

機械インピーダンスによる火害を受けたコンクリートの劣化範囲の非破壊評価手法に関する基礎的研究

立命館大学

正会員○内田 慎哉

群馬大学

正会員 小澤満津雄

首都大学東京大学院

正会員 大野健太郎

リック (株)

正会員 岩野 聡史

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

本研究では、火災などの熱により劣化したコンクリートを模擬した供試体を対象として、機械インピーダンスにより、劣化範囲の平面的な広がり程度を、非破壊で評価するための手法について検討することが目的である。

2. 実験概要

2.1 供試体

供試体は、長さ 1200mm×高さ 900mm×厚さ 400mm のコンクリート版状供試体とした(写真 1)。コンクリート内部には、2.2 で概説する加熱面および非加熱面それぞれ 1 箇所(写真 1 中の▲印)に、コンクリート表面から 10, 20, 30, 50, 100, 200, 300mm の位置に熱電対をそれぞれ設置した。併せて、炉内にも 6 個の熱電対をそれぞれ設置した。

2.2 加熱試験

ガス炉(加熱可能な最大領域(ガス炉開口領域): 900mm×900mm)にて、40 分で 600℃まで昇温し、600℃を 280 分間保持するように炉内温度を調整しながらコンクリート表面を加熱した。加熱面は写真 1 に示す長さ 300mm×高さ 300mm の領域である。加熱後はコンクリート表面の温度が常温となるまで除冷した。なお、写真 1 に示す加熱面および供試体を炉に設置するための支持面以外(非加熱面)については、断熱材によりコンクリート表面が加熱されないようにした。

2.3 機械インピーダンス試験

機械インピーダンス Z は、線形の機械振動系において、ある 1 点に加えられた力 F を、その結果生じた速度 V の、力と同じ方向成分で除した値として定義される。

$$Z = F/V \quad (1)$$

機械インピーダンスは、加速度センサを内蔵したハンマーでコンクリートを打撃した際の打撃波形から算出できる。図 1 に打撃波形の例を示す。本研究では、 V_1 (打撃速度)を用いて算出した機械インピーダンスを貫入過程の機械インピーダンス: Z_A 、 V_2 (反発速度)を用いたものを反発過程の機械インピーダンス: Z_R とそれぞれ定義し、次式によりこれらを算出した。

$$Z_A = \frac{F_{\max}}{V_1} \approx \frac{MA_{\max}}{\left(\int_{T_1}^{T_2} A(t)dt\right)^{1.2}} \quad (2)$$

$$Z_R = \frac{F_{\max}}{V_2} \approx \frac{MA_{\max}}{\left(\int_{T_2}^{T_3} A(t)dt\right)^{1.2}} \quad (3)$$

ここで、 $F_{\max}$: 最大打撃力、 M : 打撃体の質量、 $A_{\max}$: 最大

加速度、 $A(t)$: 打撃力波形(加速度)である。なお、式中のべき乗値 1.2 は、速度補正係数である。

計測状況を写真 2 に示す。打撃位置は、写真 3 に示す●印である。したがって、打撃箇所は、加熱面: 12 箇所、非加熱面: 48 箇所、合計 60 箇所となる。いずれの機械インピ

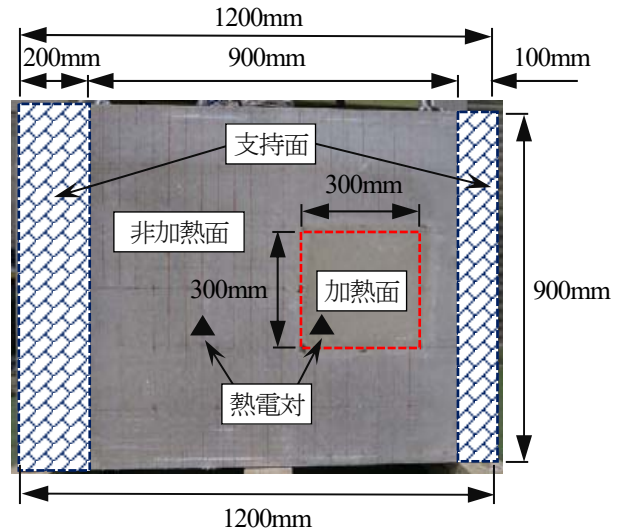


写真 1 供試体の概要

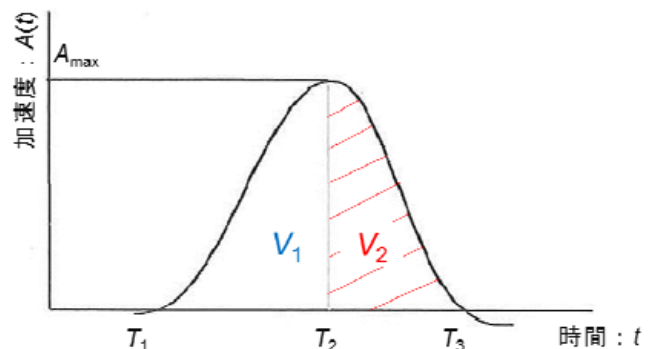


図 1 打撃波形の例



写真 2 計測状況

キーワード コンクリート, 火害, 非破壊試験, 機械インピーダンス

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 理工学部 TEL077-599-4350

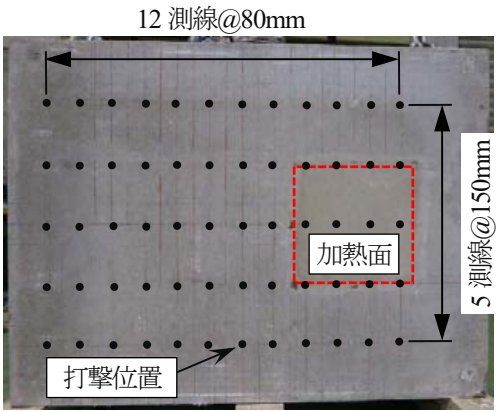


写真3 打撃位置

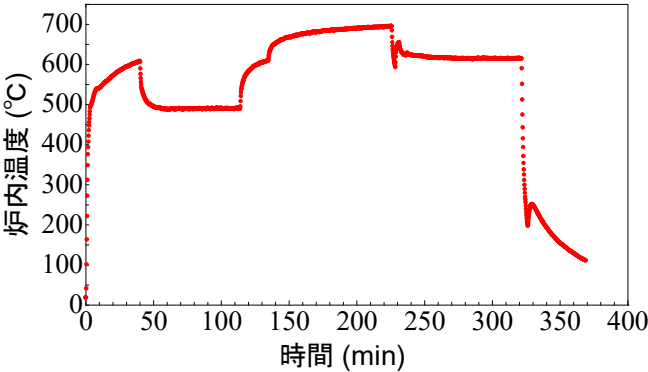


図2 炉内温度の経時変化

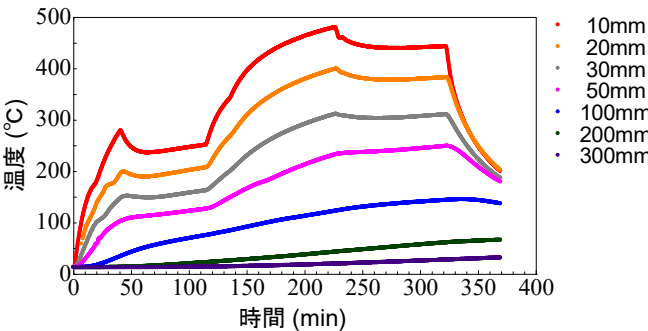


図3 加熱面での温度の経時変化

ーダンスにおいても、1箇所あたり25回の打撃を行い、25回の平均値から±20%以内に入った20点の値を用いて新たに平均値を算出し、この値を Z_A または Z_R として採用した。

3. 実験結果および考察

図2に、炉内の熱電対で計測した温度の経時変化を示す。実験では、280分の間600℃を保持することは困難であり、500℃～700℃の間で加熱されていることがわかった。

図3に、加熱面に設置した熱電対でのコンクリート内部の温度の経時変化を示す。コンクリート表面から10mmでの温度が約500℃に達していることから、表面から10mm程度までの範囲では、水酸化カルシウムが分解されていると推察できる。なお、非加熱面では、深さ10mmにおいても80℃に達しておらず、コンクリートは加熱よりほとんど劣化していないと思われる。

図4および図5に、加熱後の供試体で計測した機械イン

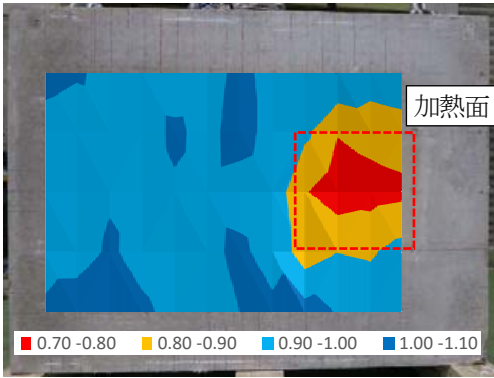


図4 Z_A のコンター図

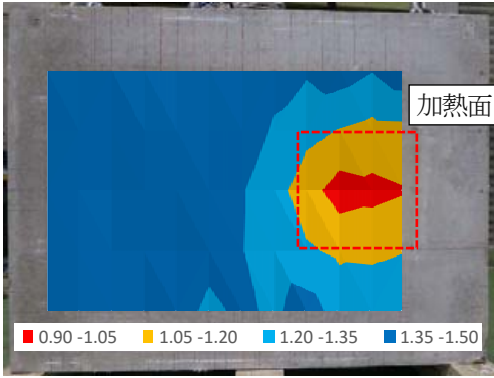


図5 Z_R のコンター図

表1 加熱・非加熱面での Z_A ・ Z_R の平均値および分散

	Z_A の平均値	Z_A の分散	Z_R の平均値	Z_R の分散
加熱面	0.84	0.00416	1.14	0.00728
非加熱面	0.99	0.00042	1.40	0.00339

ピーダンス： Z_A および Z_R のコンター図をそれぞれ示す。いずれの場合においても、加熱面において、値が低下していることがわかる。そこで、加熱面で得られた Z_A の平均値と非加熱面でのそれに差があるかを検討するために、検定を行った。 Z_R も同様に検定を行った。その結果、 Z_A および Z_R ともに、加熱面と非加熱面では、機械インピーダンスの平均値に有意な差があることが明らかとなった。参考のため、表1に、 Z_A および Z_R の加熱面および非加熱面での平均値および分散をそれぞれ示す。

4. まとめ

本研究で得られた結論を以下に示す。

- (1) 貫入過程および反発過程の機械インピーダンスの値が低下した領域と、コンクリートを加熱した領域は、概ね一致した。
- (2) 火害を受けたコンクリートの平面的な劣化範囲を把握する手法として、機械インピーダンス試験の有効性が明らかとなった。

謝辞

本研究の一部は、NEXCO 東日本技術研究助成および日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究（B）25289132）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。