

# 論文 マルチ配置 CFRP より線の定着に使用された定着用膨張材の長期性状について

小林 久美子\*1・原田 哲夫\*2・古瀬 徳明\*3・杉山 彰徳\*4

**要旨**：CFRP より線の大容量マルチケーブルの長期定着性能試験を約 14 年半実施し、その定着に使用されていた定着用膨張材の中酸化深さ、水和状態、細孔径分布等の確認と水和組織の観察を行った。さらに得られた結果と既報の研究結果を照合しながら、定着用膨張材の長期耐久性に関する材料面での考察を行った。その結果、中酸化深さ、水酸化カルシウムの生成量、細孔径分布の状態から、定着性能を保持できる状態にあることを確認した。また、膨張圧の発現に寄与する生石灰が残存していたことから、水和の進行により膨張力を発現する可能性を有し、今後も定着性能を維持できることを示唆する結果を得た。

**キーワード**：定着用膨張材、定着、膨張圧、中酸化深さ、水酸化カルシウム、生石灰、細孔径分布

## 1. はじめに

連続繊維緊張材のような一方向性の材料は、局所的な支圧やせん断に弱いと言った性質から、従来の PC 鋼材などで用いられる定着法の適用が困難であった。このため生石灰（以下、f.CaO）の水和反応により発現される膨張力により、連続繊維緊張材の定着を可能とした定着用膨張材（Highly Expansive Material：以下、HEM）が、筆者らにより開発された<sup>1),2),3)</sup>。

HEM を用いた連続繊維緊張材の定着法（以下、HEM 定着法）は、HEM の高い膨張圧と液圧的な圧力伝播という特性を利用した定着法である。これまでの多くの研究から、応力集中を起さず、確実に炭素繊維ケーブル（以下、CFRP）より線などの連続繊維緊張材を定着できる優れた定着法であることが確認された<sup>4),5),6),7)</sup>。

さらに本法は、連続繊維緊張材に限らず、PC 鋼より線や鋼棒、通常の PC 緊張材の定着にも適用可能である。これら材料の静的および疲労引張試験の定着法<sup>8)</sup>、PC 鋼材の中間定着工法<sup>9),10)</sup>、グラウンドアンカー工法<sup>11)</sup>等で検討・適用され、短期から中・長期間の物性評価で、高い定着力と耐久性を有することが実証されてきた。

一方、材料面での耐久性に関する検討は、鋼管に HEM を充填した簡易的、且つ、試験期間は最長でも 3 年程度であり、緊張材を定着させた実使用下に近い状態での長期的な材料評価は、ほとんど行われていなかった。

HEM によって定着された CFRP より線大容量マルチケーブルの長期定着性能試験が終了したことから、今回、CFRP の定着部に充填されていた定着用膨張材の中酸化深さ、水和状態、細孔径分布等の確認と水和組織の観察を行った。さらに本論文では、定着性能を支配する膨張

圧との関係に着目し、筆者らの報告<sup>1),2)</sup>（以下、両文献を指し示す場合は、既報）の静的破砕剤 A の結果と照合しつつ、長期耐久性に関する材料面での考察を行った。

なお、既報は「静的破砕剤」での検討結果であるが、HEM は静的破砕剤をベースに材料の分離抵抗性とブリーディングの防止を付与した材料<sup>3)</sup>であり、硬化前の性状を除けば、ほぼ同等と考えている。

## 2. マルチ配置 CFRP より線の長期定着性能試験の概要

φ15.2mm の CFRP より線を 12 本/束とし、その両端部分に鋼管スリーブ（以下、鋼管）を取り付けて、CFRP と鋼管の隙間に HEM スラリー（水結合材比：27%）を充填し、48 時間養生した（以下、定着体）。養生完了後、写真-1 のように、鋼製フレームの架台に 3000kN 油圧式ジャッキと圧縮センターホール型 5000kN ロードセルを取り付けた装置の緊張側（写真手前）と固定側（写真奥側）に両定着体を取り付けた。初期緊張荷重 1856.4kN（設計規格荷重の約 85%）を加え、空調設備の無い屋内にて、2001 年 12 月～2016 年 8 月までの約 14 年半、緊張状態を保持した。

HEM の膨張圧は、固定側の定着体の末端側から 100mm の位置（以下、固定端）より 30mm 間隔でひずみゲージを貼り付け、ひずみ量から外管法<sup>12)</sup>にて求めた。

材齢 1 年経過後の HEM の膨張圧分布と、固定端から 360mm の位置での試験期間中の HEM の膨張圧変化は、それぞれ図-1 と図-2 に示した状況であった。

また、長期定着性能試験から、①HEM の膨張圧は、養生完了後から約 6,000 時間（＝約 8 ヶ月）で 95MPa に達し、以降、この値が持続されていたこと、②試験終了時

\*1 太平洋マテリアル（株） 開発研究所（正会員）

\*2 長崎大学大学院 工学研究科 教授 工博（正会員）

\*3 東京製綱（株） CFCC 事業部 工修（正会員）

\*4 太平洋マテリアル（株） 開発研究所 工博（正会員）



写真-1 試験の状況

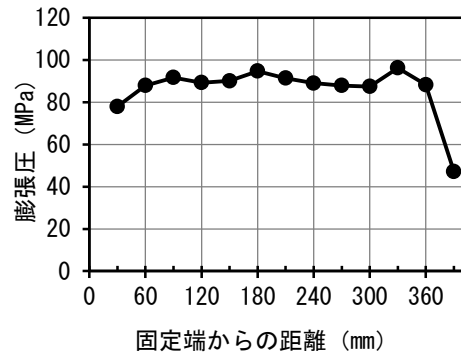


図-1 1年後の HEM 膨張圧の分布

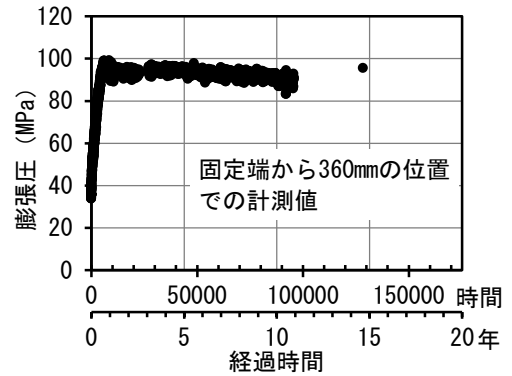


図-2 HEM 膨張圧の経時変化

に確認した引張破断荷重は 2440kN であり、設計保証破断荷重の 113.5%であったこと、③破断位置が、CFRP の定着部ではなかったこと、以上 3 点を確認した。本結果から、試験開始から約 14 年半もの間、物理的には、CFRP より線は HEM によって確実に定着されていたと判断した。なお、定着性能の力学的観点からの考察は別途、報告の予定である。

### 3. 実験概要

#### 3.1 分析に供した試験体

定着体の概略を図-3 に示す。内径 85mm の鋼管内に φ 15.2mm の CFRP が 12 本配置され、HEM はそれらの隙

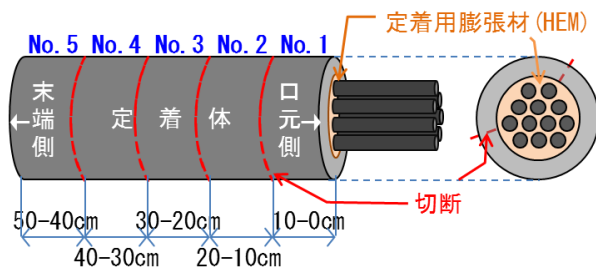


図-3 定着体の概要と試験体の切断箇所

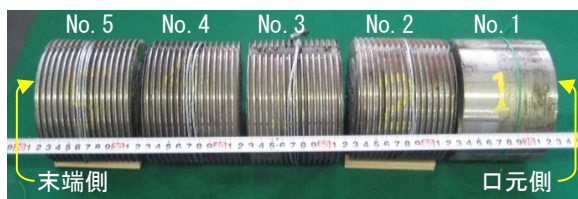


写真-2 切断した試験体全体と両端面の状態

間に充填されていた。写真-1 のように、定着体には緊張側と固定側が存在する。理論的には、両定着体には等しい力が作用しており、膨張圧もほぼ同じ状態と考えられるため、今回はひずみゲージの貼られていない緊張側の定着体に充填された HEM 硬化体を分析対象とした。

この定着体を大型の乾式カッターで 10cm 間隔に切断し、さらに HEM 硬化体を採取しやすくするため、鋼管部分の 2 ヶ所を切断した。定着体を切断して得た試験体は、定着体のケーブルが出ている側（以下、口元側）から末端側に向かって No.1~No.5 と割り振った。

切断して得た試験体全体と両端部の断面を写真-2 に示す。試験体 No.1 の口元側の面は、鋼管と CFRP の間に充填されていた HEM 硬化体の一部に剥落が見られた。ただし切断前は、ほぼ全面が HEM 硬化体で覆われており、切断作業の際に剥落したと思われる。一方、末端側の面は、内スペーサーでシーリングされており、HEM 硬化体が露出しておらず、その状態は確認できなかった。

#### 3.2 分析用試料の調整

分析用の試料は、後述の中性化深さ測定の際に、フェノールフタレイン溶液を噴霧しない側の試験体から採取した。ハツリ器具等を用い、No.1 は 3 ヶ所、No.2, No.3, No.4 は 1 箇所、No.5 は 2 ヶ所から HEM 硬化体の破片を採取した。採取位置の詳細を表-1 に示す。

表-1 分析用試料の採取位置

試料名	試験体 No.	採取位置 (口元側を起点とした距離)
No. 1-10	No. 1	0~20mm
No. 1-40		30~50mm
No. 1-70		60~80mm
No. 2-50	No. 2	30~70mm
No. 3-50	No. 3	30~70mm
No. 4-50	No. 4	30~70mm
No. 5-50	No. 5	30~70mm
No. 5-95		90~100mm

採取した破片は、真空乾燥器中で約 3 日乾燥（以下、V 試料）、または D-乾燥（-79℃での水蒸気分圧における乾燥）を約 1 週間（以下、D 試料）行った。

### 3.3 試験方法

#### (1) 中性化深さの測定

各試験体から切断した鋼管の小さい側を取り外し、たがね等のハツリ器具を用いて、HEM 硬化体を切断面に対して垂直方向に割裂した。得られた断面の片側にフェノールフタレイン 1%エタノール溶液を噴霧し、その深さを測定した。

#### (2) 生成物および未反応鉱物の確認

V 試料をメノウ乳鉢にて粉碎し、粉末 X 線回折装置（以下、XRD）を用いて、電流：30mA、電圧：15kV、対陰極：Cu、走査範囲：5～60°、走査速度：2°/min の条件で測定した。

#### (3) 水酸化カルシウム生成量と水和率の測定

D 試料をメノウ乳鉢にて粉碎し、示差熱天秤分析装置（以下、TG-DTA）を用いて、測定範囲：室温～1000℃、昇温速度：20℃/min、雰囲気ガス：窒素、リファレンス： $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の条件で測定した。

また、HEM 硬化体の水和率を推定するため、既報を参考にして完全水和試料を調整した。ただし、充填に用いた当時の HEM の入手は不可能であったため、No.3-50 の D 試料を粉碎し、約 35%の水を加えて練り混ぜた。1 週間再水和させた後、D-乾燥を行った。なお、完全に水和したかどうかは、3.3(2)項に示した XRD 測定を行い、再水和試料中の未反応鉱物の有無で判断した。

#### (4) 細孔径分布

D 試料を使用し、水銀圧入式ポシメーターを用いて、直径約 3nm～60  $\mu$ m の細孔について測定を行った。

#### (5) 水和組織の観察

D 試料を樹脂包埋して精密カッターで切断し、切断面を粗研磨した。その面から再度、樹脂を染み込ませて硬化させ、鏡面研磨を行った後、導電性を持たせるために表面に炭素を蒸着して観察用試料とした。電子プローブマイクロアナライザを用い、研磨面の組成像観察を行い、必要に応じて装置付属の波長分散型 X 線分析装置（以下、WDS）にて、観察された物質の構成元素の確認も行った。

## 4. 実験結果と考察

### 4.1 中性化深さ

フェノールフタレイン噴霧後の試験体を写真-3 に示す。定着体の末端側と口元側を含む No.5 と No.1 以外は、全面が赤紫色に発色し、中性化は認められなかった。一方、定着体の No.5 と No.1 の試験体には、末端側と口元側に発色しない領域が見られた。両試験体の未発色部分を拡大した写真を写真-4 に示す。

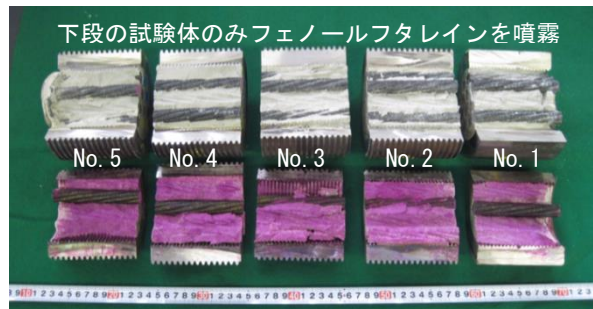


写真-3 フェノールフタレイン噴霧後の試験体

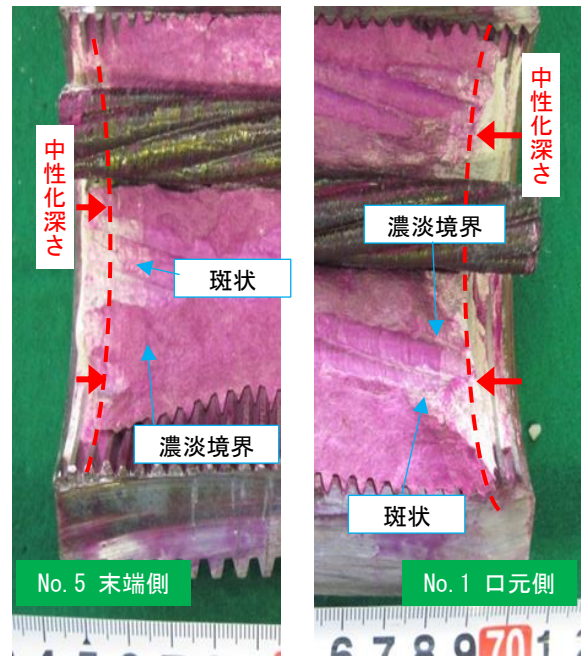


写真-4 試験体 No.1 と No.5 の未発色部分の状態

No.1 の口元側は、HEM 硬化体の一部が欠落している影響もあり、発色域が明確ではないが、10mm 程度までは、全領域がほぼ未発色であった。それより内側の発色も一様ではなく、濃淡や斑状を呈している部分を確認された。No.5 についても、末端側から 5mm 程度の深さまでは、ほぼ全領域が未発色であったが、それよりも内側は、前述の No.1 と同じような状態であった。

口元側は 10mm、末端側は 5mm と両端部の中性化深さに違いが生じた理由は、山田らの報告<sup>3)</sup>でシーリングの有無による中性化深さの違いが述べられているように、口元側は HEM がむき出しの状態、末端側は内スペースでシーリングされた状態であったためと推察する。

HEM の膨張圧は、f.CaO の水和により生成する水酸化カルシウム（以下、Ca(OH)<sub>2</sub>）に起因する。このため、中性化により Ca(OH)<sub>2</sub> が炭酸カルシウム（以下、CaCO<sub>3</sub>）等の別の物質に変化した場合、膨張圧が低下する懸念があった。しかしながら、試験終了時の引張破断荷重が、設計保証破断荷重の 113.5%であったことや CFRP が鋼管内に確実に定着されていたことを確認しており、この結果を踏まえると、定着体全長（500mm）の 2%程度で中



性化が生じて、CFRPの定着性能には、影響しないと考えられる。

#### 4.2 生成物および未反応鉱物の確認

XRDによる測定および解析結果を図-4に示す。なお、No.1-10とNo.5-95以外は、回折パターンに大きな違いが見られなかったことから、代表的な回折パターンとしてNo.3-50を表示した。また、後述の水和率推定用の完全水和試料（以下、完水品）の測定結果も併記した。

中性化深さの試験結果において、中性化が認められた部分を含むNo.1-10とNo.5-95以外からは、水和生成物であるCa(OH)<sub>2</sub>、HEMの構成鉱物であるf.CaOとカルシウムシリケート鉱物が検出された。一方、No.1-10とNo.5-95には、CaCO<sub>3</sub>のピークが確認され、中性化が見られなかった位置に比べてCa(OH)<sub>2</sub>のピークが小さくなっていた。この結果から、HEM硬化体の中性化も、一般的なセメント硬化体の中性化現象と同様に、Ca(OH)<sub>2</sub>がCaCO<sub>3</sub>に変化することで進行すると考えられる。

No.1-10とNo.5-95以外の位置ではCaCO<sub>3</sub>が検出されなかったことから、定着体の口元側から少なくとも30～470mmの範囲は、中性化を生じていないことは明確であり、前述の中性化深さの試験結果とも概ね整合する。

水和率推定用に調整した完水品は、HEMの構成鉱物であるf.CaOとカルシウムシリケート鉱物のピークは認められず、完全水和した試料と判断した。

#### 4.3 水酸化カルシウム生成量および水和率

TG-DTAで得られた結果から、既報を参考に、500℃付近の質量減少をCa(OH)<sub>2</sub>の脱水、800℃付近の質量減少をCaCO<sub>3</sub>の脱炭酸と判断し、この質量減少から、D試料中のCa(OH)<sub>2</sub>とCaCO<sub>3</sub>の量を求めた。さらに、求めたCaCO<sub>3</sub>量をCa(OH)<sub>2</sub>量に換算し、Ca(OH)<sub>2</sub>量との和を換算Ca(OH)<sub>2</sub>量として、同様に求めた完水品中の換算Ca(OH)<sub>2</sub>量との量比から水和率を求めた。なお、検出されたCaCO<sub>3</sub>は、No.1-10とNo.5-95を除き、試料調製の過程で生成した可能性が高い。また、Ca(OH)<sub>2</sub>量にはHEMに含まれる

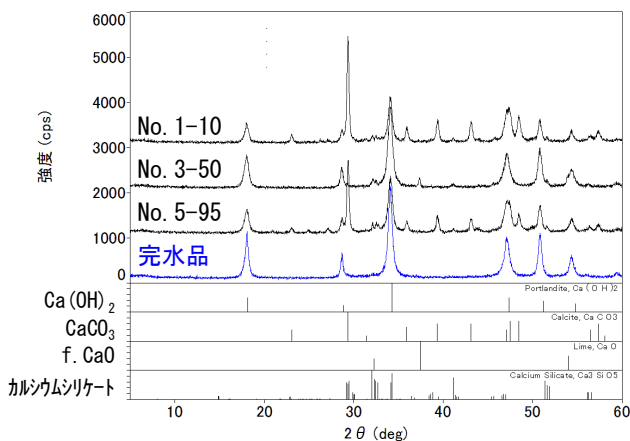


図-4 XRD 回折パターンおよび解析結果

f.CaO以外の鉱物の水和により生成したものを含んでいることは、認識している。また、セメント系材料の水和率は、通常は水和前の粉体（今回であれば水和前のHEM）を基準として算出することが多いが、今回は、既報と比較するため、D試料基準で値を求めた。このため、本方法による水和率の算出は、中性化部分を含むNo.1-10とNo.5-95については不相当と考え、結果から除外した。

結果を表-2に示す。両端部のNo.1-10とNo.5-95を除き、換算Ca(OH)<sub>2</sub>量はNo.1-40～No.5-50の平均で約68%、水和率は約97%であった。

今回得た換算Ca(OH)<sub>2</sub>量と水和率の経時変化を、既報のデータに重ね合わせて図-5に示した。換算Ca(OH)<sub>2</sub>量、水和率ともに既報の結果の延長上にあり、材齢3年から約14年半まで、徐々にではあるが水和が進行していることが確認された。これらの結果を見る限り、試験条件や試験規模に違いがあっても、HEMの水和反応の経時変化には、大きな影響はないものと考えられる。

そこで、既報のCa(OH)<sub>2</sub>量または水和率と膨張圧の関係から予測値と95%予測区間を求め、今回の結果を重ね合わせて図-6に示した。今回得た結果は、Ca(OH)<sub>2</sub>量と

表-2 硬化体中の各物質質量と水和率

試料名	硬化体中の各物質質量 (%)			水和率 (%)
	Ca(OH) <sub>2</sub>	CaCO <sub>3</sub>	換算 Ca(OH) <sub>2</sub>	
No. 1-10	30.5	45.6	64.2	—
No. 1-40	66.4	2.8	68.4	97.1
No. 1-70	66.7	2.8	68.8	97.5
No. 2-50	66.9	2.3	68.6	97.3
No. 3-50	66.7	2.3	68.4	97.0
No. 4-50	66.4	2.3	68.1	96.5
No. 5-50	66.1	2.5	68.0	96.4
No. 5-95	47.2	27.7	67.7	—
完水品	68.2	3.1	70.5	100

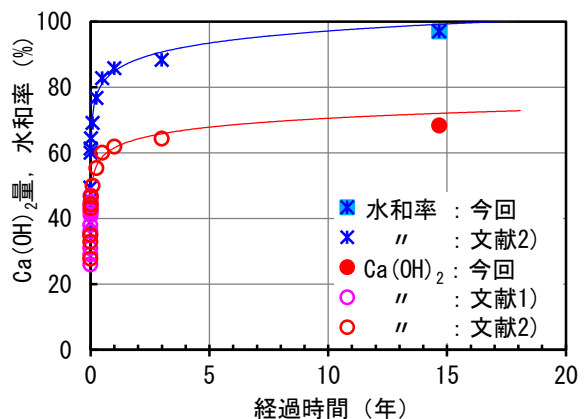


図-5 Ca(OH)<sub>2</sub>量と水和率の経時変化

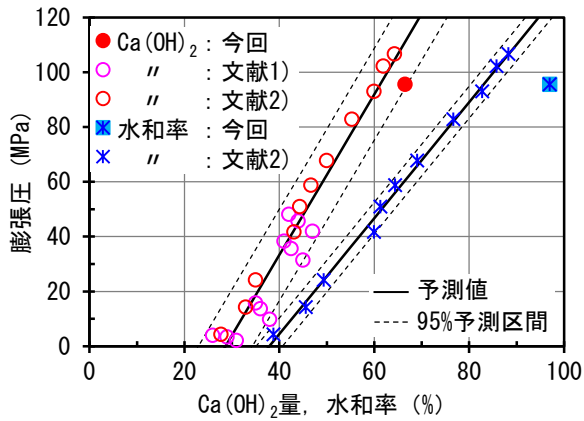


図-6 Ca(OH)<sub>2</sub>量、水和率と膨張圧の関係

膨張圧の関係は予測区間内、水和率と膨張圧の関係は区間外となった。HEMは膨張圧の発現に直接寄与しない鉱物（例えばカルシウムシリケート系の鉱物）を含んでおり、これはf.CaOに比べて水和反応が比較的遅い。水和率が予測区間から外れた理由は、14年半経過したHEMの水和率は、主にカルシウムシリケート系の鉱物の水和に起因しているためと推察する。よって、長期的な水和状態と膨張圧との関係は、HEM硬化体中のCa(OH)<sub>2</sub>量にて判断することが適当と考える。

#### 4.4 細孔径分布

得られた結果を既報と同様の細孔径で区分し、図-1の材齢1年後の膨張圧分布に、今回得た1μm以上の細孔量および総細孔量の結果を重ね合わせ、図-7に示した。なお、HEMの膨張圧計測位置と、細孔径分布測定試料の採取位置を対応させるため、50mmは30~90mm、150mmは120~180mm、250mmは210~300mmの区間の平均値を用いた。

既報では、1μm以上の細孔量と総細孔量は、膨張圧の増加に伴い減少することが示されている。図-7より、14年半後の1μm以上の細孔量および総細孔量は、材齢1年で膨張圧の低い口元側（390mm付近）で明確な増加が見られた。一方、膨張圧が高い内部は、ほぼ一定値を示していた。両端部の細孔量の増加は、山田らの報告<sup>3)</sup>にあるように、両端部では拘束が開放されているために膨張圧が小さくなるためであり、さらには中性化の影響にも起因すると推察する。

また、既報では1μm以上の細孔量と総細孔量は、経過時間に伴い減少する傾向であることも示されていた。そこで、今回得た未中性化部（No.1-40~No.5-50）の両細孔量の平均値を併記し、図-8に示した。材齢1年に比べ、1μm以上の細孔量はほぼ同等、総細孔量は0.01ml/g程度、減少していた。なお、この総細孔量の減少は、主に水和の進行に起因していると考えられる。

以上の結果と材齢8ヶ月以降の定着体の40mm位置での膨張圧が、ほぼ横這いであった状況から、試験終了時

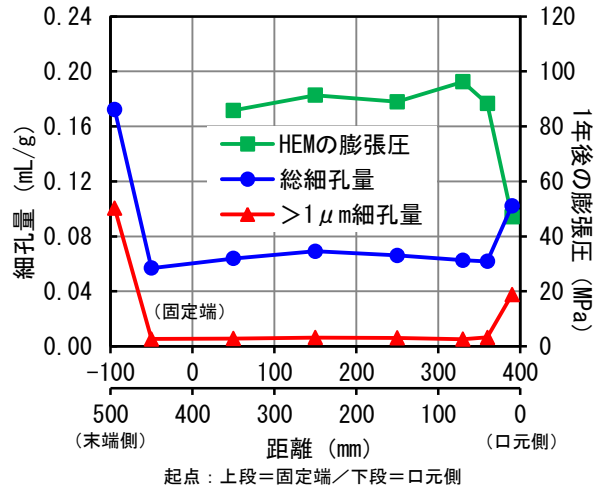


図-7 口元側からの距離と細孔量、膨張圧の関係

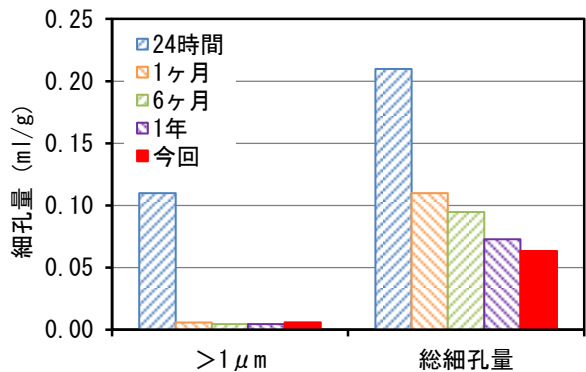


図-8 1μm以上の細孔量と総細孔量の経時変化

のHEMの膨張圧分布は、材齢1年とほぼ同様と推察される。今回、定着体全体の膨張圧分布は把握できていないが、約14年半経過した時点でも端部を除き、膨張圧は定着体全体に均一に保持されていると推察される。

#### 4.5 水和組織の観察

組成像観察を行った結果、両端部に相当するNo.1-10とNo.5-95以外の水和組織に、顕著な違いは見られなかった。そこで、観察した組成像の中から定着体の中心付近に当たるNo.3-50の代表的な画像を写真-5に示す。

組成像は、物質の平均原子番号の違いにより明暗を生じ、同じ物質は同色で表示されるという特徴がある。今回は、未反応のHEM粒子は白色に近い色（その中でf.CaOはより白い）、亀裂や空隙の部分は黒色、両者の間に存在する灰色の部分は水和物（明度は、水酸化カルシウム>その他の水和物）となるように色調を調節した。

組成像観察から、HEM硬化体中にはCa(OH)<sub>2</sub>の塊が存在し、その中にHEMの未反応粒子が残存している状況が確認された。さらに、写真の中央付近の明灰色の内部に認められた白色粒子は、装置付属のWDSで検出された成分から、未反応のf.CaOと推定された。

XRDでもf.CaOの存在が確認されており、今後も水和により膨張力を発現できる可能性が示唆されたと考えられる。

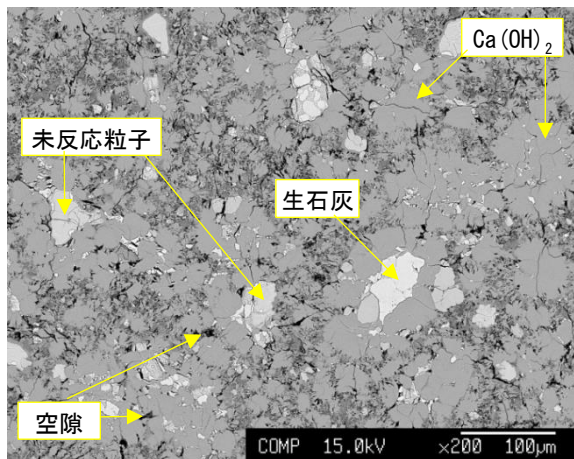


写真-5 代表的な水和組織 (No. 3-50)

## 5. まとめ

今回の定着体に充填された HEM 硬化体の分析から、以下の知見が得られた。

- (1) 定着体の両端部は中性化が見られ、少なくとも口元側は約 10mm、末端側は約 5mm まで進行している状況であった。しかしながら、この深さは定着体全体の 2% 程度であり、CFRP の定着性能には影響しない。
- (2) XRD と TG-DTA の結果から、定着体の口元側から少なくとも 30~470mm の範囲には、未反応の f.CaO が残存し、HEM 硬化体基準の換算  $\text{Ca(OH)}_2$  量は約 68%、水和率は 97% であることが確認された。また、水和率と膨張圧の関係は既報の予測区間外であり、長期的な水和状態と膨張圧の関係は、HEM 硬化体中の  $\text{Ca(OH)}_2$  量での判断が適当である。
- (3) 細孔径分布は、両端部を除き、既報の 1 年までの結果と比べて、 $1\mu\text{m}$  以上の細孔量は同等、総細孔量は  $0.01\text{ml/g}$  程度、減少していた。細孔量に大きな増加が見られないことから、HEM の膨張圧は 14 年半経過後も定着体全体で保持されていると推察される。
- (4) 水和組織の観察から、定着体の未中性化部分の HEM 硬化体中には、水酸化カルシウムの塊が一面に見られ、その中に未反応粒子や f.CaO が残存していることが確認された。

以上、定着体に充填された状態で 14 年半経過した HEM 硬化体の中性化深さ、 $\text{Ca(OH)}_2$  の生成状態、細孔構造等の状況から、定着性能を保持できる状態であることを確認した。また、HEM 硬化体中に未反応の f.CaO が確認されたことは、HEM 硬化体内の内在水分（自由水等）と反応することで膨張力を発現する可能性を示唆し、今後も定着性能が維持されることを期待できる。ただし、長期的な耐用年数を推定するためには、より長期間耐用された HEM 硬化体に関するデータ蓄積が必要と考える。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費 15H04027 の助成を

受けて実施いたしました。また、本報の取りまとめに際し、長崎大学 佐々木謙二助教に、ご助言・ご協力をいただきました。ここに、謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 副田孝一，原田哲夫：静的破碎剤の膨張圧発生機構に関する一考察，土木学会論文集，No.466，V-19，pp.89-96，1993.5
- 2) 副田孝一，土屋和義，松久真人，原田哲夫：静的破碎剤の長期膨張圧特性，Gypsum & Lime，No.248，p.37-43，1994.1
- 3) 山田一夫，原田哲夫，出光隆，副田孝一，Myo Khin：高膨張圧を受ける定着用膨張材の耐久性に関する実験的研究，土木学会論文集，No.634，V-45，pp.145-156，1999.11
- 4) 原田哲夫，出光隆，Myo Khin，副田孝一，渡辺明：定着用膨張材による連続繊維緊張材の定着法に関する研究，土木学会論文集，No.627，V-44，pp.77-90，1999.8
- 5) 中村俊明，木村浩，榎本剛，原田哲夫；HEM を用いた CFRP ケーブル大容量 (2,500kN 級) 定着具の開発，プレストレストコンクリート技術協会 第 10 回シンポジウム論文集，pp.315-320，2000.10
- 6) 榎本剛，原田哲夫，佐々木謙二，牛島健一，添田政司，徳山ミヨーキン：CFRP より線の機械的特性に関する研究，土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)，Vol.69，No.1，pp.98-117，2013.3
- 7) 原田哲夫，生田泰清，佐々木謙二，大畑裕志，徳山ミヨーキン：定着用膨張材による CFRP より線と PC 鋼より線の定着機構に関する研究，土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造)，Vol.70，No.4，pp.370-389，2014.11
- 8) 土木学会：連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針 (案)，コンクリートライブラリー第 88 号，1996.9
- 9) 渡辺泰行，菊地秀二，長橋弘和，中島規道：中間定着工法の開発とその施工，プレストレストコンクリート，Vol.40，No.3，pp.26-30，1998.5
- 10) 久保田慶太，原田哲夫，生田泰清，木村浩：HEM を用いた PC 緊張材の中間定着と定着機構に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.26，No.2，pp.847-852，2004.6
- 11) NM アンカー協会：NM グラウンドアンカー工法 設計・施工マニュアル，2014.6
- 12) 原田哲夫，出光隆，渡辺明：静的破碎剤を用いたコンクリートの解体に関する基礎的研究，土木学会論文集，No.360，V-3，pp.61-70，1985.8