

JCI TC173A

エトリンガイトの遅延生成 (DEF) に関する研究委員会 第3回全体委員会 議事録 (案)

日時：2018年3月14日(水) 15:00-17:00

場所：日本コンクリート工学会第5会議室(11階)

出席者：羽原委員長，川端幹事長，小川幹事，兵頭幹事，吉田幹事，浅本委員，東委員，五十嵐委員，上原委員，白井委員，蔵重委員，斎藤委員，玉滝委員，寺本委員，取違委員，西岡委員，野村委員，宮本委員，村岡委員，森委員，佐藤顧問 (計19名，欠席：取消線)

配布資料

資料3-0：第3回全体委員会 議事次第

資料3-1：DEFにおけるAIの動態？

資料3-2-1：メカニズムSWGの今後の進め方について

資料3-2-2：DEF膨張メカニズムに関する調査 分類 たたき台

資料3-3：診断SWGの今後の進め方について

資料3-4-1：第3回WG2議事録

資料3-4-2：事例解析・抑制対策WG取りまとめについて

資料3-4-3：DEFに係るセメント品質の推移と海外セメントとの比較

議事

1. 佐藤顧問より挨拶

2. 話題提供1：DEFにおけるAIの動態？(小川幹事)(資料3-1)

小川幹事よりDEFにおけるAIの動態について話題提供がなされた。

→NMRでAIの動態を分析→高温養生によって6配位AIから4配位AIとアモルファスAIに変化している。

→SEM-EDXによるSのマッピング(FA10とFA20)→膨張したFA10は骨材周りにエトリンガイトとしてSが分布している。一方でFA20は全体にSが分布しており，エトリンガイトとモノサルフェートが共存している。

→高温養生でカトアイトが生成し，一部AIを固定化している。

→²⁹Si-NMRの分離方法はどのように行っているのか。→ピーク位置を固定して解析をしている。→高温養生を行うと構造が変わりピーク位置がシフトすることはないのか。

→SEM-EDXのマッピングを見ると，FA10はひび割れ部・ギャップ以外のペースト部にはEttが残存していない可能性もある。

→²⁷Al-NMRの結果からエトリンガイト、モノサルフェートの定量はできるのか→磁場・積分時間が十分あれば定量精度は保てる。しかしセメント中のFeの影響は気になる。

3. 話題提供2：アジア圏のDEF事例（浅本委員）

浅本委員より、アジア圏のDEF事例（インド・タイ・スリランカ）について紹介がなされた。

・インドの枕木

→蒸気養生温度75℃と高い。水セメント比は33%と低く、コンクリート内部の最高温度は85℃。

→偏光顕微鏡観察によるとASRが起こっていることが確認でき、骨材周りにギャップが見られエトリンガイトが充填している。

→インドのセメントはK₂Oが多く、ASRの要因である可能性がある。

→この地域は温度が高く、雨も多いため、DEFについても可能性が高い。

→ASRとDEFのどちらが主要因かは不明であり、ASRでpHが下がった影響でDEFが誘発されたのか、もしくは両方同時に起きたとも考えられる。

→インドの枕木の劣化は、その地方全域で発生しているのか。→周辺の数か所の工場から出荷されたものに発生しており、ひび割れがでていないものとそうでないものがある。

→インドの枕木について、膨張率はどれくらいか。→膨張率は不明である。

・タイのフーチング

→表層で3mmを超える亀甲上のひび割れが発生している。

→タイ国の調査機関の結論としては、コア抜きを行ってASTMの各種試験を行った結果、ASRの可能性は薄く、DEFが要因であるとしている。

→しかしながら、日本において偏光顕微鏡観察により分析すると、ASRが劣化の主要因であると考えられる。

→ASTM C 289によるASR判定結果について、Scが小さすぎるように見えるが正しいのか？

→反応後のサンプルであるためにScがほとんど出ていない可能性もある。タイ国の機関で行ったものであり、試験精度にも疑問がある。

・スリランカ

→骨材試験の結果ASRではなさそうで、DEFではないかと言われている。

→スリランカ国内で他に同様の劣化の例はなく、この事例では石灰石微粉を使っているためその影響があるかもしれない。

4. WG 進捗報告

メカニズムSWGの進捗について報告がなされた。（資料3-2-1）（資料3-2-2）

→今年度、既往の知見整理として、平尾氏（2006）、Shimada ら（2005）のレビュー文献の読み合わせを行った。

→課題としては Shimada らのレビュー以降の最新情報の整理があげられる。

・診断 SWG の進捗について報告がなされた。（資料 3-3）

→今年度、共通試験体による共同試験を行った。試験項目は統一せず、各機関で自由に分析を行った。

→DEF 診断にはメカニズムの理解が必要であり、例えばペースト膨張説に立脚するならば、ペースト中のエトリンガイトを検出する必要がある。その方法としては、SEM-EDX を用いた手法が報告されている。

→現象を理解した次のステップとして、種々の閾値を定める必要と考えるが（例えば FA や石灰石微粉の量など）、これはどちらの WG で整理を行うのか。→閾値を定めるところまでは本委員会内では難しいのではないかと。→WG1 では現状の把握・メカニズムについてまとめ、閾値の設定や運用等の実務寄りの部分は WG2 で検討する。

→診断 SWG の最終成果として、診断法を示すのではなく DEF の診断がなぜ難しいのかをまとめる形になるかもしれない。

・事例解析・抑制対策 WG の進捗について報告がなされた。（資料 3-4-1）（資料 3-4-2）

→今年度は欧米、アジア圏の DEF 劣化事例調査や抑制対策事例調査など、情報収集を行った。

→今後の作業は、国内の実構造物レベルでの情報整理、海外事例の情報収集、セメント組成の変遷の整理、Ifsttar 新指針についての整理を行う。

・兵頭幹事より DEF に係るセメント品質の推移と海外セメントの比較について報告がなされた（資料 3-4-3）

→国内セメントの SO_3 は 1950 年頃から増加してきて、現状 2%程度で落ち着いている。 SO_3 を増やすことはコスト高になるので、セメント会社としてはあまり増やしたくないという背景もある。

→ R_2O は ASR 対策を背景に減少してきた。

→近年のセメント品質を各国と比較すると、日本は SO_3 、 R_2O ともに少な目であり、地域間のばらつきも少ないと考えられる。

5. 全体コメント・質疑

・地下構造物で早強セメントを使っている例もある。地下なので症状が出ていても見えない。水もあるので DEF のリスクが高いのではないかと。

・ ASR と DEF の相互作用について、「主要因」というのはどういう意味か。膨張量は DEF が ASR に比べて大きいですが、先に発生して誘導したほうが主要因とするのか。マスコン指針に ASR との関係の記載は必要ないのか。ASR が DEF の引き金になるのであれば、記載の必要があるのではないか。→JCI 指針は ASR が起こらない前提である。→重要なのはどちらが先導するかである。どちらが先導するか（主要因か）で対策が異なる。

6. 次回日程

今回は来年度 4～6 月頃に開催予定である。後日日程調整を行う。

以上