

JCI TC173A

エトリングaitの遅延生成 (DEF) に関する研究委員会

第1回全体委員会 議事録

日時：2017年7月6日(木) 14:00-17:00

場所：日本コンクリート工学会第3会議室(12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，臼井委員，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(代理：佐々木)，佐藤顧問(計18名，欠席：取消線)

配布資料

資料1-0：第1回全体委員会議事次第

資料1-1：委員名簿

資料1-2：蒸気養生を行ったコンクリートにおけるDEF膨張に関する検討(土木学会論文集)

資料1-3：LCPC(現IFSTTAR)ガイドラインの概要

資料1-4-1：マスコンクリートのひび割れ制御指針2016(一部抜粋)

資料1-4-2：DEFひび割れの発生機構，現状とその防止(+これまでの研究)

資料1-5：設立趣意書(JCI研究委員会資料)

資料1-6：DEF関連文献リスト

参-6：日本コンクリート工学会 旅費内規

議事

1. 委員長挨拶

本委員会を開催するにあたり，羽原委員長から挨拶があった。

2. 委員自己紹介

本委員会に参加する各委員から挨拶があった。また，佐藤顧問から以下の要望があった。
要望事項：マスコンクリートのひび割れ制御指針を作成するにあたり，DEFを全面的に基準化したという経緯がある。審査の際に，合同委員会ではDEFを取り上げることに关しては納得してもらったが，国内での事例が非常に少ない等の理由から基準化するの是对であり，DEFに関しては付録にしてはどうかという意見もあった。

ただし，海外ではよく取り上げられる劣化であり，海外では温度ひび割れよりも先にDEFを考慮することもあるため，指針等の基準を国際化するためにはDEFは避けて通れない劣化である。我が国の指針が海外で使われるのが最終目標とする必要があり，指針の作成を

念頭に置いて DEF を検討してほしい。

3. 話題提供 1：国内における DEF の経緯（川端）（資料 1-2）

川端幹事長より資料 1-2 に関する説明があった。主なコメントや質疑内容を以下に示す。

骨材とのギャップについて珪石と石灰石について、ギャップがなくても膨らむのか。

→珪石の場合でも石灰石の場合ほど綺麗なギャップではないが、ギャップ自体は生じている。

ギャップのひび割れ幅について、何が影響しているのか。

→セメントペーストが膨張することで、セメントペーストと骨材の界面にギャップが生じているようである。

→ASR の場合とは異なり骨材を貫入してひび割れが生じることはない。また、ひび割れ幅は大体均一の幅になっている。

→現場では一概にはそうとも言えない。実験の場合、セメントペーストが均一に膨張するためそのような傾向になっている可能性がある。

石灰石骨材の場合にはギャップが生じていたが、石灰石骨材に混入させた銅スラグ骨材の周りにギャップができない理由はなぜなのか。

→均一に膨張するならば、銅スラグ骨材など石灰石骨材ではない部位においてもひび割れが生じないと不自然である。この理由については不明であり、現時点では確定的なことは述べられない。

セメントペーストが膨張したときにどこがどのように動くか興味がある。骨材との界面がなければひび割れは生じないのか。

→セメントペーストのみでもひび割れは生じることは確認したことがある。

DEF による膨張量はギャップの幅と相関があるのか。また、白色セメントの場合に DEF が生じているようであるが、その他のセメントと比較して DEF が生じやすいのか。

→実験的な結果に基づいて述べると、SO₃ を添加しない場合においても、最終的には早強が最も早く膨張する。SO₃/Al₂O₃ で横軸をとると、セメント種類によって傾向が異なる。この理由は不明である。

4. 話題提供 2：海外での DEF 対策（兵頭）（資料 1-3）

兵頭幹事から資料 1-3 に関する説明があった。主なコメントや質疑内容を以下に示す。

IFSTTAR の 2016 の改定について、FA の添加量は改定前の 20% のままでよいか。

→そのとおりである。

日本のセメントとヨーロッパのセメントでアルカリ量等に違いはあるのか。

→そこまで大きな違いはないと考えている。

資料の3ページについて500橋中100橋程度でDEF劣化が著しいと記載されているが、どのような基準に基づいてDEF劣化と定義しているのか。

→その件についてはよくわからない。ただし、養生中温度が高くなったものをDEFとしている。また、室内試験も実施して膨張を測定している。

室内試験についてはどのような試験を実施しているのか。

→ASRについては酢酸ウラニルを用いてゲルを確認することで判定する。DEFはSEM等で破面等を観察し、エトリングイトを確認する手法である。

判定基準の最高温度の決定について、どのような根拠に基づいているのか。

→IFSTTARに問い合わせたが明確な回答はなかった。ただし、温度が低い方がDEFは生じにくい。絶対値に意味はなく、温度を下げた方が安全になるという考え方ではないか。

→温度だけではなくアルカリ量なども重要と考えている。アルカリ量を上げていくとモノサルフェートができやすくなり、さらに温度を上げるとモノサルフェートのできない範囲もあり、そういった挙動が重要と考えている。

NMRのAIの挙動について、4配位や5配位のAIがエトリングイトになった時の膨張挙動についてどのように考えているのか。

→本研究に関しては、AIの挙動に興味があつて実施した研究である。膨張挙動のメカニズム自体については現時点では確定的な事は述べられない。

5. 話題提供3：マスコン指針におけるDEFの取扱い（羽原）（資料1-4-1，資料1-4-2，資料1-6）

初めにマスコン指針（資料1-4-1）に関する説明があつた。次いで文献収集（資料1-6）についての説明があつた。ここまでの、主なコメントや質疑内容を以下に示す。

資料1-6に関して、記載されている文献に関して委員全体で分担して収集・調査して欲しい。

→単純な調査については反対である。論文については良いものもあれば悪いものもある。内容は一度WGに依頼して精査し、選出したものを調査対象にすべきである。

→メカニズムに関する考察も重要であるが、論文に記載されているデータについても非常に重要である。したがって、データ収集の観点からできるだけ広く文献を収集していった方が良く考えている。

→そういうことであれば、まずは文献から何を収集すべきかを決定してから臨む必要がある。WGでどのパラメータを収集するかを決定する必要がある。

→そのとおりと考えている。

次に羽原委員長より資料1-4-2に関する説明があつた。主なコメントや質疑内容を以下に示す。

蒸気養生温度について、70～90℃に着目すると、どれも膨張しており開始時期のみが違う。しかしながら、最終的な膨張量は同様であることが確認できる。以上の結果に基づくならば、60℃以下の養生温度の場合においても膨張が開始する時期が異なるだけで、最終的には70℃以上と同程度の膨張が生じる可能性はないのか。

→60℃の場合は温度の影響によりエトリングaitが何割か減っているかもしれないが、それでもXRDではエトリングaitのピークが残存している。70℃以上の温度が作用すると、このピークは消失してしまう。したがって、温度の影響で現象したエトリングaitが膨張に寄与しているかもしれないが、70℃以上の温度が作用した場合と比較して消失したエトリングaitの量が少ないと考えられるため、この考察に基づけば、60℃の温度が作用した場合において、最終的な膨張量は小さいと考えている。

川端さんなどのDEFのデータを収集・整理しているが、この結果は種々の配合で変化するのではないか。

→そのとおりと考えている。

6. 活動方針とWGの設置（資料1-5）

川端幹事長より資料1-5に関してWG分けに関する説明があった。

その後、WGに分かれて顔合わせと今後の活動方針に関する議論を行った。

6.1 メカニズム&診断WG（WG1）

WG1では、SWGがあるが当面は共同で活動する。DEFのメカニズムに関しては、まずは次回のWGまでにFamyとDiamond, Taylor, 平尾らの資料を読んで理解を深める。診断についても、吉田幹事を通じて試験体が提供される予定のため、今後、どのような試験を実施するか検討する。なお、次回の話題提供に関しては、玉滝委員、斎藤委員が行う予定。

6.2 事例解析&抑制対策WG（WG2）

WG2では今後は様々な事例のヒアリングや情報収集を進める。また、現行のマスコン指針の実務上の運用性についても検討したい。文献等に関してはメールを主とした審議で決めていくこととする。

7. その他

佐藤顧問より以下のコメントがあった。

海外を視野に入れて統一かつ長期的な研究活動を行ってほしい。なぜ、日本においてDEFは問題にならずに海外では大きな問題として考えられているのか、日本と海外のセメントの鉱物組成の違いや、養生温度を変化させた際の水和反応後の相組成の違いなど、世界展開することが重要である。したがって、JCIとして実験を長期間にわたって実施する

体制作りが必要である。

佐藤顧問のコメント受け，以下の点が合意された。

このような実験チームを委員会の若手研究者を中心に組み， JCI に予算申請の要望書を提出する。実験チームへの参加希望者は川端幹事長に連絡すること。

8. 次回日程

次回は10月～11月前半に開催する。WGも同日に行うこととする。合計半日程度を予定している。日程の調整については後ほどメール連絡で実施する。

以上