

第V部門

動磁場解析と衝撃応答解析の併用による電磁パルス法に基づくPCグラウト充填評価手法の検証

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○角田 蛍 正会員 内田 慎哉 正会員 鎌田 敏郎
 大阪大学工学部 学生員 岩崎 俊樹 大阪大学大学院工学研究科 学生員 宗像 晃太郎

1. はじめに

著者らの既往の研究では、PCの横締めを模擬した供試体を対象として、鋼製シース上のコンクリート表面およびPC鋼棒端部にセンサを設置した状態で、コンクリート表面側から非接触でパルス状の電磁力を与えた場合にセンサで受振される弾性波の最大振幅値によりグラウト充填状況を評価する手法（以降、電磁パルス法とする）を提案している¹⁾。

本研究では、まず、供試体や計測条件を基に設定したモデルにおいて3次元動磁場解析および3次元衝撃応答解析を行い、得られた解析結果と供試体実験の結果とを比較することにより解析モデルの妥当性を検証した。さらに、供試体実験の結果に基づき提案した手法の検証も併せて行なった。

2. 動磁場解析による電磁力が作用する磁性体および電磁力分布の把握

2.1 解析概要

図1に解析モデル（ハーフモデル）の拡大図を示す。マグネットワイヤにパルス幅200 μ sの電流波形を入力し、コイル周辺に瞬間的な磁束を生じさせた。

2.2 解析結果および考察

放電開始時刻から150 μ s後の磁束密度は、励磁コイル側のコンクリート表面から100mm（シースかぶり位置相当）の位置で 1.0×10^2 Tであり、105.5mm（PC鋼棒のかぶりに相当）の位置では 9.2×10^{-10} Tであった。すなわち、鋼棒のかぶり位置と想定した位置での磁束密度は、シースかぶり位置でのそれと比較して極めて小さい。これは、シースによる磁気遮蔽により、シース内部の磁束密度が小さくなったと考察できる。このことから、磁界の影響によりシースが主に振動したと考えられる。

続いて、放電後150 μ sの時刻におけるシース全体に作用する磁束密度のコンター図を図2に示す。図より、磁束密度が大きい領域は、コイル直下のシース（長さ約200mm）であることがわかった。なお、それ以外の時刻においても、磁束密度が大きくなる主な領域は、コイル

直下のシースであった。また、渦電流密度が大きくなる領域もコイル直下のシースであった。ここで、得られた磁束密度および渦電流密度から求めたシース全体に作用する電磁力の大きさの経時変化を図3に示す。この電磁力がコイル直下のシース（長さ約200mm）に作用していると仮定して、次章に示す3次元衝撃応答解析を行った。

3. 衝撃応答解析による弾性波伝播挙動の把握およびグラウト充填評価手法の検証

3.1 解析概要

供試体を模擬した解析モデルを図4に示す。モデル寸法は235mm \times 2000mm \times 235mmである。モデル内部には、

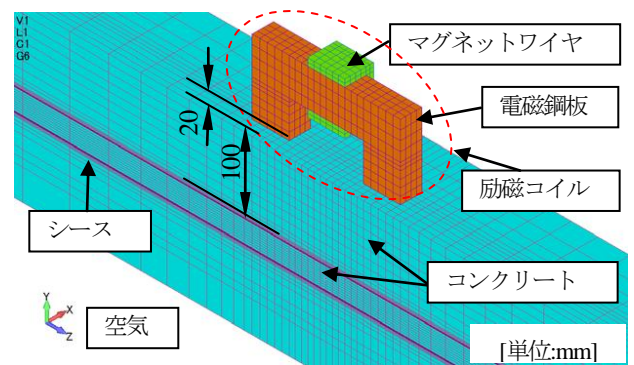


図1 動磁場解析モデル（励磁コイル周辺拡大図）

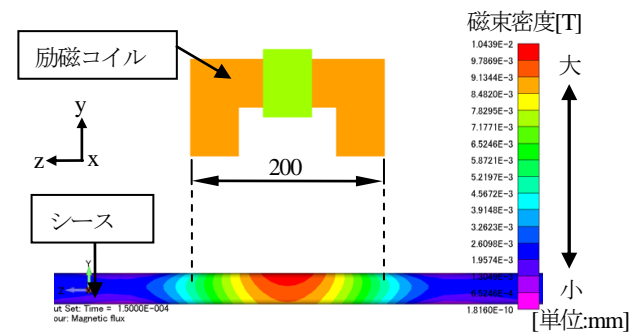


図2 シースに作用する磁束密度

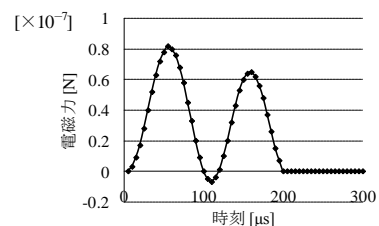


図3 シース全体が受ける電磁力の時刻歴波形

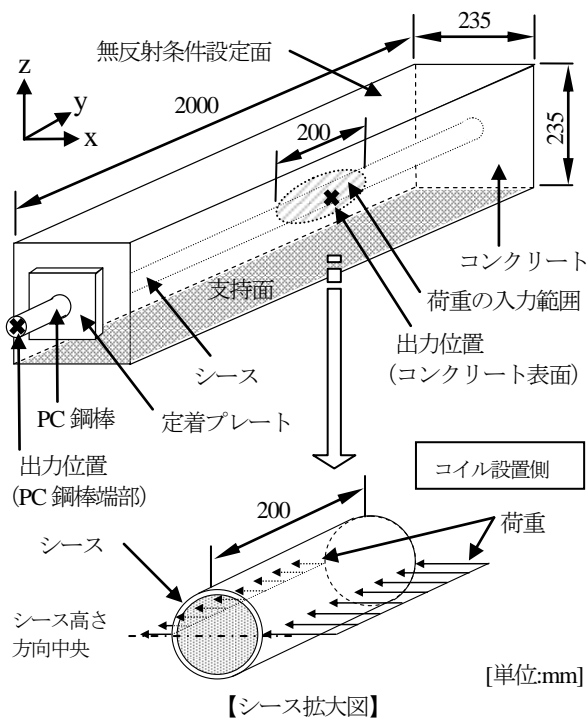


図4 衝撃応答解析モデル概要

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。本解析では、「グラウト充填モデル」と「グラウト未充填モデル」の 2 ケースのモデルを作成した。各構成材料の要素は、いずれも 8 節点ソリッドとし、要素一辺の長さは約 4mm に設定した。境界条件は、図 4 に示すとおり、モデル下面 (x-y 平面, z = 0mm) における節点の変位を全方向固定とした。

電磁力の作用位置は、コイル直下のシース (200mm) 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 4 中のシース拡大図参照)。荷重の入力値には、図 3 に示す電磁力の時刻歴波形を用いた。

図 4 に弾性波受振位置 (出力位置) を示す。供試体実験の場合と同様に、シース長手方向中央かつシース上のコンクリート表面および鋼棒片端部の 1 節点とした。

3.2 解析結果および考察

グラウト充填および未充填モデルにおけるコンクリート表面および PC 鋼棒端部で出力した波形の最大振幅値を図 5 にそれぞれ示す。コンクリート表面におけるグラウト未充填モデルの最大振幅値は、充填モデルよりも約 1.5 倍大きい。グラウト充填の場合、シースの振動がグラウトにより拘束され、振幅値が小さくなったと考えられる。一方、PC 鋼棒における未充填モデルの最大振幅値は充填モデルよりも著しく小さい。グラウトが存在しない

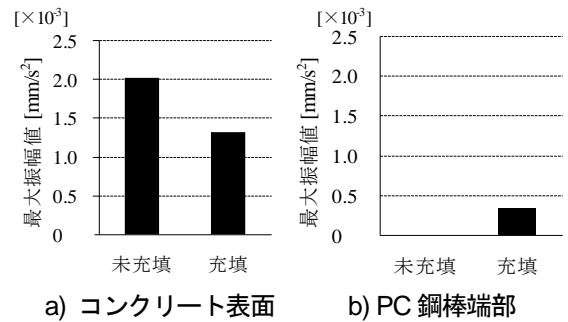


図5 コンクリート表面および PC 鋼棒端部における受振波の最大振幅値 (解析結果)

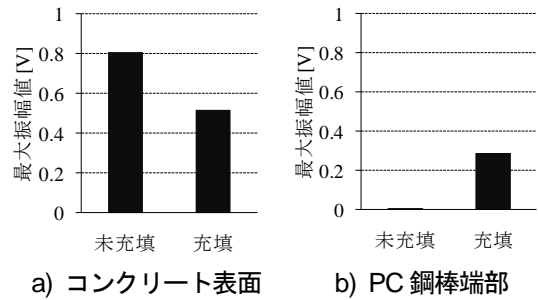


図6 コンクリート表面および PC 鋼棒端部における受振波の最大振幅値 (実験結果)

ため、シースの振動が鋼棒に伝達されないと考えられる。いずれのモデルにおいても、既往の実験¹⁾で得られた最大振幅値の傾向とほぼ一致した (図 6 参照)。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 本研究では、電磁パルス法を適用した場合の供試体内部での電磁力分布や弾性波挙動を、動磁場解析および衝撃応答解析により再現する上で必要となる解析モデルについての検討を行い、これに適した条件を見出した。
- (2) 磁場解析および衝撃応答解析を併用した結果、グラウト未充填および充填の有無を電磁パルス法により評価する場合は、最大振幅値が有効な評価パラメータであることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 角田 蛸, 鎌田敏郎, 内田慎哉, 宗像晃太郎, 稲熊唯史: 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

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金 (若手スタートアップ 21860055) の援助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表す。