

PC グラウト充填評価のための弾性波パラメータに関する基礎的検討

岐阜大学 学生員 ○浅野雅則 国枝泰祐
 岐阜大学 正会員 鎌田敏郎 六郷恵哲
 (株)安部工業所 正会員 今尾勝治 高野茂晴

1. はじめに

PC グラウト充填評価には衝撃弾性波法が有効であると考えられる。これに関連して、著者らは評価に弾性波伝播速度を適用し、その有効性を明らかにしている¹⁾。しかしながら、弾性波伝播速度は、構成材料の材質（品質）により影響を受けるため、その絶対値のみによりグラウトの有無を評価することが難しい場合もある。これは、伝播速度が、受振波形における波頭の到達時間のみにより決定されるものであるため、速度変化の要因が材質変化によるものか、あるいはグラウトの有無によるものの区別ができないことによる。このため、ここではグラウトの有無による影響をより反映しやすいと考えられるパラメータの適用が望まれる。

そこで本研究では、弾性波の伝播速度に加えて、波形の特性値として受振波形の立上がり時間²⁾（risetime）に着目した検討を行う。グラウトが存在する場合、PC 鋼棒中を伝播する弾性波がグラウト部分に分散することにより減衰し、波形が変形する。したがってこの場合はグラウトがない場合と比較して立上がり時間は長くなることが考えられる。一方、PC 鋼棒を伝播した弾性波の周波数成分にも着目し、これと立上がり時間との関係について考察を行い、立上がり時間の変化する要因を詳細に検討した。

2. 実験概要

図-1 に、実験で用いたスラブ供試体を示す。寸法は、長さ：6000×幅：2000×厚さ：250mm である。PC 鋼材には PC 鋼棒（φ23mm）を、シースにはコンジットシース（φ35mm）を用いた。グラウト充填度は、0, 25, 50, 75, 100%である。

弾性波の入力には、打撃装置を用いた。この装置の打撃部は鋼製で球状となっており、パルス状の弾性波を入力できるものと考えられる。打撃位置は図-2 に示すように PC 鋼棒端部とし、グラウト充填側および未充填側の両方について行った。弾性波の受振にはデジタル AE 計測システムを用い、2ch にて計測を行った。AE センサ（150kHz 共振型）は、コンクリート端部の定着プレートに貼付した。本実験では、2 センサ間の伝播時間を計測するとともに、立上がり時間（risetime）の記録も行った。立上がり時間は、図-3 に示すように、振幅が最初にしきい値を超えてから最大値に至るまでの時間として定義した。

一方、波形そのものを記録し、その周波数特性を把握するため、別途、加速度計（周波数範囲：0.1～45kHz）を用いた計測も実施した。加速度計の貼付位置は、PC 鋼棒端部とした。受振された波形はアンプを介し、A/D 変換器を通してパソコン上に記録した。その後、FFT により周波数分布を求めた。なお、打撃は1つのケースについて10回行った。

3. 実験結果および考察

3.1 弾性波伝播速度

図-4 に弾性波伝播速度の計測結果を示す。この図によれば、グラウト充填度が大きくなるにしたがって伝播速度は徐々に小さくなる傾向が見られる。また伝播速度は、未充填側打撃のほうが充填側打撃の場合よりもグラウト充填度 25 および 50%において若干大きな値を示しているものの、両者はほぼ同様の値となっている。以上のように、本実験においても、グラウト充填度と伝播速度の間には、良好な相関関係が認められた。また、鋼棒端部において打撃および受振を行う場合は、打撃方向は伝播速度にはほとんど影響を及ぼさないことが明らかとなった。

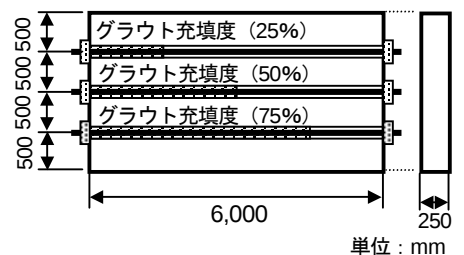


図-1 スラブ供試体

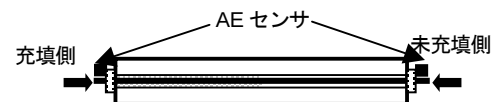


図-2 弾性波の入力および受振位置

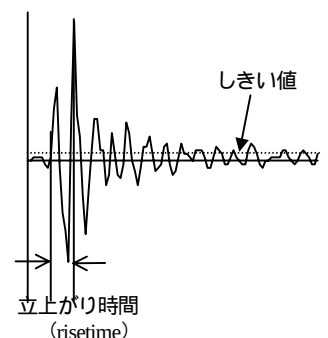


図-3 受振波形の一例

キーワード：非破壊検査、衝撃弾性波法、弾性波伝播速度、立上がり時間、周波数分布

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

3.2 立上がり時間

図-5 に、グラウト充填度と立上がり時間の関係を示す。この図によると、グラウト充填度が 0 ~ 75%の間では、立上がり時間にはほとんど変化が見られない。これに対して完全充填の場合（100%）は、値に大きな変化が見られた。これは、図-4 で示した弾性波伝播速度とは異なる傾向である。これらより、弾性波伝播速度はグラウト充填率（空隙率）とともに徐々に変化するパラメータであるが、立上がり時間は空隙のある場合となし場合とを明瞭に区別できるパラメータであると考えられる。PC 鋼棒に入力された弾性波では、グラウトが存在する場合は、すでに述べたとおり、グラウトによる拘束の影響を受けて波形が変形したためと考えられる。

ここで、立上がり時間が変化する理由を、波形の周波数特性の観点から明らかにするため、受振波の周波数分布を求めた。得られた周波数分布を図-6 に示す。

これらの図によれば、グラウト充填度が 0 ~ 50%の間では、全体的な分布形状やスペクトルの強さは異なるものの、いずれの場合でも 12 および 16kHz 付近にピークが存在していることがわかる。したがってこれらのケースにおいては、本質的には波形の変形は比較的变化が極めて小さいものと考えられる。立上がり時間がこの範囲において顕著な差を生じないのはこのことによるものと考えられる。また 75%の場合では、ピーク位置に変化はないものの、0 ~ 50%での結果とは異なり、12kHz 付近のピークが 16kHz 付近のピークに比べより卓越した形状となっており、分布形状に違いが見られた。この場合の立上がり時間は 0 ~ 50%の場合と比較すると大きくなっているが、顕著な差は見られなかった。これはピーク周波数自体が変化していないためであると考えられる。これに対し 100%の場合では、0 ~ 75%までには見られなかった 6kHz 付近に明確なピークが存在している。立上がり時間は 100%では飛躍的に大きくなっていることから、伝播してきた波形の周波数成分の変化の影響が大きくあらわれたことによるものと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) 弾性波伝播速度は、グラウト充填度が大きくなるにしたがい徐々に小さくなることが確認された。
- (2) 波形の特性として立上がり時間を用いた場合、弾性波伝播速度と比較して空隙の存在の有無がより明確に評価できる可能性が示された。
- (3) 受振波形の周波数成分と立上がり時間との対応を検討した結果、周波数分布において特徴的な変化が見られたものでは、立ち上がり時間でも大きな変化が見られた。したがって、立上がり時間は波形の周波数成分と関係するパラメータであることがわかった。

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
- 2) （社）日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の診断のための非破壊試験法研究委員会報告書，pp.28-29，2001

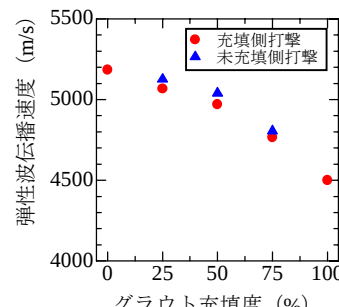


図-4 弾性波伝播速度

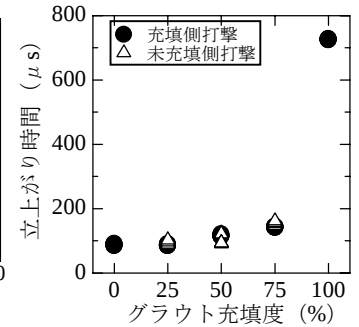
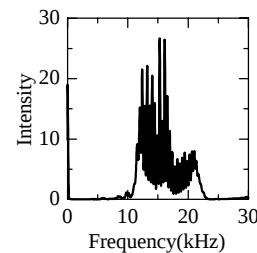
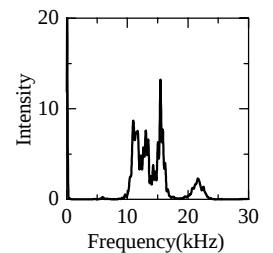


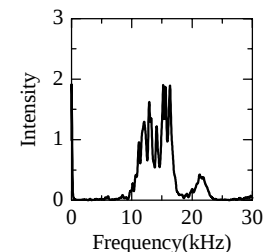
図-5 立上がり時間



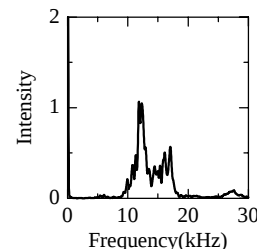
(a) グラウト：0%



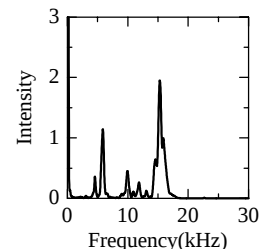
(b) グラウト：25%



(c) グラウト：50%



(d) グラウト：75%



(e) グラウト：100%

図-6 周波数分布