

委員会報告 「複合劣化コンクリート構造物の評価と維持管理計画 研究委員会報告」

宮川豊章*1・榊田佳寛*2・野口貴文*3・出村克宣*4・守分敦郎*5・濱田秀則*6

委員長	宮川豊章	京都大学大学院	委員	佐伯竜彦	新潟大学工学部
副委員長	榊田佳寛	宇都宮大学工学部		坂井悦郎	東京工業大学大学院
代表幹事	濱田秀則	運輸省港湾技術研究所		佐藤文則	前田建設工業(株)
幹事	出村克宣	日本大学工学部		添田政司	福岡大学工学部
	野口貴文	東京大学大学院		田中 斉	飛島建設(株)
	守分敦郎	東亜建設工業(株)		鳥居和之	金沢大学工学部
	上田隆雄	徳島大学工学部		永山 勝	(財)日本建築総合試験所
委員	市坪 誠	呉工業高等専門学校		西崎 到	建設省土木研究所
	伊藤 洋	(株)熊谷組		服部篤史	京都大学大学院
	太田達見	清水建設(株)		丸屋 剛	大成建設(株)
	笠井 浩	鹿島建設(株)		吉田 敦	日本道路公団試験研究所
	桂 修	寒地住宅都市研究所		若杉三紀夫	ショーボンド建設(株)
	河合研至	広島大学工学部	通信委員	武若耕司	アジア工科大学
	橘高義典	東京都立大学大学院	元幹事	大賀宏行	元東京都立大学大学院
	木下 勲	日本下水道事業団			

1. 設立の背景および目的

コンクリート構造物の劣化現象解明に関する研究は、ここ20年の間に大きく進み、個々の劣化現象については、ある程度の状況把握と基本的な対策の提示ができるまでに至っている。しかし、その一方で、コンクリート用材料の多様化やコンクリート構造物の適用環境の大幅な拡大によって、今日では、構造物に生じている劣化の原因を一つに特定できない状況が多くなりつつある。いわゆる複合劣化と呼ばれるこのような現象が工学上複雑なのは、劣化の組み合わせが多様多様であるとともに、各劣化現象の相互作用によって、単独で生じた場合と異なる劣化

形態を示すことがあり、劣化が単独で生じた場合を足しあわせたような単純なモデルでその劣化評価を行うことができないことである。

一方、現在我が国は経済構造改革に取り組んでおり、建設分野における構造物の考え方も21世紀には、「造ってまかなう」建設主体から、「守ってまかなう」維持管理主体へと大きく移行していくものと予想される。このような状況においては、構造物に対してより精度の高い耐久性の評価が望まれることになる。例えば、新設構造物の設計にあたっては、ライフサイクルを考慮して構造物のシナリオをデザインし、長期性能を照査することが極めて重要となり、こ

*1	京都大学大学院教授	工学研究科	工博	(正会員)
*2	宇都宮大学教授	工学部建築学科	工博	(正会員)
*3	東京大学大学院助教授	工学系研究科	工博	(正会員)
*4	日本大学教授	工学部建築学科	工博	(正会員)
*5	東亜建設工業株式会社	技術研究所	工博	(正会員)
*6	運輸省港湾技術研究所	構造部材料研究室	工博	(正会員)

れを確立するためには、上述の複合劣化問題は避けて通れない大きな問題となると思われる。また、既存構造物における維持管理計画の観点からも、複合劣化問題は解決すべき重要な課題である。劣化の生じている構造物に対して確実な対策を施すためには、劣化現象を的確に把握し、より正確な劣化評価を行い、適材適所な材料および工法を選定することが最も重要である。

以上のことから、本委員会は、各種の複合劣化メカニズムを解明して、劣化の定量化を図るとともに、この問題に対する維持管理の在り方について検討を行うことを目的としている。なお、本委員会は、平成8年度～9年度にかけて組織された「コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会」¹⁾の後を受けて設立されたものであり、両委員会の成果は相互に補い合うものであることをここに付記する。

2. 委員会の構成

本研究委員会では以下に示す4部会を設け、各部会ごとに活動を行っている。

1) 複合劣化評価部会

複合劣化メカニズムとその劣化現象が構造物に及ぼす影響に関する検討を実施する。

2) メンテナンス対策部会

複合劣化に対する補修材料、補修工法の選択システムに関する検討を実施する。

3) 撤去桁暴露試験実施部会

実構造物から撤去された大型桁の暴露試験を実施する。

4) ガイドライン作成部会

「過酷環境下のコンクリート構造物の補修・補強ガイドライン」を作成する。

3. 活動概要および成果目標

3.1 複合劣化評価部会

本部会においては、まず複合劣化として考え得る機構、ならびに複合劣化の発生による構造物の性能低下についての議論を行った。これらの検討は未だ完成はしておらず、議論を継続している段階である。図-1は現時点で考え得る複合劣化の相関図である。図中の、例えば「塩

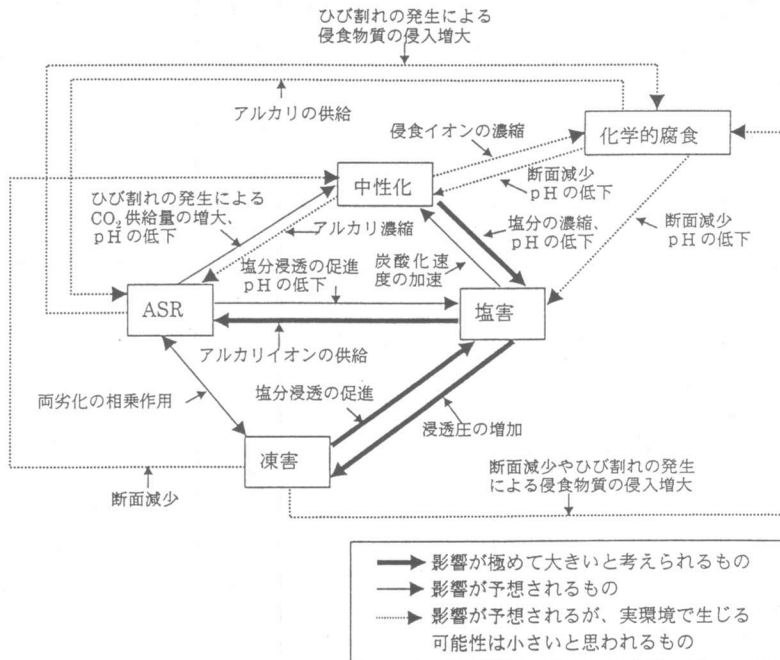


図-1 本委員会において検討を行っている複合劣化の相関図

害]について見てみると、「中性化」「ASR(アルカリ骨材反応)」「凍害」「化学的腐食」のいずれとも影響を及ぼし合うことが想定される。しかし、その影響の程度は少しずつ異なってくるものと考えられる。本図を基本にして、複合劣化として考え得る機構について検討を続けている。

一方、複合劣化を、1) 独立的複合劣化、2) 相乗的複合劣化、3) 因果的複合劣化、の3種類の形態に分類し、整理を行っている。独立的複合劣化とは、同時に劣化要因は作用するが、お互いに相互作用は生じず、劣化速度も単独劣化の場合とほぼ同様の劣化現象を意味する。相乗的複合劣化とは、同時に作用する劣化要因同士の相乗効果によって、劣化速度が加速される劣化を意味する。因果的複合劣化とは、ある劣化要因による劣化現象が別の劣化要因の負荷を発生・増大させる劣化を意味する。

本部会の議論の中では、図-1に示す複合劣化について、上記の3つの分類を適用し整理を

行っている。さらに、実構造物の劣化現象に対してこれらの検討結果を適用し、その精度の向上を目指している。

3.2 メンテナンス対策部会

本部会においては、複合劣化により劣化が進行している段階の構造物に適用する補修・補強の考え方の基本を確立すると同時に、補修・補強工法の選定の考え方、補修・補強材料の選定の考え方を提案すべく検討を続けている。

昨今、補修材料、補強材料については多くの種類が開発・実用化されている。しかし、どのような劣化現象・劣化程度に対して、どのような材料を用いればよいのか、そしてその結果得られる補修・補強効果はどの程度あるのか、といった基本的かつ重要な課題は残されたままである。本部会の議論は、このような課題に対して論理的に妥当と思われる考え方を導き出すことを主眼としている。表-1は本部会における検討結果の一例である。「中性化」を中心に、

表-1 中性化と塩害の複合劣化に対する補修工法適用の考え方の一例

中性化 塩害	0(塩害単独)				I				II				III				IV												
	I	II	III	IV	0	I	II	III	IV	0	I	II	III	IV	0	I	II	III	IV	0	I	II	III	IV					
①ひび割れ補修工法		○	△				◎	△		◎	◎	◎	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△					
②表面処理工法 (遮水・遮塩系)	◎	◎	△		◎	◎	◎	△		◎	◎	◎	△		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△					
③表面処理工法 (リチウム系)	○	○	△		○	○	△		○	○	△		△	△	△	△		△	△	△	△	△		△	△	△	△		
④断面修復工法		○	◎			○	◎		○	○	◎		◎	◎	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
⑤電気化学的脱塩工法	○	◎	◎~○			○	◎	◎~○		○	◎	◎~○		○	◎	◎~○		○	◎	◎~○		○	◎	◎~○		○	◎	◎~○	
⑥電気化学的陽極付与工法			△		○					○				○				○				○				○			
⑦電気防食工法	◎	◎	◎~○		◎	◎	◎~○		◎	◎	◎~○		◎	◎	◎~○		◎	◎	◎~○		◎	◎	◎~○		◎	◎	◎~○		
⑧拘束・補強工法 (鋼板・FRP・PC)			○	○			○	○			○	○			○	○			○	○			○	○			○	○	
工法の選定理由 (要求性能)	塩害単独の場合、Iの場合は表面処理、II以降は電気防食や脱塩工法の選定が推奨できる。 中性化の影響では、ひび割れが発生しない段階。塩害の影響が小さい0、Iの段階では塩分等の劣化因子の浸透を防止するため、表面処理が有効である。塩害がIIの段階以降では塩害対策を優先させ、断面修復による劣化部の除去、脱塩による塩分の除去、電気防食が考えられる。 中性化により、軸方向ひび割れが発生する段階。塩害の影響が小さい0、Iの段階では劣化因子の浸透を防止するため、表面処理が有効である。塩害がIIの段階以降では塩害対策を優先させ、断面修復による劣化部の除去、脱塩による塩分の除去、電気防食が考えられる。 中性化により急速な腐食を生じる段階。塩害の影響が小さい0の段階でも断面修復による劣化部除去が望ましい。塩害の影響が大きくなるに従い、塩害対策の要素も考え、脱塩による塩分の除去、電気防食が考えられる。さらにコンクリート片の剥落が第三者に影響を与える恐れがある場合は、拘束による対策も考える。 中性化により鉄筋の腐食減量が懸念される段階。塩害の影響が小さい0の段階でも断面修復による劣化部除去が望ましい。塩害の影響が大きくなるに従い、塩害対策の要素も考え、脱塩による塩分の除去、電気防食が考えられる。さらにコンクリート片の剥落防止、部材の耐力の低下が懸念される場合には、補強も考える。																												

表中 I、II、III、IV：劣化度を意味する (I：劣化度小、IV：劣化度大)

◎、○、△：適用性 (◎：基本的工法、○：適用可能な工法、△：目的により選択される工法)

「塩害」との複合劣化を考えた場合の各種補修・補強工法の適用の可能性を評価した結果である。図-1に示す複合劣化の組合せごとに、表-1に示すような補修・補強工法の適用性評価表の作成を進めている。

3. 3 撤去桁暴露試験実施部会

本部会においては、既存構造物から撤去されたPC桁を用いて、各種補修工法の実証暴露試験を実施している。使用しているPC桁は、日本海沿岸より70mほどに位置する道路橋で使用されていたものであり、その使用環境は飛沫帯である。1972年の竣工後、1982年、1992年にそれぞれ大規模な補修が行われ、1997年に撤去されたものである。まず、桁に適用されていた表面被覆膜を種々の方法で除去した。各種の除去方法の適用性評価結果については既に報告している²⁾。その後、電気的脱塩工法、電気防食工法、断面修復工法による補修を実施し、気候条件が大きく異なる、千葉県袖ヶ浦市および新潟県青海町の2箇所において暴露を開始し、現在継続中である。一定期間の暴露を経た後に、各種工法の性能評価を行う予定である。その結果を、前述の表-1に示す補修・補強工法の適用性評価に反映させ、より精度の高い適用性評価を実現していく予定である。

3. 4 ガイドライン作成部会

「過酷環境下のコンクリート構造物の補修・補強ガイドライン」に関しては、「コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会」においてすでに議論を開始しており、第一次の原案をその報告書¹⁾に掲載している。本部会においては、その原案の内容を充実すべく検討を行っている。内容の詳細は、本報告では割愛するが、以下のような構成のガイドラインを作成すべく、作業を進めている。

1. まえがき
2. 補修・補強ガイドラインの考え方

- 2.1 補修・補強設計システムの基本的流れ
 - 2.2 構造物の劣化状況および性能の評価
 - 2.3 補修・補強工法の選定
 - 2.4 補修・補強材料の選定
 - 2.5 補修・補強工法の性能照査と最終決定
 - 2.6 補修・補強工法の施工と点検
 - 2.7 補修・補強後の維持管理
3. あとがき

4. おわりに

本研究委員会は、平成10年4月より2年間の計画で活動を継続し、その間、上述の4部会を構成し、積極的に議論を行ってきた。一方、平成11年に山陽新幹線の福岡トンネル、北九州トンネルなどでのコンクリート塊の落下事故および、高架橋からのコンクリート片の落下事故が相次ぎ、コンクリートの信頼性が社会的に大きく揺らいできた。そのため、本研究委員会に対する社会的な注目も少しずつ大きくなっているのが実状である。上述のトンネルおよび高架橋におけるコンクリートの劣化原因はまさに複合劣化であり、本研究委員会の対象とするところである。このような状況に鑑み、現時点において可能な限り高い技術水準の成果を得、単にコンクリート工学協会内での価値にとどまらず、広く社会的にも価値の高いものとするために、本研究委員会の研究期間を1年間延長することを申請し受諾された。

本報告はあくまで委員会活動の中間報告であり、最終成果は、完成した形であらためて報告する予定である。

参考文献

- 1) コンクリート構造物のリハビリテーション研究委員会報告書、(社)日本コンクリート工学協会、1998年10月
- 2) 守分敦郎・溝江実・宮川豊章・梶田佳寛：コンクリート表面塗装の除去技術の現状、—PCけたの塗膜除去実験結果—、コンクリート工学、Vol. 37, No. 10, 1999. 10