

大形タイル調デザイン外壁「リニアートパネル®」の開発

水上 卓也 小川 晴果 三谷 一房
猪飼 富雄 坂田 尚子
(本社設計本部) (本社設計本部)

Development of “Lineart Panel: Large Tile Finishing of Exterior Wall”®

Takuya Mizukami Haruka Ogawa Hitofusa Mitani
Tomio Ikai Naoko Sakata

Abstract

Recently, extruded cement panels have been frequently used with the exterior walls of buildings to shorten the construction period and reduce costs. Further, there is demand to finish the exterior walls of buildings with large tiles and stones. However large tiles and stones increase the cost and to tile spalling. buildings with extruded cement panels covered by large tiles, need to be resistant A popular measure for preventing tile in is to fix steel wire to the back of a tile on a wall. However, this method is not as efficient as conventional methods of mortar rendering. The mortar rendering method is efficient, but it cannot ensure safety against tile spalling. We conducted a hammering test on buildings with exterior walls. We developed the “lineart panel®” which is an exterior finishing technology that exhibits excellent design characteristics, presents high-quality finishing, and is easy to install. We confirmed that the “lineart panel®” showed sufficiently high performance required for the exterior walls of medium-to-low-rise buildings.

概 要

近年、工期短縮やコストダウンの要求から、建物外装に押出成形セメント板（ECP）が多用されている。これに伴い、ECPを意匠性に富み、高級感のある大形タイルや石材で仕上げたいという要望も増えている。一方、大形タイルや石材はコスト高となり、剥落に対する安全性も求められる。ECPに大形タイルを施工する場合、引き金物を用いて剥落防止対策を行う乾式工法では施工効率が低下する。また、在来モルタル張りなどの湿式工法は、施工性は良いが、タイル陶片の剥落に対する安全性が確保されていないため、10年毎の全面打診検査が義務付けられている。そこで、ECPに対して、意匠性に富み、高級感があり、簡易に施工できる外装仕上げ技術として「リニアートパネル®」を開発した。本報では、中低層建築物の外壁に求められる「リニアートパネル®」の基本性能を確認した。

1. はじめに

近年、工期短縮やコストダウンの要求から、建物外装に中空で軽量の押出成形セメント板(以下、ECPとする)が多用されている。これに伴い、ECPを意匠性に富み、高級感のある大形タイルや石材で仕上げたいという要望も増えている。一方、大形タイルや石材はコスト高となり、剥落に対する安全性も求められる。そのため、ECP外壁に大形タイルを施工する場合には、Photo 1に示すように大形タイルの裏面に固定した引き金物を下地へ留め付けて剥落防止対策を行う半乾式の工法が一般的であるが、引き金物を用いない在来モルタル張り工法と比べて施工効率が著しく低下する。また、在来のモルタル張りなどの湿式工法は、施工性は良いが、乾式の工法のように、万が一タイル陶片が浮いた際に、その剥落に対する安全性が確保されていないため、2008年の定期報告制度の改正¹⁾により、10年毎の全面打診検査が義務付けられている。

そこで、ECPに対して、意匠性に富み、高級感があり、

簡易に施工できる外装仕上げ技術として「リニアートパネル®」を開発した。本報では、「リニアートパネル®」の曲げ強度試験、風荷重を想定した繰返し曲げ試験および塗装や目地モルタルを含む仕上げ面の接着耐久性試験を行い、中低層建築物の外壁に求められる基本性能を確認した。

2. 「リニアートパネル」の概要

2.1 「リニアートパネル」の開発コンセプト

従来のパネル外壁のタイル調塗装仕上げ工法は、塗装メーカー等で開発されているが、これらの工法では、タイル模様と目地模様ともに塗装で仕上げられており、立体感がなく陰影がつかないため、本物のタイル張り外壁のような質感を表現することは難しい。

本開発では、Fig. 1に示すように塗装下地となるECP表面を特殊なカッターで切り込み、その溝をタイルの目地部(以下、目地溝と呼ぶ)と見立てて、タイル調塗装部と目地溝の間に陰影を付け、目地モルタルを充填するこ



Photo 1 引き金物を用いた大形タイル張り工法

Large Tile Finishing by Using Anchorage Material

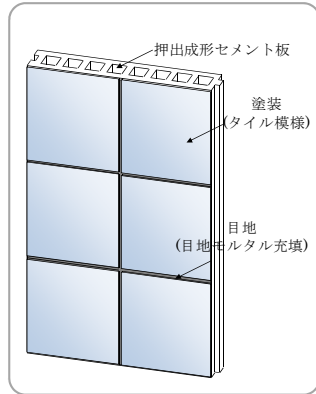


Fig. 1 「リニアートパネル」の構成材料

Composition Materials of "Lineart Panel"

とで、本物のタイルと同等の質感を表現している。

2.2 「リニアートパネル」の特徴

2.2.1 自由な色調・割付けによる高度な意匠性 ECP 表面に施す目地溝の切込み方向や本数によって、多様な形状のファサードデザインが可能となる。加えて、塗装色も自由に選択できるため、顧客や設計者の意図に合わせて、建物の外観を自在に表現できる。

2.2.2 剥離・剥落のないタイル調仕上げ タイル張り外壁で懸念される陶片の剥離や剥落が全くないため、定期報告制度で義務付けられる 10 年毎の全面打診検査が不要となり、建物を長期的に維持管理していく上で、メンテナンスコストの大幅な削減が期待できる。

2.2.3 施工性の向上に伴うコストメリット 大形タイルの質感を塗装と目地モルタルで表現できるため、材料および施工コストを約 40% 低減できる。また、剥落防止のための引き金物の取付け工程も省略できるため、工期が短縮できる。

上記の特徴について、要求性能に応じて従来工法と比較した結果を Table 1 に示す。

2.3 「リニアートパネル」の施工手順

各工程の施工手順を以下に示す。

(1) 目地溝の加工 寸法加工した ECP の表面を特殊なダイヤモンドカッターで切り込み、目地溝を付与した後、工事現場へ出荷する。

(2) ECP の取付け 一般的な ECP の取付け工事と同様の方法で行い、ECP 板間の目地溝の通りが揃うように取り付ける。

(3) タイル色調の塗装 長期の耐久性・耐候性に優れた低汚染型フッ素樹脂塗料を用いて、ローラーで鏡面仕上げを行う。

なお、塗装工程は、工事条件に合わせて、現場塗装、あるいは ECP メーカーの工場塗装を選択することがで

Table 1 曲げ試験方法
Bending Test Method

要求性能	リニアートパネル	ECP 下地への 大形タイル張り仕上げ
意匠性	○	◎
耐剥離・剥落性	○	△
工期短縮	○	×
コストダウン	○	×

きる。現場塗装ではローラー塗装、工場塗装では吹付け塗装後の加熱硬化形を標準としている。

(4) ECP の板間シーリング ECP 板間の目地部には、公共建築工事標準仕様書（平成 22 年度版）等で推奨されるシーリング材を充填する。ただし、本開発のようにシーリング材表面に塗装を行わない場合は、2 成分形変成シリコン系シーリング材が最も望ましい。

(5) 目地モルタルの充填 ECP 表面の目地溝に、特殊な樹脂を加えたタイル用の既調目地モルタルを詰め込んで仕上げる。

(6) パネル表面の洗浄 目地モルタル施工後に発生する初期のエフロレッセンスや塗装面に付着した目地モルタルを、30 倍に希釈した工業用塩酸（濃度 1.0~1.5%）により洗浄する。

3. パネルの曲げ耐力に関する試験

3.1 試験の目的

目地溝を切ることは、ECP の曲げ強度の低下につながるため、目地溝深さが曲げ強度に及ぼす影響を確認し、設計仕様として適用可能な目地溝深さを確認した。

3.2 試験の計画

3.2.1 試験体の作製 下地材となる ECP は、板厚の異なる 2 種類を用いた。試験体の形状は、試験体 B60 は幅 590×長さ 3000×厚さ 60 mm、試験体 B75 は幅 590×長さ 3000×厚さ 75 mm とした。これらのパネル表面に、深さ 1.0 mm、1.5 mm および 2.0 mm で目地溝を切削した。比較対象として目地溝を切削しない素板を試験体に加えた。試験体の仕様を Table 2 に示す。また、試験体の平面および断面を Fig. 2 に示す。

3.2.2 試験方法 曲げ強度試験は、JIS A 5441 : 2003 「押出成形セメント板 (ECP)」の曲げ強度試験に準拠して行い、目地溝面を下面として、試験体を Fig. 3 に示すようにスパン 2800 mm で支持した後、4 等分 2 線載荷により荷重を加えた。パネルが破壊した際の荷重を曲げ破壊荷重として測定した。また、パネルのたわみは変位計により測定した。曲げ強度 σ は次式により算出した。

$$\sigma = (P+W) \times L / (8 \times Z)$$

Table 2 曲げ強度試験体の仕様
Specification of Bending Test

試験体名	板厚 (mm)	目地溝 の有無	目地溝深さ (mm)	目地溝幅 (mm)	目地溝ピッチ (mm)
B60-素板	60	無	-	-	-
B60-目地1.0		有	1.0	5	600
B60-目地2.0			2.0		
B75-素板	75	無	-	-	-
B75-目地1.0		有	1.0	10	600
B75-目地1.5			1.5		
B75-目地2.0			2.0		

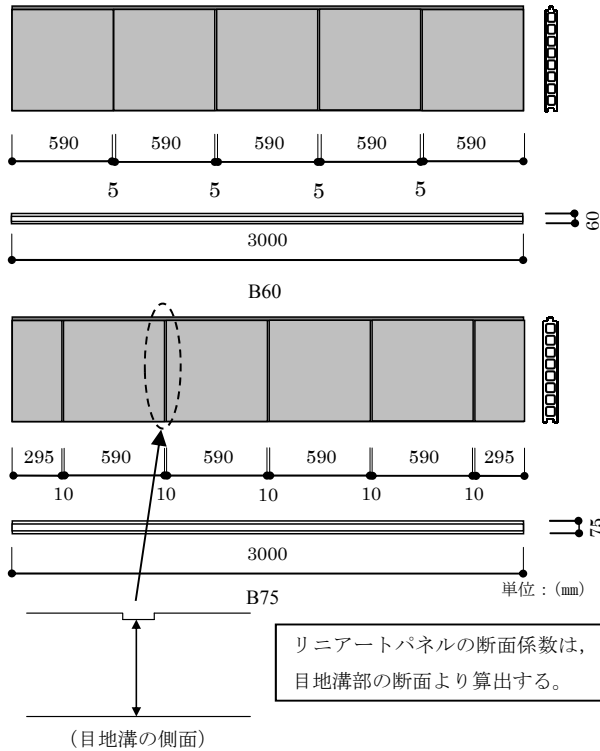


Fig. 2 曲げ強度試験体
Specimen of Bending Test

ここで、Pは破壊荷重を示し、Wは支持スパン内のパネル荷重とし、これらの和を試験体に働く最大荷重とした。Lは支持スパンを示し、2800mmとした。また、ZはFig. 2に示すように各試験体の目地溝部の断面係数を用いた。

本試験の評価基準について、JIS A 5441 : 2003「押出成形セメント板」に規定される曲げ強度の基準値 17.6N/mm^2 の1/3にあたる 5.8N/mm^2 を設計許容応力度と定義した。リニアートパネルの曲げ強度の合格基準値は、設計許容応力度 5.8N/mm^2 の2倍の安全率となる 11.6N/mm^2 以上とした。

3.3 試験結果および考察

試験結果をTable 3およびFig. 4に示す。下地材の違い(B60とB75)の影響について、B60では、目地溝深さ2.0mmまで切り込むと、曲げ強度は素板の49%まで低下し、合格基準値を満足できなかった。一方で、B75では、目地溝深さ2.0mmまで切り込んで、曲げ強度は素板の68~70%を保持しており、合格基準値を満足した。このことから、板厚の薄いB60の方が、目地溝深さの影響が大きいと考える。また、破壊状況は全ての試験体において載荷スパン内の目地溝部に沿って破壊した。以上より、本開発において、B60を用いる場合、目地溝深さ1.0mmを許容値とし、B75を用いる場合、目地溝深さ2.0mmまでを許容値とした。ただし、本開発の標準仕様は、パネル表面の加工性を考慮し、目地溝深さ1.0mmとした。

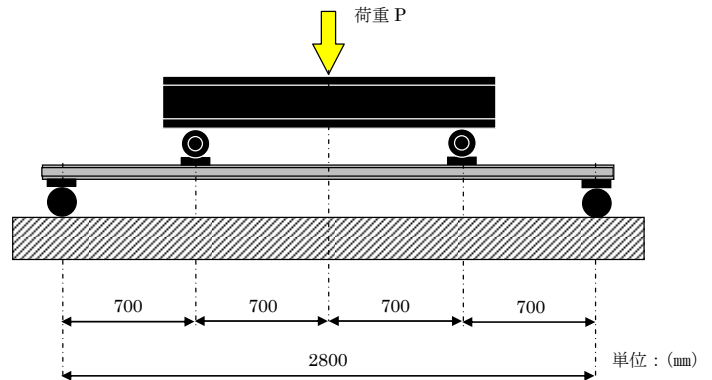


Fig. 3 曲げ強度試験方法
Bending Test Method

Table 3 曲げ強度試験結果
Result of Bending Test

材料	板厚 (mm)	目地溝深さ (mm)	曲げ破壊荷重 (kN)	断面係数 (mm^3)	曲げ強度 (N/mm^2)	合格基準値 (N/mm^2)	強度比	最大たわみ (mm)	合否判定
B60	60	0.0	14.8	313000	17.9	11.6	100	19.2	○
		1.0	9.6	300000	12.2		68	12.2	○
		2.0	6.5	280000	8.7		49	8.4	×
B75	75	0.0	23.6	463836	18.9		100	13.3	○
		1.0	15.3	442823	13.1		70	10.8	○
		1.5	14.5	432227	12.9		68	11.1	○
		2.0	14.6	421569	13.3	70	10.2	○	

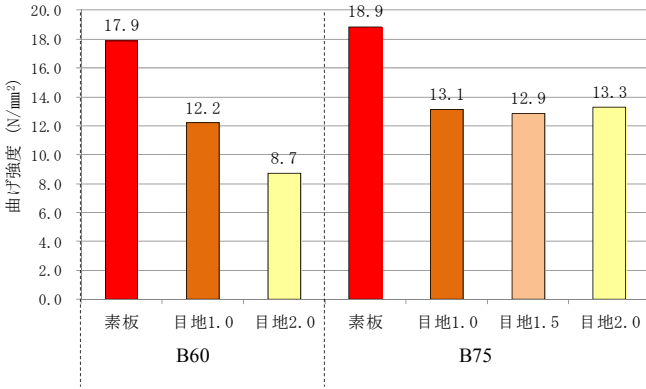


Fig. 4 目地深さと曲げ強度の関係

Relationship between Joint Depth and Bending Strength

4. パネルの耐風性能に関する試験

4.1 試験の目的

建物外壁では、繰返し風荷重が作用している。そこで、本工法の長期的な風荷重に対する耐久性を確認するため、風荷重を想定した繰返し曲げ試験により検証を行った。

4.2 試験の計画

4.2.1 試験体の作製 下地材となる ECP は、板厚の異なる 2 種類を用いた。試験体の形状について、試験体 RB60 は幅 590×長さ 3200×厚さ 60 mm とし、試験体 RB75 は幅 590×長さ 3000×厚さ 75 mm とした。これらのパネル表面に、深さ 1.0 mm で目地溝を切削した。試験体の平面および断面を Fig. 5 に示す。

4.2.2 試験方法 試験は、JIS A 1414-4 : 2008 「建築物用パネルの性能試験方法—第 4 部：長期特性に関する試験」に準拠して行い、目地溝面を下面として、試験体を支持スパン 2800 mm で支持した後、4 等分 2 線載荷 (Fig. 3) により、Photo 2 に示すような装置を用いて繰返し荷重を加えた。なお、繰返し荷重はパネルに生じる応力度が設計許容応力度の最大値 (5.8N/mm²) に達する荷重を上限値とし、その 1/3 (1.93N/mm²) となる荷重を下限値とした。繰返し回数は、連続 10 万回とし、試験後の試験体のたわみ、変形などの外観を調べて記録した。

また、繰返し曲げ試験が終了した試験体に対して、3.2.2 と同様の方法で、曲げ強度を確認した。

4.3 試験結果および考察

繰返し曲げ試験後の試験体を目視観察したところ、繰返し 10 万回後も、試験体の残留変形は小さく、ひび割れも認められないことから、パネルの外観については、健全な状態を維持していると考えられる。

次に、繰返し曲げ試験前後の曲げ強度の試験結果を Fig. 6 に示す。繰返し曲げ試験前後の曲げ強度を比較すると、RB60 および RB75 とともに繰返し試験後の曲げ強度は上昇した。従って、パネルの曲げ強度についても、健全な

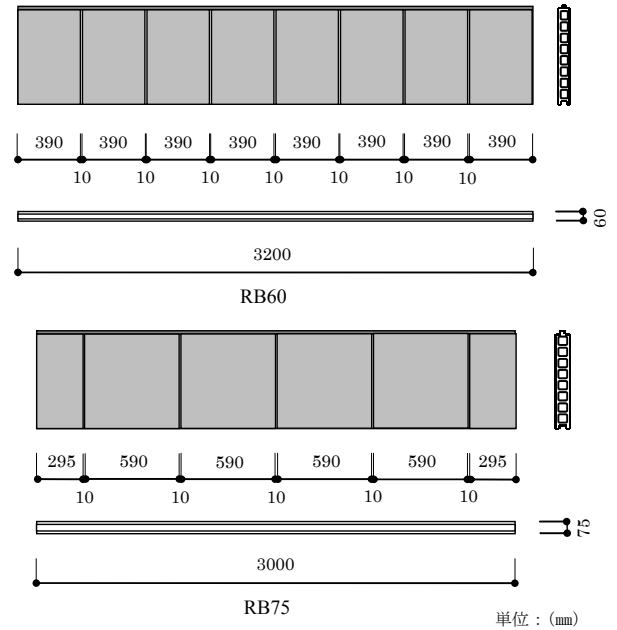


Fig. 5 繰返し曲げ強度試験体
Specimen of Repeated Bending Test

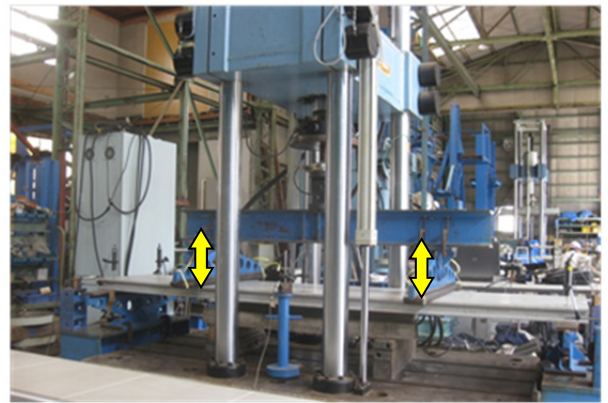


Photo 2 繰返し曲げ試験方法
Repeated Bending Test Method

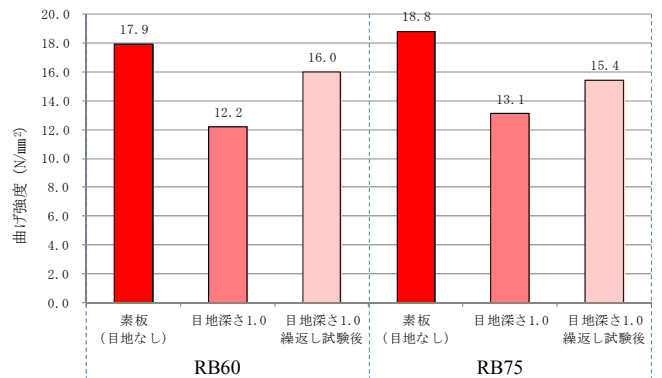


Fig. 6 繰返し曲げ試験前後の曲げ強度
Repeated Bending Test Method

状態を維持していると考えられる。本試験で認められた繰返し曲げ試験後の曲げ強度の上昇の一因については今後の課題である。

5. 仕上げ面の接着耐久性に関する試験

5.1 試験の目的

リニアートパネルでは、その表面をフッ素樹脂塗装および本物の目地モルタルで仕上げている。薄塗りで仕上げる目地モルタルの長期的な接着耐久性を確認するため、外壁面に繰返し作用する日射や降雨を模擬した促進劣化試験により検証を行った。

5.2 試験の計画

5.2.1 試験体の作製 試験体 AD60(長さ 590×幅 590×厚さ 60 mm) の表面に深さ 1.0 mm で目地溝を切削した。試験体の形状を Fig. 7 に示す。ECP 表面に Table 4 に示す仕様でフッ素樹脂塗装を行い、7 日間養生した後、目地部には特殊な樹脂を加えたタイル用の既調合目地モルタルを充填した。その後、温度 20±5℃ の室内にて 1 日養生し、促進劣化試験を開始した。

5.2.2 試験方法

(1) 熱冷繰返し抵抗性試験 試験体に対して、専用試験装置を用い、日本建築工学会規格(M-101)「セメントモルタル塗用吸水調整材の品質」に準じ、試験体表面に赤外線ランプを 105 分間照射し(試験体の表面の最高温度は約 70℃)、その後 15 分間散水することを 1 サイクルとして 300 サイクルまで行った。

熱冷繰返し抵抗性試験のサイクル数が 150 サイクルおよび 300 サイクルに達した試験体について、目視観察を行い、別途作製した試験前の試験体の状態(初期値)と比較した。

(2) フッ素樹脂塗装の付着力試験 塗装面の耐久性を確認するため、熱冷乾湿繰返しを行わない試験体(初期値)および熱冷繰返し試験 300 サイクル後の試験体について、ECP の下地表面に達するまでカッティングし、鋼製アタッチメントを貼り付けて、日本建築工学会認定接着力試験機により、最大荷重および最大荷重時の変位を求めた。試験数は 1 仕様あたり 3 箇所とした。

5.3 試験結果および考察

5.3.1 熱冷繰返し抵抗性試験の結果 熱冷繰返し 150 サイクル後および 300 サイクル後の仕上げ面の状況を Photo 3 に示す。塗装部では、フッ素樹脂塗装の剥離は認められなかった。また、目地部でも、目地モルタルの剥離は認められず、良好な接着状態であった。

5.3.2 フッ素樹脂塗装の付着力試験の結果 試験結果を Table 5 に示す。付着強さは、初期値と比べて熱冷繰返し 300 サイクル後の方が約 20% 増加した。これは熱冷繰返しの養生効果により、ECP 表層部の強度が上昇したためと考える。また、破壊状況は、初期値及び熱冷繰返し 300 サイクル後ともに ECP 表層の凝集破壊となった。以上より、熱冷繰返し 300 サイクル後もフッ素樹脂塗装面は、ECP 下地との接着性も良好であり、健全な状態を維持していると考えられる。

Table 4 接着耐久性試験体の仕様
Specification of Specimen of Adhesive Durability Test

工程	表面(タイル調)	目地
塗装	下塗り	2液形エポキシ樹脂ワニス
	中塗り	常乾形フッ素樹脂塗料用中塗り
	上塗り	建築用フッ素樹脂塗料
目地詰め	-	ポリマー混入既調合目地モルタル

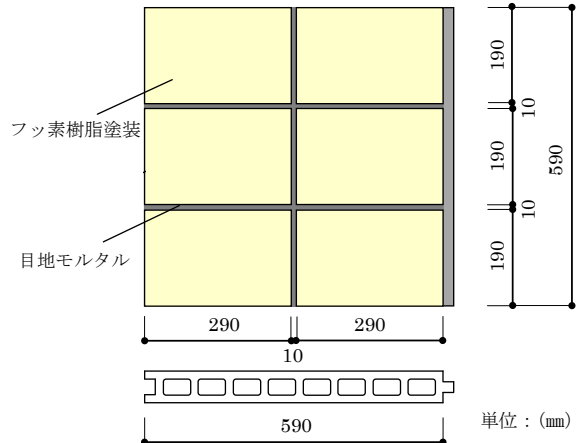


Fig. 7 接着耐久性試験体
Specimen of Adhesive Durability Test

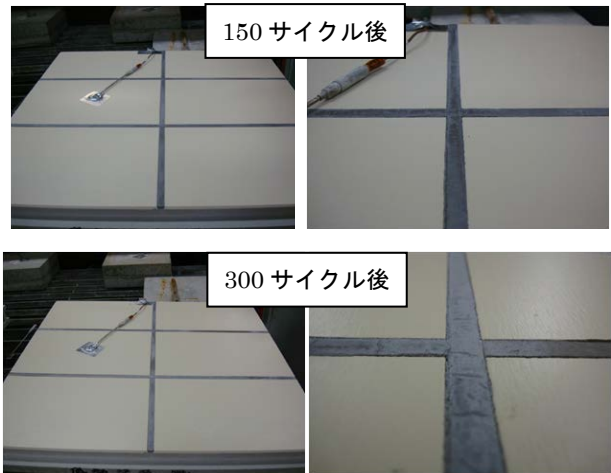


Photo 3 試験体の表面状況
Surface Condition of Specimen

Table 5 付着力試験結果
Result of Adhesive Durability Test

熱冷繰返し サイクル	試験体 No.	接着強度 (N/mm ²)	平均値 (N/mm ²)	標準偏差	強度比	破壊状況 (%)
0 (初期値)	①	4.37	4.72	0.45	100	ECP表層の凝集破壊 100
	②	4.43				
	③	5.36				
300	①	5.78	5.81	0.16	123	ECP表層の凝集破壊 100
	②	6.01				
	③	5.63				

6. 実大パネルの長期耐久性に関する試験

6.1 試験の目的

実大壁面に取り付けたリニアートパネルの長期耐久性を確認するため、外壁面に繰返し作用する日射や降雨を模擬した促進劣化試験により検証を行った。

6.2 試験の計画

6.2.1 試験体の作製 試験体 AD75（長さ 1400×幅 590×厚さ 75 mm）の表面に幅 10 mm、深さ 1.0 mm および 2.0 mm で目地溝を 600 mm ピッチで切削した後、ECP 表面に 5.2.1 と同様のフッ素樹脂塗装を行い、7 日間養生した。なお、比較対象として塗装を行わない試験体も準備した。試験体の仕様を Table 6 に示す。試験体は、Fig. 8 に示すように 3 枚のパネルを横張り工法で試験装置に取り付けた後、板間目地および試験フレームとの隙間に 2 成分形変成シリコン系シーリング材を充填した。

6.2.2 試験方法 試験は、JIS A 5430 : 2008「繊維強化セメント板」の耐加熱散水試験に準じ、試験体表面に毎分 2.5l/m² の散水を 2 時間 50 分、10 分休止後、赤外線ランプによる加熱を 2 時間 50 分行い(試験体の表面温度を 70±5℃に制御)、10 分間休止する、計 6 時間を 1 サイクルとして 200 サイクルまで行った。試験終了後に塗装面のひび割れや剥離の有無を確認した。

6.3 試験結果および考察

耐加熱散水試験 200 サイクル後の外観観察の結果、全ての試験体において、Photo 4 に示す塗装面にひび割れや剥離は認められなかった。

以上より、実大壁面においても、目地深さに関わらず塗装面は良好な接着状況を維持していた。

7. まとめ

本報では、大形タイル調デザイン外壁「リニアートパネル」を開発し、中低層建築物の外壁に求められる基本性能を確認した。以下にその結果をまとめる。

- 1) パネルの曲げ強度について、厚さ 60 mm では目地溝深さ 1.0 mm まで、厚さ 75 mm では目地溝深さ 2.0 mm まで中低層建築物に求められる曲げ性能を満足できた。
- 2) パネルの耐風圧性能について、目地溝深さ 1.0 mm の試験体では、厚さ 60 mm および厚さ 75 mm とともに 10 万回の繰返し曲げ試験後もひび割れや残留変形は認められず、健全な状態を維持していた。
- 3) 仕上げ面の耐久性について、懸念された目地部でも、目地モルタルの剥離はなく、良好な接着状態を維持していた。
- 4) 仕上げ面の耐汚れ性については、目地溝部の経年による汚れ性状について評価する必要がある、屋外

Table 6 長期耐久性試験体の仕様
Specification of Specimen of Durability Test

試験体名	取付け位置	目地溝深さ (mm)	塗装仕様
素板-目地2.0	1段目	2.0	素地
フッ素-目地1.0	2段目	1.0	フッ素樹脂塗装
フッ素-目地2.0	3段目	2.0	フッ素樹脂塗装

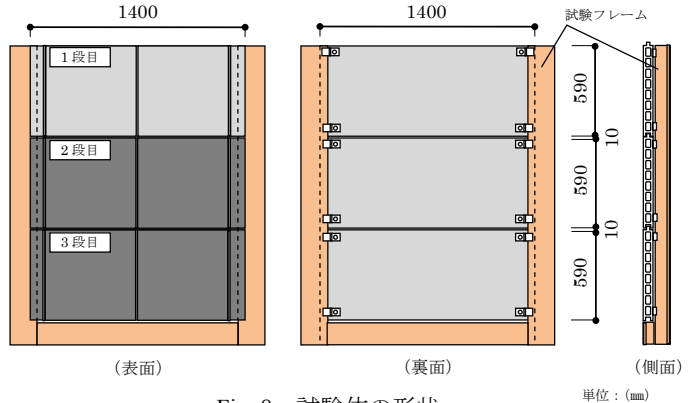


Fig. 8 試験体の形状
Shape of Specimens



Photo 4 試験後の表面状況

Surface Condition of Specimen after Durability Test

暴露したモックアップ等を用いて、継続的に検証を行う予定である。

以上より、リニアートパネルは、外装仕上げ材に求められる要求性能を満足していることが確認できた。同工法は、大形タイル調の質感を有し、外壁タイル張りで懸念される剥離・剥落が全くない上に、従来工法と比べてイニシャルコストを約 40% 低減できる新たな外装仕上げ技術として、中低層建築物の外壁へのさらなる適用拡大が期待される。

また、今後は、意匠性のさらなる向上を目指して、深目地でも曲げ強度を担保できる製品について検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建築指導課：特殊建築物等定期調査業務基準(2008年改訂版)，(財)日本建築防災協会，327p，(2008)
- 2) 水上，他：大形タイル調デザイン押出成形セメント板「リニアートパネル」，大林組技術研究所報，No.76，(2012)