

鋼繊維補強モルタルの繊維分布状況の非破壊評価への弾性波法の適用

大阪大学大学院 学生会員 ○岩崎 俊樹 正会員 内田 慎哉 正会員 鎌田敏郎
大阪大学大学院 学生会員 中野 陽子 学生会員 角田 蛍 学生会員 李 興洙
京都大学大学院 正会員 塩谷 智基 学生会員 河合 啓介

1. はじめに

本研究では、鋼繊維補強モルタルの繊維分布状況を非破壊で評価する手法に関する基礎研究として、繊維の混入状況にバリエーションを設けた鋼繊維補強モルタル供試体を対象に、I：二探触子対面配置による手法、II：弾性波速度コンターマップによる手法<sup>1)</sup>および III：弾性波速度トモグラフィによる手法の検討を行った。各手法の有効性を検証するため、測定位置における切断面での繊維分布状況を目視により確認し、非破壊評価結果と比較した。

2. 供試体概要

供試体寸法は、幅 100mm、高さ 100mm、長さ 400mm である。供試体の体積に対して 0.75%の鋼繊維を混入した鋼繊維補強モルタル（供試体 A）を作製した。また、鋼繊維補強モルタルを高さが約 30mm となるように打設し、その上に鋼繊維を混入していないプレーンモルタル（高さ約 70mm）を打ち重ねた供試体（供試体 B）も併せて作製した。上記の鋼繊維補強モルタルおよびプレーンモルタルの水セメント比は、いずれも W/C=53%である。なお、使用した鋼繊維は、幅 1.3mm、厚さ 0.50mm、長さ 30mm である。

3. 二探触子対面配置による手法

3.1 計測概要

計測対象断面は、いずれの供試体においても、供試体の長手方向の中央とした。まず、写真 1 に示すとおり、供試体の上面側から 8mm の位置の供試体両側面に発信および受信センサをそれぞれ設置し、供試体幅方向に伝搬する弾性波の伝搬時間を測定した。続いて、発・受信センサをそれぞれ底面側に 17mm 間隔で順次走査し、上面から 93mm の位置となるまで、計 6 点で計測を行った。なお、伝搬速度は、センサ間距離を伝搬時間で除すことにより算出した。

3.2 計測結果および考察

計測結果を図 1 に示す。いずれの計測点においても供試

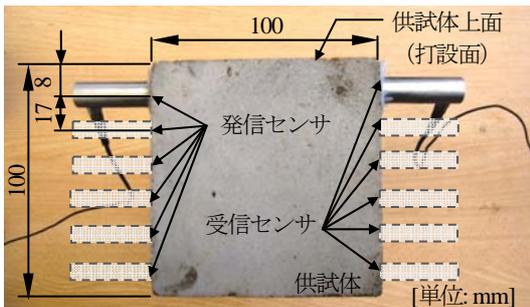


写真 1 二探触子対面配置による計測概要

体 A の速度が大きくなっている。しかしながら、上面からの距離が 93mm における供試体 A および B での速度差は、その他の計測点でのそれと比較して小さい。供試体 B では、鋼繊維が下層に分布するように供試体を作製したため、繊維の存在により供試体 A に近い速度になったと考えられる。

4. 弾性波速度コンターマップによる手法

4.1 計測概要

計測対象断面は、3.1 と同様である。図 2 にセンサの配置状況を示す。供試体の上下面および両側面に、各面あたり 6 個、計 24 個のセンサをそれぞれ設置した。センサの設置間隔は約 16.7mm である。伝搬時間の計測では、まず、U1 のセンサを発信センサとして弾性波を入力し、供試体中を伝搬した弾性波を R1~R6、D1~D6 および L1~L6 の計 18 個のセンサでそれぞれ受信した。続いて、発信センサを U2 として同様の計測を実施した。その後、発信センサを U3 から U6 へ順次移動し、D6 が発信センサとなるまで計

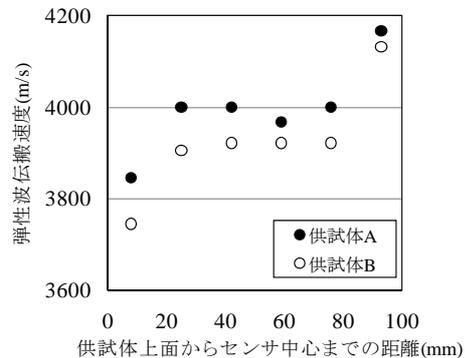


図 1 二探触子対面配置による計測結果

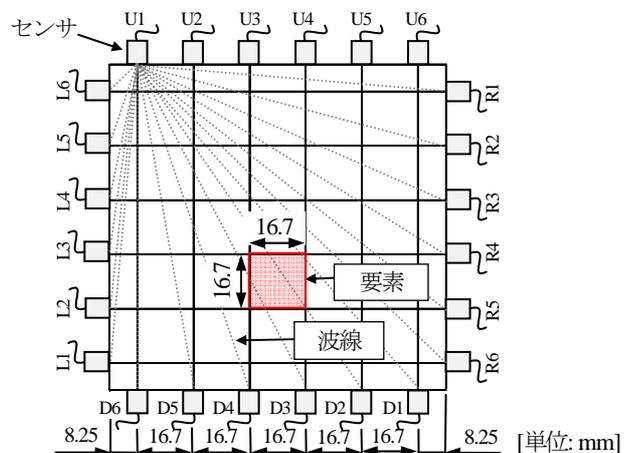


図 2 センサの配置および要素分割

キーワード 鋼繊維補強モルタル, 鋼繊維分布状況, 非破壊試験, 弾性波速度コンターマップ, 弾性波速度トモグラフィ
連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 TEL.06-6879-7618

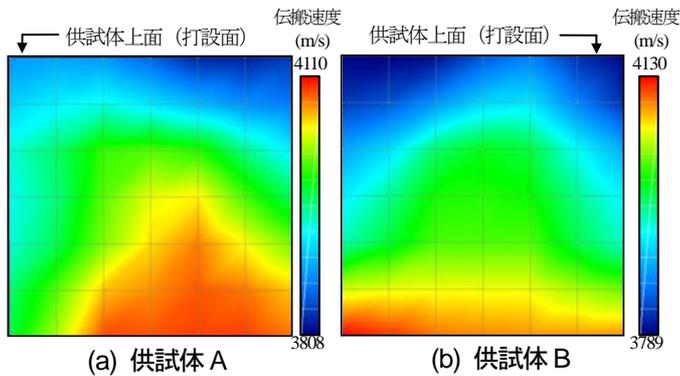


図3 弾性波速度コンターマップ

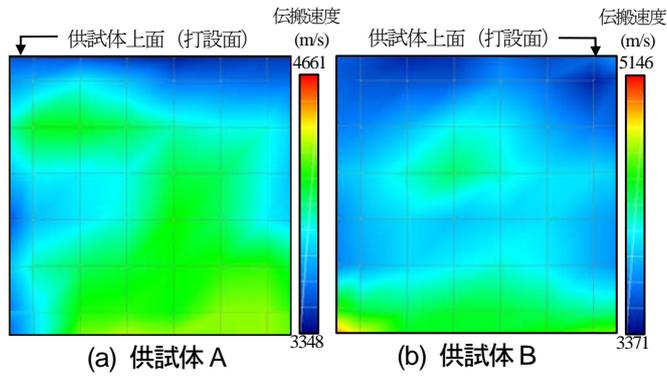


図4 弾性波速度トモグラム

測を行った。

計測終了後、対象断面を図2に示す要素に分割し、要素内の伝搬速度が一定と仮定した上で、各波線（発・受信センサを直線で結んだ最短経路）が要素を通過する長さで重みを付けて各要素の伝搬速度を算出し、各要素の伝搬速度の分布を2次元のコンター図として表示することにより、断面内の弾性波速度コンターマップを作成した。

4.2 計測結果および考察

図3に各供試体の弾性波速度コンターマップをそれぞれ示す。供試体Aでは、上面より約16mmの位置から下面までの間で、速度の大きな領域を確認することができる。これに対して、供試体Bでは下面から高さ約16mmまでの部分で特に速度が大きくなっているものの、それ以外の部分でも比較的速度が大きい領域が確認できた。

5. 弾性波速度トモグラフィによる手法

5.1 計測概要

計測対象および計測方法は、4.1と同様である。ここで、図2で示した波線上に音響インピーダンスの異なる媒質（ここでは、モルタルと鋼繊維を指す）の境界が存在すると、弾性波は反射や屈折等を生じる。そのため、弾性波が実際に伝搬する経路は、発信センサと受信センサを結ぶ最短経路にはならない。したがって、この現象を再現するために、弾性波の伝搬経路を波線追跡法（レイトレーシング）<sup>2)</sup>により決定し、測定した伝搬時間を補正する「弾性波速度トモグラフィ」を適用し、弾性波速度トモグラムを作成した。

5.2 計測結果および考察

図4に弾性波速度トモグラムを示す。弾性波速度トモグラムは、図3で示したコンターマップとは明らかに異なる結果になった。ここで、実際の鋼繊維の分布状況を把握するため、供試体AおよびBにおける弾性波の測定位置を、コンクリートカッターにより切断した。供試体切断後、鋼繊維の箇所を、マーカーにより印を付けた。写真2に各供試体の切断面を示す。その結果、供試体Aは、作製時において、鋼繊維を供試体の体積に対して0.75%混入させ、繊維が断面内に均一に分布するように打設を行ったものの、

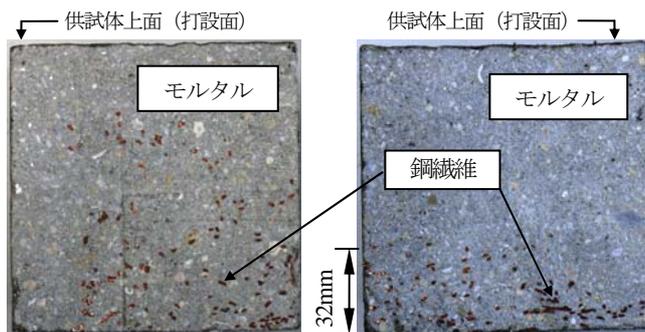


写真2 実際の鋼繊維分布状況

実際は鋼繊維が部分的に集中している箇所が確認された。一方、供試体Bでは、下面から高さ方向に約32mmの層のみ鋼繊維が混入されていた。この繊維の混入状況の実態と、弾性波速度コンターマップ（図3）および弾性波速度トモグラフィにより求めたトモグラム（図4）とをそれぞれ比較すると、弾性波速度トモグラフィにより求めたトモグラムが、繊維の分布状況をより適確に可視化できていることが明らかとなった。

6. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 二探触子対面配置による手法では、各計測点での速度の値を相対的に比較することにより、モルタル内部の鋼繊維の分布状況を概ね把握できた。
- (2) 弾性波速度コンターマップによる手法では、鋼繊維が存在しているおおよその領域を可視化できた。しかしながら、鋼繊維が実際には存在していない領域においても、鋼繊維が分布していると評価される場合もあることがわかった。
- (3) 弾性波速度トモグラフィによる手法では、弾性波速度コンターマップによる手法と比較して、鋼繊維の混入状況をより適確に可視化することができることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 小林一輔ら：コンクリート構造物の非破壊検査，森北出版，pp.38-39，1996
- 2) 佐々宏一ら：物理探査，森北出版，pp.117-127，1993