

- 3 アクティブ熱付加によるサーモグラフィー法活用のための基礎研究 Fundamental Study on The Practical Use of Thermography Method by The Artificial Additional Heating

(研究期間 平成 15～17 年度)

建築生産研究グループ
Dept. of Production Engineering

根本かおり
Kaori Nemoto

This study aimed to use of the thermography method to measure on a deterioration test peace in the test level. To use the infrared cameras function was necessary to temperature gaps on the face of test peace. So, I examined the method of artificial heat to add to the test peace to take for more effective thermal images. This result was that the artificial additional heating instrument was air conditioner to use in laboratory. So, I could detect delaminations in the accelerated degrading test peaces to take some good thermal images.

【研究目的及び経過】

タイルやモルタル仕上げなどの外壁の剥離・剥落事故を防止するためには安全性が確保できる施工法を検討することが重要である。この検討を行うなかで現状では、試験体を促進劣化させその状態を測定する方法として引張り試験による接着強度試験が主となっている。しかし、引張り試験による測定は必ずしも各材料の接着面において破断するとは限らず、測定値が何を示しているのか不明確な点があった。このため試験体の劣化測定の精度を向上させるため引張り試験と合わせて用いることを目的とし、サーモグラフィー法（赤外線放射カメラ）の活用を試みた。ここで赤外線放射カメラを建物外壁の劣化診断に用いる場合、赤外線放射カメラは測定対象物の表面温度を熱画像で映すことができるため、建物の仕上げ材に浮き等が生じていた場合には剥離による空気と健全な部分との熱伝導の速度の違いで表面温度に高低の差が生じ欠陥として判別することができる。この特徴を用いてサーモグラフィー法では建物の剥離診断に太陽熱を用いているが、本研究においては実験室レベルでの測定に用いること及び正確な測定を行うために人工熱源を用いて熱付加することにより、より測定に適切な条件を作り出す検討を行った。本報では、この実験から得られた結果を報告する。

【研究内容】

研究概要を図 1 にフロー図で示した。本実験は赤外線放射カメラを促進劣化試験などの実験室内で行う試験について、仕上げ材の表面からは確認することのできない剥離やひび割れなどの欠損の調査・測定に用いることを目的としている。このため仕上げ材の内部の欠陥や仕上げ材と躯体との間に発生する剥離の有無、剥離の大きさなどを正確に測定できるように、赤外線放射カメラの特徴である熱画像が欠陥部分を表面温度差として捉えることが状態になるよう、人工的な熱付加に適する方法を検討

した。特に剥離の測定において注目したのが、1)剥離の有無が測定できること、2)剥離の面積、3) 剥離の厚さ、4) 仕上げ表面から剥離の発生している深さ、などが推定できる測定法について検討を行った。

1. 研究初年度は、コンクリートを基盤としたモルタル仕上げに剥離が生じた場合に赤外線放射カメラで何をどこまで測定できるのかを明確にするため文献調査¹⁾⁻³⁾と予備実験を実施し、模擬剥離材の形状や仕上げ材の厚さ、および熱画像の撮影に適する熱源について検討した。
2. 次年度は、本実験として初年度に決定した熱付加法を用いて剥離測定に必要な条件、測定対象物の表面温度差のつけ方と模擬剥離の見え方について関連付けた内容を検討し整理した。実験には図 2 に示す試験体を用いて行った。なお模擬剥離材にはスチレンボードを使い、面

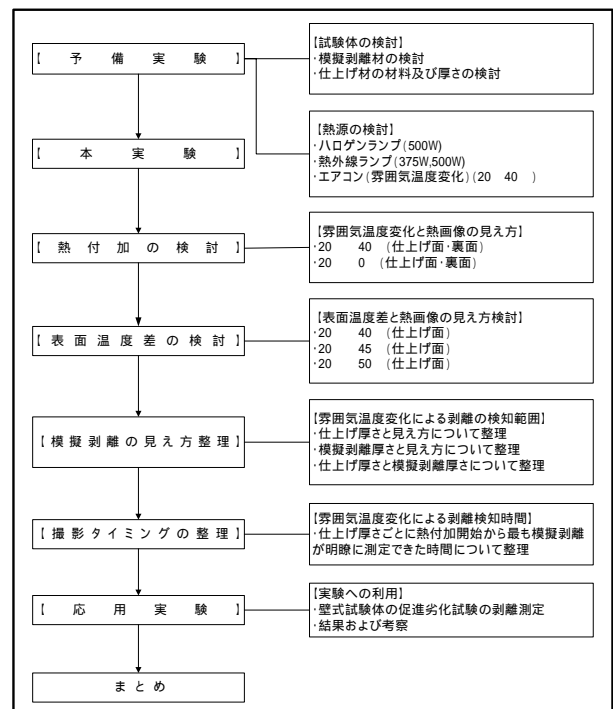


図 1 実験概要

積，形状および剥離厚さに違いを持たせて検知できる剥離面積は深さとどのような関係があるのかを整理した。

3. 最終年度は応用実験として図 3 に示す形状のモルタル仕上げ試験体の促進劣化試験を行い，剥離の発生の有無や剥離の状態について赤外線放射カメラで測定した。熱画像測定にあたっては前年度までに得られた結果に基づき雰囲気温度変化により熱画像を撮影し剥離や欠損の分析を行った。また試験体は打診検査も行い熱画像との比較も行った。

【研究結果】

研究内容を実験的に検討した結果は以下のとおりである。1)予備実験結果から熱付加に用いる熱源はエアコンとし，比較的小さな室内を間仕切り仕上げ表面と裏面の雰囲気温度を別々に制御することとした。また試験体の仕上げ材は厚さを重視し，1.5 mm厚さの防水塗装材，10 mm厚さ及び 20 mm厚さのモルタル仕上げの 3 種類とした。2)本実験の結果は表 1 及び表 2 に示した。表 1 は仕上げ面の雰囲気温度変化を 5 分間で 20 40 に変化させ，試験体裏面の温度は 20 一定とした場合に熱画像における模擬剥離（図 1 参照）の形状が 1 つでも正確に判別できるようになった時間をまとめた。表 2 は，表 1 の時点で撮影した熱画像から読取れる仕上げ深さと模擬剥離の面積の関係を示した。3)応用実験として行った促進劣化試験の測定結果を表 3 に示した。表中の促進劣化後の可視画像の白いテープで囲んだ箇所は打診検査結果による剥離検知箇所である。熱画像と比較すると熱付加による高温箇所とほぼ一致していることが分かる。よって今回検討した熱付加法は実験室レベルでの測定に有効であることが確認できた。以上から，実験室レベルで行うサーモグラフィ法について以下のことがまとめられた。

- ・熱源の種類によって見えるものが違い面積の小さいものを観察したい場合はハロゲンランプなどの急激に温度上昇させることのできる熱源がよく，剥離形状や面積を詳細に観察するにはIRカメラなどの雰囲気温度を変化させる方法が適している。

- ・熱画像から検知できる剥離面積は，実際の剥離面積に対し発生箇所の深さにほぼ反比例していることが分かった。

【参考文献】

- 1) 鎌田ほか：「遠隔加熱によるアクティブ赤外線法を用いたコンクリート高架橋の検査」，コンクリート工学年次論文集，Vol.25，№1，2003
- 2) 込山ほか：「赤外線映像装置の特性と外界ノイズがサーモグラフィ法の信頼性に及ぼす影響」，コンクリート工学論文集，第 8 巻 1 号，1997.1
- 3) 西川ほか：「赤外線方によるモルタル仕上げ外壁剥離診断における剥離条件と剥離検知精度に関する実験」，日本建築学会構造系論文集，№524，1999.10

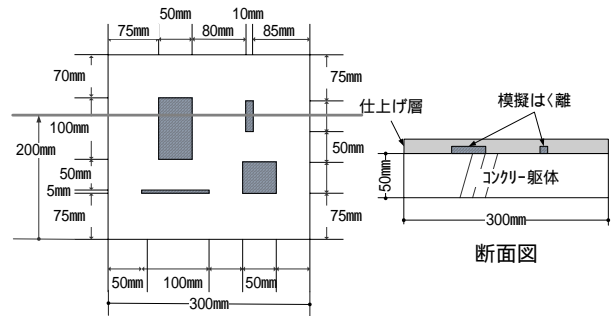


図 2 本試験用の試験体

表 1 熱付加後からの剥離検知最適撮影時間

種類	仕上厚 (mm)	模擬剥離厚 (mm)	撮影タイム (min)	センス・レベル	剥離判別の有無	備考	
塗装仕上	1.5	0.5	17	0.5・22.4		かろうじて全ての模擬剥離が確認できる	
		1	10	0.5・20.8		全ての模擬剥離が確認できる	
		1.5	3	0.3・17.8		全ての模擬剥離が見える	
		3	7	0.5・21.1		同上	
モルタル仕上1	10	0.5	-	-	×	変化なし	
		1	-	-	×	同上	
		1.5	20	0.4・22.0		面積25mm ² 以上が見える	
モルタル仕上2	20	3	13	0.6・20.8		5×100mm ² 以上が見える	
		0.5	-	-	-	×	変化なし
		1	-	-	-	×	同上
		1.5	22	0.3・22.1		面積25mm ² 以上が見える	
		3	24	0.3・23.3		面積25mm ² 以上が見える	

表 2 熱画像における仕上げ深さと模擬剥離面積の関係

・仕上げ層の厚さが小さくなるほど，短時間で剥離形状まで判別しやすい傾向がみられた
・仕上げ材の厚さによって，長時間熱付加をあたって測定するよりも適切な時間で測定したほうが，剥離はより明瞭に測定できると考えられる
・EWK1およびEWK2の測定結果により，0.5×10cm ² および1×5cm ² の模擬剥離が検知できなかったことから，剥離を検知するためには剥離幅が仕上げ層の厚さの2倍以上が必要であると考えられる
・仕上げ層が2cmあっても厚さ1.5mm以上の剥離であれば，30分程度で判別できるようになると考えられる
・測定面から熱付加した場合，温度を上昇させたときのほうが降下させたときよりも剥離が判別できるまでの時間が短い傾向がみられた
・仕上げ層の厚さが2倍になると剥離の検知にかかる時間は2倍以上かかることが分かった
・測定面から温度付加した場合，健全部分と剥離部分との相対的な温度差は小さいが，剥離の形状まで判別するには温度は降下させたときのほうが上昇させたときよりも明瞭に判別できる傾向がみられた
・裏面から熱付加しても剥離は判別できた。ただし，コンクリート躯体厚さ5cmでは明瞭に剥離を判別するためには，30分以上の熱付加時間を設定する必要があることが分かった

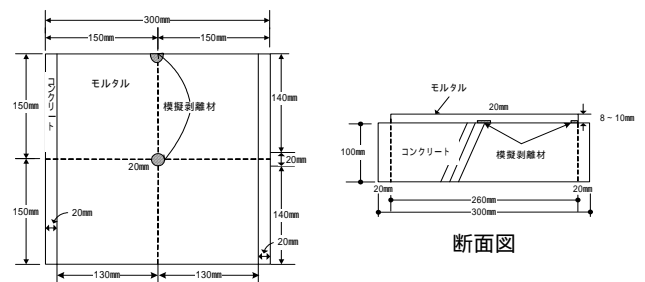


図 3 促進劣化試験用の試験体

表 3 促進劣化試験の測定結果

初期 (養生後)	初期の熱画像	促進劣化後	劣化後の熱画像