第Ⅴ部門　PCグラウト充填率およびかぶりの違いが電磁パルス法で測定される最大振幅値に与える影響に関する解析的検討

大阪大学大学院工学研究科　学生員　○李　興洙　　佐賀大学大学院工学系研究科　正会員　内田　慎哉
大阪大学大学院工学研究科　正会員　鎌田　敏郎

1. はじめに

本研究では，動磁場および弾性波動解析を併用し，シース直径方向におけるグラウト充填率およびシースかぶりの違いが，電磁パルス法で測定される弾性波の最大振幅値に与える影響について把握することを目的とした．

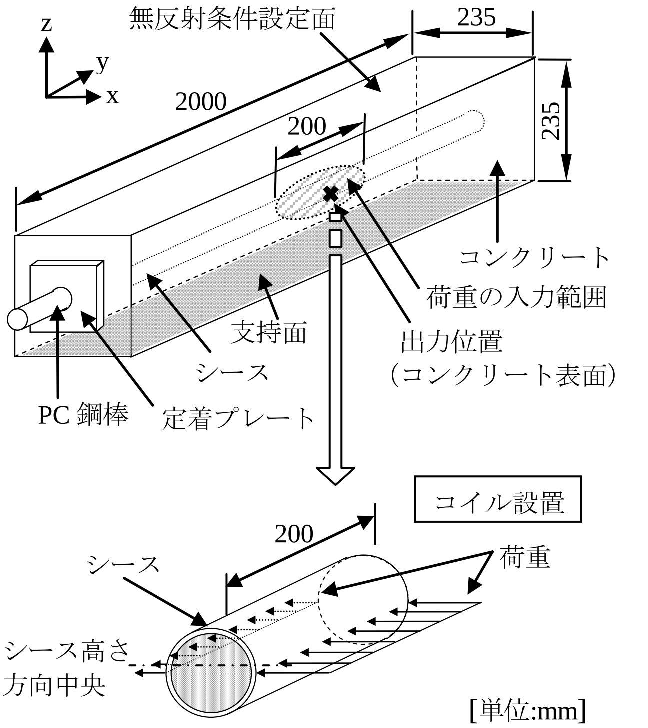
2. PCグラウト充填率の違いが最大振幅値に与える影響

2.1 解析概要

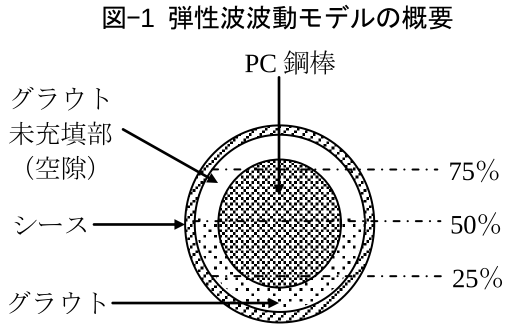
解析モデルを図−1 に示す．モデル寸法は，縦235mm×横 2000mm×奥行き 235mm である．モデル内部には，コンクリート表面から深さ 100mm の位置に内径 32mm のシースを設け，シース内部には直径 23mm の PC 鋼棒を設置した．鋼棒は定着プレートにより固定した．シース高さ方向におけるグラウト充填率の違いに 5 つのバリエーションを設けた．すなわち，「グラウト充填率」を，任意の断面におけるシース内部の全面積（PC 鋼棒を含む）に対するグラウト面積の比率として定義（図−2 参照）した上で，充填率を 0%（グラウト完全未充填），25%，50%，75%および 100%（グラウト完全充填）に設定した．なお，各充填率におけるシース長手方向のグラウト充填状況は，上記で設定したグラウト充填率と同じである．各モデルの要素は，いずれも 8 節点ソリッドとした．コンクリート要素一辺の長さは約 10mm に設定した．モデルの境界条件としては，図−1 に示すとおり，モデル下面（x-y 平面，z = 0mm）における全ての節点の x, y, z 方向の変位を固定することとした．さらに，モデル上面（x-y 平面，z = 235mm）は，節点（媒質）で波が反射しないように無反射条件とした．なお，PC 鋼棒には荷重を与えておらず，鋼棒と定着プレートの各節点は全て結合した．一方，プレートとコンクリートおよびプレートとシースの節点は結合していない．本解析における荷重入力位置は，磁場解析による電磁力作用位置を考慮して，コイル直下のシース（200mm）を対象とした．具体的には，コイル設置側シース表面の各節点およびその反対側のシース表面の各節点とした（図−1 中のシース拡大図参照）．本来は，電磁力ベクトルを x, y, z 方向成分に分けた上で，これをシース 200mm の全節点において，それぞれの方向ごとに力を作用させるべきである．しかしながら，本研究では，動磁場解析と弾性波動解析で要素数が異なるため，便宜上，図−1 に示す位置に電磁力を作用させることとした．図−1 に弾性波受振位置（出力位置）を示す．出力位置は，シース長手方向中央かつシース上のコンクリート表面の 1 節点とした．

2.2 解析結果および考察

最大振幅値比とグラウト充填率との関係を図−3 に示す．



図−1 弾性波波動モデルの概要



図−2 グラウト充填率（シース断面図）

Heungsoo LEE, Shinya UCHIDA, Toshiro KAMADA, Toshiki IWASAKI and Satoshi IWANO
lee_heungsoo@civil.eng.osaka-u.ac.jp

ここでいう最大振幅値比とは，充填率 0%の最大振幅値を 1 として，それに対する各充填率で得られた最大振幅値の比として定義した．図より，充填率が大きくなると，最大振幅値比が小さくなる傾向を示した．この結果は，充填率 0%，50%および 100%の供試体において行った著者らの実験結果(図−3 b)参照)[1] と同様の傾向である．充填率が 0%の場合，グラウトによるシースの拘束が無いため，シースは振動しやすい状況にある．これに対してグラウトの充填率が大きくなると，グラウトによる拘束が大きくなり，シース自体の振動も小さくなる．シースかぶり部分のコンクリートの減衰はいずれも同じであるため，上記の影響によりコンクリート表面で出力した波形の振幅に差異が生じたものと考察できる．ただし，充填率 75%と 100%との最大振幅値は概ね同じ値であった．この原因については，今後，詳細に検討する予定である．

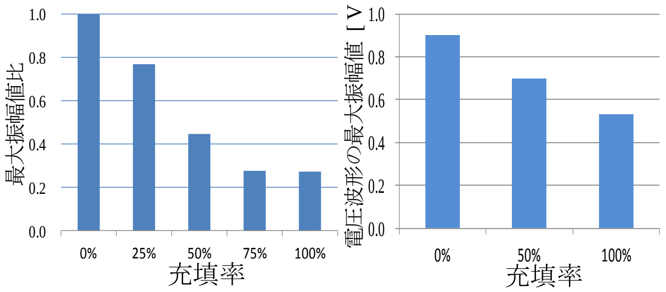
3. シースかぶりの違いが最大振幅値に与える影響

3.1 解析概要

シースかぶりの違いが最大振幅値に与える影響を把握するため，図−1 に示す解析モデルにおいて，シースのかぶりを 100，150，200 および 250mm に設定した上で，弾性波動解析を行った．グラウト充填率は，いずれのかぶりについても，0%および 100%とした．なお，各モデルの寸法，境界条件およびシースに与える荷重（電磁力）の入力位置および出力位置は 2.1 と同様である（図−1 参照）．

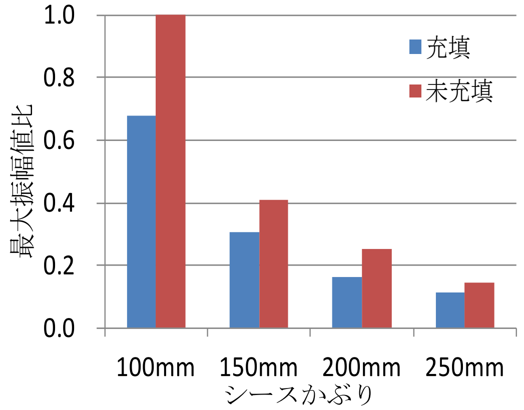
3.2 解析結果および考察

設定したシースかぶり（100，150，200 および 250mm）におけるグラウト充填（充填率 100%：グラウト完全充填）と未充填（充填率 0%：グラウト完全未充填）場合で得られた受信波形の最大振幅値比とシースかぶりとの関係を図−4 に示す．図−4 に示す最大振幅値比の定義は，かぶり 100mm の未充填の最大振幅値を 1 とし，それに対する各ケース（かぶり，充填および未充填）で得られた最大振幅値の比である．かぶりに着目すると，かぶりが大きくなるにしたがって，充填と未充填いずれの場合も振幅が小さくなっていくことが確認できる．これは，かぶり部分であるシース表面とコンクリート表面との距離が大きくなったことにより，コンクリート表面へ伝播した波が減衰したためである．一方，グラウト充填と未充填とを比較すると，かぶりの違いにかかわらず，充填の場合の振幅が未充填の場合のそれよりも小さくなっている．これは，2.2 で考察したとおり，グラウトによるシースの拘束の差によるものである．しかしながら，かぶりが大きくなると，両者の差は小さくなる傾向を示した．特に，かぶり 250mm の場合では，未充填での最大振幅値は充填の場合の約 0.8 倍程度しかないことがわかる．したがって，本解析の範囲内では，コンクリート表面で出力した波形の最大振幅値により PC グラウト充填状況を評価する場合は，適用可能なシースかぶりはおよそ 200mm 程度であると考えられる．



a) 解析結果　　b) 実験結果

図−3　グラウト充填率と最大振幅値比の関係



図−4　シースかぶりと最大振幅値比の関係

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す．

1) 動磁場解析および弾性波動解析を併用した結果，電磁パルス法で得られるコンクリート表面で出力した波形の最大振幅値は，シース内部の PC グラウト充填率と概ね相関があることが明らかとなった．

2) 電磁パルス法で得られた最大振幅値に基づき PC グラウト充填状況を評価する場合は，その評価が可能なシースかぶりは 200mm 程度である．

参考文献

1）鎌田敏郎，内田慎哉ら：弾性波による PC グラウト充填評価手法への電磁パルス法の適用に関する基礎研究，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第 9 巻，pp.39-44，2009.10