

インパクトエコー法での PC グラウト充填度評価に関する考察

熊本大学工学部 学生会員○中山 穰
 熊本大学大学院 学生会員 渡辺 健
 熊本大学工学部 正会員 大津政康

1. はじめに

インパクトエコー法は定量的な超音波法として注目されており、コンクリート中の欠陥探査への有効性が注目されている。しかし、PC グラウト充填度評価への適用性¹⁾はまだ確立されていない。本研究では、グラウト充填部および未充填部のモデル供試体を用いた実験を行い、インパクトエコー法で検出された弾性波の周波数スペクトルを求めた。そして、供試体の断面の各点における反射の影響を周波数スペクトルから求め、グラウト未充填による空隙検出の可能性を検討した。

2. 実験概要

使用供試体の寸法は 250×250×1000mm で、断面中央部にシースを設置した部分をグラウト未充填部と仮定し、それ以外の部分を充填部と仮定した。その概要を図-1 に示す。供試体に衝撃力を入力するためにアルミ弾の衝突試験を行った。アルミ弾の形状を図-2 に示す。これをコンプレッサーの空気圧により、内径 11mm のアルミパイプ内を供試体面とアルミ弾の先端の距離を一定にして発射させた。この際に供試体に入力される周波数の上限は、別の研究により 40kHz 程度であることが確認されている²⁾。発生した弾性波の波形を供試体に設置した加速時計で検出し、FFT 処理することによって周波数スペクトルを求めた。

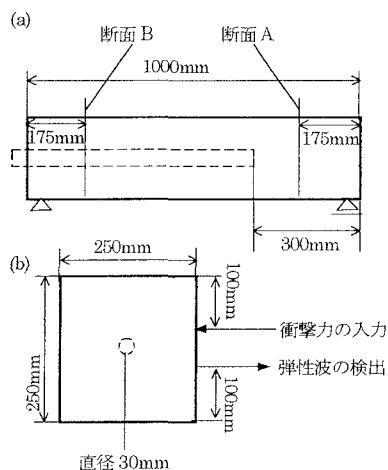


図-1 使用供試体の(a)全体図と(b)断面図

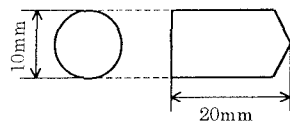


図-2 アルミ弾の形状

3. 実験結果

インパクトエコー法³⁾によれば、板厚によるピーク周波数 f_T 、空隙の反射によるピーク周波数 f_{void} は以下の式で表されるとされている。

$$f_T = 0.96C_p / 2T \quad (1)$$

$$f_{void} = 0.96C_p / 2d \quad (2)$$

ただし、 C_p は P 波の伝播速度、 T は供試体の板厚、 d は衝撃の入力箇所からシースまでのかぶり深さである。ただし、式に見られる係数 0.96 は P 波測定の補正係数とされており、インパクトエコー法の原理と関連するものではない。スペクトルピークに未充填部の影響が 2 波長で現れる場合は、

$$f_{void} = C_p / d \quad (3)$$

となる。供試体の形状より $T=0.25\text{m}$ 、 $d=0.1128\text{m}$ 、弾性波の波速 $C_p=4496\text{m/s}$ であるので、式(1),(2),(3)より $f_T=8632\text{Hz}$ 、 $f_{void}=19131\text{Hz}$ 、 39858Hz 付近にスペクトルピークが現れると考えられる。また、インパクトエコー法のようにスペクトルピークに着目する手法においては、入力する外力の周波数成分が、検出しようとするピークの周波数より高く設定されていることが必要であるが、今回の実験では上述のように確認されている。以下に実験の代表的な例を示す。図-3 はシースのない断面 A の波形で、図-4 はシースを埋没した断面 B の波形であるが、波形の形状のみからはシースによる差異を確認することはできない。図-5 は断面 A 波形

のスペクトルであり、図-6 は断面 B 波形のスペクトルであるが、ともに 8000Hz 付近にスペクトルのピークが見られる。これが f_T に相当するものと考えられる。また、断面 A では 40000Hz 付近に若干のスペクトルのピークが見られ、これが f_{void} に相当すると考えられる。しかし、 $f_{void}=19131\text{Hz}$ 付近にはどちらも多くのスペクトルピークが存在し、明確に区別することはできない。

4. 考察

シースによる空隙の影響をもっと明確に検出するために、断面を 625 個の正方形に区切り、各要素の中心における反射の影響を調べた。入力点から断面のある要素の中心を経て出力点にいたるまでの距離を $R=r_1+r_2$ とし、 $f_1=C_p/(R/2)$, $f_2=C_p/R$, $f_3=C_p/2R$, $f_4=C_p/3R$, …… の各周波数におけるスペクトル振幅値の合計を比較した。なお、シースによる影響の検出が目的のため、 f_n は板厚によるピーク周波数 f_T より大きいもののみを加えることにした。分析モデルの概要を図-7 に示す。結果の図-8、図-9 を比較すると、断面 B の方ではちょうどシース付近での値が大きくなっており、シース空隙による反射の影響が確認された。

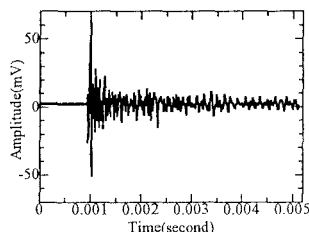


図-3 波形 (断面 A)

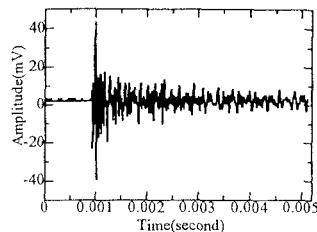


図-4 波形 (断面 B)

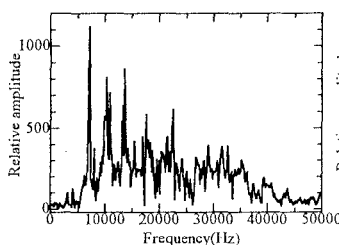


図-5 スペクトル (断面 A)

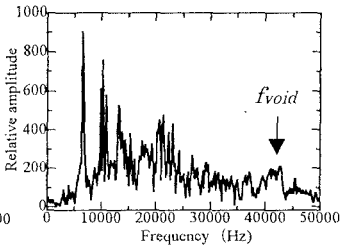


図-6 スペクトル (断面 B)

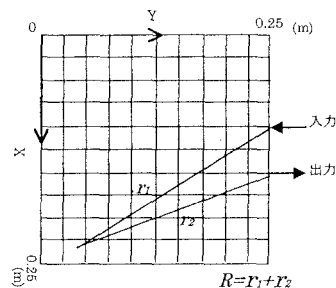


図-7 分析モデル

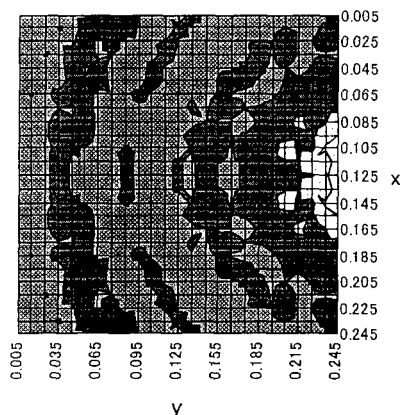


図-8 分析結果 (断面 A)

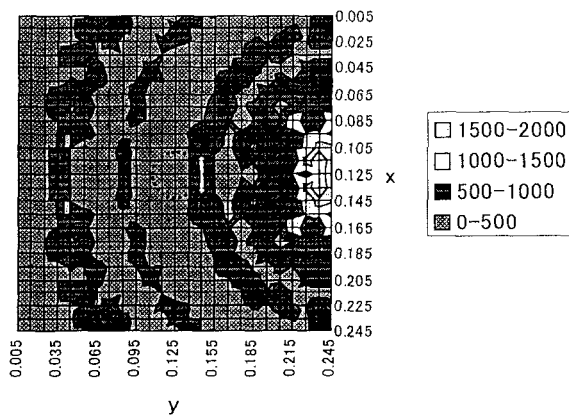


図-9 分析結果 (断面 B)

参考文献

- 1) 中野将士、藤原規雄、尼崎省二、第 51 回セメント技術大会講演要旨、92、(1997)
- 2) 白石啓介、大津政康、飯田剛史、土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集第 5 部、576、(1998)
- 3) Sansalone, M.J. and Streett, W.B., "Impact-Echo", (1997) Bullbrier Press, Ithaca, N.Y.