

既存建物におけるタイル仕上げの 剥離危険性評価に関する研究

Study on the Estimation of Exfoliation of an Existing Tile Finish

起橋孝徳* 河野政典*

要 旨

一般に、既存建物のタイル仕上げの健全性は、剥離範囲の調査や接着力試験によって評価されている。しかし、調査時に健全と評価された範囲で新たに剥離を生じる場合がある。このため、剥離を生じていないタイルを対象とした剥離危険性の評価方法を開発した。この評価方法の妥当性を確認するため、既存建物のタイル仕上げに対して適用した。判定結果が実際の浮きの発生状況に対応していることから、提案した評価方法は妥当であることを確認した。

キーワード：タイル、既施工、収縮、ひずみ、剥離、危険性評価

1. まえがき

一般に、既存建物のタイル仕上げの健全性は、打音診断法や赤外線カメラを用いた剥離調査、または接着強度試験によって評価されている。しかし、これらの方法では、調査時点で剥離を生じていないタイルの接着界面に生じている応力状態を把握して剥離を予測することは困難である。そこで、既施工タイル仕上げの剥離危険性を予測することを目的とした一連の研究を行った。既報¹⁾では既施工タイル仕上げに生じているひずみの計測方法を提案した。本報では、この計測結果を用いてタイルの剥離危険性を評価する方法を提案する。また、この評価方法の検証結果を報告する。

2. 研究の概要

タイル仕上げは、表層のタイルと下地のコンクリートが、温湿度の変化に伴う膨張収縮などが異なるため、材料間で異なる挙動（以下、層間ひずみ差と称す）が生じる。タイル仕上げの剥離は、この層間ひずみ差によって発生するせん断応力が、接着せん断耐力を上回ることによって生じると考えられる。層間ひずみ差に対する接着性能の評価には、タイル仕上げを施したコンクリート試験体に圧縮ひずみを与えてコンクリートとタイルの挙動を計測する、ひずみ追従性試験が近年多く行われている²⁾。これによって、タイルひずみが下地コンクリートひずみに追従する割合（以下、ひずみ伝達率と称す）やタイル仕上げに剥離を生じる下地ひずみの大きさ（以下、破壊ポイントと称す）などが、室内試験で把握可能に

なった。筆者らも、下地コンクリートのひずみに対するタイルの追従性について研究^{3),4)}を行った。その結果、従来行われている試験の載荷速度では、施工されたタイル仕上げのようにタイル施工時から調査時までの間に長期的にひずみが進行する場合に比べて、ひずみ伝達率や破壊ポイントが高くなることを明らかにした。しかし、これらの試験方法は材料や施工法における接着性能を評価するものである。既存建物のタイルの剥離危険性を評価するためには、タイルの接着界面に生じている応力状態を把握してこの接着性能と比較する必要がある。そこで、タイル仕上げに生じているひずみの大きさを計測する方法について検討し、タイルひずみ解放試験を提案した^{1),5)}。この試験では、タイルの施工に先立って設置するひずみ計を必要とせず、任意の材齢でタイルに生じているひずみを計測する。既存建物のタイルの剥離の危険性を評価するためには、下地コンクリートとタイルの間に剥離を生じるひずみの大きさ（以下、剥離危険度判定値と称す）と、タイルひずみ解放試験で得られた値の比較にあたって、環境の変動や下地コンクリートの乾燥収縮などを考慮する必要がある。

3. 剥離危険性評価の手順

図-1に示す手順によって、タイル仕上げの剥離危険性を評価する。評価に当たっては、対象とするタイル仕上げと同様に施工した試験体を用い、クリープ追従性試験、もしくは、ひずみ追従性試験から、タイル仕上げの標準的なひずみ伝達率や、剥離危険度判定値が得られているものとする。

* 技術研究所

試験対象タイルが既に剥離に近い状態になっている場合には、タイルひずみの計測値が小さく、危険側の評価となる。これを回避するため、評価手順では打音検査と接着強度試験を事前に行い、評価対象とするタイルの近傍で接着強度が低下していないことを確認する。

3.1 既存タイル仕上げのひずみ計測方法

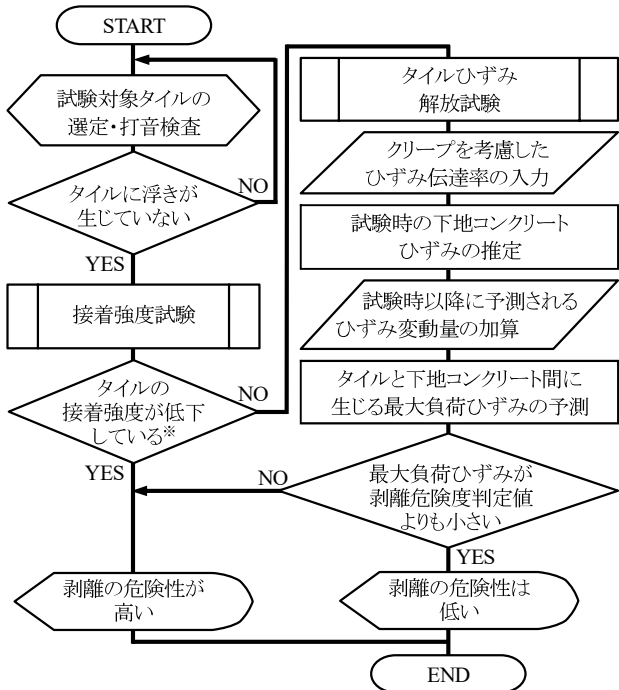
タイルひずみ解放試験の手順^{1),5)}を表-1に示す。直射日光の当たらない環境で試験を行う。試験では、タイル表面中央の長辺方向にひずみゲージを張付け、目地位置をダイヤモンドホイールで張付材まで切断し、切断によってできた溝に挿入した鉄板をこじることによってタイルを剥離させるまで連続してひずみを計測する。このとき、タイルは温度変化に伴う伸縮はあるが、乾燥収縮およびクリープのない完全弾性体とし、恒温であれば剥離したタイルの寸法は初期状態まで復元すると仮定する。これにより、評価対象のタイルに生じていたひずみが得られる。

3.2 既存タイル仕上げに生じる最大負荷の推定

タイルと下地コンクリートに生じるひずみの関係を図-2に示す。層間ひずみ差が生じる原因としては、タイル施工後の躯体の荷重増加に伴う弾性ひずみ、クリープひずみ、乾燥収縮ひずみと、気候変化や日射による熱収縮ひずみなどがある。タイル仕上げの剥離危険性の評価に当たっては、最も剥離の危険性が高い層間ひずみ差の最大値を用いる。層間ひずみ差には、タイルの伸縮ひずみが含まれるが、剥離危険度判定値と比較するため、全ての最大層間ひずみ差を下地コンクリートの収縮ひずみ（以下、最大負荷ひずみと称する）に置き換える。最大負荷ひずみの予測式を式(1)に示す。タイルひずみ解放試験で得られる値は、計測時に生じているタイル表面のひずみである。このため、タイルひずみをひずみ伝達率で除して下地コンクリートひずみに換算する。このひずみ伝達率は、通常のひずみ追従性試験ではなく、下地のひずみが乾燥収縮やクリープで長期間進行する実験によって得られた値とする。これに、計測時以降に予測される負荷が増大する側のひずみを加算する。

$$\varepsilon_{MAX} = \frac{(\varepsilon_m + z \cdot \sigma_m)}{\beta} + \varepsilon_s + \varepsilon_t + \varepsilon_d + \varepsilon_n \quad (1)$$

- ここで、 ε_{MAX} : 最大負荷ひずみ
- ε_m : ひずみ解放試験結果 ε_2 の平均値
- z : 許容不良率に基づく係数
- σ_m : ひずみ解放試験結果 ε_2 の標準偏差
- β : クリープを考慮したひずみ伝達率
- ε_s : 直射日光による層間ひずみ差の増分
- ε_t : 気温変化による層間ひずみ差の増分
- ε_d : 試験後のコンクリート乾燥収縮ひずみ
- ε_n : 荷重による試験後の下地収縮ひずみ



※従来基準によれば 0.4N/mm² 未満であるが、既往の実験結果³⁾から、ここでは安全側評価のため、0.8N/mm² 未満を強度低下とする

図-1 剥離危険性評価手順フローチャート

表-1 タイルひずみ解放試験手順^{1),5)}

i	タイル表面にひずみゲージを張付ける
ii	ひずみの計測を開始し、基準値を設定する
iii	隣接するタイルとの間の目地を切断する
iv	基準値からのひずみ変化量 ε_1 を計測する
v	ひずみゲージを張付けたタイルを強制剥離する
vi	基準値からのひずみ変化量 ε_2 を計測する
vii	各ひずみ変化量の計測値から、目地や下地によってタイルに与えられていたひずみの大きさを算出する

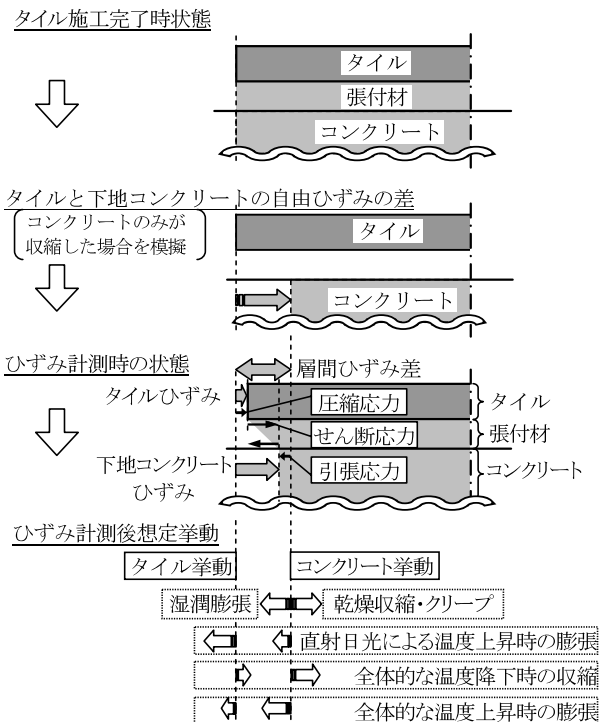


図-2 タイルと下地の挙動と層間ひずみ差

直射日光の当たらない状態でタイルひずみ解放試験を実施するため、試験結果に直射日光による膨張ひずみを加算する。また、季節の温度変化による熱伸縮ひずみは、タイルひずみ解放試験を行った季節や時間によって異なるとともに、試験時以降も引き続き変動するため、試験時以降の変動幅を加算する。

タイル仕上げの施工からの経過期間が短い場合や、建物上階の荷重増加が予定されている場合は、下地コンクリートの乾燥収縮や、建物荷重による弾性ひずみとクリープひずみを加算する必要がある。しかし、建築基準法第 12 条の定期報告制度に基づく調査など、タイル仕上げの施工から 10 年以上経過している場合には、乾燥収縮やクリープは収束した状態であると考えられるため、検討項目から除外する。なお、張付材料自体の乾燥収縮や熱伸縮については、既往の研究⁴⁾⁵⁾から層間ひずみ差への影響が小さいと考えられるため検討項目から除外した。ひずみ変動の要因ごとの補正方法を以下に記す。

a. 直射日光による影響について

直射日光による影響の補正式を式(2)に示す。

$$\varepsilon_s = \alpha_T \cdot T_s \quad (2)$$

ここで、 T_s : 日射によるタイルと外気の最大温度差(°C)
 α_T : タイルの線膨張係数($\mu/^\circ\text{C}$)

一般に、タイル仕上げの接着耐久性が低下する原因としては、直射日光による影響が最も注目されている。従来の説では、タイル仕上げの剥離原因は、直射日光による熱伸縮ひずみが、接着界面にせん断応力として繰り返し作用することによる疲労破壊であると考えられている。しかし、著者らの既往の研究⁴⁾⁶⁾から、タイルの剥離については疲労破壊よりも、与えられるひずみ差の大きさによる影響が支配的であると考えられるため、本評価方法では繰り返しによる疲労を検討対象から除外した。

直射日光によるタイル仕上げの深さ方向の温度分布は、既往の研究⁶⁾ではタイル表面と下地コンクリート面の間で最大でも 4°C であり、タイルとコンクリートの線膨張係数がそれぞれ $5.6 \mu/^\circ\text{C}$ と $11 \mu/^\circ\text{C}$ である場合には、コンクリート下地にタイルよりも大きなひずみが生じる。しかし、タイルを弾性接着剤で下地コンクリートに張付けた場合のひずみの計測結果では、タイルが下地コンクリートよりも大きな伸びを生じていた。また、下地コンクリートのひずみは、直射日光による表層温度変化の影響が小さく、外気温の変動とほぼ同じであった。このことから、直射日光による層間ひずみ差は、タイル表層の温度と外気温の差にタイルの線膨張係数を乗じることによって得られる。直射日光によるタイルの温度上昇量は、表面の色や形状、壁面に対する直射日光の入射角によって異なる。このため、東西面の壁のほうが南面の壁よりも直射日光による影響が大きくなる場合が多い。

タイルの色の違いによる温度上昇量を表-2に示す。冬期にタイルを張付モルタルで断熱材に直張りした試験体を東に向けて屋外で垂直に設置して、熱電対を使用して夜明け前からの温度上昇量を計測した。その結果、既往の研究⁴⁾⁶⁾で用いた茶色のタイルに対して、温度上昇量は白色のタイルでは 0.64 倍、黒色のタイルでは 1.14 倍となった。これらの結果から、既存建物のタイル仕上げの温度上昇量を予測すると、直射日光によるタイル表面温度の外気温との差は 9~17°C の範囲にあり、生じるひずみ差は 50~100 μ 程度であると推定できる。

b. 気温変動による影響について

気温変動による影響の補正式を式(3)に示す。

$$\varepsilon_t = (\alpha_C - \alpha_T) \cdot (T_0 - T_{\min}) \quad (3)$$

ここで、 T_0 : ひずみ解放試験時の外気温(°C)
 T_{\min} : 最低気温(°C)
 α_T : タイルの線膨張係数($\mu/^\circ\text{C}$)
 α_C : コンクリートの線膨張係数($\mu/^\circ\text{C}$)

タイルとコンクリートの線膨張係数は異なるため、タイルと下地コンクリートの温度が同じであっても、外気温の変化に伴って層間ひずみ差が生じる。このひずみ差は直射日光による影響とは異なり、温度上昇する場合にはタイルよりも下地コンクリートが大きな伸びを生じる⁴⁾⁶⁾。このため、剥離危険性の評価においては、夏期の温度上昇よりも冬期の温度低下に伴うひずみを気温の変動による影響として加算する。

c. 湿度変化による影響について

タイルは焼成されたものであるため乾燥収縮は生じない。また、通常外壁に使用されているタイルの吸水率は 1.0%以下と小さいため、吸水膨張は非常に小さいものと考えられる。一方、下地コンクリートや張付モルタル、および目地モルタルの吸水膨張は、いずれの材料においてもタイル仕上げ施工時からの自己収縮や乾燥収縮によって生じているひずみを減少させる。また、タイル以外の材料の吸水膨張は、直射日光によって生じる層間ひずみ差を緩和する方向に働く。このため、タイル仕上げに水分が供給されることは、凍害やタイルの接着界面に水みちができるような場合を除いて、剥離の原因とはならないものと考えられる。そこで、降雨等によって供給される水分の影響については検討の対象外とした。

下地コンクリートの乾燥収縮が収束していない時期に試験を行う場合には、湿度変化の影響として、試験後

表-2 タイル色による温度上昇量比較

色名	色差			光沢度 (60°)	温度上昇量 (°C/h)	上昇温度比 (対白色)
	L*	a*	b*			
白	83.6	-0.9	5.4	25.5	17.9	1.00
茶	38.7	19.7	12.3	5.8	28.0	1.56
黒	29.3	2.1	-0.3	7.7	31.9	1.78

に予測される下地コンクリート躯体の乾燥収縮量を層間ひずみ差に加算する。乾燥収縮の予測には、日本建築学会による乾燥収縮予測式⁷⁾の適用が考えられる。そこで、タイル仕上げされたコンクリートの乾燥収縮傾向を明らかにするため、表面をタイル仕上げしたコンクリート躯体の乾燥収縮を計測した。

試験体のタイル割付を図-3に示す。また、使用材料を表-3に、基板コンクリートの調合を表-4に示す。試験体数は、各水準3体とした。試験体の基板には、形状が10×10×40cmで呼び強度27 N/mm²のコンクリート角柱を使用した。乾燥の進行を評価する面（以下、「乾燥評価面」と称す）は、打設時の側面に当たる長辺2面とし、タイル張りの下地面に目粗しを施さなかった。乾燥評価面以外の面は、コンクリート打設翌日の脱型直後にアルミテープにより封かん養生し、アルミテープを一部切り欠いて測定用の標点を貼付した。乾燥収縮の試験期間はタイル仕上げによる乾燥の遅延を考慮して通常よりも長期間である9ヶ月間とした。型枠脱型の1週間後に乾燥評価面にタイル張りを行って基長を計測し、以後は気温20℃、湿度60%の養生室内で測定を行った。

コンクリートの乾燥収縮量および質量減少率を図-4に示す。タイル仕上げを施した試験体の乾燥による質量減少率は、初期はコンクリート素地試験体に比較して小さいが、材齢の経過とともにその差は解消される傾向にあった。これは、コンクリート中の水分の逸散がタイルによって抑制されるが、張付材料や目地モルタルを通して徐々に進行するためと考えられる。タイル仕上げ試験体の乾燥収縮量は、実験の最終材齢においてもコンクリート素地試験体よりも小さかった。タイル仕上げ試験体の乾燥収縮量は、45二丁横張は目地面積の同じ45二丁縦張よりも、長さ測定方向の目地本数が同じ45角モザイクと同様の傾向を示していた。タイル仕上げ試験体に見られる乾燥収縮量の抑制効果は、乾燥の抑制よりも、主に張付けたタイルの拘束によるものと考えられる。

タイル仕上げした躯体コンクリートの乾燥による自由収縮量は、長期的にはタイル仕上げを施さない場合と同程度と考えられる。なお、初期材齢の自由収縮については小さいことが予測されるが、安全側に評価するため、タイル仕上げを施さない場合と同程度として検討する。

d. 躯体に作用する荷重による影響について

コンクリート躯体に作用する荷重による弾性変形やクリープ変形は、鉛直方向成分が卓越する。一方、タイルひずみ解放試験で得られるひずみの値は、タイルの長辺方向が卓越しているため、タイルの長辺方向を鉛直にしたタイル割付の場合については、躯体に作用する荷重による影響についても検討する必要があると考えられる。なお、長辺方向を水平にして張付けたタイルでは、荷重による下地ひずみの水平軸方向成分は膨張側であり、乾燥収縮や日射によるひずみ差を緩和する方向に作用する

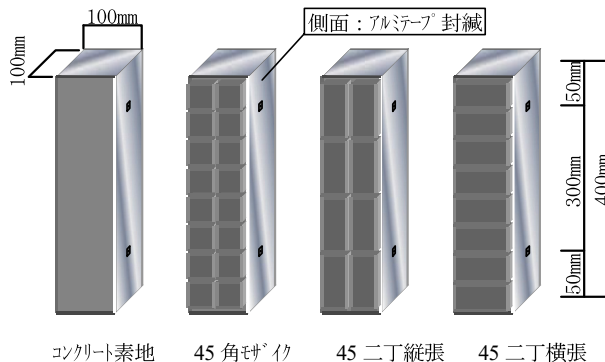


図-3 試験体形状・タイル張り割付

表-3 使用材料

材料種類	諸元	
コンクリート	セメント	普通ポルトランドセメント、密度：3.16g/cm ³
	細骨材	千葉県富津産山砂、表乾密度：2.60g/cm ³ 、吸水率：1.27%
	粗骨材	桜川産砕石、表乾密度：2.65g/cm ³ 、吸水率：0.62%、実積率：61.5%
	混和剤	AE減水剤
タイル仕上げ	タイル	陶磁器質タイル（JIS A 5209(2008)吸水率による区分I類）、裏足有、45角および45角二丁
	張付材	タイル張付用プレミックスモルタル
	目地材	タイル化粧目地材

表-4 コンクリート調合（呼び強度：27N/mm²）

水セメント比 W/C	単位量 (kg/m ³)				混和剤 添加率
	W	C	S	G	
60%	175	292	845	962	C×1.0%

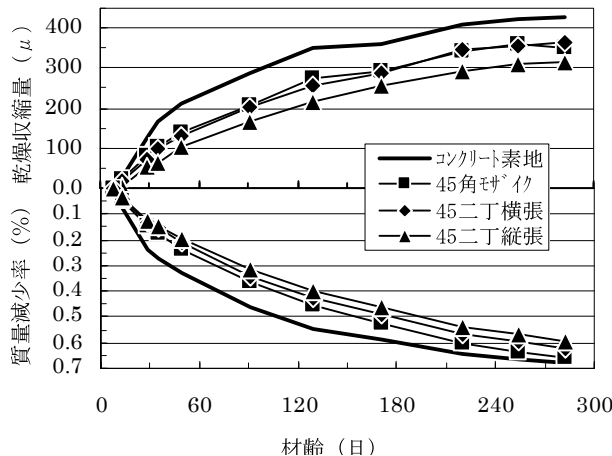


図-4 試験体基板コンクリート乾燥収縮試験結果

ため検討対象としない。弾性変形は竣工時にほぼ収束しているが、クリープひずみについては乾燥収縮と同様に竣工後数年の間は進行すると考えられる。このため、タイルひずみ解放試験時の材齢や評価対象部位によっては、躯体に作用する荷重による層間ひずみ差への影響を検討する必要がある。既存建物におけるクリープひずみを簡易に推定する方法の一例としては、コンクリートの設計基準強度から長期許容応力度を求め、これをヤング係数で除したものにクリープ係数を掛けた値を最大値とし、経過材齢に応じて順次低減する方法が考えられる。

3.3 剥離危険性の評価

タイル仕上げの剥離危険性は、3.2 によって予測される最大負荷ひずみと、剥離危険度判定値との比較によって評価する。剥離危険度判定値は、評価対象とするタイル仕上げを用いた試験によって把握することが望ましい。しかし、既施工タイル仕上げを対象とした試験方法は存在しないため、ここでは室内試験によって剥離危険度判定値を設定する。一般に行われている室内実験のひずみ追従性試験²⁾は、載荷によるひずみの進行が乾燥収縮などに比べて著しく速く、既存建物のタイル仕上げに比べて破壊ポイントやひずみ伝達率が高くなる。このため、剥離危険度判定値を求めるための室内実験は、ひずみの進行速度による影響を考慮したクリープ追従性試験³⁾⁴⁾とする。

ひずみ追従性試験では、載荷試験中にタイルのひずみが減少に転じた際の下地コンクリートひずみの大きさを破壊ポイントと称して、タイルに剥離が発生したと判断する指標として用いている。しかし、タイル仕上げのひずみ追従性は、張付け材料や下地処理方法によって性状が異なり、下地コンクリートのひずみの大きさが破壊ポイントを越えた後でも、タイルと下地コンクリートの間に接着強度が残留する場合がある。著者らの既往の研究³⁾では、ひずみ伝達率を初期ひずみ伝達率で除したひずみ伝達残存率を用いることによって、下地コンクリートひずみの大きさと、接着強度の低下傾向を関連付けることができた。ここから、所定の接着強度を基準として、これを下回る下地コンクリートのひずみを剥離危険度判定値として設定できる。

4. 剥離危険性評価方法の検証

提案した剥離危険性評価方法の妥当性を確認するため、既存建物の外壁タイル仕上げを対象としたタイルひずみ解放試験を行い、試験時に生じているタイルの浮きの状態と比較した。材料物性値や接着性能については既往の実験⁶⁾から、タイルとコンクリートの線膨張係数は $5.6\mu/\text{C}$ と $11\mu/\text{C}$ とし、ひずみ計測時の不良率は 5% と設定した。また、下地表面処理を施さずに一般的な材料でタイル仕上げを行った試験体を用いたクリープ追従性試験結果から、長期のひずみ伝達率を 0.64 とし、剥離危険度判定値を 588μ とした。

4.1 A 建物の例

a. 建物概要

タイルひずみ解放試験時のタイル打音調査では、剥離割合はタイル仕上げ面積の 10% を超えていた。過去には張り直し補修を部分的に（以下、既補修部と称す）実施していた。

- ・ 築年数/試験日：5 年/10 月 26 日、11 月 2 日
- ・ タイル形状、色：45 角三丁、茶色

- ・ 試験対象面：手摺壁（東面・南面・既補修部）

b. 接着強度試験結果とひずみ計測方法

ひずみ計測に先立ち、浮きを生じていないタイル張り部位で 10 ヶ所、浮きを生じていたタイルの近傍対象で 2 ヶ所、張り直し補修した部位で 2 ヶ所の計 14 ヶ所で接着強度試験を行った。その結果、タイルの接着強度は、浮きが生じていた部分の近傍を除いたものでは平均 $1.75\text{N}/\text{mm}^2$ 、張り直し補修した部位でも平均 $1.83\text{N}/\text{mm}^2$ であり、いずれの部位でも高い接着強度を維持していた。しかし、既に浮きが生じているタイルの近傍では $0.08\text{N}/\text{mm}^2$ となる場合があったため、タイルひずみ解放試験はこれ以外の部位を対象として行った。

A 建物では、ひずみゲージをタイル端部より 25mm の位置に張付けてタイルのひずみを計測した。タイルに生じているひずみの最大値は、後の研究¹⁾⁵⁾で、タイルの中央位置で計測できることを明らかにした。このため、A 建物のタイルに生じていた最大ひずみは、ここで得られた結果よりも大きく、本来の剥離の危険性はより高かったと考えられる。

c. ひずみ計測結果

タイルひずみ解放試験結果を図-5 に示す。東面と南面のタイルのひずみ計測値は平均 225μ 、標準偏差 60.6μ であった。東面では、試験を行った多くのタイルが目地材除去時に大きなひずみ変化を生じたが、剥ぎ取りの際にほとんどひずみが変わらないものもあった。これは、隣接するタイル間の拘束が解かれることや作業振動などによって、目地材除去中にタイルの接着界面に剥離が生じたためと考えられる。ここから、これらのタイルは試験時点までは剥離してはいないものの、最大負荷ひずみと剥離危険度判定値の比較による判定を行うまでもなく、剥離の危険性が高いことが推測できる。

既補修部のタイルひずみは、接着時には膨張側にあり、その値は平均 62μ と比較的小さかった。これは、補修を行った時期には下地コンクリートの乾燥収縮が既に収束していたことに加えて、補修作業時の気温が試験時よりも低かったためと考えられる。

d. 剥離危険性評価結果

所在地から最低気温を 0.6°C とした。また、タイルは既往の実験⁶⁾で用いたタイルとほぼ同じ茶色であり、東に面しているため、直射日光による温度上昇を 15°C とした。試験時の外気温は 17.0°C であった。

$$\begin{aligned} \varepsilon_s &= 5.6\mu/\text{C} \times 15.0^\circ\text{C} \\ &= 84.0\mu \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= (11.0\mu/\text{C} - 5.6\mu/\text{C}) \times (17.0^\circ\text{C} - 0.6^\circ\text{C}) \\ &= 88.56\mu \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{MAX} &= \frac{(225\mu + 1.64 \times 60.6\mu)}{0.64} + 84.0\mu + 88.56\mu \\ &= 679.41\mu \end{aligned} \quad (6)$$

以上の式(4)~(6)から、A 建物の外壁タイル仕上げの最大負荷ひずみは 679 μ となり、剥離危険度判定値 588 μ を 15%上回った。このことから、剥離の危険性が高いと判定される。A 建物においては、実際にタイル仕上げに多くの剥離を生じているため、実情を反映する結果が得られた。

4.2 B 建物の例

a. 建物概要

部分張り直しの痕跡があったが、その状況から躯体のひび割れ補修に伴うものと見られる。また、タイルの浮きは観察されなかった。

- ・ 築年数/試験日：25年/1月19日
- ・ タイル形状、色：45角二丁、白色
- ・ 試験対象面：バルコニー袖壁（東・西面）、外壁既補修部

b. 接着強度試験結果

B 建物のタイルの接着強度は、平均で 0.80N/mm²であった。これは 4.1 の事例よりも低い。接着強度試験による破断面の観察ではタイル裏足の一部が張付モルタルによって欠き取られる状態であったため、接着強度の低下は生じていないものと判断した。

c. ひずみ計測結果

ひずみ計測結果を図-6に示す。東西面タイルのひずみ計測値は平均 220 μ 、標準偏差 44.1 μ であった。また、既補修部のひずみは 137 μ であり、その他の部分よりも若干小さかった。

d. 剥離危険性評価結果

所在地から最低気温を-2.7 $^{\circ}$ Cとした。また、タイルは白色で東に面しているため、直射日光による温度上昇を 9.6 $^{\circ}$ Cとした。試験時の外気温は 6.4 $^{\circ}$ Cであった。

$$\begin{aligned} \varepsilon_s &= 5.6 \mu/^{\circ}\text{C} \times 9.6^{\circ}\text{C} \\ &= 53.8 \mu \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_t &= (11.0 \mu/^{\circ}\text{C} - 5.6 \mu/^{\circ}\text{C}) \times (6.4^{\circ}\text{C} + 2.7^{\circ}\text{C}) \\ &= 49.14 \mu \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{MAX} &= \frac{(220 \mu + 1.64 \times 44.1 \mu)}{0.64} + 53.8 \mu + 49.14 \mu \\ &= 559.70 \mu \end{aligned} \quad (9)$$

以上の式(7)~(9)から、B 建物の外壁タイル仕上げの最大負荷ひずみは 560 μ となり、剥離危険度判定値 588 μ を下回った。このことから、タイルは剥離の危険性が低い状態と判定される。これは、B 建物にタイルの浮きが見られない実情と合致する結果であった。

5. まとめ

既施工タイル仕上げの剥離危険性を予測する方法を提案し、実建築物で評価方法を検証した。その結果、判

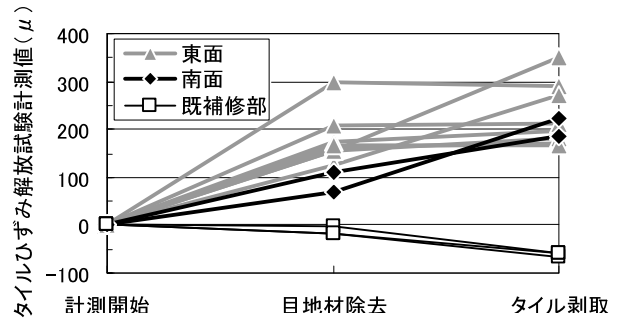


図-5 タイルひずみ解放試験結果 (A 建物)

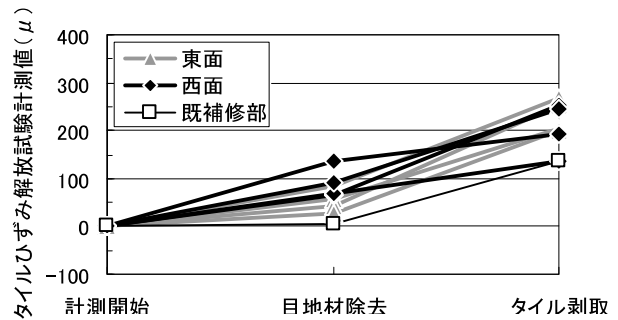


図-6 タイルひずみ解放試験結果 (B 建物)

定は実際の剥離発生状況によく対応しており、本評価方法の妥当性が確認できた。

6. おわりに

タイルの剥離危険性を予測する方法を提案し、適用の可能性を示した。しかし、ここで示すことができたのは限られた実験結果の範囲に留まるため、より精度よい評価を行うためには数多くの実験結果と、タイル実施工事例の評価が必要である。

【参考文献】

- 1) 起橋孝徳、河野政典：既存建物のタイル仕上げに生じているひずみの評価方法に関する研究、奥村組技術研究年報、No38、pp.61-66、2012.8
- 2) 例えば、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
- 3) 起橋孝徳、榊田佳寛、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 668 号、pp.1781-1786、2011.10
- 4) 起橋孝徳、上西 隆、河野政典：タイル仕上げの剥離防止性能評価に関する研究、奥村組技術研究年報、No36、pp.53-58、2010.8
- 5) 起橋孝徳、榊田佳寛：既存建物のタイル仕上げに生じているひずみの評価方法に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第 675 号、pp.679-684、2012.5
- 6) 起橋孝徳、河野政典、榊田佳寛：タイル張り仕上げの屋外暴露試験および熱冷繰返し試験における挙動、日本建築学会構造系論文集、第 661 号、pp.465-470、2011.3
- 7) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針（案）・同解説、2006.2