

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1回全体委員会議事録

日時：2011年7月1日（金）14時～17時

場所：JCI 12F 第3会議室

出席者：三島，金久保，佐藤，国枝，大下，秋山，武田，野口，野島，福山，細田，松尾，村上，山本，渡辺，JCI川上（敬称略）

配付資料：

資料 G1-0 第1回全体委員会議事次第

資料 G1-1 2011年度新規専門委員会

資料 G1-2 委員会委員名簿

資料 G1-3 WG構成（案）

資料 G1-4-1, G1-4-2 大下委員話題提供資料

資料 G1-4-3 金久保委員話題提供資料

資料 G1-5 アンケート

1. 委員長挨拶

三島委員長より本研究委員会趣旨説明が行われた。

2. 委員自己紹介

各委員より資料 G1-2 に基づいて自己紹介が行われた。委員名簿に誤りがある場合には、大下幹事あるいは JCI 川上事務局担当まで連絡をいれることとする。

3. 委員会概要説明

大下幹事より資料 G1-1 に基づいて設置の趣旨，目的，活動計画等の説明が行われた。これまで，各種材料劣化のモデル化，材料劣化の進行予測，耐荷機構や耐荷力の評価等に関する研究が行われているが，それらの関連性を議論するには至っていない。本研究委員会では，構造性能（耐荷力，変形能）や耐久性能（構造性能の時間軸への拡張）に及ぼす材料劣化の影響，材料相互の劣化，補修補強による効果の確認等の関連性を体系化するとともに，実構造物へフィードバックできるようなシステムの構築を行いたい。

委員会活動としては，材料劣化の評価，構成モデルの評価，構造・耐久性能の評価，補修・補強手法の評価の WG を構成することが提案された。

以下，質疑。

- 例えば、材料劣化に関しては既往の設計指針（宮川委員長，武若委員長）があるため、それらとのリンクをすれば、体系化まで可能ではなかろうか。
- 現状の整理を早急に実施する必要がある。
一例ではあるが、柱の圧縮せん断は、鉄筋腐食により低下する（帯筋フック部の腐食損失）。
- WG2の構成則モデルの位置づけ、有限要素法を主としたシミュレーション？。
- 主に、腐食した鉄筋とコンクリートの付着構成則であり、WG2においても有限要素法によるシミュレーションも実施するが、WG3で必要となるモデルの検討とフィードバックを行う。
- 構造・耐久指数とあるが、具体的にはどのようなものなのか？。
- 耐震指数 IS 値のような指標であり、外観ひび割れ、鉄筋の腐食率等から構造性能（耐荷力，変形能）と耐久性能（経年劣化）を数値的に表現するものであるが、どの程度まで実施できるかは進捗状況による。
- 全WGにおいて、「時間軸空間・・・」とあるが？。
- WG1で実施する材料劣化を時間軸空間へ適用するわけであるが、それを他のWGで導入することにより時間的挙動を把握することを表している。

4. 話題提供 大下幹事

資料 G1-4-1, G1-4-2 に基づき、主鉄筋の定着性能と耐荷性状についての紹介が行われた。

以下、質疑。

- 鉄筋の腐食は電食法で実施しているが、その際の腐食性状（率，幅，生成物の流出）は実構造物とは異なり，腐食がかなり進行した状態ではないのか？。
- 指摘の通りであるが，早期に目標腐食率まで到達させるには致し方なく，電食法による腐食性状と実現象との関連付けが重要である。過去に電食法で実施した多くの実験を有効に活用するためにも，この関連付けは不可欠であり，WG1において実施したい。
- 定着のディテールに関連するが，どのような実構造物を想定しているか？。
- 特に，橋脚の桁端部であり，水漏れ等で定着領域の鉄筋腐食が激しい状態である。
- 新幹線のラーメン高架橋のうち中層梁と柱の接合部では鉄筋がかなり入り組んでいるが，構造性能を評価するに際してその領域の鉄筋腐食をどのように取り込んでいくか検討が必要である。
- PC の上部工の桁は比較的せん断スパン比が大きい。

- ・ 偏差率の定義は？，全く腐食が生じていない領域が存在する部材への適用方法は？。
- ・ 平均値からの偏りで定義している。まずは，設計時の破壊形態から領域を限定し，その領域での偏差率に着目する必要がある，どのような場合にでも梁全長を対象とするわけではない。
- ・ せん断スパン比が比較的小さい梁では，支点上縁からひび割れが発生しているが，その理由は？。
- ・ 主鉄筋とコンクリートの付着が無いことにより鉄筋を挟む上下部材で二重梁が形成されること，フックの復元力が生じることにより，梁上縁に曲げが作用する。いずれにしても，偏心荷重による曲げモーメントが大きくなることにより生じるのでは。

5. 話題提供 金久保幹事

資料 G1-4-3 に基づき，鉄筋の腐食を断面切削により模擬した RC 柱の構造性能に関する実験ならびに解析についての紹介が行われた。

以下，質疑。

- ・ 鉄筋の断面切削により腐食を模擬しているが，実材料への適用方法は？。
- ・ 本研究では自然暴露や電食により腐食した鉄筋の断面形状を測定し，それに対応付けて切削を行っているため，整合性は取れている。実構造物への適用は，鉄筋の質量減少量のみを考慮するのではなく，局所的な減少量（摂動）も不可欠である。
- ・ 3タイプの鉄筋モデルを提示しているが，どのタイプが適しているのか？。
- ・ 切削の領域や程度によって二次切削，一次切削，非切削領域の応力，ひずみは異なり，実験結果と解析結果との整合性から判断すると，変形2（検長が中程度）のモデルがよい。すなわち，主鉄筋の挙動は，局所的挙動から全体的挙動へと移行していく。
- ・ 座屈モデルにも検長の違いを考慮しているか？。
- ・ 恐らく，考慮している。
- ・ 帯鉄筋比が大きい試験体では，その拘束効果により主鉄筋に付着がある状態に相当するのでは（ $Q-\delta$ 関係においても，最大荷重時までの包絡は No.1,3,4（資料 G1-4-3 の p.532 の図 2）で同じ）？。
- ・ $M-\phi$ 関係（当日の発表資料）は柱基部におけるものであるため，その影響は無いのでは。

- ・ 上記に同じ図で、ポストピーク領域で No.3,4（それぞれ、電食と切削）は荷重低下が急激である？。
- ・ 主鉄筋の座屈によるはらみだしの影響である。
- ・ 実構造物における鉄筋腐食の空間的評価は大切であるが、同じ平均腐食率の腐食鉄筋であっても腐食のばらつきが大きいため、標準偏差の取り方によって分布形状も全く異なるという問題がある。したがって、確率論を導入した評価手法が必要である。一方、過去に腐食の空間分布をフーリエ変換することにより評価した経緯がある（丸鋼を対象）。

6. 委員会活動についてのフリーディスカッション

- ・ 腐食率を平均値で評価する意義とは？、耐震では腐食の最大値で評価するペアワーストでは？。
- ・ それも一つの方向性ではあるが、現時点では、材料劣化、構造性能等を忠実に評価し、実現象を見極めることが大切であろう。また、向こう数十年、数百年を見据えて耐久性能の変化を評価することも必要である。このような経緯を踏まえた後に、その方向性の議論も必要になるかもしれない。
- ・ 本研究委員会での成果は実構造物へのフィードバックを視野に入れているため、実構造物を対象とした材料劣化調査ならびに構造性能を評価することも必要である。軍艦島（古いものでは大正初期、新しいものでも昭和 30 年代造）の劣化調査は、1～2回/年の実施予定である。また、凍結防止剤の散布により劣化がかなり進行した床版の取り替えも多く行われており、それらのほとんどを廃棄しているのが現状である。それらを本委員会で、有効に活用させていただきたい。
- ・ 実構造物から切り出した部材の載荷実験を行った際、外観変状の激しい箇所では破壊せず、それ以外の箇所で破壊が生じる事例が多い。

7. 委員会の方向性

- ・ 構造性能や耐久性能に及ぼす材料劣化の影響、材料相互の劣化、補修補強による効果の確認までの体系化を目指す。
- ・ WG 構成は、提案内容で承認された。
- ・ 各 WG の主査は、幹事が兼務することとし、各幹事から方向性について説明がなされた。

WG1：主査 国枝幹事，WG2：主査 金久保幹事，WG3：主査 大下幹事，
WG4：主査 佐藤幹事

- ・ 各 WG の活動計画の概要

WG1（材料劣化の評価）：

鉄筋の腐食性状とコンクリートの変状の関連付けとコンクリートの変状から鉄筋腐食率を予測する手法の構築を行うとともに、時間軸空間における材料劣化の進行予測モデルを既往の委員会報告あるいは研究成果に基づいて構築する。また、室内実験（特に、電食法）と実構造物では、腐食性状や変状が大幅に異なるため、両者の関連付けも必要となる。

これに際して先ずは、インプットデータとアウトプットデータのバランスを整理したい。すなわち、鉄筋腐食率や腐食ひび割れ幅等の空間分布であるインプットデータの精度が、耐荷力や耐荷機構にどの程度の影響を及ぼすのかを把握したい。

WG2（構成モデルの評価）：

各種の劣化材料の構成則と付着劣化等の構成則のモデル化を行い、それらを導入した数値シミュレーションにより、その適用性や構成則の改善ならびにシミュレーション手法自体の問題点の整理と解決を行う。また、パラメタスタディーの実施により、構造性能に及ぼす鉄筋腐食の空間分布、領域等の影響を評価する。また、WG3 で必要となる構成則やモデルの検討を行い、それを WG3 にフィードバックする。

WG3（構造・耐久性能の評価）：

構造形式、荷重条件、鉄筋の腐食性状とコンクリートの腐食ひび割れ性状に応じた構造性能の定性的かつ定量的評価手法を提案する。また、構造・耐久性能を数値的に表現可能とする新たな指標の定義付けも行う。最終的には、実構造物へのフィードバックを視野に入れ、実構造物レベルでの検証も実施していく。さらに、WG1 の成果である材料劣化の時間的变化を導入することにより、耐久性能の評価までも実施したい。

WG4（補修・補強手法の評価）：

補修・補強工法の選定からその対象領域と効果の確認、効果の時間的変動などを統一的に評価する。具体的には、補修・補強対策は、「いつの時点？」、「表面がどのような状態（内部の状態が分からない）？」、「対象とする領域？」、「どのような工法？」、「その効果？」、「効果の時間的变化？」となる。

先ずは、現状の具体的事例の洗い出しを行い、実際にどのようなことが実施されているのかを把握したい。

8. 今後の予定

- ・ 各委員にはいずれかの WG に属していただくので、希望する WG を大下幹事まで連絡をしていただく（重複も可）。バランスを考慮した上で、WG の委員構成をまとめさせていただきたい。
- ・ 資料 G1-4 に対して補足あるいはご意見等がある場合には、次回委員会あるいはメールでご連絡をいただきたい。

9. 次回の日程

10月上旬開催を目途に、後日メールで決定したい。

以上

(記録：大下)