

岐阜大学 六郷 恵哲, 羽田野 英明

(株) デーロスジャパン 林 承燦

## 1. はじめに

過去に複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料 (HPFRCC, 韌性モルタル, ECC) の吹付けにより修景した重力式コンクリート擁壁を対象に, ドローン搭載カメラで撮影した熱画像を用い, 浮きの調査を行った。

## 2. 2003 年と 2008 年に行った擁壁への HPFRCC 吹付け施工

### 2.1 HPFRCC の当初吹付け施工 (2003. 4)

1970 年頃に施工されたこの重力式コンクリート擁壁 (幅約 18m, 高さ 4~5m) は, 岐阜県東部広域水道事務所の敷地内にあり, ASR によるひび割れが生じていた。2003 年 4 月に, 修景を目的に HPFRCC と補修用モルタルの吹付け (厚

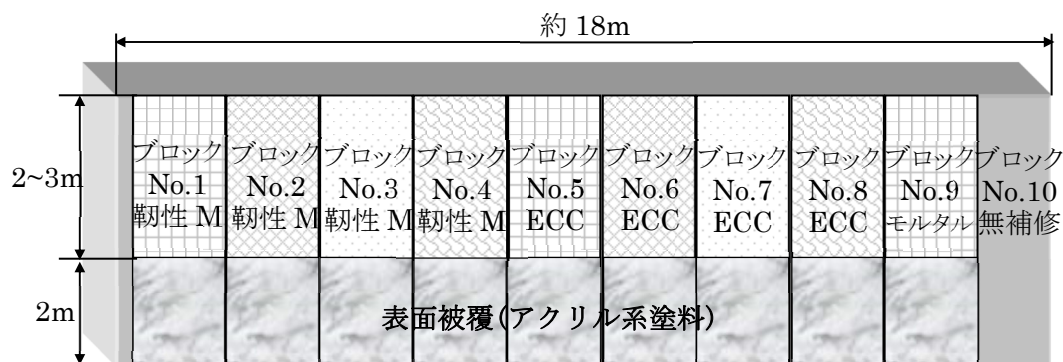


図-1 当初吹付け施工時の擁壁の分割

さ 50~70mm) による表面補修を行った。擁壁のブロック分割図を図-1 に示す。なお, この施工は, 当時は新技術であった HPFRCC の試験施工として公開で行われ, 約 160 名の見学者があった。

HPFRCC の一種である韌性モルタル (ビニロン繊維と高強度ポリエチレン繊維を合計 1.5vol% 混入, 圧縮強度  $f'_c=37.6$  MPa) をブロック No.1~4 へ, ECC (高性能ビニロン繊維を 2.1vol% 混入,  $f'_c=54.2$  MPa) をブロック No.5~8 へ, 通常のモルタル ( $f'_c=59.3$  MPa) をブロック No.9 へ, 吹付けにより施工した。さらに, 擁壁下部 2m にアクリル系塗料を塗布した。下地処理は, ウォータージェット工法により行った。ブロック No.1, 5, 9 には溶接鉄筋網 (D6, SD295, 100mm ピッチ) を, No.2, 6 にはエキスパンドメタル (75×203 mm, XS-82) を擁壁面から約 10mm 浮かせて配置した。

### 2.2 HPFRCC 薄層吹付け施工 (2008. 10)

2008 年 4 月に, 塗膜を含め擁壁下端より 2.5m までの範囲をウォータージェット工法により清掃した。2008 年 10 月に, 韌性モルタルの

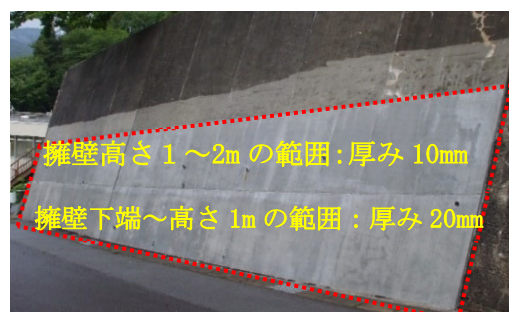


図-2 HPFRCC 薄層吹付け施工



映像用カメラ 熱画像用カメラ

図-3 カメラ搭載ドローン

キーワード HPFRCC, ECC, 韌性モルタル, 吹付け, コンクリート擁壁, 熱画像, 浮き

発表 (1) 六郷恵哲, 林承燦, 羽田野英明, 平松隆史: HPFRCC 吹付けにより修景した擁壁の浮きに関する熱画像を用いた調査, 令和 3 年度土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, V-243, 2021.9.

(2) 六郷恵哲, 林承燦, 羽田野英明, 平松隆史: 17 年前と 12 年前に HPFRCC 吹付けにより修景した擁壁に関する熱画像を用いた調査, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.2, pp.859-864, 2021.7.

(3) K. Rokugo, S.C. Lim, H. Hatano and T. Matsudaira: Thermal Imaging Research on Retaining Wall Landscaped by Shotcreting of HPFRCC 17 and 12 Years Ago, The 9th International Conference of Asian Concrete Federation (ACF2020/2021), Thailand, pp.MT46-53, 2021.11.

吹付け施工を、擁壁の下から高さ 0～1m の範囲には約 20mm の厚さで、高さ 1～2m の範囲には約 10mm の厚さで行った（図-2）。国際会議参加者にこの施工を公開した。

### 3. 擁壁の浮きの調査と斫り

#### 3.1 浮きの調査（2020.9）

擁壁表面の汚れ、ひび割れ、浮きの状況を観察するため、ドローンに搭載した映像撮影用と熱画像撮影用のカメラ（図-3）を用いた。擁壁表面の浮の有無については、打音点検棒と赤外線熱画像の撮影を併用した。

この擁壁は、真南に向いている。調査当日（9/28、晴れ）の午前中に、4回ドローンを飛行させた（飛行時間は約 13 分）。ここでは、2 回目の飛行（9:48～10:02、気温 22.2℃）で得たデータを採用した。壁面の温度は、28.1～30.8℃であった。

ドローンに搭載した映像用カメラ（横 4056 ピクセル、縦 3040 ピクセル）は、ひび割れ幅 0.5mm が識別できる精度とし、撮影範囲 5m×3.6m（1.2mm/ピクセル）とした。熱画像撮影用カメラは、映像用カメラと同じ撮影範囲を、横 640 ピクセル、縦 480 ピクセルで撮影し、解像度は 7.8mm/ピクセルとした。これらの画像（擁壁全体でそれぞれ 23 枚）は、個別画像の撮影精度が低下しないような密度となる高密度ポイントクラウドに変換して、擁壁全体が判別できるオルソ画像に変換した。オルソ画像を、図-4、5 に示す。

#### 3.2 浮きの発生状況

打音点検および熱画像分析からは、HPFRCC 当初吹付け部（高さ 2m より上、厚さ 50～70mm）に浮きを確認できなかった。打音点検および熱画像分析の結果より、ブロック No.9 では、施工後 5 年に吹付けた HPFRCC 層（厚さ 10～20mm）に、広範囲の浮きを確認された。さらに、ブロック No.5～9 の境目を中心に、浮きを確認された。打音点検の結果と熱画像分析の結果は、よく対応していた。打音点検結果に比べ、熱画像分析結果は記録性と客観性に優れていた。

#### 3.3 ブロック No.9 の浮き部分の斫り（2020.10）

No.9 ブロックが写った熱画像を、図-6 に示す。この熱画像では、赤外線カメラで撮影した熱画像に、画像処理を施して温度差を際立たせた。斫り作業を行ったところ、図-6 の薄黄緑色部は剥がれて浮いていた。橙色部は斫り作業が容易であった。青色部は付着が良好で、斫り作業に手間がかかった。

### 4. おわりに

HPFRCC 吹付けにより修景した擁壁全体について、ドローン搭載カメラで熱画像を撮影し、浮きの程度と範囲について調査を行った。ブロック No.9 で、補修モルタル（2003 年に吹付け）上に 2008 年に吹付けた HPFRCC 薄層（厚さ 10～20mm）の広範囲に、浮きが認められた。HPFRCC 薄層の斫り作業の難易度と熱画像の表示は、よく対応した。熱画像分析結果は記録性と客観性に優れていた。HPFRCC への補強筋の配置は有効であった。

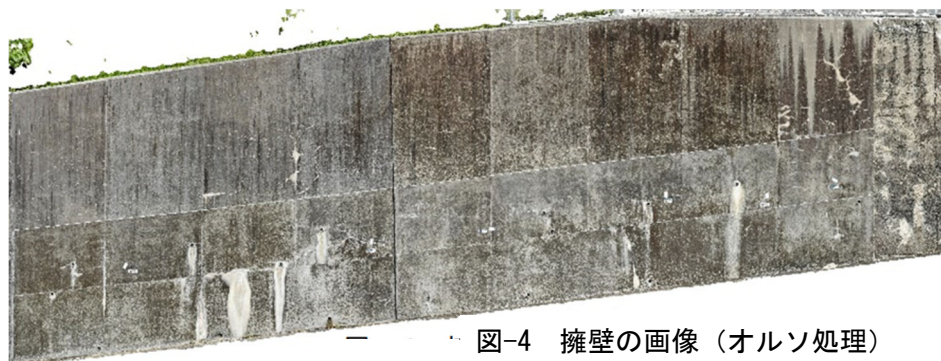


図-4 擁壁の画像（オルソ処理）

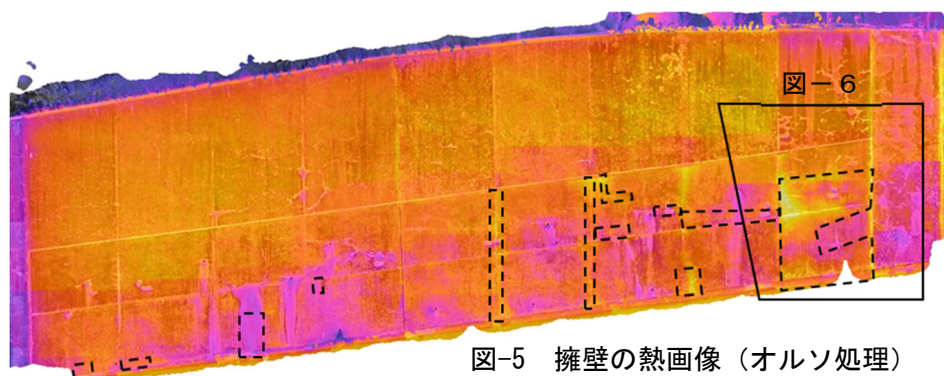


図-5 擁壁の熱画像（オルソ処理）

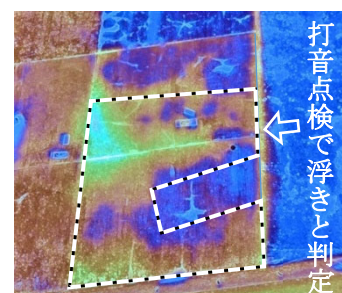


図-6 浮き部熱画像