

## サーモグラフィ法による超速硬モルタルの打継ぎ界面における欠陥検出

岐阜大学 学生会員 ○山口岳思

岐阜大学 正会員 鎌田敏郎, 六郷恵哲, 国枝稔

岐阜大学 非会員 桑原常晃

## 1. はじめに

補修補強工法である吹付け工法や増厚工法による施工の際に、工期短縮のため超速硬モルタルが補修材として頻繁に使用されている。しかし、種々の要因により打継ぎ界面に初期欠陥が発生した場合、耐荷性および耐久性の面で問題となるため、検査による早期の検出が必要である。

そこで本研究では、超速硬モルタルと既設コンクリートとの打継ぎ界面に発生する空隙欠陥を対象に、水和熱<sup>1)</sup>を熱源とした場合におけるサーモグラフィ法による欠陥検出の可能性を検討し、その上で検出時間帯や周辺温度および欠陥寸法が欠陥評価に与える影響等についても実験と解析により検討を加えた。

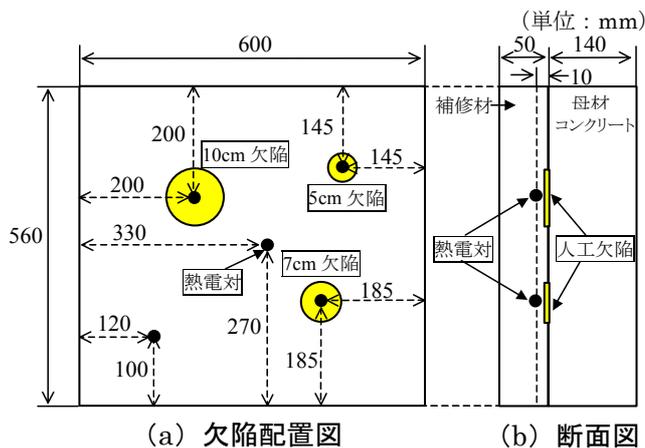
## 2. 実験概要

560×600×140mmのコンクリート板を母材コンクリートとし、打継ぎ界面に、直径を5, 7, 10cm (以下, 5cm 欠陥, 7cm 欠陥, 10cm 欠陥とする.), 厚さを0.2, 1, 5mmとした円盤状の人工欠陥を図-1のように配置した。なお、欠陥厚さが0.2mmの場合にはポリエチレンフィルム, 厚さが1, 5mmの場合にはスチレンボードを使用した。また、補修材には超速硬モルタルを使用し、打継ぎ厚さを5cmとした。

計測は室内で行い、補修材表面を赤外線カメラにより2.74mの距離から、4分間隔で8時間撮影した。なお、周辺温度は計測時間内ではほぼ一定であり、平均温度が6.3°C, 12.5°C, 16.2°C, 24.8°Cの条件で行った。また、熱電対により補修材の内部温度も計測した。

## 3. 解析概要

解析には2次元非定常熱伝導解析を行い、境界条件としては側面を断熱境界、一方、表面および底面を熱伝達境界とした。



(a) 欠陥配置図 (b) 断面図

図-1 供試体概要

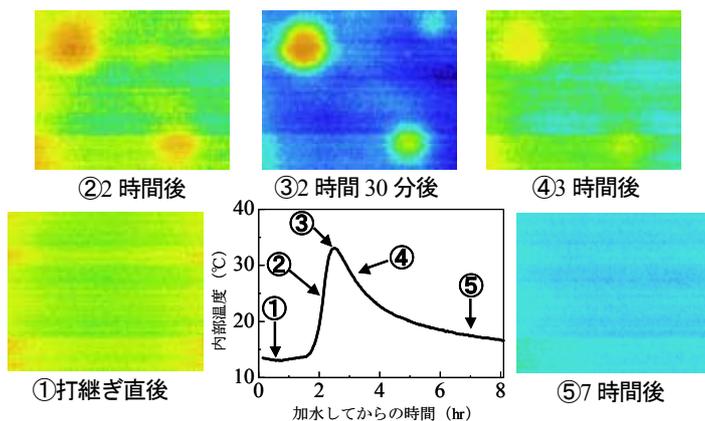


図-2 内部温度履歴と熱画像

## 4. 実験および解析結果

## 4.1 水和熱が欠陥検出に及ぼす影響

図-2に欠陥厚さを5mmとした場合の水和熱の発生に伴う内部温度履歴と各時間の熱画像を示す。打継ぎ直後から2時間までは局所的な温度変化領域は確認されなかった(図-2, ①)が、内部温度の急激な上昇とともに徐々に欠陥部において高温域がみられ(図-2, ②), 最高温度に達した2時間30分後に欠陥部での高温域が最も明瞭となった(図-2, ③)。その後内部温度の下降とともに再び高温域は確認されなくなった(図-2, ④, ⑤)。

キーワード：サーモグラフィ法, 超速硬モルタル, 打継ぎ界面, 水和熱, 検出時間帯, 最大表面温度差

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸1番1 岐阜大学工学部社会基盤工学科 TEL 058-293-2437

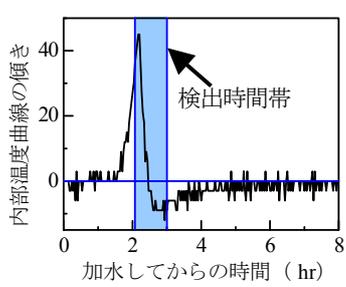


図-3 温度曲線の傾き

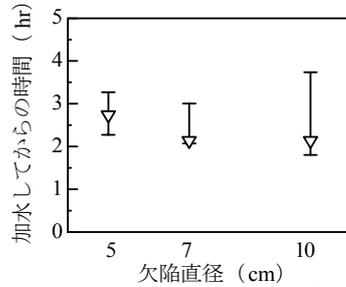


図-4 検出時間帯

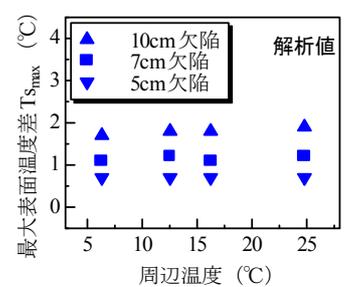
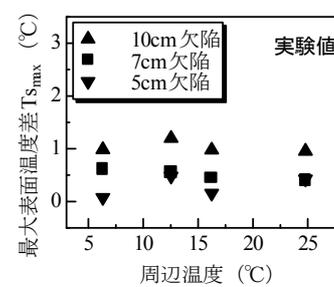
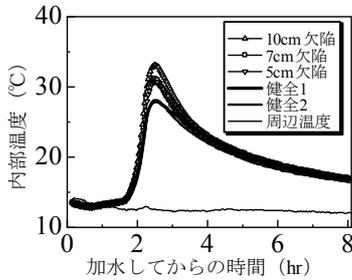
図-7  $T_{Smax}$  と周辺温度

図-5 内部温度

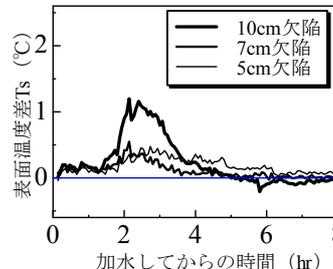
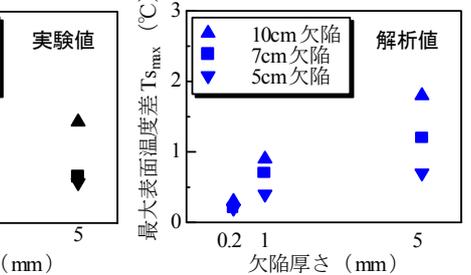
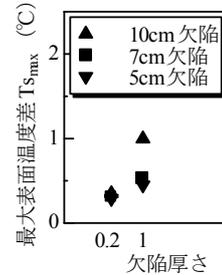


図-6 表面温度差

図-8  $T_{Smax}$  と欠陥厚さ

## 4.2 内部温度履歴と検出時間帯の関係

4.1 より、内部温度履歴と欠陥部が高温域になる時間帯（以下、検出時間帯とする。）とに関係があることが明らかとなった。そこで温度履歴と検出時間帯との関係を理解しやすくするため、2分間隔ごとの内部温度の変化率を温度曲線の傾きと定義し、欠陥厚さを5mm、欠陥直径を7cmとした場合の傾きの経時変化を図-3に示す。なお、図中に検出時間帯の範囲を示す。これより、検出時間帯は、温度曲線の傾きが最大値に達したときから、初めて最小値になるまでの範囲と対応していることがわかる。また、欠陥厚さを5mmとした場合の検出時間帯を、内部温度の最高温度の時間にマークした error-bar の長さとして図-4に示す。これより、欠陥直径が大きくなるほど検出時間帯は長くなる傾向がわかる。これは、欠陥直径が大きくなるほど断熱効果も大きくなるためであると考えられる。以上のことより、事前の予備試験で補修材の温度履歴を把握すれば、効率的な検査が可能になると考えられる。

## 4.3 周辺温度が $T_{Smax}$ に与える影響

図-5に、欠陥厚さを5mmとした場合の内部温度、図-6にその表面温度差の経時変化を示す。ここで、表面温度差とは欠陥部の最高温度から健全部の3点平均温度を減じた値である。さらに、表面温度差の最大値を最大表面温度差  $T_{Smax}$  とし、周辺温度が  $T_{Smax}$  に与える影響について検討した。図-7に実験および解析結果を示す。実験では5cm欠陥においては温度ムラの影響を受けた可能性があるものの、7cm、10cm欠陥においては周辺温度が異なっても、 $T_{Smax}$  はほぼ一定の値を示した。また、解析でも同様の傾向であった。以上

のことより、 $T_{Smax}$  は、周辺温度による影響をほとんど受けないことがわかり、本手法において有効な欠陥評価指標になると考えられる。

## 4.4 欠陥寸法が $T_{Smax}$ に与える影響

図-8に打継ぎ厚さを5cmとした場合の欠陥厚さと  $T_{Smax}$  の関係を示す。これより、欠陥厚さが大きくなるほど  $T_{Smax}$  は大きくなるが、欠陥厚さが0.2mmから1mmまでの増加量に比べ、1mmから5mmまでの増加量は小さいという傾向がわかる。また、欠陥直径が大きくなるほど  $T_{Smax}$  は大きくなるが、欠陥厚さが0.2mmのときの増加量に比べ、欠陥厚さが5mmのときの増加量は大きいという傾向がある。これらは、解析でも同様の傾向があることが明らかとなった。

## 5. まとめ

本研究の範囲内で得られた結果を以下に示す。

- (1) 水和熱を熱源とすることにより超速硬モルタルの打継ぎ界面における欠陥検出が可能である。
- (2) 内部温度曲線の傾きが、最大値から初めて最小値を示すときまでの時間帯において欠陥を検出することができる。
- (3) 周辺温度が5°Cから25°C程度までの範囲内においては、 $T_{Smax}$  は周辺温度の影響をほとんど受けない。

## 【参考文献】

- 1) 渡部正, 魚本健人: 型わく面の熱画像解析によるコンクリート打込み時の欠陥検出法に関する研究, 土木学会論文集, No.478/V-21, pp.51-59, 1993.11.