

音響伝達関数に基づく PC グラウト充填状況の評価手法の妥当性検証への衝撃応答解析の適用

大阪大学大学院 学生会員 ○朝倉 響
大阪大学大学院 学生会員 服部 晋一

大阪大学大学院 正会員 鎌田 敏郎
立命館大学 正会員 内田 慎哉
大阪大学大学院 正会員 寺澤 広基

1. はじめに

著者らはこれまで供試体実験において音響伝達関数による表面波キャンセル処理を行い、PC グラウト充填状況が評価できる可能性を示している¹⁾。しかしながら、定義した評価指標である反射強さ R においては計測位置の影響を受けるなどの現象が確認されている。

そこで本研究では、音響伝達関数に基づく計測において、計測位置が反射強さ R に与える影響を把握した上で、PC グラウトの充填状況の評価手法の妥当性を検証するために、3次元衝撃応答解析を行った。本論文では、既往の研究成果と本研究で得られた解析結果を比較するため、著者らの実験結果¹⁾も併せて示している。

2. 実験概要

図-1 に供試体の概要を示す。寸法は縦 550mm×横 1000mm×奥行き 450mm、埋設されているシースの外径は 63mm、かぶりは 100mm (裏面から 287mm) であり、供試体中央を境にグラウトが充填されている部分と未充填の部分がある。

図-2 に計測状況を示す。入力点をシース直上に設定し、受信 (出力) 点はコンクリート表面上のシース軸と直交する方向に 40mm~240mm まで 40mm 間隔で設定した。計測は、各測線で 4 回行った。衝撃入力には直径 6mm の鋼球を用い、電磁駆動による衝撃入力機構を使用した。一方、弾性波の受信には、0.003~30kHz においてフラットな応答感度を有する加速度センサを使用した。センサで受信した信号は、サンプリング間隔 1 μ s、サンプリング数 5000 点の時刻歴応答波形として記録した。

3. 解析概要

衝撃弾性波法による計測を再現するために図-3 に示す解析モデルを用いて、3次元衝撃応答解析を実施した。モデルの寸法および測線の位置は実験と同様である。入力波形は、直径 6mm の鋼球による入力を想定し図-4 に示すとおりとした。また、波形の出力点は入力点から



図-1 供試体概要

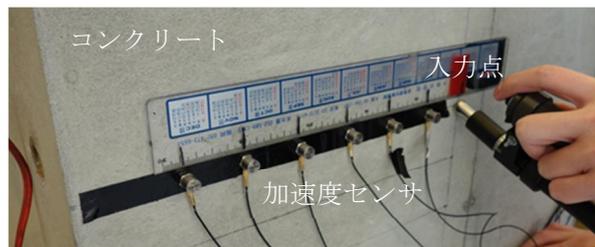


図-2 計測状況

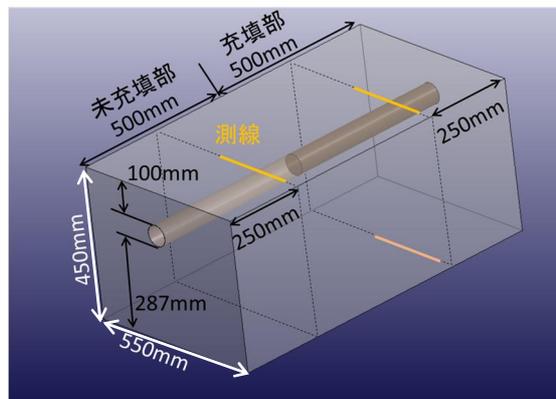


図-3 解析モデル

40mm~240mm まで 20mm 間隔で設定した。要素サイズの最大値は 10mm であり、出力の時間間隔は 1 μ s とした。各要素の物性値は表-1 に示すとおりである。

4. 評価指標

かぶり 287mm の充填部を参照部とし、かぶり 100mm の充填部および未充填部を対象部とする。参照部および対象部の 2 対の計測により得られた受信波形から音

キーワード PC グラウト, 非破壊試験, 衝撃弾性波法, 音響伝達関数, 表面波キャンセル処理, 衝撃応答解析
連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1, Tel : 06-6879-7618, Fax : 06-6879-7621

響伝達関数 $H(\omega)$ を式(1)で算出する.

$$H_n(\omega) = Y_n(\omega) / Y_{40}(\omega) \tag{1}$$

$$H_n'(\omega) = Y_n'(\omega) / Y_{40}'(\omega)$$

ここで、 $Y(\omega)$ は時刻歴波形 $y(t)$ の FFT であり、添え字は入力点からの距離である. シース内に未充填部が存在すると、空隙部で反射波が発生し、音響伝達関数に変化する. そこで、対象部および参照部の音響伝達関数 $H_n(\omega)$, $H_n'(\omega)$ をフーリエ逆変換したインパルス応答 $h(t)$, $h'(t)$ を用いて、下記の式(2)で導出する反射強さ R により、空隙からの反射波を定量化することによってシース管のグラウト充填不良の評価指標とした.

$$R = \int_0^{4096} \{h(t) - h'(t)\}^2 dt \tag{2}$$

5. 結果および考察

図-5 に実験および解析の反射強さ R の計算結果を示す. 横軸は音響伝達関数を求める出力点間の距離を示している. 図-5 (a) に示す実験結果より、 R は充填部に比べて未充填部で大きな値を取ることがわかる. これは、シース内部の空隙からの反射波の影響を受けているためだと考えられる. さらに、出力点間距離 160mm において R は他の出力点間距離と比べて大きな値を取る結果が得られている. 図-5 (b) に解析結果を示す. 解析で得られた結果においても、充填部に比べ未充填部の R が大きく、出力点間距離 180mm において他の出力点間距離と比べて大きな値を取ることが確認できた.

上記のように、反射強さ R が計測位置によって局所的に大きくなるのは、反射波同士の重ね合わせによって、コンクリート表面で出力される反射波の成分が大きくなるためであると考えられる.

一方、反射強さ R の大きさが実験と解析で異なる理由は、弾性波の減衰の影響や、入力波形の近似の影響が表れているものと考えられる. また、かぶりの深さやシースの直径によって、反射波の干渉作用の影響が顕著に表れる出力点間距離が異なると考えられるため、それらの検討も今後併せて必要である.

6. 結論

3次元衝撃応答解析の結果、音響伝達関数を用いて PC グラウト充填状況の評価する手法では、実験と同様、出力点間距離により反射強さ R が変化することが明らかとなった. しかしながら、いずれの出力点間距離においても、反射強さ R は充填部と未充填部で十分な差があるため、音響伝達関数により PC グラウト充填状況を

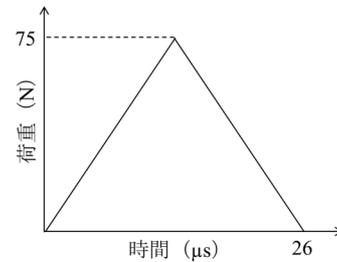
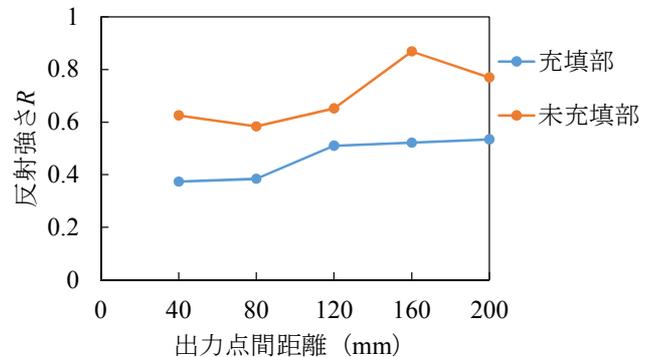


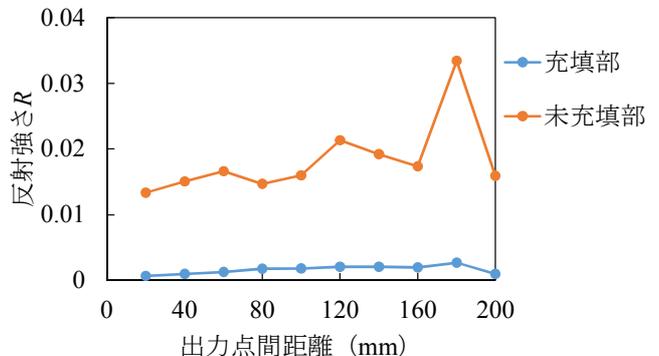
図-4 入力波形

表-1 物性値

	密度 (g/cm ³)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
コンクリート	2.3	30	0.2
シース	7.9	200	0.3
グラウト	1.8	23	0.2



(a) 実験結果



(b) 解析結果

図-5 反射強さ R

評価できることが解析からも明らかとなった.

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金(挑戦的萌芽研究 26630203)の援助により行ったものである.

参考文献

1) 朝倉 響, 鎌田敏郎, 服部晋一, 内田慎哉, 寺澤広基: 伝搬距離の異なる複数の音響伝達関数を用いた PC グラウト充填状況の非破壊評価手法, 土木学会第 70 回年次学術講演会概要集, V-431, 2015