# 衝撃弾性波法のPCグラウト充填度評価への適用 一有限要素法による検討一

 土木大学
 正会員
 〇岩本
 達也

 正会員
 森
 和也

 鳥越
 一平

# 1. 緒言

衝撃弾性波法は、欠陥の深さと同程度の寸法以上の大きさの欠陥や厚さ測定に対して信頼性のある結果を得ることができる。しかしながら、PCグラウトの充填評価に関しては、シース管の径が深さの数分の一しかないので、簡単には適用することはできない。本研究では、有限要素法を用いて衝撃弾性波法のPCグラウト充填度評価への適用の可能性を検討する。特に、加振にソフトエアガンを利用した場合について考察する。

# 2. 試験片

今回の解析の試験片寸法を図1に示している.解析は二次元である.シース管は鋼製で,直径38mm,厚さ0.5mm,中心の深さ200mmである.グラウトが充填されている場合とされていない場合を解析した.グラウトが充填されている場合は、シース管中心に直径32mmの鋼棒を配した.それぞれの材料定数を表1に示す.

# 3. 加振条件

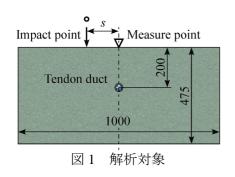
加振方法は、ソフトエアガンを用いて加振する場合を想定した。ソフトエアガンは、直径 6mm のプラスチックの球を使用するもので、速度は 100 m/s に達する。ソフトエアガンの球の質量は、軽量タイプの 0.12 g とした。球の材料定数を表 1 に示す。実験によって得られた球の接触直径の平均は 2.6 mm であった。そこで、コンクリートに与える衝撃力の分布は、図 2 に示すような直径 2.6 mm のヘルツ分布とした。なお、接触時間は、球の衝突速度を 100 m/s、反射速度を 50 m/s と仮定して、表 1 の材料定数から、22.3 µs を算出した。この時間内に、図 3 に示すような正弦波の荷重を作用させた。このときの最大圧力は  $P_{\text{max}} = 360 \text{MPa}$  となる。

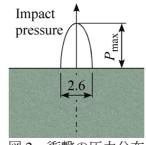
#### 4. 計算結果

図 4 は、シース管の真上を加振した場合 (s=0mm) の検査面の面垂直方向の速度変化を示したものである。 図 4(a)はグラウト未充填の場合であり、図 4(b)はグラウト充填の場合である。図 4 において、速度の正の方向は、検査面手前方向である。

表 1 コンクリート, グラウト, シース管, PC鋼棒, ソフトエアガン球の材料定数

	concrete	grout	tendon duct	PC bar	bullet
Young's modulus (GPa)	29.9	20	206	206	1.2
Poisson's ratio	0.167	0.18	0.3	0.3	0.63
density (kg/m <sup>3</sup> )	2400	2500	7980	7980	1060





Impact force  $\begin{array}{c|c}
F_{\text{max}} \\
\hline
\hline
 & Time \\
\hline
 & 0 & 22.3 \mu s
\end{array}$ 

図2 衝撃の圧力分布

図3 荷重の時間変化

キーワード 非破壊検査,プレストレストコンクリート,有限要素法,グラウト充填評価,衝撃弾性波法連絡先 〒836-8585 大牟田市東萩尾町150 有明工業高等専門学校 TEL0944-53-8626

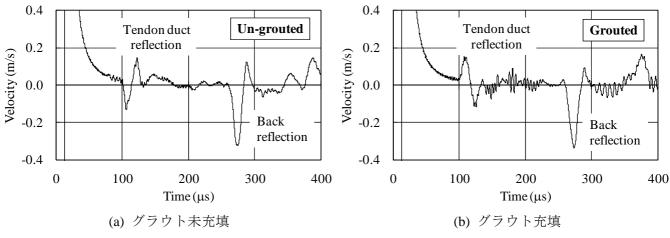


図 4 検査面の表面速度変化 (s = 0mm)

図4からわかるように、グラウト未充填の場合は、シース内が空洞であるので、シース管で反射された弾性波による検査表面の速度変化は底面反射と同じ変化、すなわち、引張波(速度が負から正に変化)であることがわかる。逆に、グラウト充填の場合は、圧縮波(速度が正から負に変化)であることが確認できる。

衝撃弾性波法では、一般に加振点と計測点との間にある程度の距離を置く、そこで、加振点をシース管上からずらした場合(s=40,80,120mm)の表面振動シミュレーション結果を図5に示す。

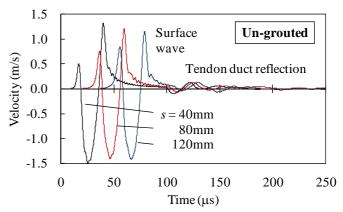


図 5s = 40, 80, 120mm の場合の表面速度変化

本シミュレーションは二次元解析であり、また、拡散、減衰は考慮に入れていないので、振動の減衰の程度 はあまり参考にすることはできないが、弾性波の到着時刻は実際に近いと考えられる.

図 5 において、表面波はその距離に比例して到着時間は遅くなり、シース管からの反射波は表面距離が変わってもその伝播距離がそれほど変わらないので、到着時刻のずれは小さいことがわかる.

#### 5. 考察

今回のシミュレーションで注目すべき点は、ソフトエアガンを用いて弾性波を発生させた場合、検査表面でシース管からの反射波が計測可能と思われる振動を発生することが確認できた点である。図4において、シース管から反射された弾性波の振幅は0.1m/sのオーダーである。これは、図2の衝撃圧力をシース管に沿って分布させれば同程度の表面振動が生じることを意味する。実際は直径2.6mmの円上のみの荷重領域であることを考慮すると、この100分の1から1000分の1程度の振幅であろうと推定される。0.1mm/sの速度振幅は、加速度ピックアップやレーザードップラ振動計で十分計測可能な大きさである。

しかしながら、シース管反射による弾性波の減衰が著しいことは想像に難くない. 従来の弾性波の繰り返し 反射に基づく周波数領域の判定は困難であると思われる. そこで、著者らはシース管からの第一反射波の形状 に注目して、シース管のグラウト充填度評価を行うのが有効であると考える. すなわち、シース管からの第一 反射波が圧縮波であるか引張波であるかを基準に判定を行うのである.

また,図5からわかるように、シース管からの反射波の到着時刻が同じになるように波形を重ね合わせると、表面波は到着時刻のずれから弱められ、反射波は強め合って、波形精度の向上が可能になる.

#### 参考文献

- Impact-Echo, M. J. Sansalone and W. B. Streett, pp.29-34, 1997, Bullbrier Press, N. Y.
- Inelastic collision and the Hertz theory of impact, D. Gugan, Am. J. Phys., Vol. 68, No. 10, pp.920-924, 2000.