

コンクリート中を透過する弾性波の速度に与える骨材量・骨材形状の影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○高江直樹 正会員 岡崎慎一郎 氏家勲

1. はじめに

現在、コンクリート構造物診断において非破壊による健全性の検査が行われている。非破壊検査の方法の一つに弾性波を用いるものがあり、本手法では検査する物質を透過する弾性波速度からコンクリートの密実性や、コンクリートに発生したひび割れ深さを知ることができる。また、将来的にはコンクリート内部の損傷や、鉄筋の断面欠損までを非破壊によって同定できる可能性を持っている。しかし、この方法にはいくつか問題がある。コンクリートはセメント・骨材による不均質な複合材料であり、透過中に骨材や空隙などによって減衰や分散などを起こすことが考えられる。測定精度を十分に確保するためには、コンクリート中を透過する弾性波の挙動を明らかにする必要がある。

そこで、本研究ではその中でも骨材量・粒径の変化による弾性波速度に与える影響を定量化することを目的とする。

2. 供試体および実験概要

本研究は、現在現場コンクリートの品質評価に汎用されている弾性波透過試験において、骨材量・骨材形状がコンクリート中を伝播する弾性波の速度に与える影響を調べることを目的としている。使用する供試体とその材料、実験概要を以下に記載する。

本研究では供試体 $\phi 10 \times 20 \text{cm}$ の円柱供試体を使用する。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、骨材の沈降を防ぐため $W/C=30\%$ で、モルタル供試体と骨材形状の均一なモデルとしてガラスビーズを用いたものを打設した。体積率による影響を調べるために、体積中の骨材率 0, 10, 30, 50, 60 の 5 パターンを作製した。また、粒径による影響も調べるためガラスビーズは 1, 3, 5mm の 3 種類を用いた。打設後は 24 時間後に脱型を行い、 20°C の恒温水槽で脱型から 27 日間水中養生を行った。養生後は、実験を行う際にプローブとの接触を良くするため表面をグラインダーで研磨し、水平に加工した。

弾性波透過試験は探触子に広帯域垂直探触子を用いた。得られたデータを波形に変換し、波形の第一波と第二波から位相速度を計算した。計算値は体積率をもとに計算した。計算式は以下のとおりである。

$$\text{位相速度} : v = 2L/T \quad \text{—(1)}$$

$$\text{理論値} : v' = 1/\{x/v_s + (1-x)/v_p\} \quad \text{—(2)}$$

ここで、 L : 供試体長さ、 T : 第一波と第二波の時間差、 x : 骨材率、 v_s : 骨材速度、 v_p : ペースト速度である。

3. 実験結果

骨材における体積率の変化による速度を図 1～3 に示す。どの供試体においても、骨材体積率が上昇するにつれて位相速度が増加している。細骨材を構成しているおもな物質である石英の弾性波伝播速度は理科年表によるとおよそ 6000m/sec 、といわれている。またガラスビーズは 5440m/sec で、どれもセメントペーストの弾性波伝播速度 $3000 \sim 4000 \text{m/sec}$ よりも高い値である。このため、弾性波伝播速度の高い骨材体積率が増加するにつれて、

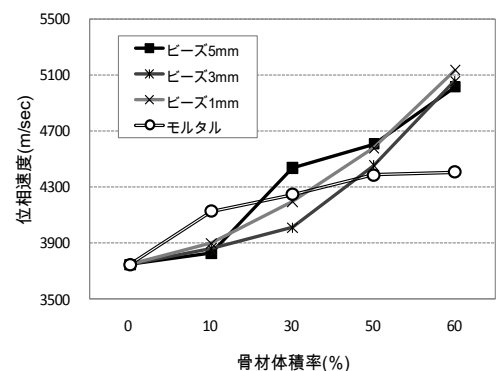


図1 体積率による速度変化

キーワード

連絡先 〒790-8577 愛媛県松山市文京町3番 愛媛大学工学部 089-927-9815

供試体全体の伝播速度も増加したと考えられる。よって、骨材体積率が高いほど伝播速度は速くなる。理論値と比較するとモルタルにおいては、低体積では実測値が計算値よりも大きく、高体積では理論値が実測値を上回っている。ガラスビーズは理論値とほぼ一致をしているが、体積率 60% の場合にずれが確認された。これは骨材形状による影響と考えられる。

理論値と実測値の速度の違いは、骨材の形状による影響が考えられる。伊東・魚本による文献 1) では、モデル骨材として球状のものと立方体のもので実験しており、骨材が球状である方が伝播速度は速くなると述べられている。高体積率のガラスビーズにおいては供試体中にビーズがかなり密に充填されておりビーズ同士が接触している。そのため弾性波が伝播する際に伝播速度の速いビーズ部分を優先的に透過し、計算値よりも大きい値となったと考えられる。また低体積率においては計算値とほぼ同様の値を示している。不均一な骨材をもつモルタルでは、低体積率と高体積率で計算値と実測値の関係が異なっている。低体積率においては長い骨材同士が接触し、その骨材を伝播することにより、実測値が計算値よりも早くなったと考えられる。高体積率では複雑な形状の骨材周りに遷移体が多く発生することで理論値よりも遅い速度となったと考えられる。よって、弾性波伝播速度は骨材形状に影響を受け増減することが言える。

骨材の粒径による速度変化を図 4 に示す。なお、モルタル供試体に関しては骨材径が 5mm 以下ではあるが不均一なため、ここでは考慮に入れていない。粒径の変化に対して大きな速度変化はない。よって、粒径が伝播速度に与える影響はこの範囲では少ないといえる。

4. まとめ

本研究では、コンクリート中の骨材量・粒径の変化が弾性波速度に与える影響を解明することを目的とし、実験的検討を行った。以下にこの実験で得られた結果をまとめる。

全体積中を占める骨材の体積率が増加すると、弾性波の伝播速度も増加する。コンクリートに使われる骨材はセメントペースト部分よりも伝播速度が速いため、骨材の体積が増加するほど比例して伝播速度も増加することが確認できた。

骨材の形状によって弾性波の伝播速度は影響を受け、増減する。

骨材の粒径が変化しても、弾性波の伝播速度には影響を受けない。コンクリート中の骨材が同体積の場合、骨材の粒径が異なっても伝播速度には影響がなかった。

今後、コンクリートに弾性波試験を適用するには、骨材粒径については現場で使用されているコンクリートに関してはあまり影響がないと言える。また実構造物においても骨材率はほぼ 70% で影響がないと言える。一方で骨材形状はモルタルと同じく複雑で、弾性波速度に関しても同様の挙動を示すことが考えられる。さらに使用骨材の種類によって音速が変化するので考慮する必要がある。

参考文献

- 1) 魚本健人，加藤潔，広野進：コンクリート構造物の非破壊検査，森北出版，1990
- 2) 伊東良浩，魚本健人：粗骨材の形状，配置が弾性波の伝播速度に与える影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.16，No.1，1994
- 3) 岩波光保，大即信明，二羽淳一郎，鎌田敏郎，長瀧重義：コンクリート中における弾性波挙動に関する基礎的研究，土木学会論文集 No.627/V-44,223-238P,1999

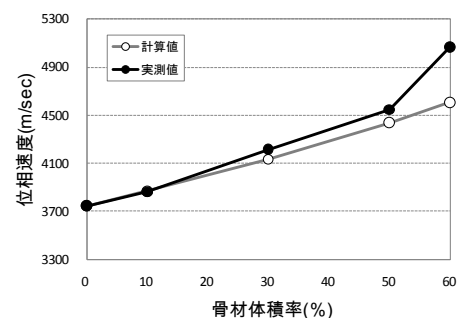


図2 実測値と計算値(ガラスビーズ)

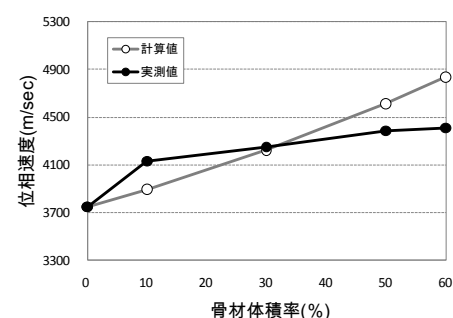


図3 実測値と計算値(モルタル)

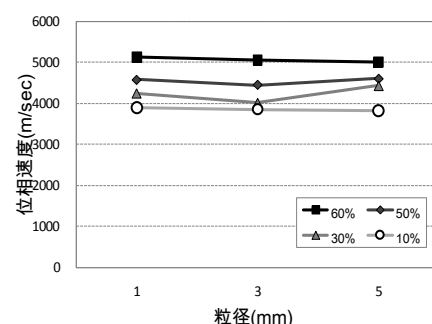


図4 粒径による速度変化