

JCI-TC111A：コンクリート構造物のひび割れ進展評価手法に関する研究委員会
第4回解析WG議事録

日時：2012年2月28日（火） 15時00分～18時30分

場所：日本コンクリート工学会 第5会議室

出席者（敬称略）：長井，坂，三木，千々和，トウ・イ（大下先生代理），高橋

配布資料：

資料 WG2-4-1	第3回解析WG議事録（案）
資料 WG2-4-2	第3回実験WG議事録（案）
資料 WG2-4-3	第3回全体委員会議事録（案）
資料 WG2-4-4-1	高橋委員資料
資料 WG2-4-4-2	三木委員資料
資料 WG2-4-4-3	坂委員資料
資料 WG2-4-4-4	長井幹事資料
資料 WG2-4-4-5	小倉委員資料
資料 WG2-4-4-6	浅本委員資料
資料 WG2-4-4-7	実験WG出水委員資料
資料 WG2-4-4-8	千々和委員資料
資料 WG2-4-4-9	トウ・イ委員資料
資料 WG2-4-5	長井幹事話題提供資料

1. 前回議事録の確認

長井幹事より前回議事録（案）が報告され，議事録を承認した。

- ・資料 WG2-4-2（第3回実験WG議事録（案））議事2の「ひび割れ幅と性能との明確な関連を示すのは困難」について，「性能」の意味が良くわからないとの意見があった。
→「性能」が何を指したものであるのか不明である。現在，残留ひび割れ幅から残存耐震性能や余寿命を推定する方法は提案されている。

2. 宿題（自身の関係する数値解析におけるひび割れの幅と進展の取り扱い）の回答

資料 WG2-4-4-1 に基づき，高橋委員より地震時ひび割れ幅および長さのマクロモデルを用いた評価方法について紹介があった。

- ・図 11 でせん断ひび割れ長さの推定結果が実験結果と合わない理由は？
→理由の一つは，曲げせん断ひび割れのみを対象とし純粋なせん断ひび割れを含んでいないため。
もう一つは，曲げせん断ひび割れが「曲げ」から「せん断」に移行する点の評価手法に問題があったが，現在，モデルを修正中である。
- ・ひび割れの奥行について，どのように考えているのか。
→部材せい面のひび割れは奥まで貫通しているものと仮定している。
- ・ひび割れ幅合計値から最大ひび割れ幅を出す理由（係数 n_f , n_s を定めている理由）は？
→最大残留ひび割れ幅から地震時の部材最大変形角を推定できれば，残存耐震性能評価につながる
と考えてのことと思われる。

- ・ひび割れの幅と長さの組合せ量を求める理由は？
→補修工法（補修単価）と補修量が求まれば修復費用が算出でき、耐震修復性能評価につながるものと考えてのこと。

資料 WG2-4-4-2 に基づき、三木委員より画像解析を用いた表面ひずみ分布測定とひび割れ分布・ひび割れ幅算出に関する取り組みについて紹介があった。

- ・表面に生じる ASR ひび割れは、コンクリート内部にどれくらい入るのか。
→10×10×40cm の試験体で、樹脂注入+研磨により目視できる範囲では、幅 0.2mm で奥に数 cm 程度、幅 0.05mm で奥に数 mm 程度。
- ・ASR コンクリートのひび割れ進展に関する解析モデルについて。ランダムに生じるひび割れが別のひび割れ進展を阻害しないか。それによるひび割れ進展の扱いが難しくならないか。
→本来は確定論的に扱えるものではないかもしれないが、既知情報（与条件）として見えるひび割れをコンクリートに与え、そのひび割れ進展について検討したい。
- ・与条件として ASR ひび割れがあるものを解析した結果と、DuCOM-COM3 で解析した結果とで、解析結果（精度）はどのように予想されるか。
→多少異なると思う。

資料 WG2-4-4-3 に基づき、坂委員より FEM 解析におけるひび割れの取り扱いに関する取り組みについて紹介があった。

- ・収縮ひび割れの解析において 1 要素 1 本としている理由は？
→ひび割れ間隔を事前に予想しており、設計上ひび割れ幅の基準値より小さければ OK と判断するため 1 要素 1 本で良い。
- ・地震外力に対してひび割れ幅や長さの評価は重視されず、マクロ挙動（耐力-変形）の把握が優先される理由は？
→設計段階で（基準の無い）地震時ひび割れ幅や長さは参考程度の扱いになる。そもそも地震時ひび割れ幅や長さの評価結果に対する信頼性の問題もある。

資料 WG2-4-4-8 に基づき、千々和委員より FEM 解析におけるひび割れの取り扱い、都市全体の地震動解析に関する取り組みについて紹介があった。

- ・坂委員とほぼ同様のモデル（FEM+分布ひび割れモデル/多方向ひび割れモデル）であるが、建築物の壁部材のような薄い部材を対象としている坂委員は 2 次元モデルであるのに対して、千々和委員は 3 次元モデルとなっている。
- ・収縮ひび割れの平均ひび割れ幅を空隙とするメッシュを用いて、水が入り込むことによる疲労性状の変化などを検討している。
- ・都市全体を対象とした地震動解析（統合地震シミュレーション）について、建物をファイバーモデルで解析したというのは？
→柱部材をファイバーモデルとしている。部材断面を分割することで、材料の塩害劣化の影響を統合地震シミュレーション・プラットフォームに組み込み出来るようにしている。

資料 WG2-4-4-6 に基づき、長井幹事より浅本委員による FEM 解析におけるひび割れの取り扱いに関する

る取り組みについて紹介され、FEM 解析を用いた取り組み全体（資料 WG2-4-4-3、資料 WG2-4-4-8、資料 WG2-4-4-6）に対する意見交換が行われた。

- ・浅本委員資料内「収縮ひび割れの局所化は付着モデルに依存しているという理解でよろしいでしょうか？」という坂委員への質問について。
→坂委員の回答：はい。
- ・隣接要素のひび割れの連結性の判断が難しい。
→埋め込みひび割れ要素，有限被覆法（東北大・寺田先生），拡張有限要素法（X-FEM）など，ひび割れ（亀裂）進展を扱う方法が提案されてはいるが…
→新たな接点を設けるとか応力-ひずみ関係に直接反映させるものではなく，変形をひずみに変換する際のテクニック．変位場レベルでの対応。
- ・一般的に構造解析では数 cm，材料解析では数 mm のメッシュサイズを使うが，ひび割れ進展を評価する場合のメッシュサイズはどのように設定すると良いか。
→構造解析と材料解析を同時に行う場合，千々和委員の検討では 5mm のメッシュサイズとなった。ただし，そもそも構造解析と材料解析を同時に行う必要があるかについて検討の余地があるかもしれない。
- ・ひび割れ“進展”という意味で，FEM が追える部分はどこまでかを明らかにしたい。
→大きく開いていればひび割れの局所化を表すことができると思う。それ以外の場合，歪が連続体として与えられガウス点にその分布を集約させている限り，ひび割れの局所化を表すのは難しい。
→FEM で追える限界を分かりやすく表現できると，報告書として良いのではないか。

資料 WG2-4-4-9 に基づき，トウ・イ委員より腐食ひび割れと載荷ひび割れの相互作用を考慮した付着構成則のモデル化について紹介があった。

- ・図 5 凡例の 9D，15D というのは？
→ひび割れ幅を計測した位置で，端からの距離。
- ・「繰り返し載荷」とあるが載荷履歴は？
→載荷履歴に除荷を含む一方向漸増載荷を「繰り返し載荷」としている。
→図 2，図 3 の凡例において載荷回数が増加すると荷重も増加していることになる。
- ・腐食により付着が良くなった試験体は無いのか。
→付着が良くなるのは腐食率 1%くらいまで。本試験体のように腐食率 15%程度になると付着が切れてしまう。
- ・実験で得られたひび割れ図が分かるが良い。
→実験では画像処理手法を用いてひび割れを計測しており，ひび割れ先端をどのように決定するかが難しい。自身の担当ではなかった先端の決定方法を担当者に確認したうえで，ひび割れ図を示すことができれば良いと思う。

資料 WG2-4-4-7 に基づき，長井幹事より出水委員（実験 WG）による画像処理手法によるひび割れの取り扱いについて紹介があった。

- ・画像処理手法によってマイクロクラックの分布が読み取れるのか？
→マイクロ스코プの画角で運良くひび割れ先端をとらえることが出来れば可能かもしれないが，通常は「ひずみ集中域の測定」という意味になると思われる。

→見えるかどうかで言えば、微細クラックに造影剤を注入するのが一番分かりやすい方法だと思う。

3. 持ち越し資料

時間の都合上、RBSM を用いたひび割れ進展に関する取り組み(資料 WG2-4-4-4, WG2-4-4-5, WG2-4-5) は次回 WG および委員会で議論することになった。

4. 次回日程

3月27日(火) 13:00～ 解析 WG
15:00～ 全体委員会

(記録：高橋)