

空隙分散構造に対する共振法の適用性検討

東北大学 学生会員 ○夏目 泰輔 東北大学 学生会員 神宮 裕作
東北大学 正会員 山口 潤 東北大学 正会員 内藤 英樹

1. はじめに

近年、高度経済成長期以降に整備されたインフラが老朽化し、それに伴う事故が発生している。今後、このような老朽化が招く事故が増加することが予想される。舗装分野についても、コンクリート舗装やアスファルト舗装などの施工品質管理や維持管理が問われている。しかし、未だに舗装に対しての非破壊検査が確立されていない。現在、空隙が分散する構造を有する舗装の層間剥離を非破壊検査で調査する需要が高まっている。非破壊検査の既存の方法であるレーダー探査では波長が短い為に空隙で散乱してしまう。また、別の方法である FWD 試験では局所的な層間剥離を同定することが難しい¹⁾。著者らは、これまで強制加振実験によるコンクリート内部のひび割れ評価を検討してきた²⁾。本手法は、ひび割れによる共振周波数の低下を捉えるものであり、層間剥離の同定を試みる前段階として、空隙分散構造の空隙評価への適用の可能性を検討すべきである。そこで、空隙分散構造を模した供試体を作製し、本手法による空隙評価の可能性を検討した。

2. 実験概要

2.1 供試体作製

本実験で作製した供試体は、2種類に大別される。供試体シリーズ1は、実際の舗装構造に使用されている骨材(大きさ25mm)と対応させ、ガラス玉($\phi=25\text{mm}$)を骨材とみなし、表面にモルタルペーストを薄く塗り、サミットモールド($\phi=100\text{mm}\times 200\text{mm}$)内に積み上げて作製した供試体である。完成した供試体を写真-1に示す。以下、この供試体をガラス玉供試体という。この供試体作製と併せ、比較としてガラス玉供試体の周りを全てモルタルで完全充填した供試体も作製した。作製方法としては、振動機を使用しガラス玉以外の場所にモルタルを流し込んだ。完成した供試体を写真-2に示す。以下、この供試体をガラス玉充填供試体という。供試体シリーズ2は、球体発泡スチロール($\phi=25\text{mm}$)を空隙とみなし、モルタルの中に混入させた供試体である。本実験の目的は、空隙分散構造が異なる供試体に対する共振法の適用性検討、及び空隙率と共振周波数の関係を整理する事であるため、空隙率0%から10%毎に40%まで変化させた5種類の供試体を作製した。以下、空隙率0%の供試体を健全供試体、空隙率10%から40%の供試体を空隙率10%、空隙率20%、空隙率30%、空隙率40%という。また、ガラス玉供試体の空隙率は約42%と計算された。また、供試体を作製する際にばらつきも考慮し、各場合(7種類)の供試体につき3体ずつ作製し合計で21体作製した。使用するモルタルの示方配合は空気量2.5%、混和剤無し、水セメント比60%、セメント:細骨材=1:3として計算した。使用したモルタルの圧縮強度は 30.1N/mm^2 、動弾性係数は 23900N/mm^2 、密度は 2060kg/m^3 であった。

2.2 測定項目・測定方法

本実験では、正弦波掃引試験を行った。周波数範囲をガラス玉充填供試体以外の供試体については2000~10000Hzの範囲、ガラス玉充填供試体を3000~15000Hzとし、共振曲線(応答加速度-周波数曲線)を得た。供試体の片側に加振機を設置し、もう一方の側に加速度センサを設置し、両側から測定する場合(以下、両側測定という:写真-3)と、片側のみに加振機と加速度センサの両方を設置して測定する場合(以下、片側測定という:写真-4)の2種類の 방법으로測定を行った。また、供試体1体につき各測定方法で2回ずつ測定を行った。特に今後の舗装に対する非破壊評価への応用を考えると、道路上面から実施できる片側測定は不可欠であり、本研究ではその妥当性や精度を比較するため、両側測定も併せて実施した。

キーワード 非破壊試験, 振動試験, 空隙

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL:022-795-7449 FAX: 022-795-7448

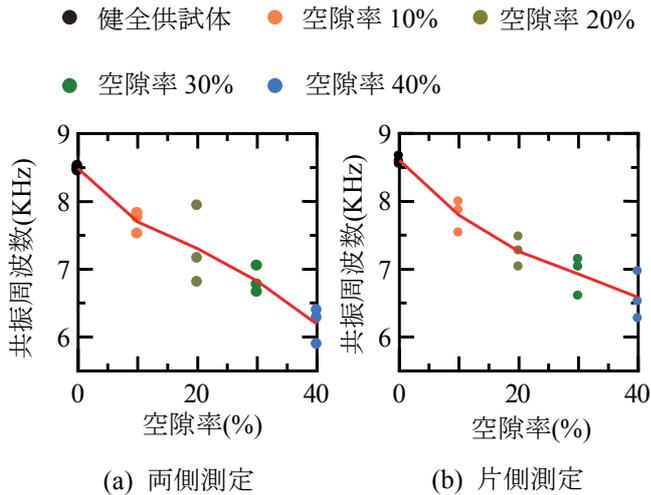


図-1 共振周波数-空隙率関係



写真-1 ガラス玉供試体



写真-2 ガラス玉充填供試体



写真-3 両側測定



写真-4 片側測定

3. 実験結果

供試体の測定結果を図-1にまとめる。供試体シリーズ1の測定結果について記す。両側測定の場合、ガラス玉供試体とガラス玉充填供試体のそれぞれの3供試体の平均共振周波数は4793Hz, 10835Hzとなった。一方、片側測定の場合、4771Hz, 10634Hzとなった。次に、供試体シリーズ2の測定結果を図-1に示す。図-1では、3供試体の各測定値をプロットし、平均値を直線で結んでいる。健全供試体から空隙率40%までの測定結果は順に、両側測定の場合、8484Hz, 7700Hz, 7303Hz, 6826Hz, 6190Hzとなり、片側測定の場合、8604Hz, 7798Hz, 7260Hz, 6928Hz, 6585Hzと測定された。以上の結果から空隙によって共振周波数が大きく下がったことが確認できた。この結果について式(1)を用いて考察する。

$$f = \frac{1}{T} = \frac{c}{2L} \tag{1}$$

ここで、 f は共振周波数、 T は周期、 c は音速、 L は供試体長さである。式(1)より周波数 f は音速 c の大小に依存する。本実験の媒質の音速はガラス玉:5400m/s, モルタル:3400m/s, 空気:340m/sである。このことから、供試体シリーズ1のガラス玉と薄いモルタルから構成されるガラス玉供試体の見かけの音速がガラス玉充填供試体より低くなり、共振周波数の値が低くなったと考えられる。また、シリーズ2の供試体についても、空気とみなせる発泡スチロールの増加に伴い、見かけの音速が低くなるので、共振周波数の値が低くなったと考えられる。このことは、空隙により剛性が低下し、共振周波数の低下が示されたとも考えられる。また、両側と片側の測定法による結果の違いは少なかった。従って、片面のみからでも測定ができることが示唆された。

4. まとめ

空隙分散構造に対して、共振周波数の低下によって空隙率を推定できる可能性が示唆された。また、本手法は片側つまり道路上面のみからの測定が可能であった。上記は限られた実験条件によって得られた知見であり、今後、広範な諸元や実験条件に対して基礎データを収集・分析し、舗装の締固め評価、品質評価、健全性評価への応用を検討する予定である。

参考文献

- 1) 河村直哉, 坪川将丈, 加藤絵万:FWDによるコンクリート舗装の空洞検出方法, 土木学会論文集 E1, Vol.73, No.1, pp.1-11, 2017.
- 2) 内藤英樹, 小林珠祐, 土屋祐貴, 杉山涼亮, 山口恭平, 早坂洋平, 安川義行, 鈴木基行:局所振動試験に基づく道路橋RC床版の内部損傷評価, 土木学会論文集 E2, Vol.73, No.2, pp.133-149, 2017.