

委員会報告 セメント系材料の自己治癒技術の体系化研究専門委員会

五十嵐 心一*1・細田 暁*2・人見 尚*3・今本 啓一*4

要旨:平成19年度～20年度にて活動を行った「セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究専門委員会」の活動を引き継ぎ、平成21年度～22年度「セメント系材料の自己治癒技術の体系化研究専門委員会」として、実験や計測の実施に重点を置いた活動を行った。また、コンクリート工学年次大会2010(さいたま)においては、コンクリートの自己治癒の研究分野にて牽引役を果たす国際的に著名な研究者を招き、国際研究集会を開催した。さらに、委員会活動を総括することを目的として、広く論文を募集して「セメント系材料の自己治癒に関するシンポジウム」を企画しており、多様な観点からの活発な討議を行う予定である。

キーワード:自己治癒, 治癒事例, 治癒機構, 微・非破壊評価, 国際研究集会

1. はじめに

材料に自律性を付与し、知能材料として展開しているという試みが国内外で注目されるようになって久しい。自律性としては、自己診断、自己制御および自己修復などが挙げられ、金属・非金属、無機・有機材料、複合材料など様々な材料分類の下にて、研究開発が進められている。セメント系材料に対しても、画期的なアイデアと既往の研究実績を背景にして、いずれかの自律機能もしくはその組み合わせの機構を導入することが可能となりつつある。

このような状況のもと、RILEMでは2005年にオランダ、デルフト工科大学のE. Schlangen教授を委員長として研究委員会TC-SHC「セメント系材料における自己修復現象」が設立され、現在にいたるまで継続して活発な委員会活動を行っている。この間には、幅広い分野の自己修復材料全体を包括する国際会議も開催され、セメント系材料はその中で独立した1部門を形成するほどに研究気運は高まっている。

一方、JCIにおいてはRILEMに遅れること2年、2007年にJCI-TC075B「セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究専門委員会」が設立された。2年間の活動期間中は主にセメント系材料の自己修復性の啓蒙を目的とし、最終的に、国内外の研究、技術の現状を取りまとめた報告書¹⁾を発刊して、その活動を終了した。しかし、委員会が主体となって自己修復性に関する実験、研究を推進し、具体的な研究成果として情報発信できたかという点に関しては不十分であったことを認めざるを得なかった。国内外でけん引役となって活発に研究を推し進めていた一部の委員の研究成果の紹介にとどまっていた面があった。そこで、JCI-TC075B委員会の研

究遂行に関するこの反省点に立ち、2009年に活動を引き継ぐ形でJCI-TC091A「セメント系材料の自己治癒技術の体系化研究専門委員会」を立ち上げた。その設立趣旨は、研究背景の異なる委員各自が、自己修復、自己治癒に関わる具体的な実験、研究に何らかの形で参画し、その結果を多様な観点から討議することであり、さらには可能な範囲にて委員会活動を国際的に情報発信していくことであった。

以上の設立経緯のもと、本委員会は2009年4月に2009年度～2010年度の2年間にわたる研究重視の委員会活動を開始し、2011年3月をもってその活動を終えた。この間、研究実施の機動性を考慮して、各委員の研究実績に対応できるワーキンググループを作り、実際に実験を行ったり、現場計測を行うなどの具体的研究活動を行ってきた。また、2010年のコンクリート工学年次大会(さいたま)では、国際研究集会を開催し、多くの会員の参加を得て有意義な討論ができ、盛況のうちに無事終了することができた。現在は、過去2年間の活動を総括する詳細な報告書の発刊に向けて準備を進めているところである。本報告においては、これまでの委員会活動の概要を報告するが、詳細については6月に発刊の報告書²⁾を参照していただきたい。

2. 委員会構成とワーキンググループ

表-1に本委員会の委員を示す。土木、建築および材料の各分野から様々な研究背景を持つ研究者が集い、総勢23名の比較的組織の大きい研究専門委員会である、実際の委員活動の実施においては、これを3つのワーキンググループおよび3つのサブワーキンググループに編成し、委員各自の研究の興味に応じて、機動的かつ多様な実験

*1 金沢大学 理工学域環境デザイン学類教授 博(工) (正会員)

*2 横浜国立大学大学院 環境情報研究院准教授 博(工) (正会員)

*3 (株)大林組 技術研究所生産技術研究部副主任研究員 博(工) (正会員)

*4 東京理科大学 工学部建築学科准教授 博(工) (正会員)

表-1 委員会構成メンバー

委員長	五十嵐 心一	金沢大学
副委員長	岸 利治	東京大学
幹事	国枝 稔	名古屋大学
幹事	西脇 智哉	東北大学
委員	安 台浩	東京大学
	稲田 裕	清水建設(株)
委員	今本 啓一	東京理科大学
委員	小田部 裕一	住友大阪セメント(株)
委員	川端 雄一郎	港湾空港技術研究所
委員	閑田 徹志	鹿島建設(株)
委員	小林 薫	J R 東日本
委員	権代 由範	仙台工業高等専門学校
委員	佐川 孝広	日鐵セメント(株)
委員	佐藤 良恵	住友大阪セメント(株)
委員	谷口 円	北海道立総合研究機構建築研究本部北方建築総合研究所
委員	Pareek Sanjay	日本大学
委員	樋口 隆行	電気化学工業(株)
委員	人見 尚	(株)大林組
委員	細田 暁	横浜国立大学
委員	丸山 一平	名古屋大学
委員	吉田 晴亮	(株)日本ネットワークサポート
委員	渡辺 健	徳島大学
協力委員	全 振煥	鹿島建設(株)
事務局	福林 幸雄	平成 22 年 8 月まで
	川上 明大	平成 22 年 9 月から

表-2 ワーキンググループと活動内容

ワーキング名	活動内容
1. 性能評価	自治癒性能の評価法の検討
①漏水	漏水抑止性能の評価
②自然治癒	電柱に見られる自然治癒性能評価
③曲げひび割れ	曲げひび割れの治癒に関する共通試験の実施
2. 機構解明	自然治癒過程の観察と化学反応論的考察
3. 微・非破壊	微・非破壊試験にて評価しうる自己治癒特性の明確化

に参画できることを意図した。ワーキンググループを表-2に示す。

3. ワーキング活動の概要

3.1 性能評価 WG

性能評価 WG においては、セメント系材料の自己治癒・自然治癒の機構と性能評価、およびデバイスを用い

たセメント系材料のひび割れの自動修復について調査研究を行い、最新の知見を取りまとめた。得られた主な知見について以下に概説する。

(1) セメント系材料の自己治癒・自然治癒

(a) 漏水現象と漏水低減の機構

過去の研究で、コンクリート構造物のひび割れを模擬し、ひび割れ間を通る漏水について検討したものがいくつかある。漏水の観点から許容ひび割れ幅を定めたり、漏水防止を目的とした自己治癒コンクリートの性能評価についての研究などである。しかし、これらの研究では、ひび割れの導入方法が統一されておらず、ひび割れの内部形状が漏水に及ぼす影響が十分に把握されているとは言えず、多くの結果が無秩序に示されている状況にある。

そこで、ひび割れの両面が平行に近くなるように、ひび割れの導入方法とひび割れ幅の保持の方法を開発し、既往の方法によるひび割れと、内部形状を比較した結果、より平行に近く、ばらつきが小さいことを定量的に示した^{3,4,5,6}。開発した方法による漏水試験の結果を図-1に示した。漏水速度はひび割れ幅の3乗に比例するとするポアズイユ式による理論値に対する補正係数 C_w を縦軸に示している。ひび割れ幅によらず C_w は一定とする仕入⁴や、ひび割れ幅の増加により C_w は減少するという伊藤ら⁵と異なり、最もひび割れの形状が制御できたモルタルの試験体では、300 μm 程度までのひび割れ幅では、 C_w が増加する傾向が見られた。

この研究では、漏水の経時的な変化についても計測しており、クリンカ細骨材を用いた自己治癒コンクリートについても検討を行っており、成果は委員会報告書に収められている。

(b) 漏水防止を目的とした自己治癒コンクリート

漏水防止を目的としたいくつかの自己治癒コンクリートについて研究が進められ、委員会報告書に成果が収められている。

NATM工法を対象とした自己治癒組成物を含有した吹

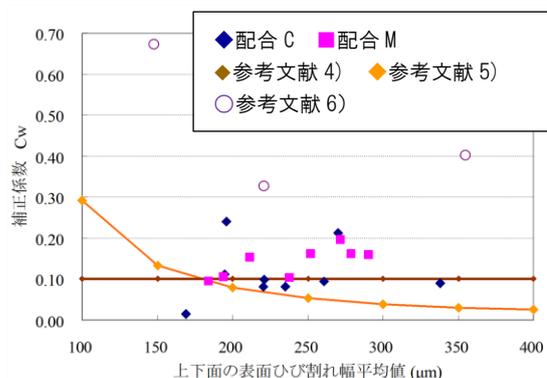


図-1 漏水試験に及ぼすひび割れの形状の影響³⁾

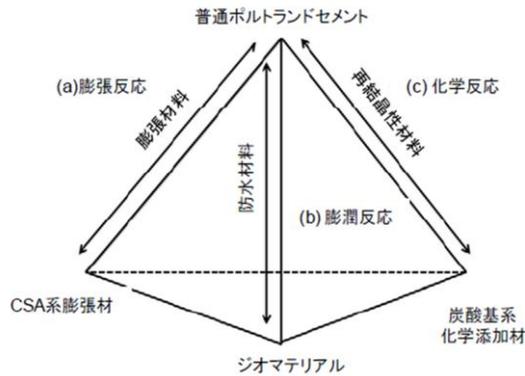


図-2 ひび割れ自己治癒材料の設計概念

付けコンクリートへの適用，既設トンネルにおいて強度を損なうことなく美観上問題とならない新たな補修工法が提案されている⁷⁾。

また，高機能で長期的な信頼性を有する自己治癒コンクリートの開発を目指して，CSA系膨張材，粘土系材料のジオマテリアル，炭酸基系化学添加材を用いた自己治癒コンクリートが提案されている⁸⁾ (図-2)。

ポルトランドセメントの水和活性を抑えた混和材料とビニロン繊維を組み合わせた自己治癒材料も提案されている⁹⁾。繊維の効果として，ビニロン繊維の表面の水酸基の影響，繊維の析出サイトとしての役割，硬化体内部からのイオンの移動の促進が挙げられている。

(2) 自然治癒

人為的な治癒でないコンクリートのひび割れの自然治癒についても，最新の成果を調査した。

滋賀県の凍害環境で34年間供用されたコンクリート電柱の縦ひび割れが自然治癒しており，コアを採取して詳細に分析を行った¹⁰⁾。電柱の表面には，カルサイトが析出しており，写真-1に示すようにコンクリート電柱の表面から外側に向かいヒダ状に生長しているのが確認された。また，電柱の内部のひび割れの分析から，ひび割れ部にはカルサイトに加えてエトリンガイトが析出

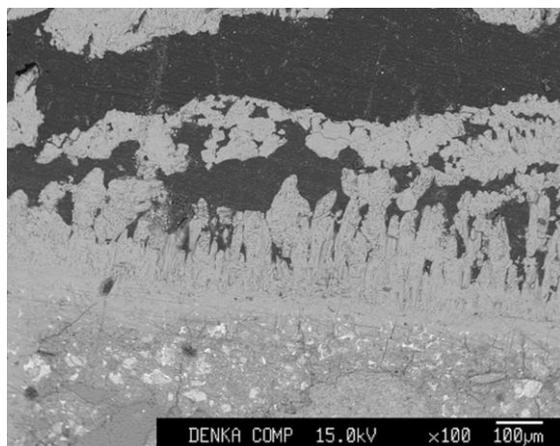


写真-1 電柱の表面の析出物の反射電子像

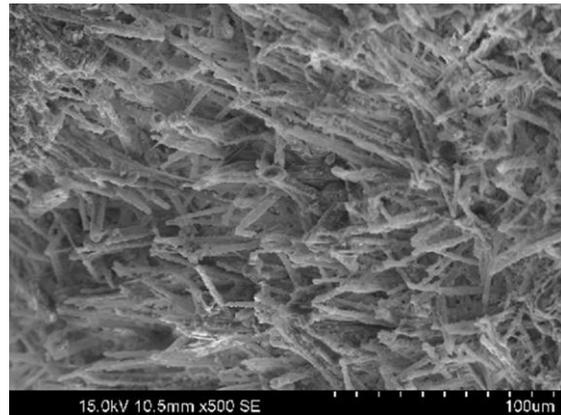


写真-2 電柱内部のひび割れのエトリンガイト

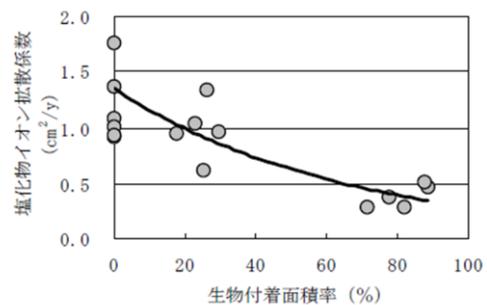


図-3 生物附着面積率と塩化物イオンの実効拡散係数

していることが確認された (写真-2)。エトリンガイトは結合水量が多く占有体積が大きいため，ひび割れの閉塞に効果的であり，針状結晶であるため目詰まりを促すとともに，カルサイトの析出サイトとして機能した可能性を指摘している。

海洋環境におけるコンクリートの自然治癒についての最新の知見を調査した。海生生物が付着したコンクリートに対して電気泳動試験を行い，塩化物イオンの拡散の低減効果が確認されている (図-3)。生物附着面積率が大きいほど塩化物イオンの実効拡散係数が小さくなる傾向が認められている。暴露試験でも長期的な低減傾

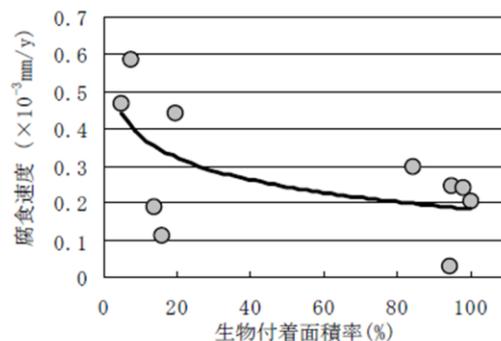


図-4 生物附着面積率と鉄筋の腐食速度の関係

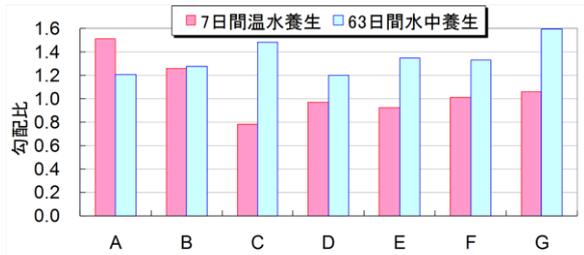


図-5 8種類のコンクリートの剛性の変化（勾配比）

向が確認されている。

生物付着層の鉄筋腐食の抑制効果も認められており（図-4）、暴露試験を行った後の腐食調査結果においても、鉄筋腐食抑制効果が確認されている。

(3) フライアッシュコンクリートの若材齢時に導入された損傷の回復

フライアッシュを混和させたコンクリートの自律治癒の効果を確かめるため、5機関8配合のコンクリートを対象に共通試験を実施した。実験条件は、水セメント比（W/C）を0.45、単位水量を170kg/m³、フライアッシュはJIS A 6201 II種相当とし、セメントの体積の20%を外割り（細骨材と置換）で添加した。総材齢28日において、「切欠きはりをを用いたコンクリートの破壊エネルギー試験方法 JCI-S-001-2003」に準じてひび割れを導入し、その後40℃温水中7日間または20℃水中63日間の2種類の養生を実施した。

図-5 にひび割れ導入直後の剛性と再養生後の剛性の比（勾配比と呼ぶ）を示す。なお、この勾配比が1.0を超えていれば、再養生によってひび割れ導入時よりもみかけの剛性が高くなっていることを意味しており、このことはひび割れ部の治癒と相関があるものと推察される。全体的にみれば、1.0を超えているものが多く、自己治癒によりみかけの剛性が回復していることが明らかとなった。

(4) バクテリアを用いた自律治癒について

バクテリアを利用することによって、コンクリートに生じたひび割れを修復させる手法が検討されている。こ

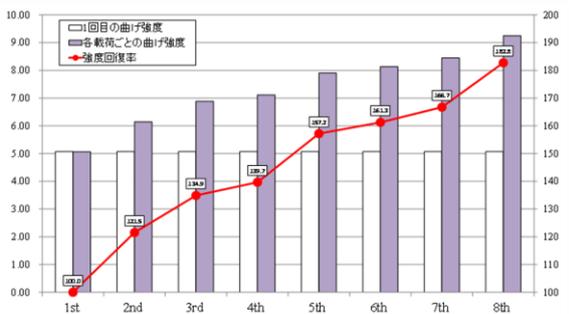


図-7 繰り返し載荷を行った場合の強度回復率

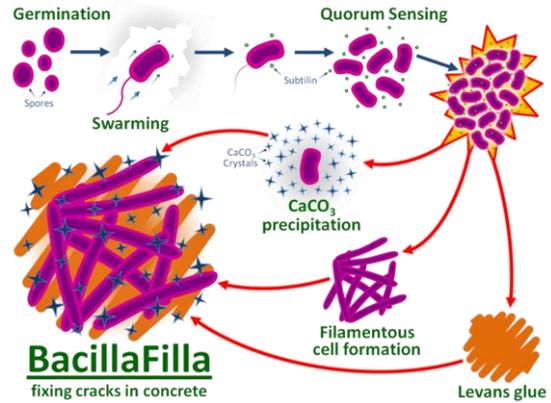


図-6 BacillaFilla のひび割れ自己治癒のコンセプト

れまでも、Jonkers ら¹¹⁾によって、バクテリアの新陳代謝に伴う炭酸カルシウムの析出を利用した手法が提案され、実験的にその効果が確認されてきた。近年では、英国ニューキャッスル大学の研究チームが、土中で主に発見される枯草菌（*Bacillus subtilis*）の遺伝子を操作して作り出した「バシラフィラ（*BacillaFilla*）」と呼ぶバクテリアを、コンクリート構造物のひび割れの修復に利用できることを確認している¹²⁾。図-6はこのバクテリアを利用したひび割れ自己治癒の概念図である。

(5) デバイスを用いたセメント系材料の自動修復

熊田ら¹³⁾は、ネットワーク中空路と呼ぶコンクリート中にあけられた外部と通じた孔を設ける方法を提案し、これに補修剤を充填することで自動的な修復が可能であることを示している。コンクリートにひび割れが生じた際には、このネットワーク中空路（孔）にある補修剤がひび割れ中に放出されての自己修復を目指すものである。小型のモルタル供試体を用いた実験を通して、曲げ強度の回復を確認しているほか、ネットワーク中空路の表面処理を行うことで28日間までの補修剤の保存が可能であることが確認されている¹³⁾。また、この手法によって繰り返し補修が可能であることを確認している。図-7は、8回までの繰り返し載荷を行った際の強度回復

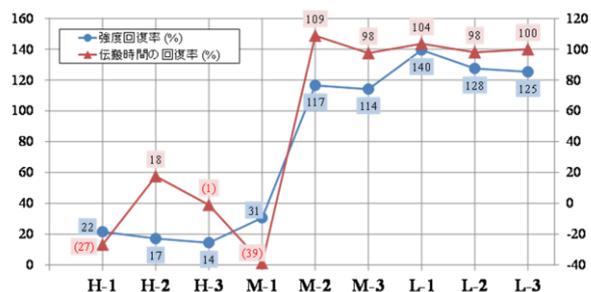


図-8 強度回復率及び伝搬時間の修復率の比

率の推移である。この図からは、回数を重ねるごとに曲げ強度が回復していることが確認できる¹⁴⁾。この他にも、補修の前後でひび割れをまたいで超音波試験を行って伝搬時間の回復率を定義しており、これと強度回復率の関係をj確認している。図-8は、粘度の異なる3種類の補修剤を用いて行った伝搬速度の回復率と強度回復率の結果を示したものである。両者は強い相関を持つことが明らかである。

3.2 機構説明 WG

本WGでは、自己治癒機能を実験的に評価する手法を考案し、適用例として、普通ポルトランドセメントおよびフライアッシュセメントペースト供試体による自己治癒試験を実施した。小規模の供試体を作成し、試験前後でのひび割れ形状の変化、自己治癒による強度の回復状況、またひび割れ部分に生成した物質の観察を通じ、コンクリート自己治癒の評価方法としての試験方法を紹介する。

(1) 自己治癒評価試験供試体

供試体は、セメントペースト硬化体とした。配合(調合)を表-3に示す。以下、普通ポルトランドセメント供試体をN、フライアッシュセメント供試体をN+FAと略記する。N+FAは、北方建築総合研究所を中心に検討が進められている自律治癒コンクリート¹⁵⁾である。

材料は練り混ぜ後、円筒型枠に打設し、20℃の水中養生の後、材齢56日、自己治癒供試体(以下、供試体と表記)へ成型した。供試体は、円周上にひび割れを導入した直径50mm、高さ30mmの円盤形状とした。円筒の側面中央に円周上に深さ5mm程度の切り込みを入れ(写真-3左)、圧縮試験機を用いて上下方向からくさびを入れる形で圧縮し、割裂させることでひび割れを導入した(写真-3右)。ひび割れ断面は、共焦点顕微鏡で凹凸を測定した。ひび割れ幅は、およそ0.2mmとした。ひび割れ幅を固定するために、側面に針金を当てがい、エポキシで固定した。

(2) 試験および分析方法

a) 浸漬試験

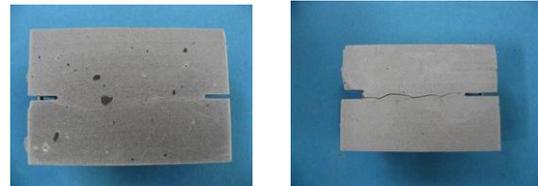
浸漬試験は、広口びんに供試体を入れ、イオン交換水で満たし、所定材齢まで養生を行った。なお、1本の広口びんには供試体を4個入れ、1000mlの水で満たした。養生温度は40℃とし養生期間は56日(材齢112日)とした。

表-3 供試体の配合

Sample	W/B (%)	Binder(%)	
		N	FA
N	50	100	0
N+FA		85	15



写真-3 供試体の作成と外観



(N) (N+FA)

写真-4 浸漬試験後の断面

b) 自己治癒状況の把握試験

自己治癒部分の強度回復検証試験

ひび割れに対し鉛直な方向での引張試験を行った。

ひび割れ表面の析出物による形状変化の把握試験

引張試験で発生したひび割れ面に対し、共焦点顕微鏡を用い断面形状を測定した。

(3) 自己治癒状況の把握分析

a) 水和物の分析

セメントおよびフライアッシュの反応率をXRD/リートベルト法、選択溶解法およびSEMにより測定した。さらに、ひび割れ導入供試体の界面に生じた水和物の分析をXRDおよびSEMにより行った。

b) SEMによる観察

浸漬試験終了後の引張試験にて破断した表面から試料を採取し、これを電子顕微鏡観察(二次電子像)試料とした。また別の供試体から試料を切り出し、切断面を反射電子像観察試料とした。

(4) 試験および分析結果

a) 浸漬試験

浸漬試験後の供試体の断面を写真-4に示す。Nではひび割れ部が閉塞しているような外観が確認された。

b) 自己治癒状況の把握試験

引張試験結果

Nでは、0.007N/mm²程度の引張り強度が見られたが、N+FAでは、ひび割れ面での接着は確認できなかった。

ひび割れ面観察結果

ひび割れ面を写真-5に示す。Nでは、結晶状の析出物が確認されたが、N+FAでは析出物は認められなかった。



N
N+FA
写真-5 浸漬試験後のひび割れ面

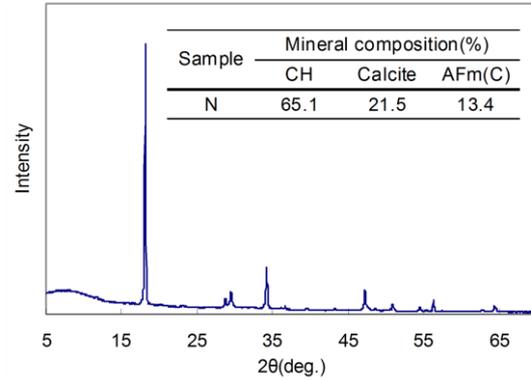


図-9 Nの表面析出物の分析結果

c) 自己治癒状況の把握分析

水和物の分析

ひび割れ導入供試体と同様の温度履歴の供試体を用いて求めたセメントおよびフライアッシュの反応率の測定結果を表-4に示す。

さらに、ひび割れ導入供試体の界面に生じた水和物の分析をXRDおよびSEMにより行った。図-9に示すように、析出物の大半は水酸化カルシウムであり、再析出したものと考えられる。N+FA 供試体については、明確には析出物は認められなかった。

SEMによる観察

写真-6は40°Cでの浸漬試験終了後の供試体 N+FA のひび割れ面のSEM像を示したものである。全体に数μm程度の起伏を持つC-S-Hと思われる反応生成物に覆われており、このC-S-Hは造膜的（トポケミカル的）に表面に生成されたと考えられる。また、この表面のいたるところに寸法が数10μm程度の比較的大きな水酸化カルシウムの結晶も観察される。

(5) 自己治癒評価試験のまとめ

ひび割れを導入したセメントペースト供試体による自己治癒試験を実施した。普通ポルトランドセメント供試体では水酸化カルシウムの析出によるひび割れ部の充填が見られた。一方、フライアッシュセメント供試体では、C-S-Hの生成が見られたもののひび割れの充填にまで至らなかった。微小空隙内での水酸化カルシウムおよびC-S-Hの溶解度の相違が自己治癒をもたらす結晶の析出に影響を及ぼしたと考えられ、詳細な考察については報告書²⁾を参照されたい。また、本WGで実施したマ

ルチスケル的な画像と化学分析やXRD/リートベルト法を組み合わせる方法は、ひび割れ部の自己治癒の観察、分析のみならず治癒機構を考える上で非常に有効と考えられる。

3.3 微・非破壊WG

コンクリートの自己治癒（修復）特性を構造物レベルで原位置にて検証することは重要である。その際、構造物に極力損傷を与えないように、すなわち非破壊によってコンクリートの自己治癒の程度を評価することの重要性については言を待たない。しかし、コンクリートの自己治癒特性を評価できる非破壊試験方法には何があるのか、また現状の非破壊試験方法によって評価可能な自己治癒のレベルはどの程度のものか、といった問いかけに対して十分な情報は整備されていない。そこで本WGでは、地方独立行政法人北海道立総合研究機構北方建築総合研究所敷地内に約3年間にわたって暴露された自己治癒特性を付与された実大模擬コンクリート部材に対して、各種の非破壊試験方法を適用し、その特性を評価することを試みる。

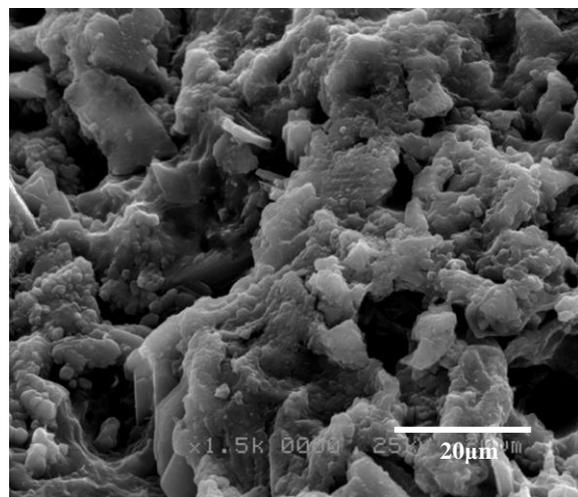


写真-6 N+FAの表面のSEM像

表-4 供試体内部の水和度

Sample	Temp. (°C)	Degree of hydration(%)			
		C ₃ S	C ₂ S	Cement	FA
N	20°C	99.2	51.6	89.6	-
	40°C	100	96.8	99.3	
N+FA	20°C	100	54.0	90.4	9.1
	40°C	100	94.5	98.2	57.9

表-5 使用材料一覧

材料名	記号	種類他	密度 (g/cc)
セメント	C	日鐵セメント 普通ポルトランドセメント	3.16
細骨材	S	錦多峰産 陸砂	2.69
粗骨材	G	峯朗産 碎石 (石灰岩)	2.71
フライアッシュ	FA	北海道電力厚真火力発電所産	2.20
減水剤	Ad1	花王 マイティー150	1.20
AE 剤	Ad2	山宗化学 N:ヴィンソル F:ヤマソー	1.09

表-6 フライアッシュの化学組成 (%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO	TiO	MnO
66.6	18.6	3.4	1.6	1.0	0.4	1.2	0.2	0.8	0.0

(1) 実大模擬部材の概要

使用材料の一覧を表-5に、使用したフライアッシュの化学組成を表-6に示す。コンクリートは4種類作製した。自己修復コンクリートは、フライアッシュを混入し、空気連行のないもの(F)、空気連行のあるもの(FA)の2種類、比較用の普通コンクリートは、空気連行のないもの(N)、空気連行のあるもの(NA)の2種類である。コンクリートの調合表を表-7に示す。

実大模擬部材の試験体(写真-7)は、□-1500×1500mm、幅500mm、厚さ150mmのボックスカルバートとし、設置の際は水平面となる上面に勾配をもうけ、雨水や融雪水が南面壁へ流れ落ちるようにした。

(2) 非破壊試験方法

本調査で適用した非破壊試験方法は、透気試験(写真-8)、透水試験(写真-9)、顕微鏡による微細ひび割れ観察(写真-10)、衝撃弾性波法(写真-11)および超音波法である。衝撃弾性波法による測定結果の一例を図-10に示す。



写真-7 実大模擬部材暴露状況



写真-8 透気試験機



写真-9 透水試験機

表-7 作製した実大規模部材コンクリートの調合

コンクリート種類	記号	質量(kg/m ³)					SP C*%	AE B*%	W/C (%)	S/a (%)	W/B (%)	SL (cm)	Air (%)	Temp. (°C)
		W	C	S	G	FA								
比較用 (空気なし)	N	151	296	942	1070	—	1.3	0	51	47	—	16.5	4.0	23.0
比較用 (空気あり)	NA	151	296	880	1038	—	1.1	0.02	51	46	—	17.5	5.5	23.0
自己修復コンクリート(空気なし)	F	151	296	907	1049	44.4	1.3	0	51	48	44	18	2.6	20.0
自己修復コンクリート(空気あり)	FA	151	296	823	1038	44.4	1.1	0.09	51	46	44	19	5.1	20.5

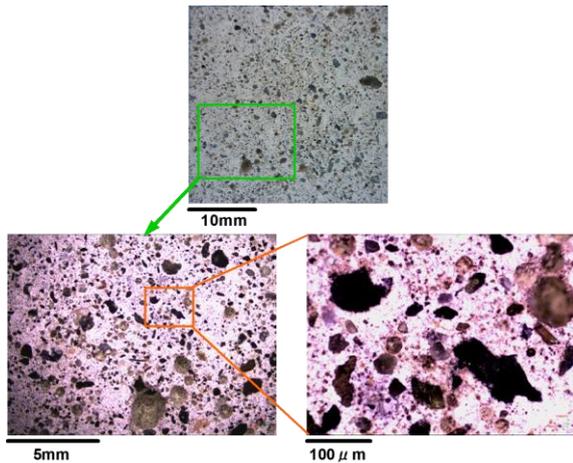


写真-10 マイクロスコープ観察

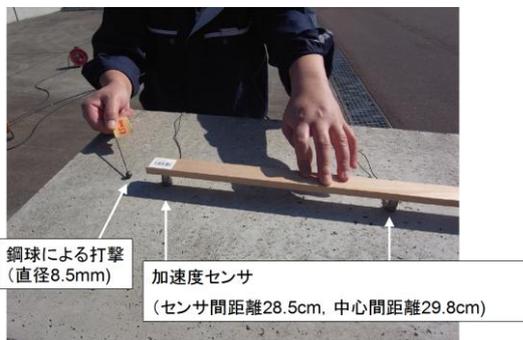


写真-11 衝撃弾性波法

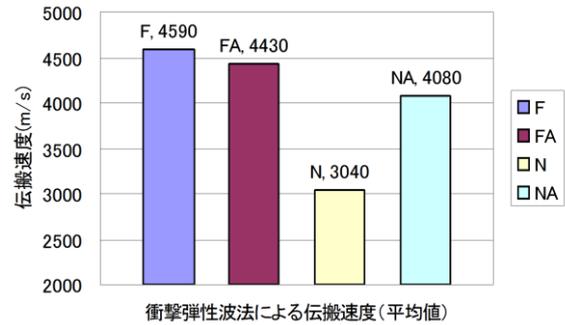


図-10 衝撃弾性波法による測定結果

- Prof. E. Schlangen (Technical University of Delft, The Netherlands)
Title: Recent advances on self-healing of construction materials
- Prof. V.C. Li (University of Michigan, USA)
Title: Self-healing in ECC
- Prof. H. Mihashi (Tohoku Institute of Technology, Japan)
Title: Smart concrete – self-control, self-healing and self-repairing

当日は、受付登録者数だけで約 150 名の参加があり、未登録者も含めるとおよそ 200 名が、熱心に講演に聞き入っていた。各講演後の質疑応答では、フロアからも積

(3) 今後の予定

今後、計測した結果を通して、自己治癒コンクリートの要求性能とその治癒機構に応じた非破壊試験の在り方について検討を進めてゆく予定である。

4. 国際研究集会

コンクリート工学年次大会 2010 (さいたま) の開催期間中である平成 22 年 7 月 8 日に国際研究集会として「コンクリートの自己治癒技術の最前線と将来展望」と題する特別講演会を開催した (図-11)。招待講演者氏名と講演タイトルは以下に示すとおりであり、いずれの方々も国際的にも著名な先生方である。前述の TC-SHC の委員長である Schlangen 教授は、主に RILEM の研究委員会の活動を中心に、ヨーロッパ圏内における最先端の研究動向について講演された。Li 教授はご自身が開発された高性能な繊維補強セメント系材料である ECC に関して、これまでは力学性能のみに注目されがちなこの材料が、自己治癒の観点からも注目すべき性能を発現することを示した。一方、Mihashi 教授は、コンクリートをスマート材料と位置づけ、様々な自律機能を付加することの可能性を示し「夢をあきらめない (Don't give up !)」という熱いメッセージで講演を締めくくられた。

International Workshop on SELF-HEALING CONCRETE
- Frontline Technologies and Their Prospects -
特別講演会「コンクリートの自己治癒技術の最前線と将来展望」

The international workshop on self-healing concretes will be held in conjunction with the JCI annual conference. Three lectures are given by the leading experts in the field.
コンクリートの自己治癒技術において牽引役を果たしてきた世界的に著名な 3 名の研究者を招き、最先端の研究動向に関するお話をいただきます。

Date July 8, 2010 (Thu.) **9:15-12:15**
2010 年 7 月 8 日 (木) ※ 大会 2 日目

Venue Small Hall (2nd floor of the Hall Wing)
小ホール (ホール棟 2 階)

Fee FREE 参加費無料

Prof. Erik Schlangen
(Delft University of Technology, the Netherlands)
“Recent advances on self healing of construction materials”

Prof. Victor C. Li
(University of Michigan, USA)
“Self-Healing in ECC”

Prof. Hirozo Mihashi
(Tohoku Institute of Technology, Japan)
“Smart Concrete — self-control, self-healing and self-repairing”

JCI-TC091A: Technical committee on self healing/repairing technology in cement-based materials (セメント系材料の自己治癒技術の体系化研究専門委員会)

図-11 国際研究集会ポスター

極的に質問が寄せられ、コンクリートの自己治癒技術への関心の高さを感じさせる有意義な研究集会となった。

5. 報告書の内容

本委員会が発刊する「セメント系材料の自己治癒技術の体系化に関する研究専門委員会報告書」は、6月9日に東京大学生産技術研究所にて開催される「セメント系の自己治癒に関するシンポジウム」論文集を合冊とした形式となっている。その報告書内容の概要は以下のとおりである。

[第1部] 委員会報告書

第1章 序論

第2章 世界におけるセメント系材料の自己治癒技術の取り扱い

第3章 セメント系材料の自己治癒現象の実験的観察例

第4章 セメント系材料の自己治癒現象のメカニズムとその評価方法

第5章 セメント系材料の自己治癒の非破壊的評価方法の可能性

第6章 国際研究集会 in さいたま

<付属資料>セメント系材料の自己修復性とその利用法研究専門委員会 (JCI TC-075B) 報告書

[第2部] シンポジウム論文集

シンポジウム論文集には、13件の論文が収められ、我が国における自己治癒技術の最先端の研究が紹介されている。

6. まとめ

セメント系材料の自己治癒現象を工学的に解明し、これを体系化して補修技術として用いることに関しては、実用化の射程距離内に到達しているといつてよいであろう。国内外の多様な研究の動向を見ると、我が国の研究および技術開発が、国際的にもその先頭集団の一角をなす存在であることは明らかであり、実用化に最も近いところにいる。

また、セメント系材料の自己治癒に関する国際的な研究活動は依然として活発であり、維持管理や持続可能性が問題となる今日においては、自己治癒に寄せられる期待も大きい。本報告が、自己治癒技術の体系化および実用化に向け、多くの研究者が関心を寄せる契機になることを期待する。

参考文献

- 1) セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究専門委員会報告書, 日本コンクリート工学協会, 2009
- 2) セメント系材料の自己治癒技術の体系化研究専門

- 委員会報告書, 日本コンクリート工学協会, 2011
- 3) 小日山 喬, 細田 暁, 栗田淑乃: コンクリートのひび割れ幅の制御方法と漏水速度低減効果の評価方法についての考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, 2011 (投稿中)
- 4) 仕入 豊和: キレツによるコンクリートの水密性低下の防止に関する二三の実験的検討, 日本建築学会論文報告集, 第69号, pp.217-220, 1961.10
- 5) 伊藤 洋, 坂口 雄彦, 西山 勝栄, 清水 昭男: コンクリートクラック内の透水性に関する実験的研究, セメント技術年報, Vol.41, pp.217-220, 1987.12
- 6) 栗田 淑乃, 細田 暁, 小日山 喬: 自己治癒コンクリートの漏水防止性能の評価方法に対する一考察, 第64回セメント技術大会講演要旨, pp.160-161, 2010
- 7) 森田卓, 戸部良太, 安台浩, 岸利治: ひび割れ自己治癒組成物を用いた漏水防止対策に関する基礎研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1577-1582, 2010
- 8) Ahn, T.H. and Kishi, T.: Crack self-healing behavior of cementitious composites incorporating various mineral admixture, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.8, No.2, pp.171-186, 2010
- 9) 佐藤良恵, 小田部裕一, 岡本英明: ひび割れの自己治癒機構に関する基礎的検討, コンクリートテクノ, Vol.29, No.9, pp.52-57, 2010
- 10) 樋口隆行, 江口政孝, 吉田晴亮, 細田 暁, 自然治癒したコンクリート電柱のひび割れの治癒機構, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, 2011 (投稿中)
- 11) Jonkers, H.M.: Self-healing concrete: A biological approach, Self-healing materials, alternative approach to 20 centuries of materials science, (Ed. Sybrand van der Zwaag), Springer Series in MATERIALS SCIENCE, pp.195-204, 2007
- 12) <http://2010.igem.org/Team:Newcastle>
- 13) 熊田廣樹, Sanjay PAREEK: ネットワークを用いた曲げ強度の自己修復機能を有するモルタルに関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.1871-1876, 2010
- 14) 熊田廣樹, 大平旭洋, Sanjay PAREEK: ネットワーク及び補修剤を用いた自己修復システムにおけるひび割れの自己修復機能に関しての検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, 2011 (投稿中)
- 15) 藤原祐美, 濱幸雄, 山城洋一, 斎藤俊樹: フライアッシュを用いたモルタルの自己修復効果, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.303-308, 2007