間が長くなるので、振動数は低くなったものと考えられる。

実際の往復時間

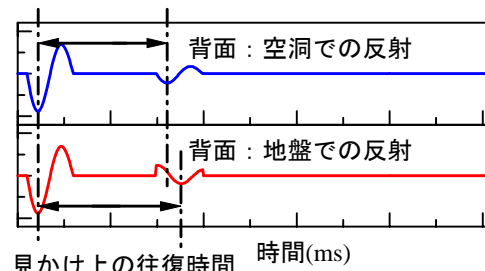


図4 背面状況による波形の相違(模式図)

4. まとめ

配合、材齢、設計寸法の等しい供試体で、背面状況を空隙、砂・砂利とした場合での測定結果を比較することにより、背面が地盤に密着したコンクリートでの厚さ測定における影響について検討をした。その結果、背面が地盤に密着している場合での測定厚さは、空隙の場合と比較して厚くなることが確認された。今後は、入力波長や、反射面のインピーダンスをさらに変えた実験を行い、本文に示した背面が空隙でない場合での現象を実証していきたい。なお、本研究は独立行政法人土木研究所との共同研究であり、研究成果の一部である。