

コンクリート工学年次論文集 (Proceedings of the Japan Concrete Institute)

C型アンカーピンによるタイル直張り仕上げ外壁の補修工法の性能に関する検討

--Manuscript Draft--

受付番号:	
論文種別:	論文 - Technical Paper
標題:	C型アンカーピンによるタイル直張り仕上げ外壁の補修工法の性能に関する検討
標題 (英語):	Study on the Performance of Repair Method for the Tile-Directed Finish Exterior Wall Using C-Shaped Anchor Pins
筆頭著者:	田浦 成昭
全著者:	田浦 成昭 伊藤 洋介, 博士 (工学) 栗秋 裕次 河辺 伸二, 工博
責任著者:	伊藤 洋介 名古屋工業大学 名古屋市昭和区, 愛知県 JAPAN
抄録:	タイル直張り仕上げ外壁のはく離をC型アンカーピン (以下, C型とする) の復元力により固定する補修工法の研究・開発を行ってきた。本研究では, C型を挿入した際のタイルの損傷の確認, C型の引抜き荷重と注入用樹脂を注入したタイルの引抜き強度の測定, C型を用いて注入用樹脂を注入した際のタイルの面外方向への変位の測定を行う。実験の結果, 板厚0.4mmのC型を用いれば施工時にタイルを損傷しないこと, C型は十分な引抜き荷重と注入用樹脂を注入したタイルの引抜き強度を有すること, C型を用いることで注入用樹脂を注入した際のタイルの面外方向への変位を防止する効果があることを明らかにした。
分野:	(6)物性一般 / Property general
キーワード:	アンカーピン; タイル; はく離; 浮き; 直張り; 外壁補修; 樹脂注入

論文 C型アンカーピンによるタイル直張り仕上げ外壁の補修工法の性能に関する検討

田浦 成昭*1・伊藤 洋介*2・栗秋 裕次*3・河辺 伸二*4

要旨：タイル直張り仕上げ外壁のはく離をC型アンカーピン（以下、C型とする）の復元力により固定する補修工法の研究・開発を行ってきた。本研究では、C型を挿入した際のタイルの損傷の確認、C型の引抜き荷重と注入用樹脂を注入したタイルの引抜き強度の測定、C型を用いて注入用樹脂を注入した際のタイルの面外方向への変位の測定を行う。実験の結果、板厚0.4mmのC型を用いれば施工時にタイルを損傷しないこと、C型は十分な引抜き荷重と注入用樹脂を注入したタイルの引抜き強度を有すること、C型を用いることで注入用樹脂を注入した際のタイルの面外方向への変位を防止する効果があることを明らかにした。

キーワード：アンカーピン、タイル、はく離、浮き、共浮き、直張り、外壁補修、樹脂注入

1. はじめに

外壁タイル張り仕上げは美装性、躯体保護性、メンテナンス性に優れているが、直張りされた外壁タイルがコンクリート躯体と張付けモルタルの界面ではく離し、はく落する事故が発生している。

外壁タイルがはく離した場合の補修工法としてアンカーピンと注入用樹脂を用いる工法がある。しかし、注入用樹脂の注入時に面外方向に注入圧が掛かり、はく離の間隙（以下、浮き代とする）を拡大させ、張付けモルタルのはく離部分に隣接している健全部の張付けモルタルをはく離させる（以下、共浮きとする）¹⁾問題がある。

全ねじ切り加工されたアンカーピン（以下、全ねじとする。図-1(1)）を用いる補修工法は、注入時にタイルと張付けモルタルの層（以下、TA層とする）を固定できないため、共浮きし易い。

注入口付アンカーピン（以下、注入口付とする。図-1(2)）を用いる補修工法は、ピン先端の開脚部が拡張し

てコンクリート躯体に固定され、ピン頭部の径がアンカーピン挿入孔の内径より大きいいため、TA層を抑え共浮きしにくい。作業工程の煩雑さと形状の複雑なアンカーピンの使用によるコスト高が問題となる。

著者ら^{2,3)}は、直張りされた外壁タイルのはく離をC型アンカーピン（以下、C型とする。図-1(3)）で補修する工法の研究・開発を行ってきた。本工法では、C形状に丸めたステンレス板をC型の径より小さいアンカーピン挿入孔に挿入することで、復元力でコンクリート躯体とTA層を固定し、共浮きを抑えることができると考える。注入口付と異なり、頭部を納めるための2段階の穿孔が不要なため、注入口付と比べて作業工程を簡略化でき、アンカーピンの形状が単純であるためコストも低い。しかし、C型の復元力によるタイル割れについては十分検討されておらず、C型によるはく離したタイルの補強効果、共浮き抑制効果については明らかでない。そこで本研究では、C型をタイルに挿入した際のタイルの損傷を確認する。C型を含むアンカーピン単体での引抜き荷重と注入用樹脂を注入した際のタイルの引抜き強度を測定し、注入用樹脂を注入した際のタイルの面外方向への変位を確認する。これにより、C型でタイル直張り仕上げ外壁を補修するための基礎データを得る。

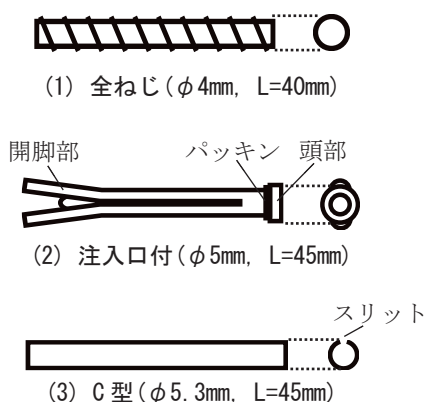


図-1 アンカーピン(全ねじ、注入口付、C型)

2. 供試体

2.1 注入用樹脂

注入用樹脂はアンカーピンを用いたタイルはく離の補修工法に適している⁴⁾JIS A 6024:2019の注入用エポキシ樹脂硬質形中粘度一般用（以下、中粘度とする）と注入用エポキシ樹脂硬質形高粘度一般用（以下、高粘度とす

*1 名古屋工業大学 社会工学科 (学生会員)

*2 名古屋工業大学大学院 准教授 博士(工学) (正会員)

*3 (株)リノテック

*4 名古屋工業大学大学院 教授 工博 (フェロー会員)

る)を使用する。C型の復元力によるタイルへの支持力を維持するため、弾性を有する樹脂を使用することが良いと考え、JISA 6024:2019の可とう性エポキシ樹脂(以下、可とう性とする)、JISA 5549:2003の変成シリコン樹脂系(以下、変成シリコンとする)も併せて使用する。

2.2 C型を挿入した際のタイルの損傷

表-1に供試体の仕様を、図-2に供試体を、図-3に供試体のタイル、アンカーピン挿入孔、基材の位置関係を示す。はく離状態とするため、基材とTA層を別々に作製し、互いに接着せず重ね、供試体とする。

TA層は、フロート板ガラスに防水シートを貼り付け、その上に張付けモルタルでタイルを張り付けて作製する。張付けモルタルは55×55×t4mmで塗布し、張付けモルタルとタイル厚の合計(以下、仕上がり厚とする)が9mmになるまで圧縮する。タイルの圧縮後、張付けモルタルは45×45mmになるようにタイル周縁部のモルタルを取り除いて成形し、20±2℃の室内で28日間気中養生する。

基材は、C/S=1/3、W/C=50%のモルタルを用いる。内寸190×400×t60mmの型枠に打設後、24時間で脱型し、26日間水中養生する。また、脱型から24時間後にコンクリートカッターで70×70×t60mmに切断する。水中養生期間中にTA層と基材にφ5mm、奥行き60mmのアンカーピン挿入孔を設ける。アンカーピン挿入孔は供試体上面の中心に水循環式無振動ドリルで穿孔する。打設後27日目に基材を水中から取り出し、TA層を周囲のみエポキシ樹脂系の石材内装用接着剤で基材に固定する。24時間20±2℃の室内で気中養生を経て実験を行う。使用するC型の板厚は、市場に流通している0.4mm、0.5mm、1.0mmの3種とする。

2.3 アンカーピンの引抜き

表-2に供試体の仕様を、図-4に供試体を、図-3にタイル、アンカーピン挿入孔、基材の位置関係を示す。

2.2節と同様に、基材とTA層を作製する。この中心に使用するアンカーピンの径に合わせてDはφ5mm、奥行き60mm、Eはφ5.5mm、奥行き60mmで穿孔する。打設後27日目に基材を水中から取り出し、24時間20±2℃の室内で気中養生を行い、アンカーピンを挿入する。供試体は各条件でn=3とする。

表-1 供試体の仕様(C型を挿入した際のタイルの損傷)

供試体名	基材	張付け材	タイル	アンカーピン		浮き代(mm)
				種類	板厚(mm)	
A	モルタル C/S=1/3	既調合 張付け モルタル (t=4mm)	セラミック タイル 45×45×7mm JIS A 5209	C型 (φ5.3mm, L=45mm)	0.4	0
B	W/C=50%				0.5	
C	70×70 ×t60mm				1.0	

2.4 注入用樹脂を注入したアンカーピンの引抜き

表-3に供試体の仕様を、図-5に供試体を、図-3にタイル、アンカーピン挿入孔、基材の位置関係を示す。

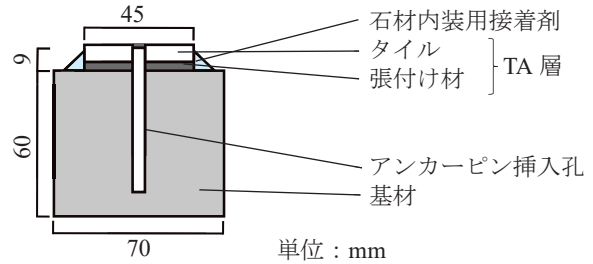


図-2 C型を挿入した際のタイルの損傷の供試体

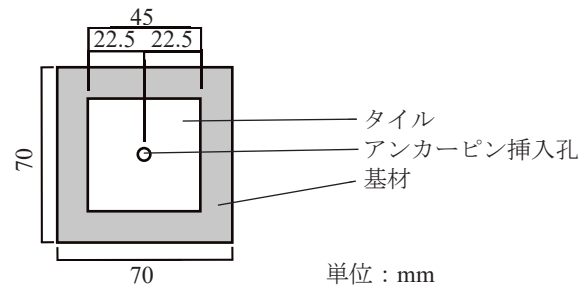


図-3 タイル、アンカーピン挿入孔、基材の位置関係

表-2 供試体の仕様(アンカーピンの引抜き)

供試体名	基材	張付け材	タイル	アンカーピン	浮き代(mm)
D	モルタル C/S=1/3 W/C=50%	既調合 張付け モルタル (t=4mm)	セラミック タイル 45×45×7mm JIS A 5209	C型 (t=0.4mm, φ5.3mm, L=45mm)	0
E	70×70 ×t60mm			注入口付 (φ5mm, L=45mm)	

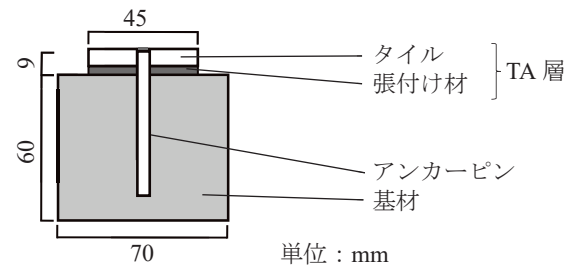


図-4 アンカーピンの引抜きの供試体

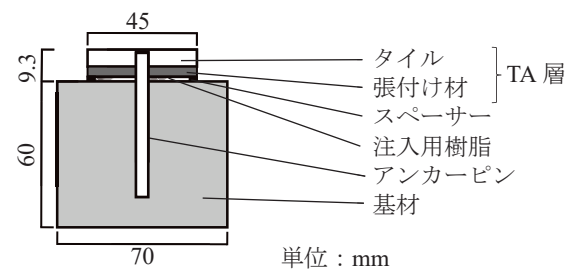


図-5 注入用樹脂を注入したアンカーピンの引抜きの供試体

表-3 供試体の仕様(注入用樹脂を注入したアンカーピンの引抜き)

供試体名	基材	張付け材	タイル	アンカーピン	注入用樹脂		浮き代 (mm)
					種類	粘度 (Pa・s)	
F1	モルタル C/S=1/3 W/C=50% 70×70 ×t60mm	既調合張付け モルタル (t=4mm)	セラミック タイル 45×45×7mm JIS A 5209	C型 (t=0.4mm, φ 5.3mm, L=45mm)	中粘度	12	0.3
F2					高粘度	20 以上	
F3					可とう性	5.34	
F4					変成シリコーン	300	
G1				注入口付 (φ 5mm, L=45mm)	中粘度	12	
G2					高粘度	20 以上	
G3					可とう性	5.34	
G4					変成シリコーン	300	
H1				全ねじ (φ 4mm, L=40mm)	中粘度	12	
H2					高粘度	20 以上	
H3					可とう性	5.34	
H4					変成シリコーン	300	
I1				なし	中粘度	12	
I2					高粘度	20 以上	
I3	可とう性	5.34					
I4	変成シリコーン	300					

表-4 供試体の仕様(共浮きに対する抵抗性)

供試体名	基材	張付け材	タイル	目地材	アンカーピン	注入用樹脂		浮き代 (mm)
						種類	粘度 (Pa・s)	
J1	上ぶた式 U形側溝ふた 600×400 ×t60mm JIS A 5372	既調合張付け モルタル (t=4mm)	セラミック タイル 45×45×7mm JIS A 5209	既調合目地 モルタル	C型 (t=0.4mm, φ 5.3mm, L=45mm)	中粘度	12	0 0.3 0.6
J2						高粘度	20 以上	
J3						可とう性	5.34	
J4						変成シリコーン	300	
K1					注入口付 (φ 5mm, L=45mm)	中粘度	12	
K2						高粘度	20 以上	
K3						可とう性	5.34	
K4						変成シリコーン	300	
L1					全ねじ (φ 4mm, L=40mm)	中粘度	12	
L2						高粘度	20 以上	
L3						可とう性	5.34	
L4						変成シリコーン	300	

2.2 節と同様に、基材と TA 層を作製する。この中心に F1~F4 と H1~H4 はφ5mm、奥行き 60mm、G1~G4 はφ5.5mm、奥行き 60mm で穿孔し、I1~I4 はφ5mm で TA 層のみ穿孔する。打設後 27 日目に TA 層の外周に沿って張付けモルタルに幅 3mm のスペーサーを設置して 0.3mm の浮き代を作製する。24 時間 20±2℃の室内で気中養生を行い、打設後 28 日目にアンカーピンの挿入と注入用樹脂の注入を行う。その後、20±2℃の室内で 14 日間気中養生する。供試体は各条件で n=3 とする。

2.5 共浮きに対する抵抗性

表-4 に供試体の仕様を、図-6 に供試体を示す。はく離状態とするため、TA 層を作製し、JIS A 5372 : 2016 の上ぶた式 U 形側溝ふたに重ねて供試体とする。

TA 層は、フロート板ガラスに防水シートを貼り付け、その上に張付けモルタルでタイルを張り付けて作製する。張付けモルタルは 345×345×t4mm で塗布し、ユニットタイルを張り付け、仕上がり厚が 9mm になるまで圧縮

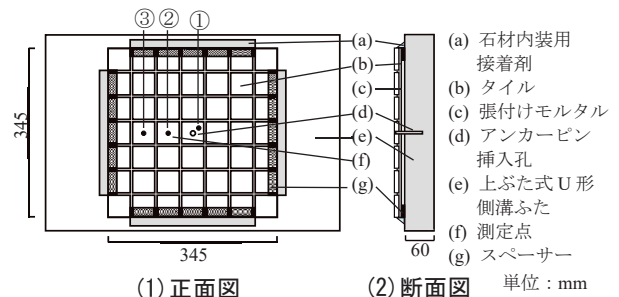


図-6 共浮きに対する抵抗性の供試体

する。20±2℃の室内で 2 日間の気中養生をした後に、目地モルタルを詰める。その後、20±2℃の室内で 28 日間気中養生する。養生期間中に、TA 層の外周に沿って張付けモルタルに幅 3mm のスペーサーを設置して 0.3mm、0.6mm の浮き代を作る。浮き代が 0mm である供試体はスペーサーを設置しない。TA 層を周囲のみエポキシ樹脂系の石材内装用接着剤で基材に固定する。石材内装用接着剤の硬化後に、供試体上面の中心に水循環式無振動ド

リルで J1～J4, L1～L4 はφ5mm, 奥行き 60mm, K1～K4 はφ5.5mm, 奥行き 60mm で穿孔する。アンカーピンは目地詰めから 28 日目に挿入する。C 型は C 型断面のスリットを上方に向けて挿入する。供試体は各条件で n=3 とする。

3. 実験方法

3.1 C 型を挿入した際のタイルの損傷

C 型をアンカーピン挿入孔に 1mm 程度挿入し、ハンマーで C 型の頭部を叩き、C 型の頭部がタイル表面から 2mm 出ている状態になるまでタイルに対し垂直に挿入する。その後、C 型がタイル表面から 2mm 没入した状態になるまでピンポンチを介してハンマーでさらに叩き、タイルに発生する損傷を目視で確認する。

3.2 アンカーピンの引抜き

JIS A 5548 : 2015 の接着強さ試験の方法を参考に供試体を固定する。供試体のタイル中央に取り付けたアンカーピン頭部にテープを貼って絶縁した後、エポキシ系接着剤で鋼性アタッチメントを接着し、引張圧縮試験機を用いて引抜き荷重を測定する。引張速度は 3mm/min とする。

3.3 注入用樹脂を注入したアンカーピンの引抜き

3.2 節と同様に引抜き強度を測定する。

3.4 共浮きに対する抵抗性

供試体は壁面に固定する。図-6 の①～③の位置で面外方向の変位を測定する。アンカーピン挿入孔からの距離は①のみアンカーピン挿入孔の右上に 15mm 離れた位置とし、その他はアンカーピン挿入孔から 50mm 間隔とする。

手動式注入器により、アンカーピン挿入孔へ約 25ml の注入用樹脂を注入する。本実験では 17 ストロークで約 25ml の注入を行う。注入用樹脂の注入は (1) 20 秒で 7 ストローク, (2) 15 秒静止, (3) 15 秒で 10 ストローク⁶⁾の順で行う。アンカーピンを挿入し、手動式注入器をアンカーピン挿入孔に押し当てた状態から面外方向の変位の測定を開始し、注入用樹脂を注入する。規定量を注入し終えてから 10 秒後に測定を終了する。測定時間内での最大の変位を最大変位とし、規定量の注入終了から 10 秒後の変位を最終変位とする。

4. 実験結果と考察

4.1 C 型を挿入した際のタイルの損傷

写真-1, 写真-2, 写真-3 に C 型を挿入後のタイル表面を示す。写真-1 より、板厚 0.4mm の C 型は挿入後もタイルに損傷はなかった。写真-2, 写真-3 より、板厚 0.5mm の C 型はアンカーピン挿入孔付近のタイル表面が欠け、板厚 1.0mm の C 型は挿入中にタイルが割れた。これらは C 型に用いるステンレス板の板厚が厚く、



写真-1 板厚 0.4mm の C 型を挿入後のタイル表面

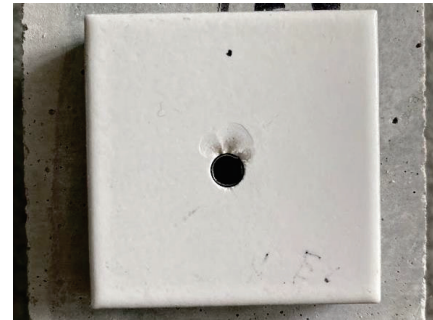


写真-2 板厚 0.5mm の C 型を挿入後のタイル表面

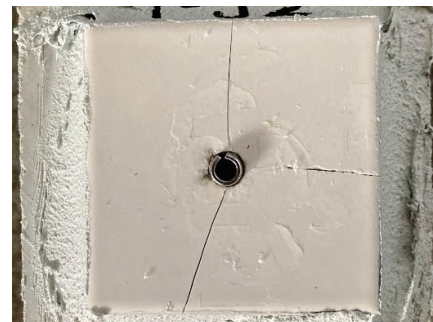


写真-3 板厚 1.0mm の C 型を挿入後のタイル表面

表-5 アンカーピンの引抜きの実験結果

供試体名	アンカーピン	引抜き荷重(N/本)			
		1	2	3	平均
D	C 型	78	31	58	56
F	注入口付	1697	1040	1411	1383

復元力によりタイルに掛かる荷重が大きいためと考える。以上より、挿入時のタイル損傷を考慮すると C 型の板厚は 0.4mm が良い。

4.2 アンカーピンの引抜き

表-5 にアンカーピンの引抜き荷重を示す。注入用樹脂を注入しない場合、C 型と比較して注入口付引抜き荷重が小さい。C 型は孔内壁面に対し直交方向に復元力が作用する。注入口付は開脚部の固定力が大きいため、C 型の復元力による支持力を上回ったと考える。

基準風速 36m/s で地表面粗度区分Ⅲの地域において高さ 45m に施工された 45mm 角タイル 1 枚当たり作用

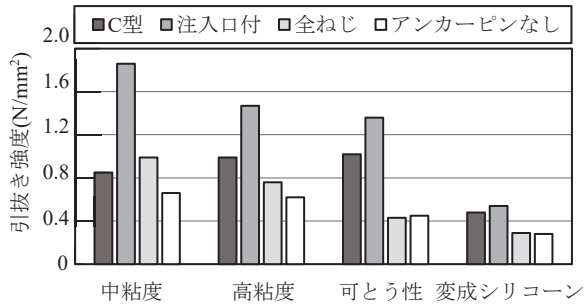


図-7 注入用樹脂を注入したアンカーピンの引抜き強度の平均

する風荷重は約 5.6N^(7,8)である。表-5 より C 型単体で 45mm 角タイル 1 枚当たりの風荷重を上回る。

4.3 注入用樹脂を注入したアンカーピンの引抜き

図-7 に注入用樹脂を注入したアンカーピンの引抜き強度の平均を示す。本実験では JASS 19 のタイル工事の完成検査で用いる引張接着強度 0.4N/mm² を参考値とする。C 型と注入口付を用いた供試体のアンカーピンの引抜き強度は、いずれも平均は 0.4N/mm² を上回り、C 型は注入口付よりも引抜き強度は小さい。

C 型は中粘度を用いる場合を除くほぼ全ての条件で全

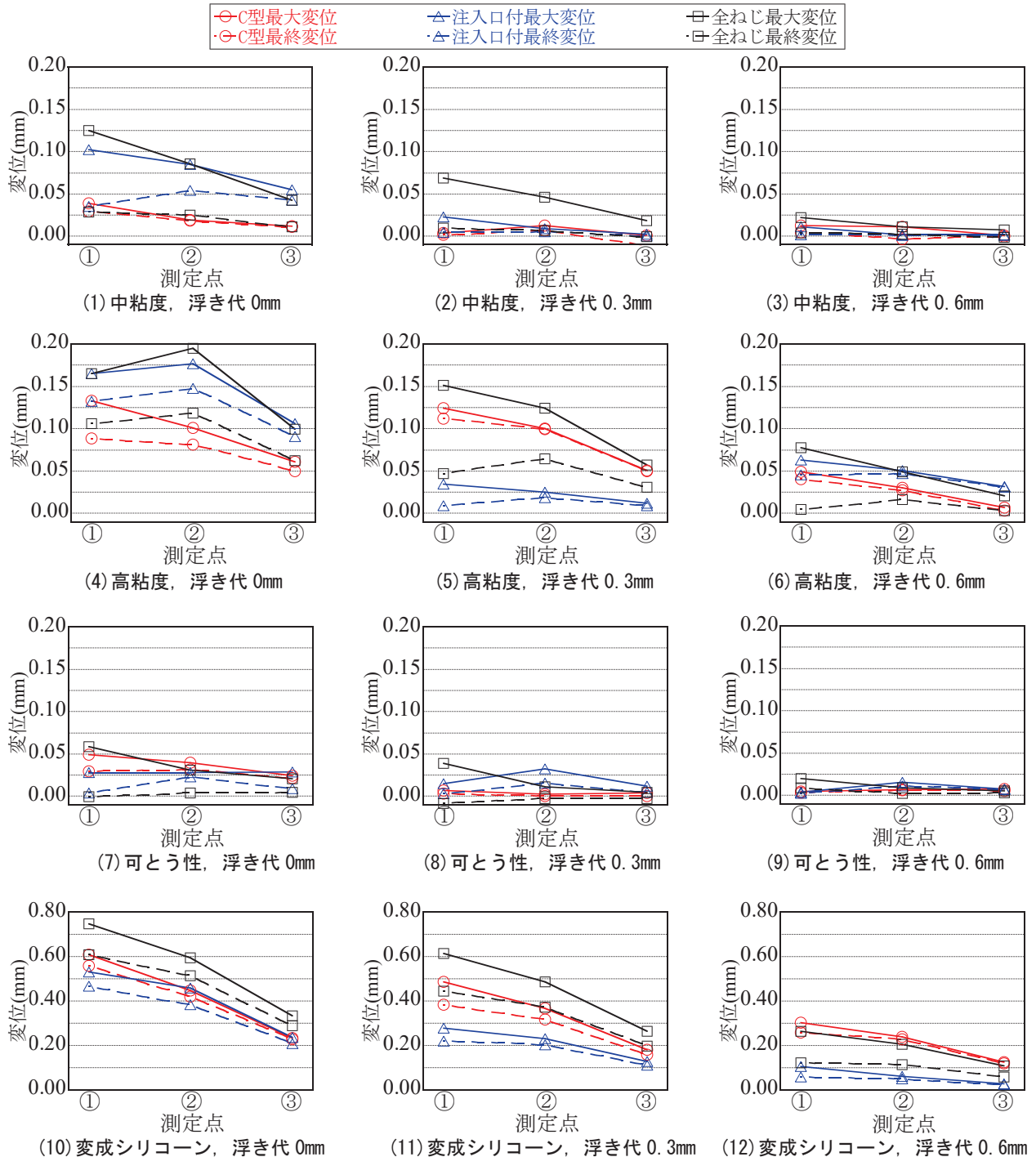


図-8 共浮きに対する抵抗性の実験結果

ねじより引抜き強度が大きい。C型はC型の内外に注入用樹脂が充填され、アンカーピン、基材、TA層が一体化しやすい。一方、全ねじは内部に注入用樹脂を充填できず、表面にも凹凸により注入用樹脂を充填しにくい。このため、C型の引抜き強度はほぼ全ての条件で全ねじやアンカーピンなしを上回ると考える。よって、C型を用いたタイルはく離の補修は十分な強度を有すると考える。

4.4 共浮きに対する抵抗性

図-8に共浮きに対する抵抗性の実験結果を示す。ほぼ全ての条件でC型は全ねじより最大変位が小さい。全ねじは注入時にアンカーピンを挿入しないため面外方向に働く力への抵抗がない。C型は復元力が孔内壁面に対し直交方向に作用するため、全ねじより最大変位が小さいと考える。よって、C型は全ねじよりも共浮きに対する抵抗性が大きいと考える。

また、C型は全ねじより最大変位と最終変位の差が小さい。C型は孔内壁面に対し直交方向に作用する復元力でTA層の位置が保持されているが、注入用樹脂の注入時での膨れによるTA層の変位後においても復元力が継続されるためと考える。

いずれのアンカーピン、注入用樹脂においても、浮き代が大きくなると最大変位と最終変位は小さくなる傾向がある。注入用樹脂の注入量は浮き代によらず一定のため、浮き代が大きいほど浮き代が注入用樹脂で満たされにくくなり、注入用樹脂の注入による面外方向の力が働きにくくなると考える。

中粘度と高粘度の場合、高粘度の浮き代0.3mmを除きC型は注入口付より最大変位が小さい。注入口付は、注入用樹脂の漏れ防止のためピン頭部とタイルの間に弾性のある樹脂製のパッキンを挟む。このパッキンが潰れるまではタイルの面外方向に働く力に対する抵抗が小さくなる。一方、C型は復元力がタイルの孔内壁面に対して直交方向に直接作用するため、注入口付よりも変位が小さくなると考える。

可とう性は他の注入用樹脂より粘度が低いため変位が小さい。測定点①以外の測定点ではアンカーピンによる変位の差はほとんど見られない。

変成シリコーンの場合、各浮き代において他の注入用樹脂を用いた場合より全てのアンカーピンで最大変位と最終変位が最も大きく、アンカーピンからの距離が大きくなるほど変位は小さい。変性シリコーンは他の注入用樹脂よりも粘度が高いため、アンカーピン挿入孔付近に注入用樹脂が留まると考える。

変性シリコーンの場合、C型は注入口付より最大変位と最終変位が大きい。他の注入用樹脂を用いる場合より

最大変位と最終変位が著しく大きくなるため、注入口付はパッキンが潰れ、C型の復元力より大きい力であるハンマーで叩き込んで開脚する開脚部の固定力が作用したと考える。

5. まとめ

本研究の範囲内において、以下のことが分かった。

- (1) 挿入時のタイル損傷を考慮するとC型の板厚は0.4mmが良い。
- (2) 注入用樹脂を注入しない場合、注入口付はハンマーで叩き込んで開脚する開脚部の固定力が強いいため、注入口付はC型と比較して引抜き荷重が大きい。
- (3) 注入用樹脂を注入する場合、C型の引抜き強度はほぼ全ての条件で全ねじやアンカーピンなしを上回り、C型を用いたタイルはく離の補修は十分な強度を有する。
- (4) 共浮きに対する抵抗性の測定より、ほぼ全ての条件でC型は全ねじより最大変位が小さいため、C型は全ねじよりも共浮きに対する抵抗性が大きい。

謝辞 実験の実施にあたり、コニシ株式会社、セメダイン株式会社、日本化成株式会社、名古屋工業大学 林泉水氏の協力を得ました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 難波蓮太郎:モルタル浮き補修のためのエポキシ樹脂注入技術の改善, FINEX, 日本建築工学会, pp.62-68, 1990.6
- 2) 栗秋裕次:ユニットタイル浮き改修工法の研究・開発 その1:専用アンカーピンによるひずみ, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道), pp.447-448, 2022.9
- 3) 栗秋裕次:ユニットタイル浮き改修工法の研究・開発 その2:定速載荷で専用アンカーピンを取付けた際に生じるタイル表面ひずみの考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), pp.447-448, 2023.9
- 4) 国土交通省大臣官房官庁営繕部:建築改修工事監理指針(上巻) 令和4年版, p.427, 2022.12
- 5) 国土交通省大臣官房官庁営繕部:公共建築改修工事標準仕様書(建築工事編) 令和4年版, p.87, 2023.3
- 6) 日本樹脂施工協同組合:樹脂注入工法による直貼りタイル外壁の補修方法の確立 平成28年度 活路開拓調査 実現化事業報告書, p.64, 2017.2
- 7) 国土交通省:建築省告示第1454号, 2000.5
- 8) 国土交通省:建築省告示第1458号, 2000.5