

PC シースを透過および反射した弾性波の周波数特性に関する検討

京都大学工学研究科 学生員 ○山口紘平
 土木研究所 正会員 大島義信
 京都大学工学研究科 正会員 河野広隆

1 はじめに

ポストテンション方式のプレストレストコンクリートに対するシース内のグラウト未充填検知手法として、広帯域超音波法やインパクトエコー法などの手法が提案されているが、シース内の空隙が弾性波に与える影響は明確でない。そのため本研究では、シースを透過および反射する弾性波の周波数特性について実験と解析により明らかにした。

2 実験および解析概要

本研究では、図 2-1 に示す PC 桁を模擬した供試体に対する実計測と、図 2-2 に示す二次元数値シミュレーションを実施した。なお、実測では対称法による透過波、解析では透過波および表面法による反射波を評価した。グラウト充填率は、実供試体で 0% と 100%，解析で 0%，50%，100% に設定した。解析では、骨材を円に理想化した上で、実供試体と粒度を合わせランダムに配置した。なお、解析上の分解能は 1mm，時間刻みは 0.006 μ 秒とし、粘性（材料減衰）を考慮している。実測では 500kHz 共振の探触子を用い、10MHz のサンプリングで測定を行った。測線 A が充填、測線 B が未充填であり、それぞれの 10 か所における時間平均の波形を求めた。

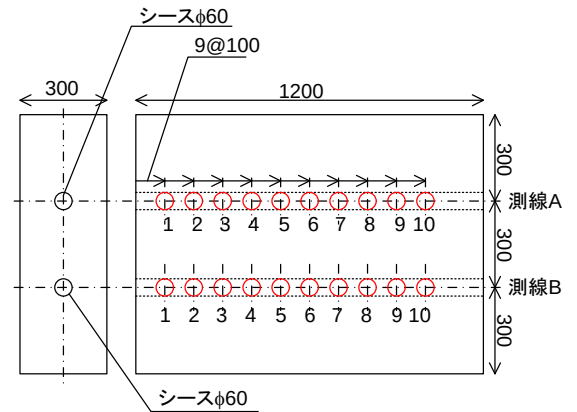


図 2-1 実測に用いた模擬供試体

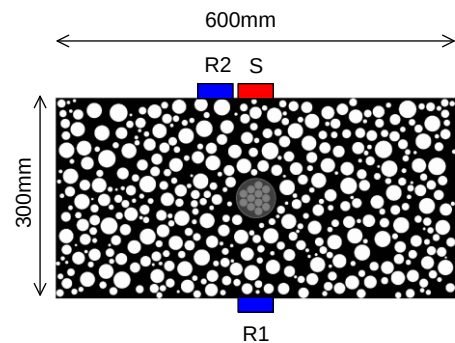


図 2-2 数値シミュレーション

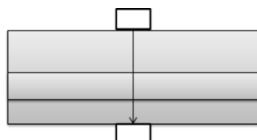


図 2-3 対称法

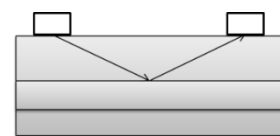


図 2-4 表面法

3 実験および解析結果

3.1 透過波における周波数特性

対称法により受信した透過波（図 2-2 の S から R1）について検討する。実測および数値シミュレーションの両者で、最初に受信探触子に到達する弾性波（以下初動波）が含まれる 100～250 μ s 区間でのパワースペクトル密度（以下 PSD）を図 3-1 および図 3-2 に示す。図 3-2 より、数値シミュレーションでは、充填率が小さくなるにつれて、スペクトル強度が小さくなること、またピーク周波数が若干高くなることからわかる。充填率が低い場合、シースを迂回して弾性波が伝播されるため、伝播経路が長くなり減衰が大きくなるためと考えられる。

一方、実測では、打設時に骨材が沈降し、供試体下部の密度が大きくなるために、側線 B のスペクトル強度が高くなる傾向にあるが、ピーク周波数が高くなっており、数値シミュレーションの結果と一致する。なお、シミュレーションの減衰は比較的小さく設定しているため、実計測と比較して高い周波数の減衰が小さくなっているが、同様の傾向を示している。以上より、シース内空隙の存在によって初動波の反射状況が異なり、周波数に差異が生じることが明らか

キーワード プレストレストコンクリート、グラウト、非破壊検査、弾性波、周波数、スペクトル

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスターC1 棟 構造物マネジメント工学講座 TEL 075-383-3321

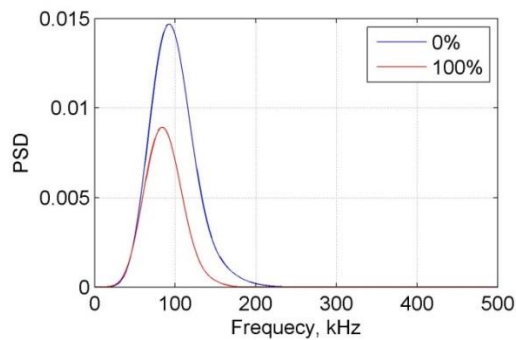


図 3-1 実供試体での透過波における PSD

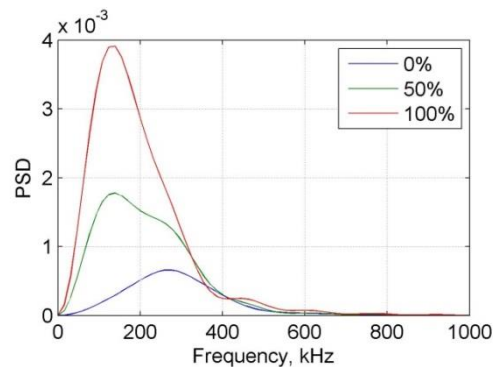


図 3-2 数値シミュレーションでの透過波における PSD

となった。また、初動波だけでなく、初動波に継続する干渉波についても、シース内空隙の存在により周波数特性が変化しており、特にシース内を透過する弾性波における減衰帯域が鋼材径 15mm に対応する波長であること、シース内を透過せず迂回する弾性波はシース径 60mm に相当する波長で減衰が大きくなることが明らかとなっている。しかし、骨材等の要因により散乱減衰も大きくなっており、スペクトルを単純に比較することが難しかった。

3.2 反射波における周波数特性

表面法により受信した反射波（図 2-2 の S から R2）について検討する。シースからの反射が開始する 52 μ 秒から 62 μ 秒までを抽出し、そのスペクトル強度を調べた。反射波の時系列波形を図 3-3、対象となる時間区間における PSD を図 3-4 に示す。その結果、100~200kHz 帯域のスペクトル強度が、充填率が低下するほど大きくなることが確認できた。すなわち、シースからの反射波は、初動波が到達すると考えられる時間帯に着目し、シース径と同程度の波長に対応する周波数のスペクトル強度を確認すればよいといえる。

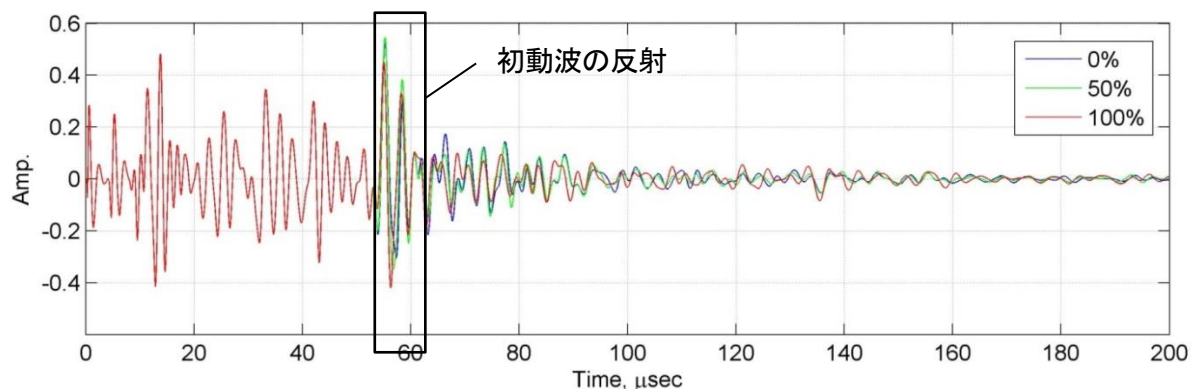


図 3-3 反射波の時系列波形

4 結論

シースを透過および反射する弾性波の周波数特性について検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) 対称法による透過波の初動波の周波数は、シース内に空隙が存在する場合、高い周波数を保持し、グラウトが充填されシース内を透過する場合には、減衰が生じ高い周波数のスペクトル強度が低下する傾向にある。
- 2) 表面法による反射波の、シース位置で反射した初動波を含む波形の周波数特性は、空隙が存在する場合には 100~200kHz 帯域のスペクトル強度が保持される。

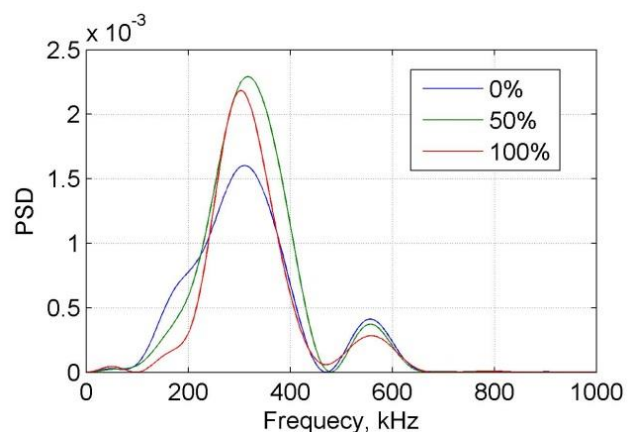


図 3-4 初動波における PSD

謝辞：本研究の遂行にあたり、JR 西日本、株式会社日本ピーエス、株式会社エッチアンドビーシステムのご協力を得た。ここに記し謝意を表す。