内部不連続面で多重反射する縦弾性波の振動数について

伊藤建設㈱ 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 極檀　邦夫
アプライドリサーチ㈱ 正会員 境　友昭

１．はじめに

鋼球打撃によりコンクリート表面から入力した縦弾性波は、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、その後、表面と反射面で多重反射を繰り返す。本法では、この多重反射により生成される振動数を計測して、厚さ測定等の非破壊検査を行うものである。過去の実験で、コンクリート背面が地盤に密着していると、地盤の音響インピーダンスにより反射波に位相差が生じ、計測される振動数が低くなって、測定厚さが実際の厚さより厚くなることが確認された[1]。同様に、コンクリート内部に完全な空隙でない不連続面が存在すると、ここでの反射により生成される振動数も影響を受けることが予想される。そこで、今回は内部にジャンカを含む円柱供試体、実構造物の底版で測定を行い、この影響について実験した。

２．円柱供試体による実験

２．１ 実験方法

写真１ 実験に用いた円柱供試体（左：ジャンカ部、右：健全部）

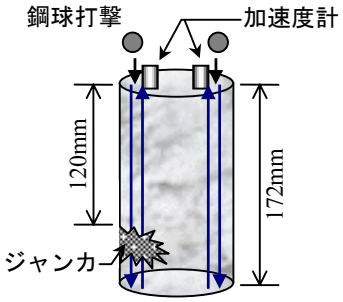

図１ 測定状況

円柱供試体を**写真** 1、測定状況を**図** 1 に示す。供試体内部には部分的にジャンカが含まれる。この供試体に対し、ジャンカ部直上および健全部直上で測定した。健全部での長さ L_1 は 172mm、測定面からジャンカ表面までの長さ L_2 は 120mm である。測定はコンクリート表面に加速度計を設置し、近傍を直径 5mm の鋼球で打撃して、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 を求める。この結果から、先ず、健全部で計測した f_0 と L_1 から弾性波速度 V_P を $V_P=2 \cdot f_0 \cdot L_1$…(式 1)により求める。次に、ジャンカ部で計測した f_0 を V_P、L_2 と比較し、ジャンカ部ではどの様な振動数が計測されるのかを実験した。

２．２ 測定結果

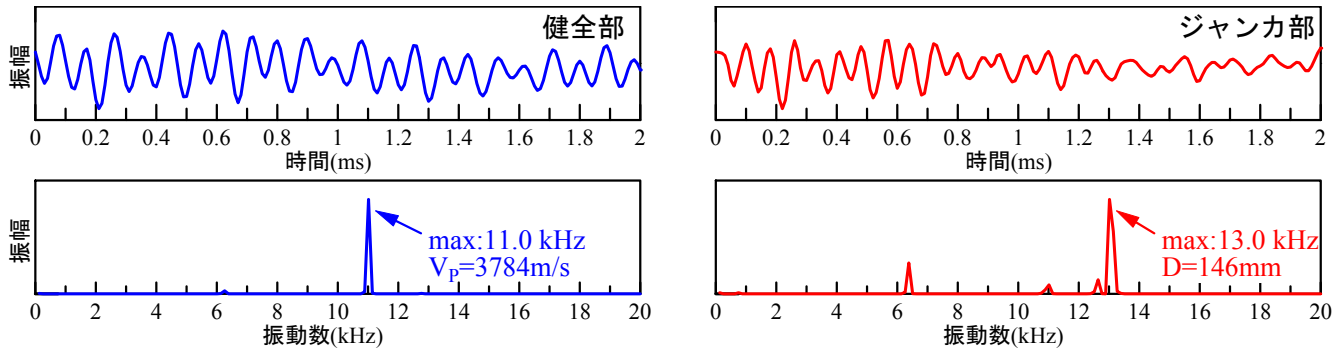

図２ 円柱供試体での測定波形と振動数解析結果（左図：健全部、右図：ジャンカ部）

測定結果を**図** 2 に示す。図より、健全部では振動数 11.0kHz のみが観測された。これは、縦弾性波が測定面と底面で多重反射することにより生成された振動数であり、弾性波速度を(式 1)により求めると、3784m/s となる。一方、ジャンカ部では振動数 13.0kHz が観測された。弾性波速度 3784m/s より、縦弾性波の反射深さ D

キーワード：衝撃弾性波法、振動数解析、内部欠陥、音響インピーダンス
連絡先：〒143-0015 東京都大田区大森西 1-19-1 TEL 03-5762-2058 FAX 03-3765-5190 E-mail siwano@itoken.co.jp

を $D=3784 / (2 \cdot f_0)$…(式 2)により求めると、反射深さは 146mm となる。これは、底面までの長さ 172mm より浅く、ジャンカ表面までの深さ 120mm よりも深い結果である。前報より [1]、コンクリート背面が地盤に密着した供試体で厚さを計測すると、縦弾性波はコンクリート背面で反射するものの、背面側の音響インピーダンスが 0 で無いため、反射波の位相にズレが生じ、測定される振動数が低くなって、測定厚さは実際の厚さよりも厚くなることが確認された。今回はそれと同様に、縦弾性波はジャンカ表面で反射しているものの、ジャンカは完全な空隙でなく、背面側の音響インピーダンスが 0 で無いため、測定される振動数は低くなり、測定上の反射深さがジャンカ表面までの深さより深くなったものと考えられる。

３．実構造物での測定

３．１ 測定内容

写真 2 現地構造物測定状況

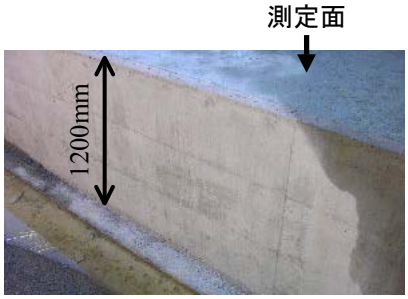

写真 3 測定方向と実際の厚さ

擁壁の底版で測定を行った。測定状況および測定物を**写真 2,3** に示す。測定した底版は材齢 34 日で、厚さは 1200mm、打継ぎ目は表面からの深さ 400,800mm である。背面はステコンおよび地盤と密着している。この底版の表面から、150mm 間隔で 7 点（横位置-450～450）について計測した。

３．２ 測定結果

測定結果を**図 3** に示す。**図 3** の縦軸は、別途計測した弾性波速度 3940m/s から、振動数解析結果の振動数軸を $D=3940 / (2 \cdot f)$により深さ D に変換したものである。横軸には各測定位置（横位置）を示した。**図 3** より、横位置-150～450mm では、1300mm 付近で反射する縦弾性波のみが観測された。これから、この位置では内部に不連続面が存在せずに、縦弾性波は底版背面で反射するが、背面がステコンおよび地盤と密着しているため、測定上の反射深さが実際の反射深さ 1200mm よりも深くなったものと考えられる。一方、横位置-450,-300mm では、深さ 900mm 付近で反射する縦弾性波が観測された（図中○）。この位置では内部に不連続面が存在し、縦弾性波が不連続面で反射したことを示す。しかし、打継ぎ目を考えると、不連続面が存在するとすれば、表面からの深さ 400、800mm に存在すると考えられる。これから、この位置では深さ 800mm に不連続面が存在し、縦弾性波はこの深さで反射したが、不連続面の背面は完全な空隙ではないため、測定上の反射深さが 900mm と実際の不連続面までの深さより深くなったものと考えられる。逆に言えば、実際の深さよりも深く計測される不連続面は、完全な空隙による不連続面ではないと考えられる。

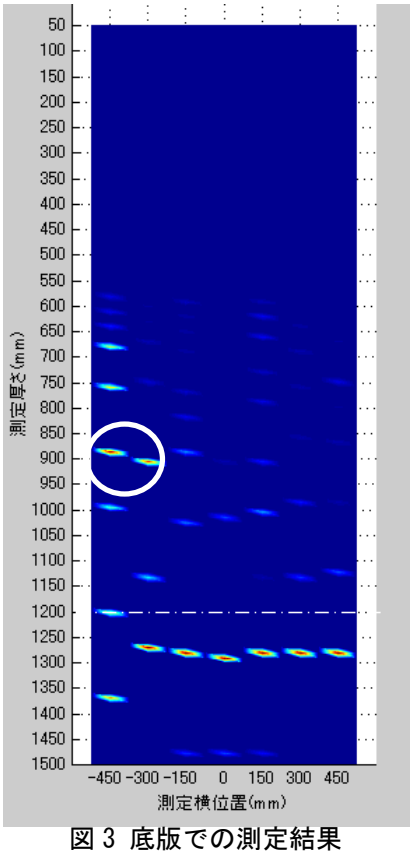

図 3 底版での測定結果

４．まとめ

今回の実験により、コンクリート内部に存在するジャンカ等の完全な空隙でない不連続面までの深さを、縦弾性波の多重反射により生成される振動数から計測すると、実際の深さよりも深く計測されることが確認された。これから、本法により計測した反射深さから、実際の厚さが分かる構造物では背面の音響インピーダンスの推定、打継ぎ目が分かる構造物では不連続面（欠陥）の程度評価、これらが可能になると期待される。そこで今後は、背面側の材質を変えた測定により、音響インピーダンスと厚くなる程度の関係について実験する。

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、本書は研究成果の一部である。

参考文献 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