

衝撃弾性波法による火害を受けたコンクリートの劣化深さの推定に関する基礎検討

リック (株) 正会員 ○岩野 聡史 群馬大学 正会員 小澤満津雄
 立命館大学 正会員 内田 慎哉 首都大学東京 正会員 大野健太郎
 近畿大学 正会員 麓 隆行 八戸工業大学 正会員 迫井 裕樹

1. はじめに

コンクリートの劣化の一つに火災などの熱による火害がある。火害を受けたコンクリートは、実際に加熱された温度や時間を判断することは困難であることから、対策を検討するには、火害を受けたコンクリートで直接影響範囲を確認することが有効であると考えられる。さらに、これに非破壊試験を適用すれば、より広範囲の情報が得られるという利点がある。そこで、本研究では、非破壊試験の一手法である衝撃弾性波法により、火害を受けたコンクリートの加熱面側の片側表面から、劣化深さを推定する方法について検討した。

2. 実験内容

供試体の外観状況および測定点の設定状況を図1に示す。供試体は900mm×1200mm×厚さ400mmの版形状で、使用したコンクリートは30-18-20Nである。加熱範囲は供試体中の300mm×300mmで、加熱範囲以外を断熱材で覆い、供試体を炉内に向けて設置して炉内最高温度700℃で加熱した。火害を受けたコンクリートでは、弾性係数が低下すると予想されるが、先ず、この現象を確認するため、供試体の両側面に弾性波の入力点と受信点を設定する方法（以下、透過法という）を実施した。入力点をインパルスハンマで打撃し、入力点から受信点に最初に到達する振動の伝搬時間を加熱前後で測定し、伝搬時間がどのように変化するか、また、実際の劣化範囲を確認した。次に、片側表面から劣化深さを推定する方法として検討した方法を図2に示す。供試体の加熱面に弾性波の入力点と受信点を設定する方法（以下、表面法という）である。入力点と受信点間の距離は各評価点で複数点設定し、200mmから50mm間隔で850mmまでとして、中心位置を評価点としている。測定位置は図1に示すとおり80mm間隔で12測線である。サンプリング間隔は0.5μsである。

評価点のコンクリートにおいて火害の影響により加熱面の弾性係数が低下し、さらに、深さが深くなるのに従って徐々に弾性係数が向上していく場合には、到達時間が測定される振動の伝搬経路はホイヘンスの原理により導かれる。この模式図を図3に示す。伝搬経路は弾性係数の低下状況、入力点と受信点の位置関係から決定される。この条件において、コンクリート表面からの深さと弾性波速度との式(1)に示す関係式を求める方法は、森濱らにより提案されている¹⁾。

$$V_p(h_i) = k(h_0 + h_i)^{0.1} \tag{1}$$

ここで、 h_i はコンクリート表面からの深さ、 $V_p(h_i)$ は深さ h_i での弾性波速度、 k 、 h_0 は各評価点で入力点と受信点間の距離を複数点設定し、伝搬時間を測定することにより計算される係数である。本研究では、各評価点で式(1)に示す関係式を求め、この結果から劣化深さを推定した。なお、この方法が適用できるのは、火害により加熱面の弾性係数が低下し、さらに、深さが深くなるのに従って徐々に弾性係数が向上していく場合であるが、実際に火害によりコンクリートがこの様な状態になるのかについては、透過法の結果から検証することとした。

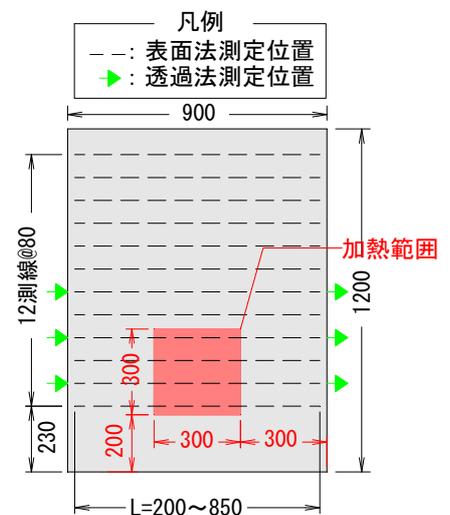


図1 供試体状況および測定点設定状況

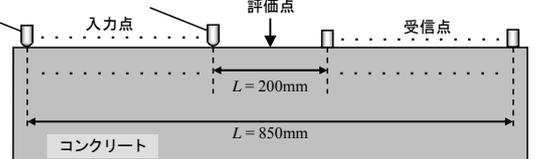


図2 表面法の測定方法詳細図

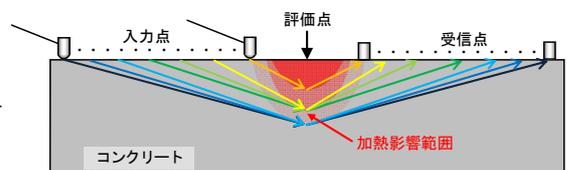


図3 火害のコンクリートでの弾性波の伝搬模式図

キーワード：火害, 劣化深さ, 衝撃弾性波法, 非破壊試験, 伝搬時間
 連絡先：〒143-0004 東京都大田区昭和島 2-4-3 TEL 03-5762-2058 FAX 03-3764-0198 E-mail siwano@ri-k.co.jp

3. 実験結果

透過法の測定結果を図4に示す。測定は、加熱範囲中となる端面から310mmと470mmの2箇所、および、加熱範囲から130mm離間した端面から630mmで、加熱面からの深さを変化させて実施した。図4より、加熱範囲中では、火害により測定される伝搬時間が長くなることが確認される。また、深さが深くなるのに従って徐々にこの影響は小さくなること、さらに、加熱前後で差が生じている深さは200mm程度であることが確認される。

表面法の測定結果の一例を図5に示す。図5には縦軸に測定された伝搬時間、横軸に入力点と受信点間の距離を示した。図5より、加熱範囲から130mm離間した端面から630mmでは、加熱前後で伝搬時間に差が生じていない。この位置では火害が生じていないと判断され、図4の結果と一致する。一方、加熱範囲中の端面から310mm、470mmでは、加熱後の伝搬時間が長く変化し、火害が生じていると判断される。さらに加熱前後の差を見ると、例えば、端面から470mmでは、入力点と受信点間の距離250mmでは約50 μ sであるのに対して、距離850mmでは約25 μ sであり、入力点と受信点間の距離が長くなると差が小さくなった。このことから、測定されている振動の伝搬経路は、図3の模式図と一致していると判断される。同様の結果は端面から230mm~550mmの5測線で得られた。これらの5測線で、参考文献1に示される方法により、コンクリート表面からの深さと弾性波速度との式(1)に示す関係式を求めた。この結果を図6に示す。図6には縦軸に加熱面からの深さ、横軸に弾性波速度を示した。これらの5測線以外での伝搬時間の測定結果から算出した弾性波速度を非影響部の速度とし、5測線で求めた関係式から、非影響部の速度となる深さを算出した。その結果、端面から230mm~470mmでは深さ258mm、端面から550mmでは深さ74mmとなった。これらが劣化深さであると判断すると、図4で示した加熱前後で差が生じた深さより若干大きくなるが、概ね一致している。算出した深さは劣化深さを反映していると考えられる。ただし、端面から230mm~470mmで深さを算出結果に差が生じていないなど、測定値の分解能に課題がある。

4. まとめ

火害による劣化深さを衝撃弾性波法により片側表面から推定する方法を検討した。その結果、火害により加熱面の弾性係数が低下し、さらに、深さが深くなるのに従って徐々に弾性係数は向上していくことが確認された。この現象を利用し、弾性波の到達時間を複数点で測定することにより、劣化深さの推定が可能であることが確認された。推定精度や測定値の分解能の向上などが今後の課題である。謝辞：本研究の一部は、NEXCO 東日本技術研究助成の援助を受けて行ったものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献 1) 超音波試験(土研法)による新設の構造物コンクリート強度測定要領(案), (国研) 土木研究所 HP (<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/offer/hihakai/conc-kyoudo.html>), 2006.5

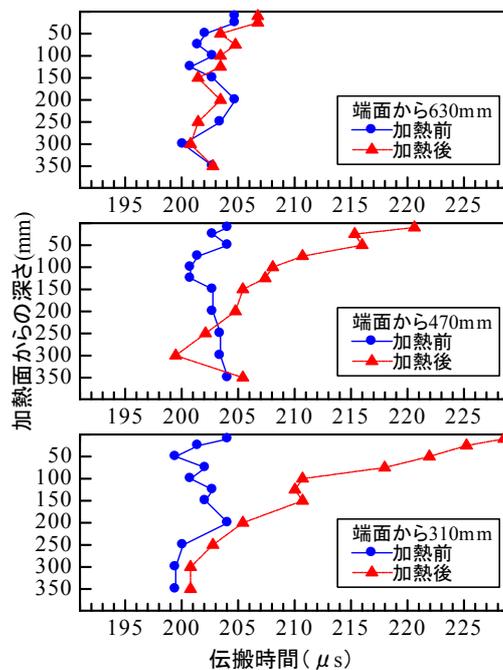


図4 透過法による測定結果

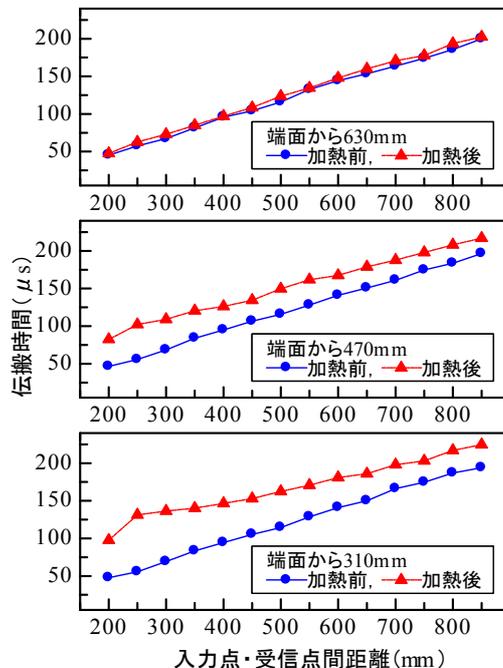


図5 各点での伝搬時間差の測定結果

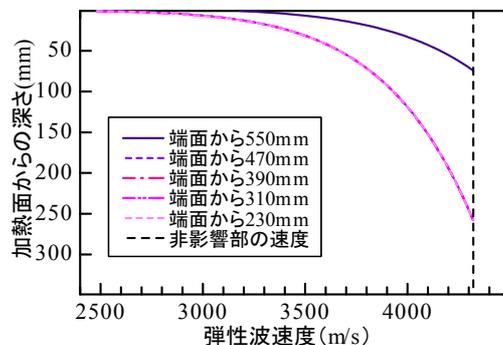


図6 各深さでの弾性波速度の計算結果