

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 30 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22560571

研究課題名（和文） 気象因子を用いた建物外皮の劣化外力用温度推定法に関する実験的研究

研究課題名（英文） An experimental study on the temperature estimate method for external deterioration forces in terms of weather factors

研究代表者

渡部 嗣道（WATANABE TSUGUMICHI）

大阪市立大学・大学院生活科学研究科・教授

研究者番号：90314822

研究成果の概要（和文）：本研究では、コンクリート構造物に張り付けたタイル仕上げを対象事例とし、気象因子と建物外皮の温度との関係を潜熱の影響を含めた熱収支特性を適用して実験的に求める方法を考案し、既存の気象データから任意に同温度を推定する方法を検証した。そこで、タイル仕上げとそれを含む外壁用構造材の暴露実験を実施し、提案された推定方法による推定値の精度評価を行った。その結果、高い精度で実測温度を推定できることが確認された。

研究成果の概要（英文）：In this study, a method to demand experimentally the relations with the temperature of a weather factor and building crusts by heat balance characteristics for tile finish on concrete structures was suggested. Thus examination bodies for outer walls were revealed and the precision of the estimate by the suggestion method was evaluated. As a result, what could estimate actual survey temperature with high precision was confirmed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	556,900	180,000	736,900
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,356,900	1,020,000	4,376,900

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学、建築構造・材料

キーワード：コンクリート、タイル仕上げ、SAT計、日射量、気象因子、熱収支

## 1. 研究開始当初の背景

鉄筋コンクリート造建物外壁におけるタイル仕上げについては、剥離・剥落事故を防止する信頼性は十分とは言い難い。タイルの素材であるセラミックは、物理的・化学的にも安定で劣化しにくいことから、外壁に用いられるタイル仕上げは長期的に汚れが付き難く、高い耐久性が期待される仕上げである。しかし、タイル仕上げの外壁における剥離・

剥落事故は後を絶たない。これは、安全設計上の技術的な問題点も有していると考えられる。すなわち、これまでタイル仕上げ表面の温度あるいはそれに伴うムーブメントなどの劣化外力に関して、信頼性のある計測データや推定方法が皆無であることも大きな要因の一つと考えられる。セラミックタイルは吸水性が小さいため、温度ムーブメントがコンクリートとの接着界面の応力に大きな影響を及ぼすと考えられるにもかかわらず、

その実測値を含めた研究例は少ない。特に、気象因子から鉄筋コンクリート造建物外壁タイル仕上げ温度が推定できるようになれば、気象環境の異なる地域や様々な外壁材料条件でも外壁タイル仕上げの温度ムーブメントを求めることができ、より信頼性のある劣化外力としてのタイル仕上げの温度を推定することができる。しかし、このように実用的な設計技術に適用できるような劣化外力に関する研究成果は現在認められない。また、仕上げ表面の温度は、その表面の熱収支特性のほか、下地から室内に至る構成材の構成と熱的特性および室内環境の影響も大きい。このように仕上げ表面温度に与える要因は複雑であるため、その熱収支特性を簡易に評価する方法は十分に確立されていない。

## 2. 研究の目的

タイル仕上げの実質温度あるいは温度ムーブメントの簡易実験法を策定することとタイル仕上げ表層部の詳細な熱収支特性を評価することが本研究の目的である。そのために、タイル仕上げとそれを含む外壁用構成材の暴露実験を実施し、実環境に応じたタイル温度と、日射量や外気温などの気象因子との関係を定式化して、提案された推定方法による推定値の精度評価を行うとともに、各種タイル仕上材の熱収支特性のデータベース化も行った。

## 3. 研究の方法

実構造物をモデル化するためにコンクリートにタイルを張った模擬試験体と本研究で提案する「熱収支計測試験体」とを屋外において、仕上げ材を含む構成材の温度を計測した(図1)。これと同時に気象データも計測した。実施地は、つくば市と大阪市の2か所で、1年以上の継続計測を行う。そして、気象因子と「熱収支計測試験体」における仕上げ材表面の熱収支特性との関係を長期間計測データにおいて評価した。この熱収支特性評価における留意点は、水分移動に伴う熱的性質の変化と潜熱による熱収支への影響の程度である。この「タイル仕上げ表層部の熱収支特性評価システム」の評価結果を用いて、実構造物をモデル化した模擬試験体におけるタイル仕上げ層の温度を非定常熱伝導解析によって推定し、実測データとの比較検討による推定精度の評価結果から本評価システムの適用性を地域性の違いも含めて検証した。

## 4. 研究成果

実構造物をモデル化した模擬試験体(実際の壁を模擬したもので、厚さ10cmで50cm角のコンクリート表面にタイル仕上げを施したもの)について、タイル仕上げ表面の温度

を気象因子とともに長期的に測定し、この模擬試験体の温度履歴を非定常熱伝導解析によって推定した。その結果、高い精度で、実測温度を推定できることが確認された(図2)。図3に実測温度から求めたデファレンシャルムーブメントと解析温度から求めたそれとの比較を示す。両者は概ねよい一致を示している。

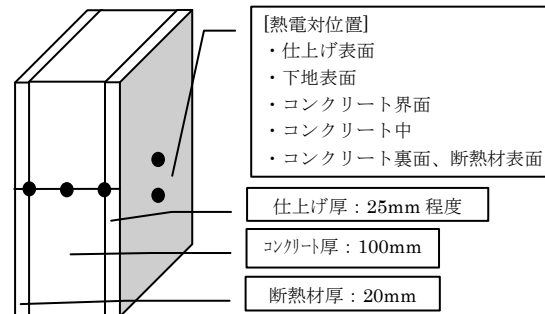


図1 試験体断面概要

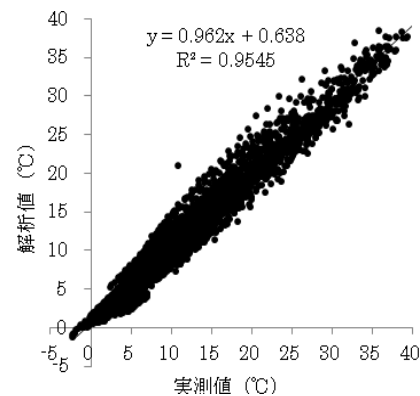


図2 タイル温度の解析値と実測値の比較

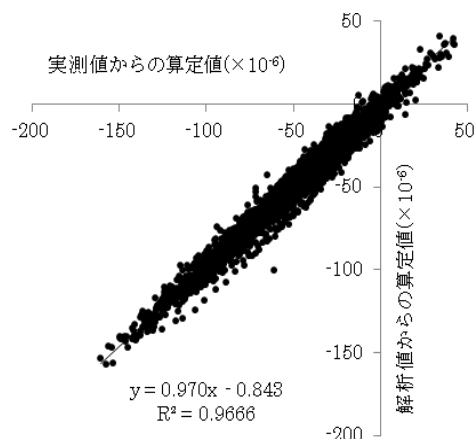


図3 デファレンシャルムーブメントの比較検討結果

また、地域性や季節性の違いによる影響を検討するために、関東と関西の地区として、つくば市と大阪市の2都市についての実験的検証を行う体制を整え、1カ年以上の期間の継続測定を実施した。

図4に、南面の垂直面日射量の測定履歴を示す。日射量の日間の最大値は、11月下旬から1月下旬にかけて太陽高度が低い時期に示された。図5に外気温を示す。最高温度は、7月31日の37.8℃であった。この年の大阪管区気象台・堺市アメダスデータでの最高気温は38.8℃であるから、やや低い値を示したことになる。

図6および図7に、黒色タイルおよび茶色タイルにおける試験体のタイル表面とコンクリート中間点温度を示す。8月下旬～10月下旬に年間の最高温度を示し、その値は黒色タイルの場合で55℃程度、茶色タイルの場合では、50℃程度であった。

鉄筋コンクリート造建築物における外壁タイルの剥離事故は、下地となるコンクリートとタイル仕上げ間とのひずみ差（デファレンシャルムーブメントともいう）から起こるとする説がこれまでの研究で有力となっている。したがって、1年間以上の長期計測されたデータをもとに、タイルひずみとコンクリートひずみとの差を算定し、タイルの剥離問題に適用できる値を算定した。

図8および図9に、タイル温度にその線膨張係数（ここでは、 $6 \times 10^{-6}$ と仮定）を乗じた値と、コンクリートの中心温度に同様に線膨張係数（ここでは、 $10 \times 10^{-6}$ と仮定）を乗じた値との差を示す。これは、日間変化における2材料間の温度差に基づいた実ひずみの差（デファレンシャルムーブメント）を示している。膨張する方向のひずみを正とした場合、タイルがコンクリートよりも大きな値を示す場合は、最大で  $50 \times 10^{-6}$  程度の値となり、小さな値を示す場合は最大で  $-250 \times 10^{-6}$  程度の値であった。前者の値を示すのはタイル温度が直達日射によって急激に増大する場合であり、後者の場合は試験体の冷却時にコンクリートの温度がタイルのそれよりも大きくなる場合である。また、前者の最大値を示す時期は、南垂直面の受熱日射量の大きな時期、すなわち冬季であった。一方、後者の最大値を示す時期は、タイル温度の高い夏から秋にかけての時期であった。タイルの色による差異はほとんど見られなかった。

また、温度に基づいた実ひずみの差を推定する場合には、上記の日間変化によるもののほかに、季節変化による値も考慮しなければならない。これは、コンクリートとタイルとが同じ温度であった場合でも、季節変化に沿って温度差が生じる場合には、両者の線膨張係数の違いによってひずみ差が生じるからである。そこで、上記と同じ線膨張係数であった場合に、施工時期から温度が変化することによって生じるひずみ差を上記の日間変化における温度差に基づ

いたひずみ差を加えることとした。ここで考慮した施工時期は、年中の最高気温（37.8℃）の時と最低気温（-2.7℃）の時として、図10および図11にその結果を示す。タイルがコンクリートよりも大きな値を示す場合は最大で  $200 \times 10^{-6}$  程度、小さな値を示す場合は最大で  $-400 \times 10^{-6}$  程度の値となった。なお、これらの値も、上記と同様にタイルの色の違いは見られない。また、以上のことから、温度に基づいたデファレンシャルムーブメントに対する影響は、直達日射によるタイルの温度ひずみのそれよりも、他の温度変化で招かれるひずみ差の方が大きいものと推定される。

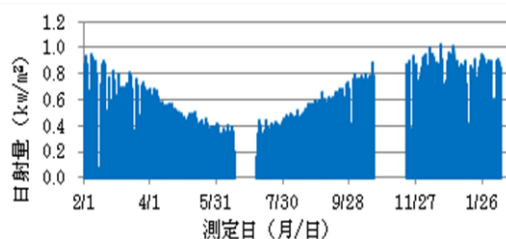


図4 南垂直面の受熱日射量

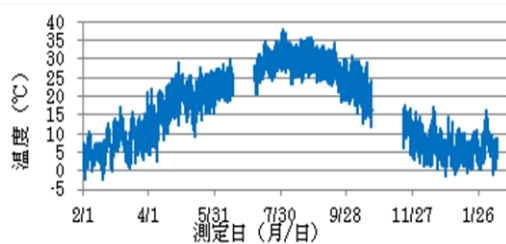


図5 外気温度

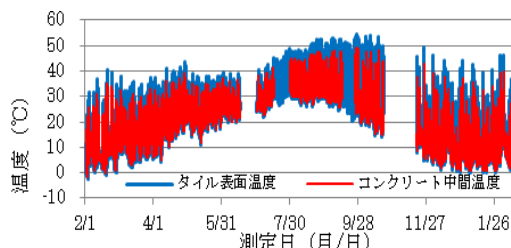


図6 タイル温度とコンクリート温度  
(黒色タイル)

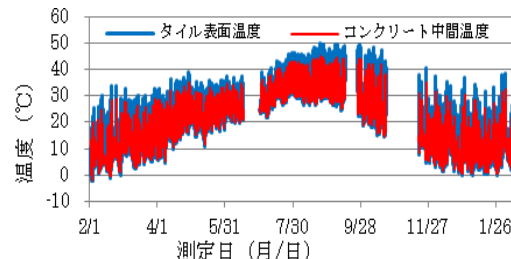


図7 タイル温度とコンクリート温度  
(茶色タイル)

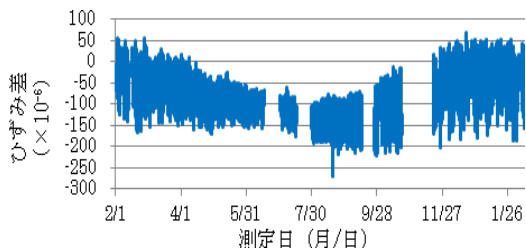


図8 タイルとコンクリートとのひずみ差  
(黒色タイル)

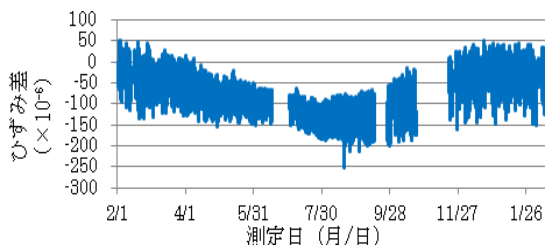


図9 タイルとコンクリートとのひずみ差  
(茶色タイル)

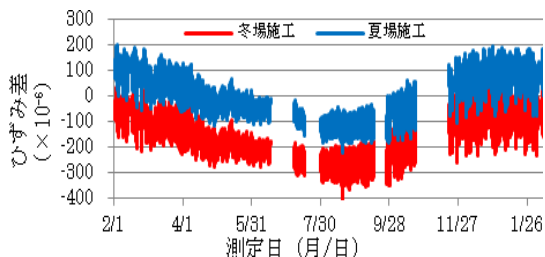


図10 施工時期を考慮した場合のひずみ差  
(黒色タイル)

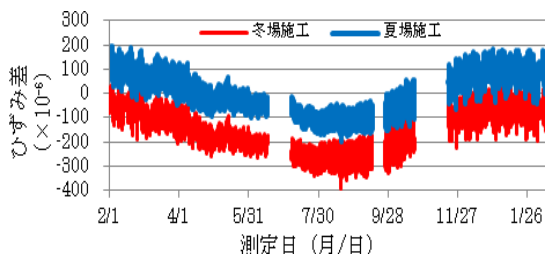


図11 施工時期を考慮した場合のひずみ差  
(茶色タイル)

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2件)

①渡部嗣道、濱崎仁、富板崇、井川憲男、タイル仕上げの温度ムーブメントの推定に関する実験的研究 その1. 1年間における温度測定結果と考察タイル仕上げの温度ムーブメントの推定に関する実験的研究、日本建築学会学術講演梗概集、査読無、2013、1013-1014

②渡部嗣道、濱崎仁、富板崇、井川憲男、タイル仕上げの温度ムーブメントの推定に関

する実験的研究、日本建築学会学術講演梗概集、査読無、2012、1013-1014

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

渡部 嗣道 (WATANABE TSUGUMICHI)

大阪市立大学・大学院生活科学研究科・教授  
研究者番号：90314822

(2)研究分担者

井川 憲男 (IGAWA NORIO)

大阪市立大学・大学院生活科学研究科・特任教授

研究者番号：80398411

富板 崇 (TOMIITA TAKASHI)

九州大学・芸術工学研究科・教授

研究者番号：90278078

濱崎 仁 (HAMASAKI HITOSHI)

独立行政法人建築研究所・材料研究グループ・主任研究員

研究者番号：30370703

(3)連携研究者

なし