

衝撃弾性波法のコンクリート 内空隙検知への適用性

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. まえがき

コンクリート構造物内の欠陥の位置とその大きさを非破壊で精度良く調査することは、その後の補修を行う上において重要な課題となっている。衝撃弾性波法は、超音波法とは異なって、波動が計測表面と反射面との間で多重反射することを前提とし、その周期を測定する方法である。このため、板状コンクリート構造物の厚さの検知では、十分な精度を有することはすでに確認されている¹⁾。しかし、柱状構造物の内部欠陥の探査については、その精度が確認されていなかった。

すなわち、内部欠陥があったとしても測定面との間での多重反射が生じるか疑問であると同時に、比較的指向性の弱い波動を利用して複雑な反射面を持つ柱状体の、内部欠陥の位置が同定できるか、という疑問点があった。

本報告は、衝撃弾性波法による柱状コンクリート構造物の内部欠陥の探査精度確認を目的として、2つの孔を持つ正方形コンクリート板を用いた試験について述べるものである。

2. 供試体と測定方法

図-1 に示すコンクリート板 (厚さ 100mm) を用いた。2つの孔は、コアカッターによって空けたもので、80φ(A孔)と65φ(B孔)である。この孔の位置を探査することが目標である。また、この形状は、コンクリート製柱を水平方向にスライスしたものの想定している。

測定点は図に示すとおりで、間隔は、30mmである。打撃点の位置は、測定点から30mm離れた点である。測定には、2ch仕様(2ch, サンプルング速度:1μs、サンプルング数8,000/ch)の測定器を使用した。左側P1点を測定する場合には、1ch目のセンサーを左側、2ch目のセンサーを右側の対向位置、コンクリート面に対して鉛直に取り付けた。打撃には、直径16mmの鋼球を使用した。

3. 測定結果

図-2 に測定結果を図化したものを示す。図の縦軸方向は、測定面からコンクリート内部への距離、すなわち反射面の深さを意味する。深さは、測定波形のワースペクトル分析時の周波数(f)を $D = V_P/2f$ として深さ D に変換したものである。ここで、 V_P は、コンクリート供試体の弾性波速度であり、3,300m/s

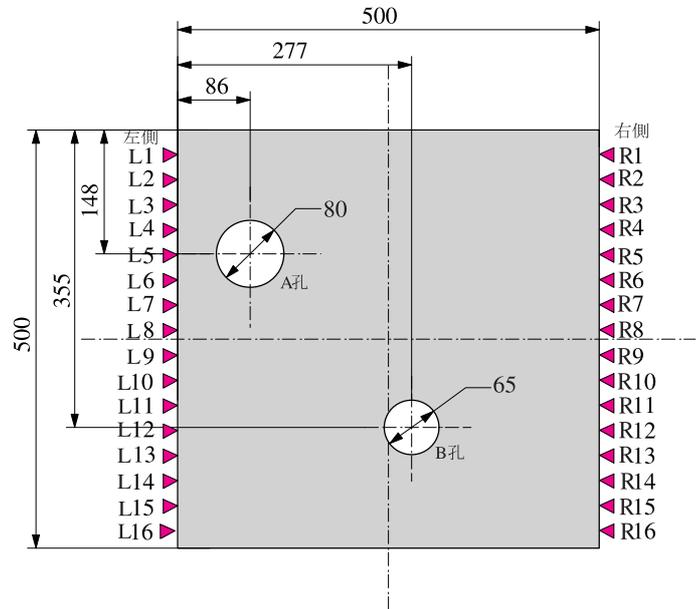


図-1 供試体と測定点

を用いている。図の横軸は、測定点の位置を示し、0は、供試体の上端、0.5mは、下端を示す。また、図中に模擬内部欠陥(孔)の位置を示している。

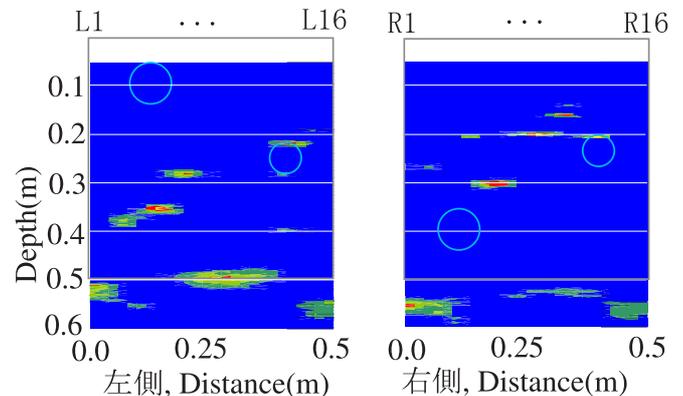


図-2 測定結果のレーダ画像表示

図-2 から、次のことがわかる。

- 孔のある位置では、コンクリート板の幅(3次元であれば、厚さ)は測定されていない。
- 80φのA孔の位置は測定されていない。
- 65φのB孔は、そのほぼ上面の位置が、左右側とも測定されている。

以上の結果は次のように説明できる。A孔左側からの測定では、測定面からA孔までの被り厚さが46mmしかなく、コンクリートが「浮き」と同様の状態となっていて多重反射の周波数(36kHz)が測定されないため、その深さが分析されていない。また、右側からの

測定では、B孔からの反射波の影響を受け、深さが正確に測定されていないと考えられる。一方、B孔では、左側測定の場合には、A孔に対する角度が大きいこと、右側測定では、A孔の位置がB孔よりも遠方となることから、A孔の影響が小さかったため、位置の同定ができたものと考えられる。

4. 解析

4.1 波動の干渉と合成

図-3に右側R6(A孔の上)での測定波形のスペクトログラムを示す。R6では、300mm前後のスペクトルが継続時間の長い安定したスペクトルとなっている。R6直下には、A孔があり、測定点からA孔までの深さは395mm(A孔の焦点)であり、300mmのスペクトルの生成について説明がつかない。ところが、右側R6点から見た場合、A孔は、[遠い位置にあるが、ほぼ直下の空隙]、B孔は、[直下ではないものの最も近い空隙]である。実際、このような位置関係にある場合、測定点R6では、A孔で反射した波動とB孔で反射した波動が重畳し、周波数の合成が生じる。周波数の合成によって、見かけ上、新たに周波数の和および差の1/2となる周波数成分が生成される。差の周波数は、いわゆる「うなり」を生じるが、波長が長くなるため測定されない。一方、和の1/2の周波数の場合、波長が303mmとなって、300mm前後の強いスペクトルと一致する。

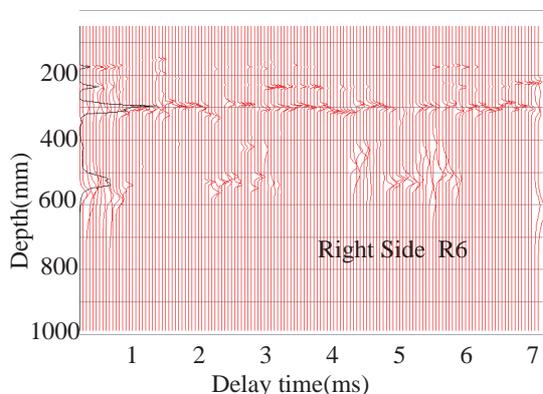


図-3 右側 R6 測定点のスペクトログラム

表-1に、主要なスペクトルとその生成原因の推定結果を示す。160mm位置のスペクトルは、A,B孔反射

表-1 スペクトルの位置と評価

Depth(mm)	評価
160	A,B孔反射波の合成周波数
240	B孔との多重反射
300	A,B孔反射波の合成周波数
400	A孔との多重反射
500~550	供試体の幅

波の合成周波数の2倍の高調波に相当する。また、A孔での反射波の単位時間内での到達回数(4.2回/1ms)とB孔での反射の到達回数(6.0回/1ms)が合成された場合、1ms間に10.2回の反射波が到達することに

なり、すなわち160mmの位置のスペクトルが生成されたものと推察される。

4.2 スペクトルの時間特性

板状コンクリート構造物の場合、内部欠陥での反射波では継続時間が短く、底面からの反射波の継続時間は逆に長いことがわかっており²⁾、反射波スペクトルの継続時間から反射面の大きさを推定することの可能性が示されている。柱状構造物では、板と異なって横方向に反射面があり、スペクトルが複雑になるものと考えられる。図-4は、B孔直上の測定波形のスペク

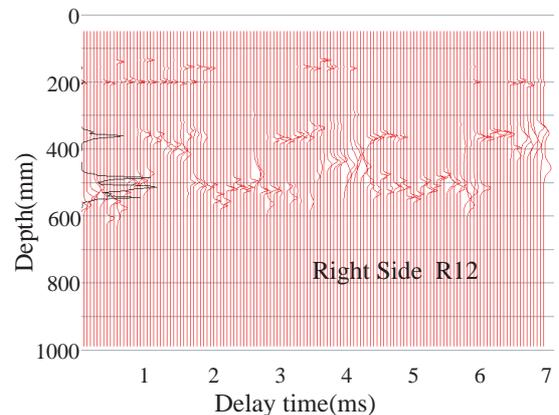


図-4 右側 R12 測定点 (B孔直上) のスペクトログラム

トログラムを示すものである。測定点からB孔の焦点までの深さ(205mm)に相当するスペクトルは、約2ms間継続して分析されている。このようにスペクトログラムの初期の時間だけ継続的に出現するものは、板状構造物の場合には、内部欠陥によるものと判断される。図から、柱状構造物でも同様の傾向を示すことが分かる。図-4において、厚さ、A孔等からの反射波に相当するスペクトルは、あまり明瞭ではない。これは、柱状構造の場合、側面からの反射波が重畳、干渉するためであり、板状構造物の場合とは異なった傾向である。

5. まとめ

測定結果が示すように、衝撃弾性波法では内部欠陥の存在を検知することはできるものの、複数の反射面があった場合、その相互干渉による虚像が出現する可能性がある。欠陥がない場合には、柱の厚さのみの情報が得られ、欠陥がある場合には、直近の欠陥以外では、時間的に安定しない複雑なスペクトルが生じることがわかった。これらを手かがりとするれば、衝撃弾性波法を柱状コンクリート構造物の健全性試験に利用できるものと思われる。

参考文献

- 1) 国土交通省土木研究所共同研究報告書第268号、非破壊試験によるコンクリート品質、厚さ、鉄筋かぶり・径の計測に関する共同研究報告書、2001.3.
- 2) 極壇邦夫他、衝撃弾性波法によるPC橋梁の充填度の推定、第24回日本道路会議、(10)橋梁部会ポスターセッション、2001.10.