

JCI-TC-112A WG2, WG3

鉄筋腐食したコンクリート構造物の構造・耐久性能評価の体系化研究委員会

構造・耐久性能評価部会 (WG2, WG3)

第2回 WG 議事録 (案)

■日時：2011年11月9日(水) 10時～13時

■場所：JCI 12F 第3会議室

■出席者：三島委員長，大下主査，金久保主査，秋山委員，上原子委員，松尾委員，松島委員，村上委員 JCI川上事務員 以上9名

■配付資料：

資料 WG2-0	第2回 WG2・3 議事次第
資料 WG2-1	第2回 全体委員会議事録 (案)
資料 WG2-2-1	第1回 WG2 議事録 (案) (大下主査)
資料 WG2-2-2	第1回 WG3 議事録 (案) (金久保主査)
資料 WG2-3	WG2, WG3 の活動内容等 (大下主査, 金久保主査)
資料 WG2-4	WG3 部材レベルにおける耐力評価式 (案) (大下主査)
資料 WG2-5-1	腐食した鉄筋コンクリートの付着応力性状に関する資料 (金久保主査)
資料 WG2-5-2	鉄筋コンクリート製地中構造物の構造健全性評価に関する資料 (松尾委員)
資料 WG2-5-3	腐食した鉄筋コンクリートの付着応力性状に関する資料 (大下主査)

■ 議事

1. WG2, WG3 合同会議開催の趣旨説明

大下主査より WG2, WG3 は、今後の活動にあたり共通する内容が多いこと、また情報共有の点から合同開催となったとの経緯の説明がなされた。

2. 委員自己紹介

前回 WG 欠席の各委員より自己紹介が行われた。

3. 第2回全体委員会議事録確認 (資料 WG2-1)

資料 WG2-1 に基づいて、大下主査より第2回全体委員会会議の内容を確認した。

4. 第1回 WG2 議事録確認（資料 WG2-2-1）

資料 WG2-2-1 に基づいて、金久保主査より第1回 WG2 会議の内容を確認した。

以下概要

WG2 では鉄筋の構成則と付着の構成則を取り扱っていく。今回の WG まで各委員から関連情報の話題提供を行い、次回 WG で検討項目および取りまとめ担当者を決定する予定である。

議事録に変更がある場合には、後日メールで連絡することとなった。

以下質疑

- ・ 議事録にコンクリートそのものの劣化は今後の課題とあるが、具体的にどのような意味か（松尾）。
- ・ コンクリート強度そのものの劣化という意味ではない。腐食によるかぶりコンクリートのひび割れという意味であり、付着劣化を評価する上でかぶりコンクリートのひび割れを考慮していく。現状では、圧縮側の鉄筋間周囲のひび割れの影響については情報がない（金久保）。
- ・ 実際の構造物では乾燥収縮、アルカリ骨材反応、温度応力等、色々な原因でひび割れが発生する。腐食以外の要因で発生するひび割れをどのように考えればよいか（大下）。
- ・ 付着に影響するひび割れは鉄筋軸に沿ったひび割れであり、乾燥収縮によるひび割れは鉄筋直交方向に発生することが多いので、付着にはそれ程影響しないと思われる。（金久保）
- ・ 曲げひび割れ等、腐食に起因しないひび割れも腐食の分布には影響してくると思うが、統一的に評価することは非常に難しい（松尾）。
- ・ 例えば、アルカリ骨材反応によりせん断補強金等の破断が生じると、付着は劣化する（大下）。
- ・ 本委員会のテーマは鉄筋腐食劣化を対象としているので別の劣化現象を加味すると、別の委員会との立ち位置が不明瞭になってしまう。実構造物で鉄筋腐食だけが生じているケースはあまりなく、様々な劣化が生じているが、その劣化の中で、鉄筋の腐食がどの程度構造性能に影響しているかを明示することが本委員会の立ち位置ではないだろうか（金久保）。

5. 第1回 WG3 議事録確認（資料 WG2-2-2）

資料 WG2-2-2 に基づいて、大下主査より第1回 WG3 会議の内容を確認した。

以下概要

部材レベルで示方書式に基づいた簡易な耐荷力の提案式を構築することを予定し

ている。具体的には、資料 WG2-2-2 に示した曲げ耐力，斜め引張耐力，アーチ耐力，不完全アーチ耐力式をベースに評価式を構築する。また，何らかの形で照査する断面を指定して，その断面に対して，各断面耐力を算定し，その最低値で破壊が起こるとする。入力データとしては鉄筋の腐食性状（腐食領域，腐食率），腐食ひび割れ性状（幅，ひび割れ発生領域）である。

6. WG2, WG3 の活動内容等（資料 WG2-3）

資料 WG2-3 に基づいて，大下主査および金久保主査より本委員会における WG2, WG3 の活動内容について説明が行われた。

以下質疑

- ・ WG3 の FEM 解析による検討はどのように進めていくか（大下）。
- ・ 実際に検討を行う委員の方がやりやすい方向で考えている。理想としては，共通試験体の解析を行うか，各委員の得意分野でそれぞれの影響度を取り入れた解析を行っていききたい（金久保）。
- ・ 本委員会で評価ソフトのようなツールを作ることは可能か（大下）。
- ・ それは不可能である（金久保）
- ・ 構成則の提案は出来ると思うが，ソルバー自体を構築することは非常に難しい。ただし，腐食関連の実験はバラツキが大きいので，傾向を抑える目的で数値シミュレーションを利用することは有効。（松島）
- ・ WG2 の役割としては，腐食劣化情報に基づいた構成則を提案することであると考えている（金久保）。
- ・ 腐食のバラツキを数値シミュレーションの中へ組込む方法の検討が重要（松島）。
- ・ 要素サイズに合わせた構成則を提供できるようにする必要がある（金久保）。
- ・ ユーザーとしては，新たなソルバーを提供されるよりも，既存のソフトウェアを用いての評価方法を提示する方が，信用度の点からも使いやすい（松島）。
- ・ 耐久性能が一目で分かるような指標を提案することが体系化の元々のイメージである。その指標の理論的な裏付けとして，数値シミュレーションがある（金久保）。
- ・ FEM による照査では安全件数を手法のレベルによって落とすことは出来ないか（松尾）。
- ・ 研究レベルでは安全係数は考えない。安全係数はそのツールを使うときのユーザーの判断に委ねるべき（金久保）
- ・ 構造性能の低下と安全性の低下は区別して考えないといけない。本委員会でも

ちらに焦点をあてるのかきちんと議論する必要がある。(秋山)

- ・ ISのような指標を提案する際には、安全率を規定する必要が出てくる(大下)。
- ・ 現時点の評価と将来評価は両WGで行うのか(秋山)。
- ・ 将来の情報はWG1から受けて、その情報を受けてWG2, WG3が行う(大下)。

7. WG3 部材レベルにおける耐力評価式(案)(資料WG2-4)

資料WG2-4に基づいて、大下主査よりWG3 部材レベルにおける耐力評価式(案)の説明が行われた。

以下概略

当初案では、流れ図に従って耐荷機構を決定する予定であったが、照査する断面を指定して各種断面耐力を算定し、耐荷機構や耐荷力を決定する手法に変更する。現時点では、断面耐力についてはある程度評価できると考えているが、既往の実験データと提案式の比較・修正によってツールを構築していく。

次回から具体的な作業に移る。

以下質疑

- ・ 斜め引張破壊については腐食の影響はどのように入ってくるのか(金久保)。
- ・ 鉄筋量 A_s を減じて腐食の影響を考慮している(村上)。
- ・ 斜め引張破壊と完全アーチの遷移をどう判断するのか
- ・ 付着の状態に依存する。ひび割れ幅と腐食率によって付着の状態が決定されれば、分岐点が明らかとなる。この点はWG3にお願いしたい(大下)。
- ・ 斜め引張り壊に腐食ひび割れの影響を入れたほうがいいのか(松尾)。
- ・ 当初案の流れ図に基づく評価では腐食の不均一性により耐荷機構が分岐するが、実際評価するのは難しい(大下)。
- ・ 耐力だけでなくエネルギー吸収能も非常に重要である。アーチ機構の形成により耐力が増加してもエネルギー吸収能が低くなる場合もあるので、例えば、耐力と変形能の掛算など、変形能を加味した指標を構築して欲しい(金久保)。その際、評価手法のベースは土木式でも構わないが建築でも適用できるようにコンセプトを明確にして欲しい(金久保)。
- ・ ISではエネルギー吸収能は具体的にどのように考えているのか(大下)。
- ・ せん断余裕度で評価している。(金久保)
- ・ V_s については、腐食量だけでなく付着も考える必要がある(大下)。
- ・ その点はWG2で検討してく(金久保)。

8. 話題提供(資料WG2-5-1, WG2-5-2, WG2-5-3)

金久保主査より、腐食した鉄筋コンクリートの付着応力性状について紹介が行われ

た（資料 WG2-5-1）。

以下、質疑。

- ・ 腐食ひび割れは梁全長にわたり鉄筋軸方向に入っていないか（松島）。
- ・ かぶりが小さい試験体はそのような傾向にあった。かぶりが大きい試験体についてはその限りではない。ひよっとすると入っているかもしれないが、目視では微視的なひび割れまで確認することは難しい（金久保）。
- ・ スライドの断面のひび割れ写真は切断した断面の写真か（大下）。
- ・ そうである（金久保）。
- ・ 各切断面のひび割れ幅は同じくらいか（大下）。
- ・ 場所によって異なる。ある箇所ではひび割れが大きく開くと、他の箇所では閉じる傾向にある（金久保）。
- ・ ひび割れ幅と腐食率の関係はどうか（大下）。
- ・ 必ずしもひび割れ幅が大きいところで腐食率が大きいというわけではなかった。電食試験のため、錆汁が溶液中に流れ出たことが要因ではないか（金久保）。
- ・ 今回の引抜き試験では、平均的な付着応力で評価しているが、基本的にはひび割れが小さいところや発生していないところでせん断抵抗したと解釈してよいか（大下）。
- ・ ひび割れが比較的大きく発生している箇所でもせん断抵抗していると思われる（金久保）。
- ・ かぶりが小さいほどピーク変位が大きいのは、ひび割れが影響しているのだろうか（大下）。
- ・ 恐らくそうである。また、今回の試験では補強筋を配筋していないので腐食に伴う付着強度の低下は大きい（金久保）
- ・ 腐食率に応じた付着劣化の程度は、腐食率が大きくなる程緩やかになるイメージであったが（大下）。
- ・ 今回の実験では直線近似したが、もう少しデータがあれば、そうかもしれない（金久保）。
- ・ 横軸をかぶり面のひび割れ幅で整理してものはあるか（村上）。
- ・ データはあるので、その整理は可能である。（金久保）。
- ・ 前回話題提供した拘束圧とひび割れ幅の関係とリンクが出来れば良いと思う（村上）。
- ・ 横方向変位とはひび割れ幅のことか（三島）。
- ・ 加力中のひび割れ幅であり初期のひび割れ幅ではない（金久保）。

- ・ 補強筋を配筋した試験はないのか（松島）。
- ・ 荷重制御で側圧を加えた試験はある。（金久保）

松尾委員より、鉄筋コンクリート製地中構造物の構造健全性評価について紹介が行われた（WG2-5-2）。

以下、質疑。

- ・ ボックスカルバートの劣化はどのような状況を想定しているのか（秋山）
- ・ 地中のカルバートを想定している。一体は内側が干満作用によって腐食劣化することを想定している。もう一体は外側からの海水の影響により外側も劣化した状態を想定している（松尾）。
- ・ 外側からの作用もあるとすれば、外側からの点検はどのように考えているのか（秋山）。
- ・ 内側から推測するか、詳細点検であれば掘削して検査もできるが、よほどの状態でなければそこまではしない。基本的には内側の方が厳しい条件なので、外側は内側に比べて劣化は小さいと思われる（松尾）。
- ・ 天井が劣化するイメージがあるが（松島）。
- ・ 塩害を対象とした劣化では天井が劣化するケースは少ないと思われる（松尾）。
- ・ 腐食の情報量と解析の精度との関連についてはどうか（秋山）。
- ・ 今回の検討では、腐食の程度が完全に分かっている状態で行っており、解析は、かなり詳細に点検した結果に基づいている（松尾）。
- ・ 腐食ひび割れはどのように考慮しているのか（大下）。
- ・ 腐食生成物の膨張率を仮定して初期ひずみとして要素に与えている（松尾）。
- ・ 今回の検討では、質量差に基づく腐食量が最大で15%であるが、海水の影響を直接受けるカルバートでは、かなり腐食していて鉄筋が消失していた場合もある。例えばスリットの部分の鉄筋が消失していればどのような結果になるか（大下）。
- ・ 腐食が大きくなればその分耐力は低下すると思うが、不静定構造物なので、腐食の影響がダイレクトには効いてこないと思う（松尾）。
- ・ 片側だけの劣化を想定したのはなぜか（大下）。
- ・ 両方劣化させてしまうと、はり部材と同じ結果になってしまうのであまり面白みがなかったことと劣化は左右均等に発生することが少ないことを意識して決定した（松尾）。
- ・ 19頁以降のスライドは大下主査が考えている構造・耐久性指数とイメージは近

いのではないか（三島）。

- ・ かなり近い（大下）。
- ・ スライドにある次回点検時と予定供用年数は構造物によらず同じ年数か（金久保）。
- ・ 構造物によって各々決定する（松尾）。
- ・ 有限要素法を行わない場合の検討で、例えば土木学会示方書式に基づいて照査する場合はどのように危険断面を規定するのか（大下）。
- ・ 基本的には全断面を照査して一番厳しい断面を決定する（松尾）。
- ・ 腐食によって厳しい断面が設計時から変化する場合もあるので、断面をどのように指定するかは検討の余地がある。分からないようであれば、設計時の主要断面で評価することも考えられる（三島）。
- ・ シナリオを幾つか用意しておいて腐食に応じた危険断面を指定していくべき（金久保）。
- ・ 現時点の危険断面は点検調査に基づいて設定することは可能だが、将来予測をどうしていくかが検討課題（松尾）。
- ・ 構造・耐久性指数（ID(t)（仮））のイメージとしてはこれでよいのでは（三島）。
- ・ 劣化係数の区分けはどのように決めたのか（大下）。
- ・ 幾つかの両引き試験，部材試験を踏まえて，きりの良いところで決めている。（松尾）
- ・ 劣化グレードを腐食率で区分けしているが構造・耐久性指数（ID(t)）に変えることは可能かどうか（大下）。
- ・ 時系列に変えること自体は可能であるが，点検と手法の兼ね合いで数値が変わってくる。
- ・ この数値の取り方で結果が大きく変わってくるので，数値の決定は非常に重要（金久保）。
- ・ 時間軸の扱いはWG1の領域である（金久保）。
- ・ 今回の検討では，腐食に応じた耐荷力の低減係数であるが，アーチ機構の形成により耐荷力が上がる場合はどうするか（大下）。
- ・ 係数を上げることで評価可能（松尾）。
- ・ その場合には変形性能は低減させるべき（金久保）。
- ・ 建築ではISにかわり，現状で損傷を受けた建物のISがどの程度か評価するDISが導入されている。イメージは提示された表と同じでひび割れ幅や変状に応じて低減係数が決まる。低減係数が時間の関数になれば良い（金久保）。

大下主査の話題提供は、定刻のため、次回となった。

9. 次回の日程

1/27（金） 12:00-15:00

なお、次回 WG においても合同で開催する予定である。

以上

（記録：村上）