

衝撃弾性波法による PC 橋梁シースの位置・充填度の推定方法

アプライドリサーチ（株） 正会員 ○境 友昭
 東海大学土木工学科 正会員 極檀 邦夫
 オリエンタル建設（株） 正会員 手塚 正道

1. はじめに

衝撃弾性波法による PC 橋梁シースのグラウト充填度合いの推定方法について，その理論と実橋梁および実大模型橋梁での測定結果を元に実用化の可能性について検討してきた^{1,2)}．今回は，グラウト充填度を段階的に変化させたシーソ模型を用い実験を行った結果を報告する．衝撃弾性波の測定結果から，シーソの位置は弾性波速度の低下を，また充填度は高調波成分の強さを手がかりとして探查可能であることがわかった．

2. 衝撃弾性波法の理論

衝撃弾性波法は，測定面に入力された弾性波が構造物の厚さ方向に多重反射することを前提としている．図-1 に測定方法の概念を示す．図に示すように，衝撃波動は，鋼球などでコンクリート表面を打撃して入力する．波動が多重反射すると，往復時間を周期とする固有振動数が見られるようになる．すなわち，フラッターエコー現象である．測定されたコンクリート表面の振動の周期 (T)，コンクリート位置の厚さ (D) およびコンクリート中の弾性波速度 (V_p) の間には，

$$D = \frac{1}{2} V_p T \quad (1)$$

の関係があり，周期 (T) が得られると，コンクリート板の厚さが測定されることになる．また，周期性を示す測定波形が正弦波に近いような場合には，多重反射の周期をスペクトル分析してピークとなる周波数 (f_0) とすると，

$$D = \frac{1}{2} \frac{V_p}{f_0} \quad (2)$$

とする方法がある．しかし，測定波形が正弦波から離れている場合には，基本周波数の倍音成分が発生し，測定結果の解釈を誤る場合がある．

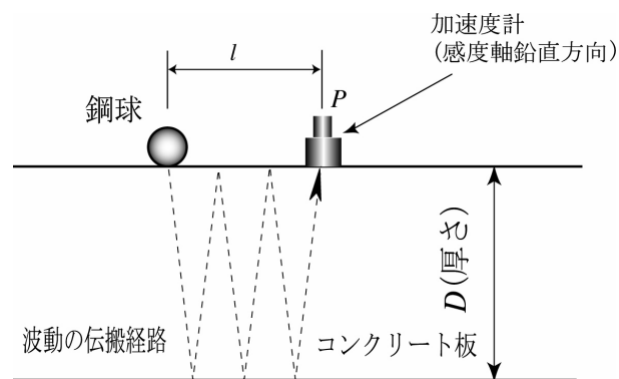


図-1 衝撃弾性波法の測定概念

3. 実験方法

3.1 供試体

供試体は，厚さ 350mm 幅 1,000mm 長さ 2,500mm で，測定面から 200mm にそれぞれ充填率の異なるシーソが埋められている．この写真を図-2 に示す．なお，供試体は，図-2 以外にも 5 種あるが，いずれもコンクリートブロックにシーソが埋設されたものである．なお，コンクリートは，PC 構造用の高強度コンクリートである．

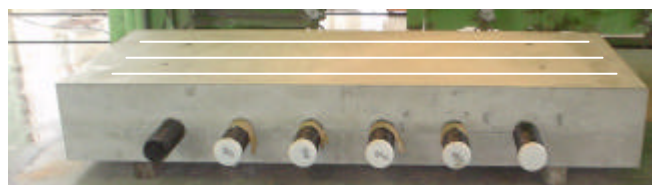


図-2 供試体

3.2 打撃，測定方法

測定には，衝撃弾性波法の測定装置 (iTECS-4) を用い，測定線は図-2 に白線で示すように供試体の長手方向に手前から 250mm，500mm および 750mm の 3 本の測定線を設け 50mm 間隔で測定を行った．打撃には，鋼球 30mm (約 100g)，を使用した．また，測定に先立って供試体の縦弾性波速度を測定した．

キーワード 衝撃弾性波，PC 構造，シーソ，充填度，非破壊検査

連絡先 〒300-2633 茨城県つくば市遠東 904-1 Phone 029-848-1095

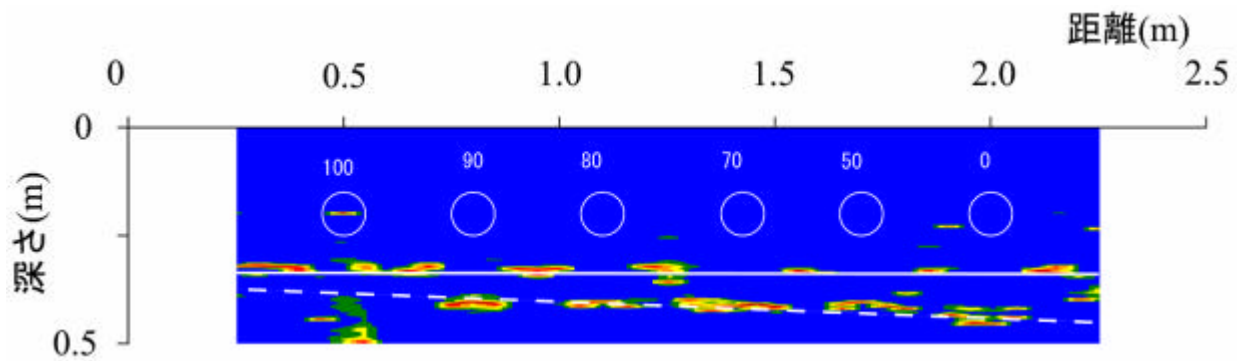


図-3 衝撃弾性波法による解析結果(ポリエチレンシース, MEM 詳細法, 鋼球 30mm)

4. 測定結果

4.1 シースの位置検知

衝撃弾性波法による測定結果(最大エントロピー法[MEM]によるランニングスペクトルを測定時間 8ms 間で平均したもの, 「MEM 詳細法」と呼称)を図-3 に示す。図は, 測定された周波数から式(2)に従って, 「深さ」に変換したものである。図中に色相は, スペクトルの強度を示し, 赤色がもっとも強いスペクトル, 紺色はスペクトルが非常に弱いことを示している。図中シースの位置は白○印で示している。また, その上の数字はシースの充填度(%)である。図に示すようにシースの位置では, 実際の深さ(厚さ 0.35m, 図中白実線で表示)よりも厚い値として観測されていることがわかる。解析では弾性波速度を 4,200m/s 一定値としている。供試体が実際の厚さよりも厚く観測される理由は, 式(2)から明らかなように, 設定した弾性波速度が実際の弾性波速度(見掛けの弾性波速度)よりも速いためである。すなわち, シースの位置では, 見掛けの弾性波速度が低下していること, このため解析結果の厚さが厚くなっていると理解される。

4.2 充填度

図に示すように, 充填度にかかわらず, シースの位置近傍あるいはシース直上でのスペクトルはほとんど観測されていない。逆に, 充填度 100%のシースの位置に強いスペクトルが観測されている。すなわち, 30mm 鋼球で打撃した場合の MEM 詳細法の解析では, シースと測定面との間での多重反射が検知されないと推定される。これに対し, 図-3 中, 白破線で示すように, 見掛けの弾性波速度は(充填率 100%の場合を除き), 充填率が低いほど遅くなっていることが

わかる。

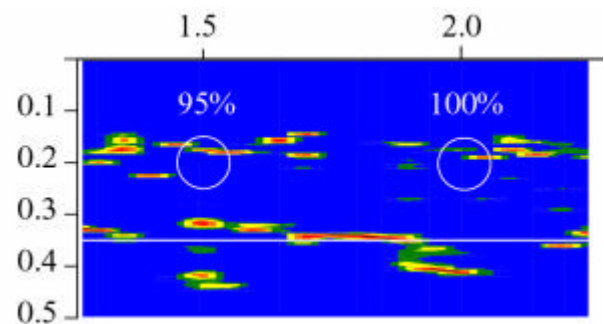


図-4 MEM 詳細法, 鋼球 15mm

一方, 図-4 は, 鋼球 15mm(約 14g)を使用して打撃した場合の結果の一部を示すもので, 図の横軸および縦軸は図-3 と同じである。充填度が 95%以上であるにも関わらずシースの位置近傍では, 厚さの 1/2 に相当する高調波が見られる。鋼球質量が小さいほど高い周波数成分が発生し, 鋼球 30mm では把握できなかったシースからの反射波が検知されている。すなわち, ポリエチレンシースは, 衝撃弾性波から見た場合, コンクリートより弾性率が小さいために内部欠陥と同様の応答をしているものと解釈される。これから, 高調波成分を検知すればシースの充填度が把握される可能性が示されたが, 結果的には衝撃弾性波法は, ポリエチレンシースには適用し難いことがわかった。

参考文献

- 1) 極檀邦夫, 境友昭; 衝撃弾性波法による橋梁シース管の充填度の測定, 2002 年コンクリート工学年次大会, 2002
- 2) 極檀邦夫, 菅野匡, 境友昭; 衝撃弾性波法による大型供試体シース管のグラウト充填度の測定, 2002 年コンクリート工学年次大会, 2003