

炭素繊維シートに張付けられたタイルの熱冷繰返し試験

Repeated Heating and Cooling Tests of Tiles on CFRP Sheets Using Elastic Adhesives

高見 錦一* 木村 建治*²

立松 和彦*²

要 旨

鉄筋コンクリート構造物の耐震補強に炭素繊維シートを用い、その仕上げ材料を磁器質タイルとする場合の耐久性能を把握するために熱冷繰返し試験を行った。試験は、炭素繊維シートを張付けたコンクリート平板に、市販の2種類の弾性接着剤を用いてタイル張りを行い、熱冷繰返し養生での促進劣化によるタイル接着力の耐久性を検討した。その結果、熱冷繰返し養生200サイクル後でも標準養生の場合と同等の接着力を有することが確認され、弾性接着剤によるタイル張り工法が有効であることを確認した。

キーワード：タイル／弾性接着剤／炭素繊維シート／熱冷繰返し試験

1. はじめに

炭素繊維シートによるRC構造物の補強が数多く行われるようになってきており、その上への仕上げ材料も各種にわたっている。炭素繊維シート補強工法自体の補強効果や耐久性については多くの研究がされているが¹⁾、補強層の上に施す仕上げ層の耐久性については、まだ十分に明らかにされていない。例えば、炭素繊維シートを張付ける場合、エポキシ樹脂を接着含浸材として用いるため、樹脂の完全硬化後は、その表面は平滑になり、そのままではモルタル塗りなどの湿式の仕上げは難しい。そのため炭素繊維シート補強を施した上に左官仕上げやモルタルによるタイル張りを行う場合は、炭素繊維シート張付け時にケイ砂を塗布してその接着力を高めることが行われているが、仕上げ層の浮きの危険性があると報告されている²⁾。

炭素繊維シートで補強した上にタイルを張付ける場合は、炭素繊維シートが一般にエポキシ樹脂を接着含浸材として用いられているため、タイル張りも同じエポキシ樹脂系の接着剤を用いることが妥当であると考えられる。エポキシ樹脂系弾性接着剤を用いたタイル張りは、コンクリート面やモルタル下地面への接着性については数多くの研究がされ³⁾、その実績もあるが、下地が炭素繊維シートの場合の文献は見当たらない。そこで、炭素繊維シート補強をしたコンクリート平板に、弾性接着剤を用いてタイル張りを行い、熱冷繰返しによる促進劣化試験を実施した。その実験結果について報告する。

2. 実験概要

実験は、炭素繊維シート用接着含浸材とタイル張り用弾性接着剤のポテンシャル接着強度を確認するための予備試験と、タイル接着力の耐久性を検証するための熱冷繰返し養生による促進劣化試験を行った。

2.1 予備試験

予備試験では、市販の変成シリコン樹脂を主成分とする1液型のものと、エポキシ樹脂+変成シリコン樹脂を主成分とする2液型の2種類のタイル張り用弾性接着剤（以下タイル用接着剤）と炭素繊維シート用接着含浸エポキシ樹脂（以下シート用樹脂）とを接着して、引張り試験を行った。

予備試験の試験体形状を図-1に示す。50mm角鋼製アタッチメントにシート用樹脂を塗布し、その指触乾燥後、もう一方のアタッチメントにタイル用接着剤を塗布して張り合わせた。接着後、20℃の恒温室内で気中放置養生を行い、各材齢で簡易型引張試験機（日本建築仕上げ学会認定）を用いて、引張り試験を行った。なお、試験体は、それぞれのタイル用接着剤タイプで5体とした。

2.2 促進劣化試験

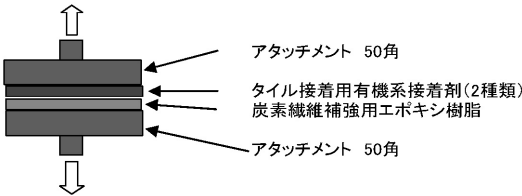
試験体は、コンクリート平板（300×300×80mm）に炭素繊維シートを4層張り、翌々日、その上に45-2丁モザイクタイルをそれぞれのタイル用接着剤で張付けた。タイル張付け後、材齢10日まで20℃の恒温室内で標準養生を行った後、11日目から熱冷繰返し養生による促進劣化試験を行った。なお、試験体は、1水準に対して1体（試験片4枚採取）作製した。試験体の形状を図-2に

*東京分室 *²建築研究グループ

示す。小型試験体を用いて、熱冷繰返し促進劣化養生と20℃気中放置の標準養生でその接着力を比較した。促進劣化試験の水準を表－1に示す。比較検討用として、炭素繊維シート補強を行わずにコンクリート平板に直接タイル用接着剤でタイルを張付けた試験体も作製した。

熱冷繰返し養生は、建物外壁面の日射によるサーマルムーブメントを再現させるために、図－3、写真－1に示す装置を用いて、水槽に半浸漬した試験体の表面に赤外線照射と散水を繰返した⁴⁾。1サイクルは、赤外線照射を行ってタイル表面温度を20℃から80℃まで上昇させるのを180分間、散水を30分間、放置を30分間とした。図－4に養生温度測定結果を示す。

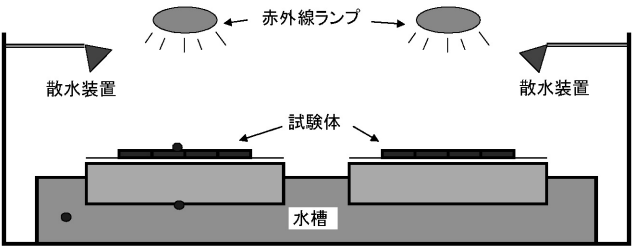
熱冷繰返し養生開始前（タイル張り後材齢11日）、熱冷繰返し58サイクル後（材齢22日）および熱冷繰返し200サイクル後（材齢47日）の各材齢で簡易型引張試験機を用いて引張り試験を行った。



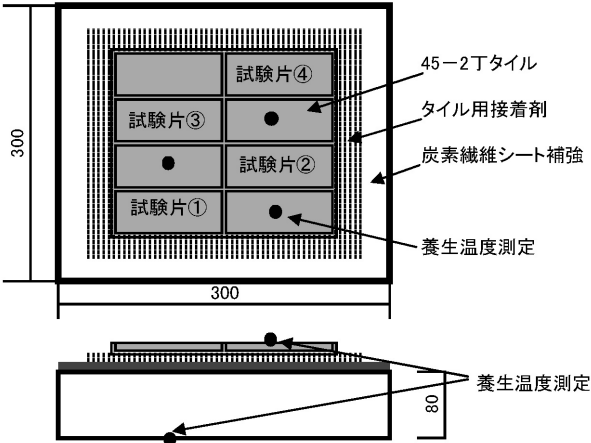
図－1 予備試験概要

表－1 促進劣化試験の水準

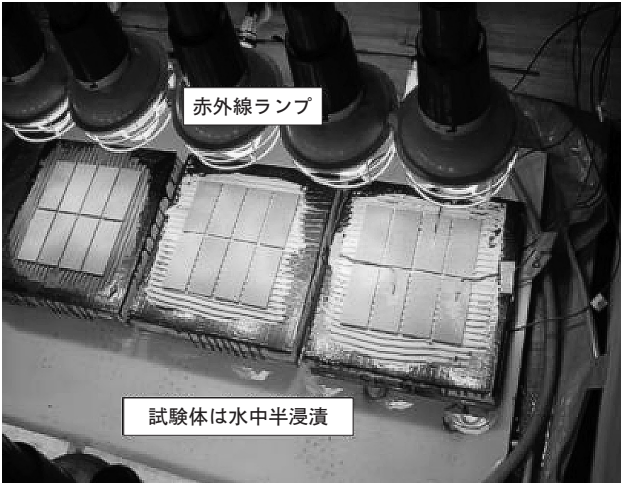
記 号	炭 素 纖 維 シ ー ト 補 強	タイル張り 接 着 剤 種 別	養 生 方 法
CF I s	あり	タイプ I	標 準 養 生
CF I t			熱冷繰返し
CF II s		タイプ II	標 準 養 生
CF II t			熱冷繰返し
N II s	なし		標 準 養 生
N II t			熱冷繰返し



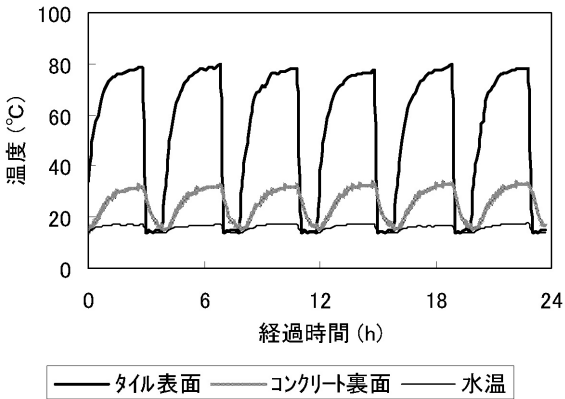
図－3 熱冷繰返し装置概要



図－2 促進劣化試験体



写真－1 熱冷繰返し養生状況



図－4 熱冷繰返し養生温度

3. 実験結果

3.1 予備試験結果

使用したタイル用接着剤の基本物性を表-2に、予備試験の接着強度結果を図-5に示す。シート用樹脂とタイル用接着剤との接着力は、タイプⅠの場合が、材齢7日で1.0N/mm²、材齢28日で1.3N/mm²、タイプⅡの場合がそれぞれ2.0、2.8N/mm²であった。

写真-2に材齢28日試験での破断状況を示す。破断位置は、タイプⅠではタイル用接着剤の内部破断がほとんどであり、タイプⅡではタイル用接着剤の内部破断がシート用樹脂とアタッチメントの界面であり、いずれのタイプもシート用樹脂とタイル用接着剤の界面での破断は認められなかった。

予備試験での接着強度は、標準養生のメーカー試験値を満足するものであり、タイプⅡの方が接着力は大きかった。材齢7日から28日での強度増加率はそれぞれ3割と4割であり、材齢による強度増進は、タイル用接着剤種別による大きな差異は認められなかった。

3.2 促進劣化試験結果

熱冷繰返し養生を行った試験体と標準養生を行った試験体の各材齢における接着強度を図-6に、熱冷繰返し養生200サイクル後の破断状態を写真-3に示す。

タイプⅠを用いたCFⅠ試験体では、材齢22日の接着強度は、標準養生と熱冷繰返し養生ではほぼ同じ値であった。標準養生では材齢22日から材齢47日にかけての接着強度増進はほとんどなかったが、熱冷繰返し養生では200サイクル後の接着強度が58サイクル後より大きくなった。これは接着剤の熱硬化による影響だと考える。

タイプⅡの接着剤を用いた試験体CFⅡの熱冷繰返し後の接着強度平均値は、同一材齢の標準養生試験体とほぼ同じ値であったが、試験片個々の接着力は、標準養生より熱冷繰返し養生の方が若干バラツキが大きかった。CFⅠおよびCFⅡの材齢22日の接着強度は、標準養生の場合も熱冷繰返し養生の場合でも、予備試験での材齢28日接着強度とほぼ同じ値であった。

破断状況は、CFⅠ、CFⅡともにタイル用接着剤の内部破壊が主であったが、タイプⅡを用いたCFⅡでは下地の平板コンクリートの内部破壊が一部で見られた。

コンクリート平板に直接タイルを張付けたNⅡtでは、促進後の接着強度低下が促進初期の58サイクルから著しくなり、その接着強度は標準養生NⅡsの1/2となり、破断位置はコンクリートと接着剤の界面となるものがあった。

表-2 使用したタイル用接着剤のメーカー試験値 (N/mm²)

記号	タイプⅠ (1液型)	タイプⅡ (2液型)	基準
標準*	1.3	1.7	0.6以上
低温劣化	1.4	1.3	0.4以上
アルカリ温水	0.8	0.7	0.4以上
冷熱水中繰返し	1.3	2.1	0.4以上
熱劣化	1.6	3.2	0.4以上

*タイプⅠは材齢28日、タイプⅡは材齢14日の試験結果

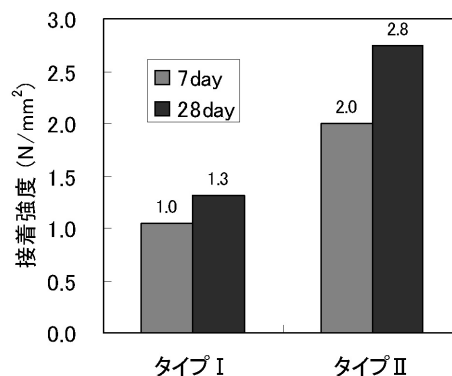


図-5 予備試験接着強度



写真-2 予備試験破断状況

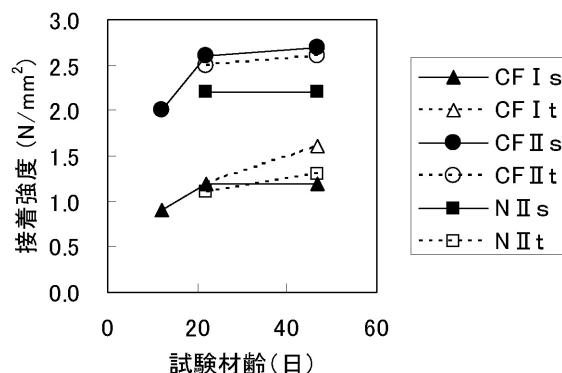


図-6 試験材齢と接着強度

予備試験での材齢28日接着強度に対する促進試験での接着強度比を図-7に示す。熱冷繰返し養生200サイクル後の接着強度の比は、CF I t、CF II tでは、それぞれ1.3、1.0、であり、標準養生材齢47日（200サイクル後と同一材齢）と比べて同程度か若干上回る値であった。N II tの場合は約0.5であり、標準養生と比較すると熱冷繰返しによる接着力低下が著しかった。これらのことから炭素繊維シート補強上へタイルを張付けたCF I およびCF II では、熱冷繰返しによる促進劣化後も接着力低下が認められず、サーマルムーブメントによる接着強度の劣化は生じないと考えられる。

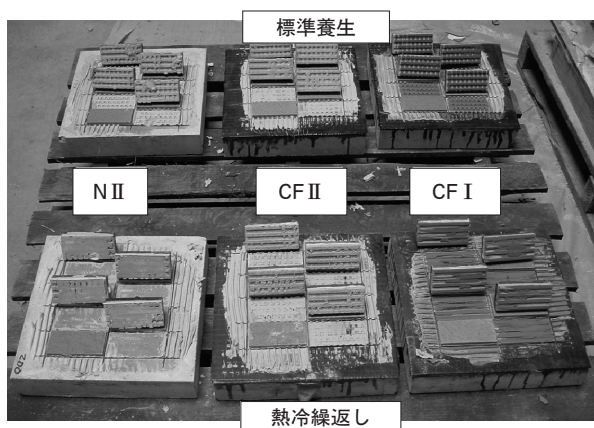


写真-3 熱冷繰返し200サイクル後の破断状況

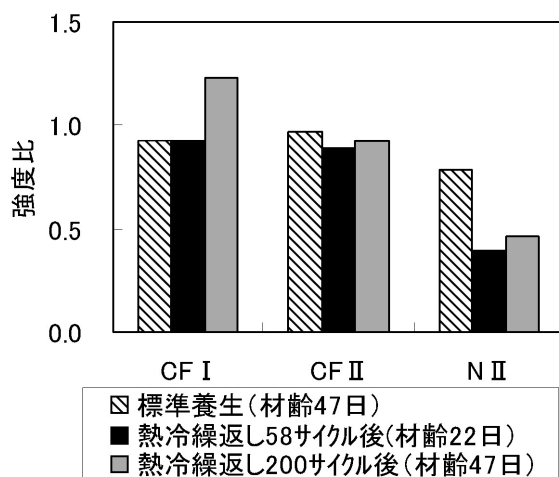


図-7 接着強度比

4. まとめ

コンクリート平板に炭素繊維シートを張付け、その上に2種類のタイル用弾性接着剤を用いてタイルを張付けた。その試験体を用いて、熱冷繰返し養生での促進劣化試験を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- 炭素繊維シート上に弾性接着剤で張付けたタイルの接着強度は、シート用樹脂と弾性接着剤単体同士の直接引張り試験の結果とほぼ同等である。
- 炭素繊維シート上へ弾性接着剤でタイル張りを行った場合は、熱冷繰返し養生による促進劣化後も接着強度低下は認められない。

以上のことから、炭素繊維シートの上へタイルを張付ける工法については、弾性接着剤を用いることが有効であることが分かった。

[参考文献]

- 1) 杉山他：炭素繊維シート複合材料の耐久性評価、新素材のコンクリート構造物への利用シンポジウム論文報告集、1996年
- 2) 伊奈他：炭素繊維シートによるRC構造物補強工法の耐久性評価に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、1999年
- 3) 建設大臣官房技術調査室監修：建設省官民連帯共同研究報告書 有機系接着剤を利用した外装タイル・石張りシステムの開発、1997年2月
- 4) 名知他：外装タイル張り仕上げの剥離防止設計に関する研究 その1 熱冷くり返し試験装置の試作、日本建築学会大会学術講演梗概集、2001年