

# 温冷繰返し負荷による左官モルタルの接着一体性評価試験法の提案

毛利聰<sup>1</sup>・畠中隆輔<sup>2</sup>

**要旨:**本研究では、コンクリート造外壁の仕上げモルタルの接着一体性を評価する試験法を開発した。開発した試験法はコンクリート基板の上にモルタルを塗った試験体に赤外線ランプの照射により温冷繰り返し負荷を与えた後にモルタルをカットし、接着強度試験を行うものである。試験法の有用性の検証としてモルタルの施工条件や加温範囲を変えた試験並びに温冷繰り返し負荷中の試験体の温度、ひずみの測定を行った。実験の結果、温冷繰り返し負荷によりモルタルが伸縮していることは確認できたが、接着強度試験からは接着一体性の低下は明確には確認できなかった。

**キーワード:**モルタル、剥離、促進劣化、接着一体性、温度拘束

## 1. はじめに

RC 造外壁の塗装及びタイル仕上げの下地として施工されるモルタル（仕上げモルタル）には剥離・剥落が生じるという問題がある。場合によっては剥落したモルタルやタイルによって人命に係わる事故が発生する恐れもあり、モルタルとコンクリートとの接着一体性の確保は重要である。しかし、モルタルとコンクリートとの接着一体性は、施工時には十分確保できていたとしても、温冷や乾湿の繰り返しにより生じるコンクリートとモルタルの間のひずみ差等によって経年劣化するとされている<sup>1)</sup>。従って、建築物を長期使用するためには接着一体性に関する初期性能だけではなく、耐久性の確保も必要となる。

コンクリートとモルタルとの接着一体性は、施工部位・外部環境・施工仕様などによって異なり、これらの要因と接着一体性に関する耐久性との関係が明らかになれば部材設計や材料開発において有効となり、研究が行われている（例えば、2), 3)）。しかし、剥離メカニズムの把握が不十分であることや、適切な劣化外力の再現が困難であることから、接着一体性に関する耐久性のデータはいまだに少ないので現状である。

これらの背景を踏まえて本研究は、仕上げモルタルの接着一体性に関する耐久性の評価手法について、実際の劣化のメカニズムを踏まえた屋内で実施可能な評価試験法を提案し、その有用性の検証することを目的とする。

1 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科  
助教

2 舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科  
卒業生（現（株）大阪防水建設社）

## 2. 提案する評価試験法

### 2. 1 モルタルの剥離メカニズム

本研究で対象とするのは、Fig. 1 に示すようなコンクリート躯体に仕上げモルタルが施工された外壁である。仕上げモルタルは日射や気温の変化によって膨張・収縮をするが、下地や柱・梁などの構造体の拘束により変形を妨げられる。そして変形が拘束されることにより面内・面外方向に応力が生じる。これが繰り返されることで、下地とモルタルの接着一体性は低下し、最終的に剥離に結びつくと考えられる。本研究で提案する接着一体性評価試験法は、このような温冷ムーブメントによるモルタルの接着一体性の低下を模擬した劣化外力を試験体に与えた後にモルタルの接着強度試験を行うものとする。

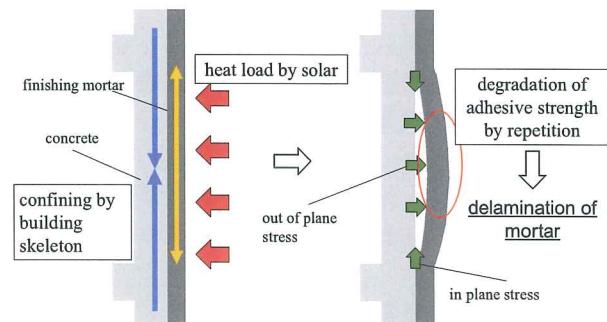


Fig. 1 Delamination mechanism of finishing mortar

### 2. 2 温冷繰り返し負荷による促進劣化手法

劣化外力として、本研究では部分的に温度負荷を繰り返し与えることで熱負荷と拘束負荷を再現する促進劣化手法を提案する。Fig. 2 に示す概念図のよ

うに、下地コンクリートの上に塗ったモルタルの一部に熱負荷を与えると、負荷のかかった部分が膨張する。モルタルの膨張は下地コンクリートによる拘束に加えて温度上昇が小さいモルタル部分からも温度差による拘束を受ける。本研究ではこの劣化手法を実施できるように試験体や装置を作製する。

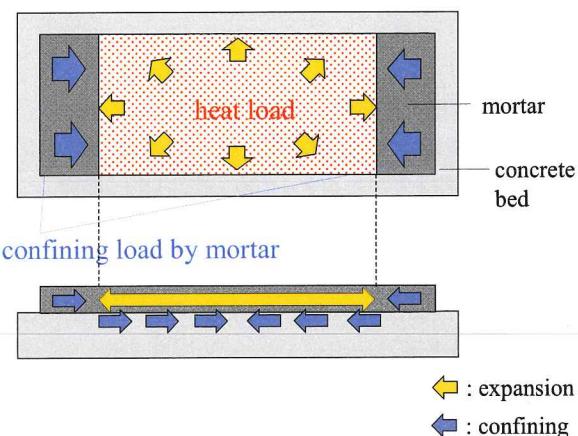


Fig. 2 Conception diagram of accelerated degradation method

## 2. 3 試験方法

### 2. 3. 1 試験体

接着一体性評価試験法に用いる試験体は Fig. 3 に示すようなプレキャストコンクリート基板の上にモルタルを塗ったものである。

### 2. 3. 2 促進劣化装置

熱負荷手法として赤外線ランプを用い、モルタルの中央部以外を断熱材で覆うことでモルタルによる拘束負荷を再現する。また、ランプの点灯を電源タイマーにて制御することで温冷繰り返し負荷を与えることとする。

### 2. 3. 3 接着強度試験

接着一体性評価のために Fig. 4 に示す建築仕上学会認定の引張試験機による直接引張試験を行う。試験に際しては試験体のモルタル部をコンクリートカッターにて  $40\text{mm} \times 40\text{mm}$  に分断する (Fig. 3 点線部)。接着強度は、試験機で計測された最大荷重をモルタルの面積 ( $1600\text{mm}^2$ ) で除して求める。

## 3. 有用性の検証実験

### 3. 1 実験概要

2 章で述べた接着一体性評価試験法の有用性の検証としてモルタルの施工仕様や促進劣化の条件などを変化させて評価試験を行い、接着強度との比較を行った。

試験体の形状は Fig. 3 に示す通りであり、コンクリート基板は JIS A 5371 (プレキャスト無筋コンクリート製品) 適合品とし、モルタル施工に先がけて

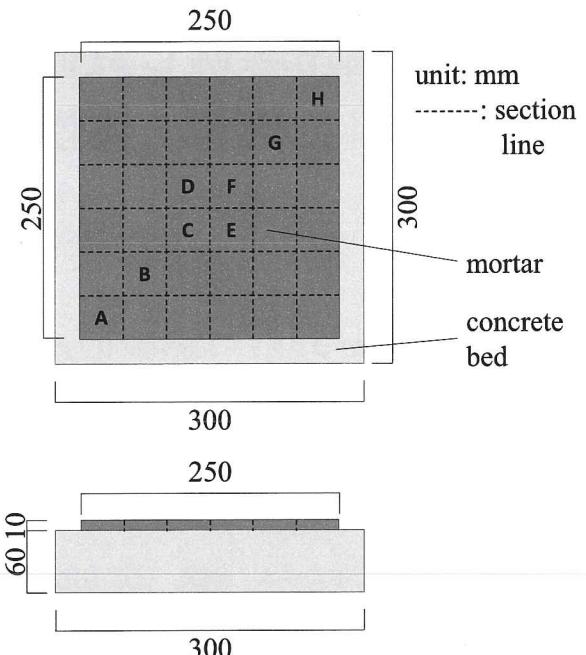


Fig. 3 Shape and dimensions of specimen

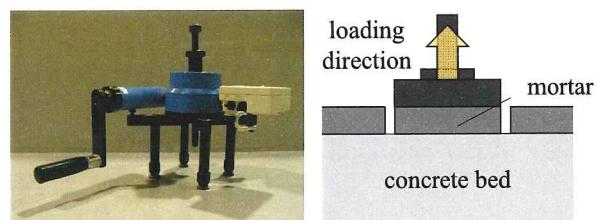


Fig. 4 Adhesive strength test by tensile testing machine



Fig. 5 Grooved concrete bed

下地処理を行った。下地処理は、やすり掛けのみ及び接着力の向上を意図してやすり掛け後に Fig. 5 に示すようにグラインダーによる溝を入れたものの 2 種類とした。いずれの下地にもモルタル施工直前に EVA 系吸水調整剤を塗布した。

モルタルは水や砂の配分の差により試験体ごとに誤差がないように水を混ぜるだけで使用出来る市販の既調合モルタルとした。こて圧の違いを最小

限にするために全てのモルタルを一人によって施工し、28日間気中(20°C・60%RH)養生の後に実験を行った。

試験体番号と実験要因をTable 1に示す。各試験体は1体ずつ作製した。促進劣化は20°C一定の恒温室内で行い、劣化を与えない試験体(初期値)も同室内に静置した。温度負荷として90分毎に赤外線ランプの点灯、消灯を繰り返し、それを100サイクル行った。その時モルタルの中央部の表面温度が80°Cとなるようにランプの位置調整や試験体周囲を反射板で覆うなどした(Fig. 6)。加温範囲はモルタルによる拘束負荷が有るもの(中央部)と、無いもの(全面)とした。

100サイクルの温冷繰り返し負荷の後、約24時間後に2.3.3で示した要領で接着強度試験をFig. 3中のアルファベット位置(A~H)について行った。

Table 1 Specimen No. and experimental condition

No.	Heating area		Evaluation test	Surface preparation
1	non (initial)		adhesive strength test	rasp
2				rasp and grooving
3	central area (84mm×84mm)		adhesive strength test	rasp
4				rasp and grooving
5	whole area (250mm×250mm)		temperature and strain measurement	rasp
6			adhesive strength test	rasp
7				rasp and grooving
8			temperature and strain measurement	rasp



(a) Heating area:  
central

(b) Heating area:  
whole

Fig. 6 Installation state of heat insulators

### 3. 2 温度とひずみの測定

温冷繰り返し負荷中の試験体の挙動の把握を目的に温度とひずみの測定を行った。接着強度試験を行う試験体とは別の試験体(Table 1中No.5, 8)に対してFig. 3中のA, B, Cに当たる位置のモルタル内部と表面にひずみゲージ(ゲージ長10mm, ポリエステル箱ゲージ)及び熱電対(T型)を設置した。モルタル内部への設置の仕方は、厚さ2mmでモルタルを塗り1日硬化させた後に、ひずみゲージと熱

電対の貼り付けと防水処理をした上から残りのモルタル厚さ分を施工するものとした。ひずみは温冷繰り返し負荷開始直前を初期値とし、負荷開始から終了後24時間経過までの計19440分間をデータロガーにて1分間隔で測定した。そして、各点で測定したひずみを近傍で測定した温度変化によりゲージの熱伸縮を補正しモルタルの実ひずみを算定した。

## 4. 実験結果と考察

### 4. 1 接着強度試験結果

接着強度試験の結果として、各試験体の接着強度及び初期強度を1とした場合の温冷繰り返し負荷後の強度の変化率をFig. 7に示す。試験体の中には、モルタルを40mm角に分断するときや引張試験機を設置する際にモルタルが剥離してしまい試験ができなかった箇所があった。ちなみに、一般的なコンクリート下地に対する仕上げ材(モルタル、タイル等)の施工時に求められる最低限の接着強度は約0.5~1.0N/mm<sup>2</sup>である<sup>4), 5)</sup>。

いずれの試験体も端部(A, H)の強度が比較的低い結果となっている。その原因としては、モルタル施工時に十分にこて圧を掛けることができていなかったことに加え、養生時に乾燥収縮が比較的進行していたことが考えられる。

初期強度で下地処理の異なるNo. 1とNo. 2について比較すると、下地に溝を入れたNo. 2の方が接着強度は高く、下地処理の違いが接着強度に影響を及ぼしていることが確認できる。しかし、初期強度と温冷繰り返し負荷後の強度とを比較すると、下地処理がやすり掛けと溝入れの場合は負荷後の強度が低下している(Fig. 7 (c), (d))。一方で、下地処理がやすり掛けのみの場合は、負荷後の強度が高くなった(Fig. 7 (a), (b))。原因として赤外線ランプの照射がモルタルに促進養生の効果をもたらし、溝入れの無い試験体では促進養生による強度増進の方が温冷繰り返し負荷による強度低下に比べて支配的となったことが考えられる。

下地処理がやすり掛けと溝入れの試験体において加温範囲の違いで比較すると、加温範囲が全面であるNo.7(Fig. 7 (d))の方が中央部のNo.2(Fig. 7 (c))よりも接着強度が低下している。このことから、本実験では加温されていない部分のモルタルによる拘束負荷よりも下地コンクリートによる拘束負荷の方がモルタルの接着强度低下に影響を及ぼしていることが考えられる。

### 4. 2 温度・ひずみ測定結果

温冷繰り返し負荷中の試験体の温度とひずみの経時変化をFig. 8及びFig. 9に示す。実ひずみの値は温冷繰り返し負荷開始直前を0とし、膨張を正、収縮を負としている。試験体No.8の試験位置Aの

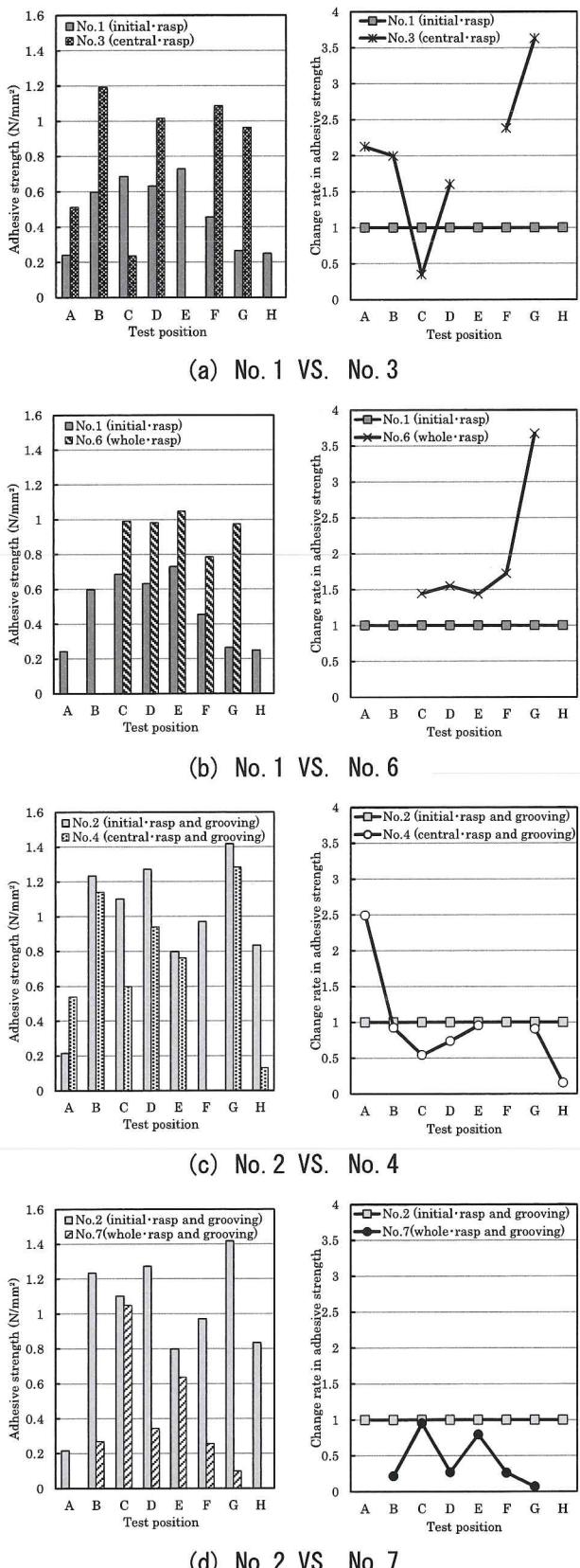


Fig. 7 Adhesive strength of mortar and change rate

表面のひずみについては、ひずみゲージの不具合で測定することができなかった。

いずれの試験体も温冷負荷 1 サイクルに対する実ひずみと温度の変化は、Fig. 10 に示す一例のよう

に、温度の上昇、下降に対応して周期的に試験体が伸縮していることが確認できる。

各試験体の温度は、加温範囲が中央部である No.5 は中央の C での温度上昇が著しく、実ひずみの変動幅も C が他の位置より大きい。一方、加温範囲が全面の No.8 は A, B, C で 1 サイクルの温度の変動幅に差があり、試験体全面に均一な加温ができていなかつた。実ひずみについては、C では No.5 と同程度の変動幅で伸縮しており、A や B では温度の変動幅の大きさに対応した変動幅で伸縮している。

実ひずみのグラフの全体の形を比較すると、いずれの試験体、測定位置においても温冷繰り返し初期において大きく膨張した後に時間経過に伴い収縮側へ推移している。その原因として、試験体に温度変化に対応する伸縮の他にサイクル全体では乾燥収縮が進行したことが考えられる。そして、温冷繰り返し負荷終了後の試験位置 C の残留実ひずみを比較すると、表面では No.8 の方が No.5 より大きく、内部では No.5 の方が No.8 より大きいがその差は小さいのでこれら 2 つの試験体は温冷繰り返し負荷による接着一体性低下の程度は同じぐらいであったと考えられる。

#### 4. 3 提案した試験法の有用性

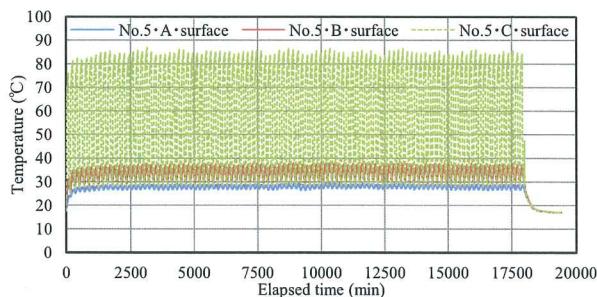
接着強度試験の準備時に一部のモルタルが剥離してしまい接着一体性を評価できなかったことは、試験法の有用性としては問題である。本実験で使用した既調合モルタルの強度が低かったことも原因として考えられるが、接着一体性の評価方法としてモルタルを分断する必要のない方法も検討する必要がある。例えば、既往研究でも実施されているひずみ追従性試験<sup>6)</sup>の適用などが考えられる。

また、促進劣化の手法についてもモルタルの促進養生とならないように温冷繰り返しのサイクル数を増やすことや加温されていないモルタルによる拘束負荷の効果を高めるために促進劣化装置の改良を検討する必要がある。

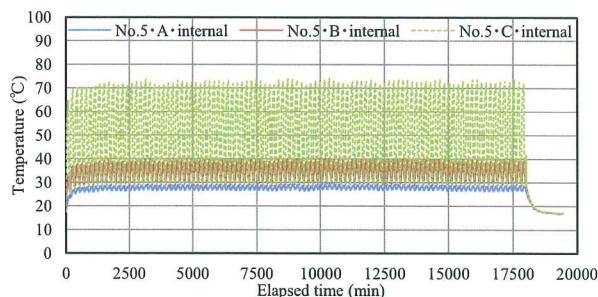
#### 5. まとめ

本研究では、コンクリート造外壁の仕上げモルタルの接着一体性を評価する試験法を開発し、有用性の検証実験を行った。本研究で得られた知見を以下に示す。

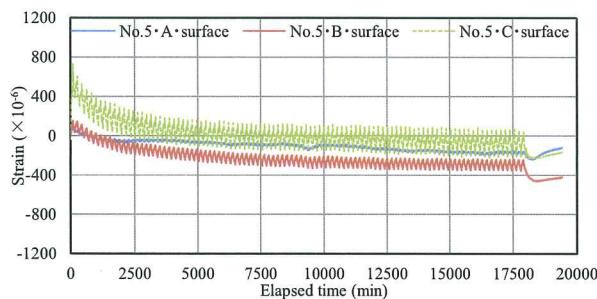
- (1) 接着強度試験の結果、温冷繰り返し負荷によりモルタルとコンクリートとの接着一体性に変化は生じたが、接着強度の低下は明確に確認できなかった。
- (2) 試験体の温度とひずみの測定の結果、温冷繰り返し負荷によりモルタルが伸縮すること、サイクル全体では乾燥収縮が進行することが確認できた。



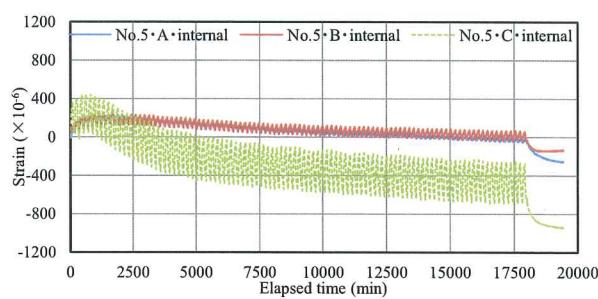
(a) Surface temperature



(b) Internal temperature

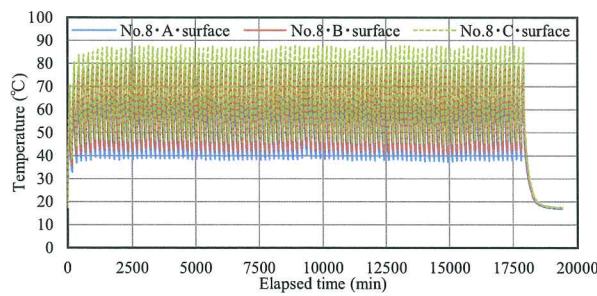


(c) Surface strain

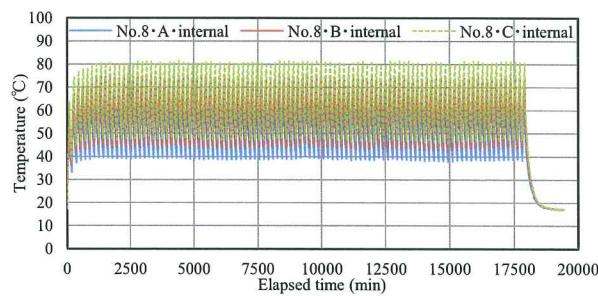


(d) Internal strain

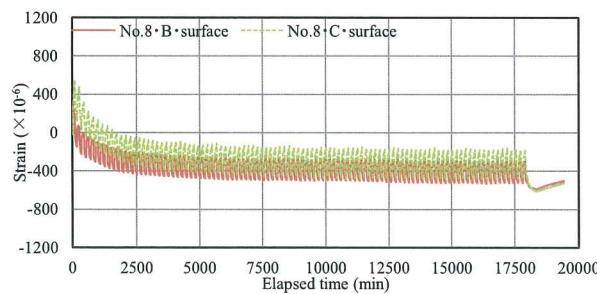
Fig. 8 Aging variation of temperature and strain (specimen No.5)



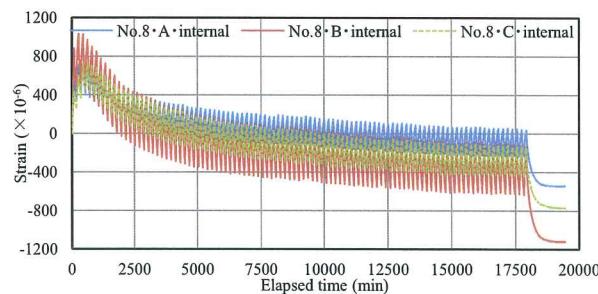
(a) Surface temperature



(b) Internal temperature

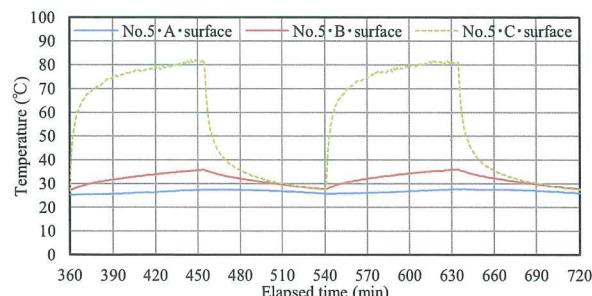


(c) Surface strain

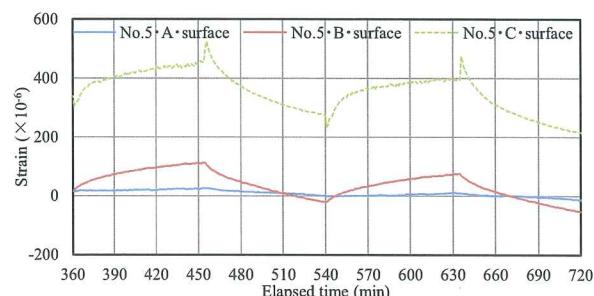


(d) Internal strain

Fig. 9 Aging variation of temperature and strain (specimen No.8)



(a) Surface temperature



(b) Surface strain

Fig. 10 Example of periodic change of temperature and strain

- (3) 開発した試験法は、促進劣化手法並びに接着一体性の評価方法において改良すべき点があることが明らかとなった。

今後の課題として、試験方法の改良と有用性の検証及び測定した温度、ひずみの詳細な解析の実施を挙げる。

**謝辞 :**本研究の遂行にあたって広島大学大学院、大久保孝昭教授、寺本篤史助教に多大のご支援をいただいた。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献 :

- 1) 名知博司, 小野正 : 外装タイル張り仕上げのひずみ追従性設計法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第 615 号, pp.31-37, 2007.5, 他

- 2) 根本かおり, 眞方山美穂, 大久保孝昭, 松本慎也 : コンクリートと左官モルタルの接着一体性に及ぼす初期養生環境の影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 613 号, pp.7-14, 2007.3
- 3) 起橋孝徳, 桜田佳寛, 河野政典 : タイル張り仕上げの剥離防止性能評価に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 76 卷, 第 668 号, pp.1781-1786, 2011.10
- 4) 日本建築学会 : 建築工事標準仕様書・同解説 JASS19 陶磁器質タイル張り工事, 2012.7
- 5) 独立行政法人都市再生機構住宅経営部: 保全工事共通仕様書 機材及び工法の品質判定基準 仕様登録集 平成 26 年版, 2014.10
- 6) 名知博司, 小野正 : タイル直張り仕上げのひずみ追従性に及ぼすタイル要因の影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 563 号, pp.15-22, 2003.1, 他

(2016.12.16 受付)

## PROPOSAL OF ADHESION EVALUATION TEST OF FINISHING MORTAR USING HOT AND COLD REPETITION LOAD

Satoshi MOHRI and Ryuya HATANAKA

**ABSTRACT :** For the purpose of relative valuing adhesion of mortar constructed on concrete surface, we developed an adhesion evaluation test using hot and cold repetition load. In this test, specimens simulate concrete external walls plastered finishing mortar. The specimens are received hot and cold repetition load by infrared lamps. By the hot and cold repetition load, the mortar repeats expansion and contraction. However, because of confining the movement of the mortar by the concrete and the mortar received no load, stress is caused between the mortar and concrete. By causing the stress repeatedly, adhesive strength of the mortar to the concrete deteriorates. After the load, the mortar on the specimen is cut by a square, and tested adhesive strength by a tensile testing machine. In this paper, for the purpose of verifying utility of this test, we performed the test changing processing conditions of the specimens and heating area of the infrared lamps. In addition, we measured temperature and strain of the specimens in hot and cold repetition load. As a result, we could confirm that the mortar was repeating expansion and contraction parallel to hot and cold repetition. However, we could not clearly confirm degradation of the adhesive strength through the adhesive strength test.

**Key Words :** Mortar, Delamination, Accelerated degradation, Adhesion, Thermal confining