

発刊にあたって

我が国の建築物の外壁にタイルが本格的に使用されるようになったのは1923年の関東大震災がきっかけであり、陶磁器質タイルは耐久性、強度、意匠性等に優れた材料であることから、外装の仕上げに多く使用されてきました。しかし、依然としてはく離・はく落が発生しており、それは第三者災害に繋がる恐れがあることから重要な問題であり、仕様や工法に関してさまざまな研究開発、試行錯誤がされてきましたが、残念なことに、1989年北九州市のはく落事故では、通行人3名の死傷者に繋がる大惨事が発生しました。

その後、1993年から1995年には建設省官民連帯共同研究「有機系接着剤張りを利用した外装タイル・石張りシステムの開発」が実施され、有機系接着剤が2006年にJIS A 5557（外装タイル張り用有機系接着剤）として標準化されました。外壁への有機系接着剤の使用の可否において、その耐久性が議論されており、実建物で最長20年の追跡調査で初期の強度を20年間維持していることを確認していることや、施工管理の容易さや採用実績の増大等を考慮した結果、有機系接着剤によるタイル後張り工法がJASS 19（陶磁器質タイル張り工事）2012年版に追加されました。

さらに、特殊建築物の外装材にタイル等を使用している場合、建築基準法第12条に基づく定期的な調査・検査とその結果を特定行政庁に報告することを2008年から所有者・管理者に義務づけることにより、建築物の安全性を確保することを目的として「定期報告制度」が施行されました。また、公共建築工事標準仕様書（建築工事編）平成25年版に接着剤によるタイル張りが盛り込まれました。

さまざまな技術開発が進んでいる今日でも、タイル後張り工法のはく離・はく落が散見される状況にあることから、一般社団法人 日本建設業連合会関西委員会の技術部会・タイル専門部会では、今まであまりタイル施工に携わっていない方にも興味をもっていただくため、タイルの歴史から最新の工法や保険に関することまで、章毎にわかりやすく取りまとめた解説書を発行しました。また、手軽に携帯できるサイズにすることで、読みやすくしました。タイルに興味のある方、今後タイル工事にかかわる方等の入門書として一読していただき、タイルの施工管理の品質向上、タイル問題解決の糸口の一助になれば幸いです。

一般社団法人 日本建設業連合会関西委員会
技術部会・タイル専門部会

工法の変遷から学ぶ
外壁タイルの施工と保全管理のポイント

目 次

第1章 5

タイルとは？

1	タイルの意味	7
2	いつから使われている	8
3	何からできている	10
4	どんな種類がある？	12
5	どうやってつくる	14
6	大きさの種類	16
7	製品の姿は	18
8	れんがを模した意匠	20
9	目地の形にも名前がある	22

第2章 25

工法や材料の移り変わり

1	れんが積みからタイル後張りへ	26
2	積上げ張りから圧着張りへ	28
3	圧着張りが横着張りに	30
4	タイルの裏あし	31
5	後張りと先付け	33
6	外壁タイルにどのような力が働くか ～ディファレンシャルムーブメント～	34
7	型枠先付けは普及せず	37
8	直張り工法の変遷	39
9	改良工法とは何を改良した？	40
10	電動工具の使用	42
11	圧着張りの復権	44
12	故障の発生は、タイル単体から下地モルタルへ	46
13	下地モルタルにも機械的な接合を	48
14	剛から柔へ	50

第3章 53

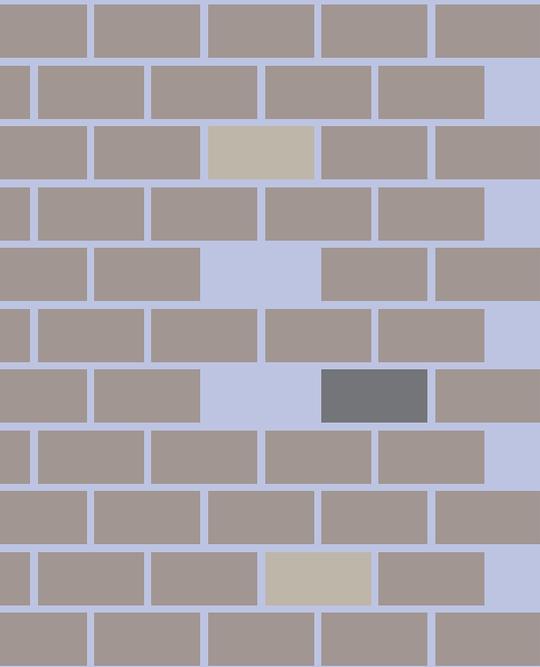
施工管理で注意すべきポイント

1	仕上げ寸法の設定が大事	54
2	タイルの選定	56
3	躯体コンクリート表面の確認	58
4	下地にどのような材料を使うか	59
5	伸縮調整目地を設ける	61
6	パネル下地壁タイル張り	63
7	吸水調整材は接着剤ではない	68
8	タイル下地の施工	70
9	モルタルでタイルを張る	75
10	接着剤でタイルを張る 1 (下地の状態)	83
11	接着剤でタイルを張る 2 (接着剤の塗布量とくし目ごての選定)	88
12	接着剤でタイルを張る 3 (張付け時の充填確認)	90
13	張付け剤を1回に塗る面積は限られている	94
14	タイル目地・シーリング	95
15	完成検査 1 (外観検査と打音検査)	97
16	完成検査 2 (引張接着強度検査：セメントモルタル張り編)	99
17	完成検査 3 (引張接着強度検査：有機系接着剤編)	101
18	清掃およびタイル洗い	104
コラム	外装タイル張りのはく落防止を目指して	105

第4章 113

点検・保全の留意点

1	外壁タイルには定期点検と保全が必要	114
2	外壁タイルの調査方法	118
3	改修工法は多種多様	123
4	改修工事 1 (ひび割れ部改修)	125
5	改修工事 2 (浮き部改修)	128
6	改修工事 3 (タイル張替え)	134
7	改修工事 4 (新たな外壁仕上げを施す工法)	136
8	エポキシ樹脂とはなにか?	143
9	タイル工事の保険	146



第1章

タイルとは？

1 タイルの意味

タイルは、英語でtileと書きます。tileには「瓦」の意味もあり、ラテン語のtegula（テグラ）：「物を覆う」という意味の言葉が語源です。

広辞苑では、材質は関係なく、壁や床を覆うもので小片状の薄板と説明されています。

タイルは、浴室、洗面所、マンションの外壁、玄関周りの床等に使用され、ツルツルしている、清潔感があるなど、さまざまなイメージがあり、トイレ等に使用されるタイルもあれば、Pタイルやタイルカーペット等多様なタイルが存在します。

本章では、次章から説明する陶磁器質タイル（2014年 JIS A 5209改訂により「セラミックタイル」に名称変更・おもに壁や床の装飾または保護のための仕上げ材料として用いられる粘土またはその他の無機質原料を成形し、高温で焼成した厚さ40mm 未満の板状の不燃材料）について記述します（以下、タイルという）。



写真1 壁タイル



写真2 床タイルカーペット

2

いつから使われている

1. レンガからタイルへの経緯

建築材料としては、四大文明の一つであるメソポタミア地方で紀元前70世紀頃に粘土を固めて作った日干しれんがが登場し、建物を構築するようになります。

その後、紀元前30世紀頃には火によって焼き固めた丈夫なれんが（焼成れんが）が使用されるようになります。このれんががタイルの原点であり、それが現在の形に至っています。

そして、7世紀にイスラム教が興り、寺院（モスク）に色彩的に鮮明なものが生まれました。その後、スペインに渡り10世紀から15世紀にかけて、建築スタンダードとしてタイルが壁、階段、床、天井に広く用いられ成熟をとげ、18世紀から19世紀におけるイギリスでの産業革命により、工業製品として大量生産され、世界各国へ普及していきます。

一方、アジアでは、中国で紀元前3世紀頃に「塼（せん）」と呼ばれるタイルの原型ができ上がり、7世紀には景德鎮（けいとくちん）で現在のような本格的磁器（白くて半透明性を帯び、吸水性のない焼きもの）が作られるようになりました。

2. 世界最古のタイル

現存しているものとしては、紀元前27世紀頃に建てられた、エジプトにあるジェセル王ピラミッドの地下の壁に張られているトルコブルーの水色のタイル（エジプトファイアンスと呼ばれています）が、最も古いとされています。

主原料には、砂漠の砂が用いられている珍しいものです。

3. 日本での歴史

日本書記によると、飛鳥時代に百濟から仏寺を造営するのに瓦博士が渡来したと伝えています。日本での最初のタイルは、この技術をもとに作られた屋根瓦、腰瓦、敷瓦でした。

これを、外壁に使用し、本格的に生産されるようになったのは、1923年の関

東大震災がきっかけとなります。

このきっかけとなった建物が、20世紀の巨匠建築家フランク・ロイド・ライトが設計した帝国ホテル旧本館でした。れんがを構造材ではなく鉄筋コンクリート造の表面仕上材に使用しており、落成式の日の関東大震災により他のれんが造建築が倒壊するなか、地震に耐えたことで、れんが調の外装タイルが普及していくようになりました。

一方、内装タイルは、明治時代に欧米人によって西洋館の一部装飾に持ち込まれましたが、日本の木造住宅にはあまり普及せず、大正末から昭和にかけて衛生思想が浸透するのにあわせ、ようやく水回りの浴室、便所、台所の内装タイルも普及していくこととなります。



写真1 帝国ホテル旧本館中央玄関¹⁾

出典 1) 博物館 明治村

3 何からできている

1. 基材

一般には、花崗岩等の風化物である粘土を原材料に、長石、陶石、石灰石、蠟石（ろう石）等が配合されています。



長石

陶石

石灰石

蠟石

写真1 原材料¹⁾

長石……………アルミニウムとケイ素と酸素、カリウムとナトリウムとカルシウム等から構成されています。

陶石……………石英とセリサイト（雲母質粘土）を主成分とし、カオリン鉱物と長石を少し含む岩石です。

石灰石……………炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）を主成分とした鉱物（堆積岩）で、一般には炭酸カルシウムが95%以上のものを言います。

ろうせき かつせき
蠟石（滑石）…水酸化マグネシウムとケイ酸塩から構成されています。

日本で使用される多くは、海外では中国、韓国、国内では愛知、岐阜、三重、岡山等の産地が多く、その産地によって組成が異なるため、試験を行い、各原料の特性を生かした調合をしています。

2. 着色剤

タイルの色は、粘土自体に含まれる成分による色と、基材や釉（うわぐすり）^{*}に着色剤（金属酸化物等）を添加することによって出る色があります。

着色剤により以下のような色になります。

※釉・・・タイルの表面を覆う膜のことで、釉薬（ゆうやく）ともいいます。

表1 着色剤による発色効果

着色剤の種類	色の種類
鉄	赤、茶、黄色、褐色、黒
銅	緑、水色、赤
クロム	緑、紫、ピンク、黒
コバルト	青
ニッケル	青、緑
アンチモン	黄
錫	白
マンガン	紫、褐色、ピンク

3. 釉の特徴と種類

釉は、酸化ケイ素（ SiO_2 ）成分を主体としたガラス材質で、これをタイルに塗ったり、吹き付けて焼成することにより、液体や気体の透過を防ぎ、表面を滑らかにして汚れにくくしたり、強度や装飾性を上げる効果があり、大きく分けて

ブライツ釉……光沢のある釉薬

マット釉 ……光沢のない釉薬

ラスター釉……光彩を放つ釉薬

の3つに分かれます



写真2 ラスタータイル

出典 1) ㈱LIXIL タイルの知識

4 どんな種類がある？

1. 素地（生地）による分類

- 磁器質 (素地は緻密で固く、吸水性がほとんどなく、透明性があり、たたくと金属製の清音を発する)
- 炝器（せっき）質 (透明性はないが、吸水性が少なく、素地は固い)
- 陶器質 (素地は多孔質で吸水性が高い。たたくと濁音を発する)
- 土器質 (素地は有色、多孔質で磁器質より吸水性が高い)

陶磁器質タイル（セラミックタイル）とは、陶器質・炝器（せっき）質・磁器質タイルの総称です。

表1 タイルの材質と吸水率

強制吸水率による タイル区分 ^{*1}	強制吸水率 ¹⁾
I 類	3.0%以下
II 類	10.0%以下
III 類	50.0%以下

2. 使用部位による分類

タイルには、さまざまな特性があり、その特性に合わせた場所に使われています。

2014年のJIS A 5209の改訂で使用部位は製造業者が定めた使用部位にしたがって、次の部位の適否を表示することになっています。

- ①屋内壁 ②屋内床・浴室床 ③屋外壁 ④屋外床

* モザイクタイル区分は2014年の改訂でなくなりました。

3. 施ゆうと無ゆう

釉薬がされているものを「施ゆうタイル」、されていないものを「無ゆうタイ

ル] と言います。

釉薬を用いることは、液体や気体の透過を防ぎ、表面を滑らかにして汚れにくくしたり、強度や装飾性をあげるなどを目的としています。

無釉の場合、釉薬をかけずに粘土の持つ成分や顔料によって色合いを出します。

無釉タイルは、粘土自体に含まれる鉄分等の呈色によるもの（土もの）と、白地の素地に顔料を添加配合し、着色するもの（練込み）があります。練り込みの場合は、タイルに欠けができてタイルの中まで同じ色なので目立ちません。

出典 1) 建築工事標準仕様書・同解説JASS19（陶磁器質タイル張り工事）：2005 における強制吸水法（煮沸法 又は真空法^{※2}）による

※1 2008年のJIS A 5209の改定により それぞれⅠ類・Ⅱ類・Ⅲ類（ほぼ該当）という呼び名に替わりました。そして2014年の改訂でⅠ～Ⅲ類はそれぞれ成形方法による押し成形とプレス式成形とに分化されました。

表2 成形方法及び吸水率による種類

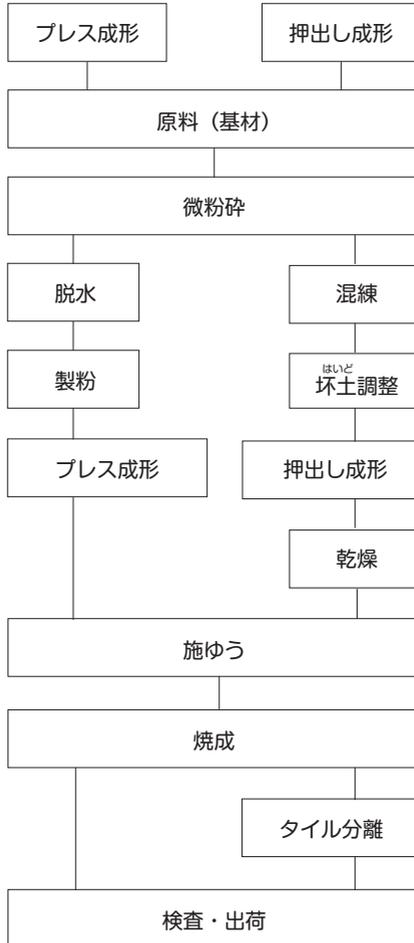
成形方法	吸水率		
	Ⅰ類	Ⅱ類	Ⅲ類
押し成形 (A)	AⅠ	AⅡ	AⅢ
プレス成形 (B)	BⅠ	BⅡ	BⅢ

※2 煮沸法・真空法……乾燥したタイルを水に浸せき（漬）して煮沸する方法又は真空状態にすることによって強制的にタイルの開気孔を水で飽和させ、吸水率、見掛け気孔率及びかさ密度を測定する方法です。

5 どうやってつくる

製法には、押し成形とプレス成形があります。

押し成形（湿式製法）とプレス成形（乾式製法）の違いを下表で表します。



プレス成形で製作されたタイルをプレス成形タイル、押し成形で製作されたタイルを押し成形タイルと言います。

押し成形は土練機で原料を混練し、含水率の高い素地原料を押し成形機

(写真1) によって、板状の形状・寸法に切断して成形します。成形時に水分を多く含んでいるため、焼成によって収縮や歪みを生じやすくなります。しかし、押し成形ならではの焼き物の風合い、繊細な美しさを出すことができます。

プレス成形は、微粉碎された含水率の低い素地原料を高圧プレス成形機(写真2)で、所定の形状・寸法に切断して成形します。水を使用しないため、精度の高い製品が作成可能です。

品質の均一化が容易で、製作費も安価になります。

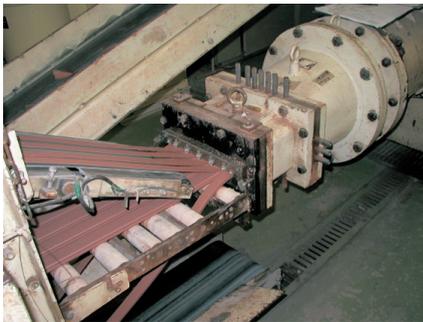


写真1 押し成形機



写真2 プレス成形機

6 大きさの種類

1. タイルの大きさの由来

タイルの大きさの呼称は、れんがの大きさから派生しています。れんがの大きさは、横227mm、縦108mm、厚さ60mmが旧規格での標準寸法です。れんが自体は厚みがあるので、積み上げていくと壁厚20~30cmのれんが壁ができて上がります(写真1)。この壁の表面には、れんがの二つの面、それぞれ108mm×60mmと227mm×60mmの面が出てきます(図1)。この大きさの面を持ち、厚さが15mm前後のタイルが現在の外装タイルの小口平、二丁掛タイルと呼ばれるものです。このようにれんがのサイズをもとにタイルの大きさが決められるようになりました。



写真1 一般的なれんが壁

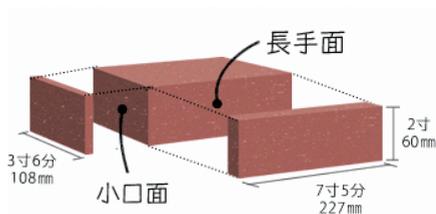


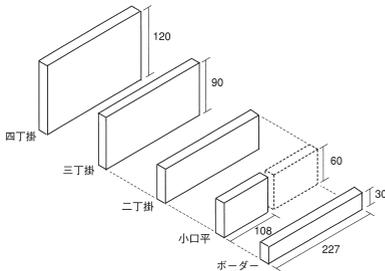
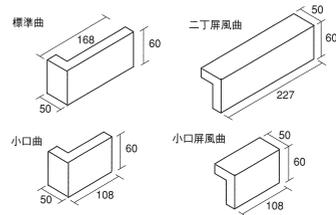
図1 旧規格れんが寸法¹⁾

2. タイルの大きさの種類

前述のように、れんがのサイズを元に決められた小口平、二丁掛がタイルの代表的な形状ですが、これら以外に標準の形状として、三丁掛、四丁掛、ボーダーと呼称されるものがあります(表1)。「二丁掛」の語源は「れんがの小口を二つ合わせたもの」というところからきており、三丁掛や四丁掛も同じようにタイルを合わせた寸法、呼称となっています(図2)。また、平タイル以外に、役物タイルと呼ばれる形状の違うタイルも作られるようになりました(図3)。

表1 壁タイルの標準形状²⁾

呼称	実寸法 (mm)
小口平	108×60
二丁掛	227×60
三丁掛	227×90
四丁掛	227×120
ポーター (基本形)	227×30

図2 標準形状タイルの大きさの関係性²⁾図3 標準形状寸法の役物タイルの種類²⁾

近年は、さまざまな寸法のタイルが生産されており、大きいもので1辺が600mmを超えるようなものや、小さいもので平タイル1枚の表面積が50cm²以下のものなどがあります。そのなかでも、1枚当たりの表面積が50cm²以下のタイルを総称してモザイクタイルと呼びます^{※1}。マンション等では50二丁（45mm×95mm・目地を含めた寸法で50mm×100mmとなる）がよく用いられています。

図3のような平タイル以外の役物タイルには、一体成形品として焼成する一体役物と平タイルを加工し接着して作る接着役物があり、通常小口平と二丁掛の標準的な大きさで形成されています。小口平では小口曲と小口屏風曲、二丁掛では標準曲と二丁屏風曲が標準となります。

※1 「モザイク」という言葉にはさまざまな意味がありますが、小片を寄せ合わせ埋め込み、絵や模様を表す装飾美術の手法を「モザイク」と呼びます。小さなサイズのタイルを用いた作業が「モザイク」手法と同様にみられたことで、小さなサイズのタイル（50cm²以下）を『モザイクタイル』と呼ぶようになったと思われます。

出典 1) ㈱LIXILホームページ タイルのじかん

2) 全国タイル業協会 タイル手帖

7 製品の姿は

1. ユニット化への経緯

近代、日本の建築は伝統建築の木造かられんが造へと変わっていき、近代的な建築（洋風建築）として普及していくなかで、外装タイルも広く普及するようになりました。

外装タイルが普及し始めると、さまざまな種類のタイルが製作され使われるようになり、また、タイルの施工もタイルの種類や目的に応じ、多様な工法・手法が考えられるようになりました。なかでも、れんが積みのように1枚ずつ張る手法は、モザイクタイルのように小さなタイルでは手間も時間も掛かり過ぎ、施工の効率が悪いことから、モザイクタイル複数枚を1度で張る方法が考えだされました。複数の物が集まり一つの集団となることを「ユニット」と呼ぶことから、モザイクタイルを複数枚合わせて一つの個とすることをタイルのユニット化と呼ぶようになりました。これにより作業効率や精度が上がり、ユニット化されたタイルが広く普及することとなりました。

2. ユニットタイル※（モザイクタイル）の形状

おもにユニットタイルはモザイクタイルを使用することが多く、そのなかでも外装壁タイルのモザイクタイルには、50mm角と50mm二丁の2種類の寸法のものが多く用いられています。この2種類の寸法を用いたユニットタイルの形状は、以下のものが標準になっています（図1）。

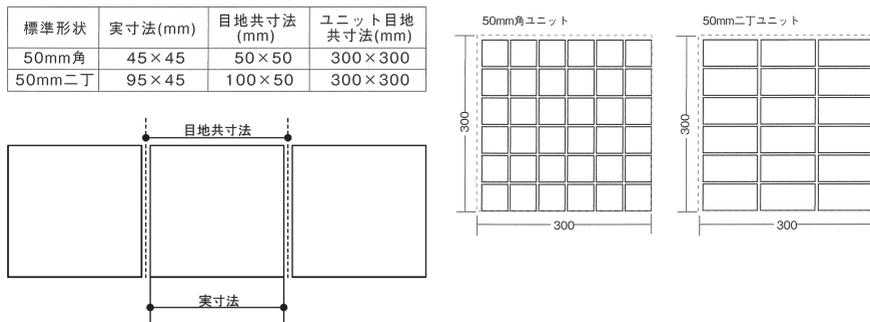


図1 ユニットタイルの標準形状¹⁾

これは、タイルを外壁に施工する際、割り付ける作業が必要となりますが、古来の日本家屋の建築の場合は尺貫法で寸法が採られているので、1尺=30.3cm(303mm)を基本としていることから由来しています。近年は、尺貫法からメートル法へと変わり、メートル法による家屋等の建物も設計されることが多く、ユニットタイルのサイズもこれに合わせた300mm×300mmとなっています。
※ユニット化されたタイルの総称

3. ユニットタイルの仕様

1つのユニットごとでタイル張りを行うための仕様として、一般的には表張りユニットが用いられます。表張りユニットは、紙に糊を用いてタイルを張付けたユニットタイルです(写真1)。施工時の紙はがしは、タイル張付け後、タイル表面への糊の付着を少なくするために紙を十分に水で湿らし、時間を置いてからはがします。しかし、近年はタイル表面に糊が残り、その後の目地施工やタイル洗いへの影響や紙の産業廃棄物のゼロ化、厚みの違うタイルとのユニット化から、裏連結ユニットタイルも普及し始めています(写真2)。



写真1 表張りユニットタイル

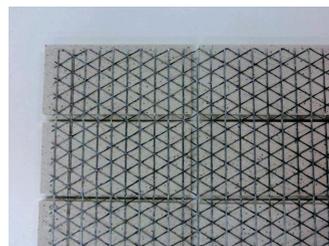
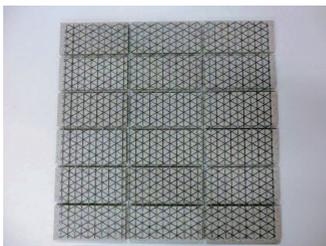


写真2 裏連結ユニットタイル

出典 1) 全国タイル業協会 タイル手帖

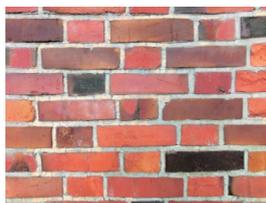
8 れんがを模した意匠

1. れんがの壁の積み方

もともと、れんがは西洋の建築資材であったため、建築技法も西洋から輸入されました。それぞれの地方で多くみられる積み方を、その国の名を取って呼ばれており、代表的なものではイギリス積み、フランス積み（フランドル積み）、オランダ積み、ドイツ積み、アメリカ積みと多数あります（写真1）。



イギリス積み



フランス積み



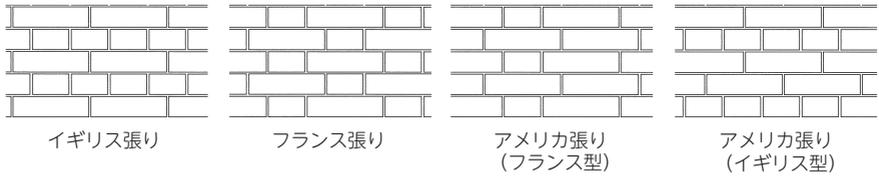
ドイツ積み

写真1 れんが積みの種類

2. れんが積みから生まれた壁タイルの張りパターン

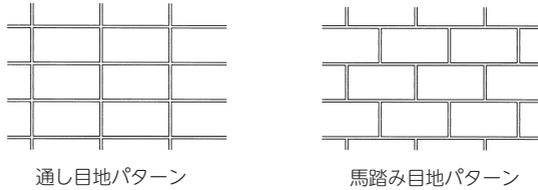
れんが積みからタイル張りへと、外装の仕上げが変わっていくなかで、タイルの張りパターンには、れんが積みの外観を模倣したものが多数あります。それらはれんがの積み方名から由来して、イギリス張り、フランス張り、アメリカ張り（イギリス型、フランス型）等と呼ばれています（図2）。

たとえば、イギリス張りは、長手面のみで1列、小口面のみで1列と、列ごとに交互に張っていくパターンで、フランス張りは、同列で長手面と小口面を交互に張り、列ごとでの長手面の縦芯と小口面の縦芯とをそろわせるパターンです。

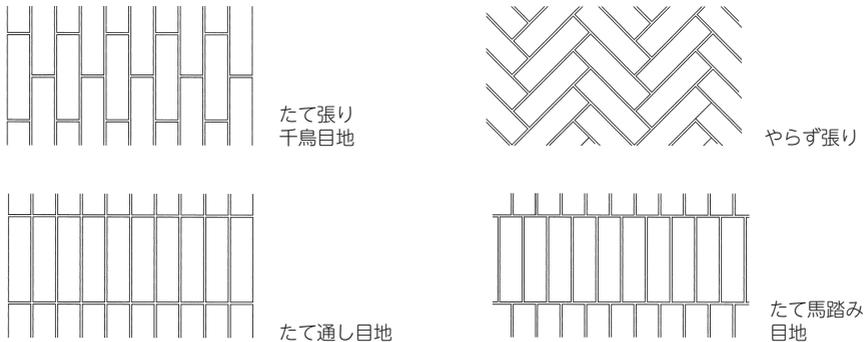
図1 タイルの張りパターン¹⁾

3. 目地割から生まれたタイルの張りパターン

タイル張りは、れんが積みから伝わったもの以外にも、タイル間の目地の見せ方を変える方法により種々のパターンがあります。代表的なもので、通し目地や馬踏み目地があり、通し目地は水平、垂直ともに目地を通すパターンで、馬踏み目地は、水平は通すが垂直は目地をずらして通さないというパターンです (図2)。

図2 一般的な目地パターン¹⁾

上記以外にも、タイルを縦長で張ったり、目地を水平、垂直に通さない張り方等さまざまなパターンがあり、目地の規則を変えるだけで、それぞれ全く違った表情を見せます (図3)。

図3 様々な目地のパターン¹⁾

出典 1) ㈱LIXIL タイルの知識

9 目地の形にも名前がある

1. 目地の役割

目地とは、隣り合う同一部材の継ぎ目を指します。しかし、ただ単に部材が隣り合う部分の名称というだけではなく、目地に若干の間隙を設け、目地材を充填することにより機能が付加されます。付加された機能は充填位置や材質によって異なり、例として「伸縮調整目地」や「ひび割れ誘発目地」等があります。

タイル工事において、目地はさまざまな機能(役割)を持っており、その役割とは、

- ①タイル面の熱膨張による挙動を緩和する
 - ②割付けの誤差を吸収する
 - ③タイルのはく落を防護する
 - ④意匠性を向上させる
- などがあります。

2. 目地の形状とその特徴

外装タイルの目地の形状は、れんがや石積みの目地にならい、さまざまな種類があります (図1)。

①平目地

最も一般的な形状であり、タイル面から1～2mm程度沈め、こて、塗り目地のどちらでも仕上げることができます。

②平沈み目地

平目地と同様によく使われる形状であり、深目地とも呼ばれ、こてで仕上げます。ただし、あまり深い目地はタイルのはく離等の原因となるので、タイル厚の1/2以上は目地を詰める必要があります。

③ふくりん目地、逆ふくりん目地

どちらも明治、大正時代に流行した目地形状であり、ふくりん目地は丸みを持った装飾的なもので、丸目地こてで仕上げます。逆ふくりん目地は水切り付きタイルがないときに、水切り目地として用いられました。ちなみに、ふくりん目地は東京駅駅舎に使用されていることで有名です (写真1)。

④しのぎ目地

雨水がたまらないので、寒冷地等の気温の低い地域施工に適しています。

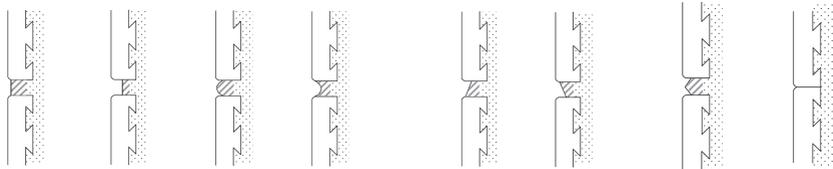
⑤逆しのぎ目地

パラペットのタイルの下端に用いられました。

⑥山形目地

山形を持った装飾的な目地仕上げです。

このほか、「ねむり目地」等がありますが、タイル同士を突き付けて目地幅を取らないため、外装タイルには適さない方法です。



平目地 平沈み目地 ふくりん、逆ふくりん目地 しのぎ、逆しのぎ目地 山形目地 ねむり目地

図1 各種目地形状



写真1 東京駅丸の内駅舎のふくりん目地

3. 目地の施工方法とその特徴

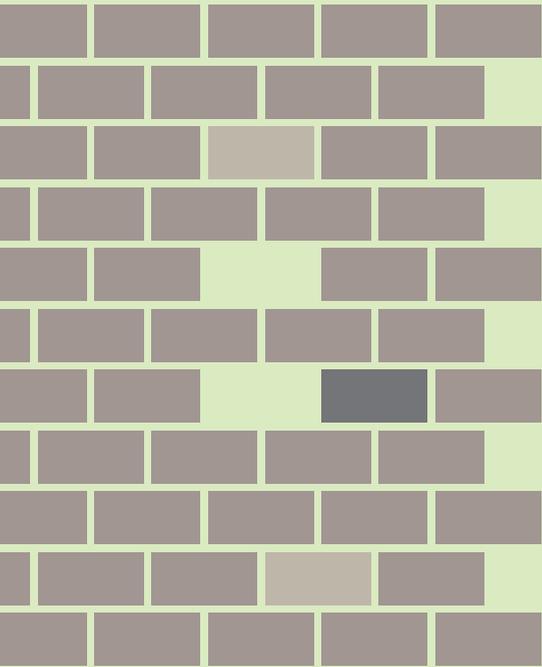
目地の充填方法によっても、「塗り目地」や「一本目地」等の種類で分類されています。

①塗り目地

ゴムごてを用いて、タイル面の全面に目地材を押し込むようにし、目地部分に目地材を充填する方法です。わりと目地幅の広いタイルの場合に使用され、きれいな仕上げを要求される場合は、最後に目地ごてを使ってちりを切り、目地押えをします。作業能率がよく、現在ではこの方法が主流となっていますが、タイル面が粗いものは目地材による汚れが付着するので使用できません。

②一本目地

目地ごてを用いて、目地を一本ずつ充填していく方法で、性能や仕上がりは良いが作業能率が塗り目地に比べ悪くなります。今まではこの方法が多く使われていましたが、現在は粗面タイルや深目地等に使用が限られています。



第 2 章

工法や材料の移り変わり

1 れんが積みからタイル後張りへ

タイル張りの歴史は、れんが積みが始まると第1章で述べました。れんが積み
の施工は、れんがの平面にモルタルを盛るように塗り付けて積み上げていきま
す。大正中期にイギリスから内装壁タイルがれんが造の化粧材として輸入さ
れ、れんがと同じような積上げ張りで施工されるようになりました。

積上げ張りとは、タイル裏面にモルタルをだんご状に塗り付けて、タイルを
下段から一段ずつタイルを積み上げて張り付けていく工法（別名：だんご張り）
です。

この工法の長所は、①下地の精度をあまり必要としない、②接着力のむらが
少ない、③モルタルが貧調合のために収縮による影響が少ない、④仕上げ精度
が良好なことなどです。短所としては、①熟練が必要であり、習熟には時間を
要する、②施工効率が非常に悪い、③1日の積上げ高さに制限があることです。

表1 1日の積上げ高さの限度¹⁾

タイルの種類	張付け限度高さ (cm)
小口平、二丁掛タイル	150以下
三丁掛・四丁掛タイル	100以下

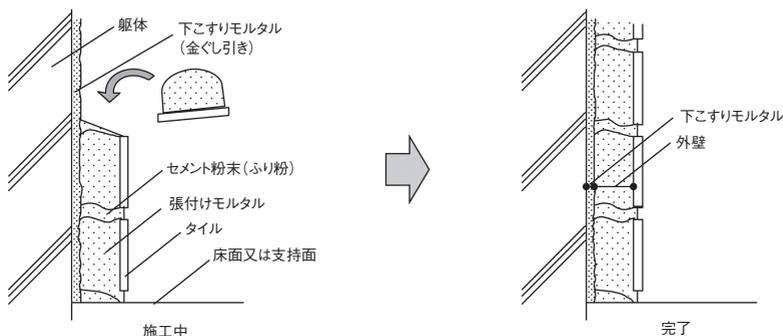


図1 積上げ張りの概要図¹⁾

写真1 積上げ張り²⁾写真2 積上げ張り²⁾

関東大震災（1923年（大正12年））によって、被害の多かったれんが造の代わりに鉄筋コンクリート造が多くなりました。以後は、外壁の化粧材として厚みが薄い、張付れんがや化粧れんがを張ることが普及し、外装タイル張りという呼称が一般化していきます。また、外装壁タイルの施工も、内装壁タイルと同様に積上げ張りで施工されるようになります。

明治時代後半から大正時代初頭にかけて、備前、常滑等各地で化粧れんがが量産されました。当時、化粧れんがとは積みれんがと違い、躯体を覆うために張るれんがタイルのことで、代表的な施工例に東京駅があります。そして、1922年、国内ではタイルという名称に統一されました。



写真3 化粧れんが施工例東京駅

出典 1) 全国タイル業協会編 図解タイル工事はやわかり

2) 全国タイル業協会 タイル手帖

2 積上げ張りから圧着張りへ

積上げ張りは、下こすりモルタルとタイルの間に隙間がしやすいことから、外壁では白華（はっか）（別名エフロレッセンス、はなたれ）が生じやすいという欠点があります。タイルの裏面に水が入ると、下こすりモルタルや張付けモルタル中に水和反応でできた水酸化カルシウム（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）が溶けて、目地部から外部へしみだしていきます。そして空気中の炭酸ガスと反応して、炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）となりタイル表面を白く汚染します。この現象を白華といいます。鍾乳洞で鍾乳石ができるのと同じ作用で、石灰ができる場合もあります。

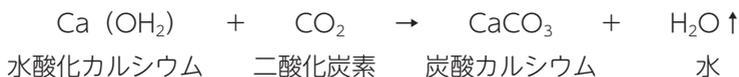


図1 白華のメカニズム

外装タイル仕上げの建物が増えるとともに、白華やタイルの吸水に起因する凍害の問題が指摘されるようになり、またこの頃、アメリカからモザイクタイルが輸入されるようになります。

モザイクタイルは小さく積上げ張りでは施工できないため、躯体面に均一に塗られたモルタルの下地を作製して、下地に張付け用のモルタルを塗り付け、タイルを連結したユニットタイル（表張り）をたたき込むように張り付けていくモザイクタイル張り（第1章7参照）で施工されるようになります。

昭和27年頃から、混和剤入りモルタル（当初は「つのみた糊^{*1}」を使用）を使って、モザイクタイル張りと同様の方法で施工することが研究され、小口平、二丁掛といった外装壁タイルをモザイクタイルと同様に、躯体コンクリートに下地モルタルを作製して、下地面に張付けモルタルを所定の厚さに塗り付けて、タイルをたたき込むように張り付けて施工する「圧着張り」が開発され、その後急速に普及していきます。

圧着張り工法は、張付けモルタルへタイルを押し付けて張る方法です。この工法によるタイルは、モルタル中に埋め込まれた状態になり、タイル裏面と軀

体コンクリートの取合いに空隙部分がなくなります。したがって、だんご張り工法に比べて白華が発生しにくい施工法として圧着張りが普及します。

外装タイルの本来の目的は、積上げ張りの問題点である白華防止にありましたが、その施工性の良さから普及しました。昭和38年頃市販された混和剤「メチルセルロース^{※2}」の出現により、この工法の施工効率の良さに拍車がかかり、その後のタイル張りの主流になっていきます。

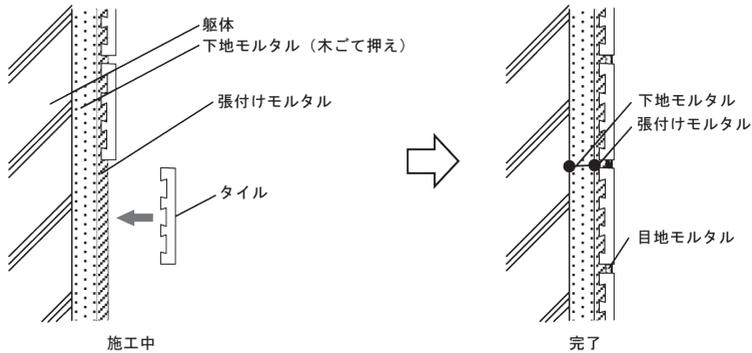


図2 圧着張り概要図

- ※1 つのまた糊：天然の角又（つのまた）海藻を煮て濾したもので、つなぎ材として使用する。
- ※2 メチルセルロース：パルプの原料を精製して作られ、こて塗り等の作業性を著しく向上させ、水分を保持するために使用する。

3

おうちやく 圧着張りが横着張りに

東京オリンピック等の高度成長期による建設工事の増大からタイル職人が不足する中、圧着張り工法は施工効率を上げるのに有効でした。しかし、正しい施工法がなされないことが多く、ただ施工効率を求める横着な作業を進める結果となり、加圧不足、張付けモルタルの塗置き時間の管理ミス等から、タイル単体のはく離・はく落事故が多発する傾向が見られました。

そのため、昭和40年代に全国タイル業協会を中心とする多くの研究会で、圧着張りの正しい施工法を確立する研究がなされました。

この工法は、塗置き時間の管理を行わないと接着力のばらつきが大きくなるため、①張付けモルタルの適切な塗厚の確保、②タイル張りまでの塗置き時間の管理、③モルタル下地とタイルを一体化するためのたたき込みの管理等の点に注意して施工することが重要となります。また、安定した接着品質の観点からは、セメント混用ポリマーの混入や既製調合張付けモルタルの採用が有効です。

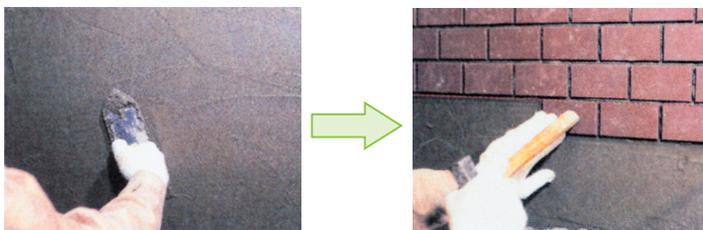


写真1 圧着張り施工状況¹⁾

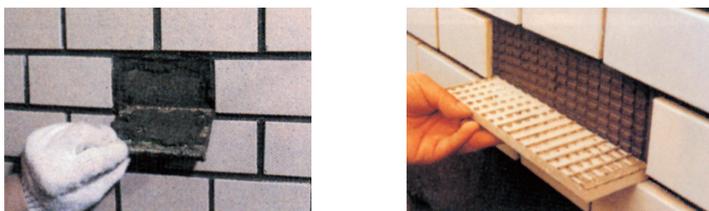


写真2 張付けモルタル付着状況確認

塗厚が薄い、塗置きが長い、たたき押えが不十分のときは接着しない。¹⁾

出典 1) 全国タイル業協会 タイル手帖

4 タイルの裏あし

裏あしとは、タイルの張付け側にタイル単体と張付けモルタルの接着面積を大きくするために設ける凹凸のことで、タイルの裏あしが年代により変化し、はく離・はく落を防止対策として、機械的に接合するための現在のあり足（蟻の足の形似ていることからあり足と呼ばれています）形状となりました。

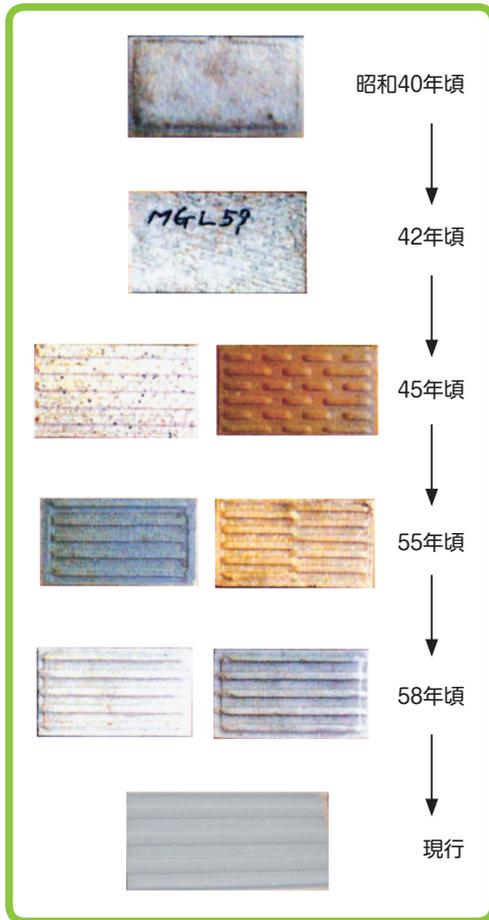


写真1 タイル裏あしの遍歴¹⁾

昭和40年頃の製品は、裏面全体が半円状にやや盛り上がっています（裏あしなし）。

昭和42年頃の製品には、かすかに網目状の模様が見られます（裏あしなし）。

昭和45年頃になると、現在の裏あしの誕生が感じられます（あり足形状ではない）。

昭和の後期には、十分に高さのある裏あしのあるタイルが製造され、あり足形状のある現在のタイルに近い形になり、接着信頼性も各段に高まっていきます。

現在のタイルの裏あしは、タイルの表面積の大きさに応じて高さが定められています。

JIS（日本工業規格）：陶磁器質タイル（JIS A 5209-2008/-2010（追補1））の「裏あしの形状及び高さ」抜粋

使用部位表示で屋外壁を使用可能とするタイルの裏あしの形状及び高さは、JIS A 1905-2の7.（裏あしの形状及び高さの測定方法）に規定する測定を行ったとき、次による。

b) 裏あしの高さ (h)

製作寸法で定めた部分の裏あしの高さは、表1の基準を満足しなければならない。ただし、タイルの端部に傾斜を設けたときは、その部分を除く。

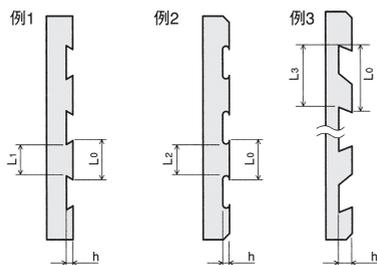


図1 裏あしの形状の例

表1 裏あしの高さの基準

タイルの表面の面積 ^{※1}	裏あしの高さ (mm)
15cm ² 未満	0.5以上
15cm ² 以上60cm ² 未満	0.7以上
60cm ² 以上	1.5以上 ^{※2}

※1 複数の面をもつ役物の場合、大きい方の面の面積に適用する。

※2 タイルのモジュール予備寸法がM150×50及びM200×50のものについては、1.2mm以上とする。

参考 裏あしの高さ (h) は、最大3.5mm程度である。

出典 1) 全国タイル業協会 タイル手帖

5 後張りとは先付け

1960年代から、建築工事の工法の合理化を目的として、タイル先付け工法が開発され、使用され始めました。

タイル後張り工法は、コンクリートにモルタルで下地を作製し、張付けモルタルでタイルを張ります。したがって、コンクリートと下地モルタル、下地モルタルと張付けモルタル、張付けモルタルとタイル等の接着界面が多数できます。それに対してタイル先付け工法は、型枠にタイルを取り付けておきコンクリートを打設して、コンクリートとタイルを一体化させる工法で、界面数が後張り工法に比べて少なくなります。

型枠先付け工法は、正しい工事管理がなされればタイルのはく離防止に寄与するため、一時は公共物件を中心に採用されました。

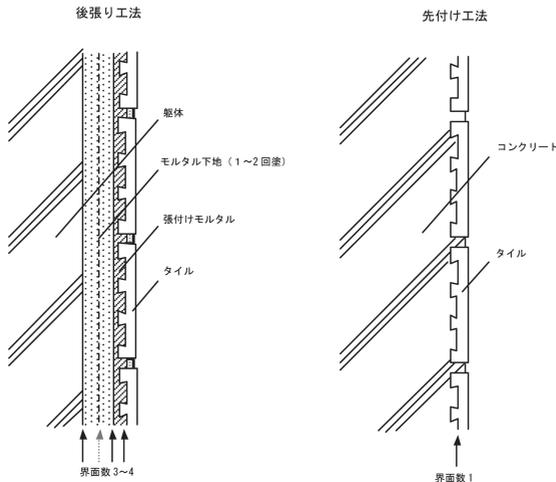


図1 後張り工法と先付け工法の界面数

表1 後張り工法と先付け工法の種類

後張り工法	横上げ張り、圧着張り、密着張り、接着剤張り等
先付け工法	型枠先付け工法、PC板打込み工法

6

外壁タイルにどのような力が働くか

～ディファレンシャルムーブメント～

1. ディファレンシャルムーブメントとは

近年、タイルのはく落事故が原因となり、「浮き」の研究が進みました。そして、浮きが生じる原因は、接着疲労であると考えられるようになってきました。

セメントモルタルによるタイル張り工法では、外壁を構成するタイル、モルタル、コンクリート躯体が外部から受ける温湿度変化により伸び縮みする量に差がでてきます。

材料には温湿度係数というものがあり、温湿度係数には「温度変化による膨張の違い」と「湿度変化による膨張係数の違い」の二つが含まれます。

外装用タイルは吸水率の低いⅠ類またはⅡ類*のものをを用いるため吸水膨張が小さく、一方、モルタルやコンクリートは吸水性があるため膨張量は大きいのが特性です。

外壁構成材のタイル、モルタル、コンクリート躯体が外部から温湿度変化を受けると、熱が躯体のコンクリートに伝わるのには時間がかかるため、それぞれ異なった割合で伸びたり縮んだりします。これを「ディファレンシャルムーブメント（相対ひずみ）」と呼びます。

言いかえるとディファレンシャルムーブメントとは、サーマルムーブメント（各材料の温度の変化により発生する伸縮挙動）とモイスタムーブメント（モルタル目地から浸入する雨水による乾燥と湿潤の繰返しにより発生する伸縮挙動）が組み合わさったものです。

伸縮挙動を調整する役割を果たすの

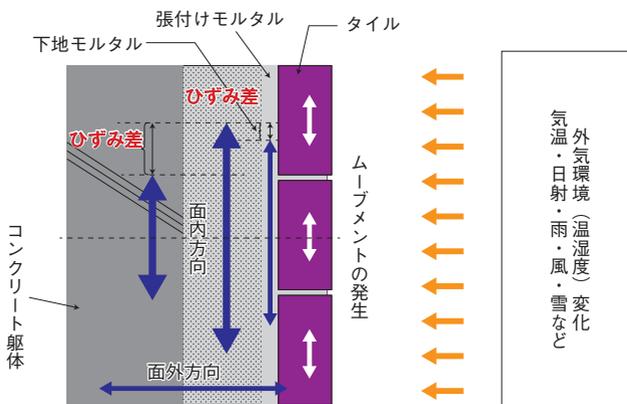


図1 タイル張り仕上げ外壁に発生するディファレンシャルムーブメント¹⁾

は、伸縮調整目地です。目地シールの更新を怠ると、この影響を強く受けることとなります。

※JISの吸水率の測定方法変更により、分類方法も磁器質、せつ器質等の呼び名からⅠ～Ⅲ類という呼び名に変わりました。(分類は第1章4参照)

2. 浮き発生のメカニズム

ディファレンシャルムーブメントによって、モルタルとコンクリートとタイルのそれぞれの境界に「せん断力」という力が働きます。外気温が低下するときにも、逆方向に同じような現象が生じます。そして、このせん断力は毎日生じるため、接着力が次第に低下します。これが「接着疲労」です。

このメカニズムは「金属疲労」と同じようなもので、接着疲労が進行すればやがてはく離し、浮きが生じます。したがって、このタイル張り層に生じるディファレンシャルムーブメントを予測し、このムーブメントに耐え得る仕様・施工法であることを事前に確認できる仕組みがあれば、はく離・はく落故障の多くは予防できると考えられます。

3. 下地追従性能を高めるには

張付けモルタルを伸縮性の高い張付けモルタルにすることで、はく離応力を緩和するとともに、下地追従性能を高めることができます。

モルタルはコンクリートに比べて弾性係数が小さいため、コンクリートとタイルの伸縮量の差をある程度吸収することができ、急激な脆性破壊を防ぐことができるのです。この点に積層構造のメリットがあります。ただし、モルタルはJASS15（左官工事）に規定されているように適切な塗厚でなければ、自重による接着力の低下や薄塗りのためにディファレンシャルムーブメントを吸収しきれず大きな負荷がかかり、早期にはく離が発生することがあります。

また、下地モルタルとコンクリート界面との追従性能も必要です。これについては第2章14で詳しく述べます。

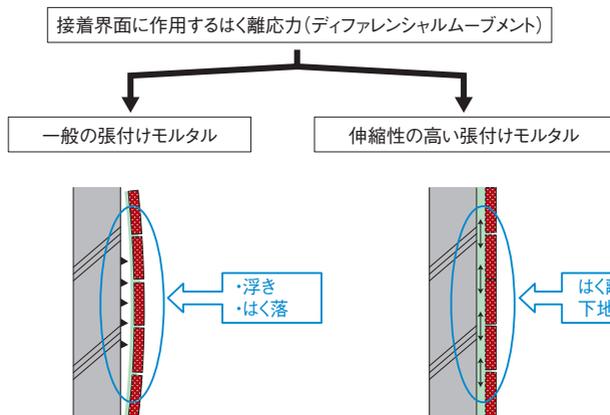
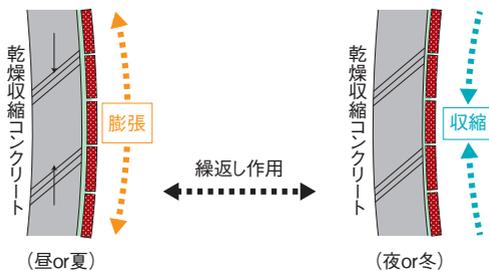


図2 ディファレンシャルムーブメントと張付けモルタル²⁾

なお、下地調整モルタル施工時、張付けモルタルの代わりに弾性系の下地調整材を使用し、伸縮性の高い接着剤で張り付けることによって追従性を高める方法等もあります。

- 出典 1) 建築研究所 外装タイル張り仕上げ材の経年劣化による剥離・剥落発生メカニズム
2) 鴻池組技術研究報告 剥落防止効果に優れた弾性タイル張付けモルタル

7 型枠先付けは普及せず

1. 普及しなかった理由

1960年代に建築工事の合理化やタイルのはく落防止を目的として、「型枠先付け工法」が開発されました。建築現場でタイルやタイルユニットを外型枠の内側に前もって固定し、コンクリート打設と同時にタイルを打ち込む工法で、正しい工事管理がなされればタイルのはく落防止に寄与するものでした。

反面、現場での管理は非常に難しく、

- ①コンクリート打設終了までにタイルのずれや脱着が起きないこと
- ②コンクリートの豆板やコールドジョイント等の打設不良が確認できないこと
- ③工事の初期の段階でタイルが必要となるため、設計時点での十分な計画と早期準備が必要なこと

などの問題があり、また、打込み後も、打ち込んだタイルが破損したときの補修が困難であり、期待した合理化やはく離防止効果が得られず、仕上がりの悪いなどの理由から普及せず、当時は採用されていましたが今ではほとんど採用されなくなっています。

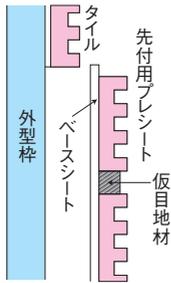


写真1 型枠先付け工法¹⁾

2. 型枠先付け工法例

参考に、3種類の「型枠先付け工法」を示します。

・タイルシート法²⁾



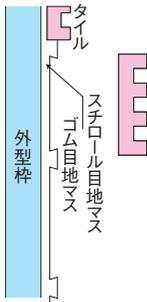
ユニットにしたタイルを電動タッカー等で型枠に張り付け、コンクリート打設後、型枠をはずす工法

【長所】 タイルの配列固定の能率が高い。

【短所】 建物の形状によってはユニットの種類が多くなり、不経済な場合がある。

【適応可能タイル】 50角～二丁掛

・目地ます法²⁾



型枠にゴム製または発泡スチロール製の目地ますをつけてこれにタイルをはめ込み、コンクリートを打設する工法

【長所】 配列に特殊技術を必要としない。

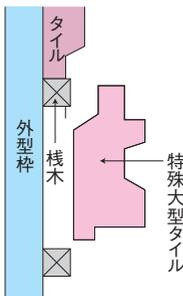
目地の通り具合、形状、仕上がりが良好である。

【短所】 1枚1枚タイルをはめ込むため作業性は若干劣る。

目地ますとタイル寸法が合っていないとタイル表面にモルタルが付着する場合がある。

【適応可能タイル】 小口平～四丁掛

・棧木法²⁾



型枠に棧木を打ち付けこれにタイルを配列し、釘で仮止めてコンクリートを打ち込む工法

【長所】 ユニット化等の二次加工費が不要で、残材も出ない。

【短所】 標準形状のタイルでは手間がかかりコストが高い。

【適応可能タイル】 特殊形状の大形タイル向き

出典 1) ㈱LIXIL タイル張り最新設計・施工マニュアル

2) ㈱DANTO タイルの知識

8 直張り工法の変遷

大形パネル型枠の使用等により、コンクリートの仕上がりの精度が向上し、2000年頃からコンクリートに直（じか）にタイルを張る「直張り工法」が急激に増加しました。

直張りは、モルタル下地を作製する場合と比較して、モルタルの塗継ぎ界面が減少し、はく落事故の防止に対しても有効ですが、コンクリート面の不陸補修に厚みがほとんどないフィラー材を使うと硬化前に水分が下地に吸収され、ドライアウト状態になったり日射の厳しい夏場には蒸発したりして弱い部分ができやすいため、施工品質が低下し、はく落事故を起こすことにもなりかねません。

このように施工管理が大変難しいので、現在では施工部位に制限をつけ採用されるようになってきています。

なお、JASS19（陶磁器質タイル張り工事）にもタイル直張り工法について記されていますが、直張りに適用できる張り方は密着張り、改良圧着張りおよびモザイクタイル張りとされています。

また、形状および大きさは下地面精度がモルタル下地壁より劣ることを考慮し、外壁では二丁掛までとし、張り方は小口平以上のタイルでは密着張りとは改良圧着張りから選定し、50二丁以下のモザイクタイルではモザイクタイル張りとはされています。

9 改良工法とは何を改良した？

1. 「圧着張り」の改良

「圧着張り」は下地に張付けモルタルを塗り付けタイルを張る工法ですが、モルタルの塗置き時間（オープンタイム）の管理は難しく、塗置き時間が長くなると接着力が低下し、はく離の原因となります。

そこで張付けモルタルを下地面に塗り、モルタルが固まらないうちにタイル側にも薄く張付けモルタルを塗り付けて、裏あしにも張付けモルタルを充填させたうえでタイルを張り付ける工法が生み出されました。それが「改良圧着張り」です（図1）。

下地とタイルの両側に張付けモルタルを塗り付けるため、ばらつきが少なく充填性が向上し、良好な接着強さが得られます。おもに小口平から三丁掛程度のタイルに適用されています。

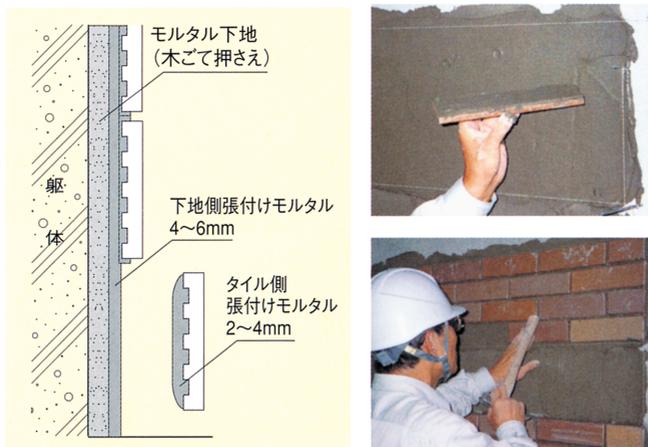


図1 改良圧着張り¹⁾

2. 「積上げ張り」の改良

「積上げ張り」はタイル裏面に張付けモルタルをだんご状にのせ、タイルを下から張り付ける工法です。古くから行なわれている伝統的なタイルの張り方ですが、白華（エフロレッセンス）が生じやすい欠点があります。そこで張付

けモルタルをタイル面の全面に隙間なくのせ、張り付ける方法に改められました。それが「改良積上げ張り」です(図2)。

精度の良い下地に対して、タイル裏面に5~10mmの厚さで張付けモルタルを塗り、下段より積上げて施工していくので、三丁掛・四丁掛等大形の外装タイルの施工に適しており、積上げ張りの欠点である白華の防止としても有効な工法ですが、施工効率が悪いいため最近では大型で質量の大きいタイル等の特殊な場合を除き、採用されることは少なくなっています。

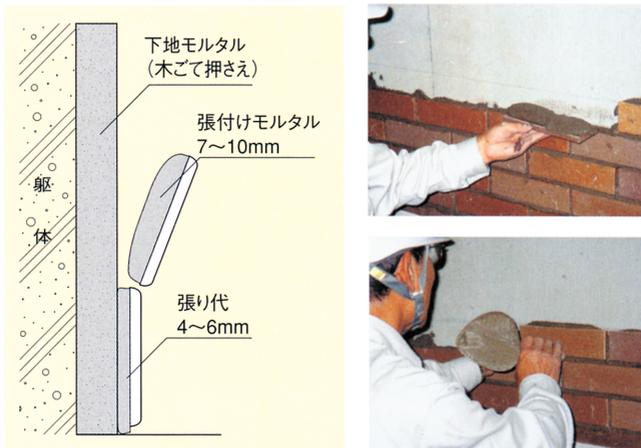


図2 改良積上げ張り¹⁾

両工法とも、1968年頃(昭和40年代半ば)から使われ始めた工法です。

出典 1) 全国タイル業協会 タイル手帖

10 電動工具の使用

1. 振動工具（ヴィブラート）を使用する密着張りの開発

圧着張りによるタイルはく離原因の一つとして、タイル張付けモルタルを施工したのち、タイルを張り付けて叩き込みを行うまでの塗置き時間が長くなりすぎ、張付けモルタルの表面が乾燥して硬化し、タイル裏面に張付けモルタルが十分に付かないという問題があります。塗置き時間を短くする施工が重要ですが、コンクリート打設時にバイブレーターを用いてコンクリートの流動性を高めて締め固めを行うように、タイルとタイル張付けモルタルに振動を与える工具が1980年に開発されました。この振動工具（ヴィブラート）によってタイルを張り付けるタイルの張り方を密着張りと呼びます。

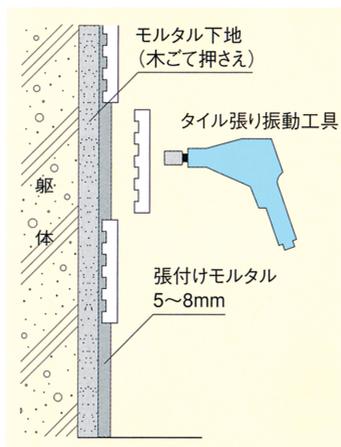


図1 密着張りによるタイル張り¹⁾

2. 密着張りの特徴

圧着張りと比較して、タイル裏あしへのモルタルの充填性が改善され、接着力の向上が期待でき、現在では二丁掛タイルサイズの施工法の主流となっています。

3. 一発押えの禁止

密着張り工法で施工したタイル張りのうち、目地部の張付けモルタルを目地ごとで押え、後詰め目地モルタルを施工しない一発押えが施工された時期がありました。しかし、一発押えは、タイルと張付けモルタルとの間のディファレン

シャルムーブメントがタイル裏面に集中して、裏あしが破断することでタイルがはく離する事例が続いたため、現在では禁止されています。密着張りの場合でも、タイル目地深さは、タイル厚みの1/2以下となるように、後詰め目地を詰める必要があります。

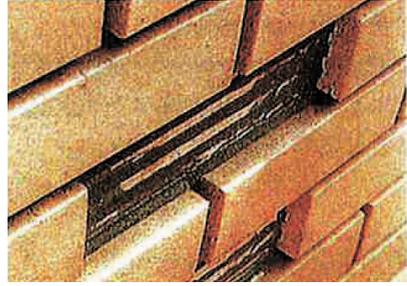


写真1 一発押えの剥離事例

4. ユニットタイルへの応用

50二丁等のタイルの場合、二丁掛タイル等に比べて裏あしが低く、張付けモルタルの充填性はよいと考えられますが、温度が高く乾燥しやすい場合に、塗置き時間がかかるとタイル裏あしへの充填性が不足する場合があります。振動工具でそれらの不具合への対応ができます。ところが、それまでの振動工具では振動する部分が小さいた



写真2 ユニットタイルへの振動工具の応用

めに、ユニットタイルを張り付けた後、1枚1枚を加振するには時間がかかり、効率が悪いために使用されていませんでした。大きなアタッチメントを取り付けることで、一度に複数枚のタイルを同時に加振できるようになったことで、2000年頃からユニットタイルへの応用が図られるようになりました。

出典 1) 全国タイル業協会 タイル手帖

11 圧着張りの復権

1. マスク張りの開発

1950年から1960年代にかけて発生した圧着張りによるタイル裏面での離れの反省から、ユニットで施工されるモザイクタイルにおいては、タイル裏あしへの張付けモルタルの充填性を確保する方法として、タイル張付け前にタイルユニットを裏返し、あらかじめタイルユニットの裏面に専用の型板（マスク）を用いて均一にこて圧をかけて張付けモルタルを塗り付け、そのタイルユニットを、下地面に張付けモルタルを塗らずに直接タイル下地に張り付けるマスク張りが開発されました。この張り方では、タイル裏あしへの張付けモルタルの充填性が向上することから、それまで一般的であった、ユニットタイルの圧着張り、いわゆるモザイクタイル張りではなく、1975年頃からマスク張りがユニットタイルの標準工法となりました。



写真1 マスク張りの施工状況

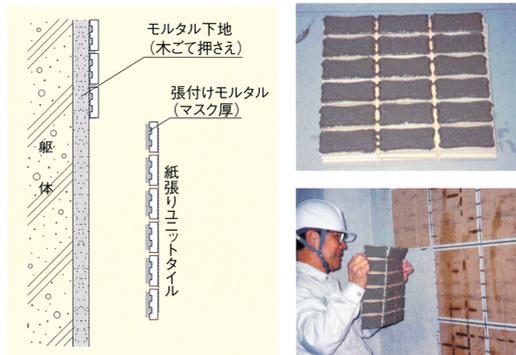


図1 マスク張りの概要¹⁾

2. マスク張りの特徴

この張り方では、マスクの厚さにより張付けモルタルの厚みが一定になりま

す。マスクの厚さが薄い場合は、タイル裏あしへの充填性が不足する場合があります。反対に厚くなりすぎると張付けモルタルが厚くなりすぎ、張付け時の施工性が悪くなります。そのため、50角や50二丁のタイル厚み5mm～7mmの場合は、4mmのマスクが最適とされています。また、この張り方では、下地面にて圧をかけて張付けモルタルを塗り付けることができません。下地面との接着性は、タイル裏面に塗り付けたモルタル表面が乾かないうちにできるだけ早く施工することと、十分に叩き込みを行うことで確保します。

しかし、これらの管理は難しいため、マスク張りではタイル裏面のはく離よりも張付けモルタルと下地の界面でのはく離が発生する場合があります。

3. モザイクタイル張りの復活

一方、ユニットタイルの張り方であるモザイクタイル張りでは、タイル張付けモルタルを二度塗りするようになりました。

一度目の塗付けではタイル張付けモルタルを薄くしごき塗りすることで、こて圧を十分にかけることとし、追っかけて施工する二度目のモルタル塗りで所定

の厚みに張付けモルタルを塗り付けます。この結果、現在では、ユニットタイルでのタイル張りの場合、マスク張りよりモザイクタイル張りの方がよいと考えられています。

公共建築工事標準仕様書でも、平成19年版から、ユニットタイルの張り方としてマスク張りに加え、モザイクタイル張りが標準仕様として復活しました。

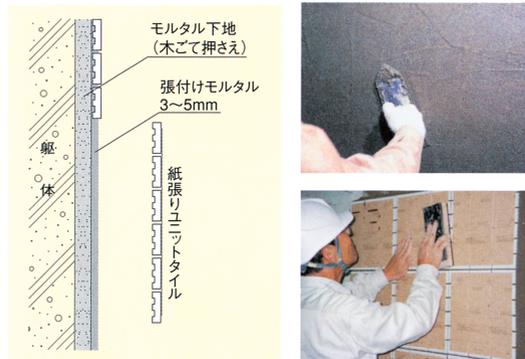


図2 モザイクタイル張りの概要¹⁾

12 故障の発生は、 タイル単体から下地モルタルへ

1. 下地モルタルのはく落事故の増加

タイル裏あしが改良されたことからタイル裏面ではく離は減少しましたが、昭和60年代に入り、コンクリート躯体界面と下地モルタルの界面ではく離したタイルが落下する事例が増え、平成元年には、北九州市で死亡災害まで発生しました。

下地モルタルの施工については、左官工事として施工され、タイル伸縮調整目地が躯体ひび割れ誘発目地と同位置に設置されていなかったことなどが、下地モルタルのはく離原因と考えられました。表1に示すはく落事例は、下地モルタルが躯体からはく離・はく落した事例です。

表1 外壁の落下事故事例（2003年～2008年）

	発生日時	場所	建物概要	事故概要
1	2003年5月	香川県	店舗	モルタル壁（厚さ約3cm）が、縦1.9m×幅19mにわたって崩れ、小学生2名が軽傷。
2	2005年6月	東京都	事務所ビル	4～5階のタイル張り外壁（厚さ5cm 縦5m×横7m 重さ900kg）が20m下に落下。通行中の女性の頭部および乗用車運転中の男性の膝に軽傷。
3	2007年6月	沖縄県	ホテル	9階タイル張り外壁（縦1.8m×横1.5m）が落下。走行中タクシー天井に物損。けが人なし。
4	2007年8月	京都府	ビル	6階タイル張り外壁（縦2m×横5m）が落下。女性の頭部に当たったけががなし。
5	2008年5月	群馬県	ビル	8階タイル張り外壁（縦1.1m×横0.1m）が落下。けが人なし。

2. 下地モルタルのはく離・はく落原因

一方、躯体工事においては、1964年から1965年かけて官民共同研究として実施された「コンクリート型わく用合板に関する研究」から、急速にそれまでのバラ板型枠から合板型枠が普及し、コンクリートの表面がそれまでに比べ平滑になりました。

また、コンクリート型枠用合板の転用回数が増えることから、表面に塗装を施した表面加工コンクリート型枠用合板が普及し、さらに、コンクリート躯体表面の平滑化が進むことになりました。その結果、平滑な躯体面と下地モルタルの接着性に問題が生じるようになりました。



写真1 バラ板型枠による躯体



写真2 普通合板型枠による躯体



写真3 表面加工コンクリート型枠用合板型枠による躯体



写真4 カップサンダーかけによる目あらし
(下地：塗装合板型枠による躯体)

13 下地モルタルにも機械的な接合を

1. MCR工法の開発

タイル張り外壁において、躯体コンクリートと下地モルタルの界面ではく離が発生し、はく落に至る事例が増えたため、下地コンクリート面にあり状の凸凹を設けることではく離はく落を防止するMCR工法が1991年に開発されました。

MCR工法は、コンクリート表面にあり状の凸凹を、写真1のように専用の中空樹脂シート（MCRシート）を型枠に取り付けておいてコンクリートを打設することで実現します。

公共建築工事標準仕様書では、平成13年版からコンクリート素地面についてMCR工法が記載され、適用は特記によるとされました。

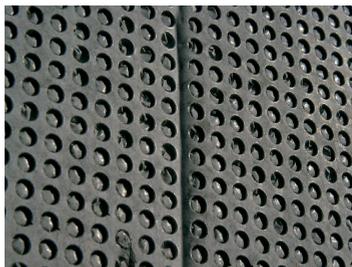


写真1 MCR工法の躯体表面



写真2 超高压水施工法の施工状況

2. 下地コンクリート面の目荒し

下地コンクリート面は、下地モルタルを施工する左官工事の段階から、はく離を防止するための目荒しや清掃、脆弱層部の除去が必要です。この目荒しの方法については、ワイヤーブラシ掛けやサンダー掛け等がありますが、ほこりが立ちやすいことや作業音が大きなこと、下地コンクリートの硬さ等の条件によりばらつきが発生しやすいなどの問題点があります。そのため、最近では、超高压水洗（150N/mm²程度）や高压水洗

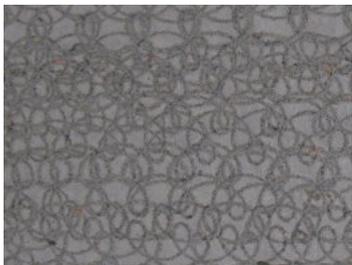


写真3 超高压水施工法の躯体表面

（50N/mm²程度）による下地目荒し工法の採用が増えてきています。公共建築工事標準仕様書では、平成13年版から高压水洗工法が記載され、適用は特記によるとされています。

3. はく落防止工法の開発

はく落を防止する工法としては、下地モルタルと躯体コンクリート面を機械的に緊結する工法や下地モルタルの連結性を高め、タイル張り外壁層が一体となっはく落に抵抗する工法が開発されています。このうち、建築工事監理指針（平成25年版）では、次の工法が紹介されています。

①立体繊維材料張り工法

（各種ネット：ベースネット、インターネット、ピンネット等）

タイル張り仕上げ層を構成するモルタル層に繊維シートを塗り込み、外壁タイル張り仕上げ層の一体化を図ることでタイルのはく落を防止する工法

②先付け特殊繊維シート（ウェブフォーム工法）

コンクリート表面に特殊な繊維シートを打ち込み、そのシート面でタイルを施工することで、コンクリートとタイル張り層が機械的に緊結することに加え、シートによる一体化による効果も加えてはく落を防止する工法

③コーン状係止部材および短繊維混入モルタル

ループ状突起物を有するコーン状の係止部材（ループボンド）と、短繊維を混入したモルタルとを用いることで、短繊維により一体化したタイル張りモルタル層をループボンドにより躯体に緊結させる工法

その他、建築工事監理指針では、下地モルタルの吹付工法や押し出し成形セメント板のタイルベースパネル、工場タイル張り乾式工法も紹介されています。

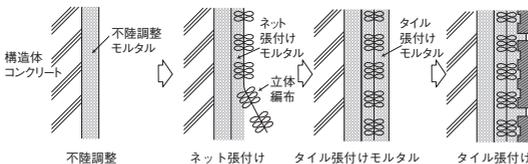


図1 立体繊維材料張り工法の概要¹⁾

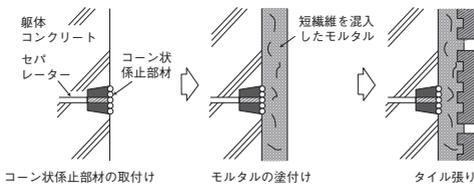


図3 コーン状係止部材および短繊維混入モルタル併用工法¹⁾

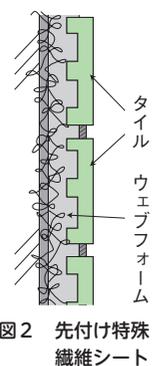


図2 先付け特殊繊維シート

出典 1) 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25年版

14 剛から柔へ

1. 外装タイル有機系接着剤張り工法の開発

内装の仕上げ工事においては、1970年代から床等の材料を接着剤で施工する技術開発が行われ、1987年には、内装において陶磁器質タイル用接着剤のJISが制定されました。モルタル張りに比べ、施工者の技量による品質のばらつきが少ない点で、労務不足等に対応できる工法としての期待があり、外装においても接着剤を利用したタイル張り工法の開発が、官民連帯共同研究として1993年から1995年にかけて実施されました。

その成果として、1997年に外装タイル・石張り用接着剤の品質基準（案）、有機系接着剤を利用した外装タイル・石張り工事標準仕様書（案）等が定められました。

その後、実施物件が増え、JASS19（陶磁器質タイル張り工事）2012年でも有機系接着剤によるタイル後張り工法が記載され、公共建築工事標準仕様書（平成25年版）にも掲載され、現在では、外壁タイル張りの張り方の一つとして認識されてきています。

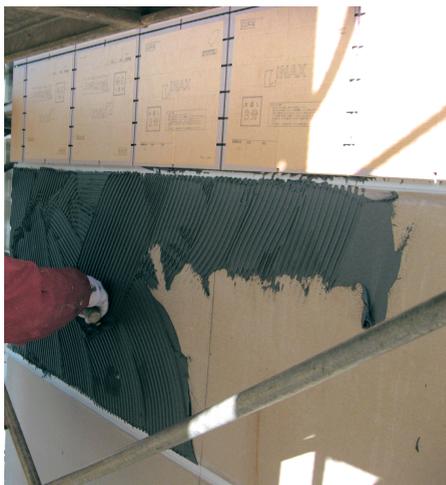


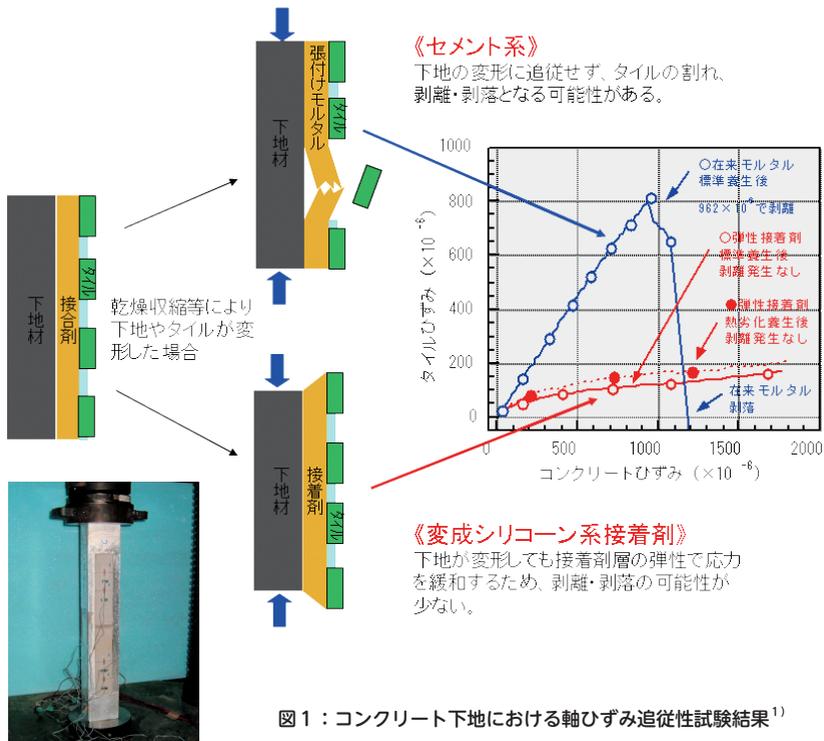
写真1 有機系接着剤張りによるタイル張り

2. 外装タイル有機系接着剤張りの性能

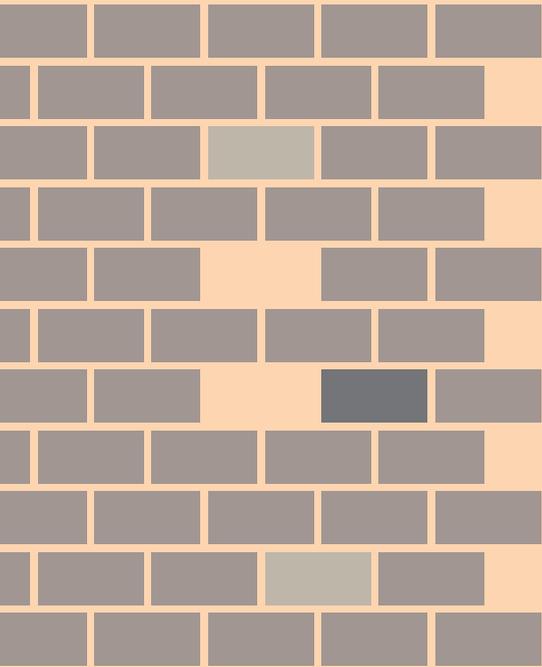
有機系接着剤は、タイル張付けモルタルと異なり、張付け硬化後でもモルタルに比べて柔らかいことから、タイルとコンクリートあるいは下地モルタル層との間の乾湿による伸縮量の差や熱伸縮の違いなどからくる動きの違いを緩和させる働きがあると考えられています。

表面にタイル張り層が施工されたコンクリート角柱を上下に押すことで、タイル層とコンクリート層とのひずみ量の違いを測定した結果を図1に示します。このように、タイル張付けモルタルで施工したタイル面のひずみに比べて、有機系接着剤張りのタイル面のひずみは低く抑えられ、上記の性能があることがわかります。

有機系材料の場合、紫外線や温水、その他の薬品による劣化が懸念されますが、屋外暴露試験等の各種試験で性能が確認されています。



出典 1) 弾性接着剤タイル張り研究会 弾性接着剤を用いた外装タイル張り仕上げの耐久性



第 3 章

施工管理で注意すべき
ポイント

1 仕上げ寸法の設定が大事

1. 仕上げ寸法の設定

外壁にタイルを後張りする際には、大きく分けて二つの種類（型枠先付工法を除く）があります。一つは、コンクリート面に張付け材を用いてタイルを張る（直張り工法とも呼ばれます）方法、二つ目は、コンクリート面に既製調合モルタルや現場調合モルタルを用いてタイル下地を作製し、その上にタイルを張る方法です。この二つの方法では、コンクリート面からタイルの外表面までの仕上げ寸法が異なります。

2. 仕上げ寸法が異なる

コンクリート表面に張付けモルタルにてタイルを張る場合、外壁に張るタイルの厚み+張付けモルタルの厚みが、コンクリート表面からタイル外表面までの仕上げ寸法となります。コンクリート表面に既製調合モルタルや現場調合モルタルを用いてタイル下地を作製しその上にタイルを張る場合、外壁に張るタイルの厚み+タイル下地の厚み+張付けモルタルの厚みがコンクリート面からタイル外表面までの仕上げ寸法となります。

上記のようにコンクリート面からタイル外表面までの寸法が、タイルの種類やタイル下地の有無等により異なるため、まずは施工計画の段階でどのような方法でタイル張りを行うか決定する必要があります。それを決定しないと、タイル割付図や躯体図等タイル張りに関連する施工図を検討、作成することができなくなります。

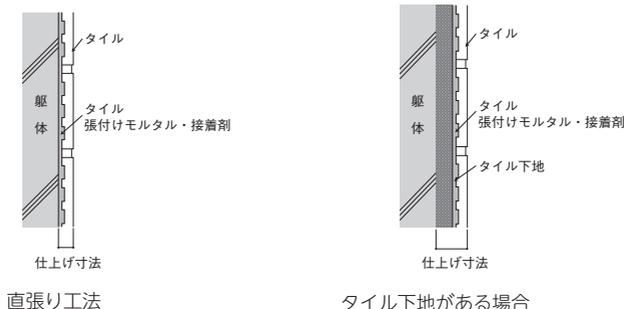


図1 タイル下地の違い

3. タイル下地モルタルの厚みが工程に影響する

コンクリート面にタイル下地を作製する場合、使用するモルタルの材料および塗厚さ、塗り回数により工程が異なります。

現場調合モルタルを使用する場合、公共建築工事標準仕様書（平成25年版）には、「1回の塗厚は、原則として、7mm以下とする」「仕上げ厚又は全塗厚（タイル張りにあつては、張付けモルタルを含む。）は、25mm以下とする」と記載されています。例えば、コンクリート面からタイル外面までの寸法が20mmでタイル厚み+張付けモルタルの厚みが10mmの場合、タイル下地モルタルの厚みが10mmとなります。同仕様書では、「1回の塗厚は、原則として、7mm以下とする」と記載されているので、これに従った施工を行うとタイル下地を作製するためには、モルタルを2回塗りする必要があり、下塗り（1回目）後、中塗り（2回目）を行う際にも一定の養生期間が必要となります。

既製調合モルタルを使用する場合、塗厚や下塗り後中塗りを行う際の養生期間は、使用する材料メーカーにより異なるので、材料メーカーのカタログ等を確認する必要があります。

タイル下地の有無により仕上げ寸法が異なり、タイル下地の厚みが工程に大きく影響します。タイル下地の塗厚さ、タイル下地に使用する材料、タイル下地を施工する時の季節・気候により工程に影響が出るため、施工計画段階でどのようなタイル下地をどのような材料でどのような時期に行うか、十分に検討したうえで施工方法を決定することが必要です。



2 タイルの選定

1. タイルの種類を確認する

タイルの種類は、大きさ・厚みの違いだけではなく、素地（Ⅰ類・Ⅱ類・Ⅲ類）や成形方法（乾式・湿式）による分類、釉薬の有無による分類等によってもさまざまな種類があります（第1章4・5参照）。たとえば、Ⅲ類（陶器質タイル）は素地が多孔質で吸水性が高いため、外壁に使用するには不向きであり、Ⅰ類（磁器質タイル）・Ⅱ類（せっき器質タイル）は、耐候性・耐久性に優れているため、外壁に使用するのに向いていると言えます。まずは、設計図書に記載されているタイルが外壁に使用するのに適しているかを確認し、適していればそのタイルに適した張付け材料を選定する必要があります。

2. タイルに適した張付け材料の選定

タイル張付け材料には、セメントモルタルと有機系接着剤がありますが、接着剤張りの施工を行う場合、タイル裏あしの大きさ形状が問題になります。接着剤は張付け面に薄く塗布して張り付けるため、乾式で作られた裏あしが小さく、形も均一なタイルに向いています。また、湿式で作られた大型タイル等は裏あしが深く均一になっていないため、接着剤で張り付けるのは不向きで、張付けモルタルで張り付けるのに向いていると言えます。

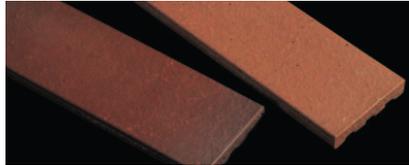
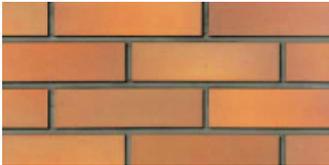
3. タイルと張付け材料を合わせて検討する

前述の通り、使用する場所、部位により使用するタイルも異なり、使用するタイルにより張付け材料も変わってきます。どのようなタイルを使用するか決定し、張付け材料を決定する必要があります。

設計図書に記載されているタイルおよび張付け材料の種類、工法が適切かどうかを検討し、不適切であれば設計監理者と協議し、変更提案を行う必要があります。



磁器質タイル¹⁾



せっき質タイル¹⁾



陶器質タイル²⁾



タイル裏あし

- 出典 1) ㈱LIXIL タイル建材総合カタログ
2) ㈱国代耐火工業所 ポーラスブリックカタログ

3 躯体コンクリート表面の確認

コンクリート表面に不純物が付着していると、タイル下地モルタルや張付けモルタルが界面はく離をおこし、浮きや落下の原因となります。コンクリート表面の不純物を取り除いたうえで、次工程に進むことが重要です。また、豆板、コールドジョイント、ひび割れ（クラック）、異物の混入等も、タイルのはく離・はく落の原因となります。タイル下地を行う前に、必ず下地となる躯体コンクリート表面を確認します。



上階打設後のコンクリート水による汚れ¹⁾



合板型枠のアク¹⁾



豆板



ひび割れ（クラック）



コールドジョイント

コンクリート面に付着した不純物を取り除く方法として、水洗いやサンダー掛け、ワイヤーブラシ掛け等がありますが、付着した不純物の種類や状況により判断することが必要です。超高压水洗等で清掃と躯体面の目荒しを同時に行う方法もあります。

タイル下地モルタルを作製する前に躯体コンクリート面を確認し適切な処置を行う、タイルを張る前にタイル下地の清掃状況を確認するなど、工程ごとに下地面の状態を確認する必要があります。

出典1) 全国タイル業協会 タイル手帖

4 下地にどのような材料を使うか

1. 現場調合モルタルと既製調合モルタルの違い

タイル下地や躯体の不陸調整を行う際にモルタルを使用しますが、モルタルは大きく2種類に分けられます。一つは現場調合モルタル、もう一つは既製調合モルタルです。

現場調合モルタルは、文字通り、セメント、細骨材、混和剤、水等を現場で調合するモルタルです。

既製調合モルタルは、プレミックスモルタルとも呼ばれ、セメント、細骨材、混和剤等をあらかじめ調合したもので、現場では水を混練するだけで使用できます。水と混和剤を混練する材料もあります。水等の規定量は各メーカーの仕様書等の確認が必要です。

現場調合モルタルは、品質にばらつきが生じやすいため、最近では既製調合モルタルを使用することが主流となっています。

2. 既製調合モルタルの種類

既製調合モルタルは、各メーカーからさまざまな種類の材料が販売されています。JIS A 6916 建築用下地調整塗材「CM-2」の適合品の中から選定することが必要です。

表1 種類及び呼び名

種類	呼び名	参考				
		塗厚 (mm)	主な適用 下地	主な適用仕上材	施工方法	
セメント系下地調整 厚塗材 ⁽¹⁾	2種	下地調整塗材 CM-2	3~10程度	コンク リート	すべての仕上塗材 塗料 陶器質タイル	こて塗り 吹付け

注⁽¹⁾ 結合材としてセメント及びセメント混和用ポリマーディスパージョン又は再乳化形粉末樹脂を混和したものを使用したもの。

表2 品質

項目	低温 安定性	軟度 変化 %	耐ひび割 れ性	初期乾燥によ るひび割れ抵 抗性	耐衝撃性	曲げ強さ N/mm	圧縮強さ N/mm	付着強さ N/mm		
								標準 養生	低温 養生	浸水 後
下地調整塗材 CM-2	-	-20 ~20	ひび割れが ない。	-	ひび割れ及 び剥がれが ない。	5.0以上	10.0以上	1.0 以上	0.7 以上	-
項目	吸水量 g	透水量 ml/h	長さ変化 %	仕上材が複層仕上塗材 の場合の耐久性 N/mm		仕上材がセラミックタイルの 場合の耐久性 N/mm				
下地調整塗材 CM-2	2.0以下	0.5以下	0~-0.15	割れ、膨れ及び剥がれが なく、付着強さは1.0以 上とする。ただし、仕上 塗材だけで破断した場 合は0.7以上とする。		付着強さは0.6以上とする。				

(JIS A 6916 : 2014 抜粋)

3. 既製調合モルタル使用時の注意点

メーカーの既製調合モルタルのカタログには、塗厚や調合、養生期間に関する事項が記載されているので、これに基づき施工することが重要です。

また、吸水調整材、タイル下地材、タイル張付けモルタルは、同じメーカーのもので選定し使用することが望めます。

標準仕様							
■下地調整塗材							
製品名	荷姿	適用部位	適用下地	適用仕上げ	標準調合	塗厚	標準施工面積
〇〇〇〇	25kg/袋	内・外壁	コンクリート、PC板、 押出成形板、モルタル	陶器質タイル	清水 約4.5%	3~7mm	約3.5m ² (4mm厚)

標準配合や塗厚が記載されている。

* 加水後の材料は夏季40分以内、冬季60分以内に使用して下さい。

* 標準塗厚を超える場合は、2回以上に分けて塗付けし、その際の工程間隔は、夏季3日以上、冬季7日以上として下さい。

材料のオープンタイムが記載されている。

養生期間が記載されている。

既製調合モルタルカタログ例

5 伸縮調整目地を設ける

1. 伸縮調整目地はなぜ必要か

タイル面には、乾燥および湿潤、日射等による温度変化、地震等の外力により、ひずみが生じます。このひずみによる力が、タイルやタイル下地のはく離を生じさせます。これらを防止するためにタイル面とタイル下地に伸縮調整目地を設けます。

2. 伸縮調整目地の設置位置

伸縮調整目地の設置位置は、躯体ひび割れ誘発目地と同一箇所に設置する必要があります。公共建築工事標準仕様書（平成25年版）には、垂直目地で3～4m程度、水平目地は、各フロアの打継ぎ目地ごとと記載されています。垂直目地は、開口部がある場合、開口部の上下に設ける検討も必要です。

その他、他部材（金物・サッシ等）との取合い部分もタイルと他部材との挙動が異なるため、伸縮調整目地を設ける必要があります。

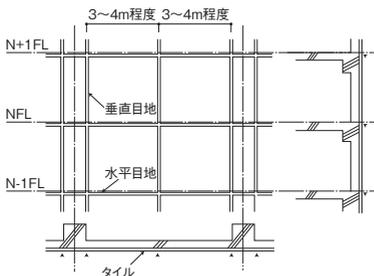


図1 標準的なひび割れ誘発目地(伸縮調整目地とも)の位置
 ① 柱の両側及び中間に設ける場合
 (外部側に柱形がない場合) (その1)

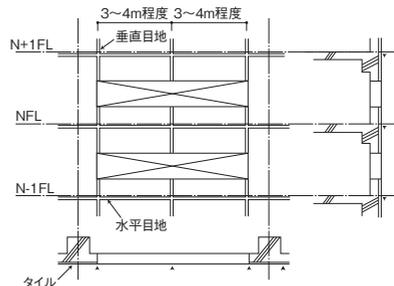


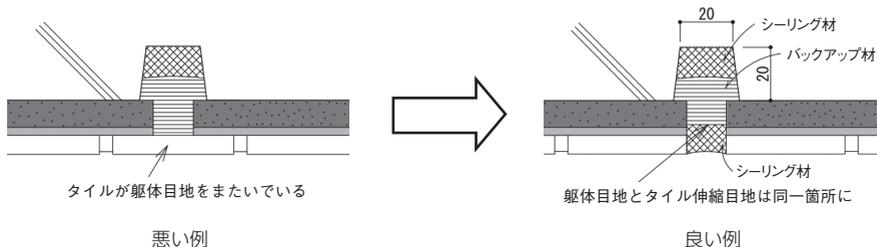
図2 標準的なひび割れ誘発目地(伸縮調整目地とも)の位置
 ② 開口部の両側及び中間に設ける場合
 (外部側に柱形がない場合) (その2)

伸縮調整目地の設置例¹⁾

3. 躯体目地位置とタイル伸縮調整目地位置を一致させる

躯体施工時にタイル割付図に基づいて、躯体ひび割れ誘発目地を設置する必要があります。また、ひび割れ誘発目地以外にも耐震スリットや打継ぎ目地が設置されますが、これらの目地もタイル伸縮調整目地と一致させることが重要

です。躯体目地とタイル伸縮調整目地が一致しないと、タイル面にひび割れが発生し、はく離の原因となります。

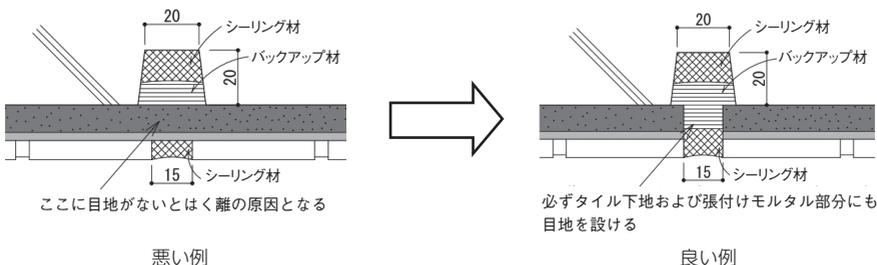


また、耐震スリットがある面にタイルを張る場合、耐震スリットとタイル伸縮調整目地位置をそろえることが重要です。

4. 伸縮調整目地の詳細

躯体ひび割れ誘発目地とタイル伸縮調整目地の一致と同時に、タイル下地や張付けモルタルも同じ位置で目地を設置することが重要です。躯体ひび割れ誘発目地とタイル伸縮調整目地を同一箇所に設置しても、その間にあるタイル下地や張付けモルタルがつながっていると、はく離の原因となります。

伸縮調整目地の幅は、10mm以上を確保します。タイル割付図を作成する際は、施工誤差を考慮し15mmで計画することが望まれます。また、伸縮調整目地に使用するシーリング材は、2成分変成シリコン系またはポリサルファイド系（いずれも2成分形）とし、JIS A 5758（建築用シーリング材）に適合するものとします。



出典 1) 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25年版

6 パネル下地壁タイル張り

1. 「パネル下地」とは

タイル下地として用いられるパネルとして、押出成形セメント板やALCパネルがあります。押出成形セメント板は耐久性、耐火性、軽量性、ALCパネルは、軽量性、耐火性、断熱性、遮音性、施工性に優れているため、外装材として幅広く採用されています。これらのパネルへのタイル張りとしては、モルタルや有機系接着剤を用いた工法があります。

しかし、通常のRC造のコンクリート面（モルタル面）に張る場合とは違い、割付けや下地処理が違っているので、注意が必要です。

2. パネルの目地を跨いでタイルを張らない

二つのパネルのタイル張りに共通して言えることは、それぞれのパネルを跨いでタイルを張らないことです。いずれのパネルもすべてワーキングジョイント（ムーブメントが働く目地）となるため、跨いで張った場合はパネルの挙動により、タイルの割れや浮きが発生し、はく離、はく落の恐れが出てきます。また、タイル面の伸縮調整目地はパネル間の目地と一致させることとし、それぞれの層間変位に応じた目地幅とすることが大切です。



写真1 パネル割に合わせたタイル割（写真はALCの場合）

3. 押出成形セメント板

セメントモルタルによるタイル張りでは、JIS A 5441：2003に規定されたタイルベースパネルを使用します。

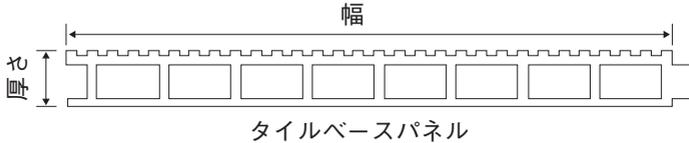


図1 パネルの形状の例¹⁾

有機系接着剤で張る場合は、フラットパネルの方が適しています。

板相互の目違いは3mm以内に納めることがJASS19（陶磁器質タイル張り工事）で規定されています。押出成形セメント板は、コンクリート躯体より面外方向への変形が大きいため、不陸調整を行うと、モルタル下地と張付けモルタルとの界面ではく離が起きやすくなるため、直張りが基本です。また、建込み精度が悪いとタイル目地が通らないなどの見栄えのクレームとなるため、精度を確保した施工が求められます。それと同時に、板製品自体の面精度も精度確保のうえでは重要な要因の一つとなります。

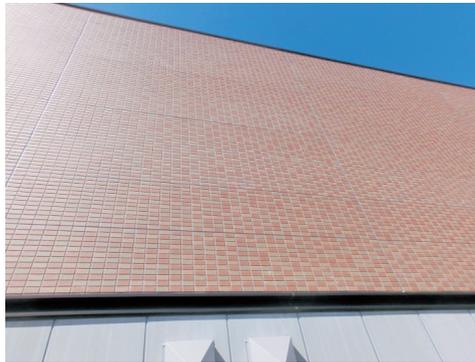


写真2 押出成形セメント板にタイルを張った例（精度よく張られている）

【押出成形セメント板下地における重要なポイント】

- ①張付けモルタルは、セメント混和ポリマーが混入された既製調合張付けモルタルを使用する。
- ②パネルのあり部へ確実にモルタルを充填させる。
- ③張付けモルタルの塗置き時間を管理する。
- ④張付けモルタル上塗後、タイル張りまでの塗置き時間を管理する。
(指で触って、指にモルタルが付着するぐらいの状態までにタイル張りを完成させる)
- ⑤下地とタイルを一体化させるために確実に叩き込む。

4. ALCパネル

ALCパネルは、JIS A 5416：2007に適合するパネルのうち、下表に示す外壁用の厚型パネルおよび厚型コーナーパネルとします。

表1 ALCパネルの寸法²⁾

厚さ (mm)	幅 (mm)	長さ (mm)
100,120,125,150	605以下※	パネル厚さの35倍以下

※ただし、コーナーパネルについては400mm以下

ALCパネルへのタイル張りは温暖地域とし、凍害の発生のある寒冷地や厳寒となる恐れのある山間部では避けなければなりません。タイル張りを行うALCパネルの取付けは、縦壁ロッキング構法もしくは横壁アンカー構法とし、建物高さ31m以下の部分のタイル張りとします。

また、建込み時のパネル相互の目違いは6mm以内に抑えます。ALCパネル間の段差や各取合い等により、不陸調整が発生した場合は、塗厚3～6mm以内で、JIS A 6916:2014に規定するセメント系下地調整塗材2種 (CM-2) に適合する既製調合ポリマーセメントモルタルを用います。ただし、あくまで不陸調整しなくてもすむように建込み時の精度管理を行うことが重要となります。不陸調整が発生した場合は、夏場7日以上、冬場14日以上を目安に養生期間をとり、不陸調整材の硬化を確認してから次工程に進みます。

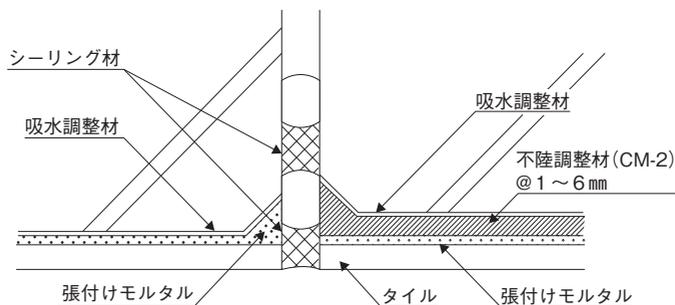


図2 不陸調整の施工例²⁾

ALCパネルに張ることのできるタイルの形状は50角、50二丁、50三丁、100角および50x200mmを原則とし、下地処理材や張付けモルタルを含めたタイル重量を30kg/m²以下とすることが日本建築仕上学会で定められています。これは、ALCパネルもモジュールに合わせるためと、標準的に使用されているALCパネルの重量を支持している取付け金物の強度によるものとされています。

【ALC下地における重要なポイント】

- ①マスク張りや改良圧着張りは避け、モザイクタイル張りや密着張りとする。
⇒マスク張りは、張付けモルタルの塗厚さが一定となり、仕上げ代の調整が難しく、たたき押え不足により張付けモルタルのはく離につながる恐れがあるため
⇒改良圧着張りは張付けモルタルの使用量が多くなり質量が重くなるため
- ②タイル張りの前に、吸水調整材を塗布する。
⇒1回目を塗布し、ALCパネルやモルタル下地の吸水が激しい場合は、2回目の塗布を行う。

5. 完成検査

通常のタイル張りと同様に、外観検査、打音検査を行います。

引張接着強度検査については、実際に施工した箇所で引っ張ると、下地面が破壊してしまい、パネルの交換が発生するため、検査用に試験体を同条件で作成し、それを引っ張ることになります。

モルタル張りの場合、引張接着強度のすべての測定結果が $0.4\text{N}/\text{mm}^2$ 以上、かつ押出成形セメント板およびALCパネルの接着界面における破壊率が50%以下の場合を合格とします。

なお、有機系接着剤張りの場合は、モルタル施工と同様に接着強度の高低で施工の良し悪しを判断するのは適正でなく、破断状況で判断することが全国タイル業協会で定められています。接着強度は参考値として記録し、その平均値は $0.3\text{N}/\text{mm}^2$ 以上を目安とします。

- 出典 1) 日本建築学会 建築工事標準仕様書・同解説JASS27 (乾式外壁工事)
2) 日本建築仕上学会 ALCパネル現場タイル張り工法指針・同解説 第3版

7 吸水調整材は接着剤ではない

1. 吸水調整材とは

吸水調整材は、張付けモルタルに含まれる水分が急激に下地に吸水されること（ドライアウト）による硬化不良を防止するため、下地の吸水を均一にして、付着力の低下を防止しますが、決して接着剤ではありません。

吸水調整材は、表1に示す条件を満たすものを使用します。

表1 セメントモルタル塗り用吸水調整材の品質基準(日本建築仕上学会)規格M-101¹⁾

項目	品質
外 観	粗粒子、異物、凝固物等がないこと
全固形分	表示値±1.0%以内
吸 水 性	30分間で1 g以下
標準状態	
熱冷繰返し抵抗性	著しくひび割れ及びはく離がなく、接着強度が1.0N/mm ² 以上で、界面破壊が50%以下であること
凍結融解抵抗性	
熱アルカリ溶融抵抗性	

吸水調整材の例（参考）平成26年10月現在
公共建築工事評価名簿評価登録品 例

日本化成（株）	NSハイフレックス
二瀬窯業（株）	ユニレックス3
（株）トクヤマエムテック	キーブジョンK-100
日本プラスター（株）	NPシーラック

2. 施工上のポイント

吸水調整材を塗布する場合は、使用する吸水調整材のメーカーが定めている希釈倍率や塗布量（〇〇g/m²）を守る必要があります。まずは、メーカーからカタログや資料を取り寄せます。実際の施工においては、希釈倍率は感覚で配合するのではなく、きちんと柄杓やペットボトル等を用いて計量管理を行うことも、プロセス管理を行ううえでは重要です。繰返しになりますが、接着剤ではないので、希釈倍率を濃くしても接着力が上がるわけではなく、むしろモルタルの付着を阻害します。

塗布に当たっては、下地となる部分のほこり、レイタンス等を取り除き、ハケや噴霧器等を用いて、塗り残しやムラのないように行います。



写真1 吸水調整材塗布状況



写真2 吸水調整材計量管理状況

塗布後、吸水調整材の乾燥を確認（夏場、冬場で変わるので、メーカーに確認）してから、タイル張りの作業に入ります。

ただし、有機系接着剤（通称、弾性接着剤）でタイルを張る場合、吸水調整材と弾性接着剤との接着界面で経年によりはく離を生じやすいので、下地表面には吸水調整材を塗布してはいけません。

（詳しくは第3章10で解説）

標準仕様

■吸水調整材として

荷姿	適用部位	適用下地	適用仕上げ	標準割合	塗布量	標準施工面積
18kg /缶	内、外壁、 内、外床	コンクリート、 モルタル、 PC板、ブロック、 ALCパネル	ポリマーセメント モルタル、下地調整 塗材、タイル張付材	清水 約72ℓ (5倍希釈液)	コンクリート、モルタル、 PC板の壁*:150g/㎡	600㎡
				 HF-1000 + 清水 1 : 4	コンクリート、モルタル、 PC板の床*:200g/㎡	450㎡
					ブロック、ALC板、 400g/㎡(2回塗り)	225㎡

注) *現場調査モルタルにNSハイフレックスHF-1000を混入しないで施工する場合は、3倍希釈液(HF-1000:清水=1:2)を塗布してください。

図1 メーカーの標準配合の例²⁾

出典 1) 日本建築工学会 規格M-101

2) 日本化成(株) NSハイフレックス HF-1000カタログ

8 タイル下地の施工

1. 下地処理方法

下地処理方法の種類に関しては、第2章14にて触れましたが、ここでは高圧水洗処理（一般には高圧水洗浄や超高压水洗浄と呼ばれています。）について記します。

まずは、下地処理を行う前に、コンクリート下地の豆板やコールドジョイント、ひび割れ、セパレータ穴等の確認を行い、適正な処置が施されているか、確認を行います。その後、下地処理に入ります。

高圧水洗処理は、接着性の阻害要因（工事中のほこり、白華、セメントノロ、さび汁等の汚れ等）を除去するだけではなく、コンクリート表面を粗面化してモルタルの接着面積を増加させたり、コンクリート面とタイル下地の食いつきを向上させたりすることができます。高圧水洗処理は水圧により、躯体表面の傷のつき方が変わります。ちなみに、通常、現場で使用する高圧洗浄機（ハイウォッシャー）の水圧は4.9～5.9N/mm²になりますので、それだけの高圧力であることは想像ができます。

表1 高圧水洗・超高压水洗による目荒し工法の比較¹⁾

工法	ノズル	水圧 (N/mm ²)	噴射距離 (cm)	水量 (リットル/分)
高圧水洗	一般的には扇型(1孔)	30~70	5~10	30
超高压水洗(JSS工法)	回転振動式多孔(12孔)	150	3~5	3

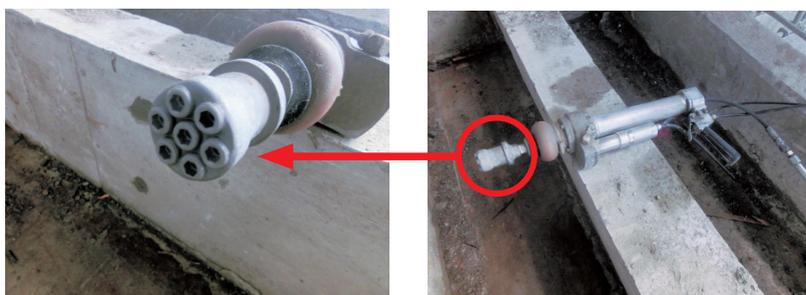


写真1 超高压洗浄 ガンの例

高圧水洗処理は、ノズルの形状等の違いにより、目荒しの程度にばらつきがでたり、コンクリート強度より用いる水圧が異なるので、実際に現地で試験施工を行い、目荒し状況の見本を作成し、それをもとに表面の粗さと目荒し密度を確認することが大切です。検査方法の例として、表面の粗さは触診で、目荒し密度については確認用テンプレートを作成し、処理面にあてて処理傷を透かし確認します。目荒し深さを計測するのは難しいため、処理速度（1㎡当たり何分かけるか）を守ることで管理します。



写真2 超高圧水洗処理状況

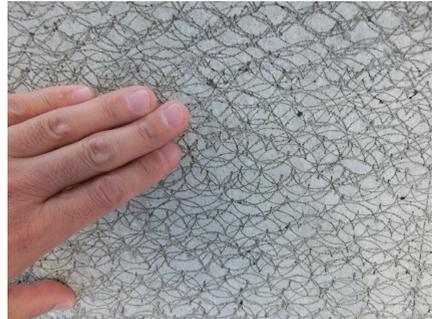
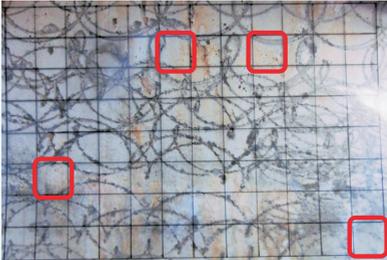


写真3 表面粗さ確認状況

合 格	不 合 格
	
<p>全てのマス内に目荒し傷がある</p>	<p>傷がついていないマスがある</p>

目荒し密度確認用テンプレート（1cm格子目を8×12マス書いた透明シート）を処理面にあてて処理傷を透かし、密度を確認する

上下階に分けて施工する場合は、施工の終わった下階の下地処理面に、上階で洗い流したノロや粉じんが付着しないように、施工時期の分かれ目での養生を確実にすることが大切です。

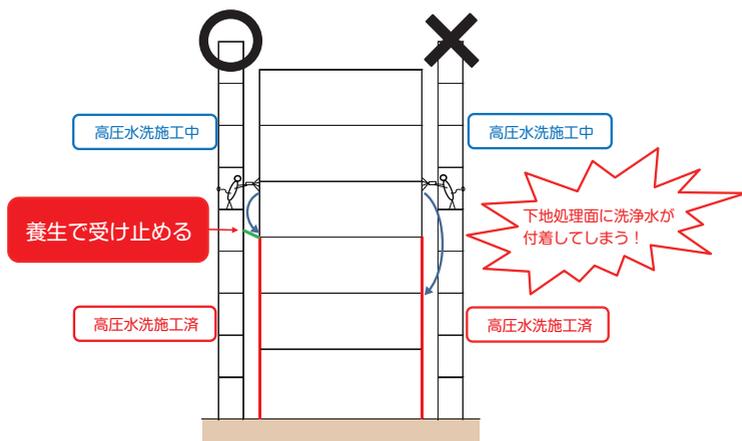


図1 上下階で施工を分ける場合

ひび割れ誘発目地取合部分や手摺天端、スラブ取合い、入隅部等ガンが入りづらい箇所や洗浄しづらい部分に関しては、適正な処理がされているか、確認が必要です。



写真4 高圧水洗 不具合事例

2. タイル下地作製のポイント

モルタル塗りの前にはメーカーの指定する希釈倍率、塗布量を守り、吸水調整材を塗ります。吸水調整材塗布後、モルタル塗り作業までのオープンタイムは、一般的には1時間以上時間を空けます。あまり、長時間放置するとほこり

等が付着し、接着を阻害しますので、注意が必要です。

昔は現場でモルタルを練り、それをタイル下地として塗り付けていましたが、最近はほとんどが既製調合モルタル（プレミックスモルタル）を使用するケースが多くなっています。吸水調整材と既製調合モルタルは、責任の所在をはっきりさせるために、同一メーカーの製品を使用します。

1回に塗るモルタルの塗厚は、各メーカーの仕様に基づき決定します。公共建築工事標準仕様書（平成25年版）では1回の塗厚は7mmまでと定められています。塗厚が7mmを超えると、はく離、はく落の原因となります。

タイル下地を作製するに当たり、大切なことは『こて圧』です。こて圧がしっかりとかかっていると、空隙ができ、密実なタイル下地が作製できません。伸縮調整目地周りや、入隅・出隅部、仮設足場の上下段、建地等の塗継ぎ部分等、こて圧がかかりにくいところは要注意です。事前に、よく左官工と打合せすることが大切です。

表面の仕上げは、モルタルでタイルを張る場合は木ごて等で粗面に仕上げ、有機系接着剤で張る場合は、金ごてで平滑に仕上げます。

外壁は直射日光や風によって急激に乾燥すると、モルタル中の水分が失われ、強度、接着力低下となるため、作業前に外部足場にシートを張るなどの養生や、硬化乾燥状態により、施工日もしくは翌日には水湿し等の養生を行います。



写真5 タイル下地塗り付け状況



写真6 タイル下地散水養生状況

タイル下地作製後に、背面からの振動や衝撃を与えることは厳禁です。タイル下地の浮きの原因となります。事前にはつりの有無の確認と処理をしておくことが大切です。

3. 検査方法

タイル下地の検査方法として、タイル下地硬化後、全面にわたり打音検査を行うことが公共建築工事標準仕様書（平成25年版）に定められています。その他にも表面強度を確認するため、下地モルタル表面をマイナスドライバーや釘頭で強くひっかき、深い傷がつかないことを確認します。

近年、タイルのはく離は、下地モルタルとコンクリート下地の間のはく離が多くみられるため、モルタル硬化後にタイル下地の引張り強度試験を行うなど、プロセス管理においては重要なポイントとなります。

タイル下地の引張り強度試験は、施工のしづらい箇所やこて圧のかかりづらい箇所を重点的に行い、所定の強度が出ているかどうかを確認することにより、下地の安全性を担保することが可能となります。



写真7 表面強度確認状況

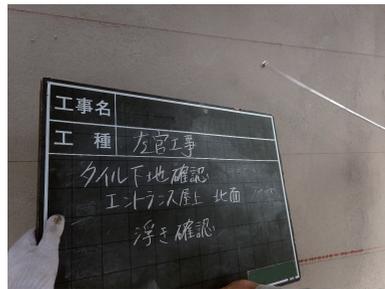


写真8 タイル下地打音検査状況



写真9 タイル下地引張り試験状況

出典 1) ㈱LIXIL タイル張り 最新設計・施工マニュアル

9 モルタルでタイルを張る

1. 張付けモルタルとは

張付けモルタルには、現場調合モルタルと既製調合モルタルがありますが、現場調合モルタルと比較して品質のばらつきが少ない既製調合モルタルが多く使用されています。

既製調合モルタルの品質基準としてJIS規格はありませんが、公共建築協会の「建築材料・設備機材等品質性能評価事業」において、品質・性能基準を定め、評価を行っていますので、その結果を参考にします。

表1 既製調合モルタル(タイル工所用)の品質・性能基準¹⁾

項目	品質・性能	
保水率	70.0%以上	
単位容積質量	表示項目(1.80kg/ℓ以上)	
接着強さ	標準時	0.6N/mm ² 以上
	温冷繰返し後	0.4N/mm ² 以上
長さ変化率	0.20%以下	
曲げ強さ	4.0N/mm ² 以上	

張付けモルタルの例(参考) 平成26年10月現在
公共建築工事評価名簿評価登録品 例

日本化成(株)	NSタイルセメント
二瀬窯業(株)	ボンドメントタイル用
太平洋マテリアル(株)	太平洋圧着セメント
(株) LIXIL	イナメントタフ

2. 施工時の条件(環境・仮設)

外壁面が濡れるような降雨や降雪の場合やこれらが予想される場合は、タイル張りを行ってはいけません。また、冬期のタイル張りにおいて、施工箇所の気温が3℃以下および施工後3℃以下になることが予想される場合は、下地モルタルや張付けモルタル、目地モルタルが初期凍害を受けるため、作業は中止します。

また、足場に関しては原則本足場で計画します。ブラケット足場や単管足場では、仕事がやりづらい=いい仕事ができないことになります。

3. タイル張りの前に

張付けモルタルのドライアウトによる硬化不良や接着不良を防止するため、下地モルタルが乾燥している場合は、タイル張りの前に十分水湿しを行うか、吸水調整材を塗布します。吸水調整材の希釈率は、メーカーの指定したものとします。

4. 壁タイル張り工法の選択の目安

公共建築工事標準仕様書（平成25年版）では、外壁タイル張り工法の種類、工法とタイルの組合せ等が示されており、これに従い計画することが重要です。

表2 壁タイル張り工法¹⁾

種類	工法とタイルの組合せ	使用箇所	工法	
密着張り	小口以上	外壁、内壁	☒1イ	
改良積上げ張り	小口以上	外壁	☒1ロ	
		内壁	☒1ハ	
改良圧着張り	小口、二丁掛け程度	外壁、内壁	☒1ニ	
ユニット タイル	マスク張り	50角、50二丁をユニット化したもの	外壁、内壁	☒1ホ
	モザイクタイル張り	小口未満のタイルをユニット化したもの	外壁、内壁	☒1ヘ

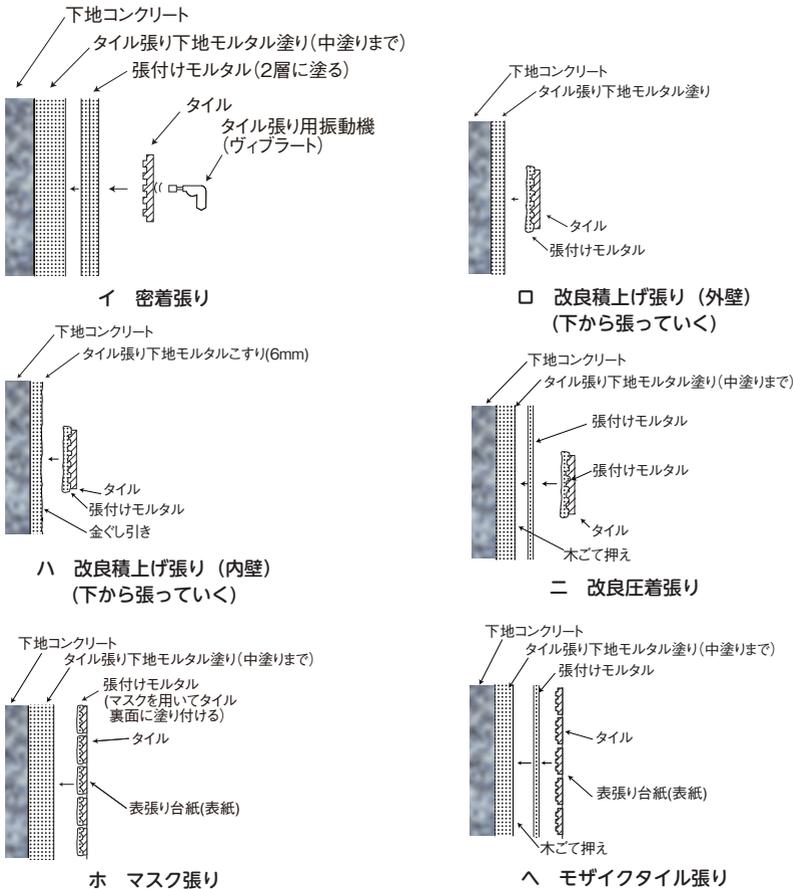


図1 公共建築工事標準仕様書の工法¹⁾

5. 密着張り

張付けモルタルを一度に厚く塗り付けると、下地に十分なこて圧をかけることが難しく、張付けモルタルのだれが生ずるので、必ず二度塗りとします。一度目は下地面への付着がよくなるように、しっかりとこて圧をかけ塗り付けます。

張付けモルタルの塗厚は、タイルの裏あしの高さ等を考慮して決めますが、目安は5～8mmとします。張付けモルタルの1回の塗付け面積の目安は2㎡以下とし、20分以内に張り終える面積とします。

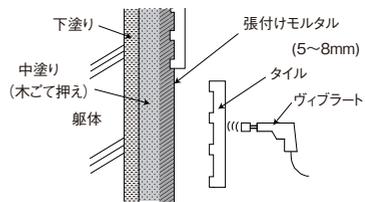
また、塗付けがくし目ごてを用いると、タイル裏あしへの充填が不十分となるため、金ごてで平らになります。

いずれにせよ、こういった作業は作業員の勘や経験で施工するのではなく、塗置き時間等は実際にタイマー等を用いて計測し、確認を行うことがポイントとなります。

振動工具による加振は、タイル面に振動工具（ヴィブラート）を垂直に当て、振動を加えて、張付けモルタルがタイルの周囲から目地部分に盛り上がる状態になるまで行います。振動はタイル全面に当てることが重要で、そうすることにより、タイル裏面の裏あし全体にモルタルが充填され密着します。タイルの中央と左右の3箇所振動が基本です。

施工時には、目地周辺から張付けモルタルがはみ出ていることや横から見たときにタイル裏あしが見えなくなっていることを確認します。

タイル張りが終わったら、張付けモルタルの締めり具合を見計らって、目地部分の清掃を行います。



ポイント

張付けモルタルの塗り面積がタイル裏あしへの適正なモルタル充填率が得られる時間内にタイル張りを完了する

- 塗置き時間の目安 **20分以内**
- 施工面積の目安 **2㎡程度**

写真1 密着張り

6. 改良圧着張り

改良圧着張りは、張付けモルタルを下地面だけではなく、タイル裏面にも塗り付け、タイルを張り付ける工法です。

張付けモルタルを下地側に4～6mm程度塗り付けます。密着張り同様、一度に厚く塗り付けないようにし、二度塗りとし

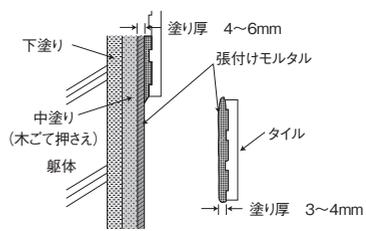
ます。定木を用いて平たんな面を出し、木ごてや発泡スチロール板（約200x200x30mm程度）で表面を平たんにし、粗面状態とします。

この面にタイルを張ることになりますが、タイル張りまでの時間は、モルタル練りからタイル張り終了まで60分以内とします。

次に、タイル裏面全体に張付けモルタルを裏あしの凸部から3～4mm厚さになるように塗り付け、速やかに張り付け、こての柄等でたたき押えます。施工時には、タイル全数について、タイルの四辺にモルタルが盛り上がっていることを確認します。

この工法で重要なポイントは、張付けモルタルの塗置き時間です。あらかじめ作り置きをせずに、張付けモルタルを塗り付けたタイルは、直ちに張り付けることです。

タイル張りが終わったら、張付けモルタルの締まり具合を見計らって、目地部分の清掃を行います。



ポイント

タイル張りまでの時間は、モルタル練りからタイル張り終了まで、60分以内とする

写真2 改良圧着張り

実際にこの工法は、下地面とタイル裏面の両方に塗り付けたモルタル全面が一体になって品質が確保されますが、モルタル全面が一体となっていることを確認することは困難であり、管理ができないという欠点もあるため、この工法の採用を控えている施工会社もあります。

7. モザイクタイル張り

モザイクタイル張りはモルタル下地面に張付けモルタルを塗り付け、表張りしたモザイクタイルをたたき板でたたき押えて張り付ける工法です。

張付けモルタルの塗付けは二度塗りとし、一度目のモルタル塗りは、下地面の微妙な凹凸にまで食い込ませるために、こて圧をかけてしごくように塗り付けます。その後、張付けモルタルを塗り重ね、3mm程度の厚さとし、定木を用いてむらのないように、塗厚を均等にします。

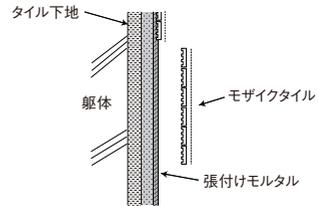
張付けモルタルの1回の塗付け面積は、3㎡以下とすることが大切です。

張付け可能な塗置き時間は、季節や風向き、湿度、日射等の外的要因によるので、塗付け面積をできるだけ小さくするなどの管理が必要となってきます。

ユニットタイルをたたき板で全面にわたってたたき押えますが、その目安として、タイル目地に盛り上がった張付けモルタルの水分が、紙張りの目地部分が濡れてくることを確認することにより判断します。

タイル張り後、張付けモルタルの締まりを見計らって（夏期は20分程度、冬期は40分程度まで）、ユニットタイルの表紙に、スポンジか霧吹きを使用して、紙はがしを行います。その後、張付けモルタルの軟らかいうちに、タイルの目地修正を行います。

タイル張りが終わったら、張付けモルタルの硬化状態を確認した後にのりの除去を行います。



ポイント

一度に張るサイズが30cmユニットであり、まとまった面積を塗置き時間をあけずに張ることが可能なので、塗置き時間を厳しく管理する事が大切である

- 塗置き時間の目安 **20分以内**
- 施工面積の目安 **3㎡程度**

写真3 モザイクタイル張り

8. タイル裏あしの検査

密着張りやモザイクタイル張りの場合、タイルの裏あしに張付けモルタルが嵌合して、一体化することが重要な管理ポイントになります。施工時のタイル裏あしへの充填率の確認は重要なプロセス管理の1つになります。

モルタルが軟らかいうちにタイルをはがしてみて、目視により、タイル面へのモルタルの充填性を確認します。

JASS19（陶磁器質タイル張り）において、判定基準は、タイル裏面の充填面積の割合（充填面積率）で管理することになっており、密着張りやモザイクタイル張りの場合、その時の管理下限値を90%程度にしています。

検査の頻度に関しては、特に規定されていませんが、張り手ごとに、午前の作業開始時、午後の作業開始時に確認することを決めているところもあります。

重要なことは、実際に作業している作業員に意識を持ってタイルを張らせることです。プロセス管理としての裏あし検査の頻度をあげることにより、意識を向上させる効果もあります。



写真4 充填不良の例

9. まぐさ・斜め壁へのタイル張り

まぐさや庇先端下部等は、特にはく落の恐れが大きいので、原則として、タイル張りを避けることが望まれます。ただし、設計図書等で指定されている場合は、はく落防止用引金物（なましステンレス鋼線0.6mm以上のもの）をタイルに取り付けることが必要となってきます。

なましステンレス鋼線を張付けモルタル中に埋込む場合は、0.6mm程度とします。

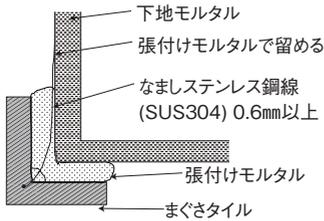


図2 まぐさタイルの取付け¹⁾



写真5 まぐさタイル

斜め壁は、垂直部分とは異なり、直接の雨掛りとなるため、防水層を設ける場合が多いですが、防水層の上にモルタル下地を作製しタイル張りを行うと、経年劣化により、防水層からモルタルやタイルがはく離する恐れがあります。そのため、斜め壁で防水層がある場合には、下地モルタル層をステンレスアンカーとステンレスメッシュを使用して、コンクリート躯体に固定し、タイル張りを行うことがよいと建築工事監理指針（平成25年版）では定められています。

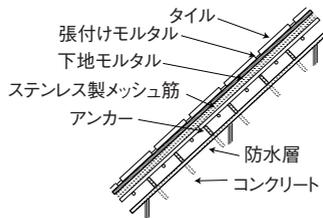


図3 斜め壁のタイルの取付け例¹⁾

しかし、斜め壁にタイルを張ると、大気中のほこりがタイル面に付着し汚れが付着すること、そしてなにより、斜め壁のタイル施工は管理が非常に難しく、リスクも高いことから、斜め壁のタイル張りを他の仕上げ材に仕様変更することが望まれます。



写真6 斜め壁にタイルを張ってはく離した

出典 1) 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25年版

10 接着剤でタイルを張る 1

(下地の状態)

1. 適用下地

有機系接着剤工法は、2012年度の改定で初めてJASS19（陶磁器質タイル張り工事）に記載されました。また、公共建築工事標準仕様書では平成25年版から記載されました。JASS19では表1に示されるとおり、モルタル、コンクリート、押出成形セメント板、ALCパネル、ボード類いずれの下地にも張付けが可能です。ただし、公共建築工事標準仕様書ではコンクリート面への直張りは適用となっていません。これは有機系接着剤工法では接着剤の塗厚がセメントモルタルによるタイル張りの塗厚に比べて薄いことから、タイル面の仕上がりが下地コンクリート精度の影響を受けるほか、下地の精度不良、タイルの反り等がタイル裏面の接着剤充填不良の原因になる恐れがあるためです。躯体精度について公共建築工事標準仕様書では躯体コンクリートの打放し仕上げの種別をA種（3mにつき7mm以下の平坦さ）としており、モルタル下地については2回塗り、総厚10mm以上としています。

- a.タイル張りの張り方は、特記による。
- b.特記のない場合は、表4.1よりタイルの張り方を選択する

表1 壁タイル張りの張り方¹⁾

タイルの張り方	適用部位		適用タイル		適用下地				
	外壁	内壁	タイルの区分 ^{*1}	形状および大きさ(mm)	モルタル	コンクリート	押出成形セメント板	ALCパネル	ボード類
外装接着剤張り	○	○	外装壁タイル	300角以下	○	○*2	○*3	○*3*4*5	○*6
			外装壁モザイクタイル	50二丁以下	○	○*2	○*3	○*3*5	○*6
	—	○	内装壁タイル	300角以下	○	—	○*3	○*3*4*5	○
			内装壁モザイクタイル	50二丁以下	○	—	○*3	○*3*5	○
内装接着剤張り	—	○	内装壁タイル	300角以下	○	—	○*3	○*3	○
			内装壁モザイクタイル	50二丁以下	○	—	○*3	○*3	○

○：適用可、—：適用外

[注] *1 JIS A 5209：2010（陶磁器質タイル）の区分

*2 所定の躯体精度が確保されることを原則とする。

*3 下地製品の規格幅内でタイルが割り付けられることとする。

*4 タイルは60×200mm以下の大きさとする。

*5 下地製品の表面にポリマーセメントモルタルにより下塗りを行う。

*6 内壁のみとする。



なお、コンクリート下地面へタイル直張りを行う場合、張付け前には以下に示す下地チェックが必要です。

【コンクリート下地壁に有機系接着剤でタイル直張りを行う場合】

- ・はく離剤の付着等接着のうえで有害となる残存物がないこと
(ほこり、汚れ、はく離剤等は接着力低下の要因となるため)
- ・ひび割れ・豆板・過度の凹凸などがなく、適切に補修されていること
(躯体表面の面精度は接着性能に大きく影響するため)

JASS19では、「タイル直張りが可能なコンクリート下地壁面の精度は、長さ3mにつき7mm以内とし、段差、不陸の著しい箇所はつけ送りするなどの不陸調整を行う」としています。直張りを行うためには打放し並みの型枠精度が必要であり、重要な管理ポイントです。躯体の出来形・精度が上記のように良好でない場合は補修を行いますが、トラブルのリスクを避けるためにも躯体精度の向上を図らなければなりません。

また、「直張り」を採用するにあたっては、タイルの選定についてもよく検討する必要があります。ラスタータイル等の表面に光沢のある材料を直張りすることは、見映えに問題が出る恐れがあり、そのためにタイル下地を作製せざるを得ないということにもなりかねません。

不陸調整を行う場合は、JASS19において、はく離防止を目的としてコンクリート躯体表面の目荒しを施すこととされており、補修範囲の大小に関わらず必要なプロセスです。そのほか、吸水調整材の取り扱いやドライアウトにも注意が必要です。また、有機系接着剤が有効な性能を発揮しても、その下地である躯体界面の接着性に問題があっては、浮き・はく離を低減するという目的を達成することはできません。

次に、パネル下地壁（ALCパネル、押出成形セメント板）へのタイル張りそれぞれの下地についての注意点を示します。

【ALCパネルに有機系接着剤でタイル張りを行う場合】

- ・ALC素地面に有機系接着剤で直張りすることはできない
既製調合ポリマーセメントモルタルによる下地処理※1が必要となる
(ALCパネル表面は吸水性が高く、防水性を確保することが必要のため)
- ・目地詰めを行わない場合は、有機系接着剤をくし目ごてで塗付けた後、

平ごてで接着剤が均一な厚さになるよう必ず均さなければならない
(上記同様、ALCの防水性に影響するため)

なお、ALCパネルはセメントモルタル張り工法と同様に、下地処理材、不陸調整材、タイル、接着剤、目地材の質量の合計が30kg/m²以下としなければならないが、加えて凍害の危険性があり寒冷地での使用はできないので、注意点が必要です。

- ※1 塗厚は6mm以下、不陸調整の精度は±1.5mm以下とされています。塗厚が厚いと下地の動きや硬化、乾燥収縮によりALCパネル表面が破壊する危険性があります。また、下地処理材はALCメーカーの指定する材料、方法を確認し使用することが望まれます。

【押出成形セメント板に有機系接着剤でタイル張りを行う場合】

- ・フラットパネルを使用する
- ・押出成形セメント板の相互の目違いは、3mm以下となるように管理しておかなければならない
(モルタルによる補修ができないことから、パネルの建込み精度が仕上りの精度となるため)

2. 吸水調整材と有機系接着剤の関係

吸水調整材と有機系接着剤の接着性はよくありません。吸水調整材の上に有機系接着剤でタイル張りを行った場合、吸水調整材がない場合に比べ接着強度とともに凝集破壊率が低下します。つまり界面破断が多くなるということです。

現場で施工管理するうえで接着剤の下に吸水調整材を塗布してはならないということは、非常に重要な管理ポイントです。

下地モルタルの施工時には、ドライアウトを防止するために躯体面やモルタルの塗継ぎ面に吸水調整材を塗布することがありますが、この場合注意しなければならないのは、有機系接着剤施工面に吸水調整材を付着させないことです。誤って塗布してしまう事例としては、以下の二つのパターンが考えられます。

- ①コンクリート下地壁へのタイル張り（直張り）の際、パネルの目違い補修や躯体精度が悪い場合の部分的な補修を行うときに、補修部位以外に吸水調整材を塗布してしまうこと
- ②部分的に下地モルタルを塗り重ねる場合に、必要部位より広めに吸水調整材を塗布してしまうこと

吸水調整材は塗った直後は白濁した濡れ色で分かりますが、乾燥すると無色となり塗った範囲が分からなくなってしまいます。このため、塗布前にその範囲を限定しておく必要があります。その方法としては施工範囲をチョーク等でマーキングをする、施工範囲をガムテープ等で囲うなど、必要部位以外には付かないように養生を行います。いずれにしても下地モルタル施工を行う左官工には、その意図を理解させることが大切です。

なお、RC躯体、ALCパネルに関わらずモルタル下地を施工するにあたり、タイル下地表面に凹凸があると下地との接着性が悪くなる^{※2}ため、下地モルタルの仕上げは金ごて1回押えとし平滑に仕上げます。セメントモルタル張り（タイル下地は木ごて等にて粗面に仕上げる）とは下地の仕上げが異なりますので注意が必要です。

※2 有機系接着剤張り工法では、下地に接する接着剤の面積が接着性能に影響を及ぼすため、下地に凹凸があるよりも平滑な面に張るほうが接着性良くなります。

また、下地モルタルや不陸調整等の補修後は、ドライアウトを起こしていないかの確認が必要です。方法としては、5mm幅程度のマイナスドライバーを用いて、片手で不陸調整面を軽く削り、深く削れない状態であれば合格とします。

特に補修材の塗厚が薄くなる部位では、吸水調整材を塗布していても周辺の環境（気温・通風等）によりドライアウトを起こしやすくなるので注意が必要です。（ドライアウトしている状態）

部分的な不陸調整をモルタルで行うには、ドライアウトに注意するほか、下地処理（目荒し）が必要で、吸水調整材を張付け面に付着させないために養生を行うなど、管理が難しいのが現状です。これらのリスクを回避する材料として現在、下地補修（不陸調整）として使用できる弾性下地調整材がメーカーから数種類販売されています。目荒しの必要がなく、薄塗りができ躯体挙動に対する追従性のあること、前述のリスクが少なく品質面でも良好であることから、これからの主流になっていくものと思われます。ただし、躯体面にはく離剤が残っている場合は、事前に除去しておくことが必要です。



施工不良個所のチェック

写真1 ドライアウトの確認²⁾
（ドライアウトしている状態）

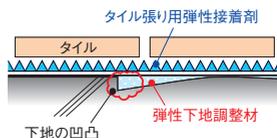


図1 有機系接着剤による不陸調整断面³⁾



1.弾性下地調整材塗付け



2.タイル張り用有機系接着剤塗付け



3.タイル張付け

写真2 有機系接着剤による不陸調整³⁾

3. 下地乾燥状況の確認

セメントモルタルによるタイル張りの場合、水湿しや吸水調整材による吸水量の調整が必要です。しかし有機系接着剤によるタイル張りでは、接着面に水分が多い場合には接着性能が低下することが多いとされ、乾燥しているの方が下地として適しています。このためタイル張りを行う前には、下地面の乾燥具合を確認する必要があります。

タイル張りができる乾燥の目安は、JASS19（陶磁器質タイル張り工事）や公共建築工事標準仕様書（平成25年版）では「乾燥していること」等の表現しかなされていません。

現場での確認の目安としては、

①目視で下地表面が白っぽく乾燥した色をしている（濡れ色でない）ことを確認する

②マスキングテープが下地面に付着するかどうかで判断する

などがあげられますが、マスキングテープの付着による判断の方が、曖昧な目視よりもわかりやすい判定基準だと言えます。

モルタル下地を行った場合は、タイル張りまでの養生期間は地域による差異はありますが、4週間以上としなければなりません。工程上の制約があった場合でも、少なくとも初期乾燥する1週間以上、冬期では2週間以上の養生期間を確保することが必要です。

出典 1) 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)

2) 全国タイル業協会 タイル手帖

3) 竹中工務店 ホームページ トータルフレックス工法

11 接着剤でタイルを張る 2

(接着剤の塗布量とくし目ごての選定)

1. タイルと接着剤

有機系接着剤張りに使用するタイルは、裏あしの高さと裏面の反りについて規定があります(表1)。セメントモルタル張りで規定された裏あし高さとは異なり、浅いものになっています。セメントモルタル張りでは、張付けモルタルが裏あしの中に充填されることによる下地モルタルとの機械的な接着であることにに対し、有機系接着剤は化学的接着で強度が得られます。また、セメントモルタル張りと比較し、少ない塗布量で必要な接着力を発揮しますが、接着面積が少ないと接着性能が低下してしまいます。タイルの裏あしが高い場合、接着剤の十分な充填が得られないことから接着面積の低下が考えられ、また充填するには接着剤の量も増え経済的ではありません。有機系接着剤張りにおいて、タイル裏面は規定にあったものを使うのが原則です。

表1 タイル裏あしの高さと裏面反り基準¹⁾

タイルの種別	タイルの大きさ	裏あし高さと裏面反り	接着剤の使用量 (kg/m ²)	くし目ごての種別 (くし目の高さ)
外装タイル	小口以上 二丁掛け 以下	裏あし高さ0.9mm以下、かつ、裏面反り±0.7mm以下	2.5	5mmくし目
		上記以外	3.5	7~10mmくし目
内装タイル以外のユニットタイル	小口未満	裏あし高さ0.9mm以下、かつ、裏面反り±0.7mm以下	2	3~4mmくし目
		上記以外	2.5	5mmくし目

2. くし目ごての役割

公共建築工事標準仕様書(平成25年版)ではタイルの種類・大きさ・裏あしの高さと裏面の反りにより接着剤の使用量が規定されていますが、接着剤の塗りむら(厚塗りであったり、薄塗りであったりすること)は接着不良の原因となるので、注意しなければなりません。この塗りむらをなくすため、有機系接着剤張りでは塗厚が必要な高さとなるようにくし目ごて(写真1)を使用します。くし目ごてにはいろいろなサイズがありますが、たとえば5mm角のくし目ごてとは5mm山、5mmピッチのサイズのことを言います。必要なくし目の高さ(塗

厚)は、タイルの大きさ、裏あしの有無・形状によって変わるので、使用するくし目ごてと塗付け方法は、接着剤メーカーおよびタイルメーカーの仕様を確認する必要があります。なお、Q-CAT(第4章9参照)では、タイルによって使用する接着剤とくし目ごてが決められています。

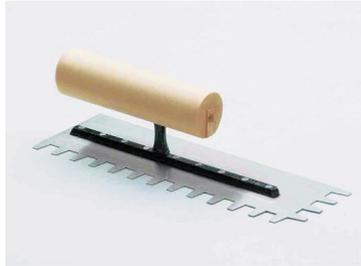


写真1 くし目ごて²⁾

3. 接着剤の塗布量の調整

タイル裏面の接着剤の充填率は、非常に重要なものです。十分な充填を確保するためには前述の通り、くし目ごてを使用することが有効ですが、タイル裏あしの深さ・形状や施工条件によってはタイル裏面への接着剤の充填が十分でない場合があります。そこでタイル工事着手前にあらかじめ試験施工を行い確認します。選定したくし目ごてを使用して実際にタイル張りを行った後、タイルをめくり裏面への接着剤の充填率を確認します。もし十分な充填が得られない場合は、くし目ごてのサイズを大きく(塗布量を増やし)し再度試験施工を行います。

建築工事監理指針(平成25年版)では、特に接着剤張り専用タイル以外のタイルは裏あしが高いことから、表1に示す接着剤の使用量とくし目ごてでは、タイルと接着剤の接着割合が少なくなる場合があるとし、事前に試験施工等を行い使用するくし目ごてと接着剤の塗布量を決定することが記載されています。

有機系接着剤によるタイル張りにおいては、使用するタイルに適切なくし目ごてを選定しなければなりません。

出展 1) 国土交通省大臣官庁官庁営繕部監修 建築工事監理指針平成25年版

2) 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)

1. 接着剤の塗布

接着剤塗付け方法の基本として、以下の事項に注意する必要があります。

- ①接着剤は金ごてを使用しこて圧をかけて平坦に塗布（1回目にこて圧をかけてしごき塗りをし、2回目に塗厚さを確保する）を行う。

（平坦に塗布するだけでなく、セメントモルタルの場合と同様に下地面に押さえつけるようにこて圧をかけて塗り付けることが重要です）

- ②所定のくし目ごてを使用し、壁面に対してこてを60度の角度に保ち、くし目を立てる（写真1）。

（壁に対するこての角度が小さいと塗厚が薄くなり、角度が大きすぎると必要な高さが確保できない場合があるので注意が必要です）

- ③タイルの裏あしに対して直行または斜め方向にくし目を立てる。

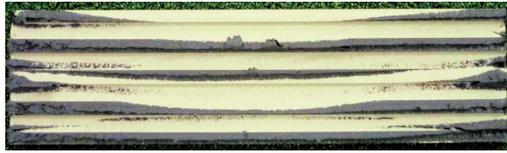
（写真2の通り、裏あしに平行にくし目を立てると接着剤の十分な充填が確保されません）

- ④目地無しの場合とする場合は、くし目を立てたのちに金ごてを用いて平坦にならず（ただし目地幅が3mm以下の空目地の場合は、くし目状態のままとする）。

（目地詰めを行わない場合くし目が見えてしまうので、あらかじめ平坦にならしておくものです）



写真1 こての角度（壁面に対して60度）¹⁾

写真2 くし目と裏あしが平行になった場合の接着状態¹⁾

2. タイルの張付け

二丁掛等のタイルを1枚1枚張る場合は、手でもみ込んだあとタイル張り専用のハンマーでたたき押さえますが、ヴィブラートを使用すると裏あしへの充填がさらに効果的です。ユニットタイル張りの場合は、モザイクタイル張りの場合に用いるたたき板で密着させます。

3. 接着剤の充填状態の確認

外装接着剤張り施工の良否は、タイルと接着剤との接着状態が重要な判断材料となります。また、JASS19（陶磁器質タイル張り工事）において、日常的な品質管理を徹底し施工の質を高めるための品質管理活動としてプロセス検査が設けられました。このプロセス検査とは、タイル裏面に対する接着剤充填率（接着率）の確認を施工中に随時行うことにあります。タイルを張り付け、たたき終えたタイルの一枚をめくり、裏面の接着剤の接着面積を確認します。

写真3 タイルをめくったときの裏面の状況
(良好な例)

公共建築工事標準仕様書（平成25年版）では、「合否の判定は接着割合で行い、タイル裏面への接着剤の接着率が60%以上、かつ、タイル全面に均等に接着していることを基準にするのが一般的である」としています。またJASS19では、「接着性能としてはタイル全体に均等に接着剤が接着していれば接着率は50%でも問題ない」としたうえで、プロセス検査の基準は、「安全を考慮して

接着率が60%以上、かつ、タイル裏面全体に均等に接着していること」としています。メーカーの仕様では、施工のばらつき等を考慮し70%としていることが多いのですが、現場では70～90%を目標値として管理基準を定めるようにします。

$$\text{接着率 (\%)} = \frac{\text{接着剤の接着面積}}{\text{タイルの全面積 (裏面の見付け面積)}} \times 100$$

図1 接着率の算出



接着状態のチェック



良好な状態
(接着率80%)



良好な状態
(接着率60%)



接着面積不足
(接着率40%)



接着に偏りがある状態

写真4 プロセス検査 (タイル裏面への接着剤の接着面積の確認)¹⁾

なお、有機系接着剤はモルタルに比べて粘りがあるため、一見、裏あしに接着剤が詰まっているように見えても、実際は詰まっていない場合があるので注意が必要です(写真5、6)。あり足部に空隙ができると単に強度低下だけでなく、タイル背面に水が溜まり接着剤の劣化や凍害による押出し、白華につながります。



写真5



写真6

対策としては、はがしたタイルを横から見たり、あり足部の表面を欠き取ったりして、あり足部内の接着状況を確認することが重要です。

このプロセス検査は、前述したとおり日常的に行う検査のため、日々のタイル張り作業の中でいつ、誰が、どのくらいの頻度で行うのか施工計画時に決めておかなければなりません。また、この検査結果は自主検査記録として残しておくことも必要です。

出典 1) 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）

13 張付け剤を1回に塗る面積は限られている

1. 接着剤の硬化

接着剤は一液反応硬化型と二液反応硬化型がありますが、よく使われる一液反応硬化型接着剤は空気中の湿気と反応して硬化するため、フィルム包装より出した時点から硬化が始まっています。タイルの張付け時には、下地に対して一度に多くの面積に接着剤を塗布すると、タイルの張付けまでに接着剤表面から硬化が始まり、適切な強度が得られない結果となります。



写真1 包装より出した時点から硬化が始まる¹⁾

2. 張付け可能時間

接着剤メーカーでは、製品に対して張付け可能時間を設定しています。気温によって設定時間が異なり、張付け可能時間は気温が高いほど短くなります。

公共建築工事標準仕様書（平成25年版）では、接着剤の張付け可能時間内に張り終えるようにするために、「接着剤の1回の塗布面積の限度は、30分以内に張り終える面積とする」こととなっています。

いかに材料選定を適切に行い、下地処理を入念に管理しても、接着剤表面が硬化し始めた状態でタイルを張っては元も子もありません。接着剤の可使用時間内にタイルを張り終わられるように、協力業者とよく打合せをし管理することが重要です。

出典 1) 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）

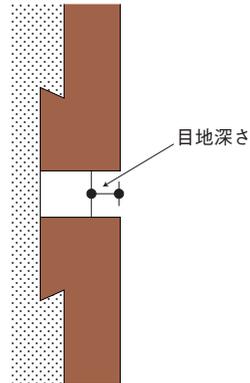
14 タイル目地・シーリング

1. タイル目地の深さ

タイル目地の役割は第1章9にて触れましたが、目地深さはタイル厚さの1/2以下となるように充填します。

目地深さが深いと、タイルの端部界面に応力が集中するため、発生するせん断力を十分に緩和することができないため、裏あしが破断してはく離の原因になります。

意匠上、突付け目地を要求される場合がありますが、目地部分からの頻繁な雨水の浸入により、膨張収縮や凍結融解が繰り返され、接着界面の疲労が増大し、タイルが競って欠けが発生することがありますので、避けるべきです。



2. タイル目地仕上げ

タイルの出来栄の評価は目地で決まります。目地の通りはもちろんのこと、目地幅の不ぞろいや目地材の色むら、目地底の仕上がり具合、ピンホール、タイルの汚れ等は一番よく目立ちます。どんなに精度よくタイルを張ったとしても、目地入れ作業が雑であると、見栄えのよいタイル施工とはなりません。また、密実な目地を詰めないと、雨水等が空隙部から侵入し、白華の原因にもなります。

3. 目地の材料

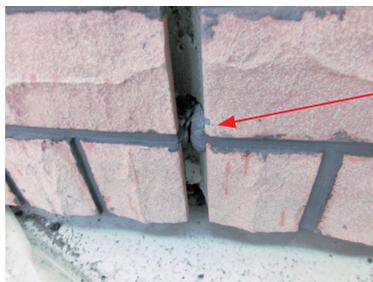
目地材には、細骨材、混和材、顔料、防水材等が適宜混合されている既製調合目地モルタルを使用します。水を加えて練るだけで使いやすく、品質も安定しています。

目地材の選定に当たっては、建物全体の意匠に大きく起因するので、目地見本や場合によってはモックアップを作成し、発注者もしくは工事監理者に承諾を得ます。

4. 目地詰めのポイント

タイルの目地詰めの方法は第1章9に示す通り、一本目地と塗り目地があります。タイルの表面の粗面、凹凸状況等により決定されます。

タイル目地内部への雨水の浸入を極力少なくするため、一本目地では十分な目地押えと密実な目地詰めを行うことが重要です。また、伸縮目地部分に目地材がはみ出さないようにし、はみ出した場合は確実に撤去することが大切です。



目地材が伸縮調整目地部分にはみ出している！

写真1 不具合事例

5. シーリング

あらかじめ計画された伸縮調整目地や各金物、サッシ取合にシーリングを打設します。

伸縮目地内にタイル下地モルタルや目地材等が詰められていないか確認を行い、目地内部の清掃を行ったうえで、シーリングを打設します。

また、シーリングもタイル目地同様、最終の出来栄えに大きく影響します。最後まで、丁寧な施工を心掛けます。凹凸のあるタイルの場合は、シーリングのマスキングテープを目地部分までしっかりと押し込まないと、下の写真のようにシールのひげが出てしまいます。また、シールのプライマーも施工箇所以外に飛散ないように、丁寧に塗ることが大切です。



シーリングがタイル目地部に飛び出している！

写真2 不具合事例

15 完成検査 1

(外観検査と打音検査)

タイル張りが完了したら、以下に示す施工後の確認および試験を行うことで、施工したタイルの品質・健全性を確認します。

- a) 外観の目視による確認
 - b) 打音による確認
 - c) 引張接着強度検査（第3章16・17参照）
- a) およびb) では、全数確認（外装タイル施工面のすべて）を行います。

a) 外観の目視による確認では、タイル色調の不ぞろい、不陸、汚れ、割れ、浮上がりおよび縁欠けの有無、目地幅の不ぞろい、目地の色むら、目地深さの均一性を確認します。この確認では意匠的な出来栄え確認もありますが、大切なことは将来タイルの浮きやはく落の要因となるおそれのある欠陥を見つけ出すことです。タイルの割れや目地のピンホール、そして深目地は、雨水がタイル裏面に浸入しやすく、タイルのはく離や裏あし破壊を起こしやすくなります。

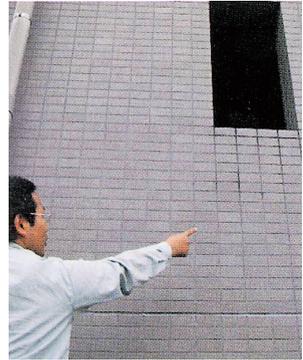


写真1
外観検査¹⁾

b) 打音による確認では、（一般的には施工後2週間以上経過してから）施工した全面にわたり打診を行います（写真2）。この調査ではテストハンマー（打診棒）を用いてタイル壁面をたたき、その音によってタイルの浮き、ひび割れ等の有無を確認します。確認の結果、不具合が発見された場合は調査（浮いている部分の面積、深さ、部位等）したうえで原因を究明し、すみやかに処置を講じなければなりません。



写真2
打音検査¹⁾

エポキシ樹脂の注入またはタイルの張り直しを行うこととなりますが、調査結果は監理者に報告し、承諾を受ける必要があります。

なお、有機系接着剤でタイル張りを行う場合は、くし目ごてで施工することから、写真3のようにタイルと接着剤が隙間なく密着しているわけではないため、施工不良ではなくてもタイル1枚の中で浮き音がすることがあります。浮き音がするタイルがあった場合は、そのタイルについて細かく打診を行いタイル1枚の中で浮き音がする割合をとらえ合否を判断します。判断しにくい場合は、タイルをめくり接着剤の接着率と浮き音の関係を確認することで、今後の判断基準とします。

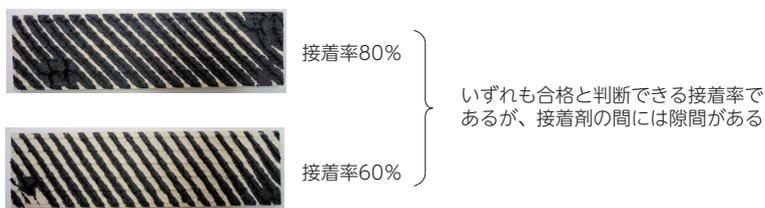


写真3 検査で合格と判断されるタイルの裏面²⁾

- 出典 1) 全国タイル業協会 タイル手帖
2) 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)

16

完成検査 2

(引張接着強度検査：セメントモルタル張り編)

1. 検査の時期と試験体

試験の時期は、タイル張り完了後2週間程度経ってから行うことがJASS19（陶磁器質タイル張り工事）で規定されています。外部足場の解体や他職と工程調整を行い、工程表にその期間を見込むことが大切です。

また、測定する試験体の数は、3個以上かつ100㎡ごとおよびその端数につき1個以上として、施工面全体の代表となる箇所を選定することとなっています。選定する際は、できるだけ、万が一はく落した場合危険な箇所や、足場の布板等の障害物があり施工のしづらい箇所、伸縮調整目地周り等を中心に行います。伸縮調整目地周りは、タイル張りの際、張付けモルタルが付着するとあとの清掃が大変なので、張付けモルタルを控えがちとなるからです。



写真1 引張接着強度検査の状況

2. 判定基準

引張接着強度の全ての測定結果が $0.4\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の場合を合格とすることになっています。しかし、最近のタイルのはく離は、コンクリート下地と張付けモルタル（または下地モルタル）の接着界面によるものが多いため、2012年のJASS19の改定により、新たにコンクリート下地の接着界面における破壊率の上限値50%が追加されました（図1）。したがって、引張接着強度が合格基準を満たしていても、接着界面における破壊率が50%を超える場合は、不合格という

ことになります。

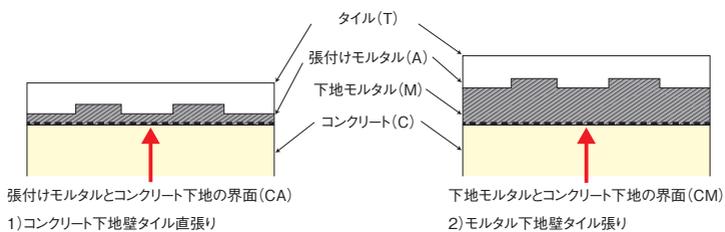


図1 コンクリート下地の接着界面の定義¹⁾

出典 1) 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)

17 完成検査 3

(引張接着強度検査：有機系接着剤編)

1. 引張試験による確認

引張接着強度検査は、公共建築工事標準仕様書（平成25年版）では「試験体の個数は、100㎡ごと及びその端数につき1個以上、かつ、全体で3個以上とする」とされています。試験方法はセメントモルタルにおける接着力試験と同じですが、合否判定内容が異なるので注意が必要です。

JASS19（陶磁器質タイル張り工事）では接着剤張り工法における引張接着強度検査について、次のように説明されています。「外装接着剤張りは、タイル面に発生する応力を逃がしてはく離を防止するため、モルタルによる後張りのように必ずしも強い引張接着強度が必要なわけではない。また、検査時の温度によって引張接着強度が変化するため、引張接着強度のみで施工の良し悪しを判断するのは適切でない」としたうえで、コンクリート、下地モルタル、接着剤、タイルのどの部位で破壊しているかによって、合否判定を大きく次の二つに設定しています。

- (イ) 接着剤層に関連した破壊状態が主である場合
 - ：接着剤層の破壊状態に基づいて合否を判断し、引張接着強度は参考値とする
- (ロ) 下地モルタルおよびコンクリートに起因する破壊状態が主である場合
 - ：セメントモルタルによるタイル後張り工法と同様に引張接着強度と破壊状態で合否を判定する

2. 破壊状態の判定

破壊状態とは、接着力試験後のタイル裏面状態のことを言います。図1のように施工断面をモデル化すると、断面の中のどこで破壊しているのか、その破壊位置がタイル裏面の面積のうち何%を占めているのかが理解しやすく、これが合否の鍵を握ります。なお、合否は前述した（イ）および（ロ）をJASS19に基づき具体的に数値化した下表により判定します。

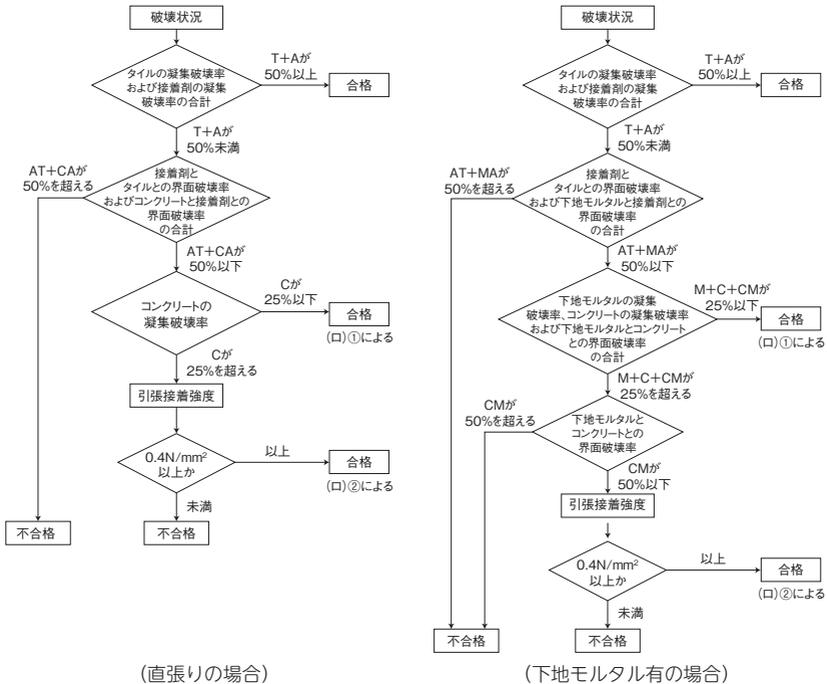


図2 合否判定フロー

このように外装接着剤張り工法における引張接着強度検査は、有機系接着剤の破壊状態を合否判断の主としており、セメントモルタルによる後張り工法とは異なる判断基準となっています。

3. 検査結果の記録

外観の目視確認、打音による確認、引張接着強度検査の結果は、記録に残し監理者に提出したうえで承認を受けます。

不合格の場合の処置方法については、当該部位の周辺状況、施工当時の環境、プロセス検査記録等から、要求性能を得られなかった原因を追究し計画します。決定した処置方法についても、監理者の承認を得たうえで是正します。

工事写真、プロセス検査記録、外観確認結果、打音確認結果、引張接着強度検査結果等については、竣工書類として残すようにします。引渡し後にタイルに関するトラブルが発生した場合の原因究明の貴重な資料となります。



18 清掃およびタイル洗い

タイル張り最終の仕上げは清掃、洗いとなりますが、水洗いを原則として、ブラシ等を用いてタイル表面に汚れが残らないように注意して行います。

洗いのタイミングとしては、目地セメントの養生期間を十分にとる必要があります。材齢が若い状態で洗いを行うと、白華の原因にもなります。メーカーによっては材齢7日以上としているところもあるので、あらかじめ、工程に見込んでおく必要があります。

水洗いを十分に行っても汚れが落ちない場合は、監理者の承認を得て、酸類を用いることとなります。ただし、酸を使用することにより、外壁のアルミサッシやステンレス等の金物、ガラス（特に熱線反射ガラス）石材等を汚染、腐食、あるいは植栽等を枯らせることのないように、養生を十分に行う必要があります。

使用する酸は、30倍程度に希釈した工業用塩酸を使用します。濃度の高い酸を使用すると、タイル面の汚れは落としやすいのですが、目地材が侵されてしまいます。

酸洗い後は、酸が残らないように水洗いを十分に行います。

いずれにしても、最終の洗いに頼るのではなく、毎日の作業終了時にスポンジやブラシ等を用いて、タイル表面に付着しているモルタルや汚れを除去することが大切です。

コラム 外装タイル張りのはく落防止を目指して

1. はじめに

タイルは、強度、耐火・耐久性に優れた建築材料である。日本では、外装仕上げにタイル張りを多用してきた。その一方で、外装タイル張りのはく落は、第三者災害に繋がる恐れがあり、重大な問題である。これまでタイル張りは、はく離・はく落故障に悩まされ続けており、現在でも解決には至っていない¹⁾。

現在、タイル張りの主流は、下地にタイルを接着によって接合する形態のものである。ここに、外壁に接着されたタイル張りのはく落に至る過程を図1に示す。接着で接合したタイル張りは、健全な状態の外壁（STEP0）が、時間の経過とともに浮き（STEP1）を生じ、その後浮きが進行して落下（STEP2）に至るといふ過程を経る。

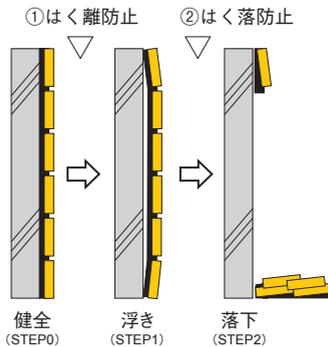


図1 タイル張りのはく落に至る過程

接着で接合されたタイルの浮きを防止するには、長期間にわたりタイルが浮かないように、接着耐久性を改善することが重要である。一方、タイルのはく落を防止するには、万が一タイルがはがれても、タイルの落下を防止する機構を有することが有効と考えられる。

本稿では、はく離防止を目指した性能評価や品質検査への取り組みを紹介するとともに、はく落防止を目指す新たな評価手法への取り組みを紹介する。

2. 引張接着強度試験のはじまり

1950年代に、圧着張りが開発された。当時、圧着張りは、「横着張り」と呼ばれるほどずさんな施工が行われ、はく離・はく落事故が多発した²⁾。1971～1972年の建設省（現国土交通省）の官公庁建物の調査で、455件の建物を調査したところ、26%の建物で、タイルに浮きが確認された³⁾。その内、タイルと張付けモルタルの界面のはく離が83%であり、この当時はこの界面でのはく離がほとんどであった。

このような状況の中で、丸一⁴⁾は圧着張りの実験を行い、タイルの引張接着強度とタイル裏面へのモルタルの付着状況について、図2に示す関係を得た。タイル裏面に張付けモルタルが50%以上付着できれば、引張接着強度は4kgf/cm²（0.4N/mm²）を上回ることを示した。これが、引張接着強度試験のはじまりである。つまり、引張接着強度試験は、タイル裏面の付着面積が確保されていることを確認する品質検査法であった。現在、外壁タイルの圧着張りは廃れたが、引張接着強度の規格値は、採用され続けている。

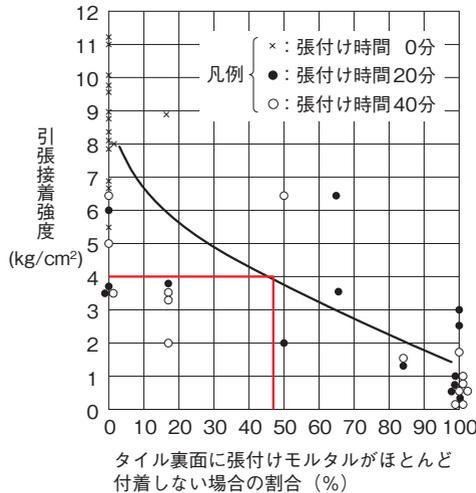


図2 圧着張りの引張接着強度と破壊状態

3. はく離界面の移行に伴う性能評価方法の変化

1989年に北九州市でタイルはく落事故(写真1)が発生し、死傷者1名の大惨事に繋がった。この頃、タイルのはく離箇所は、タイル裏面と張付けモルタルの界面から、コンクリート下地と下地モルタル(張付けモルタル)との界面に移行した。タイルの張り方の改良によって、タイル裏面への張付けモルタル充填性が改善された。その結果、タイル張り接着層内の弱点が、平滑なコンクリート下地と下地モルタルの界面に移行した。

団地の壁崩落、直撃



517 公園住宅の壁面が崩落、死傷者3人を出した北九州市小倉北区昭和町の現場—21日午前11時45分



二十一日北九州市小倉北区昭和町、公園住宅の壁面が崩落、死傷者3人を出した。現場には、タイルのはく離箇所が、コンクリート下地と下地モルタルの界面に移行していた。タイルの張り方の改良によって、タイル裏面への張付けモルタル充填性が改善された。その結果、タイル張り接着層内の弱点が、平滑なコンクリート下地と下地モルタルの界面に移行した。

重体1人、10階塔屋縦4メートル、幅8.6メートル

小倉北区昭和町

通行人2人が死亡



写真1 毎日新聞(夕刊) 5)

この事故が契機となり、さまざまなタイルのはく離・はく落防止に関する研究開発が行われた。この頃から、タイル張り層内に生じるひずみ差をディファレンシャルムーブメントと呼ぶようになった。また、タイルとコンクリート下地の面内方向に生じるひずみ差に対する追従性を実験で評価するひずみ追従性試験⁶⁾が盛んに行われるようになった。ひずみ追従性試験はコンクリート角柱にタイル張りを行い、軸方向に圧縮力を载荷し、コンクリート下地とタイル張り層のひずみ挙動を計測する試験である。

ひずみ追従性試験と引張接着強度試験の関係⁷⁾を図3に示す。ここで、「破壊ポイント」とは、ひずみ追従性試験における評価指標であり、タイルに生じる圧縮ひずみが減少し始めた時（言い換えると、タイルがはがれ始めた時）のコンクリートひずみを示している。

両者を比較すると、ひずみ追従性試験では、コンクリート接着界面破壊率が増加すると、ひずみ追従性の良否を表す破壊ポイントが低下した。ひずみ追従性試験は、タイル張り仕様のひずみ追従性の優劣を直接的に比較できる有効な評価手法であることがわかる。一方、引張接着強度には差が生じなかった。つまり、引張接着強度試験は、試験場所や試験体の形状を選ばない手軽な試験であり、引張接着強度が既知なものに対して、その低下率で合否を判定するような、品質検査等に有効である。

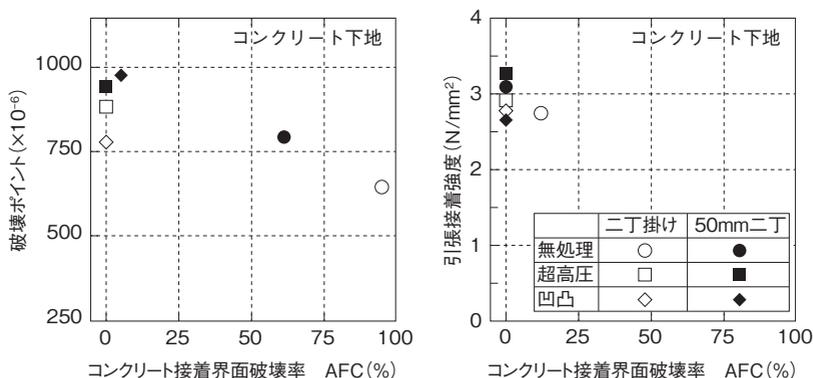


図3 ひずみ追従性試験 (左) と引張接着強度試験 (右) の関係

4. はく落安全性の評価方法について

最後に、はく落安全性を確保するためには、はく離防止だけでは不十分である。万が一のはく落に備えて、タイルのはく落防止を確保するための機構やその評価指標の検討が必要である。

そこで、はく落防止に有効なタイル張りを取り上げ、接着層の破壊後の応力と変位の挙動に着目して実験的検討⁷⁾を行った。従来から行われている引張接着試験において、タイル張り層の破壊挙動を1次破壊（最大荷重までの挙動）と2次破壊（最大荷重後の挙動）に分けて、応力と変位に囲まれた面積を破壊エネルギーとして求めた。引張接着強度試験における応力と変位の関係⁸⁾を図4に示す。

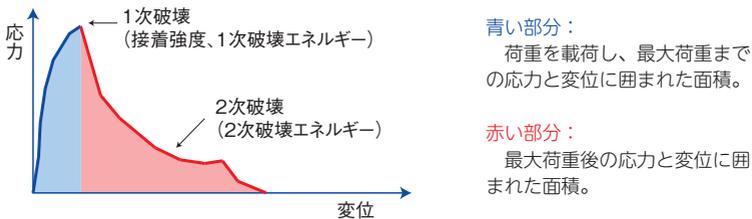


図4 引張接着試験における破壊挙動

タイルの引張接着強度が大きいと、1次破壊の応力が大きくなる。タイルの接着力に粘りがなければ、はく離した瞬間にタイルは、はく落する。しかし、はく離しても、全体に粘りがあるとタイルは容易にはく落しない。図4は、青と赤で描かれる範囲の面積が大きいほど、はく離後の粘りを有し、はく落しにくいことを意味する。

図5は、上記の手法で、在来モルタル塗り、型枠先付け特殊繊維シート、有機系接着剤張りに関して試験を行ったものである。

在来モルタル張りは、接着強度と1次の破壊エネルギーは大きいのが、脆性的に破壊するため、2次の破壊エネルギーは得られない。一方、特殊繊維シートを用いたモルタル張りや有機系接着剤張りは、破壊後の2次の破壊エネルギーが求められた。両者を比較すると、特殊繊維シートを用いたモルタル張りの方

が、有機系接着剤張りよりも3～9倍ほど大きかった。以上を踏まえると、2次の破壊エネルギーは、はく落防止の評価指標として適していると考えられる。変位計付きの引張接着試験器を用いることで、現場の引張接着試験で2次の破壊エネルギーを求めることができる。この2次の破壊エネルギーの定量的な指標化が、今後の課題である。

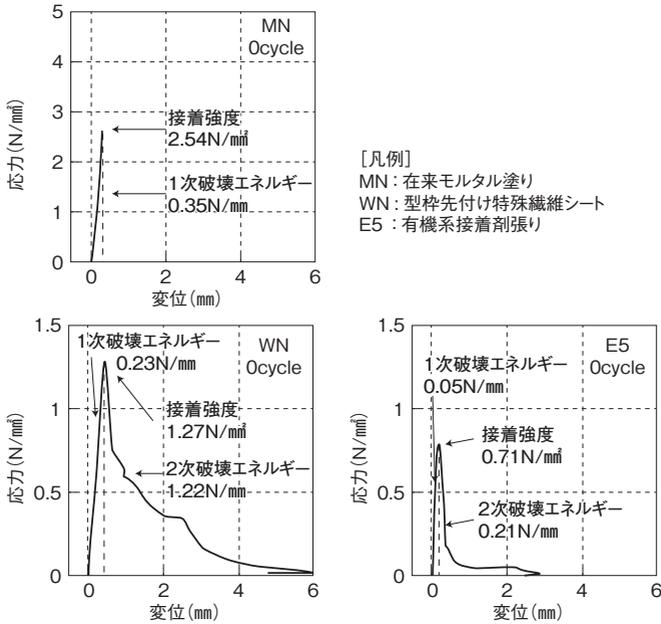


図5 引張接着強度試験における応力と変位の関係
 図1 タイル張りのはく落に至る過程

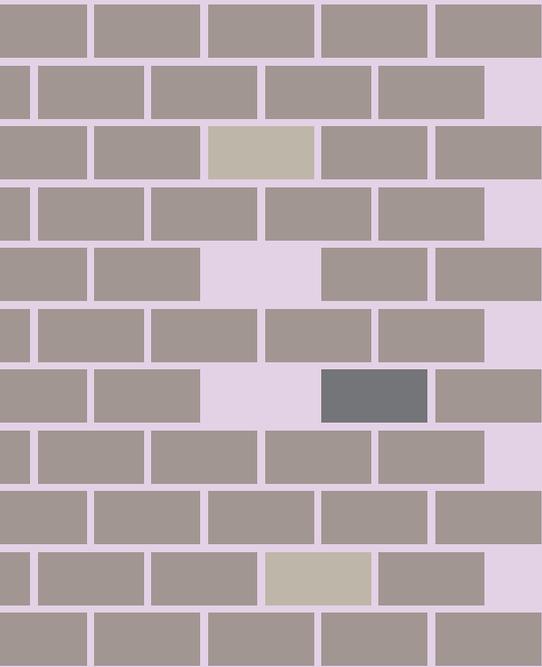
5. おわりに

外装タイル張り仕上げは、日本で独自に発展した仕上げ技法である。タイル張り仕様や工法の変遷は、さまざまな不具合に対して、創意工夫や試行錯誤の変遷でもある。残念ながら、今日でもタイル張りのはく離・はく落故障が散見される状況にある。今後、安全なタイル張り仕様や工法の確立に向けて、タイル業界一丸となって取り組むことを望みたい。

名知博司（清水建設）

出典 5) 毎日新聞（夕刊）、1989

- 参考文献
- 1) 日本建築仕上学会：外壁仕上げの損傷事例、技術書院、1996
 - 2) INAX編：タイル工業史、1991
 - 3) 藤井鈺純他：施工No.377、彰国社、1997
 - 4) 丸一俊雄：清水建設研究所研究報告、第5号、1971
 - 6) 名知博司他：日本建築学会構造系論文集、563号、2003
 - 7) 名知博司他：日本建築学会技術報告集、19号、2004
 - 8) 名知博司他：清水建設研究所研究報告、Vol.92、2015



第4章

点検・保全の留意点

1

外壁タイルには定期点検と保全が必要

外壁タイルのはく落は、人身事故に直結する危険なものです。この事故を防止するために、施工者はタイルがはく落しにくい建物を作る責任がある一方で、建物所有者には建物を保全し、定期調査報告する義務があります。

1. 建物所有者等の義務

建築基準法第8条には、「建築物の所有者、管理者又は占有者は、その建築物の敷地、構造及び建築設備を常時適法な状態に維持するように努めなければならない。」と記されています。さらに建築基準法第12条では、一定の規模以上の建築物^{*1}において、建物の所有者（所有者と管理者が異なる場合においては、管理者）は、定期的に調査し、その結果を特定行政庁に報告することが義務づけられています。

しかし、建物の点検不足が原因と考えられる事故は後をたたず、特に2006年～2007年(平成18年～19年)には建物設備の日常の維持保全や定期報告が適切に行われていなかったことが一因と見られる死亡事故が相次いで発生しました。外壁のはく落事故も、残念ながら毎年のように発生しているのが現実です。

表1 定期調査報告をめぐる法令の推移（抜粋）

1959年 (昭和34年)	・定期検査制度の創設 (特定行政庁による定期検査を開始)
1970年 (昭和45年)	・定期検査報告制度の創設 (民間で実施した定期検査の結果を特定行政庁へ報告する現行の形式に変更)
1989年 (平成元年)	・福岡県でタイル張り外壁のはく落による死亡事故 ・建設省（現・国土交通省）住指発第442号「既存建築物における外壁タイル等の落下防止について」 (3階以上かつ竣工10年を経過した建物のタイル外壁の緊急調査)
1990年 (平成2年)	・建設省住宅局建築技術審査委員会策定「剥落による災害防止のためのタイル外壁、モルタル塗り外壁診断指針」 ・建設省住指発第221号「外壁タイル等落下物対策の推進について」 ・建設省住指発第224号「外壁仕上診断指針及び外壁タイル等設計施工上の留意事項の活用について」 (以上3件において、外壁の調査方法、判定基準等を具体化して展開)
2006年 (平成18年)	・東京都でエレベーター故障による死亡事故
2007年 (平成19年)	・大阪府で遊戯施設故障による死亡事故
2008年 (平成20年)	・建築基準法施工規則第5条改正(定期調査報告の強化) ・国土交通省 告示282号「建築物の定期調査報告における調査の項目、方法及び結果の判定基準並びに調査結果表を定める件」 ・国住指第2号「建築基準法施行規則の一部改正等の施行について」 (告示282～285号の技術的助言)

※1 以下の建築物で、特定行政庁が指定するもの（例）

- ①建築基準法2条により定められた特殊建築物
(不特定多数の人が利用する病院、学校、体育館、百貨店、共同住宅、倉庫など)のうち、その用途に使う床面積が100㎡を超える建築物
- ②事務所その他これに類する建築物で、5階以上、かつ延べ面積が1,000㎡を超えるもの

これを受けて2008年（平成20年）に、定期報告の調査・検査の項目、方法、判定基準を法令上明確にすることを目的に、国土交通省から建築基準法施行規則第5条の改正と告示282～285号が施行されました。外壁タイルを含める建築物の調査については、告示282号で詳細が示されています。

従来からの規定からの大きな変更点は以下の2点です。

- ①『開口隅部、水平打継部、斜壁部等のうち手の届く範囲をテストハンマーによる打診等により確認し、その他の部分は必要に応じて双眼鏡等を使用し目視により確認、異常が認められた場合にあっては、落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分（**図3**）を全面的にテストハンマーによる打診等により確認する』が義務付けられたこと。
- ②竣工後、外壁改修後もしくは落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分の全面的なテストハンマーによる打診等を実施した後10年を超え、かつ3年以内に落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分の全面的なテストハンマーによる打診等を実施していない場合にあっては、落下により歩行者等に危害を加えるおそれのある部分を全面的にテストハンマーによる打診等による確認（3年以内に外壁改修等が行われることが確実である場合または別途歩行者等の安全を確保するための対策を講じている場合を除く）』が義務付けられたこと。

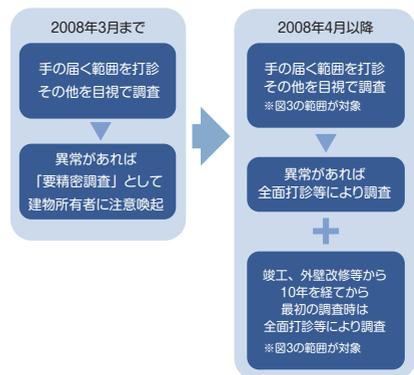


図1 告示282号による外壁タイルに関する定期検査報告の変更内容

定期調査報告は建物の用途や規模に応じて半年から3年ごとに、建物所有者が建築士や建築基準適合判定資格者等の有資格者に依頼して実施します。定期調査報告の時期には、特定行政庁から建物所有者へ通知書が届くことが多いようです。建築物の調査項目には、外壁のほかに敷地や地盤の状況、防火施設等があり、調査項目や方法、結果の判定基準を各特定行政庁が独自に定めることもあります。もし定期調査報告を実施しなかったり虚偽の報告を行ったりした場合は、100万円以下の罰金が課せられます。

外壁タイルの調査方法はテストハンマー（打診棒）による打診を基本として、手が届かない範囲は目で確認します。ただし、これらの調査で異常が認められた場合や、10年以上、落下による歩行者等に危害を加えるおそれのある部分（図3）の全面打診調査を行っていない場合は、前述の通り全面打診調査が必要になります。

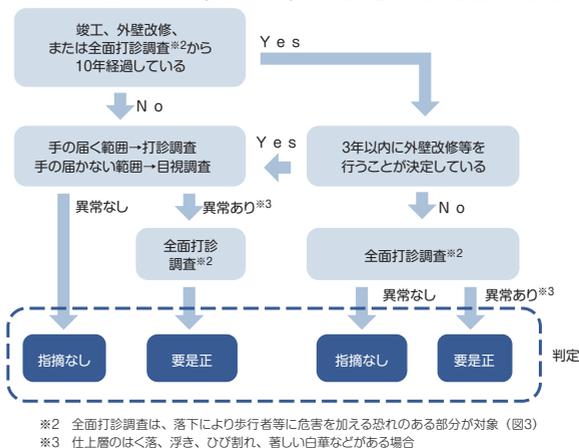


図2 定期検査報告のうち、外装タイル点検のフロー

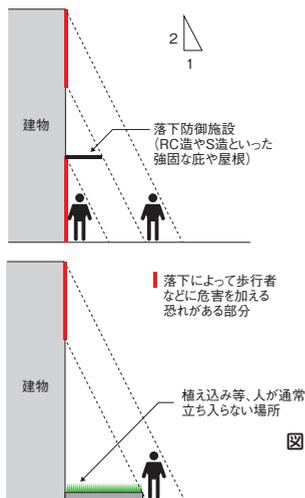


図3 国住指第2号（平成20年4月1日）に基づき落下により歩行者に危害を加える恐れがあると判断される部分

国住指第2号「建築基準法施行規則の一部改正等の施行について」（技術的助言）より抜粋

「歩行者等に危害を加えるおそれのある部分」とは、当該壁面の前面かつ当該壁の高さの概ね2分の1の水平面内に、公道、不特定又は多数の人が通行する私道、構内道路、広場を有する壁面（ただし、壁面直下に鉄筋コンクリート造、鉄骨造等の強固な落下防護施設（屋根、ひさし等）が設置され、又は植込み等により影響角（タイル等のはく落の危険のある外壁の各部分について、縦2、横1の割合のこう配で引き下した斜線と壁面のなす角）が完全に遮られ、被災の危険がないと判断される部分を除く。）をいう。

国土交通省の告示や技術的助言に示される検査範囲は、定期報告の対象となる部位を示すものであり、建築基準法第8条「常時適法な状態に維持するように努めなければならない。」の範囲を示すものではありません。従いまして、「落下による歩行者等に危害を加えるおそれのある部分」以外の部位であったとしても、建築物の所有者、管理者又は占有者は、維持保全の義務を負います。また、建築基準法等の「公法」の定めが無くても、民法717条には、「土地の工作物の設置又は保存に瑕疵があることによって他人に損害を生じたとき

は、その工作物の占有者は、被害者に対してその損害を賠償する責任を負う。ただし、占有者が損害の発生を防止するのに必要な注意をしたときは、所有者がその損害を賠償しなければならない。」と記されており、「私法」で争われる恐れがあります。適切な保全が行われるよう説明することが大切です。

検査の具体的な方法に関して、国交省住宅局建築指導課が監修した日本建築防災協会発行の「特殊建築物等定期調査業務基準(2008年改訂版)」においては、全面的なテストハンマーによる打診等の調査方法として、「①足場等を設置してテストハンマーで全面打診する方法」と「②赤外線調査」とが併記されています。

打診調査は足場の架設が必要な場合が多く、コスト面の負担が大きくなりがちで、調査期間中は建物の使用に若干の制約も発生しますが、結果の信頼性は非常に高い調査方法です。一方、赤外線調査は足場が不要なので比較的手軽に実施できますが、結果の信頼性は打診調査に劣ります。また、建物の形状や立地条件等によっては、赤外線調査を実施できない場合もあります。(4章2参照)

建物は竣工から解体までの期間に、建設費のおよそ3～4倍の維持費用がかかるといわれています。建物を適切に維持管理していくためには、建物の計画段階から調査と保全の方法や費用を具体的に検討した長期保全計画を作成することが不可欠です。

2. 施工者の留意点

引渡し後の建物の維持保全は建物所有者の責任である一方、施工者は、受理した設計図書に不備があり、その通りに施工すれば明らかに不具合が発生すると予想できる場合にはその是正に取り組まなければいけません。また、保証内容や定期調査報告等についての事前説明を、建物所有者へのサポートとして適切な説明を行うことが重要です。

万が一、瑕疵が発生した場合の瑕疵担保期間については、民間建築工事の契約でよく使われる「民間(旧四会) 連合協定 工事請負契約約款」を参照すると、「一般的なS造・RC造建築物の瑕疵担保期間は引渡の日から2年間、その瑕疵が請負人の故意または重大な過失による場合は10年間」と記述されています。契約約款がない場合の瑕疵担保責任期間は、民法638条に基づいて10年間(木造建築物は5年間)となります。

いずれにせよ、外壁のはく落は非常に危険なものであり、はく落防止に最善を尽くすことは社会的な責任であることを忘れてはいけません。



2 外壁タイルの調査方法

丁寧に施工した外壁も、年月を重ねるとしだいに劣化していきますが、適切な手入れをすれば耐用年数を延ばすことができます。そのために必要になるのが、定期的な劣化調査と補修です。

調査はまず建物管理者に対する聞き取り調査を行い、次に現地調査として目視、打診（打音）、赤外線カメラ等による調査を実施します。なお、目視、赤外線調査する場合は、部分的な打診調査を併用することが必要です。

1. 聞き取り調査

最初に、新築当時の工事記録、過去の診断記録、補修履歴等が保管されているかを調べるために建物管理者へヒアリングをします。過去にアンカーピンニング工法で補修した場所や、有機系接着剤で施工した場所等は、打診調査や赤外線調査で浮きと判断されることがありますが、現地調査の前にこれらの情報が分かっていたら正確な診断をする助けになります。

2. 目視調査

まずは、外壁全体を確認します。特にシーリング目地付近、壁の出隅、開口のない大面積の壁は、不具合が出やすい場所であるため丁寧に調査します。気になる部分があれば、双眼鏡等を使うとよく分かることもあります。また、シーリング目地の劣化はタイル接着力の劣化要素にもなるため、表面や被着面の状態や、指触による弾性の確認によって劣化度を判定します。もしはく落したタイルがあれば、破断面を調べることではく落の原因が分かる場合もあります。なお、タイルの色調が周りとは違う場所や、目地やタイルの穿孔などは、過去のはく離に伴う張り替えや補修の跡と考えられます。

目視調査では外見に変化がない不具合を発見することはできず、光の反射や障害物によって不具合を見逃す可能性もあります。目視調査だけで全てを把握することはできませんが、建物と対話をするようにじっくり観察することが重要です。

表1 目視調査により発見できる不具合

ひび割れ		<p>タイル下地（躯体、モルタル）の挙動にタイルが追随できずに割れたもの。 はく離を伴わない場合も多いが、その判断は目視ではできない。多数のひび割れが見られる場合は、建物躯体に有害なひび割れが発生していないかを併せて検証する。</p>
欠損		<p>飛来物等によるもののほか、目地無しで突きつけて施工すると発生しやすい。吸水率が高いタイルで発生することもある。</p>
白華		<p>タイル裏面に浸入した雨水にモルタルの成分が溶け出したものが、再び外部へ出てきたときに二酸化炭素と反応して析出したもの。白華はタイルの背面へ水が出入りした証拠である。はく離やひび割れを伴うことが多く、打音で異常を認めない場合でもはく離に進行する可能性がある。また、建物内部への漏水がないかを点検する必要がある。</p>
はらみ		<p>タイルが下地からはがれ、目地モルタルの接着剤だけでろうじて面を保って外壁にとどまっている状態。押すとぶよぶよ動く。はく落の一手手前で非常に危険な状態であり、下部の立入禁止措置などの安全対策を早急に行う。</p>
はく落		<p>はく落部周辺の残存部へも範囲が拡大して、新たなはく落が発生する危険性が高い。残存したはく離部のテープ張りによるはく落防止、下部の立入禁止措置等の安全対策を早急に行う。</p>

3. 打診調査

タイルの打診調査は一般的に、打診棒と呼ばれる道具を使用して行います。打診棒は、パールハンマーとも呼ばれます。打診調査は、打診棒の先端で外壁をなでるように滑らせたときの音や、たたいたときの感覚ではなく離れの有無を判断する方法で、外観に異常がない段階のはく離れも発見することができます。低くつまった音がしてたたいたときに鋭く跳ね返る感覚があれば健全な状態、高く軽い音で鈍い跳ね返りであれば内部に空気層がある、つまりはく離れていることがわかります。下層ではく離れているほど音が低くなり、熟練すれば音の高低ではく離層を推定することもできるようになります。

打診棒が届かない場所は調査できないので、外壁全面を調査する場合には足場やゴンドラが必要になることが多く、コスト、工期、安全性などの面から調査をする人の負担が大きくなる傾向があります。また、調査者の感覚に頼る検査なので結果を数値化しにくく、実際のはく離れ範囲と多少の差異が出ることは避けられないという一面はありますが、調査結果の信頼性という面からは最も評価が高い調査方法です。



写真1 打診棒 (パールハンマー)



写真2 簡易ゴンドラによる打診調査

4. 赤外線サーモグラフィ法による調査

タイルや下地モルタルがはく離して隙間ができた場所は、外壁に日が当たると他の場所より温度が上がります (図1)。赤外線調査は、建物表面の温度差を感知できる赤外線カメラで外壁を撮影して外壁の温度分布を調べることにより、タイルのはく離箇所を推定する方法です。

赤外線調査は足場を使わずに広い面積を一度に調査できることが大きなメリットで、建築基準法で義務付けられる建築物の定期調査報告においては全面打診調査に替えて採用することも認められています。しかし、建物の形状によっては精度が落ちたり、周辺の障害物によって撮影そのものができなかりして採用ができない場合もあります (図2)。また、雨天や強風時、濃淡の色のタイルを混ぜて使用した外壁、成形板等の中空下地等の場合も、はく離部と健全部との温度差が表れにくくなり、赤外線調査による判定は困難になります。

打診調査に比べると、赤外線調査は調査結果の信頼性が落ちることは否めません。手が届く範囲では打診調査を行い、打診によってはく離が判明した部分と赤外線カメラにおいて異常を感知した部分が一致していることを確認しながら、作業を進めることが重要です。

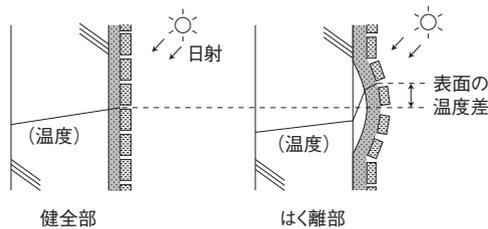


図1 赤外線サーモグラフィ法の原理

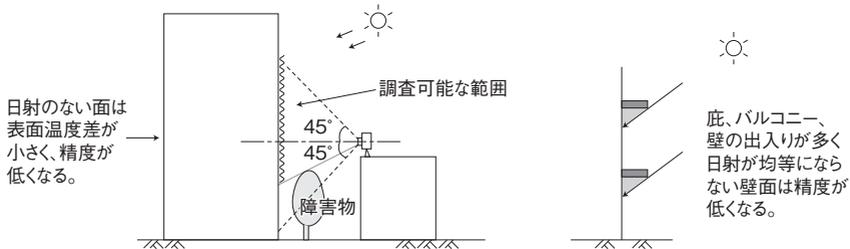
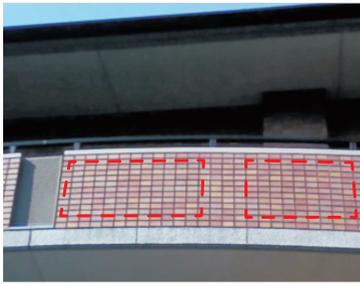
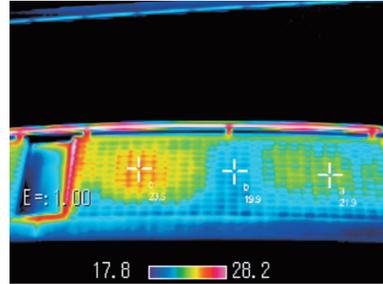


図2 赤外線サーモグラフィ法が適用可能な範囲



実際の外壁（囲み部にはく離が疑われる）



赤外線カメラ画像

図3 赤外線サーモグラフィ法の解析例

5. 反発法

シュミットハンマー等を使ってタイル面に一定の衝撃を与えたときの跳ね返りの大きさを測定し、はく離の有無と程度を抜き取りで調査する方法です。シュミットハンマーはおもにコンクリートの圧縮強度測定に使われる機器で、外壁を傷めない非破壊検査が可能です。検査値の精度は高くはなく補助的な検査として位置づけられます。外壁タイルの健全度判定においては、はく離の有無や接着状態の経年変化が重要であるため、反発法が実際に採用されることは少ないようです。

3 改修工法は多種多様

外壁タイルの改修には建物の状況、劣化や故障の状態、改修の目的等に応じてさまざまな工法があります。

1. 改修工法の種類

一般的な工法として、建築改修工事監理指針（平成25年版）では、タイル張り仕上げ外壁の改修工法が大きく以下の4つに分類されています。

1. ひび割れ部改修工法
2. 欠損部改修工法
3. 浮き部改修工法
4. 目地改修工法

さらに、それぞれの工法の種類として、いくつかの工法が提示されています（図1）。

また、これ以外の改修工法として、繊維ネットおよびアンカーピンを併用した外壁複合改修構工法（いわゆる、ピン・ネット工法）やGRCパネルやアルミパネル、タイル等を乾式で取り付ける乾式改修工法等があり、工法の選定にあたっては劣化・故障部分の状態を把握したうえで適切な改修工法を選択する必要があります。

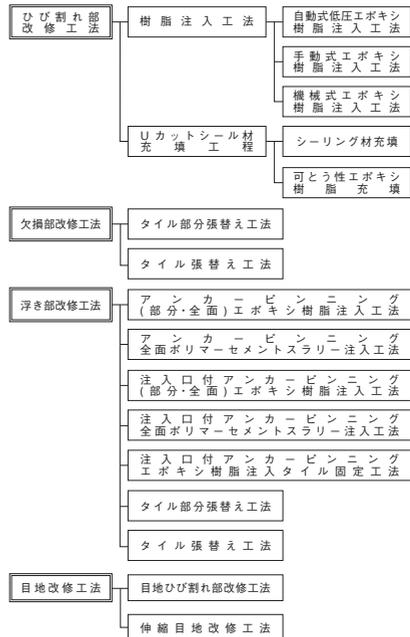


図1 タイル張り仕上げ外壁の改修工法の種類

2. 改修工法の選定

改修工法の選定にあたっては、調査による劣化状態の把握を経て、状態に応じたさまざまな工法を検討し、建物の周辺状況や改修にかかる工期、建物所有者の意向を踏まえたうえでの総合的な判断が必要となります。

改修工法の決定までの流れを以下に示します。

- ①調査結果を分析し、劣化部分の状態・範囲等を正確に把握する。
- ②建物所有者の意向や、建物周辺の状況等も合わせて確認しておく。
- ③考えられる工法を検討し、工程や施工上の安全対策を含めた計画案を作成する。
- ④建物所有者に調査結果と改修計画案を提示し、最適と思われる改修工法を決定する。

また、表1は工法選定の目安として、前項で示した改修工法について劣化の程度に応じ分類したものです。

表1 劣化の状態と程度による改修工法の分類

	軽微な劣化	中程度の劣化	極度の劣化
ひび割れ	・タイル除去 →樹脂注入工法 →タイル復旧	・タイル除去 →Uカットシール材充填 工法 →タイル復旧	
浮き・欠損	注入口付アンカーピンニング エポキシ樹脂注入タイル 固定工法	アンカーピンニング 部分エポキシ樹脂注入工法	アンカーピンニング 全面エポキシ樹脂注入工法
		注入口付アンカーピンニング 部分エポキシ樹脂注入工法	注入口付アンカーピンニング 全面エポキシ樹脂注入工法
			アンカーピンニング 全面ポリマーセメントスラリー 注入工法
	部分張替え工法		全面張替え工法
その他（複合的な劣化や劣化の範囲が広範囲にわたる場合等）		・乾式改修工法 GRCパネル張り アルミパネル張り 乾式タイル張り 他	
		・複合改修工法 ピン・ネット工法 他	

4 改修工事 1 (ひび割れ部改修)

一言にひび割れといっても、目地部分のみか、漏水を伴うか、タイル、モルタル、コンクリートのどの部分に発生しているかなど状態はさまざまです。

ひび割れが躯体コンクリートから発生している場合には、タイル張り仕上げ層および下地モルタル層を除去し、コンクリート下地面において「エポキシ樹脂注入工法」または「Uカットシーリング工法」を実施し、その後タイル張りを復旧することが一般的で、ひび割れの挙動の有無およびひび割れの幅に応じて適切な工法を選定することが必要です。

ひび割れの挙動の有無については目安として、竣工後2～3年以上が経過した建物における乾燥収縮ひび割れ等は「挙動が予想されないひび割れ」に分類され、若材齢のコンクリートの乾燥収縮ひび割れや温度変化の大きな壁面等に発生しやすい温度ひび割れ等は、「挙動が予想されるひび割れ」に分類されます。

1. エポキシ樹脂注入工法

躯体コンクリートのひび割れの発生に伴ってタイル面に生じたひび割れのうち、ひび割れ幅0.2mm程度以上の場合に適用されます。他のひび割れ部改修工法と比べて長期の耐用年数が期待できる工法です。

ひび割れに挙動が予想されない場合はエポキシ樹脂を、挙動が予想される場合は軟質系エポキシ樹脂を注入する工法で、注入方法により自動式・手動式・機械式に分類されます。それぞれ適用できるひび割れ幅や注入にかかる時間、管理方法等に違いがあるので、専門業者に確認のうえ、作業条件や作業環境にあった工法を選定します。注入用パイプの設置間隔については、ひび割れ幅に応じておおむね表1の通りです。

表1 注入パイプの設置間隔

ひび割れ幅 (mm)	パイプ間隔 (mm)
0.3以下	50～100
0.3～0.5	100～200
0.5～1.0	150～250
1.0以上	200～300

図1に一般的な手動式エポキシ樹脂注入工法のフローを、図2に概要図を示します。

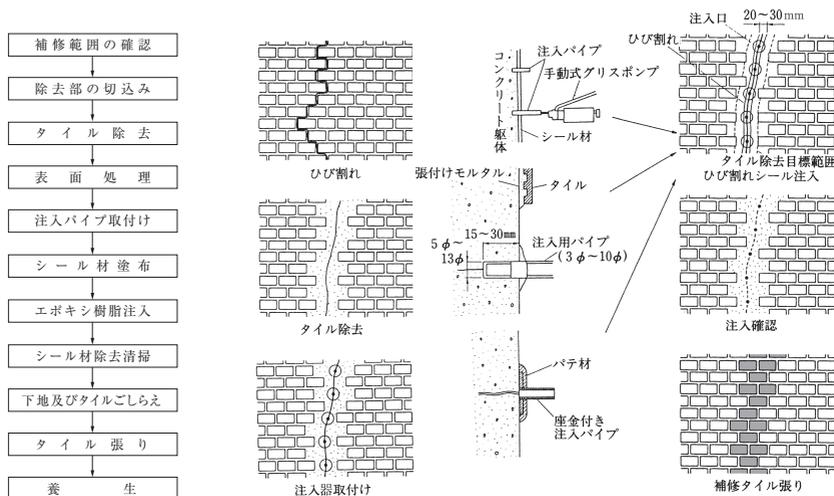


図1 エポキシ樹脂注入工法フロー¹⁾

図2 エポキシ樹脂注入工法概要²⁾

2. Uカットシール材充填工法

躯体コンクリートのひび割れの発生に伴ってタイル面に生じたひび割れのうち、ひび割れ幅0.2mm程度以上の場合に適用されます。ひび割れ部の防水効果は大きい工法ですが、一般的に耐久性はエポキシ樹脂注入工法より劣ります。

ひび割れているタイルを除去し、躯体コンクリートひび割れ部をU型にカットし、ひび割れに挙動が予想されない場合は可とう性エポキシ樹脂を、挙動が予想される場合はシール材を充填します。

図3にUカットシール材充填工法のフローを、図4に概要図を示します。

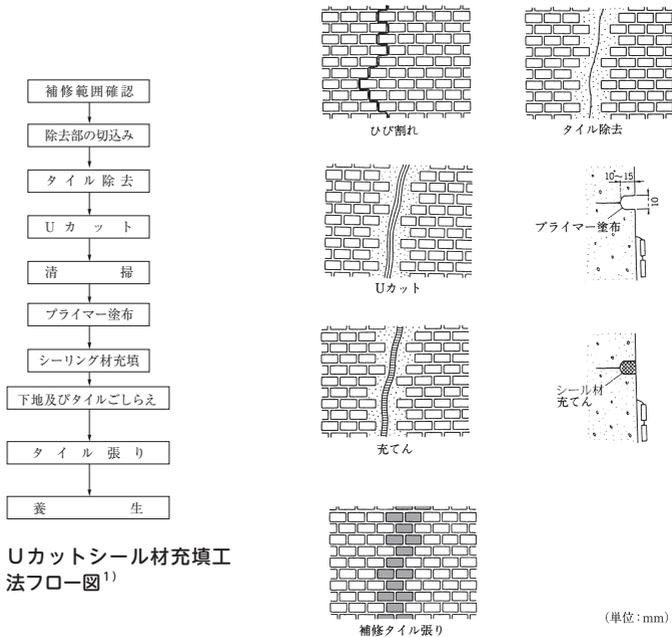


図3 Uカットシーリング材充填工
法フロー図¹⁾

図4 Uカットシーリング材充填工
法概要図²⁾

3. タイル張りの復旧

ひび割れ改修箇所のタイル張りについては、下地面の挙動等によるひび割れの再発、タイルのはく落等を防止するために、有機系接着剤を使用することが有効です。

下地調整が必要な場合には、有機系接着剤専用の下地調整材を使用することが好ましく、代表的なものとしては「ボンド レベルワン (株)竹中工務店、コニシ(株)」や「ME ベース (株)タイルメント)」等があります。これらの下地調整材は弾力性があり、通常の補修用モルタルに比べて下地の挙動に対する追従性が高く、有機系接着剤の使用と合わせて高いはく落防止性能をもたせることができます。また、補修用モルタルを使用した場合に起こり得る白華現象も防止でき、耐久性と美観性に優れた工法と言えます。

出典 1) 鹿島出版会 リニューアルマニュアル 外壁仕上げ・屋上防水編

出典 2) 国土交通省大臣官房長官宮繕部監修 建築改修工事監理指針平成25年版

5

改修工事 2 (浮き部改修)

工法の選定にあたっては、タイルのみの浮きか躯体とのはく離かなど、浮きの状態を把握することから始まり、浮き具合や面積によって工法を選定することが必要です。それぞれの工法共通で、躯体に振動ドリル等を使用して削孔しアンカーピンを打ち込む作業が必要ですが、マンション等で居住中のため補修工事の騒音・振動が許されない場合は、無騒音・無振動のミストドリルを使用してのピンニング作業を検討する必要があります。

躯体コンクリートと下地モルタルの間で発生している浮きに対しては、おもにアンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法、注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法、アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法、注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法、注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法の5種類の改修方法が適用されます。浮き代が1.0mm以上と大きい場合にはポリマーセメントを全面に注入する工法も適用できますが、エポキシ樹脂よりも隙間への充填性が劣ることから注入には経験と高度な技術が必要です。

注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法は、タイル陶片のみの浮きの場合にも適用できますが、タイル1枚につき1本のピンニングが必要となり、高額な補修費用が必要となるので、浮きの範囲が比較的小さい場合に採用されます。

それ以外の工法については基本的にタイルの目地部分にアンカーピンを打ち込むので、特に目地幅が小さい場合には意匠性や削孔時のタイルの欠損等に注意が必要です。

タイル陶片のみの浮きの場合で浮き部分が通常の打撃によってはく落する恐れがある場合には、タイルを除去し、張替えもしくはその他の工法を検討する必要があります。

また、浮き部改修工事が適切に施工された部分でも打診検査をすると「浮き音」が残ることがあるので、注意が必要です。特にアンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法と注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法は、名前の通り部分的にエポキシ樹脂を注入するので、基本的に注入されてい

ない部分（浮いた部分）が残る工法です。また、全面に注入する工法であっても躯体と下地モルタル、下地モルタル内部、下地モルタルと張付けモルタル間等、はく離している界面が複数ある場合などは一度の注入で充填しきれないこともあります。いずれの工法でも注入・硬化後に打診検査を実施のうえ、施工の信頼性を確認する必要があります。

以下に標準的な施工方法を記しますが、それぞれの工法の特徴を事前に発注者に説明し、了解を得たうえで工法を選定することが重要です。

1. アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法

目安として、一箇所の浮き面積が 0.25m^2 未満の場合に採用されます。

浮き部分のタイル目地に沿って一定のピッチで削孔し、エポキシ樹脂を注入した後にアンカーピンを打ち込むことで、アンカーピンの周囲の浮き部分を固定する工法です（図1）。

アンカーピンニングの本数は一般部分で16本/ m^2 、指定部分^{※1}で25本/ m^2 、狭幅部^{※2}では幅中央部に200mmピッチが標準です（図2）。

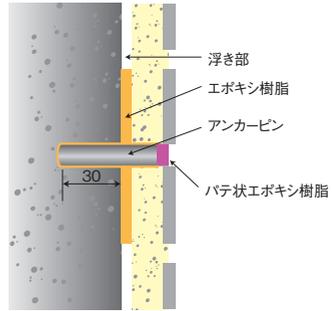


図1 アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法

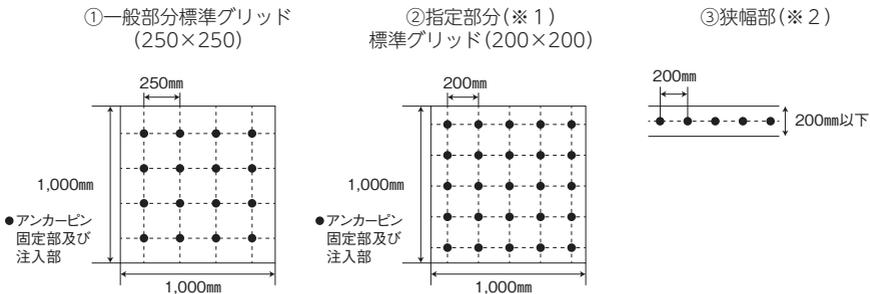


図2 標準配置グリッド（アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法）¹⁾

※1 指定部分とは、見上げ面、ひさしのはな、まぐさ隅角部分などをいう。

※2 狭幅部とは、幅200mm以下で帯状にはく離している幅の狭い箇所をいう。

2. 注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法

「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」と同様に、目安として一箇所の浮き面積が 0.25m^2 未満の場合に採用されます。「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」がエポキシ樹脂を注入した後にアンカーピンを打ち込むのに対して、この工法では先に注入口付のアンカーピンで固定してから注入口にエポキシ樹脂を注入します(図3)。

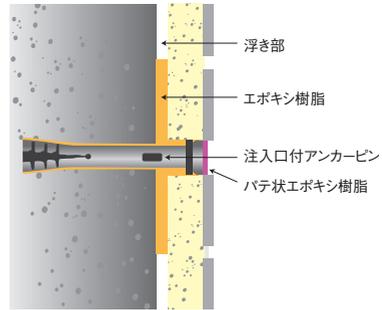


図3 注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法

これにより、注入時の浮き拡大を防止することができます。

アンカーピンニングの本数は、一般部分で9本/ m^2 、指定部分^{※1}で16本/ m^2 、狭幅部^{※2}では幅中央部に200mmピッチが標準です(図4)。

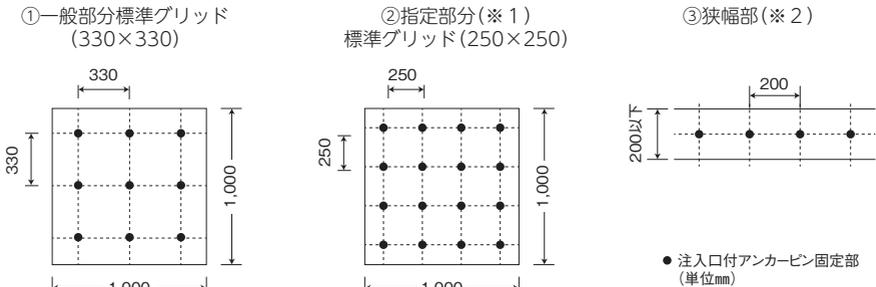


図4 標準配置グリッド(注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法)²⁾

※1 指定部分とは、見上げ面、ひさしのはな、まぐさ隅角部分などをいう。

※2 狭幅部とは、幅200mm以下で帯状に剥離している幅の狭い箇所をいう。

「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」と「注入口付アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」は、タイル張り仕上げ層のはく落に対する安全性を確保できる工法ですが、さらに耐久性が求められる場合には、「アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」または「注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」が用いられます。

3. アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法

目安として一箇所の浮き面積が 0.25m^2 以上の大きな浮きの場合に採用され、はく落に対する安全性に加え耐久性を確保することができる工法です。

「アンカーピンニング部分エポキシ樹脂注入工法」と同様にエポキシ樹脂を注入した後にアンカーピンを打ち込み、さらに残存する浮き部分に別の注入孔を削孔し、浮き部分全体にエポキシ樹脂を充填させます (図5)。

一般部で、アンカーピンニングの本数は $13\text{本}/\text{m}^2$ 、注入孔の本数は $12\text{本}/\text{m}^2$ が標準です (図6)。

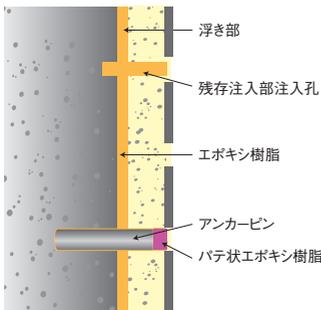


図5 アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法

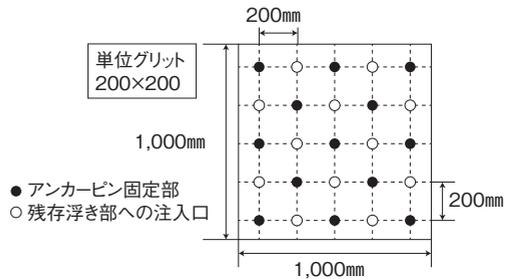


図6 標準配置グリッド (アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法) ¹⁾

4. 注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法

「アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」と同様に目安として一箇所の浮き面積が 0.25m^2 以上の大きな浮きの場合に採用され、「アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法」では先行するエポキシ樹脂の注入時に注入圧によりタイルの浮き部分が拡大してしまうことが懸念される場合に、それを防止する工法として注入口付が採用されています。

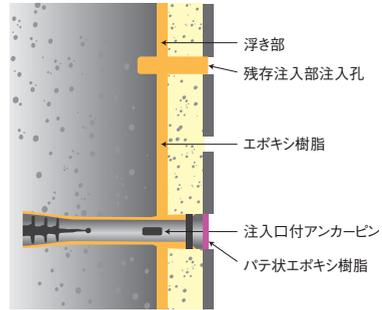


図7 注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法

注入口付のアンカーピンを打ち込んだ後、注入口からエポキシ樹脂を注入します。さらに残存する浮き部分に別の注入孔を削孔し、浮き部分全体にエポキシ樹脂を充填させます（図7）。

一般部で、アンカーピンニングの本数は $9\text{本}/\text{m}^2$ 、注入孔の本数は $9\text{本}/\text{m}^2$ 、指定部分^{※1}でアンカーピンニングの本数は $16\text{本}/\text{m}^2$ 、注入孔の本数は $16\text{本}/\text{m}^2$ 、狭幅部^{※2}ではアンカーピンニング・注入孔を交互で幅中央部に 200mm ピッチが標準です（図8）。

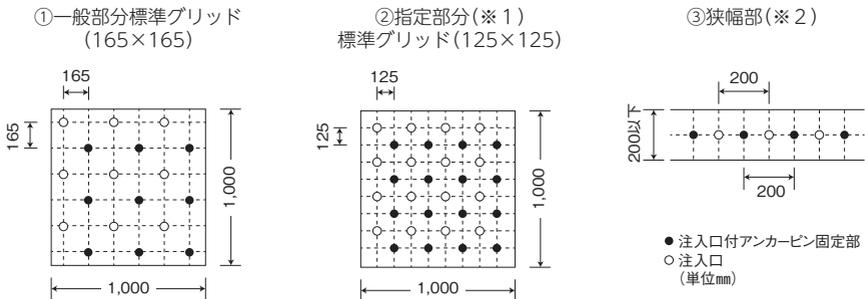


図8 標準配置グリッド（注入口付アンカーピンニング全面エポキシ樹脂注入工法）²⁾

※1 指定部分とは、見上げ面、ひさしのはな、まぐさ隅角部分などをいう。

※2 狭幅部とは、幅 200mm 以下で帯状に剥離している幅の狭い箇所をいう。

5. 注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法

俗に「脳天打ち工法」と呼ばれ、浮きがタイル陶片のみの場合で、浮きの範囲が比較的小さい場合に採用されます。

この工法はタイル1枚ずつを固定する方法で、タイル中央部分を削孔し、注入口付アンカーピンによるピンニングを行います (図9)。

タイル中央にピンニングを行うため、他の工法に比べて改修部位が目立ちやすい工法です。また、モザイクタイルの場合や浮きの範囲が広い場合にこの工法を採用することは効率的でないと考えられるので、採用にあたっては慎重に検討する必要があります。

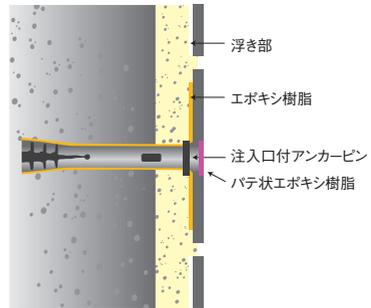


図9 注入口付アンカーピンニングエポキシ樹脂注入タイル固定工法

- 出典 1) 東日本躯体エンジニアリング(株) ホームページ
2) コニシ(株) ボンドC Pアンカーピン工法



6

改修工事 3 (タイル張替え)

欠損部の改修工法として、「タイル張替え工法」または「タイル部分張替え工法」を適用します。欠損部が「下地モルタル層を含んだ欠損」の場合は「タイル張替え工法」を、「下地モルタル層を含まない欠損」の場合は「タイル部分張替え工法」を選択します。また、浮きがある場合で浮き部分が通常の打撃力によってはく落する恐れがある場合に、タイルをはく落させた部分およびひび割れ改修でタイルを除去した部分にも「タイル部分張替え工法」を適用します。

いずれの場合でも、躯体コンクリートに劣化が認められないことを確認する必要があり、躯体コンクリートにはく落等の欠陥がある場合には、事前に躯体コンクリートを含めた改修が必要となります。

1. タイル張替えの注意点

部分張替え工法の場合は、既存のタイル在庫がない場合も多く、色合せが難しいことから改修部分が目立つことが多々あります(写真1)。必ずしも発注者に喜ばれる選択とは限らない工法ですので、選択の判断は慎重に行う必要があります。

また、タイル欠損部の下地モルタルは、脆弱な部分を確実に除去し、適切な下地処理を行ったうえで張替えを実施する必要があります。

2. タイル部分張替え工法の概要

「タイル張替え工法」は基本的には新築のタイル張り工法と同様であり、ここでは「タイル部分張替え工法」の概要を示します。

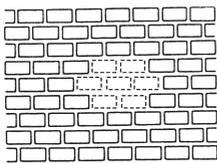
張替えに使用するタイル張付け用材料は、塗厚が大きい場合にはポリマーセメントモルタルとし、比較的薄い場合はポリマーセメントモルタルまたは外装タイル張り用有機系接着剤(JIS A 5557)とします。

有機系接着剤を使用する場合は、目地のシーリング材と接着剤が接触する部分で互いの成分の影響によりシーリング材および接着剤の汚れ、未硬化等の原因となることがあるため、事前に試験によって確認しておく必要があります。

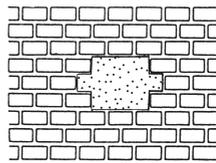
図1にタイル部分張替え工法の手順を示します。



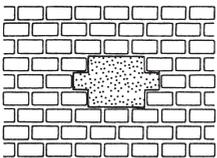
写真1 タイル部分張替えにより改修部分が目立つ例



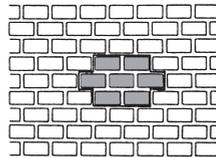
タイル剥落



下地処理



ポリマーセメントモルタル
または外装タイル張り用接着剤



タイル部分張替え

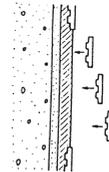


図1 タイル部分張替え工法¹⁾

出典 1) 国土交通省大臣官房長官宮繕部監修 建築改修工事監理指針平成25年版

7

改修工事 4 (新たな外壁仕上げを施す工法)

1. 外壁複合改修構工法 (湿式改修工法)

この工法は通称「ピンネット工法」と呼ばれ、既存仕上げ層を残したまま、アンカーピンと繊維ネットを複合して用いることにより、ピンによる仕上げ層のはく落防止と、繊維ネットによる既存仕上げ層の一体化により安全性を確保しようとするものです。また、透明度の高い複合層を構成し、既存仕上げ層の外観を活かす工法もあります。

外壁複合改修構工法の概念図を図1に示します。

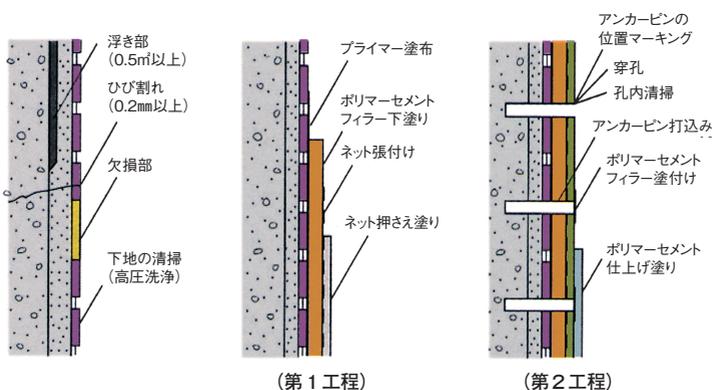


図1 外壁複合改修構工法の概念図¹⁾

現在、外壁複合改修構工法に分類される多くの改修工法が存在し、国土交通省 (旧建設省) の建設技術評価を取得した工法のほか、次の第三者機関による認証を受けた工法もあります。一つは日本建築センターの実施する「建設技術審査証明書 (建築技術)」を取得した工法。もう一つはベターリビングにおいて評定 (材料施工) を取得した工法です。それらを含め、工法を選定するうえでの参考となるよう、代表的な外壁複合改修構工法の種類を図2に示します。

新たな外壁仕上げを施す工法

建設省（現国土交通省）の建設技術評価を取得した工法

- ・「タケモルピンネット工法」○ …………… 全日本外壁ピンネット工事業協同組合
- ・「ネットバリアー工法」○☆ …………… (株)ノリテック
- ・「インターネットカバー工法」○☆ …………… (株)内外テクノス
- ・「スーパーフィラーGSピンニングネット工法」○ …………… (株)エービーシー商会

日本建築センターの「建設技術審査証明書（建築技術）」を取得した工法

- ・「ボンドカーボンピンネット工法」○☆ …………… コニシ(株)
- ・「GNSピンネット工法」○☆ …………… 全国ビルリフォーム工業協同組合
- ・「コンスネット工法」 …………… (株)コンステック、フネン建材(株)、三菱樹脂(株)
- ・「ハマテックス・ネットアンカー工法」★ …………… (株)ハマキャスト
- ・「リアネットE工法」○ …………… (株)NTT・ファシリティーズ、
(株)コンステック 補修補強技術部、三菱樹脂(株)

その他の工法

- ・「アドグラピンネット工法」★ …………… (株)テクノネット21
※「GNSピンネット工法」による下地に適用する

- …仕上げとして塗装・仕上塗材を適用できる工法
- ☆…仕上げとしてタイル張りを適用できる工法
- ★…仕上げとして石材調仕上塗材・石材調シート材を使用する工法

既存のタイル張りの外観を残す工法

ベタリビングの評定（材料施工）を取得した工法

- ・「JKセライダー工法」 …………… 日本樹脂施工協同組合
- ・「エバークガードEG-1工法」 …………… (株)ダイフレックス

その他の工法

- ・「ボンドクリアピンネット工法」 …………… コニシ(株)
- ・「アドグラ・クリアガード工法」 …………… (株)テクノネット21
- ・「クリアウォール工法」 …………… 東亜合成(株)
- ・「セブンS工法」 …………… (株)セブンケミカル
- ・「タイルセラクリーン」 …………… エスケー化研(株)

図2 外壁複合改修構工法の例



また、外壁複合改修構工法を採用するにあたっての共通の注意事項として、特に次に挙げる事項をよく確認し、事前に計画書や検討書を作成のうえ、建物所有者の理解を得ておくことが必要です。

- ①適応可能なタイルか（形状・強度、吸水率等の物性）
- ②はく落しないことの理論的および実証上の裏付けがあるか（地震・強風に対する検討、施工上の前提条件の適切性）
- ③強度の耐久性についての検証がされているか
- ④樹脂材料の経年による変色に関して、その程度を認識できているか
- ⑤笠木周り、サッシュ周り、その他外壁構築物に対して適切な納まりを確保できるか
※タイルの背面に水が回ると、再乳化（白濁現象）や水蒸気圧によるふくれ等の問題が生じる。
- ⑥本来必要な躯体のひび割れ誘発目地や伸縮調整目地はあるか
- ⑦事前に浮き部分の注入による固定が完了しているか
- ⑧アンカーピンの天端に着色する場合、その部分が早期に変色しないか
- ⑨品質を保証できる施工管理の手法が確立されているか

2. 乾式改修工法

既存の外壁仕上げを存置したまま、その外側に新たな外壁仕上面を乾式工法によって構築する工法がいくつかあります。外壁・外装の一部または全面をカバーすることにより、全面的なタイル等の落下防止や建築物全体の機能の回復、美観の向上・外断熱性能の付加や防水性の向上等多くの性能向上が可能で、比較的高級な改修工法といえます。代表的なものとして、次のような工法（構法）があります。

- ・ GRCパネルを用いた乾式改修構法
- ・ 金属パネルによる外壁カバー工法
- ・ 金属系カーテンウォールによる全面カバー工法
- ・ タイル乾式複合パネルを用いた乾式被覆改修構工法

いずれの工法（構法）も、止水面の考え方や地震時の建物の挙動に対する追従性、仕上げ厚の制約等それぞれの特徴を有しますが、外装材として新たに設計されたことになるので、設計責任の所在は明確にしておく必要があります。

また、耐風圧や耐火性、結露他外装材としての性能の確認はもとより、建物の特性や改修の目的を考慮したうえで最適な工法を選択します。

さらに、全ての工法があと施工アンカーを使用した工法で、アンカーの信頼性の確認や、事前のX線探査等による鉄筋位置の把握等が必要です。特に鉄筋に干渉した際にアンカーを打ち直す場合には、アンカーによるコンクリート破壊の影響範囲を避ける必要があることや、アンカー位置の変更によりファスナーや下地金物にかかる曲げ応力が大きくなることを把握したうえで、それぞれの工法がどう対応しているのかを含め事前に確認しておくことが重要です。

図3から図8に、それぞれの工法（構法）の概要図と特徴を示します。

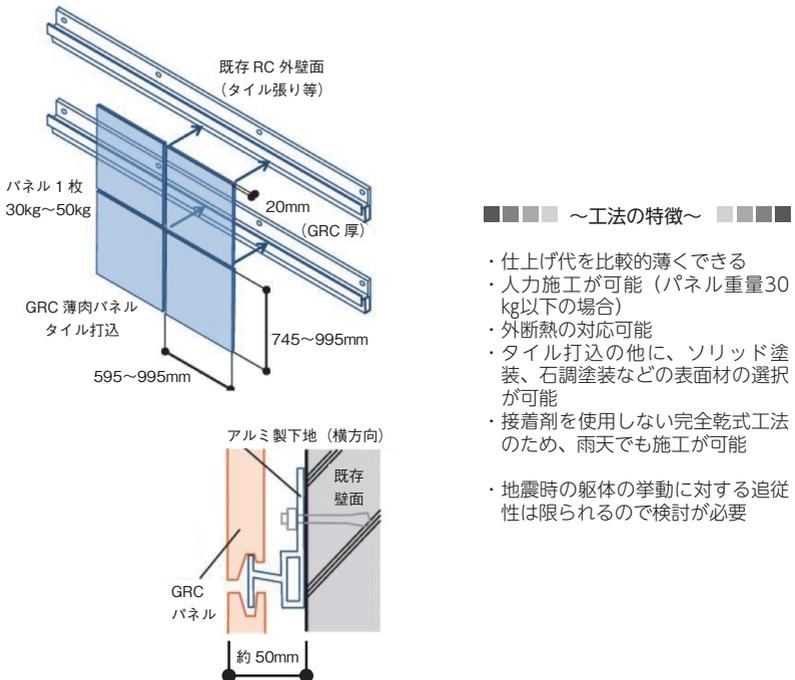
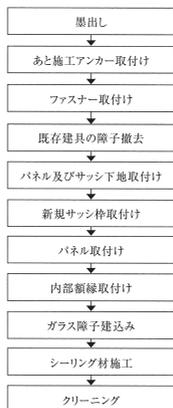
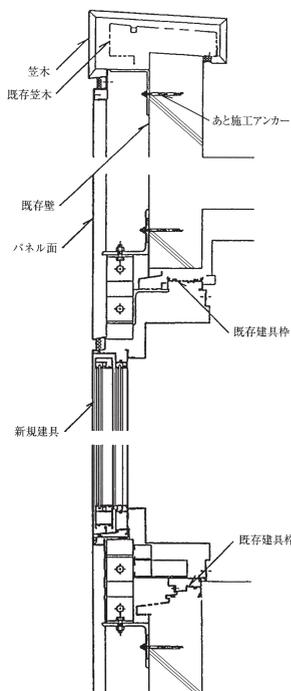


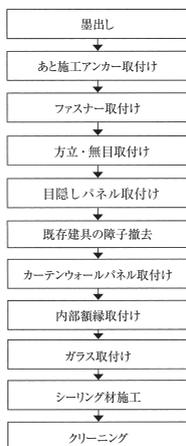
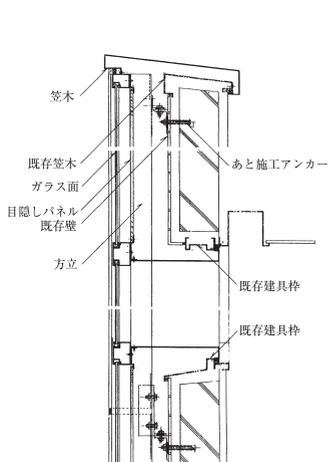
図3 GRCパネルを用いた乾式改修構法の例²⁾



■ ■ ■ ■ ~工法の特徴~ ■ ■ ■ ■

- ・ 仕上げ代を比較的薄くできる
- ・ 材料が比較的軽く、施工性は良い
- ・ 表面処理方法、色の選択により外観イメージを大きく変えることができる
- ・ 既存建具の劣化度合いによって既存建具を使用する工法もある
- ・ 接着剤を使用しない完全乾式工法のため、雨天でも施工が可能
- ・ 地震時の躯体の挙動に対する追従性は限られるので検討が必要

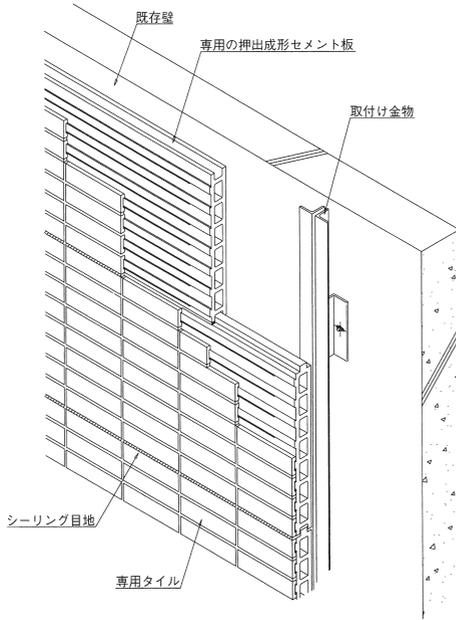
図4 金属パネルによる全面外壁カバー工法の例³⁾
(図は既存の建具を使用しない工法の例)



■ ■ ■ ■ ~工法の特徴~ ■ ■ ■ ■

- ・ 既存の外壁面の外側に新規のカーテンウォールを構築する工法
- ・ スパンドレル方式、方立て方式等の取付け形態を選択でき、地震時の躯体の挙動に対する追従性に優れる
- ・ 接着剤を使用しない完全乾式工法のため、雨天でも施工が可能
- ・ 金属パネルによる工法よりも大きな仕上げ代を要する

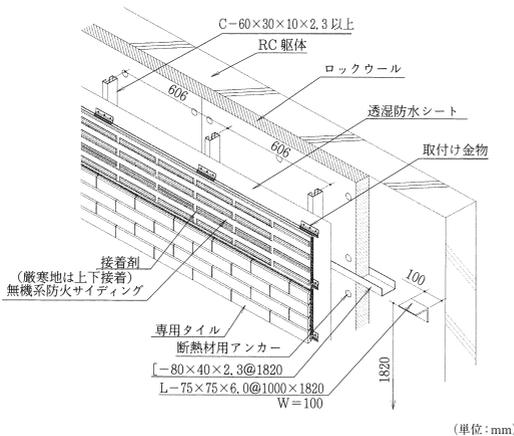
図5 カーテンウォールによる全面カバー工法の例³⁾



■ ■ ■ ■ ~工法の特徴~ ■ ■ ■ ■

- ・外断熱の対応可能
- ・下地の剛性が大きいいため平面精度が出しやすい
- ・シーリングを併用することにより止水面として構築できる
- ・タイルの固定に接着剤を使用するため雨天では施工不可
- ・押し成形板に厚みがあるため比較的大きな仕上げ代が必要
- ・地震時の躯体の挙動に対する追従性は限られるので検討が必要

図6 タイル乾式複合パネルを用いた乾式被覆改修構工法の例①³⁾
(押出成形セメント板複合パネル構工法)

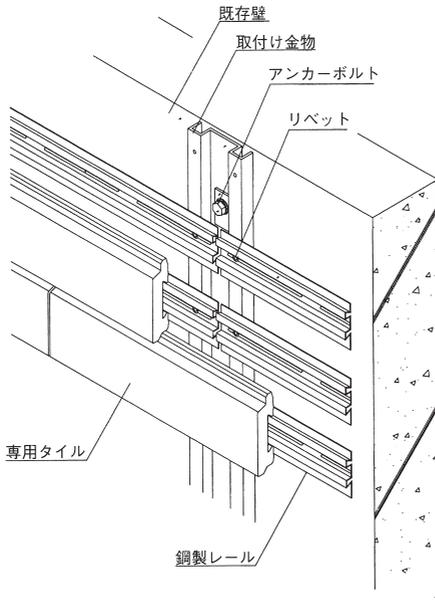


■ ■ ■ ■ ~工法の特徴~ ■ ■ ■ ■

- ・外断熱の対応可能
- ・仕上げ代は比較的薄くできる
- ・防水シートとの併用により止水性をもたせることができる
- ・タイルの固定に接着剤を使用するため雨天では施工不可
- ・地震時の躯体の挙動に対する追従性は限られるので検討が必要

図7 タイル乾式複合パネルを用いた乾式被覆改修構工法の例②³⁾
(無機系防火サイディング複合パネル(外断熱)構工法)





■ ■ ■ ■ ~工法の特徴~ ■ ■ ■ ■

- ・外断熱の対応可能
- ・仕上げ代は比較的薄くできる
- ・構成部材が軽量なため施工性に優れる
- ・防水シートとの併用により止水性をもたせることができる
- ・タイルの固定に接着剤を使用するため雨天では施工不可
- ・地震時の躯体の挙動に対する追従性は限られるので検討が必要

図8 タイル乾式複合パネルを用いた乾式被覆改修構工法の例③³⁾
(金属レール複合パネル構工法)

- 出典 1) タイル外壁リニューアル研究会 これからのタイル張り仕上げ外壁リニューアル
 2) 東急建設(株)ホームページ プラスリム工法 (東急建設(株)、(株)ニチアスセムクリート、YKK AP(株))
 3) 国土交通省大臣官房長官宮繕部監修 建築改修工事監理指針平成25年度版

8 エポキシ樹脂とはなにか？

タイル張り外壁の補修に欠かせない材料の一つであるエポキシ樹脂は、1938年にスイスで特許が出願されてから広範囲な用途が開発され、現在に至ります。

1. エポキシ樹脂とは

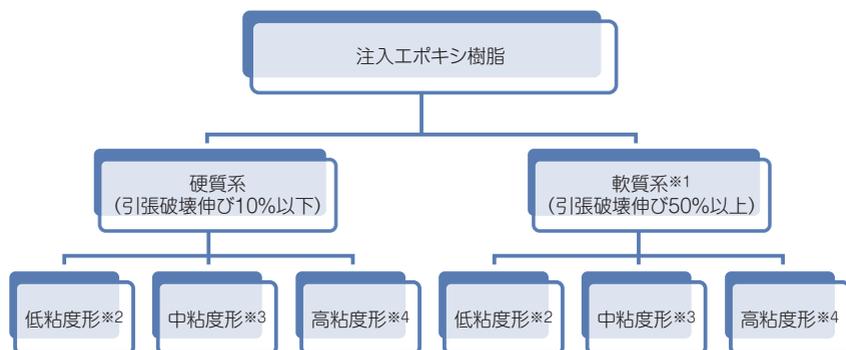
1分子中に2個以上のエポキシ基と呼ばれる反応基を持つ合成樹脂を、エポキシ樹脂と総称します。加熱により硬化する一液型エポキシ樹脂もありますが、ほとんどは硬化剤を混合することによってエポキシ基が反応して硬化する二液型です。

エポキシ樹脂は、いくつかの施工管理ポイントをおさえれば多くの優れた性能を発揮します(表1)。また、原料となる化合物や硬化剤の種類等によって物性が変化するので、目的に合わせて使い分けことが可能です(図1)。その用途は多岐にわたり、接着剤、塗料、絶縁材、炭素繊維等と組み合わせた複合素材等として、建設業のほか、電子部品から航空機まで広い分野で利用されています。

表1 エポキシ樹脂の特徴

長所	短所
<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートやモルタルとの接着性に優れる ・注入から硬化後までの体積変化が小さい ・強度が高い ・経年の耐久性、耐薬品性、耐熱性、耐水性、電気の絶縁性等に優れる ・JIS規格があり、一定の品質が保証される ・性状の種類が豊富で、目的に合わせて使い分けられる 	<ul style="list-style-type: none"> ・紫外線への暴露による黄変と劣化 ・湿潤面への接着不良 ・混合不良による硬化不良の可能性 ・混合からの可使用時間の管理が必要 ・5℃以下では硬化不良を起こす

タイル張り外壁の補修には、「注入エポキシ樹脂」が使われます。注入エポキシ樹脂はJIS A 6024：2015（建築補修用および建築補強用エポキシ樹脂）の中で規格されており、引張破壊時の伸びや粘性によって図1のように区分されます。



- ※ 1：可とう性とも呼ばれ、多少の変形に追従できる
- ※ 2：液状
- ※ 3：マヨネーズ状
- ※ 4：グリス状
- ※ 2～4：全種類についてさらに、施工時期による区分として「一般用（春・夏・秋用）」と「冬用」に分類される。

図 1 注入エポキシ樹脂のJIS A 6024：2015による分類

2. 原爆ドーム保存工事での採用実績

日本国内の構築物補修でエポキシ樹脂を本格的に使用した初めての事例は、広島市の原爆ドーム保存工事です。

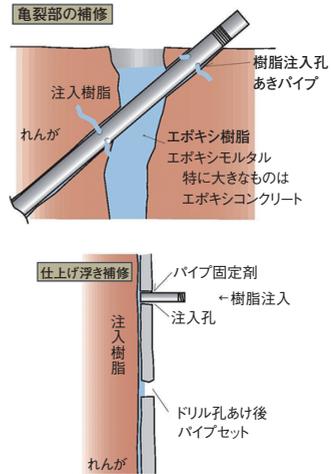
原爆ドームでは、被爆後の状況をそのまま保存することを目的として、構造物の劣化進行を抑制するための保存工事が過去に3回行われました。このうち、第1回と第2回の補修でエポキシ樹脂が活用されています。



写真 1 原爆ドーム

表2 原爆ドームの保存工事履歴

第1回 1967年	<ul style="list-style-type: none"> ・壁の亀裂へのエポキシ樹脂注入 (図2) ・壁仕上げモルタルは離部へのエポキシ樹脂注入 (図3) ・崩落した壁体の立て起こし ・鉄骨による水平剛性補強 他
第2回 1990年	<ul style="list-style-type: none"> ・壁のレンガ、モルタルのひび割れをエポキシシーリングでUカット注入 ・壁面のアンカーピンニング併用エポキシ樹脂注入補強 ・レンガ目地の撤去とエポキシ樹脂目地の注入 ・躯体に浸透性吸水防止材を含浸 他
第3回 2002年	<ul style="list-style-type: none"> ・外壁頂部に笠木設置 ・内部への雨水流入防止措置 他

図2 壁仕上げ浮き部への注入²⁾

第1回補修当時、エポキシ樹脂は国内生産が始まったばかりの新しい材料で、使用量は約20トンに及びました。品質管理の一環として経年による物性変化試験が計画され、供試体が原爆ドームの内部で保管されました。20年後と30年後に強度試験が実施された結果、材齢30年のものは材齢20年のものと比較して、曲げと圧縮の強度は上昇傾向にあり、曲げと圧縮の弾性率、体積等はほとんど変化がないという結果が得られています。³⁾

出典 1) 広島市ホームページより抜粋編集

2) 広島市ホームページ

3) 日本建築学会大会学術講演梗概集1247 (1998年9月) 原爆ドーム保存工事に用いられたエポキシ樹脂の満30年経過後の物性試験結果

9 タイル工事の保険

外壁がはく落すると危険であることはもちろんですが、補修費用も問題になります。万が一のはく離発生時の補修に備えて利用できる保険は、現在のところ次の二つがあります。いずれも、補修工事に必要な材料費や人件費がカバーされ、調査用の足場損料等は対象外です。

1. 専門工事事業総合補償制度

建設産業専門団体連合会（以下、建専連）が運営する制度で、施工瑕疵保証や第三者への賠償事故補償等がなされます。加入できる対象者は、建専連所属かつ専門工事事業総合補償制度を採用している団体に所属する施工業者です。保険料は年間完工高に応じて決定し、保険加入期間に引渡しをした全物件の施主に対して保証書が発行される仕組みになっています。保証の内容および期間は団体ごとに定められていますが、いずれも施工上の重大な過失が原因のはく離は保証されません。また、全ての専門工事業者がこの保険に加入しているとは限らないので、確認が必要です。

2. Q-CAT保険

Q-CATは外装タイル接着剤張りに関する材料の品質基準を定める制度で、全国タイル工業組合が運営しています。Q-CATマークが表示された製品を、指定された工法で施工すると、タイル工事の引渡し日から13年間、製品の品質不良によるはく離瑕疵が自動的に保証されます。

Q-CATは、建築工事監理指針（平成25年版）並びにJASS19（陶磁器質タイル張り工事）にも記載されており、タイルと接着剤および施工に使うくし目ごての選定の良否が容易に判断できる制度です。

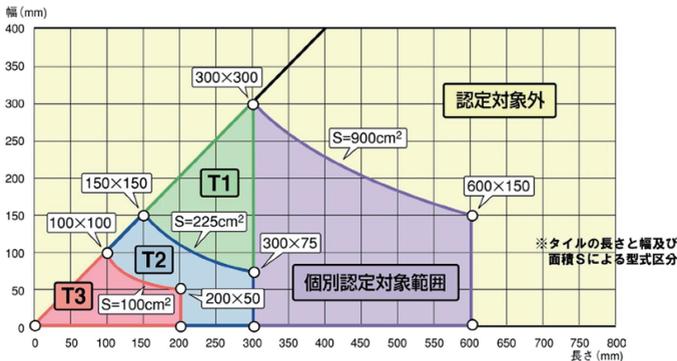


1) 製品の認定

JIS A 5209:2014 (セラミックタイル) では、接着剤張りするタイルの裏あしについて「なくてもよい」と記載するにとどまりますが、Q-CATではJISの規格を基本に、接着剤の充填性を考慮した裏あしの高さと同裏面反りの基準を独自に設けています。接着剤についても、JIS A 5557:2010 (外装タイル張り用有機系接着剤) を基本にして、ずれ抵抗性、耐候性、押出成形セメント板下地への接着性等を考慮した基準を設けています。

この基準に適合する製品は、製造業者からの申請に応じて、タイルは長さ、面積、単位面積質量によってT1～T3型に、有機系接着剤はずれ抵抗性によってC1～C3型(窯業系サイディング下地用はY1～Y3型)に区分され、認定マークが付与されます。

さらに、これらの製品を使うだけでは保証は受けられず、タイルと接着剤の組合せおよび接着剤のくし目条件の規定を満たす必要があります。

図1 認定マーク例¹⁾図2 タイル型式の範囲¹⁾

2) 型式認定と個別認定

認定マークが付与された製品を、型式に応じて指定される組合せと施工方法で施工することにより、組合せ品質が確保されていると認められるのが「型式認定」です。型式認定を利用すれば、個別に組合せについて評価を受けずとも自動的に保証を受けることができます。

また、型式認定の範囲外の大きさのタイルでも、長さ600mm以下、面積900cm²以下であれば、タイル製造業者が品質を保証できる接着剤と施工方法を個別に申請することによって「個別認定」を受けることができ、同様に保証を受けることができます。

図3 タイルと接着剤の組合せ¹⁾

認定区分	タイルの形式区分		組合せ可能な接着剤 ^{*1}	施工方法（くし目条件）
形式認定	T1型	300角等	C1型、Y1型	目地詰めありの場合： 5mmくし目＋ヴィブラート
	T2型	二丁掛等	C2型（C1型） Y2型（Y1型）	目地詰めありの場合： 5mmくし目 目地詰めなしの場合： 5mmくし目平押さえ
	T3型	モザイク タイル等	C3型（C1～2型） Y3型（Y1～2型）	目地詰めありの場合： 3mmくし目 目地詰めなしの場合： 5mmくし目平押さえ
個別認定	それ以外 ^{*2} 樹脂連結や裏ネット品を含む		タイルメーカーが 指定する接着剤	認定時に指定した施工方法

※1：接着剤型式「C1～C3型」：モルタル系下地が対象
接着剤型式「Y1～Y3型」：窯業系サイディング下地が対象
※2：長さ600mm以下、面積900cm²以下を上限とする

なお、Q-CATの認定品および工法を採用しても、下地の状態等によっては必ずしも所定の品質が確保できない場合があると考えられます。そのため、認定されていない材料と同様に試験施工を行ってタイル裏面への接着剤の充填状況を確認し、くし目ごとの選定が適切であるかなどを、現場毎に検証することが必要です。

参考文献

- 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25年版
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 平成25年版
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（建築工事編）平成25年版
国土交通省大臣官房官庁営繕部監修 公共建築改修工事標準仕様書（建築工事編）平成25年版
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）
日本建築仕上学会 ALCパネル現場タイル張り工法指針・同解説 第3版
全国タイル業協会 タイル手帖
全国タイル業協会編 図解タイル工事早わかり（オーム社）
雇用・能力開発機構職業能力開発総合大学校能力開発研究センター編 改訂タイル
日本セラミックス協会 ホームページ セラミックス博物館
タイル外壁リニューアル研究会 これからのタイル張り仕上げ外壁リニューアル -安全・長寿命・美しい景観作り- (株)テツアドー出版
井上書院 ワンポイント=建築技術 タイル工事
(株)LIXIL タイルの知識
(株)LIXIL タイル張り最新設計・施工マニュアル
(株)LIXIL ホームページ
(株)LIXIL タイル・建材総合カタログ
淡陶(株) 日本のタイル文化
鹿島出版会 リニューアルマニュアル -外壁仕上げ・屋上防水編

委員名簿

関西委員会技術部会 部会長 中島 正毅 (竹中工務店)
副部会長 森永 照夫 (浅沼組)
委員 阪井 聡 (大林組)
// 榊田 宗孝 (奥村組)
// 林 正宏 (鹿島建設)
// 有川 浩二 (鴻池組)
// 西 博康 (清水建設)
// 藤本 哲朗 (銭高組)
// 増岡 照雅 (大成建設)
// 清水 隆光 (村本建設)

外壁タイル専門部会 主査 五島 只禄 (竹中工務店)
副主査 有信 智紀 (清水建設)
// 上野 智史 (銭高組)
委員 若佐 武史 (浅沼組)
// 福田 一夫 (大林組)
// 南部 大介 (奥村組)
// 村上 竜也 (鹿島建設)
// 齊藤 幸代 (鴻池組)
// 増岡 照雅 (大成建設)
// 竹林 幹高 (村本建設)

本誌掲載内容の無断転載を禁じます。

工法の変遷から学ぶ 外壁タイルの施工と保安全管理のポイント
平成27年3月



編集・発行

一般社団法人 日本建設業連合会 関西委員会

〒540-0031 大阪市中央区北浜東1-30

TEL 06-6941-4788 FAX 06-6946-8301

URL <http://www.nikkenren.com>