

外壁タイル張りの剥落防止性能評価技術

三 谷 一 房 小 川 晴 果
水 上 卓 也 福 田 一 夫
(大阪本店建築事業部)

Preventing Exterior Ceramic Wall Tiling from Falling-Off during Earthquakes

Hitofusa Mitani Haruka Ogawa
Takuya Mizukami Kazuo Fukuda

Abstract

Knowing the seismic resistance capacity of ceramic wall tiling commonly used for the external covering of buildings is very important. Because falling wall tiles during earthquakes pose a considerable danger to pedestrians. Many new methods have been recently utilized to prevent wall tiling from falling. However, standard testing procedures have not tried to determine the seismic resistance capacity of these methods thus far. This paper presents the results of static and dynamic loading tests for determining the seismic resistance capacity, and a detailed evaluation using a new simple compression shear loading test without larger-scale specimens.

概 要

建築物の外壁仕上げとして代表的な陶磁器質タイル張りに関しては、地震時にタイルが剥落した場合、人命に与える危険性が非常に高いことから、その耐震安全性の確保が重要な課題である。近年、外壁タイルの剥落防止を目的とした様々な工法が実用化されているが、これらの工法の耐震安全性については、いまだ統一的な評価がなされていない。そこで本報では、公的指針や仕様書に見られるタイル剥落防止工法の現状を整理した上で、その中の当社開発による代表的なタイル剥落防止工法について、地震時における剥落防止性能を確認するために実施した静的および動的な耐震実験の概要を述べる。さらに大型試験体を用いた耐震実験によらずとも、比較的簡便に性能評価を行うことができるよう新たに開発した当社独自の対角線圧縮せん断加力実験について詳述する。

1. はじめに

建物外壁に施される陶磁器質タイル(以下、タイルと言う)は、意匠性や耐久性に優れ、発注者・設計者の広範な要求に応えられる代表的な仕上げ材として普及している。この外壁タイル張りは、基本的には現場打設コンクリートによる鉄筋コンクリート造の仕上げであり、現場においてセメントモルタルを用いた手張り工法で施工される。すなわち鉄筋コンクリート構造体下地への固定を接着性に依存する湿式構法である。したがって熱伸縮や乾湿繰返しによる経年劣化で進行した剥離により、地震時の振動でタイル張り壁面の落下事故が生じた場合、人身傷害を引き起こす可能性があり、落下防止対策がかねてより重要課題となっている。また落下が生じた場合には、通行の遮断措置による道路の交通障害が復旧の妨げになるといった問題も生じる。

そこで大林組では、外壁タイル張りの落下防止対策に積極的に取り組んでおり、接着力に依存するだけでなく、機械的な接合を複合させた各種のタイル剥落防止工法(ベースネット工法、インターネット工法、ループボンド・タフバインダー工法、ウェブフォーム工法)を開発し、

数多くの実建物に適用してきた。

本報では、公的な指針や仕様書に見られるタイル剥落防止工法の現状を整理するとともに、各種の当社開発工法の概要と選択基準の目安を示す。また工法の剥落防止性能について統一的な評価を行うために取り組んだ、一連の静的および動的載荷による耐震実験の概要を紹介する。さらに大型の試験体を用いた耐震実験によらずとも、比較的簡便に性能評価を行うことができるよう新たに開発した当社独自の対角線圧縮せん断加力実験について詳述する。

2. タイル剥落防止対策の必要性

法的には2008年に、外壁材の落下に対する安全性を確保するため、建築基準法第12条に基づく定期報告制度が見直されている。外壁タイル張りに対しても、建物竣工あるいは外壁改修の後、10年毎の外壁全面打診調査等が義務化された。

一方、1995年兵庫県南部地震や2001年芸予地震を契機に、建物全体としての耐震安全性を確保するには、構造部材ばかりでなく、非構造部材の耐震安全性も高めるこ

とが必要であるということが広く認識されるようになった。外壁タイル張りに関しても、それ以前は、耐震設計の考え方に曖昧な部分が多かったが、大地震動時のように過度な変形が構造体に急激に生じた時ですら、落下は必ず防止する必要があるという耐震安全性が明確に求められるようになった¹⁾。

2011年東北地方太平洋沖地震では、構造躯体の損傷がほとんど見られない地域でも、外壁タイル張り、ALCパネル、窓ガラス等、外装材の損傷・落下を生じた建築物が多数確認され、応急危険度判定で「危険」と判定された建築物も多かったことが報告されている²⁾。地震規模に比して構造的な損傷は比較的少なかった一方で、人命に危害を与える可能性が非常に高い外装材の落下が多数報告されている点に着目すべきである。

このように下地への固定を接着性に依存する湿式構法によるタイル張り外壁については、経年劣化によるだけでなく、地震時の剥落防止性能を考慮したタイル張り技術への要求も、今後ますます高まると考えられる。

3. タイル剥落防止工法の概要

3.1 タイル剥落防止工法の現状

現在、タイル張り外壁の剥落を防止するための各種工法が開発・実用化されており、「建築工事監理指針 2010年版(国土交通大臣官房官庁営繕部監修)」³⁾(公共建築工事標準仕様書の仕様も含む⁴⁾)や「日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説 陶磁器質タイル張り工事 JASS19 2012年版」⁵⁾で解説されている。

Table 1は、現場打設コンクリート下地へのタイル後張り工法に限定し、剥落防止に対する主たる考え方を定性

的に評価したものである。工法によって考え方が異なるが、いずれも、単に接着強度の増強を目的としたものではないことがわかる。

下地接着面にメカニカルキーの付与を意図した工法としては、躯体コンクリート面に多数の凸凹を設ける「MCR工法」、躯体コンクリート面を高圧水によって目あらしを施す「高圧水洗による下地処理工法」、面外に立毛した立体繊維材料を用いる「立体繊維材料張り工法」、およびループパイル状突起物を有するコーン状樹脂成型材を所定間隔に配した「コーン状係止部材及び短繊維混入モルタルを併用したタイル張り工法」がある。

下地とタイルとの間の接着層の変形能を高めることで剥離防止を図った工法としては、「有機系接着剤による外壁タイル張り工法」がある。

施工信頼性の向上を意図した工法としては、ポリマーセメントモルタルによる張付けモルタルを使って直接、タイルを躯体コンクリート面に施すことで接着界面の数を減らした「躯体コンクリートに直接タイル張りする工法」、およびこて塗りによらず機械で下地モルタルを吹付けることにより接着強度のばらつきを抑える「下地吹付け工法」がある。

さらに万が一、接着界面で全面的に剥離したとしても仕上げ層全体の剥落防止を図るフェイルセーフ機構を備えた工法としては、「立体繊維材料張り工法」および「コーン状係止部材及び短繊維混入モルタルを併用したタイル張り工法」がある。

事実上、「立体繊維材料張り工法」は、大林組開発によるベースネット工法、インターネット工法およびウェブフォーム工法のみしかなく、またコーン状係止部材及び短繊維混入モルタルを併用したタイル張り工法も、当

Table 1 タイル後張り工法における剥落防止の主たる考え方
Concept of Measures to Prevent Falling-off of Ceramic Wall Tiling

| タイル剥落防止工法の種類 | 公的指針・仕様書類記載の有無 | | 剥落防止に対する主たる考え方 | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------|---------|----------|-------------------------|
| | 建築工事監理指針 2010年版 (公共建築工事標準仕様書も含む) | 日本建築学会建築工事標準仕様書・同解説 JASS19 2012年版 | 接着界面へのメカニカルキーの付与 | 発生応力の低減 | 施工信頼性の向上 | フェイルセーフ機構 ^{*3} |
| MCR工法 ^{*1} | ○ | ○ | ○ | | | |
| 高圧水洗による下地処理方法 ^{*1} | ○ | ○ | ○ | | | |
| 有機系接着剤による外壁タイル張り工法 | ○ | ○ | | ○ | | |
| 躯体コンクリートに直接タイル張りする工法 | ○ | ○ | | | ○ | |
| 下地吹付け工法 | ○ | | | | ○ | |
| 立体繊維材料張り工法 ^{*2} | ○ | | ○ | | | ○ |
| コーン状係止部材及び短繊維混入モルタルを併用したタイル張り工法 | ○ | | ○ | | | ○ |

*1 「公共建築工事標準仕様書」の仕様

*2 立体繊維材料を、後張りする方法、打ち込む方法、アンカーピンも併用する方法 の3種類の工法が実用化されている

*3 ネットや繊維による仕上げ層内方向の連結効果、および躯体コンクリートと仕上げ層全体との面外方向の連結効果の両方が期待できる機構

社開発のループボンド・タフバインダー工法のみしかない。これらの工法の詳細については、2.2で述べる。

3.2 大林組開発工法の概要と使い分け

Table 2に、当社開発工法の概要と各工法の使い分けの目安を示す。

ループボンド・タフバインダー工法は、表面にループパイル状の突起を有するナイロン樹脂製のコーン状係止部材(ループボンド)を躯体コンクリート面に所定の間隔(型枠締付けセパレータ頭のコーン部を利用)で取付け、仕上げ層全体の剥落防止を図る工法である。またナイロン短繊維(タフバインダー)を混入した下地モルタルおよび張付けモルタルを用いることで、仕上げ層全体の面内方向の連結も図られている。本工法は、2008年より、当社標準工法として採用されている。また2011年東北地方太平洋沖地震による外壁タイル張りの被害調査(仙台市青葉区・若林区：震度6弱)によると、調査対象件数は少ないものの、本工法を適用した外壁タイル張りの剥落は認められなかった。

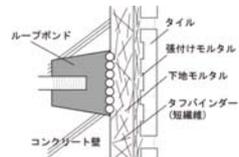
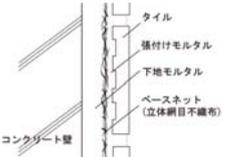
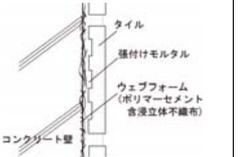
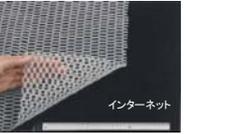
ベースネット工法は、専用のポリマーセメントモルタルを下地面に塗布後、直ちにポリプロピレン繊維による立体網目不織布(ベースネット)を表面側に毛羽立ちが残るように張付け、養生後、これをタイル張り下地として

タイルを張付ける工法である。1985年に開発・実用化されて以来、25年以上の実績を有し、最も多くの採用件数がある。Table 2では、主たる適用下地として、ALCパネル・押出成形セメント板としており、コンクリート下地でも適用可能である。

ウェブフォーム工法は、予め型枠に取付けたアクリル樹脂系ポリマーセメント含浸ビニロン繊維による特殊な立体状の不織布(ウェブフォーム)を、コンクリート表面に打ち込み、型枠脱型後に現れる毛羽立った面をタイル張り下地としてタイルを張付ける工法である。ベースネット工法では、ポリマーセメントモルタルでベースネットを後張りするため接着界面を生じるが、ウェブフォーム工法ではこの界面がない。そのため原則、下地モルタルを施さないタイル直張りとするが、コンクリート下地面の高い通り精度が必要であるため、割肌調などの厚みのあるタイルが望ましい。

インターネット工法は、基本的にはベースネット工法の施工法と同様であるが、ポリプロピレン繊維とナイロン繊維による表裏にループパイル状の繊維を備えた立体編み布(インターネット)とステンレス製のアンカーピンを併用した工法である。この工法はタイル後張り工法だけでなく、外壁複合改修工法や炭素繊維耐震補強層の保護モルタル被覆工法等、モルタル塗り仕上げの剥落防止

Table 2 大林組タイル剥落防止工法の概要と使い分けの目安
Types and Criteria of Measures to Prevent Falling-off of Ceramic Wall Tiling

| 工法名 | 立体繊維材料張り工法 | | | | |
|----------------|--|---|--|---|---------|
| | ループボンド・タフバインダー(LT)工法 | ベースネット工法 | ウェブフォーム工法 | インターネット工法 | |
| 概略断面 |  |  |  |  | |
| 工法概要 | 表面にループパイル状の突起を有するコーン状係止部材(ループボンド)とナイロン短繊維(タフバインダー)を混入した下地モルタルを用い、タイル張り層の剥落を防止する。当社の標準工法となっている。 | 立体網目不織布(ベースネット)を専用のポリマーセメントモルタルで下地面に張付け、その面外・面内連結効果によりタイル張り層の剥落を防止する。実績数が最も多く、市場での信頼性は非常に高い。 | 予め型枠に取り付けた特殊繊維シート(ウェブフォーム)をコンクリート表面に打ち込み、コンクリートと一体成型し、表面の毛羽立った面を下地としてタイルを張付け、タイル張り層の剥落を防止する。原則、下地モルタルを施さず、タイル直張りとする。 | ループパイルを有する立体編み布(インターネット)を専用のポリマーセメントモルタルで張付け、さらにアンカーピンも併用することによって、面外・面内連結効果によりタイル張り層の剥落を防止する。外壁改修での適用が多い。 | |
| 材料 |  ループボンド タフバインダー |  ベースネット |  ウェブフォーム |  インターネット | |
| 適用範囲 | 新築 | ○ | ○ | ○ | — |
| | 改修 | — | — | — | ○ |
| 下地の条件 | 適用下地 | 現場打設コンクリート壁 | ALCパネル・押出成形セメント板(現場打設コンクリート壁、PCa版も可) | 現場打設コンクリート壁、PCa版 | 下地を選ばない |
| | 型枠精度 | 中 | — | 高 | — |
| | コンクリート下地の目あらし | 必要 | — | 不要 | — |
| | 下地モルタルの厚み | 10~25mm | 0~25mm | 原則0mm | 10~25mm |
| タイルの条件 | モザイク、小口平、二丁掛け | モザイク、小口平、二丁掛け | 小口平、二丁掛け(割肌調など厚みのあるタイルが望ましい) | モザイク、小口平、二丁掛け | |
| 全適用実績(2011年現在) | 600件以上 | 1000件以上 | 140件以上 | 400件以上(外壁タイル張り以外の用途も含む) | |

を目的とした外壁リニューアルなどの改修工事にも適用されることが多い。

4. 剥落防止性能の評価

4.1 静的および動的な耐震実験による性能評価の概要

4.1.1 静的水平力載荷実験^{6) 7)}

(1) 実験の概要 従来、タイル剥落防止工法の性能評価は、小型の試験体⁸⁾によるものがほとんどであった。しかしながら、実際のタイル剥落事象と比較して、明らかにタイル張りの評価対象面積が小さいこと、また小型の試験体では設計にフィードバックできるデータ(層間変位に対する追従性やコンクリートのひび割れに対する挙動等)が収集できないといった課題がある。そのため前掲の各種タイル剥落防止工法の剥落防止性能を評価するためには、統一的な評価を行う必要性に迫られた。

そこで中層建物の一般的な鉄筋コンクリート(RC)造耐震壁をモデル化した大型のRC試験体を用いて、実仕様のタイル張りを施工し、静的水平力載荷による耐震実験を行った。

(2) 実験の結果 Fig. 1に示すように、剥落防止措置を講じない在来工法と比較し、立体繊維材料張り工法あるいはループボンドを取り付けた工法を用いることによって、層間変形角1/250においても、タイル張り仕上げ層の剥離を抑制し、剥落の防止が図れることを確認した。またこれらの工法は、経年劣化を想定し、コンクリートと下地モルタルの付着低減を人為的に行った試験体による実験結果からも、コンクリートと仕上げ層全体との緊結措置を有することで、層間変形角1/250においても、剥落の防止が図れることを確認した。

4.1.2 振動台による水平一方向振動加振実験⁹⁾

(1) 実験の概要 非構造部材に関する動的な耐震実験は、これまで乾式石張りやシステム天井など、極めてわずかな例に見られるのみであり、タイル張り仕上げに関しては全く見られなかった。そこでコンクリートと下地モルタルの付着低減を人為的に行った、立体繊維材料張り工法(インターネット工法)および剥落防止対策を講じない在来工法を取り上げ、ボックス型のRC造耐震壁を下地として実仕様のタイル張りを施工し、三次元振動台を用いて、水平一方向振動加振による耐震実験を行った。Photo 1に振動台実験の状況を示す。

(2) 実験の結果 層間変形角1/200の時点で、付着低減を図った在来工法では、大部分のタイルが剥落したが、アンカーピンを併用した立体繊維材料張り工法では、タイル張り仕上げ層が一体となりアンカーピンによってコンクリート壁と緊結されているため、タイルの剥落が全く認められなかった。さらなる大変形時に到っても、Photo 2およびPhoto 3に示すように、立体繊維材料張り工法では、タイルの剥落は認められず、その耐震安全性が確認できた。

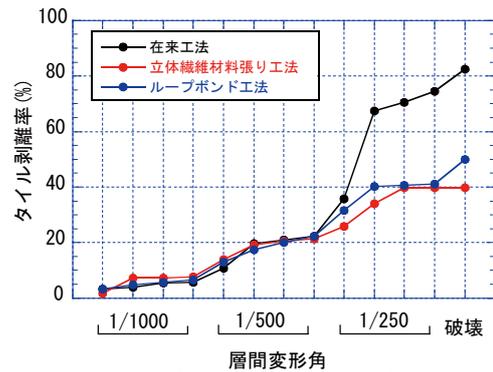


Fig. 1 層間変形角とタイルの剥離率の関係
Story Deformation Angle vs. Deformation Rate of Tiling



Photo 1 三次元振動台による水平一方向振動加振実験の状況
Shaking Table Test

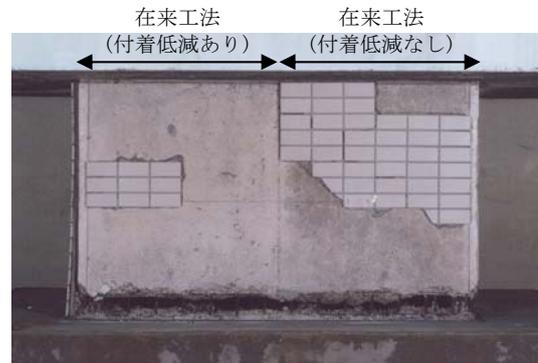


Photo 2 破壊後の在来工法によるタイル張り
Appearance of Tiling Utilizing the Standard Method



Photo 3 破壊後のインターネット工法によるタイル張り
Appearance of Tiling Utilizing a Fabric and Anchor Method

4.2 対角線圧縮せん断加力実験による性能評価

4.2.1 対角線圧縮せん断加力実験の考え方 前述の通り、タイル剥落防止工法の剥落防止性能を統一的に評価する目的で、静的な耐震実験および振動台を用いた動的な耐震実験、すなわち本格的な構造実験によって定量的評価を試みてきた。これらにより、実建物を模擬した小型RC造耐震壁(構造体)の挙動と関連付けて仕上げ層の挙動を評価することができた。しかしながら実験の規模が大きいため、タイル張り仕上げのように、多種類の仕様に対する評価が必要となる本研究の端緒においては、比較的簡便に行うことができる新たな実験方法が必要であると考えた。

そこでPhoto 4に示すように、より小型のRC試験体を用いた対角線圧縮せん断加力による実験方法を考案した。その主な特長を整理すると、次の通りである。

1) 単に試験体の縦対角線上下部を加圧部とした一軸圧縮では、主として縦対角線近傍部にひび割れが生じるのみである。しかし本実験方法では試験体の四辺をフレームと固定してせん断変形させるので、板面全体にひび割れを生じさせることができ、構造体～左官下地モルタル層～タイル張り層という外壁部位全体を一軸圧縮载荷のみで評価することができる。

2) RC試験体のせん断変形と関連付けた仕上げ層の挙動を評価することができる。すなわちRC試験体の層間変形角とタイル張り層の剥離率やひび割れ率との関係を求めることが可能であり、設計へのフィードバックも可能である。

3) 汎用的な万能試験機での加力が可能である。また加力フレームおよび試験体が構造実験と比較して小型であり、ハンドリングが容易である。したがって多種類の仕様に対する評価実験に適している。

以下に実験の概要と結果について、詳細に報告する。

4.2.2 実験の概要

(1) 試験体概要 RC試験体の形状および配筋状況をFig. 2に示す。RC試験体は547×547×75mmの平板である。コーナー部は、変形が進むにつれ加力フレームとせり合い、局部的にコンクリートが圧壊する懸念があったため、一部欠損させている。配筋は縦横ともD6@75のシングルとし、鉄筋比は実際の構造体を模して0.465%としている。Table 3にコンクリートの物性値を示す。

各タイル張り仕上げの仕様をTable 4に示す。試験体No1は、タイル張り仕上げが施されていないRC試験体である。試験体No2は、RC試験体の両面を用いてコンクリート面に直接、それぞれ現場調合モルタル(普通セメント：珪砂5号=1：0.7by wt, W/C=30%)および有機系接着剤(JIS A5557に規定される一液反応硬化形の変成シリコーン樹脂系)で50二丁タイルユニットを施工し、既製調合モルタルで目地詰めを行った試験体である。試験体No3は、RC試験体の両面とも厚さ10mmの下地モルタル(普通セメント：珪砂5号=1：2.83by wt, W/C=60%)を施し、No2と同様に現場調合モルタルでタイルを張り付けた試



Photo 4 対角線圧縮せん断加力実験の状況
Compression Shear Loading Test

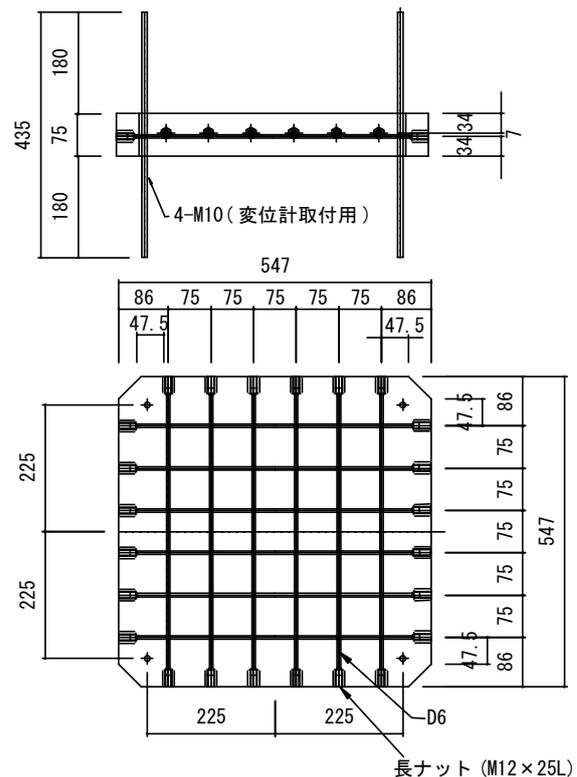


Fig. 2 RC造壁試験体の形状寸法と配筋状況
Shapes and Bar Arrangement of RC Skeletons

Table 3 コンクリートの性質
Properties of Concrete

| スラング | 空気量 | 単位容積質量 | ヤング係数 Ec ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$) | 圧縮強度 σ_b (N/mm^2) | 引張強度 σ_t (N/mm^2) |
|------|-------|--------|--|---|---|
| (cm) | (%) | (kg/l) | | | |
| 16.5 | 1.50% | 2.4 | 2.51 | 27.5 | 2.4 |

Table 4 タイル張り仕上げの仕様
Types of Tiling Methods

| RC試験体No | | No1 | No2 | | No3 | |
|------------|---|----------|---------|-------------|--------|-----------------------|
| 工程 | 1 | 吸水調整材 | — | 塗布 | — | 塗布 |
| | 2 | モルタル下地 | — | — | — | 現場調合モルタル |
| | 3 | 吸水調整材 | — | — | — | 現場調合モルタル +立体繊維材料張り |
| | 4 | タイル張付け材料 | — | 現場調合モルタル | 有機系接着剤 | 現場調合モルタル |
| | 5 | 磁器質タイル | — | 50二丁モザイクタイル | | 50二丁モザイクタイル |
| タイル張り仕様の名称 | | 仕上げなし | モルタル直張り | 接着剤直張り | 在来張り | 立体繊維材料張り |
| 試験体の断面概略 | | | | | | |

験体である。ただし片面側はTable 4の断面概略に示すように、剥落防止工法として立体繊維材料(ベースネット)とそれを張付けるための専用モルタルを用いた立体繊維材料張りを行った。なおいずれもモルタルの塗布前には、エチレン酢酸ビニル系の吸水調整材(固形分45%、5倍希釈)を塗布した。

(2) 加力装置および加力方法 Photo 4に示すように、4コーナーをピンで連結した鋼製の加力フレームをRC試験体の四辺に固定し、これを万能試験機(負荷容量250kN)に取り付け、縦対角線方向の一軸圧縮载荷を行った。このとき試験体には、パンタグラフ効果により鉛直方向の圧縮力と同時に水平方向に引張力が作用する。載荷速度は5kN/minとし、RC試験体が破壊するまで加力した。

(3) 測定項目および測定方法 RC試験体のせん断変形角 γ は、Photo 4およびFig. 3に示すように、2つの対角方向に取り付けた高感度変位計により得られた値d1およびd2を用いて次式により計算した。

$$\text{せん断変形角}\gamma = ((d1 + d2) / 2 \times (1 / \cos\theta)) / h0 \quad (1)$$

本試験体では $D0=h0=450\text{mm}$ であるから $\theta=\pi/4$ となる。また対角の変位はRC試験体両面で計測し、同じ対角方向の変位の平均値をd1およびd2とした。またせん断応力 τ は、次式により算出した。

$$\text{せん断応力}\tau = (P/\sqrt{2})/A \quad (2)$$

ただし、P：荷重(N)

A：RC試験体の断面積(mm^2 , $=547\text{mm} \times 75\text{mm}$)

せん断変形角が1/1000, 2/1000, 3/1000, 4/1000, 5/1000, および破壊に達した時の試験体表面のひび割れを目視観察により記録し、仕上げ層の剥離はテストハンマーによる打診で判断した。またコンクリート表面、鉄筋およびタイル表面のひずみを一部測定した。

4.2.3 実験の結果

(1) RC試験体の破壊性状 各RC試験体のせん断変形角とせん断応力との関係をFig. 4に示す。また試験体

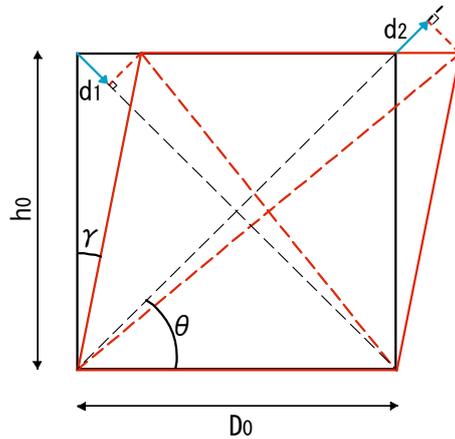


Fig. 3 せん断変形
Shear Deformation

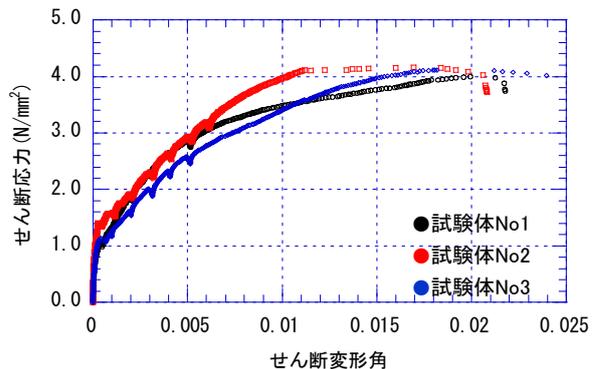


Fig. 4 せん断変形角とせん断応力の関係
Shear Deformation Angle vs. Shear Stress

No1(仕上げなし)における各せん断変形角到達時のひび割れ分布をFig. 5に示す。中央部鉄筋のひずみ度より、せん断応力 $1.1\text{N}/\text{mm}^2$ 程度においてせん断ひび割れが生じたものと考えられる。この時のひび割れは縦対角線近傍

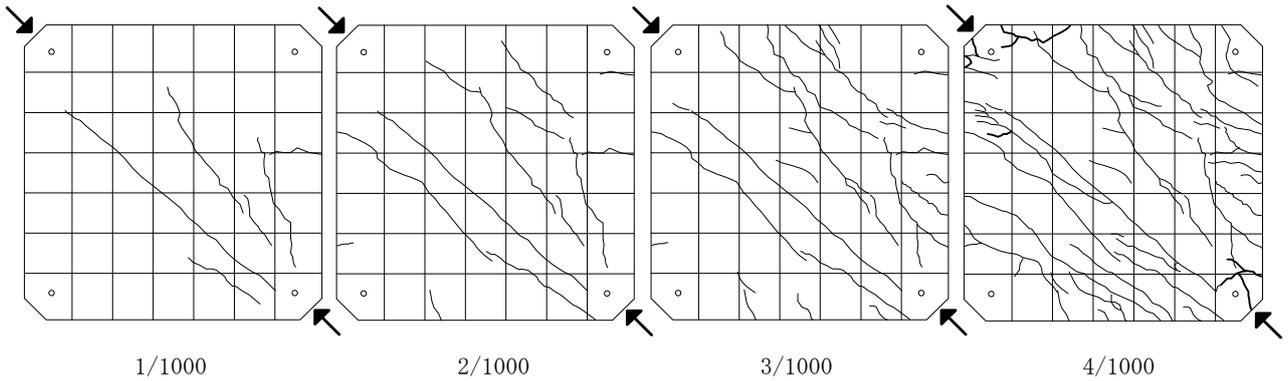


Fig. 5 No1試験体(仕上げなし)における各せん断変形角到達時のひび割れ分布 (矢印は圧縮加力の方向)
Crack Pattern of RC Skeletons at the Steps of Shear Deformation Angles

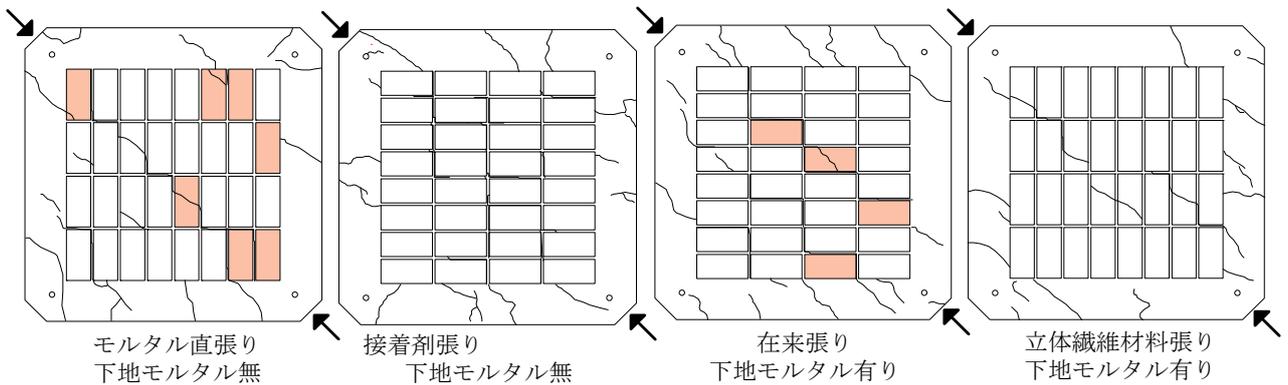


Fig. 6 せん断変形角1/200到達時のひび割れ・剥離分布 (矢印は圧縮加力の方向, 着色部が剥離タイル)
Crack and Delamination Pattern of RC Skeletons and Tilings
(Shear Deformation Angle 1/200)

で目視観察でも確認された。

せん断変形とともにひび割れも徐々に増加し、鉄筋のひずみ度から判断して荷重負担の大きい鉄筋では引張降伏が生じた。その後、ひび割れはFig. 5に示すように全面に分散し、最終的にはコンクリートの圧壊を伴ったせん断破壊により終局に至った。

またFig. 5から判断して、仕上げ層の有無によらずRC試験体の挙動には再現性が認められた。したがって本研究で、新たに提案したせん断加力による実験方法を用いることによって、本格的な構造実験によらずとも、比較的簡便に、構造体のせん断変形と関連づけた仕上げ層の挙動を評価することができると考えられた。

(2) タイル張り仕上げ層の挙動 Fig. 6に各タイル張り仕様のせん断変形角5/1000(1/200)到達時におけるひび割れおよび剥離分布の状況を示す。またTable 5にタイル剥離率およびタイルひび割れ率を示す。

これらの結果より、タイル張り仕様の剥落防止性能の代用特性値として、本実験結果から得られるタイル剥離率およびタイルひび割れ率を用いて、その性能を評価できるものと考えられる。

またFig. 7は、RC試験体への载荷に伴って生じるタイル表面ひずみ(せん断ひび割れに直交方向)とRC試験体のせん断応力との関係(RC試験体にせん断ひび割れが生じるまで)を示したものである。RC試験体のせん断変形初

Table 5 せん断変形角1/200到達時のタイル剥離率およびひび割れ率
Crack Rate and Delamination Rate of Tiling at the Step of Shear Deformation Angle 1/200

| RC試験体 No | 下地モルタルの有無 | 工法 | せん断変形角:1/200 (層間変形角) | |
|----------|-----------|------------|----------------------|---------------|
| | | | タイル剥離率 (%) | タイルひび割れ率* (%) |
| 2 | 無 | モルタル直張り | 21.9 | 6.3 |
| | | 接着剤張り | 0.0 | 0.0 |
| 3 | 有 | 在来張り | 12.5 | 3.1 |
| | | 立体繊維材料張り** | 0.0 | 15.6 |

* タイル目地のひび割れは除く

** 立体網目不織布による

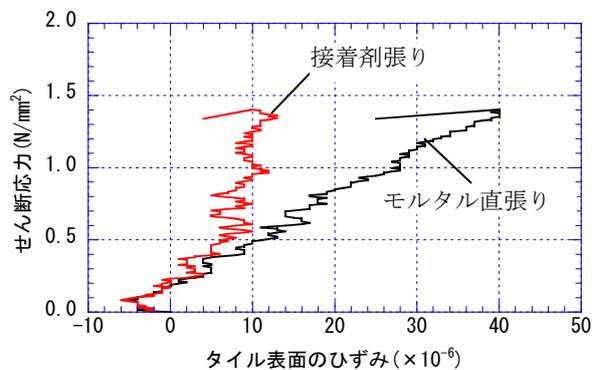


Fig. 7 タイル表面ひずみとせん断応力の関係
Tile Surface Strain vs. Shear Stress

期に生じるタイル表面ひずみを計測することによって
も、タイル張り仕様の特徴を定量的に表わすことができることを確認した。

5. おわりに

本報では、公的な指針や仕様書に基づきタイル剥落防止工法の現状を整理するとともに、大林組開発工法についてはその概要と使い分けの目安を示した。また工法の剥落防止性能について統一的な評価を行うために取り組んだ、一連の静的および動的载荷による耐震実験の概要を紹介した。さらに大型試験体を用いた耐震実験によらずとも、性能評価を比較的簡便に行うことができるよう新たに開発した当社独自の対角線圧縮せん断加力実験について詳しく報告した。

今後も引き続き、安全で耐久性に優れた工法の開発とその性能評価を継続し、より高い施工品質の確保を図り、仕様の整備を図る所存である。

参考文献

- 1) 日本建築学会：非構造部材の耐震設計施工指針・同解説および耐震設計施工要領，(2003)
- 2) 国土技術政策総合研究所・建築研究所：平成23年度東北地方太平洋沖地震による建築物被害第一次調査白川市 須賀川市 仙台市におけるRC造 S造 非構造部材を中心とした建築物被害調査(速報)，(2011)
- 3) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修：建築工事監理指針 平成22年版，pp.100-104，(2010)
- 4) 国土交通省大臣官房官庁営繕部監修：公共建築工事標準仕様書 平成22年版，p.165，(2010)
- 5) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 陶磁器質タイル張り工事 JASS19，(2012)
- 6) 小川，他：タイル剥落防止工法の耐震性能(その1)－静的水平力载荷実験による検討－，大林組技術研究所報，No62，(2001)
- 7) 三谷，他：タイル剥落防止工法の耐震性能(その3)－付着力の経年劣化を想定した静的水平力载荷実験－，大林組技術研究所報，No65，(2002)
- 8) 菊池，他：外装タイル直張り仕上げの剥落防止に関する実験的研究(その1，2)，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.109-112，(2008)
- 9) 三谷，他：タイル剥落防止工法の耐震性能(その2)－水平一方向振動加振実験による検討－，大林組技術研究所報，No64，(2002)