

I-A58 超音波法によるPCグラウト充填度の一評価法

東京工業大学工学部 学生員 玉置 郁

東京工業大学工学部 正 員 廣瀬壮一

東京工業大学工学部 学生員 山田 敦

1. はじめに

近年 PC 構造物においてシース管内のグラウト充填不足による劣化が非常に懸念されており、グラウト充填度評価は大変重要であると言える。しかしながら、PC グラウトの充填度評価に関する研究は現在までに数多く成されているものの、未だ確立されておらず、現場においてはグラウトの流出確認に依っているのが現状である。本研究は、グラウト充填度検査における、試験の簡便性・再現性の面から見て最も適切であると考えられる超音波法を考え、既往の研究ではあまり報告されていない断面高さ方向での充填度評価を、室内実験・数値解析により検討を行うものである。具体的には、実験で得られた時間域のデータを周波数域のデータに変換し、Auld による相反定理公式¹⁾を用い、充填度を示す指標 $\delta \Gamma$ と周波数の関係を求めることにより、充填度評価を行うものである。

2. 実験の概要

実験供試体図1は $\phi 38(\text{mm})$ のシース管を有する $15 \times 15 \times 40(\text{cm})$ のコンクリート供試体である。供試体の上面に2個の探触子(ジャパソフコープ社製 N00528、 $\phi 28 \text{ mm}$ 、共振周波数 500KHz)を設置して、一方の探触子に電圧を入力して入射波を発信し、もう一方の探触子で PC 鋼棒によって反射・散乱された波動を受信した。鋼材を対象とした超音波探傷ではインパルス電圧を入力するのが一般的であるが、本研究ではコンクリート材料を対象として、低周波域での特性を検討することから、ファンクション・ジェネレータによって発生させたステップパルスを広帯域アンプで増幅して送信探触子に入力した。得られた受信波形は裏面からの反射波が含まれないように、ウィンドウ処理した後、FFT を用いて周波数域のデータに変換した。実験ケースは、図2に示す様な充填度(0,50,70,100%)について、同一供試体において測定した。なお、測定時において、探触子の接触状態を一定に保つように、探触子は、パネによって押しつけて固定した。また、PC 鋼棒は、グラウトの充填作業の都合上、緊張力は導入していない。

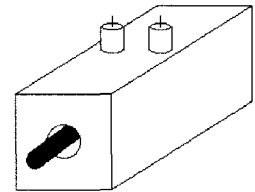


図1 供試体概略図

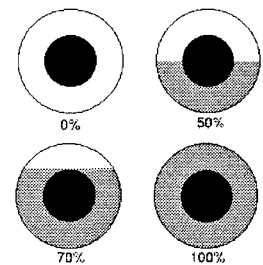


図2 充填度

3. Auld の相反定理公式と充填度評価

今、実験において2つの状態を考える。供試体に固定された二つの探触子をそれぞれ、探触子A・探触子Bとすると、一つは、グラウト未充填時において、探触子Aを送信探触子とし、探触子Bを受信探触子として超音波を計測した場合であり、もう一つは、グラウトがある程度充填された時(本実験では、50・70・100(%))に、探触子Bを送信探触子とし、探触子Aを受信探触子として波を計測した場合である。前者の場合において得られた受信電圧のフーリエ変換を $\Gamma(f)$ とし、PC 鋼棒とコンクリートの界面 S_r 上の変位速度・表面力をそれぞれ v, T とする。また、後者において得られた受信電圧のフーリエ変換を $\Gamma'(f)$ とし、PC 鋼棒上の変位速度・表面力をそれぞれ v', T' とする。

Auld の公式とは、探触子とコンクリート供試体が占める領域における二種類の電磁場-弾性波動場に対するキーワード：グラウト充填評価、非破壊試験、超音波、Auld の相反定理、境界要素法

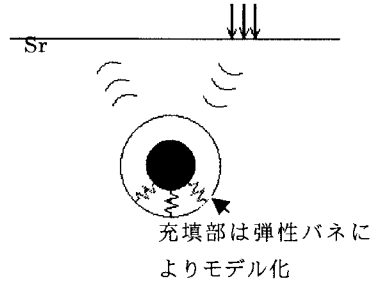
連絡先：〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1 東京工業大学工学部 廣瀬研究室 (03-5734-2692)

して相反定理を適用したものである。上述の二つの電磁場－弾性波動場に Auld の公式を適用し次式を得る。

$$\delta \Gamma(f) = \Gamma'(f) - \Gamma(f) \propto \int_S (\mathbf{v}' \cdot \mathbf{T} - \mathbf{v} \cdot \mathbf{T}') \cdot \mathbf{n} dS \quad (1)$$

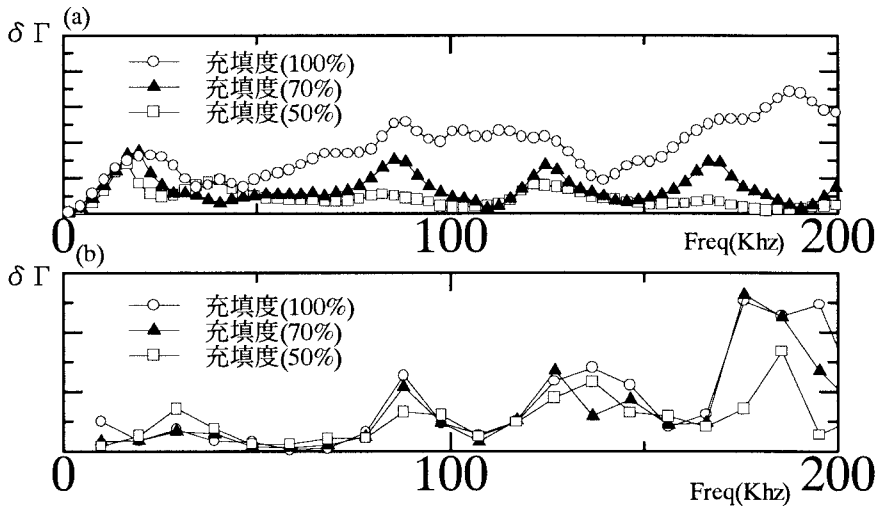
式(1)の右辺における変位速度 $\mathbf{v}$, $\mathbf{v}'$ や表面力 $\mathbf{T}$, $\mathbf{T}'$ は数値計算によって求める。本研究では、図3に示すような2次元半無限弾性体における散乱問題としてモデル化を行い、境界要素法によって境界 S_r 上における変位および表面力を求めた。

本研究におけるグラウト充填度評価は、実験と解析によって得られた $\delta \Gamma(f)$ を比較することにより行われる。すなわち、様々なグラウトの充填度に対して式(1)の右辺の積分を解析的に求めておき、実験から得られる $\delta \Gamma(f)$ と比較してグラウト充填度の推定を行うものである。



4. 結果

図4は、解析と実験により得られた、各充填度における、 $\delta \Gamma$ と周波数の関係を示したものである。（縦軸： $\delta \Gamma$ 、横軸：周波数（KHz）。）



解析結果は、約 50～100、150～200KHz の範囲において、各充填度による差が明確に現れている。具体的には、充填度が高くなるにつれて、 $\delta \Gamma$ の値が大きくなっている。

一方実験結果では、 $\delta \Gamma$ の周波数に対する応答の山谷は、解析結果とある程度一致しているが、解析結果ほど、各充填度による $\delta \Gamma$ の差が明確には現れていない。コンクリートの不均質性、探触子の特性、シース管の影響などが $\delta \Gamma$ の差を不明確にしていると考えられる。

5. 結論

本研究により、予め対象とする実構造物における解析を行い、充填度と周波数の関係を明らかにし、実際の測定により得られたデータを解析結果と比較することにより、充填度を判定することが出来る可能性が示された。今後は、追加実験・解析により、本研究の信頼性を向上させていく予定である。

参考文献

- 1) B.A.Auld. General Electromechanical Reciprocity Relations Applied to the Calculation of Elastic Wave Scattering Coefficients, Wave Motion, Vol1, pp.3-10, 1979.