

衝撃弾性波による PC グラウトの充填評価手法に関する実験および有限要素解析

岐阜大学 学生会員 国枝泰祐, 中澤 里
 岐阜大学 正会員 鎌田敏郎, 国枝 稔, 六郷恵哲
 (株)安部工業所 正会員 若山 勉, 横山博司

1. はじめに

著者らは、既設 PC 構造物におけるグラウト充填状況を非破壊的に確認するための手法として、衝撃弾性波の適用¹⁾を検討している。これまでの実験的検討においては、みかけの弾性波伝播速度に着目することにより、グラウト充填程度が評価できる可能性を示した。しかしながら、現時点では、本手法の実構造物への適用性を確認するための実験や、評価指標(みかけの弾性波伝播速度)の理論的根拠を明示するための解析的な検討が不足している。そこで本研究では、スラブ供試体の PC 鋼材両端面の露出部分を保護コンクリートで覆い、より実構造物に近い状況として実験を行った。ここで、弾性波伝播速度による評価の有効性を確認すると共に、保護コンクリートの有無が評価パラメータに与える影響について検討した。一方、鋼材、グラウトおよびコンクリートからなる 2 次元簡易モデルにおいて有限要素法による解析を実施し、グラウトの有無が弾性波の伝播挙動に与える影響について検討した。

2. 実験概要

本実験では、スラブ供試体の鋼材両端面の露出部分に保護コンクリートを打設して、より実構造物に近い形状とした(図-1 参照)。ここで、スラブ供試体は、グラウト充填率の違いが評価パラメータに及ぼす影響を検討するため、グラウト充填率を 0%、25%、50%、75%および 100%と変化させてある。また、シーすにはコンジットシーす 35 を、PC 鋼材には B 種 1 号 23 を使用した。

弾性波の入力位置および受信位置を図-2 に示す。弾性波の入力には、一定の衝撃を与えることができるバネポイントを用い、入力位置は、PC 鋼材延長上の保護コンクリート側面部分(AE センサ近傍)とした。弾性波の受信には AE センサを用い、受信装置にはデジタル AE 計測システムを、AE センサには 150kHz 共振型センサを用いた。

3. 解析概要

本解析では、鋼材にグラウトおよびコンクリートを挟んで重ね合わせた 2 次元簡易モデル(図-3 参照)に衝撃荷重を与えることにより生じる変位の分布より、弾性波の伝播挙動を、有限要素法を用いて解析的に検討した。表-1 に、解析に使用した主な構成材料の材料定数を示す。構成材料はすべて弾性体と仮定した。また、モデルは平面応力状態である。両支持点においては、X、Y 方向および回転自由度をすべて拘束している。グラウトの有無が弾性波伝播挙動に及ぼす影響を調べるため、グラウト充填率を 0%、50%(図-3 の中央部分から左半分がグラウト充填部分)および 100%と変化させた。鋼材端部に入力する衝撃荷重は、図-4 に示すような波形に基づく節点荷重として与えた。

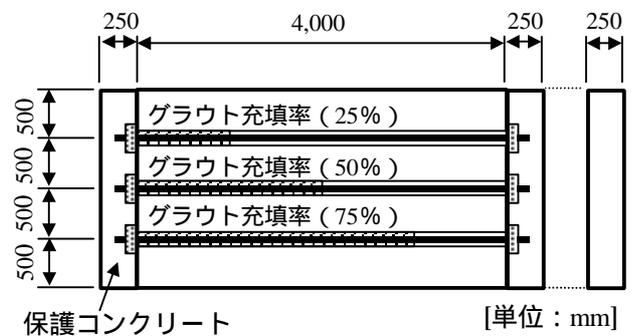


図-1 スラブ供試体



図-2 弾性波入力位置および受信位置

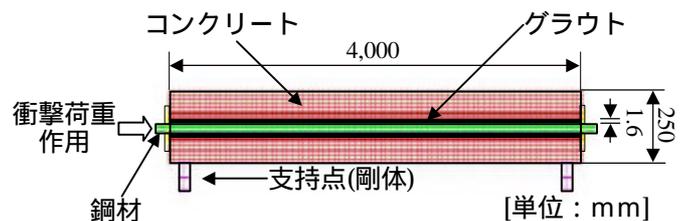


図-3 2次元簡易モデル

表-1 材料定数

構成材料	質量密度 (g/cm ³)	ポアソン比	ヤング率 (GPa)
コンクリート	2.329	0.2	31.0
グラウト	1.791	0.2	23.3
鋼材	7.896	0.3	203.3

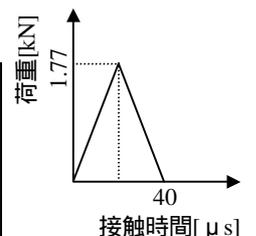


図-4 入力波形

キーワード：非破壊検査, 衝撃弾性波法, PC 構造物, グラウト充填評価, 有限要素法

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部土木工学科 TEL/FAX (058)293-2469

4. 実験結果および考察

図-5に、保護コンクリート打設前および打設後の弾性波が伝播したみかけの距離 - 伝播時間の関係を示す。これによると、保護コンクリートの有無にかかわらず、グラウト充填率が高くなるに従って、伝播時間が大きくなる傾向を示した。また、みかけの伝播距離が長くなるに従って、グラウト充填率の違いが明確になってきている。これは、入力された弾性波が、グラウトとPC鋼材が一体となった部材中をより長く伝播するほど、その影響が大きく現れることによるものと考えられる。また、保護コンクリート打設後の場合の伝播時間は、保護コンクリート打設前の場合の伝播時間よりも長くなっている。これは、保護コンクリートの有無によって、弾性波の入力箇所が異なり、これに伴って、供試体内部での弾性波の伝播形態に違いが生じたことによるものと考えられる。また、衝撃の作用箇所の材質(鋼材およびコンクリート)が異なる場合は、衝撃の継続時間にも違いが生じ、これによって、入力波の周波数帯域が変化する影響も含まれているものと考えられる。次に、2次元簡易モデルによる弾性波の伝播挙動の解析結果を弾性波入力時から0.25msおよび0.75ms後について図-6に示す。a)のグラウト充填率が0%では、鋼材部分を伝播する波と、プレートを介してコンクリート部に入力され、コンクリート部を伝播する波とがそれぞれ独立して存在する様子が伺える。このため、同一時間において、弾性波の伝播した先端部分までの距離は、その他のケースと比較した場合、もっぱら鋼材部分を伝播する波が存在するケースにおいて、最も大きくなっていることが分かる。b)のグラウト充填率が50%では、入力された弾性波は左半分(グラウト充填部分)において、鋼材およびコンクリート部にてほぼ一体となって伝播している(0.25ms後)が、中央から右半分の領域では、グラウトによる拘束の影響がなくなるため、結果として鋼材部を選択的に伝わる波が確認されている(0.75ms後)。また、c)のグラウト充填率100%では、弾性波は、鋼材、グラウトおよびコンクリート中を一様に伝播しており、他のケースでみられた各部材間での波頭の位置の違いは見られない。これにより、グラウトが存在することによって、モデル内部での弾性波伝播挙動の違いが視覚的に明らかにされた。このモデルは2次元であることや、縦波伝播速度のみが仮定されていることなどから、実験対象とは異なる面があるものの、みかけの伝播速度に差異が生じるメカニズムについては、ある程度理解できたものと考えている。

5. 結論

実験結果より、保護コンクリート打設後のスラブ供試体においても、弾性波伝播時間を用いることにより、グラウト充填率の違いによる伝播時間の差が現れることが明らかになった。また、解析において、グラウトの有無が、弾性波の伝播挙動に与える影響を視覚的に明らかにした。またこれによって、グラウト充填の評価に、みかけの伝播速度を用いることの有効性が改めて確認された。

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グラウト充填評価手法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

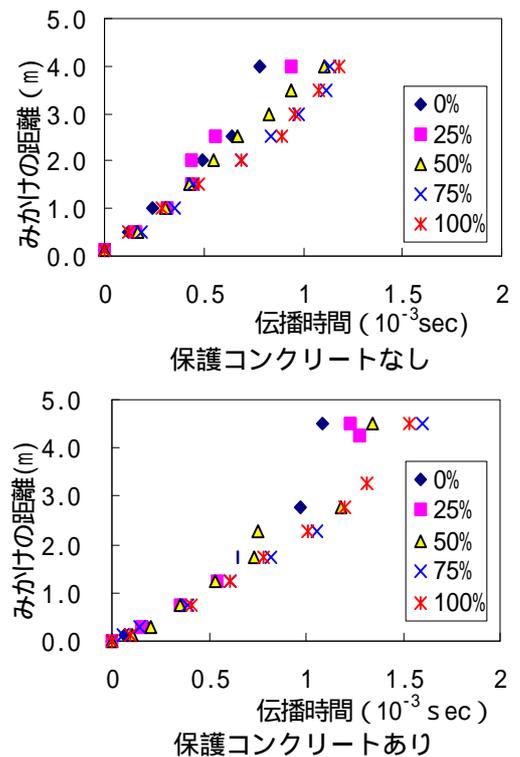


図-5 みかけの距離 - 伝播時間の関係

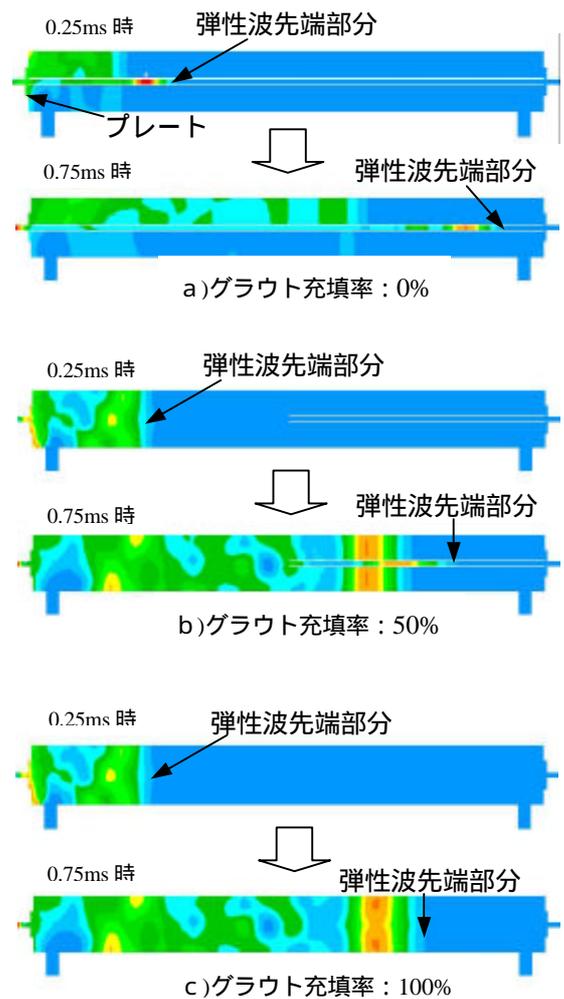


図-6 弾性波伝播挙動