

衝撃弾性波法により付着力の異なる条件で測定した鋼材中を伝搬する弾性波の比較実験

リック (株) 正会員 ○岩野 聡史 富山県立大学 正会員 内田 慎哉
 (一財) 日本建築総合試験所 正会員 春畑 仁一 東京都立大学 正会員 大野 健太郎
 リック (株) 正会員 片岡 繁人

1. はじめに

固体中を伝搬する弾性波の速度（以下、弾性波伝搬速度）や伝搬エネルギーは伝搬する媒質の弾性係数、密度、ポアソン比などによって決定される。この性質から、非破壊試験で測定される弾性波伝搬速度および伝搬エネルギーは、媒質の性質を反映しており、多くの試験や評価に利用されている。その一例として、PC グラウトの充てん度の評価についてはPC 鋼材中の弾性波伝搬速度と伝搬する弾性波のエネルギーとを測定する方法が提案されている¹⁾。この方法は、鋼材に対するグラウトの拘束によって弾性波伝搬速度と伝搬エネルギーとが変化することに着目した評価方法である。

本稿では、コンクリート中に鋼材（鉄筋）を含む試験体で、鉄筋中の弾性波伝搬速度と伝搬エネルギーとをガス炉による加熱前、加熱中、徐熱後と継続して測定した実験結果について報告する。鋼材とコンクリートとの熱膨張率は異なることから、加熱、徐熱により、鉄筋とコンクリートとの付着力は低下していく。このように状態が変化する条件下での測定結果を比較し、前述の試験に利用されている測定原理を確認したものである。

2. 実験方法

試験体を図1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、コンクリートの呼び強度は24、スランプは9.0cm、空気量は4.1%である。この試験体中のかぶり深さ50mmの鉄筋（丸鋼 R19）で弾性波伝搬速度と伝搬エネルギーとを測定した。測定状況を図2に示す。丸鋼の長さはコンクリートよりも大きく、両端がコンクリートから55mm突出している。この片側の端面を加速度計が内蔵されたハンマ（質量14.8g）で打撃して弾性波を入力し、対向面の端面に設置した加速度計で弾性波を受信した。サンプリング時間間隔は0.5 μ sである。測定された振動（測定振動）の例を図3に示す。弾性波伝搬速度は、受信波形から弾性波の到達時刻を測定して決定した。弾性波の伝搬エネルギーは、入力波形の最大振幅値に対する受信波形の到達時刻から20 μ s後の振幅値の比（振幅値比）から求めた。

試験体の加熱にはガス炉を使用した。加熱温度は図1に示す3箇所に加熱面から0、25、50、100mmの位置に設置したK熱電対で管理した。ISO834の標準加熱曲線に沿って炉内温度を上

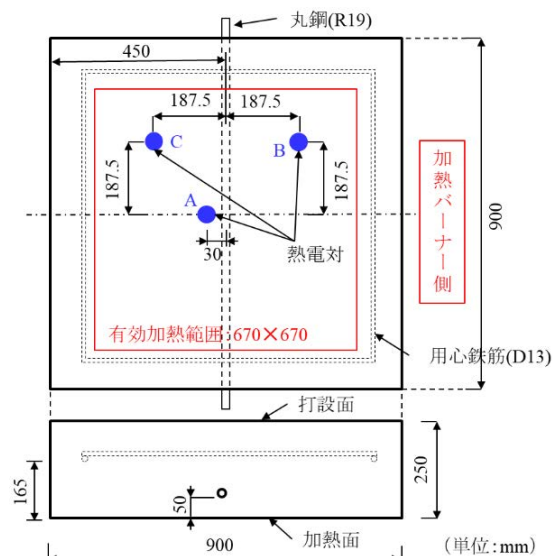


図1 試験体の形状



図2 測定状況

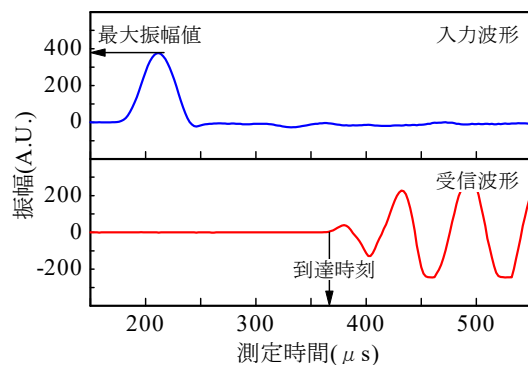


図3 測定振動の例

昇させ、コンクリート表面（加熱面から 0mm）の温度が加熱開始から 16 分後に 500℃に到達した後は、コンクリート表面の温度が 500℃で 4.5 時間一定になるように加熱温度を調整した。弾性波伝搬速度と伝搬エネルギーとの測定は、加熱前に 1 回、加熱中に 20 回、加熱終了から 13 時間以上経過して外気温で徐熱された後の 2 回、計 23 回実施した。なお、加熱中の測定は加熱開始から 13 分後からとした。

3. 実験結果

各段階での受信波形を図 4 に示す。なお、図 4 は弾性波の到達が明瞭に判断できるように振幅値を拡大している。また、横軸は弾性波の入力開始からの時間としている。加熱を開始すると弾性波の到達時刻は速くなった。実際に弾性波伝搬速度を算出した結果を図 5 に示すと、加熱前の弾性波伝搬速度は 5200m/s 程度であるが、加熱から 13 分が経過した 2 回目に測定された弾性波伝搬速度は 5400m/s と大きくなった。その後の加熱中の弾性波伝搬速度（2 回目～21 回目）は、5400m/s～5500m/s の範囲で変動した。ただし、加熱時間と弾性波伝搬速度には相関関係は確認されなかった。なお、鉄筋のかぶり深さは 50mm であるが、深さ 50mm での温度は 2 回目の測定時は 61℃、21 回目の測定時は 278℃であり、加熱時間の経過に伴い温度は上昇した。以上の結果より、測定対象の鉄筋周囲の温度と測定される弾性波伝搬速度には相関関係は無いという結果であった。一方、外気温で徐熱された後の弾性波伝搬速度（22 回目、23 回目）は 5550m/s 以上となり、加熱中よりも大きくなった。

振幅値比は弾性波伝搬速度と同様の変化を示した。加熱前と比較して加熱中の振幅値比は大きくなり、加熱時間の経過（鉄筋周囲の温度の変化）に伴う振幅値比の変化はなく、さらに、外気温で徐熱された後は加熱中よりも振幅値比は大きくなった。

以上の結果より、鋼材とコンクリートとの熱膨張率の相違により、加熱、徐熱によって鋼材の付着力が変化して、測定された弾性波伝搬速度、弾性波の伝搬エネルギーが変化していることが確認された。

4. まとめ

コンクリート中に鋼材（鉄筋）を含む試験体で、ガス炉による加熱前、加熱中、徐熱後に継続して鉄筋中の弾性波伝搬速度と伝搬エネルギーとを測定した。測定結果は鋼材とコンクリートとの熱膨張率の相違により低下する鉄筋とコンクリートとの付着力を反映することを確認した。

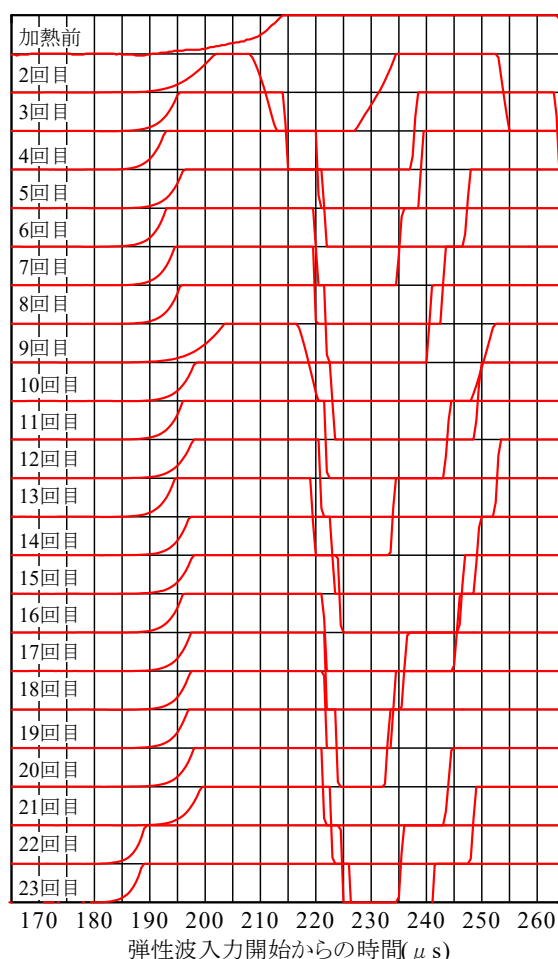


図4 受信波形（振幅値拡大）の測定結果比較

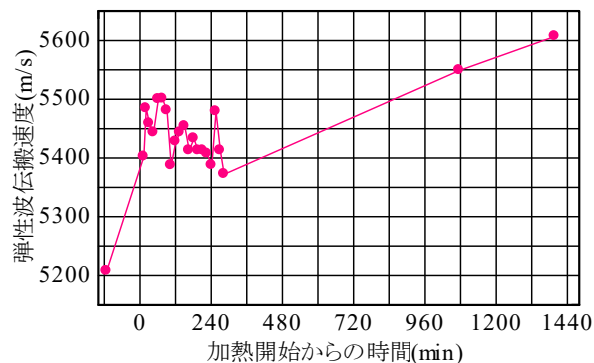


図5 各段階での弾性波伝搬速度測定結果の比較

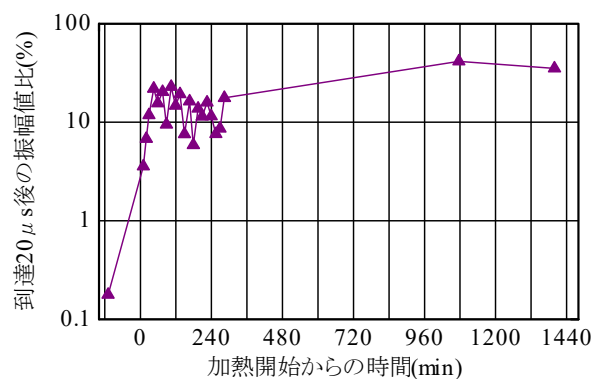


図6 各段階での振幅値の測定結果の比較

参考文献 1) 葛目 和宏他：衝撃弾性波法を用いた PC グラウト充てん度評価に関する考察、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集第 12 巻，pp349-356，2012.11