

JCI セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究委員会  
第1回 議事録(案)

議事録担当:西脇

日 時: 2007年6月27日 13時～

場 所: JCI 第2会議室

出席者: 五十嵐委員長、国枝、安、稲田、閑田、濱田、平尾、細田、丸山、福田(事務局)、西脇

以上 11 名(敬称略)

配布資料:

- 1-1 セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究委員会(JCI-TC075B) 第1回委員会議事次第
- 1-2 研究委員会資料 セメント系材料の自己修復性の評価とその利用法研究委員会(JCI-TC075B)
- 1-3 研究委員会・研究課題申込書(平成 19 年度)
- 1-4 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委員会 委員名簿
- 1-5 「自己修復型コンクリート実現の夢」
- 1-6 「ひび割れを対象とした自己修復コンクリート」(西脇)
- 1-7 RILEM TC-SHC: Self-healing phenomena in cement-based materials 資料(国枝委員)
  - 1-7-1 Bibliography list
  - 1-7-2 Minutes 1<sup>st</sup> meeting RILEM TC-SHC
  - 1-7-3 Agenda 2<sup>nd</sup> meeting RILEM TC-SHC
  - 1-7-4 1<sup>st</sup> proposal contents State of The Art Report
- 1-8 RILEM TC-SHC: Self-healing phenomena in cement based materials 第2回委員会のメモ(国枝委員)
- 1-9 委員会宿題メモ(国枝委員)
- 1-10 「SELF-HEALING BEHAVIOUR BY CEMENTITIOUS RECRYSTALLIZATION OF CRACKED CONCRETE INCORPORATING EXPANSIVE AGENT」(安委員)
- 1-11 委員会資料(丸山委員)
  - 1-11-1 宿題メモ
  - 1-11-2 「Numerical Modeling of Portland Cement Hydration Based on Particle Kinetic Model and Multi-component Concept」
- 1-12 自己修復委員資料(平尾委員)
- 1-13 委員会資料(閑田委員)
  - 1-13-1 自己修復材料の研究に関するメモ
  - 1-13-2 「農業用水路の補修における高靱性セメント複合材料の適用性検討」
  - 1-13-3 「高靱性セメント複合材料のひび割れ部における透水性の検討」
- 1-14 委員会資料(西脇)
  - 1-14-1 JCI 自己修復コンクリート委員会メモ
  - 1-14-2 「ひび割れ箇所への選択的な加熱によるコンクリートへの自己修復機能付与に関する基礎的研究」
  - 1-14-3 「有害なひび割れの進展抑制によるコンクリート構造物の長寿命化に関する基礎的研究」
- 1-15 委員会資料(稲田委員)
  - 1-15-1 宿題メモ

- 1-15-2 「自己診断材料による RC 構造体の損傷検知性能に関する検討(その1、その2)」 「光ファイバ分布ひずみセンサ(B-OTDR)を用いた長大斜張橋施工時モニタリング」
- 1-16 第1回 JCI-TC075B 自己修復委員会宿題(五十嵐委員長)
- 1-17 自己治癒材料に関する国際会議についての報告資料(細田委員)
  - 1-17-1 第1回自己治癒材料に関する国際会議の様子と最新技術動向
  - 1-17-2 主要研究分野、セメント系材料についてのまとめ
- 1-18 「かぶりコンクリートに発生したひび割れが材料性能に及ぼす影響」(濱田委員)

## 議事:

### 1. 委員長挨拶および設立経緯説明

「自己修復」は古い教科書にも載るようなトピックであるが、漠然としたイメージ以上の知識になっていないのではないかと。工学的に使えるように情報を整理し、会員への情報発信としたい。オブリグーションの小さいB種委員会なので、活発な意見交換を期待したい。

### 2. 各委員の自己紹介(研究概要、自己修復に対するイメージ等)

#### ➤ 丸山委員

自己修復に関連がありそうなものとして、ひび割れ(修復の対象)と、水和反応(治癒の機構)についての研究を紹介。前者は中性子ラジオグラフィを利用したひび割れ中の水分移動の可視化と、擬似完全拘束試験を用いたひび割れ発生条件の定量化について。後者はリートベルトモデル解析を利用しての水和反応モデルの構築について。

例えば金銭的なコストや時間に制限がない場合には、すなわち理論上では自己修復コンクリートが可能なのか、といった点に興味がある。また、閉じたひび割れは無害化されたとできるのか、活動と文献調査を通して勉強していきたい。

#### ➤ 平尾委員

セメント・コンクリートの分析方法(リートベルト解析)についての研究紹介。

生じる劣化の完全な予測が現状では難しいが、リスクがあるというだけでは、先行投資をしてまで自己修復させるメリットを見出しにくい。また、効果がある「かも」ではなくて、制御可能な形に。

#### ➤ 閑田委員

ECC についての研究紹介。ECC にはひび割れの幅を「設計」できる特徴があり、ひび割れ幅を極小にすることでパッシブな自己修復に期待がもてる。農業水路構造物では、今の調査でも修復が確認されている。ただし、その機構は不明な点が多い。

特に建設材料は、ECC だけでなくコストが度外視できない。性能を経済性に翻訳しないと、広く採用されることが難しい。

#### ➤ 安委員

膨張コンクリートの自己修復についての研究紹介(4月に開催された自己修復材料国際会議での研究発表)。「スマート材料」(機能要素の追加)ではなく、「インテリジェント材料」(セメント系の材料以外には使用していない)。未反応成分の追加反応ではなく、反応が終了した後であっても、自己治癒の効果がみられる。析出物は、ひび割れ間に選択的に生じている。通常のコンクリートでもこの現象は確認できるが、膨張剤の混入によって大幅に析出量が増える。

#### ➤ 国枝委員

超高強度の微細ひび割れ型モルタルと、ポリウムファンクションを用いた若材齢コンクリートのひび割れ構成則の開発に関する研究を紹介。前者はひび割れ幅を 10 $\mu$ m 程度に抑えられ、未水和セメントや微生物を利用して自己修復が期待できる。

自己修復の言葉に「完全に戻る」「いつまでも修復」のイメージがあるが、生物を考えても無理がある。「かさぶた」のように直すプロセスを見せる方法で、安心感を与えるような方向性もあるのでは。

→ 先日の自己修復国際会議では「完全」自己修復が当たり前との印象があった(細田委員)

➤ 五十嵐委員長

高強度コンクリートの体積安定性に関する研究から、遅延水和による膨張に伴うひび割れを観察した。また、GRC の耐久性に関する研究では、炭酸化を進めれば耐久性が改善されることが指摘された。これらのことが直接自己治癒とははたなくとも、前者ならばその駆動力となる可能性があるのでは、また、後者も広義の「修復」といえるのではないか。逆に、「自己修復」の定義が不明確であり、「析出」「再水和」「修復」等の言葉に明確な区別がないような印象がある。これを明確にすることで、「自己修復」の概念を示すことができるのではないか。

➤ 西脇

新たな機能を付与する形での、自己修復コンクリートの開発に関する研究の紹介(昨年の RILEM 第1回 TC-SHC での発表資料)。現状は機能デバイスを付加していくスタイルで検討しているが、次々に新たな要素を加えていくようでは実現性が乏しいため、例えば鉄筋のような必然的にコンクリート中に埋設されているものを利用して、なるべくシンプルな形にする必要がある。現段階では材料費や施工手間などのコストについての検討は行っていない。

➤ 稲田委員

導電性 FRP を用いた構造物の損傷検知手法の開発等、ヘルスマonitoringに関する研究の紹介。土木構造物のアセットマネジメント手法を検討することで、ヘルスマonitoringを使ってもらいモチベーションにしたい。自己修復には、「夢」のようなイメージが先行するので受け入れられがたい。まずはショートスパンの目標を明確にする必要があるのではないか。性能よりもコスト重視、実績重視の国内の雰囲気は変えられないので、コストや目的、目標を明確にする必要がある。

➤ 濱田委員

海洋構造物の曝露試験の中で、ひび割れが自然に閉塞される現象が見られたことを紹介。自己修復が見られたことを報告した。ひび割れ面に新しい水和生成物が確認できる。1mm 以下程度ならば十分に閉塞される。生物をうまく付着させられれば、被膜として使える可能性もあるのでは。

➤ 細田委員

膨張コンクリートを利用した自己修復コンクリートに関する研究紹介。群馬県のトンネルの覆工コンクリートで実施の予定がある。「ちゃんと作れば」ひび割れが出ない以上、自己修復のためのコストアップは説明がつかない。自己修復によって割愛できる部位(例えば防水溝)を換算するなどの説明が必要で、それでも立米当たりプラス 1000 円程度が限界。

現在は混和剤を利用しての自己修復を狙っている。拘束の有無、養生(曝露)条件、温度履歴等の影響を、パラメータを振って確認していく。傾向として、粗雑な空隙構造の方が析出量は多い。

### 3. 自己修復材料国際会議の概要紹介(細田委員、安委員)

2007 年 4 月 18 日～20 日、ノールドワイク(オランダ)で開催され、参加者は14カ国 196 人。細田委員のグループの他に日本からの参加者は殆どおらず、セラミック系の研究者(横浜国大)がいるほかは確認できなかった。セメント系材料の研究発表では、他分野では主流であるカプセル系の研究報告はなかった。デルフトには、セメント系材料分野に対して年間1億程度の予算がついているようだが、現時点での目覚ましい成果が上がっているわけではない印象。Victor Li 先生が、セメント系材料分野での自己修復の概観と、ECC についての基調講演を行った。論文集は検索し易い形で CD-R 配布されており、興味があれば手配可能。

デルフト工科大での研究は 2005 年ごろから開始。大きな枠組みとして自己治癒材料が(国家プロ

ジェクト的に?)を検討されるようになる中で、コンクリート分野についても検討が開始されたようで、世界を見渡しても、突出して進んだ研究はないと考えていいのではないかと。

基調講演では、ECC の場合は強度も回復することも指摘されていたが、この材料はマトリクス部分が強度を決定するものではないので、

#### 4. RILEM TC-SHC 第2回ミーティングの概要紹介(国枝委員)

カタニア(イタリア)で行われた FRAMCOS-6 に併設の形で 2007 年 6 月 19 日に開催された。出席者は8名で、パイプとエポキシを利用した研究(カーディフ大学、イギリス)、バクテリアを利用した研究(デルフト工科大学)などが議論された。その他、STAR の目次案が提示されたが、「autogenic」と「autonomic」という用語(それぞれ、析出などによるものと、パイプなどを埋設するものの意図で使用)の違いが、分かりにくいと問題提起があった。artificial healing、natural ~、activated ~、automatic ~等の案も出たが、用語の定義から検討する必要がある。この点は、本委員会も同じ検討を行う必要があるだろう。2009 年に STAR 発行に併せてシンポジウムの開催を目標としている(日本で?)。配布資料 1-7-1 の一覧以外の文献を探している(ただし、配布資料は第2回ミーティング時最新版とは違う?)。

まだ、突出して進んだものは海外含めてないので、海外にも発信できるものを作りたい。(五十嵐委員長)

#### 5. 委員会活動の方針について(五十嵐委員長)

##### ➤ 最終成果のイメージ

最低限はコンクリート工学の解説記事1本でも十分だが、RILEM の STAR に対応できる、JCI 委員会としての辞書的に使えるような STAR を作ってはどうか? 具体的な内容を、各自の得意分野も考慮して、次回以降で詰めていきたい。

次年度の年次大会(九州)では、簡単なシンポジウム等を行うことができるように、委員会活動に時間と場所の提供を検討している。(濱田委員)

CONCREEP に併せて、海外の研究者を交えて簡単なシンポジウムを企画しては?(国枝委員)

##### ➤ 資料の共有方法

共有可能な範囲について共通認識を持ちたい。

パブリッシュされていないもの。ppt や発表資料について。

委員会資料の共有そのもの。

上げたものの利用方法。

【閲覧のみ】等の但し書きをつけてアップロード

##### ➤ 資料のアップロードについて(西脇)

Google グループを利用したファイル共有について説明。100MB 程度まで利用可能なので、pdf などであれば問題なく使えると思われる。掲示板的な機能も併設しているので、web を通じてのディスカッションも利用可能。【URL】<http://groups.google.co.jp/group/jci-tc>

##### ➤ 追加メンバーについて

既に2名程度の参加希望者がいる。(国枝委員)

規定上では人数制限はないが、旅費は恐らく限界で、追加委員には出せない可能性が高い。仕事の分担もお願いする可能性もある旨を了解してもらえれば、基本的に制限しない方向で。

#### 6. 今後の予定

年間予算 50 万円(第1回の予算は 17 万程度)なので、今年度中にあと2回開催の予定。次回は 10~11 月の金曜、11 月 9 日を第1候補として調整。次回の委員会に、横浜国大のセラミックの自己修復について研究されている先生をお呼びし、勉強会も行いたい。細田委員に参加の打診を依頼。

JCI 北海道で自己修復に関するシンポジウム開催予定(『コンクリートのひび割れ修復技術の現状と課題ーコンクリートのひび割れ修復研究委員会成果報告会ー』、7月26日)なので、もし参加可能な委員がいれば参加を。