

委員会報告 「コンクリート構造物の長期性能照査支援モデル研究委員会報告」

武若 耕司^{*1}・濱田 秀則^{*2}・野口 貴文^{*3}・下村 匠^{*4}・山口 明伸^{*5}

要旨：本研究委員会は、性能照査型設計を支援するためのツールの1つとして、構造物の長期性能をコンピュータ上で評価できるソフトウェア開発を将来の目標とし、これを具体的に進めていくために解決すべき問題点を抽出した上で、劣化機構を考慮した構造物の各種要求性能の経時変化をシミュレーションできるモデルを構築することを目的として設置されたものである。具体的には、「外部環境モデル部会(WG1)」、「材料モデル部会 (WG2)」、「構造性能モデル部会 (WG3)」の3つの部会における2年間の調査研究活動により、コンクリート構造物の長期性能シミュレーションモデルの枠組みを構築した。シンポジウムおよび講習会を平成16年10月に予定している。

キーワード：長期性能シミュレーション、外部環境モデル、材料モデル、構造性能モデル

1. はじめに

コンクリート構造物の設計においては、世界的な流れとして、従来の仕様規定型の設計体系から構造物の性能を直接評価し照査する、いわゆる性能照査型への移行が計られている。この性能照査型設計では、基本的には、材料の選定や設計を行うためのツールには何の足かせもなく、ただし、その一方で、出来上がる構造物の供用予定期間中の性能は、設計時点できちんと評価され、要求性能を満足していることを確認しなければならない。このことは、構造物の設計・施工において、適用材料や工法の幅が広がり、また、自由な発想での設計を可能とするという事を意味し、これまでのコンクリート工学に対する研究や開発の成果をいち早く実用に供することができるという特徴を有している。

その一方で、今後さらに広く一般にこの設計方法の思想を広め、これを有効に活用していくためには、この設計を支援するための幾つかのツールを準備する必要もある。特に、コンピュータをメディアとして利用できる現代社会にお

いては、例えば、コンクリートおよびコンクリート構造物に関連した種々の情報を、データベースとして整理、保存し、いつでも利用可能なシステムを構築するとともに、このデータを設計に反映させるための有効なソフトを開発することができれば、誰もが信頼性の高い構造物を比較的簡単に設計することができるようになると考えられる。

平成14年度に発足した本委員会は、表-1に示す委員26名から構成され、上記のような性能照査型設計を支援するためのツールの1つとして、構造物の長期性能をコンピュータ上で評価できるソフトウェア開発を将来の目標とし、そのために解決すべき問題点を抽出した上で、劣化機構を考慮した構造物の各種要求性能の経時変化シミュレーションモデルを構築することを目的としている。具体的な検討にあたっては、次の3つのWGを設置した。

【WG1：外部環境モデル部会】外部環境あるいは、外部環境とコンクリート表面とのインターフェイスのモデル化等を検討。

*1 鹿児島大学 工学部 海洋土木工学科 助教授 工博 (正会員)

*2 (独)港湾空港技術研究所 地盤・構造部 材料研究室 室長 工博 (正会員)

*3 東京大学大学院 工学系研究科 建築学専攻 助教授 工博 (正会員)

*4 長岡技術科学大学 工学部 環境・建設系 助教授

*5 鹿児島大学 工学部 海洋土木工学科 助手 工博 (正会員)

表 - 1 委員構成

委員長	武若耕司（鹿児島大学）
幹 事	濱田秀則（WG1 主査：港湾空港技術研究所）
	野口貴文（WG2 主査：東京大学）
	下村 匠（WG3 主査：長岡技術科学大学）
	山口明伸（調整幹事：鹿児島大学）
委 員	石川雅美（東北学院大学），井元晴丈（東京工業大学），宮里心一（金沢工業大学），笠井浩（鹿島建設）， 加藤佳孝（東京大学生産技術研究所），桂修（北方建築総合研究），兼松学（東京大学）， 前田匡樹（東北大学大学院），佐藤靖彦（北海道大学），田才晃（横浜国立大学），堤知明（東京電力）， 中村成春（宇都宮大学），長谷川拓哉（建築研究所），服部篤史（京都大学），羽淵貴士（東亜建設工業）， 久田真（土木研究所），丸屋剛（大成建設），三井健郎（竹中工務店技術研究所）， 三島徹也（前田建設工業），山田一夫（太平洋セメント），山本佳城（宇都宮大学大学院）

【WG2：材料モデル部会】外部環境からコンクリート中への劣化因子の浸入，あるいは，劣化因子とコンクリート構成組織の反応のモデル化等を検討。

【WG3：構造性能モデル部会】材料の劣化に伴う構造物の各種性能低下のモデル化等を検討。

本委員会では，まず WG ごとにその目的に応じた調査・研究活動を行い，各 WG で検討した個々のパーツモデルを最終的に統合することにより，全体のシミュレーションモデルの枠組みの構築を試みた。ここでは，全体シミュレーションモデルの概要および各 WG の活動・検討内容を中心に報告する。

2. シミュレーションの概要

本委員会で検討したコンクリート構造物の長期性能照査モデルのシミュレーションフローを図 - 1 に示す。縦方向には環境や空間を表し，横方向には劣化や現象を表す。また，赤枠はモデルを示し，各モデルへ流入する矢印は input data であり，一方，各モデルおよびデータベースから流出する矢印は output data である。さらに，赤字で示されるデータには，モデルやデータベースからの output data と，既往の実測値を含む。なお，自然環境における耐久性に関しては最上段からシミュレーションを開始し，人為的条件（下水道，工場等）での耐久性は中段の任意のデー

タからシミュレーションを開始することとする。

3. 外部環境モデル（WG1）

3.1 概要

コンクリート構造物は，屋外環境下で供用されることが多い。したがって，コンクリート構造物が経験する環境は極めて多岐にわたる。ここで，コンクリート構造物の劣化現象は，ある意味では，周辺環境から与えられる環境外力に対するコンクリートのリアクションである。したがって，コンクリートの長期劣化を予測するためには，周辺環境がコンクリートに対して与える環境外力を，正確・精密に把握する必要がある。

このため，先ず文献調査を実施し，コンクリートの中酸化（炭酸化），塩害，化学的侵食および凍害に関する環境条件について，既往の知見の収集を行い，得られた知見を以下のように分類して整理した。すなわち，図 - 2 に示す通り，

コンクリートの外部の環境（マクロサイズおよびメゾサイズ），コンクリート表面と外部との境界（ミクロサイズ），コンクリート中，に分類し，提案モデルの整理を行った。

3.2 マクロ環境におけるデータベースの例

マクロ環境データベースとして使用する基本的な気象データは，主に気象庁のアメダスを活用した。図 - 3 に，基本的環境条件に関するマクロ環境データベースの例を示す。

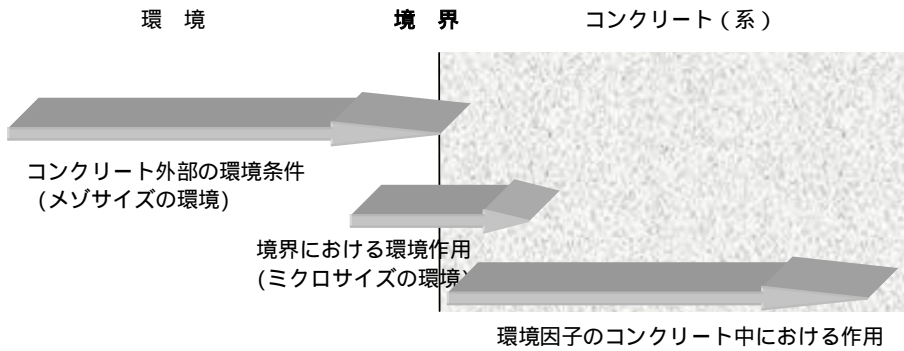


図 - 2 コンクリート構造物に作用及ぼす 3 つの環境条件

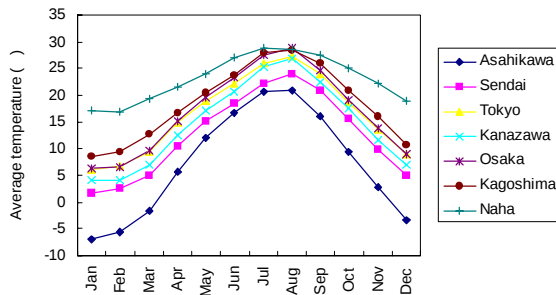


図 - 3 各都市の月平均気温

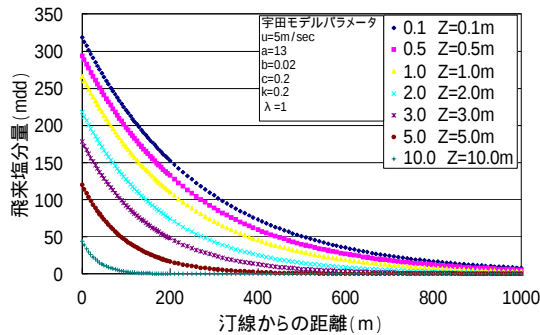


図 - 4 汀線からの距離と飛来塩分量の関係

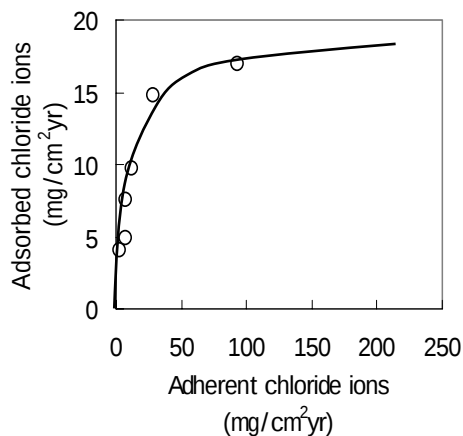


図 - 5 吸着塩分量と飛来塩分量の関係

3.3 メゾ環境におけるモデルの例

海水飛沫の発生はWeber則に従うと考えられる¹⁾。したがって、空気密度、海水の表面張力および飛沫の直径を一定と仮定すると、海水飛沫の発生量は式(1)に示すように風速の 2 乗に比例する。また、発生した海水飛沫の鉛直方向分布は、式(2)に示すように海面で最大値を有する指数分布を示すことが確認されている²⁾。

$$\phi = \beta u^2 \quad (1)$$

$$C(y) = C_0 \exp(-Ay) \quad (2)$$

ここで、 ϕ ：飛沫発生量， u ：水平方向風速， β ：係数， $C(y)$ ：海面からの高さ y での海水飛沫濃度， C_0 ： $y = 0$ での海水飛沫濃度， A ：係数，を示す。

さらに上記モデルを用いた計算例を示す。図 - 4 は、汀線からの距離と飛来塩分量の関係を表したものである。この図によれば、飛来塩分量は汀線からの距離に従って指数関数的に減少することが認められる。

3.4 ミクロ環境モデルの例

図 - 5 に山田らによって沖縄で測定された、コンクリート表面に飛来した塩化物イオン量と実際にコンクリート表面から内部へ浸透する吸着塩化物イオン量の関係を示す³⁾。これによれば、コンクリート表面における塩化物イオンの吸着現象は、Langmuir型モデルに分類されることが認められ、一般的には次式に示す吸着量と濃度の関係がある。

$$W = \frac{aW_s C}{1 + aC} \quad (3)$$

ここで、 W : 吸着フラックス[mol/m²・sec]、 C : 濃度[mol/m³]、 W_s : 飽和吸着フラックス[mol/m²・sec]、 a : 吸着平衡係数、を示す。

4. 材料劣化モデル (WG2)

4.1 概要

WG2 では、外部環境からの劣化因子が構造物中の材料に及ぼす影響とそのモデル化についての調査研究を行った。具体的には、劣化現象として、「中性化」、「塩害」、「凍害」、「化学的浸食」を取り上げ、既往の研究の整理、拡張により、これらの劣化現象を出来る限り細分化したパッケージモデルの構築を試みた(図-1 参照)。また、上記の劣化現象に直接影響を与える水分移動および表面仕上材の効果についても検討した。

なお、各パッケージモデルは、実験あるいは実構造物のデータから得られた「経験的なモデル」、物理化学的メカニズムに基づく「理論的なモデル」、あるいは「両者の中間的なモデル」、に大別できるが、現段階ではこれらのモデルを並列的に取り扱うこととした。これは、対象とするコンクリート構造物の環境条件やプロファイルの有無等に応じて、モデルの適用性や信頼性が異なることを考慮したためである。

ここでは、例として、WG2 で取り扱った主なパッケージモデルの検討内容の概略を示す。

4.2 コンクリートの侵食・溶脱モデル

一般的なコンクリートの中性化現象に加えて、化学的な侵食性物質の移動に伴う劣化現象のモデル化についても検討している。主な環境として、地理的条件に依存する「酸性雨環境」、「温泉環境」、「酸性土壌環境」、局所環境に依存する「下水環境」、「化学工場」、「凍結防止剤の影響」などを取り上げ、以下の劣化形態についてモデル化を検討した⁴⁾。

【水和物の分解による侵食】侵食性物質のコンクリートへの浸透により、コンクリート中の水和物と化学反応して新たな化合物を生成する現

象。水和物の分解による侵食により、数年～数十年のオーダーで劣化が進行。

【膨張性化合物を生成する侵食】侵食性物質の内、主に SO_4^{2-} がコンクリートへ浸透することにより、コンクリート中の水和物あるいは石灰石等の骨材が化学反応し、新たな膨張性の生成物を合成する現象。膨張性化合物を生成する侵食により、数年～数十年のオーダーで劣化が進行。

【水和物の溶脱】侵食性物質をほとんど含まない水とコンクリートが接触することにより、コンクリート内部と外部水との間にイオン濃度の差が生じて水和物が溶解する現象。水和物の溶脱により、コンクリートは多孔化し、数十年～数百年のオーダーで強度低下などの劣化が進行。

4.3 塩化物イオンの移動モデル

コンクリート中の Cl^- の移動を考えるには、二つの側面がある。一つは Cl^- の移動現象をマクロに捕らえるか、ミクロに捕らえるかという分類方法である。もう一つは計算手法についてであり、単純ではない種々の環境・材料特性(例えば非線形固定や拡散係数の経時変化)を考慮するか否かという分類方法である。前者は現象のメカニズムをどこまで考慮するかという観点であり、後者は拡散理論の解析解を用いるか、何らかの数値計算を用いるかの違いである。

最も単純な取り扱いは、現象をコンクリート中の全 Cl^- が拡散則に従うとして、見かけの拡散係数を用いFickの第2法則により解析するものである。この場合でも、見掛けの拡散係数の経時的減少、 W/C の影響、セメント種類、温度の影響等については、適当な見掛けの拡散係数を用いることにより対応することが可能ある。

コンクリート中の Cl^- の移動をより詳しく考えると、 Cl^- がコンクリートの空隙中を水和物に固定されながら移動することをモデル化する必要がある。ただし固定化の速度が十分速く、自由 Cl^- と固定 Cl^- の割合 R が一定(線形固定)であれば、見掛けの拡散係数を $(1+R)$ で除すればよい。

空隙構造の与え方も重要である。原理的に考えると、静水中の Cl^- 拡散係数(自己拡散係数)は

温度に依存するが一種の物理定数である。コンクリート中では、 Cl^- が移動できる空間が細孔空隙となるので、この空隙構造を別の評価法により与え、実効拡散係数に変換させる方法もある。また、空隙構造の影響を含んだ実効拡散係数の評価法として、定常状態における拡散試験や電気泳動試験なども実施される。実効拡散係数を Cl^- 浸透予測に用いるには、空隙率と固定化を考慮することが必要である。

コンクリート中の骨材や鉄筋、それら周囲に存在する遷移帯、コンクリートに発生したひび割れ等々、コンクリートの不均一性の問題についても考慮すべきである。

4.4 鉄筋の発錆モデル

塩化物イオン(Cl^-)による鋼材腐食は、未中性化のコンクリート中に Cl^- が浸透し、鋼材位置における Cl^- 濃度がある一定値を超えることにより発生する。しかし、コンクリート中の鋼材が発錆する具体的な物理化学条件となると不確定であ

り、発錆条件の定義次第で、どのような特性値を得る必要があるのか異なってくる。発生モデルでは、コンクリート中の鋼材の発錆限界 Cl^- 濃度（以下 Cl_{th} と称す）の表現方法として3通りの検討を行った。既往の研究をまとめたものを表-2、3に示す^{5,6)}。

まず、コンクリート 1m^3 中の全 Cl^- 質量（コンクリート中の総量）であり、わが国ではこの量で定義される場合がほとんどである。次に、欧米の各種規格の中で使用される、結合材に対する Cl^- の質量%（セメント質量費比）であり、学術論文においても多くの場合が同様の定義である。最後は、発錆の物理化学的側面を考えた、空隙水中の Cl^- と水酸化物イオン OH^- のモル濃度比による定義である。

さらに、鉄筋の製造過程や化学成分などに起因する鉄筋自身の腐食特性、ブリージングによるペーストとの密着度や防せい剤の影響等も検討を加えている。

表 - 2 コンクリート中の鉄筋腐食に及ぼす塩化物イオン量の影響

限界塩化物イオン量 *1			腐食面積率 A %	試験 期間 年	試験条件		かぶり 厚さ mm	W/C %
コンクリート容積比 kg/m ³	砂質量比 %	セメント質量比 %			温度	湿度 % R.H.		
2.5 - 3.7 ¹⁶⁾	0.35 - 0.52	0.64 - 0.95	1 → 4	3	20	90	20	50
2.3 - 3.9 ¹⁷⁾	0.30 - 0.50	0.75 - 1.25	2 → 8	4	屋外暴露 (内陸)		35	56
2.3 - 3.9	0.30 - 0.50	0.75 - 1.25	2 → 8				55	
1.3 - 2.2 ¹⁸⁾	0.18 - 0.30	0.35 - 0.59	5 → 20	9	屋外暴露 (内陸)		40 *2	50
1.4 - 2.3	0.18 - 0.30	0.42 - 0.68	5 → 60				40	55
1.8 - 3.0 ¹⁹⁾	0.21 - 0.35	0.60 - 1.00	5 → 20	10	屋外暴露 (内陸)		10	60
3.0 - 4.2	0.35 - 0.49	1.00 - 1.40	5 → 20				20	
3.0 - 4.2	0.35 - 0.49	1.00 - 1.40	5 → 20				30	

*1 コンクリート製造時に添加された塩化物量

*2 暴露試験前にかぶり厚さ10mmの位置まで促進中性化

表 - 3 $[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$ の閾値の実測例

$[\text{Cl}^-]/[\text{OH}^-]$	pH	試験条件	
0.6 ²²⁾	11.6 - 13.2	アルカリ性水溶液	飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液 , NaOH 水溶液
0.57 - 0.30 ^{13) 24)}	11.8 - 13.3	アルカリ性水溶液	飽和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液
1.28 - 2.00 ⁹⁾	13.26 - 13.36	細孔溶液	セメントモルタル

4.5 鉄筋の腐食速度モデル

コンクリート中の鉄筋の腐食反応とは、電子を母材中に残して鉄がイオン化するアノード反応（酸化反応）と、このアノード反応により生じた電子を消費するカソード反応（還元反応）が組み合わされたものであり、結果的に $\text{Fe}(\text{OH})_2$ や $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 等の析出となって現れる。この腐食速度は、反応物質の濃度や反応速度などによって変化する「分極曲線（電位-電流曲線）」から評価できる。また、マクロセルとミクロセルに大別される内部鉄筋の腐食形態も、腐食速度に大き

く影響する。一般的に、アノード部（アノード反応が優先的に生じる部分）とカソード部（カソード反応が優先的に生じる部分）が明らかに異なる部分で形成するセルをマクロセルと呼ぶ。一方、アノード部とカソード部がほぼ同じ部分に位置するセルをミクロセルと呼ぶ。

本委員会では、宮里らの解析モデルを改良し、図-6に示すモデルを構築した⁷⁾。腐食領域と非腐食領域の区別、鉄筋位置での塩化物イオン分布、鉄筋位置でのpH分布、鉄筋への酸素供給量、コンクリート中における含水率

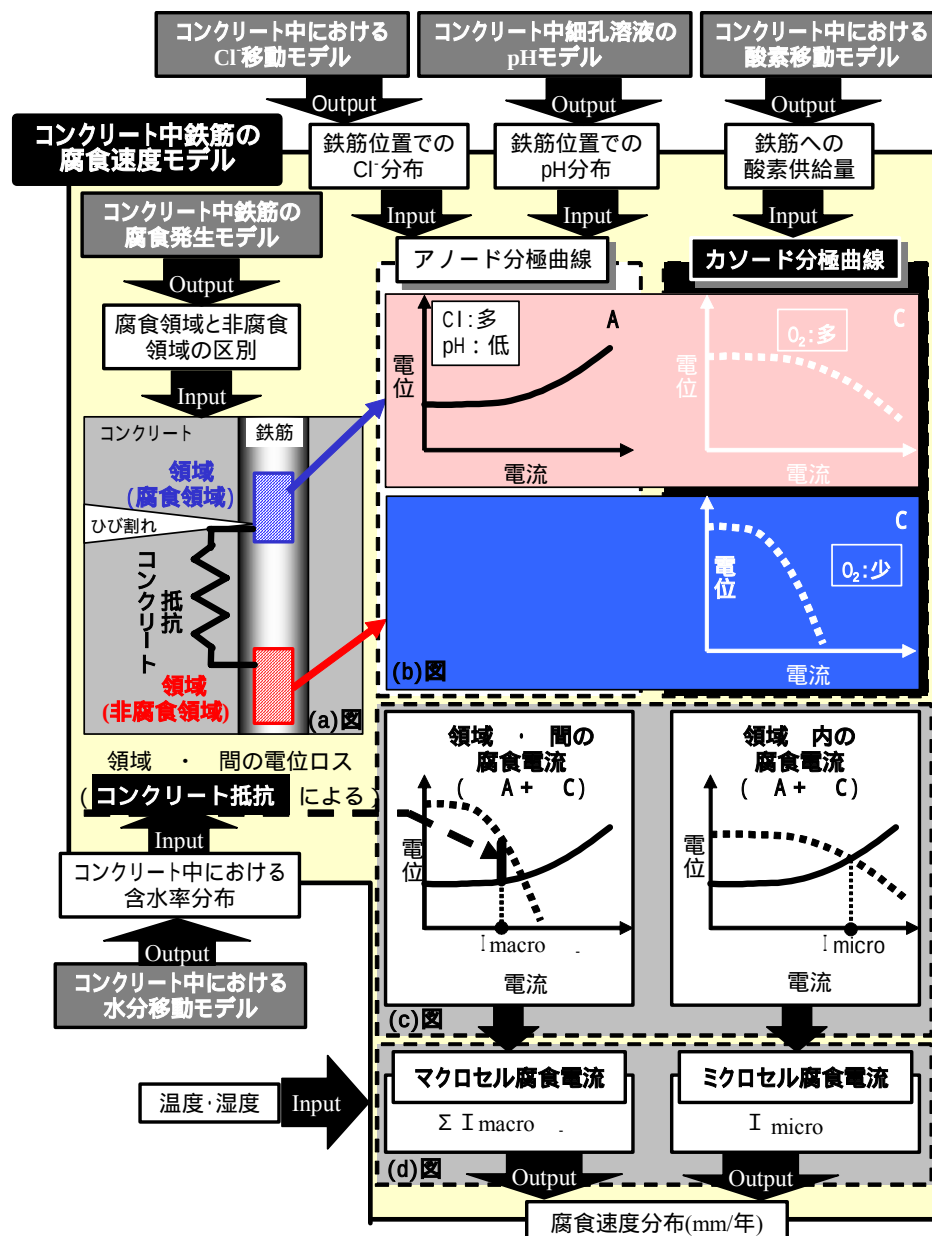


図-6 コンクリート中の鉄筋腐食速度モデル

分布，および 化学反応の進行速度に影響を及ぼす温度と湿度，を入力することにより，内部鉄筋の腐食速度が評価可能となる。ただし，解析ベースとなるデータとして，A)塩化物イオン量とアノード分極曲線の関係，B) pH とアノード分極曲線の関係，C)酸素供給量とカソード分極曲線の関係，D)含水率とコンクリート比抵抗の関係，などを準備する必要がある。現段階ではこれらについての情報が十分でないため，今後のデータの蓄積が望まれる。

5. 構造性能モデル (WG3)

5.1 概要

ここでは，WG3 の研究成果として，材料劣化が生じたコンクリート構造物の力学性能とそのモデル化について概説する。

本委員会全体の研究の流れは，既出の全体フローにあるように，「WG1：環境から構造物への物理化学的作用」→「WG2：構造物中の物質移動，構造物中の材料の変質・変化」→「WG3：材料劣化が生じた構造物の力学性能」を，統一的な数値解析プログラム上でシミュレーション（定量的に計算）する方法を構築することである。すなわち，形の上では，一連の流れは構造物の力学性能を評価して完結するのであって，構造物中の物質移動や材料劣化などの計算はすべて，構造物の性能評価のための準備であるといえる。たとえば，ひび割れが構造物の美観を損なうように，材料劣化そのものが構造物の性能低下といえる場合もあるが，多くの場合，構造物の材料劣化が実害を生み出すのは，耐荷性能や変形性能など構造物の力学性能を損なうことによってである。この意味において，本 WG の対象とする「材料劣化が生じた構造物の力学性能とそのモデル化」の意義と役割はきわめて明確である。

従来，コンクリート構造物の耐久性の評価においては，コンクリート中の腐食物質の移動・蓄積，コンクリート中の鋼材の腐食の開始，中性化の進行，凍結融解作用による表層部コンクリートの劣化など，構造物の力学性能以前の現

象の定量化に力が注がれてきたといえる。このことは，本委員会全体の研究の流れで捉えるならば，WG2 までの範囲を予測対象としてきたことに相当する。この理由は，劣化後の力学性能は，現象に未解明な点が多く，信頼できる予測技術も確立されていないこと，力学性能の実質的な低下が生じる前段階に限界状態を設定し，照査を行うことは，安全側の判断となること，などによると考えられる。

しかし，本委員会が提唱するように，構造物の力学性能の長期的な経時変化を直接算出し，これをもとに構造物の余命や耐久性を判定できるようにになれば，より経済的な設計の実現，技術選択の自由度の拡大，技術開発の促進につながると考えられる。このことから「材料劣化が生じた構造物の力学性能とそのモデル化」を研究対象とする意義は大きい。

5.2 材料劣化が生じた構造物の力学性能に関する研究の現状

本 WG での検討過程で明らかになったように，コンクリート中の腐食物質の移動・蓄積，コンクリート中の鋼材の腐食など，構造物中の材料劣化までを対象とした，いわゆる材料分野における耐久性の研究に比べ，材料劣化が生じた構造物の力学性能に焦点を当てた研究は，研究者人口も少なく，研究例が僅少であるのが現状である。比較的研究実績があると思われる，コンクリート中の鋼材の腐食に限っても，断片的な研究例は散見されるものの，問題の体系化，データや知見の整理，方法論の共有がなされるには至っていない。

このことは，本委員会の活動開始前からある程度予想されたことであるが，実際に調査研究を行い，この種の研究の手薄さが再確認された。本 WG の2年間の活動では，結局「材料」と「構造」の間にあるギャップを解消するには至らなかった。しかし，現段階では，そのことを社会に向かって逆に問題提議するのも意義があると考えた。

「材料劣化から構造性能までを統一的に」と

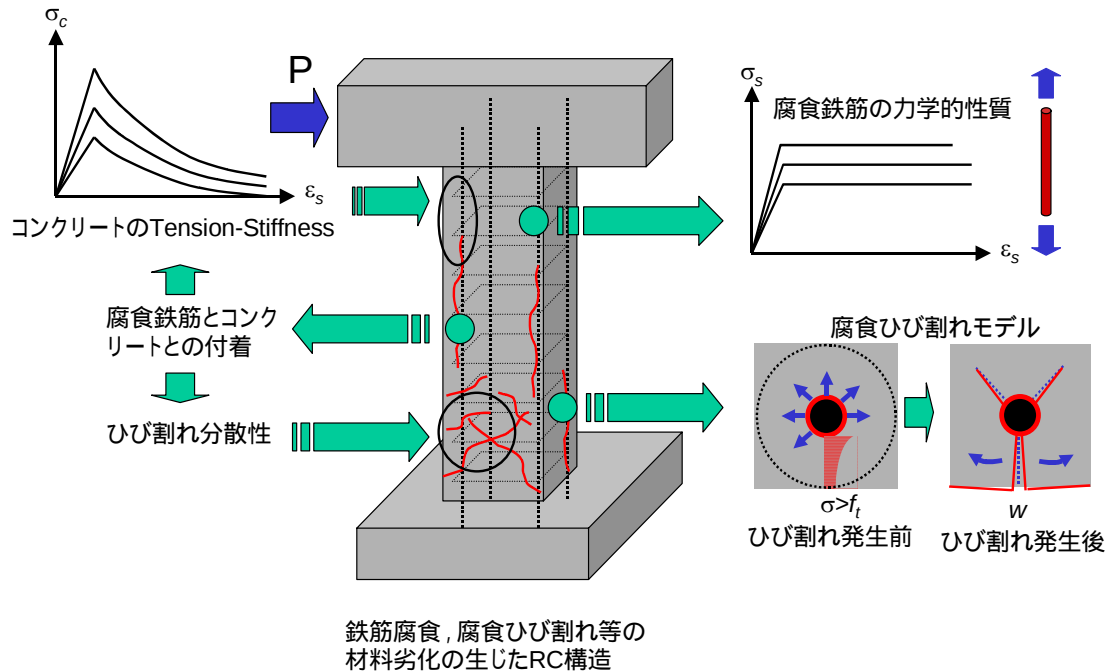


図-7 材料劣化（鋼材の腐食）が生じた構造物の力学性能の概念図

いうストーリーはわかりやすく、概念は明解であるが、実際、具体的な問題となると、まだまだ学術的・技術的に不十分なことも多いのが現状である。本 WG のとりまとめが、問題点を明らかにし、今後のこの分野の研究を活性化する契機となればと考えている。

5.3 活動内容

以上を踏まえて、WG3 では、材料劣化が生じた構造物の力学性能に関連する、以下のようないくつかの課題の調査研究を行った。

【腐食ひび割れモデル】コンクリート中の鉄筋の腐食に伴うコンクリートのひび割れについて、特に計算モデルの観点から取りまとめた。腐食ひび割れの計算モデルは、内部鉄筋の腐食状態をインプット情報として、ひび割れの発生を判定し、ひび割れ幅を予測する流れの計算においてだけでなく、現実的には、実測された腐食ひび割れ幅をもとに内部鋼材の腐食状態の推定し、構造物の劣化度の判定を行う流れにおいても用いられている。両者を念頭にとりまとめている。

【鉄筋腐食が RC 部材の力学性能に及ぼす影響】

鉄筋の腐食が鉄筋コンクリート構造物の力学性能に影響を及ぼす機構は多様であり、腐食の程度によっても異なる。構造物中の材料の力学性質を、劣化を考慮して的確に表現する各種計算モデルの構築には、今後多くの努力が必要である。ここでは、その研究例として、内部鋼材の腐食した RC 部材の力学挙動を計算する際に使用する、腐食した鉄筋の引張モデル、内部鉄筋の腐食した RC 中のコンクリートの引張剛性モデルについて既往の研究の知見とモデルを取りまとめる。前者では、鉄筋の腐食状態（腐食量とその分布）を入力値とし、鉄筋の剛性と降伏点を予測するモデルを検討している。後者では、鉄筋の腐食による腐食膨張圧、付着劣化、腐食ひび割れが、付着によるコンクリートの負担する引張力に及ぼす影響を検討している。

【材料劣化を考慮した RC 部材の構造性能評価】周知のように、構造物の力学挙動の解析手法には、種々の有限要素解析、断面解析など精粗多々ある。構造解析において材料劣化の情報がどのように反映されるかは、解析手法の違いによって異なる。実験事実として把握されている事象

であっても、それを的確に表現する解析方法が存在しないことも多い。このことを考察した上で、ここでは分散ひび割れモデルを用いた RC 非線形有限要素解析プログラムを用いて行った、鉄筋腐食、凍害によるコンクリートの劣化を考慮した数値解析例を示し、材料劣化が構造挙動の解析結果に及ぼす感度を検討している。

【既存 RC 構造物の耐震診断における経年指標】
構造物の力学性能の評価には、有限要素解析などによる精密な方法だけでなく、実用的で簡便な指標による方法についても考える必要がある。構造物の力学性能を工学的に定量評価する方法として、建築分野で用いられている「構造耐震指標 (Is)」を取り上げる。「構造耐震指標 (Is)」において材料劣化の影響を考慮する「経年指標 (T)」について、本 WG の知見と照らし合わせて検討を加えている。

6. おわりに

本報告は、本委員会における調査研究活動における成果の一端を概説したものであるが、詳細については、平成 16 年 9 月 28 日に開催される「コンクリート構造物の長期性能支援モデルに関するシンポジウム」において報告する予定である。なお、本委員会の成果の一部は、平成 15 年 8 月 28、29 日にシンガポールで開催された「Conference on Our World in Concrete and Structures (OWICS)」においては、“A Study on Environmental Conditions Affecting Long-term Deterioration of Concrete Structures in Japan” のタイトルで、平成 15 年 10 月 25 日に韓国大邱市で開催された「韓国土木学会—日本土木学会ジョイントセミナー」においては、“Development of Simulation Model for Detecting Long-term Performance of Concrete Structure in Marine

Environment” のタイトルでそれぞれ発表されており、いずれも高い関心と評価が得られている。

また、日本コンクリート工学協会では、本委員会の活動成果に基づき、「コンクリート構造物の長期性能照査支援用ソフトウェア」の開発に向けた本格的な活動を開始することが決定している。

参考文献

- 1) 宇多高明ほか：海岸からの飛来塩分量の計算モデル，海岸工学論文集，第 39 巻
pp.1051-1055，1992
- 2) 村上和男ほか：砕波帯内における海塩粒子の発生に関する現地調査，海岸工学論文集，第 39 巻，pp.1046-1050，1992
- 3) 山田義智ほか：塩害環境下におけるコンクリート中への塩化物イオンの浸透に関する解析的研究，建築学会構造系論文集，No.501，pp.13-18，1997
- 4) 化学的侵食・溶脱研究小委員会報告書，土木学会，2004
- 5) 例えば，松林祐二ほか：塩化物を含んだコンクリート中の鉄筋腐食速度に関する屋外暴露実験，日本建築学会構造系論文集，第 536 号，pp.9-15，2000
- 6) 例えば，谷川伸：コンクリート中の鉄筋腐食防止対策に関する基礎研究，金沢大学学位論文，1998
- 7) 長瀧重義ほか：断面修復部における打継目の物質透過性が鉄筋のマクロセル腐食に及ぼす影響，土木学会論文集，No.578，pp.31-42，1997.