

# コンクリートのひび割れ補修効果の持続性に関する研究

大久保 孝昭<sup>1</sup>

<sup>1</sup>広島大学大学院 工学研究科建築学専攻

鉄筋コンクリート構造物に生じたひび割れの挙動を生じさせる駆動力は、補修後もひび割れ補修部に繰返し作用し、補修部を再劣化させることが懸念される。本研究は、補修効果の持続性を検討することを目的としており、まず日射によるひび割れ挙動駆動力を対象として検討を行っている。本報では、貫通ひび割れを有するコンクリート試験体において、実験室レベルでひび割れ挙動を模擬して再現できる試験手法を確立した。さらに壁面全体を塗膜防水材料で被覆する工法を想定し、防水工法の遮熱性が被覆後のひび割れ挙動に及ぼす影響について検討を行った成果を示す。

キーワード：鉄筋コンクリート、ひび割れ、ひび割れ挙動、補修、持続性

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート建築物の維持管理において、ひび割れを適切に補修することは、建築物の延命に有効であることは明らかである。筆者らは既往の研究において、外壁に生じた貫通ひび割れは、日射や屋内外の環境差によって生じた壁断面の温度勾配に応じて反り挙動等の開閉を繰り返すことを明らかにしている（図1）。挙動を生じさせる駆動力は、補修後もひび割れ補修部に繰返し作用し、補修部を再劣化させることが懸念される。本研究は、補修効果の持続性を検討することを目的としており、まず日射によるひび割れ挙動駆動力を対象として検討を行っている。

まず試験体において、実験室レベルでひび割れ挙動を模擬して再現できる試験手法を確立した。

さらに壁面全体を塗膜防水材料で被覆する工法を想定し、防水工法の遮熱性が被覆後のひび割れ挙動に及ぼす影響について検討を行った成果を示す。

## 2. 実験室レベルのひび割れ挙動再現試験方法の確立

ひび割れ挙動を実験室レベルで再現できる試験方法を確立すれば、ひび割れ挙動に応じた補修材の選定を実験室で検討できることとなる。ここでは、貫通ひび割れを有するコンクリート試験体において、実験室レベルでひび割れ挙動を模擬して再現できる試験手法を確立した。

### 2-1 試験体概要

#### (1) 基盤試験体

本実験で用いた試験体形状を図2に示す。試験

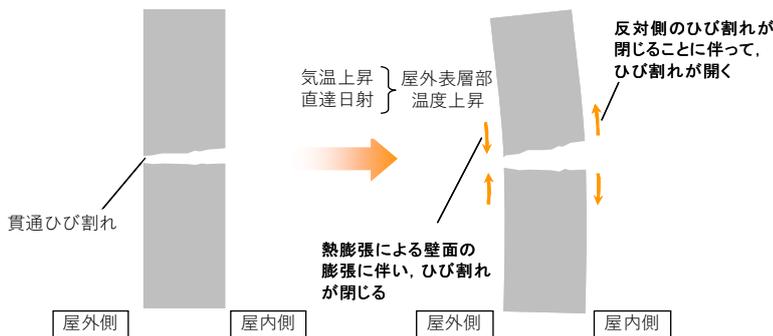


図1 日射等屋外側壁面の急激な温度上昇に伴うひび割れ幅挙動の概念図

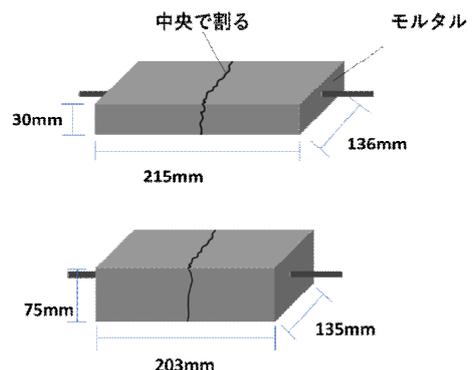


図2 ひび割れ挙動再現用試験体

体はプラスチック製型枠を用いて厚み 75mm (以下、厚試験体と記す) と 30 mm (以下、薄試験体と記す) の 2 種類のモルタル試験体を作製した。同図に示すように、各試験体中央部には M5 の寸切りボルトを挿入し、曲げ荷重を与えて試験体の中央部に 0.2~0.3mm 程度の幅のひび割れを生じさせた。このひび割れを実験室において、赤外線ランプによって挙動 (開閉) させることによる挙動を生じさせる。

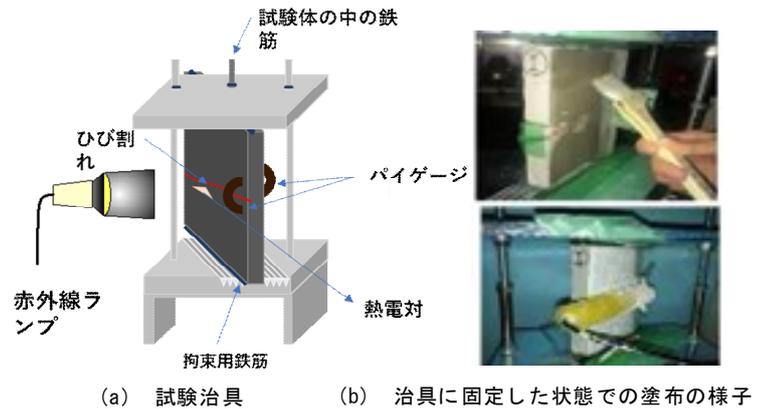


図 3 ひび割れ挙動のための試験治具と塗布試験体の作製の様子

## (2) 塗膜防水材料によるひび割れ補修試験体

ひび割れ部における水や空気の進入防止の補修として、基盤試験体全面にアクリル系塗膜防水材料を塗布した。これは一般に行われているシール工法を壁面全体に施して塗布後の美観も確保する工法を想定している。使用した塗膜防水材料は、遮熱性能により、遮熱性と非遮熱性材料の 2 種類を使用した。なお、塗布量は塗装材料の質量で管理した。

### 2-2 ひび割れ挙動再現のための拘束治具

先の図 1 に示したような実外壁のひび割れ挙動を模擬的に再現するために、試験体の表面温度の上昇によって生じる試験体の熱膨張を拘束する試験治具 (図 3 (a)) を試作した。この治具は、試験体中の寸切りボルトを上下の鉄板にボルトで固定し、また、モルタル試験体が面外に変形しやすいように、モルタル上下は丸鋼でピン支持の状態とした。また、同図に示すように試験体の一面に対し、赤外線ランプによる繰返しの温度負荷を与えて、恒温恒湿内で試験体内部に温度勾配を与えた。

### 2-3 実験概要

図 3 (a) に示す治具に設置した基盤試験体を温度 20℃、湿度 60% の恒温恒湿室に静置し、試験体の 1 面 (屋外側) に赤外線ランプを用いて 1 時間加熱、1 時間自然冷却を繰り返した。このとき屋外側と屋内側両方に、パイゲージと熱電対を設置し、開閉量と温度を計測した。

基盤試験体でひび割れ挙動の初期値を測定した

後、試験体を治具に設置したままの状態、本研究で対象とする塗膜防水材料を一定量塗布して補修試験体を作製し (図 3 (b))、養生後に同様の赤外線照射実験を行った。

## 3. 実験結果

### 3-1 基盤試験体によるひび割れ挙動の初期値

基盤試験体を用いた薄試験体と厚試験体の初期値の測定結果の例を図 4 に示す。温度の上昇とともに、屋外側のひび割れが閉じ、屋内側のひび割れが開く挙動を示している。これは実際の建築物で外壁断面に温度勾配があるときの反り挙動を再現できており、またひび割れ挙動幅の絶対値も厚試験体は 0.06mm 程度、薄試験体で 0.02~0.04mm 程度で、実建築外壁と同等の値であった。

### 3-2 ひび割れ補修試験体のひび割れ挙動

塗布後の試験体のひび割れ挙動の測定例として、図 5 (a), (b) に遮熱性塗膜防水材料、図 6 (a), (b) に非遮熱性塗膜防水材料で塗布した試験体の実験結果を示す。なお、図中、実線が塗布後、点線が初期値 (基盤試験体) を表す。遮熱性被覆材を使用した場合、ひび割れの開閉量が大幅に低減されることが図 5 より明らかであり、ひび割れ挙動の低

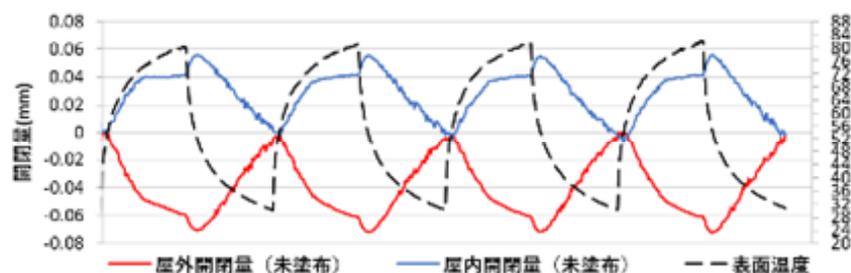


図 4 基盤試験体 (初期値) のひび割れの挙動計測結果

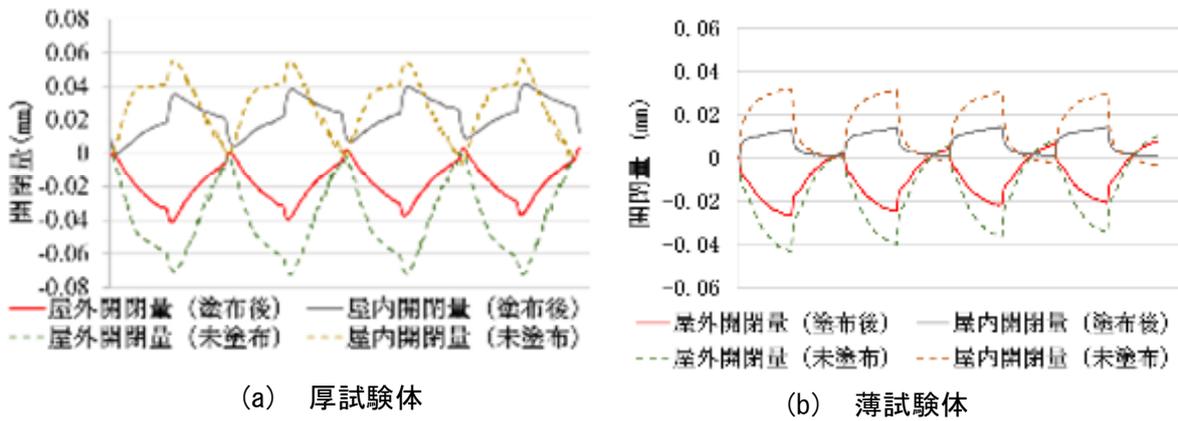


図5 補修後の試験体ひび割れ挙動計測結果（遮熱性防水工法）

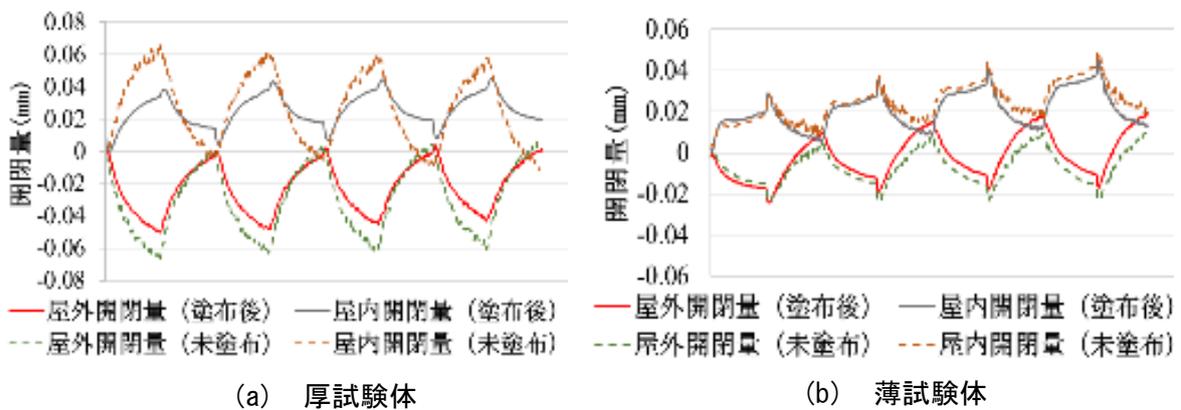


図6 補修後の試験体ひび割れ挙動計測結果（非遮熱性防水工法）

減効果は試験体の厚さにより異なっていることも分かる。一方、図6に示す非遮熱性被覆材を用いた場合は、厚試験体の開閉量が低減されるが、薄試験体の開閉量はほとんど変化していない。

試験体の温度変化に関して、図7(a),(b)に遮熱性塗膜防水材、図8(a),(b)に非遮熱性塗膜防水材で塗布した試験体の実験結果を示す。図中、点線で示す表面温度とは基盤試験体において赤外線照射を受けるモルタル表面の温度を表す。また、2種類の実線で表す層間温度とはモルタルと被覆材との界面、層面温度とは赤外線照射を受ける被覆材表面温度を表す。図7に示す遮熱性被覆材を用いた場合、基盤の表面温度より、塗布後の層面・層間温度は大きく低下している。これに対し、非遮熱性被覆材を用いた場合、図8に示

すように温度はほとんど低下せず、むしろ基盤試験体よりも温度が高くなっている場合もある。

各実験条件における平均温度差と平均開閉量を用い、温度と開閉量の低減割合を表1に示した。

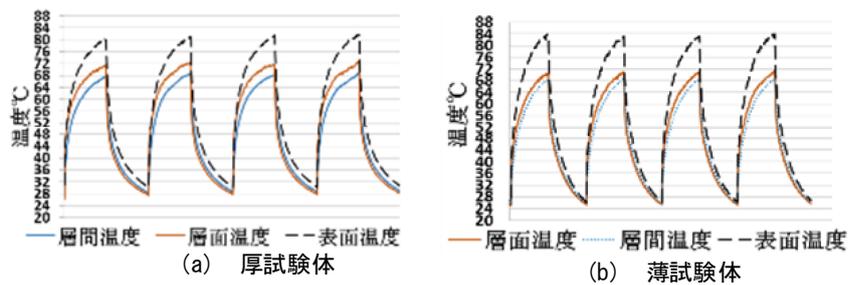


図7 塗布後の試験体の温度変化（遮熱性防水工法）

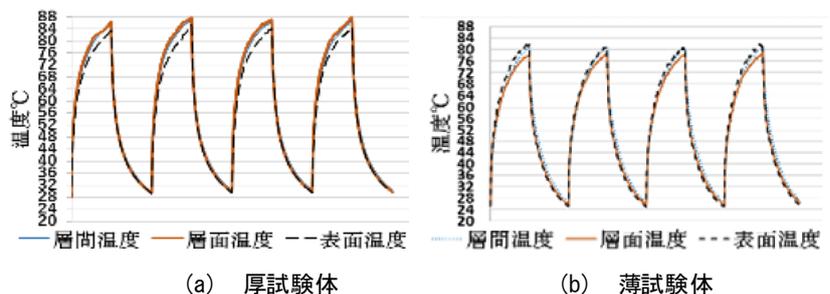


図8 塗布後の試験体の温度変化（非遮熱性防水工法）

この表から低減効果について、温度も開閉量も、遮熱性塗膜防水材は優れていることが分かる。

#### 4. ひび割れ挙動再現試験確立のための検討

2節に示した実験室レベルにおけるひび割れ挙動の再現試験治具や試験方法は試験体の形状や支持方法、赤外線照射方法など、改良の余地を残していると強く認識している。ここではそのうちの重要な要因である赤外線による照射方法が試験体温度や開閉量に及ぼす影響を検討した結果を示す。遮熱性塗膜防水材を塗布した厚試験体を用い、赤外線ランプと試験体の距離をそれぞれ 20cm, 15cm, 10cm に変化させて温度変化を測定した結果を図 9 (a), (b) に示す。照射を受け、最高温度が上がると、ひび割れ開閉量は大きくなることから分かる。各平均値を使い、図 10 に照射距離と開閉量及び温度差の関係を示す。温度最高値は大きくなるとともに、表面と層間の温度差が大きくなり、被覆材の遮熱性の効果が著しくなることが分かる。このように本報告書で提案している日射によるひび割れ挙動の再現手法については、今後、その試験要因を検討することも必要である。

#### 4. まとめ

本研究では、現行の各種公的機関の示すひび割れ補修工法選定フローでの重要な要因である「ひび割れ挙動の有無／大小」について、実際の建築物に生じているひび割れ幅の日変動を計測し、ひび割れ幅の挙動に及ぼす要因を検討した。さらに実験室レベルでひび割れ挙動を再現する試験方法を確立し、提案した実験治具や温度負荷方法を用いる手法によって実建築物外壁に生じた貫通ひび割れ挙動を再現できることの見通しが得られた。また、アクリル系塗膜防水材を被覆材として用いた壁面全体の防水工法において、塗布後の日射によるひび割れ挙動の低減には遮熱性材料が有効となることも確認できた。今後、試験体形状、支持

表 1 補修材の遮熱性が試験体温度・開閉量に及ぼす影響

		温度低減割合 (%)		開閉量低減割合 (%)	
		表面	層間	屋外側	屋内側
厚試験体	遮熱防水	11.33	5.10	41.23	49.72
	非遮熱防水	-3.62	0.72	26.93	51.66
薄試験体	遮熱防水	15.26	3.35	37.60	59.48
	非遮熱防水	3.59	-2.96	-10.97	-11.39

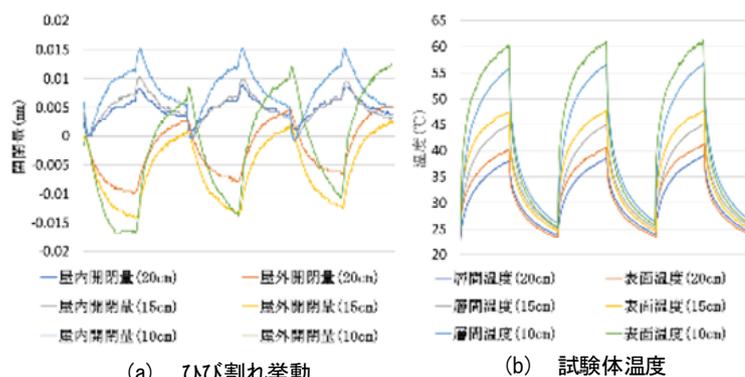


図 9 試験体と赤外線ランプとの距離の影響

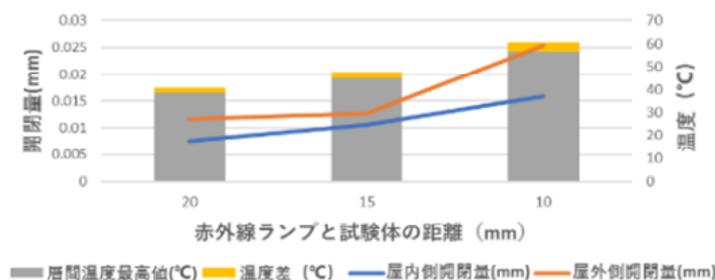


図 10 照射距離と開閉量・温度の関係

方法および温度負荷の与え方などの詳細を検討し、各種ひび割れ補修工法の補修効果持続性のデータを収集する予定である。

#### 【参考文献】

- 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修：建築改修工事監理指針，財団法人建築保全センター，2004，pp298-299
- (社)日本コンクリート工学協会編：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針-2009-，(社)日本コンクリート工学協会 p121，2009.4
- 田中享二，申洪澈，安藤紀明：エポキシ樹脂注入によるコンクリート・モルタルのひび割れ補修部の疲労試験方法，日本建築学会構造系論文集 第 554 号，pp21-27，2002.4
- 申洪澈，宮内博之，田中享二：エポキシ樹脂注入補修部の疲労耐久性に及ぼす気象劣化の影響，日本建築学会構造系論文集 第 580 号，pp29-34，2004.6
- 屈 斐斐，大久保孝昭他：外壁の貫通ひび割れ挙動再現試験による塗装補修材の評価に関する基礎実験，日本建築学会中国支部研究報告集，第 42 巻，pp25-28，2019.3