PC グラウト充填形態が弾性波伝播速度におよぼす影響

岐阜大学　　学生会員　○池上　和司，浅野　雅則
正会員　　鎌田　敏郎，六郷　恵哲

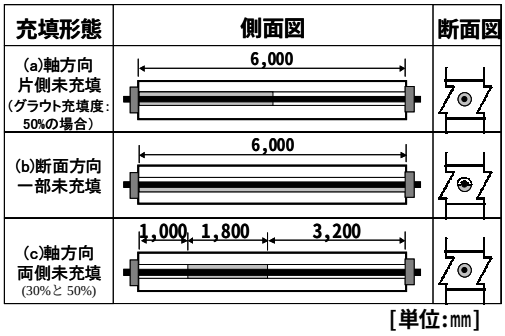
1．はじめに

著者らは，衝撃弾性波法による PC グラウト充填評価のための指標として，弾性波伝播速度を用いる方法に関して検討を行ってきた[1)]。しかしながら，グラウトの充填形態や弾性波入力位置が弾性波伝播速度に与える影響に関しては，十分に検討されていないのが現状である。そこで本研究では，スラブ供試体を用いて実験的に検討を行った。さらに，3 次元 FEM 解析も併せて行い弾性波伝播速度の変化について解析的な検討を加えた。

2．実験概要

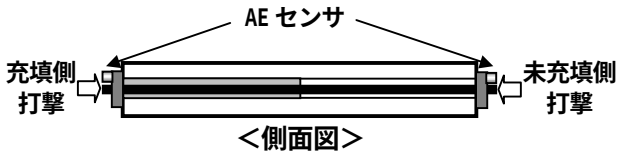
本実験では，2,000×250×4,000[mm]のスラブ供試体を用いた（**写真－1** 参照)。スラブ供試体内部の構成材料は，PC 鋼棒（φ25mm）およびコンジットシース（φ35mm）とした。シース内のグラウト充填状態は，(1) PC 鋼材軸方向にわたってシース内部空隙に対する体積割合で片側が 0%,25%,50%,75%および 100%充填されたケース（**図－1** 中の (a))，(2) シース全長にわたり上部半分に充填されているケース（**図－1** 中の (b)，以下 h50）および (3) シース内において部分的に充填（未充填箇所は両側に有り）されているケースと設定した（**図－1** 中の (c)，以下 p30)。

写真－1　スラブ供試体全景



図－1　グラウト充填形態

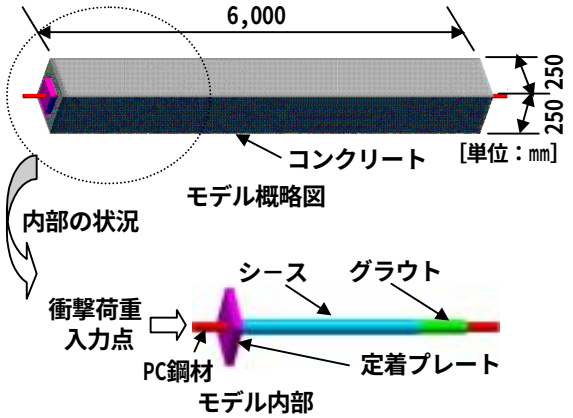
弾性波は，**図－2** に示すように PC 鋼材端部より入力し，入力位置近傍および反対側端部の定着プレート上にて受振を行った。弾性波の入力には常に安定した打撃を行うことができる弾性波入力装置を用い，入力位置の違いが弾性波伝播速度に与える影響を把握するため，グラウト充填側および未充填側からそれぞれ 10 回ずつ打撃した。受振には 150kHz 共振型 AE センサを用い，伝播時間の計測にはディジタル AE 計測システムを用いた。



図－2　弾性波入力位置および受振位置

3．解析概要

解析では，スラブ供試体における実験結果と比較するため，鋼材，グラウト，シースおよびコンクリートを複合させた 250×250×6,000[mm]の 3 次元モデルを用いた（**図－3** 参照)。**表－1** に解析で用いた構成材料の物性値を示す。本解析で用いた構成材料はすべて弾性体として扱った。グラウト充填形態は，実験の条件と同様のケース(**図－1** 中の (a)および(b))に加えて，軸方向両端未充填(**図－1** 中の(c)，以下 p50)を加えたケースについて解析を行った。モデルに入力する衝撃荷重は**図－4** に示す入力波形を用い，鋼材端部の中央に作用する節点荷重として設定した。解析における弾性波伝播速度は，実験における弾性波計測位置と同位置(定着プレート上)での節点において，入力の時点と受振側の変位波形が立上がる時点との時間差を用いて算出した（図－5 参照)。



図－3　解析モデル

4．実験および解析の結果と考察

(1) グラウト充填度と弾性波伝播速度の関係

図－6 に，グラウト充填度と弾性波伝播速度の関係を実験および解析についてそれぞれ示す。なお，弾性波伝播速度の実験値は，10 回打撃による平均値である。これによる

キーワード　：**非破壊検査，衝撃弾性波法，弾性波伝播速度，グラウト充填評価，FEM 解析**
連絡先　　：〒501-1193　**岐阜市柳戸** 1-1　**岐阜大学工学部社会基盤工学科**　TEL/FAX　(058)293-2470

と，解析値の方が若干小さい値を示しているが，実験・解析共にグラウト充填度が増加するに従って弾性波伝播速度が低下する傾向が確認できる。解析結果の傾向については，部材内部の弾性波伝播挙動を解析的に検討した結果[2]とも一致しており，実験および解析の両面からグラウト充填評価に弾性波伝播速度を用いることの有効性が確認できた。

(2) 弾性波入力位置の違いが弾性波伝播速度に与える影響

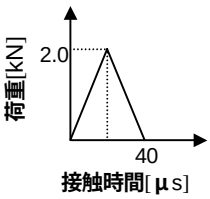
弾性波の入力位置に着目した場合は，実験および解析のいずれの結果においてもグラウト未充填側打撃による弾性波伝播速度(**図－6** 中の△および▲)の方が充填側打撃(**図－6** 中の○および●)に比べて若干大きな値を示した。これは，未充填側打撃の場合は，入力された弾性波が，まず鋼材単体を伝播した後グラウトの影響を受けるのに対して，充填側打撃では，弾性波は入力直後にグラウトの影響を受けることによるものと考えられるが，この機構については，さらに詳細に検討する必要がある。しかしながら，入力位置の違いによる速度の差は小さいこと，かつ，入力位置によらずグラウト充填度が増加するに従って弾性波伝播速度が低下する傾向は同じであることから，実用上は弾性波の入力位置を考慮する必要はほとんどないものと考えられる。

(3) グラウト充填形態の違いが弾性波伝播速度に与える影響

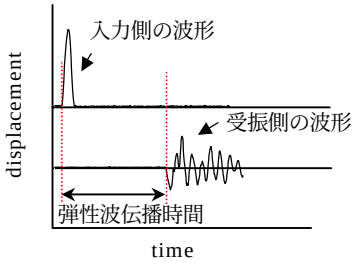
図－7 は，グラウト充填形態が異なる場合における弾性波伝播速度を示している。まず，実験値に着目すると，グラウト充填度が同じで充填形態の異なるケース(**図－7** 中の 50 と h50 の比較)での弾性波伝播速度は近い値を示しており，充填形態の違いによる弾性波伝播速度の変化は見られない。また，部分充填(**図－7** 中の p30：グラウト充填度 30%)の実験値は，片側未充填のグラウト充填度 25%(**図－6**)の実験値と近い値を示している。このことより，本研究の範囲内では，実験で得られた弾性波伝播速度は，シース内部におけるグラウトの体積率が同じであれば，充填形態には左右されないものであると考えられる。これに対し，解析結果(**図－7** 中の 50，p50 および h50 の比較)に着目すると，h50 での値が他の値に比べ小さく実験値とも異なる(**図－7** 中の点線囲部分)結果となった。むしろ h50 の解析値は，グラウト充填度 100%の解析値(**図－6**)に近いと見ることもできる。これは，解析においては PC 鋼材におけるグラウトによる拘束区間の長さの影響が強く表れたためと考えられる。この点については，スラブ供試体の内部状況を確認するなどして詳細な検討を行っていく必要がある。

表－1　解析条件

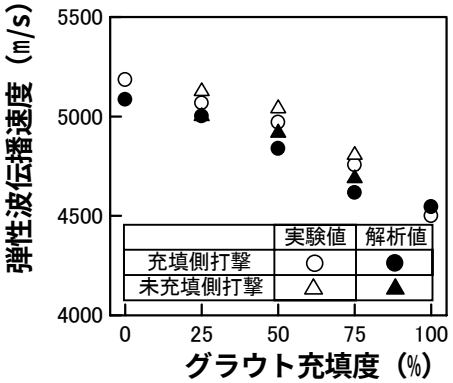
構成材料	密度(g/cm^3)	ポアソン比	弾性係数(GPa)
コンクリート	2.3	0.2	42
グラウト	1.7	0.15	23
シース	5.6	0.3	119
定着プレート	7.4	0.3	138
PC鋼材	7.9	0.3	203



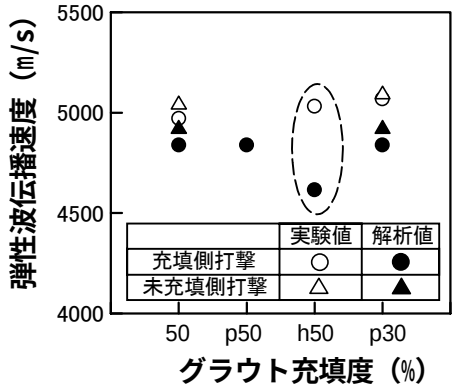
図－4　入力波形



図－5　　弾性波伝播時間



図－6　グラウト充填度－弾性波伝播速



図－7　充填形態－弾性波伝播速度

5．まとめ

1) 弾性波伝播速度は，グラウト充填度の増加に伴い徐々に低下することが実験および解析結果より明らかとなった。
2) 弾性波入力位置の違いが弾性波伝播速度に与える影響はほとんどない。
3) 弾性波伝播速度は，グラウトが充填されている体積率により左右され，充填形態の違いによる影響は小さいことが明らかとなった。

参考文献

1) 北園英明，鎌田敏郎，横山博司，六郷恵哲：弾性波の伝播特性に基づいた PC グラウト充填評価に関する基礎的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.22，No.1，pp.367-372，2000
2) 国枝泰祐，鎌田敏郎，淺野雅則，六郷恵哲：弾性波の伝播速度に着目した PC グラウトの充填評価手法，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.1551-1556，2002