

JCI-TC-112A

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  
第2回全体委員会議事録（案）

平成23年11月5日

日時：平成23年10月5日(金) 15:00~18:00

場所：JCI 12階第3会議室

出席者：三島委員長，金久保幹事，佐藤幹事，国枝幹事，大下幹事，加藤委員，齊藤委員，  
武田委員，田嶋委員，福山委員，松島委員

【資料】

- ・ 第2回全体委員会議事次第（資料 G2-0）
- ・ 第1回全体委員会議事録（案）（資料 G2-1）
- ・ 各WG構成委員名簿（資料 G2-2）
- ・ WG1（材料劣化）第1回WG議事録（案）（資料 G2-3-1）
- ・ WG2（構成モデル）第1回WG議事録（案）（資料 G2-3-2）
- ・ WG3（構造・耐久性能）第1回WG議事録（案）他（資料 G2-3-3A~C）
- ・ WG4（補修・補強）第1回WG議事メモ（資料 G2-3-4）

【議題】

1. 委員長挨拶

三島委員長より第2回研究委員会ならびに第2回幹事会の報告があった。

2. 第1回全体委員会議事録確認（資料 G2-1）

大下幹事より資料 G-2-2 に基づいて前回議事録の確認が行われた。変更がある場合には、後日メールでその旨の連絡を入れていただくこととした。

3. 各WG構成委員名簿確認（資料 G2-2）

まず、委員の自己紹介が行われた（第1回全体委員会に欠席された委員のみ）。次に、松尾委員はWG1, 3 に属しているが、第一希望のWG3 のみにしたいとの連絡が事務局にあり、了承された。

4. 第1回WG報告と議論

(1) 材料劣化WG1（資料 G2-3-1）

国枝主査兼幹事より、資料 G2-3-1 に基づいて報告が行われた。WG1 では、構造的

能を予測する際に必要となる鉄筋腐食率，コンクリートの腐食ひび割れ幅等の入力データの整理および整備（予測手法の構築あるいは実測に基づく空間的分布予測），その時間的変化の予測がミッションであることを委員相互で確認した。その際，「時間軸空間」という文言の定義を幹事会或いは全体委員会で確認することとなった。自由討議では，本研究委員会では構造性能の推定に特化した目的であるが，剥離・剥落は実構造物では非常に問題となる現象であり，その抵抗性評価のためのインプットデータならびにその評価手法も実施したほうがよいのではないかという意見もあった。さらに，インプットデータの信頼性に関する議論も行われ，その精度が構造性能評価の高精度化にも繋がるのが実験例でも提示された。

以下，質疑。

⇒今のメンテナンス体系では鉄筋腐食で構造性能が極端に低下することは無いでは（メンテナンスがされている）？。

- ・メンテナンスはほとんどされておらず，その限りではない事例も多い
- ・建築分野では，RC造ではメンテナンスを実施しているが，SC造ではメンテナンスはほとんど実施していない。また，公共施設の構造物では，腐食していたとしても，そのままの状態で放置されていることが多い

⇒剥離・剥落は，構造性能に関して言えば付着に関連するが，それ単独で議論する必要はなく，付着劣化の一要因として取り扱えばいいのでは？。

- ・剥離・剥落は構造性能よりも，むしろ第三者影響度が大きいので，その観点で抵抗性評価や評価手法の検討を行うべきであろう
- ・剥離・剥落が生じた後には鉄筋が露出するので鉄筋腐食の進行度も早くなり，構造・耐久性能が急激に低下することが懸念されるので，この意味では本研究委員会の範疇であろう

⇒コンクリート表面の変状から鉄筋腐食性状を予測する手法の必要性は（部分的にはつり，それを代表値として用いては）？。

- ・構造・耐久性能を評価する上でインプットデータとして必要不可欠であり，そのデータは部分的なものではなく面的情報が必要である

⇒時間軸空間とは？。

- ・構造性能の時間的変化であるため，「時間軸」に変更

⇒構造物全体の腐食性状を把握する必要性（根拠或いは目的）は？。

- ・破壊機構や耐荷力は，あくまで局所的な腐食率のみで決定されるのではなく，その分布も大きく影響する

⇒鉄筋断面積内における腐食率分布はどのように評価するのか？。

- ・現時点で評価可能な技術は無いので，断面内の平均的な腐食率でよいのでは
- ・実務から切り離して，理想状態で捉えてはいかがか

⇒実構造物と実験室レベルでの腐食性状は全く異なるが？。

・それらに関連付ける手法を構築していただきたい

⇨研究レベルと実構造レベルでインプットとアウトプットデータを区別してはいいか？。

・実構造物の各部位に重要度を設定し、その重要度に応じて研究レベル（詳細）のものを適用するのか、あるいは実構造レベル（おおまか）のものを適用するのかを決定してはいいかがか

・本研究委員会の成果は、実構造物への適用を主眼に置いているため、実験室レベルと実構造レベルとの懸け橋的なツールが必要である

⇨鉄筋の腐食、それによるコンクリートの腐食ひび割れ等の将来予測は、本当に可能であるのか？。

・劣化機構、劣化要因がある程度明確になっていれば、既往の委員会報告によれば可能である。しかし、精度にはやや問題がある

・時間軸が対数で表記されるので、場合によっては精度がかなり低下する

・現時点では、倍半分の精度でもよいのでは

## (2) 構成モデル WG2 (資料 G2-3-2)

金久保主査兼幹事より、資料 G2-3-2 に基づいて報告が行われた。W2 では、劣化材料の構成則や相互作用の構成則のモデル化を行い、その結果を構造・耐久性能評価 WG (WG3) にフィードバックすることであることを確認した。当面は、腐食した鉄筋の構成則およびコンクリートとの付着構成則を取り扱っていきたいとの説明があった。また、以下の委員から関連情報の紹介をいただいた。

・村上委員から、腐食鉄筋の付着性状を模した内部膨張圧による周辺コンクリートのひび割れ性状と拘束圧の関連を扱った文献紹介

・上原子委員から、30 年塩害環境に曝された実道路橋の PC 桁の鋼材腐食状況を報告した文献の紹介

・篠原委員から、電食した片持梁型試験体の付着割裂実験の文献の紹介

・大屋戸委員から、腐食した鉄筋の力学性状および形状測定の紹介

以下、質疑。

⇨破砕剤は、材料的にかなり理想化したものであるため、実際の鉄筋腐食への適用法は（破砕剤を用いた研究は過去に実施されていたが、最近は無い）？。

・実際の鉄筋にフィードバックする何らかの手法が必要である

・表面ひび割れ幅から付着劣化度合いを類推可能であるため、貴重なデータとなりうる

⇨鉄筋を切削して腐食鉄筋を模擬しているが、実構造物中の腐食鉄筋との関連性は（電食による鉄筋腐食も同じである）？。また、鉄筋腐食によりコンクリートにひび割れが発生するが、切削時ではひび割れはどのようにしているのか？。

・実構造物ではかぶり面ほど腐食の進行が速いのでその面を切削しており、切削の

程度は実際の鉄筋腐食の形状を 3D スキャンで計測し、それに合わせている

- ・実部材での断面形状や軸方向分布は重要なデータとなる (3D スキャン計測)
- ・コンクリートの腐食ひび割れは、鉄筋切削時も人工的に導入している
- ・腐食鉄筋とコンクリートの付着性状は断面内および軸方向の腐食分布に影響されるため、本来はそれらの関数である必要があるが、平均的な取扱いが必要
- ・ $\tau \sim s$  関係には、腐食ひび割れ幅  $\omega$ 、腐食率分布等のパラメータの導入が必要である

⇨実部材での鉄筋軸方向の断面のばらつきは？。

- ・変動係数よりも、むしろ標準偏差が一定であった
- ・一端、腐食した箇所はどんどん進行するため

⇨WG2 と WG3 の違いは？。

- ・WG2 では、鉄筋腐食に起因する各種構成則、それを導入した構造性能予測 (有限要素法等) であり、部材レベルから構造物レベルまで評価可能とする手法の提案である。また、WG3 で必要となるデータのフィードバックも行う
- ・WG3 では、鉄筋に伴う耐荷機構、耐荷力を部材レベルで評価可能とする簡易モデル (示方書式に類似) の提案を行う

⇨田嶋委員には WG2 で解析を実施していただきたい？

- ・WG1 のデータが既知であると、解析可能である
- ・当面は、腐食した鉄筋の構成則とコンクリートとの付着構成則を取り扱いたい

⇨鉄筋腐食のバラつきは？

- ・考慮する

### (3) 構造・耐久性能 WG3 (資料 G2-3-3A~C)

大下主査兼幹事より、資料 G2-3-3 に基づいて報告が行われた。WG3 では、鉄筋腐食性状 (断面減少、腐食領域、腐食した鉄筋種別) および鉄筋腐食に起因する腐食ひび割れ性状や付着劣化を input データとして、鉄筋腐食した部材の構造性能 (耐荷機構、耐荷力、変形能) を定量的に評価するツールの構築を行うことを確認した (詳細は、資料 G2-3-3B)。なお、このツールは、input データさえ規定されれば、現時点での性能評価に留まらず、補修・補強実施時あるいは将来時での評価も可能となることが説明された。また、以下の委員から関連情報が紹介された。

- ・山本委員から、第二期 JSCE331 委員会で行われた鉄筋腐食した RC 部材の曲げ載荷に関するベンチマークテストの紹介
  - ・大屋戸委員から、鉄筋腐食した鉄筋の力学的特性評価の紹介
  - ・村上委員から、鉄筋腐食した RC はり部材の曲げ耐力評価の紹介
- 以下、質疑。

⇨太枠内の WG2 とは？ (資料 G2-3-3B)

・WG3 では変形能（靱性）までは評価が難しいと思うので、WG2 との連携が必要という意味である

⇨補修・補強の未実施時の点線枠の担当は？。

・「他委員会」→「WG1」に修正する

⇨補修・補強の枝分かれは何を表しているのか？。

・実施した場合には、その情報を WG4 から受け取り、それをインプットデータとしてツールに適用することにより、その時点での構造性能を評価する。一方、未実施の場合には、劣化の時間的変化を WG1 から受け取り、それをインプットデータとしてツールに適用することにより、構造性能の時間的変動を評価する。

⇨補修・補強実施時のデータとは何か？。また、補修補強実施時の流れは、WG4 が実施するのか？。

・データとは、補修補強を行った箇所やその工法、その際の鉄筋やコンクリートの状態（腐食性状やひび割れ性状など）である

・WG4 には上述のデータを作成していただきたい。また、効果の確認をどうするかは、今後議論したい

⇨鉄筋の腐食、それによるコンクリートの腐食ひび割れ等の将来予測は、本当に可能なのか？。

・劣化機構、劣化要因がある程度明確になっていれば、既往の委員会報告によれば可能である。しかし、精度にはやや問題がある。この内容は、第1回全体委員会で野口先生からも同様の説明があり、既往の委員会成果があるからこそ本委員会の目的が達成できるであろうし、それらのベースの上に本委員会があるものと思っている

⇨はりを対象とした研究は多くあるが、その以外の構造形式についてはほとんど無い（柱が少し）。

・文献収集を行い、詳細を把握する

#### (4) 補修・補強 WG4（資料 G2-3-4）

佐藤主査兼幹事より、資料 G2-3-4 に基づいて報告が行われた。WG4 は、補修・補強の具体的検討に入る前に、鉄筋腐食が生じた実構造物における現状の対応策や性能評価方法について把握したいとの報告があった。その背景は、例えば道路橋では、補修・補強を検討する以前に使用可能かどうかの判断が必要であり、構造性能はグレードに応じたものではなく、専門家の意見に従うものとしている。また、港湾構造物の中でも特に栈橋では、劣化度を点検できる箇所が限られており、ほとんどの箇所は点検が困難である。したがって、補修・補強を施すことは無く、第三者影響度もないため機能的な寿命に達すると架け替えることがほとんどである。また、以下の委員から関連情報が紹介された。

・渡辺委員から、国交省・塩害橋梁維持管理マニュアル(案)の紹介

・加藤委員から、港湾構造物（特に、栈橋）における鉄筋腐食に対する対処方法の紹介

以下、質疑。

⇒実構造物における現状把握（対応策や性能評価手法等）は重要であり、他のWGにも関連するのでは？。

・次回の全体委員会において、この件に関する話題提供をWG4として実施していただきたい

⇒現状の構造性能の評価手法や具体的対応策は？

・専門家の意見を求めることとなっており、簡単には評価できないものという位置づけにある

・栈橋の例では、まずは使用可能かどうかという情報（機能的な寿命）が必要である

・道路橋においても、補修や補強の前に使用可能かどうかの判断が必要である

・例えば箱桁では、内部の腐食状況は全く把握できない状況である。また、橋梁毎に腐食等の状況が全く異なり、構造形式も異なる。このような中で、現状の劣化状況から構造性能を評価する手法は必要である

・（材料的寿命）＜（機能的寿命）・・・架け替え

・建築構造物は不静定構造であるため、部材レベルで構造性能を評価したとしても、建物全体としてはそれ以上の構造性能を有している

・実構造物の耐荷力評価手法で面白い試みが港空研で実施されており、加藤委員からWG4で話題提供をいただくこととなっている

・また、建築分野では、鹿毛委員から話題提供をいただくことになっている

⇒構造物の重要度に応じて許容できる劣化度が必要なのでは？

・構造・耐久性能指数を規定すれば、それで評価が可能である

⇒上記にも関連するが、管理限界（使用限界、修復限界等）の現状はどのようなになっているのか？

・土木学会新示方書では、構造性能に関連付ける試みがなされている。現状の動向について、次回に情報提供を行う（佐藤幹事）

## 5. 話題提供 齊藤委員

齊藤委員より、柱・壁部材の損傷事例の紹介ならびに塩害に対する構造物の維持管理手法の一例の紹介があった。紹介事例の構造物では、健全度評価はグレーディングにより実施しているが、具体的な耐荷力、靱性の低下割合等は不明であり、責任技術者により判断するというように、非常に不明瞭な状況である。したがって、何らかの性能評価式が必要であるが、今回は有限要素法による主鉄筋軸方向の腐食率分布等による感度解析を行い、それらが構造性能に及ぼす影響評価を実施している。鉄筋の腐食

率ならびにその分布は構造性能に大きな影響を及ぼし、荷重の載荷点から離れた位置で腐食率が大きな場合、その設定値如何によっては構造性能もかなり差異が生じる結果となる。

#### 6. その他

- ・ 第3回全体委員会は、12月或いは翌年の1月を目処に実施予定であり、後日メールで決定したい
- ・ 次回全体委員会では、福山委員、WG4に話題提供をお願いしたい
- ・ 次回全体委員会までに各WGを開催していただきたい
- ・ WG2, 3は合同で実施予定である

以上

(記録：大下)