

アンカーピンとネットを併用した外壁改修工法に関する研究
(その4 熱冷繰り返しによる耐久性の評価)

○近藤照夫¹⁾ 渡邊敬三²⁾ 本橋健司³⁾
渡辺博司⁴⁾ 矢野瑞穂⁵⁾

1. はじめに

本外壁改修工法は、損傷に対する一般的な補修を施した既存仕上げ層を下地として、アンカーピンとネットを併用したポリマーディスパージョン入りモルタル（フィラー）を塗り付ける工法である。

したがって、本改修工法を施した外壁面が日射や降雨による加熱冷却を受けると、壁体は膨張収縮挙動を繰り返すことになる。この膨張収縮の繰り返しによって、躯体コンクリート、既存モルタル層および本改修層は各々異なった挙動を示して、各々の接着界面で破壊を生じる可能性が考えられる。

このような背景から加熱冷却を繰り返すことにより、本工法で改修を施した壁体がどのような挙動を示すかを実大規模の試験体で実験した。本報では、その実験結果から改修後における壁体の耐久性について検討した内容を報告する。

2. 実験方法

2.1 試験体

(1)使用材料と調合

打設したコンクリートに使用した材料を表1、その調合を表2に示す。

配筋は径13mmの異型鉄筋を 100mm間隔とした。

表1. コンクリート材料

材料の種類	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
使用銘柄	早強ポルトランドセメント	瀬戸産 藤原産	町屋川水系産 菅島産	AE減水剤

表2. コンクリートの調合 [kg/m³]

材 料	セメント	水	細骨材	粗骨材 (砕砂)	粗骨材 (砂利)	粗骨材 (碎石)	混和剤 [L]
単位量	334	177	451	312	599	444	3.34
水セメント比	53%		細骨材率	43.6%		スランプ	18cm

また、既存モルタルに使用した材料は表3に示すとおりで、調合はセメント：砂=1:2(容積比)、フロー185mmとした。

表3. モルタルの材料

材 料	セメント	砂
使用銘柄	普通ポルトランドセメント	猿投産山砂

なお、本改修工法については、その1に記された標準的な材料と工法を適用した。

(2)製作工程

試験体のコンクリート（1500mm×1500mm×厚さ150mm）は合板型枠を使用した平打ちとして、脱型後は合板面を試験対象として厚さ20mmのモ

Study on a new renewal method for external walls by application of net overlaying and anchoring

Part 4. Evaluation of durability in heat cycle

1)清水建設(株) 2)昭和女子大学 3)建設省建築研究所 4)竹中工務店 5)戸田建設(株)

ルタル塗りを実施した。モルタル塗り前のコンクリート表面中央部の幅 500mm部分に油性系離型剤（㈱ノリ製クイックワ- SVC-2）を塗付して、モルタルの浮きを設定した。

また、本改修工法を施さない比較用試験体は既存モルタルの施工までは同様に製作した。

製作した試験体の形状とモルタルの浮きやピン、CC熱電対の設定概要を図1に示す。

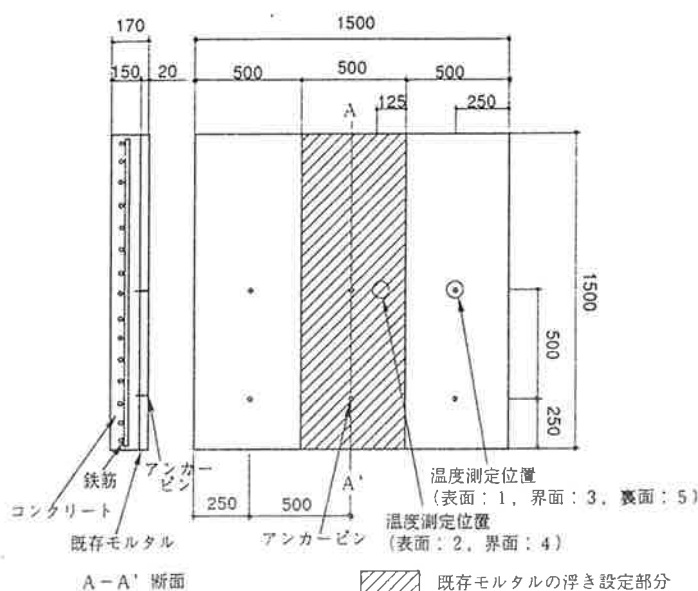


図1. 試験体形状とモルタルの浮きや

ピン、熱電対の設定状況

2.2 試験方法

(1)加熱冷却の方法

本改修工法の施工後14日間経過した試験体をヒートサイクル試験機（日本ガイシ㈱製 H7GS-63351 型で一般市販装置ではなく、本試験のために特に設計試作した装置）に設置した後、加熱をして試験体表面温度が70℃に到達した時点で加熱を停止した。その後、直ちに空気冷却して8～12時間で試験体表面温度を常温（約20℃）まで戻した。この加熱冷却を1サイクルとして10サイクルの試験を実施した。

(2)表面状態と浮きの観察

加熱冷却1サイクル終了ごとに、試験体表面におけるひび割れの経時変化を目視観察した。

また、テストハンマーで試験体表面を打撃して、モルタルの浮きの経時変化を観察した。

(3)モルタルの引張接着試験

加熱冷却試験が終了した本改修工法を施した試験体に45mm×45mmの切り込みをカッターで切り付けた後、40mm×40mmのアタッチメントをエポキシ樹脂系接着剤で張りつけて建研式引張試験機（山本扛重機㈱製 LPT-1500）を用いて引張接着強度を測定した。その後、破断位置を目視観察した。

(4)アンカーピンの引抜き耐力試験

加熱冷却試験が終了した本改修工法を施した試験体にモルタル側からアンカーピン頭部にタッピングビスを打ち込んだ後、引抜き試験装置をセットして最大荷重を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 加熱冷却の状況

試験体の表面は20℃から70℃～80℃の間の温度変化を受けており、裏面は20℃～40℃前後の温度履歴にさらされていた。温度計測データを見るかぎり、実験計画で設定した加熱冷却の条件をほぼ満足していると判断される。

3.2 表面状態の変化

本工法を施していない比較用試験体では加熱冷却を加える前に、中央部やモルタルの浮きを設定した両端部でひび割れが既に発生していた。一方、本工法を施した試験体では加熱冷却2サイクルおよび3サイクル終了後に、中央部にひび割れが発生した。

本改修層にはポリマーディスパージョンを混入したモルタル(フィラ)が使用されているため、ひび割れを抑制する効果があると判断される。

3.3 浮きの経時変化

加熱冷却を繰り返した際の試験体におけるモルタルの浮き面積の経時変化を図2に示す。

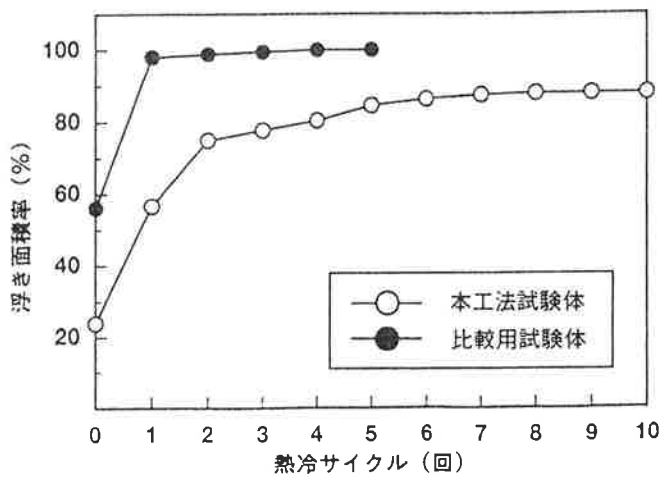


図2. モルタルの浮き面積の経時変化

本工法を施していない比較用試験体では加熱前に既に50%以上の面積でモルタルの浮きを生じていた。1サイクル終了後にほぼ100%の面積に浮きが拡大して、4サイクル終了後には試験体全面でモルタルの浮きが確認されている。一方、本工法を施した試験体の加熱前には、実験計画で設定した浮き状態より少なめ（浮き面積24%）に試験体が製作されていた。1サイクル終了後に50%強の面積に浮きが拡大して2サイクル終了した時点で、75%の面積に浮きが広がっている。さらに、5サイクル終了後に85%の面積にモルタルの浮きが拡大して、8サイクル以降は浮きの進行がなく最終的には88%程度の浮き面積に止まっている。

一般にこのような加熱冷却による促進劣化試験では冷却の方法として散水を適用するが、水を与えるとセメント系材料にとっては養生となり危険側の評価になるとの判断から、本実験では散水を実施しないことにした。しかし、得られた結果によると実験計画で設定した加熱速度は急激であり、散水を実施しないで放冷する冷却方法を採用したため、加熱冷却の条件は一般に適用されている方法より過酷であったと推定される。したがって、モルタルの浮きは急速に進行しているが、本工法を施すと加熱冷却によ

るモルタルの浮き進行を抑制する効果は大きいと判断できる。

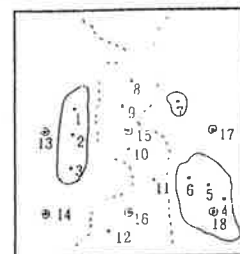
3.4 モルタルの接着強度と破断位置

本工法を施した試験体におけるモルタルの引張接着試験の結果を表4に示す。

表4. モルタルの接着強度と破断位置

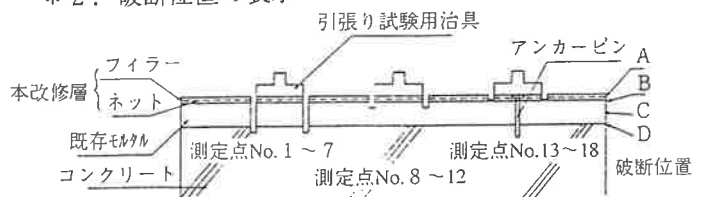
測定位置 No * 1	接着強度 (kgf/cm ²)	破断位置の割合 (%) * 2			
		A	B	C	D
1	8.18	60	40	—	—
2	5.94	—	100	—	—
3	5.70	30	70	—	—
4	7.80	30	70	—	—
5	6.31	—	100	—	—
6	5.97	—	—	100	—
7	8.36	—	100	—	—
8	7.31	100	—	—	—
9	6.98	90	10	—	—
10	8.27	—	100	—	—
11	10.71	70	30	—	—
12	9.51	100	—	—	—
13	4.29	100	—	—	—
14	5.36	100	—	—	—
15	7.90	100	—	—	—
16	11.11	—	100	—	—
17	9.03	100	—	—	—
18	7.81	100	—	—	—
平均	7.561	標準偏差 1.87 変動係数 (%) 24.8			

* 1. 測定位置No



◎: アンカーピン打込み位置

* 2. 破断位置の表示



破断位置の表示

A: 本改修層の凝集破断 B: 本改修層と既存モルタルの界面破断
C: 既存モルタルの凝集破断 D: 既存モルタルと下地コンクリートの界面破断

加熱冷却を受けた後の本工法の試験体における引張接着強度は平均で7.56kgf/cm²であり、破断は主として本改修層の内部および改修層と

既存モルタルの接着界面で生じている。本工法の標準的な引張接着強度の値 11.4kgf/cm^2 程度と比較すると、66%程度の強度保持率になっている。また、試験体におけるモルタルの浮き分布と接着強度あるいは破断位置との間の相関性は特に見出せない。

アンカーピンを打ち込んだ箇所(No. 13~18)においても本改修層の凝集破壊が支配的であり、これらの接着強度は平均で 7.58kgf/cm^2 で他の部分と比較しても全く差が認められない。このことから、ステンレス鋼製アンカーピンは本工法に適用されているポリマーディスパージョン混入モルタルとのなじみが良いと判断できる。

試験方法は異なるが、材料レベルで加熱冷却を繰り返した場合の接着強度はほぼ100%の強度保持率であり、今回の試験体作製時には特に強度低下の要因は考えられない。これらのことから、本実験における加熱冷却の条件が浮きの経時変化で前述したように過酷すぎたと推定され、本工法に適用されているポリマーディスパージョン混入モルタルの凝集力や既存モルタルとの界面接着強度が低下したと思われる。

以上のようなことを考慮すると、本実験で得られた引張接着強度の測定値が標準的な値より低下していることは、本工法の適用上特に問題とはならないと判断される。

3.5 アンカーピンの引抜き耐力

本工法を施した試験体におけるアンカーピンの引抜き耐力を測定した結果を表5に示す。

コンクリートに対する打込み深さ30mmの場合における当該アンカーピンの平均引抜き耐力は 280kgf であり、本実験結果における測定値は打込み不足の3本を除けばこの程度の加熱冷却を繰り返しても、当該アンカーピンが本来保有している引抜き耐力を保持していると判断される。

表5. アンカーピンの引抜き耐力

測定位置 No * 1	最大荷重 (kgf)	測定位置の状況	引抜き後の アンカーピンの状況
13	320	熱冷試験後に浮き発生	特記事項なし
14	190	熱冷試験後に浮き発生	打込み不足
15	580	既存モルタル浮き設定位置	アンカーピンの曲がり
16	190	既存モルタル浮き設定位置	打込み不足
17	250	熱冷試験後に浮き発生	特記事項なし
18	190	熱冷試験後に浮き発生	打込み不足

* 1. 表4の表示に準じる。

また、熱冷繰り返し試験によってモルタルの浮きが新たに進行しても、アンカーピンの引抜き耐力の低下は少ないと推定される。さらに、アンカーピンが曲がって打ち込まれると本来の耐力より大きな引抜き抵抗を示す。しかし、打込み不足であると本来の引抜き耐力より低下するため、施工は入念に実施しなければならない。

ピンの打ち込み間隔の中央部を支点としてモルタルが熱膨張して浮き上がる応力を求めると、既存モルタルの厚さが20mmあるいは50mmの場合には500mm間隔のピン1本当たり3あるいは7 kgf程度となり、これらの値に対してピンの引抜き耐力は十分な余力があるといえる。

4. まとめ

熱冷繰り返し実験の結果から、以下のようなことがいえる。

- (1)本工法を施すと乾燥収縮による表面ひび割れが普通モルタルより少なく、加熱冷却によるモルタルの浮き進行を抑制する効果大きい。
- (2)本実験におけるモルタル引張接着強度の低下は、本工法の適用上特に問題とはならない。
- (3)当該工法に適用されているアンカーピンは加熱冷却を繰り返しても、本改修層とのなじみが良く保有引抜き耐力を保持している。また、モルタルの浮きが新たに進行しても、アンカーピンの引抜き耐力の低下は少ない。