

V-123

サーモグラフィによる鋼・コンクリート間の空隙の評価

岐阜大学 学生員 川瀬 貴行 金谷 亮介

岐阜大学 正会員 鎌田 敏郎 国枝 稔 六郷 恵哲

1. はじめに

従来のサーモグラフィ法に関する研究では、欠陥の撮影方向に対する直角方向の規模が主な評価の対象とされてきた。しかし鋼・コンクリート合成構造では異種材料間における空隙の厚さなど奥行き方向の情報も把握する必要がある。本研究では、人工空隙を設けた供試体に、強制的に温度変化（本実験では冷却を行った）を与えて欠陥を検出するサーモグラフィ法（アクティブ法）¹⁾により、影響要因を確認し、鋼・コンクリート間における空隙を評価する手法について検討した。

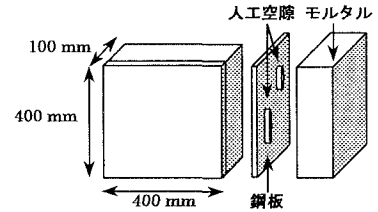


図1 供試体概要

表1 空隙のサイズ

直径	厚さ
20	3、10
30	3、10
40	3、10
50	3、10
100	3、10
150	3、10

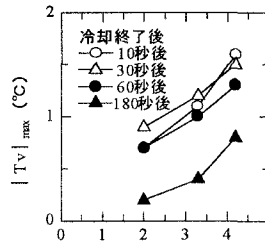
(単位: mm)

2. 実験概要

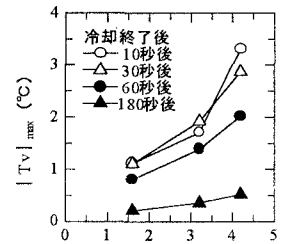
図1に供試体の概要を、表1に人工空隙（発泡スチロール製）のサイズを示す。なお鋼板厚さは4.5、9.0mmの2種類である。冷却は、ベニヤ板にタオルを巻きつけ液体窒素を染み込ませた後、この冷却板を鋼板表面に押し当てて行った。冷却時間は5秒間、10秒間、60秒間とし冷却終了後、鋼板表面の温度分布をサーモグラフィにより測定した。さらに実験結果の妥当性を確認するため熱伝導解析も併せて行なった。なお実験と解析の結果については以下の指標を用いて考察した。

① T_V (°C) : 健全部との温度差。また温度差の最大値を $|T_V|_{\max}$ とする。

② V_T (°C・mm²) : 温度差体積。鋼板表面の熱画像において一つの画素に生じた $|T_V|$ とその面積との積の総和。



(a)実験値



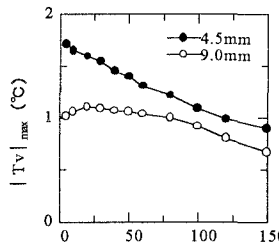
(b)解析値

図2 冷却条件と $|T_V|_{\max}$ の関係（直径100mm 厚さ10mm）

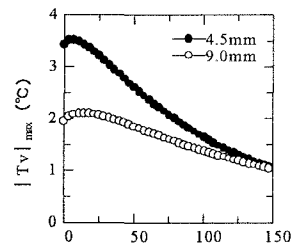
3. 結果および考察

(1)冷却条件の違いによる影響

図2(a), (b)に直径100mm 厚さ10mm（鋼板厚さ4.5mm）の空隙について、冷却条件と $|T_V|_{\max}$ の関係（実験値および解析値）を示す。なお冷却条件の違いは、冷却前と冷却終了5秒後の鋼板表面の温度差で表した。冷却前と冷却終了5秒後の温度差を大きくするに伴って $|T_V|_{\max}$ も大きくなることが確認できた。



(a)実験値



(b)解析値

図3 各鋼板厚さにおける $|T_V|_{\max}$ の経時変化

(直径100mm 厚さ10mm)

(2)鋼板厚さによる影響

図3(a), (b)に直径100mm 厚さ10mm の空

隙について、60秒間の冷却終了後の各鋼板厚さと $|T_V|_{\max}$ の経時変化（実験値および解析値）との関係を示す。厚い鋼板では $|T_V|_{\max}$ が最大となる時間が遅れることが確認できた。

キーワード；サーモグラフィ、空隙、アクティブ法、熱伝導解析、鋼・コンクリート合成構造

連絡先；〒501-1193 岐阜市柳戸1番1 岐阜大学工学部土木工学科 TEL/FAX 058-293-2469

(3) 空隙の大きさの推定

図4(a),(b)に直径150mm 厚さ10mm（鋼板厚さ9.0mm）の空隙について、60秒間の冷却が終了してから30秒後の T_V 曲線（実験値および解析値）を示す。解析値の変曲点の位置は75mmとなり空隙端部の位置と一致した。実験値を関数近似して同様に变曲点を求めると74mmとなり端部の位置に近い値となった。他の空隙についても求めた結果を表2に示す。端部の位置との誤差は工学的にみて許容できると考えられる。またこの傾向は各経過時間・各冷却時間に関係なく確認できた。なお、鋼板厚さ4.5mmで直径20、30mmと鋼板厚さ9.0mmで直径20、30、40mmの空隙については健全部と空隙部を区別するのが困難であったため、変曲点の位置を求めることができなかった。

(4) 空隙の厚さの推定

空隙の大きさが表面温度の面的な分布状況から把握可能であるため、適当な評価指標を用いて空隙の体積を推定することができれば、空隙の厚さを評価することができる。図5に空隙の体積と $|T_V|_{\max}$ の関係、図6に空隙の体積と V_T との関係を示す（共に10秒冷却で鋼板厚さ4.5mm）。両図から $|T_V|_{\max}$ 、 V_T と空隙の体積との間にある相関性が存在することが確認できる。しかし実構造物で対象とされるような大きな空隙の場合、 $|T_V|_{\max}$ の小さな誤差が推定する空隙の体積に大きな誤差を生じさせる。それに対して V_T は空隙の体積と線形関係があると考えられ適用できる範囲が広いと考えられる。空隙の厚さ（ただし、平均厚さ）は、 V_T により推定された体積を(3)の変曲点を用いた方法で求めた面積で除することにより得られる。これにより、平均厚さではあるが V_T を用いることにより空隙の厚さが推定でき、また実際問題とされるような大きな空隙にも適用できる可能性が示された。

4. おわりに

本実験の結果、鋼板厚さ・冷却条件の違いによる温度差への影響が確認できた。また、 T_V 曲線の変曲点の位置により空隙の大きさを推定でき、さらに V_T を用いることにより空隙の平均厚さを推定できることがわかった。

【参考文献】

- 1) 川瀬 貴行、鎌田 敏郎、岩波 光保、六郷 恵哲；サーモグラフィによる鋼・コンクリート間の空隙評価、土木学会第53回年次学術講演会 講演概要集5、pp.562-563、1998

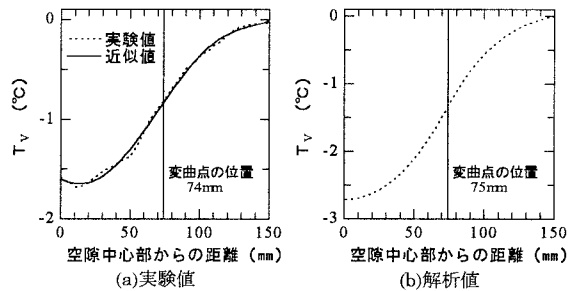


図4 空隙中心部からの T_V 曲線（直径150mm 厚さ10mm）

表2 空隙端部の位置と変曲点の位置との比較

空隙のサイズ		空隙端部の位置	変曲点の位置	
直径	厚さ		鋼板厚さ4.5mm	鋼板厚さ9.0mm
40	3	20	20	—
	10		23	—
50	3	25	27	29
	10		26	27
100	3	50	44	48
	10		48	54
150	3	75	75	68
	10		72	74

（単位：mm）

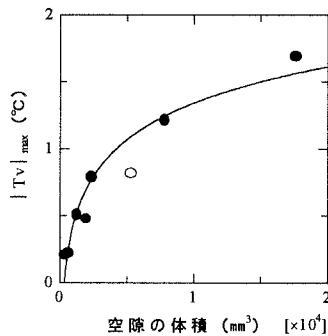


図5 空隙の体積と $|T_V|_{\max}$ の関係
（鋼板厚さ4.5mm）

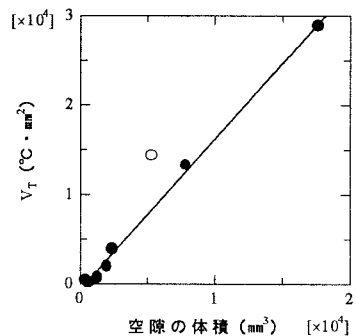


図6 空隙の体積と V_T の関係
（鋼板厚さ4.5mm）