

衝撃弾性波法による底版内部の不連続面探査

伊藤建設（株）技術研究所 ○岩野 聡史

独立行政法人 土木研究所 技術推進本部 森濱 和正

東海大学 土木工学科 極檀 邦夫

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理において、構造物の健全性に関する項目を非破壊的に評価することは、有効な手段であると考えられる。そこで、構造物の診断システムの確立を目的として衝撃弾性波法の適用可能性について研究した結果、厚さ 2000mm 付近まで測定可能、測定時間が短時間、などの特長を有する測定方法を提案した。今回はこれらの特長を活用し、厚さ 1200、1600mm である実構造物の擁壁、橋台底版において線状に測定し、打継ぎ面に存在する不連続面の平面位置の探査、不連続面が完全な空洞なのか、軽微な欠陥であるのかの程度の判断について検討した。

2. 測定原理および測定状況

コンクリート表面を鋼球で打撃し、発生する振動を近傍に設置した加速度計で測定する。発生する振動には表面波、縦弾性波などがある。縦弾性波は内部を球面状に伝搬し、音響インピーダンス（物質の伝搬速度と密度の積）が異なる境界面で反射する（図-1）。本法では、測定波形に対して自己相関関数を用いた振動数解析により、深さ 100mm～2000mm 程度までのコンクリートで多重反射する縦弾性波の振動数 f_0 （周期の逆数）を測定できる。これから、弾性波速度 V_p を縦弾性波の表面を伝搬する成分などで別途計測すれば、縦弾性波の反射面までの深さ（反射深さ） D を $D=V_p/2f_0$ …（式1）により測定できる。

測定点直下のコンクリートが健全であると、縦弾性波は境界面である背面まで伝搬・反射して打撃面と背面で多重反射する。従って、この多重反射による振動数を確定すると反射深さと背面までの厚さは一致する。

一方、測定点直下の内部にコンクリートと音響インピーダンスの異なる不連続面が存在すると、縦弾性波は不連続面を迂回することや、不連続面で反射することにより（図-2）、不連続面の直上で測定される振動数および反射深さは、健全部の直上での測定結果とは異なる。格子状に複数点で測定し、健全部とは異なる振動数、反射深さが測定される範囲を把握すれば、不連続面の平面位置を特定できると考えられる。また、不連続面で反射する縦弾性波は、振動数および反射深さが不連続面の音響インピーダンス、つまり材質によって異なる性質がある¹⁾。不連続面が空洞で音響インピーダンスが微小値であれば、測定上の反射深さは不連続面までの深さと一致する。一方、ある程度の音響インピーダンスを持つと、振動数は音響インピーダンスが微小値の場合より低く、測定上の反射深さは実際の不連続面よりも深くなる。この例として、厚さ 225mm の背面が空洞の供試体と、同じ厚さで背面が砂・砂利の供試体での測定結果を図-3 に示す。これから、不連続面と特定した範囲での測定上の反射深さと、打継ぎ面など不連続面が発生しやすい位置までの実際の深さとを比較すれば、不連続面が完全な空洞なのか、軽微な欠陥であるのかの程度を判断できると期待される。

測定構造物の概要を表-1、写真-1,2 に示す。底版背面はステコンに密着した状況である。測定点は、底版 A が 150mm 間隔で 7 点、底版 B が 300mm 間隔で 5 点と一直線上に複数点を設置し、不連続面の平面位置を判断する。また、打継ぎ面と反射深さを比較して不連続面の程度を判断した。

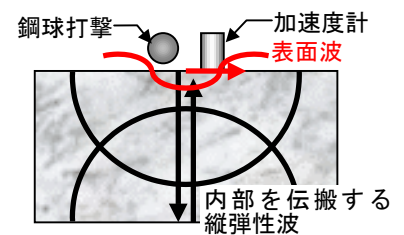


図-1 健全部での弾性波模式図

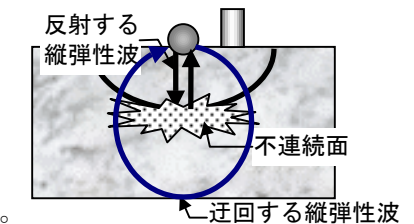


図-2 不連続面での弾性波模式図

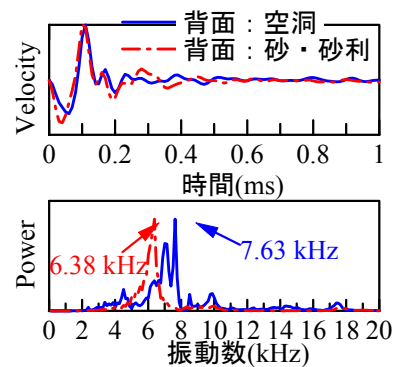
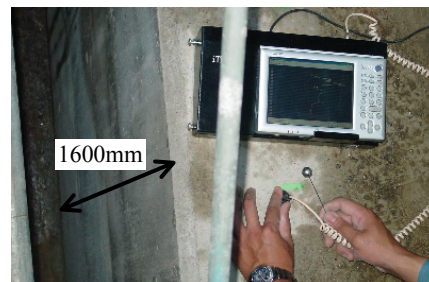
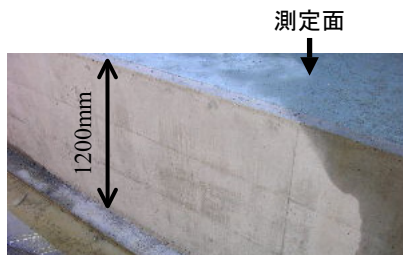


図-3 音響インピーダンスの差による振動数の変化例

表-1 測定した構造物の概要

構造物名称	厚さ (mm)	備考	測定点数
擁壁 底版A	1200	400mmずつ3層に分けて打設	150mm間隔 7点
橋台 底版B	1600	400mmずつ4層に分けて打設	300mm間隔 5点



3. 測定結果

底版 A の測定例を図-4 に示す。横位置 300mm で測定波形の自己相関関数に対して FFT を行うと、振動数 1.56kHz が卓越した。別途計測した速度 3940m/s から (式 1) により測定した反射深さは 1262mm となり、実際の厚さ 1200mm より若干厚くなった。一方、横位置-450mm では複数の振動数成分が卓越し、振幅が最大となる振動数は 2.27kHz で、反射深さは 868mm である。底版 A は 400mm 間隔で打設し、深さ 800mm に打継ぎ面が存在するが、測定された反射深さはこの深さより若干厚い結果である。

前述の音響インピーダンスと測定上の反射深さとの関係から考えると、横位置 300mm では、縦弾性波は底版背面で反射している、つまり、内部に不連続面は存在していないと判断できる。また、底版は背面のステコンと密着していると判断できる。一方、横位置-450mm では深さ 800mm の打継ぎ面に不連続面が存在していること、不連続面は音響インピーダンスが微小となる空洞ではないことが考えられる。

底版 A,B について線状に測定した結果を図-5 に示す。図-5 は、縦軸に FFT 結果の振動数軸を (式 1) により反射深さに変換し、横軸に測定

位置を示して、各測定位置での反射深さを示したものである。図-5 より、底版 A では横位置-450mm で見られた不連続面は-300mm まで存在すると考えられる。底版 B では、全測定位置において反射深さ 600mm 付近、1000mm 付近となる縦弾性波が観測され、全測定位置において深さ 400、800mm の打継ぎ面に不連続面が存在すると考えられる。しかし、測定上の反射深さは打継ぎ面までの深さよりも約 200mm と相当深くなることから、この不連続面は音響インピーダンスがコンクリートに近似した状態であると考えられる。

4. まとめ

厚さ 1200、1600mm の底版で線状に測定し、内部で反射する縦弾性波が測定されるかによって、不連続面の平面範囲を探索した。また、測定上の反射深さと打継ぎ面までの深さとの差から、不連続面の程度の判断について考えを示した。今後は、この差と不連続面の程度との関係実験などにより、判断方法を確立したい。なお、本研究は独立行政法人土木研究所との共同研究で行ったものであり、研究成果の一部である。

1) 岩野他：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、第 30 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集、第 V 部門、No.33、2002.3

写真-1 底版 A 測定面と実際の厚さ

写真-2 底版 B 実際の厚さと測定状況

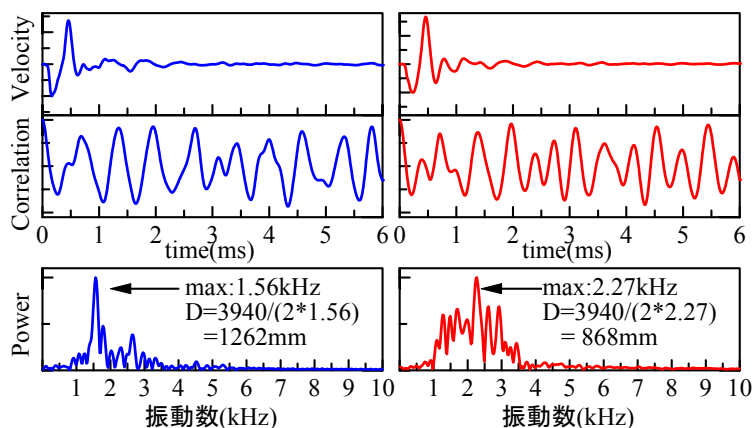
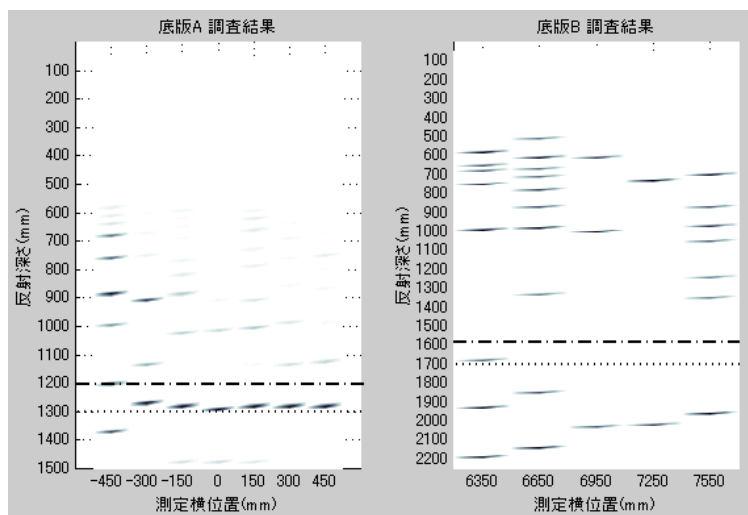


図-4 底版Aでの測定結果例 横位置300mm (左図) と-450mm (右図)

図-5 線状測定による測定結果 底版 A (左図), 底版 B (右図)
- - - - : 底版までの厚さ、..... : ステコンまでの厚さ