

土木学会コンクリート委員会
示方書改訂小委員会 報告書

2010年5月

示方書改訂小委員会 (2008.7～2010.5)

委員長	丸山 久一	(長岡技術科学大学)	委員	橋本 親典	(徳島大学)
幹事長	二羽淳一郎	(東京工業大学)	同	前川 宏一	(東京大学)
委員	池田 博之	(中日本高速道路 (株))	同	三島 徹也	(前田建設工業 (株))
同	石橋 忠良	(東日本旅客鉄道 (株))	同	宮川 豊章	(京都大学)
同	井上 晋	(大阪工業大学)	同	睦好 宏史	(埼玉大学)
同	入矢桂史郎	((株) 大林組)	同	横田 弘	(北海道大学)
同	上田 多門	(北海道大学)	同	六郷 恵哲	(岐阜大学)
同	魚本 健人	(芝浦工業大学)	同	渡辺 忠朋	(北武コンサルタント (株))
同	梅原 秀哲	(名古屋工業大学)	幹事	岩下 友也	((独) 土木研究所)
同	大即 信明	(東京工業大学)	同	宇治 公隆 ²⁾	(首都大学東京)
同	岡澤 智	(BASF ポゾリス (株))	同	金子 雄一 ⁵⁾	(東電設計 (株))
同	金津 努	((財) 電力中央研究所)	同	河野 広隆 ³⁾	(京都大学)
同	河合 研至	(広島大学)	同	岸 利治	(東大生産技術研究所)
同	栗田 守朗	(清水建設 (株))	同	佐藤 勉 ¹⁾	((財)鉄道総合技術研究所)
同	坂井 悦郎	(東京工業大学)	同	下村 匠	(長岡技術科学大学)
同	堺 孝司	(香川大学)	同	新藤 竹文	(大成建設 (株))
同	佐藤 良一	(広島大学)	同	武若 耕司	(鹿児島大学)
同	島 弘	(高知工科大学)	同	堤 知明	(東京電力 (株))
同	鈴木 基行	(東北大学)	同	信田 佳延 ⁴⁾	(鹿島建設 (株))
同	手塚 正道	(オリエンタル白石 (株))	同	服部 篤史	(京都大学)
同	中村 光	(名古屋大学)	同	濱田 秀則	(九州大学)

1) 技術的問題整理 WG 主査, 2) アンケート調査 WG 主査, 3) 構成検討 WG 主査

4) 共通編 WG 主査, 5) 環境 WG 主査

目 次

第1章	はじめに	4
1.1	小委員会の活動概要	4
1.2	構成検討・共通編・環境の3WGにおける活動概要	5
第2章	2007年版で残された技術的課題	7
2.1	技術的問題整理WGの活動概要	7
2.2	2007年版示方書において引き続き検討が必要な課題	9
2.3	個別課題に関する検討	9
	付属資料1	21
第3章	アンケートから浮かび上がる示方書への期待と課題	40
3.1	アンケート回答者	40
3.2	性能照査編（本編）と標準	40
3.3	共通編・分冊化	40
3.4	2007年版改訂の重要ポイント	40
3.5	根拠の明確化	41
3.6	計算例	41
3.7	示方書講習会	41
3.8	その他	42
第4章	示方書共通編の改訂案骨子	43
4.1	総則 ―コンクリート標準示方書の役割と体系	44
4.2	信頼性のあるコンクリート構造物の実現	49
4.3	環境に対する示方書の役割	61
第5章	一般市民に向けた情報発信「PR編」	64
第6章	示方書の変遷と今後の技術開発の方向	66
6.1	土木学会コンクリート委員会における示方書改訂作業の変遷	66
6.2	示方書改訂の今後の目標	67
6.3	コンクリート構造物の保有性能の経時変化とその定量化の考え方	68
第7章	おわりに	73
	付属資料2	

第1章 はじめに

1.1 小委員会の活動概要

コンクリート標準示方書は1931（昭和6）年に刊行されて以来、5年ごとに改訂を行いコンクリートに関する技術の進歩を取り入れるとともに、10年ごとには枠組みも含めた大改訂を行って、今日に至っている。しかし技術開発は示方書の改訂作業とは関係なく不断に進められていることから、示方書の改訂版が出版された直後から次期の改訂に向けた作業が開始される。

2007年版のコンクリート標準示方書は、内容の整理方法を見直し、一般的な原則を示した『本編』、標準的な適用方法を示した『標準』および関連する資料類を『参考資料』として枠組みを変えると同時に、従来、施工編で記述していた「耐久性照査」と「施工段階におけるひび割れ照査」を設計編に移行させた。さらに、記述内容も増したために、示方書全体としては、ボリューム的にも厚くなっている。

このような背景を踏まえ、示方書改訂小委員会としては、今回の改訂を目指して最初の2年間は以下の検討を行うこととした。

- ① コンクリート標準示方書が、社会、土木分野およびコンクリート分野においてどのような役割を果たしているのか。
- ② コンクリート標準示方書はどのような構成となっているのが適切か。
- ③ コンクリート標準示方書の記述内容としてどのようなものを増やすべきか。あるいは、削るべきか。
- ④ コンクリート標準示方書の内容をより正しく理解してもらうにはどうしたらよいか。

具体的な作業を進めるため、当初、次の5WGで活動を開始した。

- ・技術的問題整理WG：2007年版コンクリート標準示方書の改訂作業で審議未了の課題、および今後取り入れる必要がある課題等の整理。
- ・アンケート調査WG：2007年版コンクリート標準示方書が土木分野の技術者にどのように理解されているか、また、どのような要望があるかの調査。
- ・構成検討WG：コンクリート標準示方書の構成、特に、設計編、施工編、維持管理編、ダム編のあり方や内容の整理における「本編」、「標準」、「参考資料」という構成の是非。さらに、各編における記述等の整合性の検討。
- ・共通編WG：コンクリート標準示方書各編の内容が多くなり、より専門的になってきたこと、また、使用者側も当該分野の編しか見ていないことなどから、示方書全体の枠組みを示し、その内容が見通せる編の作成。
- ・環境WG：持続的に発展が可能な社会の建設のために、コンクリート標準示方書として扱うべき内容の検討。

5WGの中で、最初の2WG「技術的問題整理WG」、「アンケート調査WG」は、それぞれ使命が明確で個別に作業を進めることができた。検討内容をそれぞれ2、3章に掲載している。アンケートに関しては、できるだけ早い段階で結果をとりまとめ、他のWGの作業にも反映させたいという趣旨から、ほぼ1年で分析まで終えることができた。

ところで、他の3WG「構成検討WG」、「共通編WG」、「環境WG」は、最初個別に議論を進めていたが、この3つのWGが抱える課題はそれぞれが深く関連しているため、個別に議論しても効率的な議論ができなことが判明してきた。このため、途中段階から3WGが合同で議論を進めることとした。関連する活動として、「示方書連絡調整小委員会」（下村匠小委員長）が2006年6月から2009年3月までの2年半の活動成

果（コンクリート標準示方書の問題点、示方書の将来像など）をとりまとめていたので、その内容も併せて検討した。これらの検討内容は、4～6章にまとめられている。

1.2 構成検討・共通編・環境の3WGにおける活動概要

2007年版コンクリート標準示方書刊行の翌年から、次回改訂に向けて本委員会活動を開始した。第2章と第3章に記述したように、2007年版の改訂作業中に問題となった個別の技術的課題については技術的問題整理WGが、示方書の購入者・利用者のさまざまな声を吸い上げるためにアンケート調査WGが設置された。

この他に、当初は「構成検討WG」、「共通編WG」、「環境WG」の3つのWGを個別に設置して議論を開始した。

まず、「環境WG」は地球規模で進展する環境に関する事項、特に二酸化炭素抑制対策を示方書でどのように取り上げるかについて議論することを目的として設置した。従来から示方書には、環境に関する項目が存在したが、それらは施工時の周辺への影響などに関することが主体である。現在、我が国ではさまざまな業界がそれぞれに具体的な二酸化炭素抑制対策を打ち出すことが求められている。こうした中で、示方書としてこの問題にどう対応するかを検討するのが主な目的である。

「共通編WG」では、文字通り各編に共通する事項をどうとりまとめるかを議論することを目的として設置した。2007年版では、耐久設計が従来の施工編から設計編へ移動するなど、計画・設計・施工・維持管理の流れの中で、それぞれの編が果たす役割が明確にされた。しかし、逆に各編の間での情報伝達がうまく行かないと一貫したマネジメントができないことになる。そこで2007年版で「コンクリート標準示方書の適用について」を各編の冒頭に設けた。これをさらに充実させ、わかりやすく記述し、示方書全体を通して流れる基本理念や必要な情報伝達項目等を明確化することを目的としている。インフラそのもののマネジメントやその構築に関するマネジメントの骨子、維持管理編の位置づけの見直し等を検討する。

2007年版では、設計編と施工編では〔本編〕と〔標準〕を設けた。維持管理編とダム編では〔第一部〕と〔第二部〕を設けた。それぞれの編の中では分かり易いように工夫したわけであるが、示方書全体を見ると、必ずしも分かり易くなってはいない。これは、それぞれの編の位置づけや想定される使われ方が異なるためである。「構成検討WG」では、このような示方書全体の構成のあり方について見直すと同時に、次回改訂の目玉となる項目すなわち「御旗」の抽出、具体的改訂の方向性の提示、各編での記述内容の整合性等についての検討を行うこととした。

本委員会活動の前半ではそれぞれのWGで議論を重ねた。しかし、この3つのWGが抱える課題はそれぞれが深く関連しているため、個別に議論しても効率的な議論ができないことが判明してきた。このため、途中段階から3WGが合同で議論をすることとした。

さらに、コンクリート標準示方書の問題点、示方書の将来像などを検討することを目的に2006年6月から2009年3月までの2年半にわたり活動を行った「示方書連絡調整小委員会」（下村 匠小委員長）が報告書を取りまとめたため、この意見への対応も併せて検討した。この小委員会は次期あるいは次々期の改訂を担うであろう若手コンクリート研究者を中心に構成され、個別の課題だけでなく、示方書全体の枠組み等についても議論している。この議論の中では、これまで専門技術者のための図書であった示方書を、市民への関連も持たせるべきである、という提言を行っている。昨今の過剰な公共事業バッシングを考えると、この提言には十分な説得力がある。具体的には「原則編」というものをあらたに設定することを提言しているが、「原則編」という呼び方は、必ずしも中身を表していないため、この提言の趣旨を受け3WGでも市民に向

けた「PR 編」を想定し、具体化の議論を行った。

この報告書の中でもそれぞれの WG が個別の報告をすることも検討したが、全体を通した流れの中で報告する方が理解しやすいと判断した。以下に各編をつなぐ共通編の構成と市民に向けた PR 編の骨子を示すことで、報告としたい。

第2章 2007年版で残された技術的課題

2.1 技術問題整理WGの活動概要

2007年版コンクリート標準示方書の出版翌年から、次期改訂に向けて本委員会活動を開始した。WGの活動内容としては、①2007年版の改訂において、引き続き検討が必要な項目の整理および解決方法の見直しおよび②個別課題に関する検討、の2点である。

上記、活動の実施にあたり、設計編、施工編、維持管理編、ダムコンクリート編の各編について、WGメンバー（佐藤勉、岩下友也、宇治公隆、岸利治、下村匠、新藤竹文、堤知明）が分担して調査し、その結果を整理するとともに、示方書改訂小委員会の各委員からの意見も収集した。

WG活動としては、会議を4回開催するとともにメールによる意見交換なども行った。主な議論は、下記のとおりである。

(1) 設計編について

- ・ 構造物の要求性能のうち、耐震性、復旧性、修復性などの呼称や定義については、他分野との整合も含め整理が必要と思われる。ダムコンクリート編では、修復性が用いられている。
- ・ 信頼性設計法に基づいて安全係数を設定するのは、有意義と思われる。
- ・ 収縮ひずみに関して、JCI特別委員会の検討結果を踏まえ、ひび割れ幅算定式の収縮の影響を表す項の見直しや、ひび割れ発生、ひび割れ幅、長期たわみなど、収縮・クリープに関わる実構造物の挙動は、どうしても技術的に予測精度が低いことを示方書の中でどう取り扱うかなど検討するのがよい。
- ・ 2007年版示方書に示された収縮に関する取扱いが実務において正しく適用されることを促す目的で、照査例を作成するのは有意義である。
- ・ ひび割れ幅算定式を「標準」に移すのがよいとの意見もあり、検討の課題である。また、曲げひび割れの算定における ϵ_{csd} の値の技術的な整理が必要である。
- ・ 200万回を超える領域での鉄筋疲労強度は、示方書で試験データが少ないため安全側の措置として、200万回以下のS-N線の勾配 k をそのまま使用してよいこととしている。高繰返し領域での試験データも最近増えており、これらを参考に再検討するのがよい。
- ・ 設計編の「横方向鉄筋の配置」などの構造細目に関する規定は、旧来からのものも多く、性能照査化できるように見直すのがよいと考えられる。

(2) 施工編について

- ・ 打込み箇所ベストとなる配合を選定するのが基本だが、荷卸し箇所品質管理する実務面から、現時点では荷卸しの配合をベストにする記述としている。打込みの最小スランプ～荷卸しのスランプ～練上りのスランプ変化が大きい場合、どの箇所でベストな配合を選定するのが実務上良いのか検討が必要である。また、施工性能の打込みの最小スランプの標準値については、当然のことながら、同じスランプであっても使用材料や配合ごとにワーカビリティは異なるため、今後、全国にわたる施工時の実績データを数多く収集して、より最適な標準値にブラッシュアップする必要がある。
- ・ 昨今の世情を考慮すると、検査を「性悪説」で記述せざるを得ないような状況も起きている。ただし、「性悪説」に立った検査体系にすると、本来の適切な品質を確保するとの主旨から外れ、抑止力のために検査を強化するような誤った認識を持たれたり、検査に掛かる手間と費用が増大する危険性もある。これまで示方書全体は「性善説」に立脚したものになっているが、記述や表現の仕方について、今後の議論を重ねる必要がある。
- ・ 「品質管理」と「検査」について、平成8年版以降、両者を明確に区別する方針で改訂が進められており、今

回の示方書では新たに「検査標準」を追加し、「検査」は発注者が行なう行為であることをより明確に示す改訂がなされた。しかしながら、実務面では未だ明確な住み分けがなされている状況にはなく、今後より徹底して運用が図られることが望まれる。検査に掛かる費用を何処が（誰が）負担するかなどの明確化も重要である。検査標準については、発注者と施工者の両者の実務経験者が中心となって、現状を反映させた枠組みの整理が今後必要である。

- ・耐久性照査と（マスコン）ひび割れ照査について、施工編から設計編に移行された。実務面で円滑かつ確実に運用するためには、設計側から施工側への情報伝達をいかに確実にできるかに帰結することから、設計段階における詳細な検討条件も含めて、示方書に何処まで詳述するかの検討が、今後必要である。

- ・用語（配合、脱型、等）について、示方書に採用している用語と実務的に使用されている用語との整合が重要であり、実務的な混乱を避けるためには、現状では殆んど使われることのない用語の取捨選択も含めて、示方書で明確に定義する等の整理が必要である。

- ・2007年版の改訂では、施工実績および各種の検討資料が不足していたため、再生骨材コンクリートおよびポーラスコンクリートを特殊コンクリートに取り込むことが見送られた。次回改訂には取り込みに向けた検討を行う必要がある。

- ・プレストレストコンクリートにおけるプラスチック製シースに関して、設計編との整合を図る必要がある。

(3)維持管理編について

- ・現行の維持管理編では、劣化の評価方法をグレーディングによる半定量的な方法によっているが、定量的な方法も示すのがよい。鉄筋が腐食した場合の残存耐荷性能に関する研究は多くなされており、それらの研究成果を取り入れることは可能である。また、鉄筋腐食速度についても進展期までの定量評価も多くの研究事例がある。

- ・既設構造物の耐震診断、補強について、引き続き検討が必要な事項である。JR や NEXCO 等での事例や各種補強指針などを参考に具体事例を示すのもよい。

- ・このほか、発錆限界塩化物イオン濃度の検討、LCC・アセットマネジメントの取り込み、劣化予測ができないものによる変状の維持管理方法の記述などが、維持管理編の課題として挙げられた。

(4)ダムコンクリート編について

- ・温度ひび割れについて、現行の拘束ひずみ 100 μ とひび割れ指数の関係を明確にする。示方書改訂資料では、拘束度マトリックス法による試算例を示したが、今後これらと関係の検討が必要である。

- ・示方書で規定されている内部コンクリートの単位結合材量の目安は、粗骨材の最大寸法 150mm の実績によるが、現在は 80mm とする場合がある。粗骨材最大寸法 80mm における標準的な単位結合材量を示せないかとの要望がある。

- ・ダムコンクリート編は第1部「性能照査」と第2部「標準」としているが、実務ではほとんどの場合「標準」が使われており、実務上での使われ方からの「性能照査」と「標準」の位置づけを再度議論してもよいと考えられる。

- ・無筋コンクリートの代表例として、砂防堰堤を取り上げることが前回の改訂で議論になった。無筋コンクリートの取り扱いに関しては、全編共通事項として調整を図る必要がある。

以上の議論も踏まえ、2.2 に「引き続き検討が必要な項目および解決の方向」の整理を行った。また、2.3 では、WG 各委員が個別の検討課題を選定し、次回改訂の参考となる資料をまとめた。

2.2 2007年版示方書において引き続き検討が必要な課題

設計編，施工編，維持管理編，ダムコンクリート編の各編について，2007年改訂版において引き続き検討が必要な項目および解決の方法をWGメンバーが分担して調査し，その結果を付属資料1にまとめた。

なお，表中の「解決の方向」については，WGとして整理し，これを示方書改訂小委員会の各委員への意見照会を実施し，寄せられた意見により修正あるいは意見を併記する形でまとめたものである。

2.3 個別課題に関する検討

2.3.1 設計編関連

(1)コンクリートの収縮

設計における収縮の取り扱いの流れ

近年，PRC橋梁においてコンクリートの過大な収縮が原因と見られる著しいひび割れが発生した事例があった¹⁾。今後このような不具合の発生を防ぐため，2007年制定土木学会コンクリート標準示方書では，収縮に関し従来よりも厳しい取り扱いが導入された。図1は2007年制定土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕における，収縮の取り扱いの流れを示している。

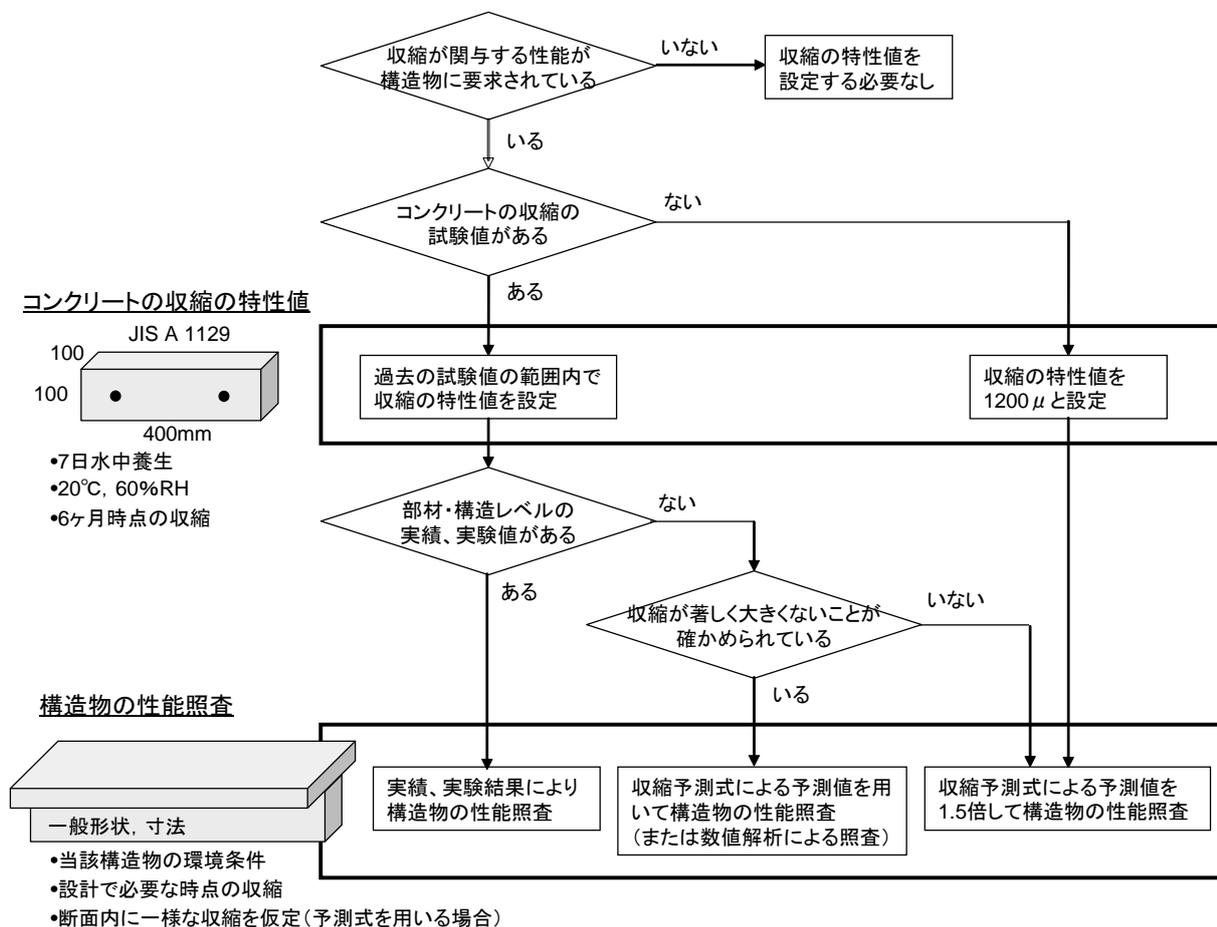


図1 2007年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕において規定された収縮の取扱い

要点は，原則として使用するコンクリートの収縮特性を事前に既往のデータや試験により確認し，これに基づき収縮ひび割れ照査や不静定力などの設計計算を行うこと，使用コンクリートの収縮特性が確認されていない場合には，安全側の値（不利な値，大きな収縮の値）を設定して設計計算を行うことである。

従来，コンクリート強度については，特性値や安全係数によりばらつきや不利な側への変動が設計におい

て合理的に考慮されてきたが、コンクリートの収縮に関しては、それらは明確には考慮されてこなかった。しかし、地域による使用材料の違いなどにより、コンクリートの収縮にはかなりの幅があることが近年あらためて注目されるようになった。図 2 は平成 20 年度 21 年度に全国で実測された乾燥収縮の標準試験値（100×100×400mm 供試体，7 日まで水中養生，7 日から 20°C60%RH で乾燥，JISA1129 で測定，6 ヶ月目の収縮の値）の分布である²⁾。平均値は 679 μ であるが，全データは 300～1200 μ まで広く分布していることがわかる。

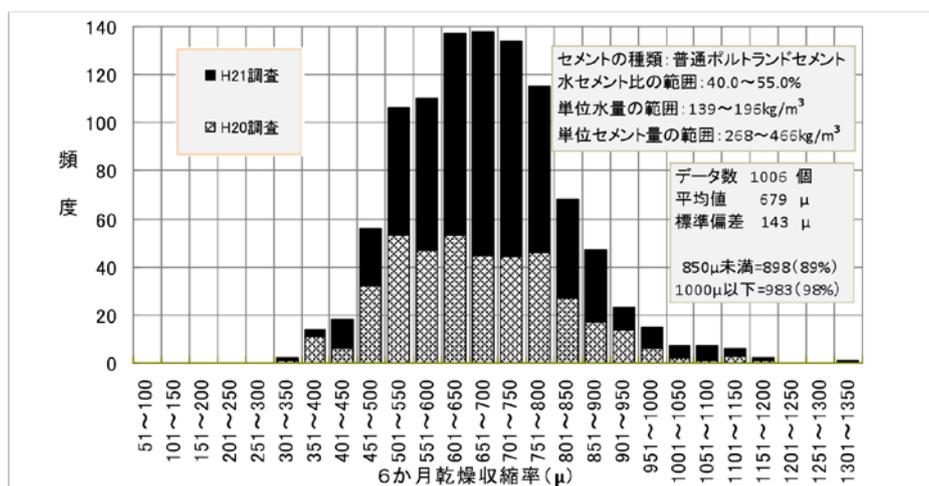


図 2 乾燥収縮率の頻度分布²⁾

通常，単にコンクリートの収縮の値といったときには平均値を指していると考えられる。また，示方書に掲載されている収縮予測式も平均値を予測対象としたものである。現実には平均値よりもかなり大きな収縮を示すコンクリートもあることを踏まえ，このことは設計において何らかの形で考慮されるべきである。2007 年制定土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕では，試験や実績によってあらかじめ収縮特性が確認されていない場合には，設計において収縮の特性値を 1200 μ と設定することとした。1200 μ とは，制定当時において既往のデータによると 6 ヶ月の収縮ひずみが 1000 μ を超えるコンクリートはほとんど見られなかったことに加え，JIS A 1129 試験に含まれない材齢 7 日以前の自己収縮と材齢 6 ヶ月以降の収縮を考慮して，収縮ひずみの最終値を 1200 μ としたものである。これは，図 2 における平成 21 年段階のデータにおいてもほぼあてはまることを確認できる。

次に，設定した収縮特性のコンクリートを用いた部材・構造物の種々の応答値を算定し，性能照査を行う段においても，2007 年制定示方書では実績や実験値に基づくことを原則とした。実績や実験結果に基づき，所要の性能が満足されていることを確認するのが最も信頼できるからである。しかし，部材・構造レベルで，いつも実験を行うことは困難であるので，信頼性の確認された計算方法で応答値を算定し，性能照査を行うのが現実的である。その場合，従来用いられている収縮予測式を用いてよいこととしたが，安全側の措置として，予測式による算定値を 1.5 倍して用いることとした。この 1.5 倍とは，実験値の平均値を対象に作成された収縮予測式による JIS 供試体の収縮ひずみの最終値の最大値が約 800 μ であるので，これと実測データの最大と考えられる 1200 μ との比を取ったものである。

現実には，収縮予測式による値を 1.5 倍して応答値を算定し構造物の性能照査を行うと，要求性能を満足することは難しい。収縮に関連する性能が要求される構造物の場合，試験により収縮特性が確認されたコンクリートを用いなければならない場合が多いと思われる。

今回の措置は，過大な収縮のコンクリート対策として緊急に行われたものであるので，今後，技術の動向

を踏まえて恒久的な措置への見直しが必要である。それには、収縮のばらつきや収縮が関連する構造物の応答値の算定精度を、設計の流れの中で合理的に扱うことが課題である。

曲げひび割れ幅

ひび割れ幅の限界値は、内部鋼材の腐食に対する耐久性の観点からと、構造物の使用性の一要因である表面美観の観点から設定される。構造物の応答値の算定法として、ひび割れ幅算定式が掲載されている。

$$w = 1.1k_1k_2k_3 \left\{ 4c + 0.7(c_s - \phi) \right\} \left[\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \varepsilon'_{csd} \right] \quad (1)$$

ここに、 k_1 ：鋼材の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数で、一般に、異形鉄筋の場合に 1.0、普通丸鋼および PC 鋼材の場合に 1.3 としよ。

k_2 ：コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7$$

f'_c ：コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)。一般に、設計圧縮強度 f'_{cd} を用いてよ。

k_3 ：引張鋼材の段数の影響を表す係数

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8}$$

n ：引張鋼材の段数

c ：かぶり (mm)

c_s ：鋼材の中心間隔 (mm)

ϕ ：鋼材径 (mm)

ε'_{csd} ：コンクリートの収縮およびクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値

σ_{se} ：鋼材位置のコンクリートの応力度が 0 の状態からの鉄筋応力度の増加量 (N/mm²)

コンクリートの収縮およびクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値 ε'_{csd} は、通常の場合 150 μ (高強度コンクリートの場合 100 μ) が標準とされている。従来、 ε'_{csd} については、150 μ とすると実構造物のひび割れ幅を過小評価する可能性があることが指摘されていた。石橋らは、鉄道橋の桁の曲げひび割れ幅の測定および算定結果をもとに、長期的なひび割れ幅の算定精度を向上させるためには、ひび割れ発生前後の部材中のコンクリートのクリープ・収縮を正しく考慮することが必要であると指摘している³⁾。一方、乾燥収縮によりひび割れ幅が大きくなる環境ではコンクリートが乾燥しているため、鋼材腐食はかえって生じにくくなることから、ひび割れ幅の限界値も同時に見直す必要があるとのことで、改訂が見送られてきた経緯がある。しかし、表面美観の照査ではより正確な表面ひび割れ幅を算定することが望ましいため、2007 年示方書では ε'_{csd} に 300~450 μ を用いてよいとされた。300~450 μ は実構造物のひび割れ幅の実測値から逆算された値であり、ひび割れ発生材齢に応じて値を設定することとなっている。結果として、照査する性能によって ε'_{csd} を使い分ける複雑さが生じているので、見直しが望まれる。鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値の再検討と、ひび割れ幅算定式の見直しを同時に行い、実測値に近いひび割れ幅を算定して照査が行えるようにすることが課題である。

塩化物イオン濃度を用いた塩害照査が導入される 2002 年制定示方書以前では、ひび割れ幅が構造物の鋼材腐食抵抗性を担保する重要な指標値であった。2002 年制定の示方書から塩害照査を行うことになったが、ひび割れ幅の照査はそのまま残されている。これは、飛来塩分環境下以外での鋼材腐食抵抗性を確保するの

に必要なからである。しかし、塩害環境下では塩化物イオンの照査においてひび割れの影響が別途考慮されるので、それ以外の環境とはひび割れ幅照査を行う意味が異なってきている。塩害環境下において塩化物イオン濃度照査に加えてひび割れ幅照査を行う意味は、ひび割れ部での局所的な腐食が生じないとする照査の前提が満足されているかどうかを確認するためと考えるのが適当であろう。

ひび割れ幅の経時変化に及ぼす乾燥収縮の影響を適切に考慮する方法として、石橋らは、ひび割れ間のコンクリートを自由体（当該論文³⁾では小部材）と考え、ひび割れ発生材齢を起点とするその部分の自由収縮ひずみから、ひび割れ発生材齢までに進行していた部材全体の収縮ひずみ（ ϵ'_{cs1} ）を差し引くことで、ひび割れ発生後に進行する部材中のコンクリートの乾燥収縮ひずみ（ ϵ'_{cs2} ）を計算する算定手法を提案している（図3）。

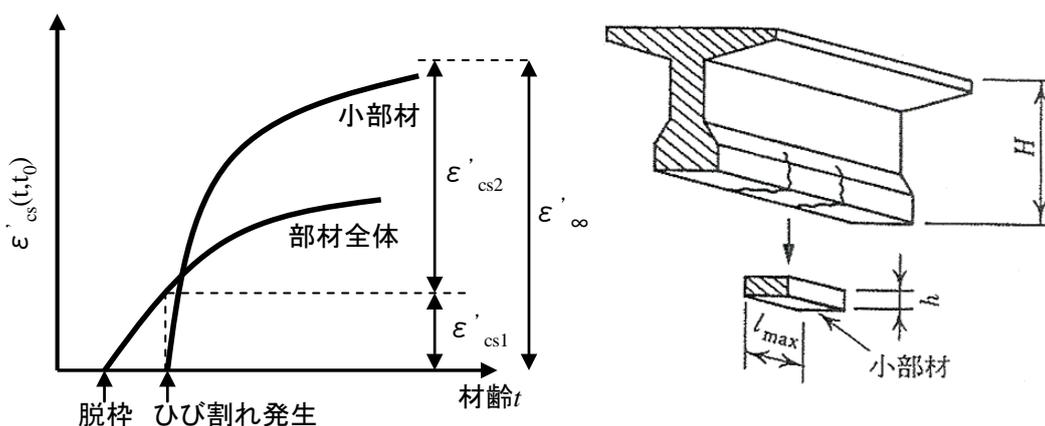


図3 石橋らによるひび割れ間コンクリートの収縮の算定方法³⁾

また、現状では ϵ'_{csd} を収縮の特性値に応じて定めるようにはなっていない。したがって、コンクリートの材料、配合による収縮低減の効果が、ひび割れ幅には反映されない。この点も改善が望まれる。

収縮による初期ひび割れ

土木構造物は、建築物に比べ一般に断面が厚いので、乾燥収縮によるひび割れが問題となることは少なく、逆にセメントの水和に起因した温度ひび割れ対策が課題とされてきた。そのため、示方書においても、熱伝導解析、温度応力解析に基づく温度ひび割れ照査は早くから取り入れられ、実績を重ねてきた。しかし、乾燥収縮ひび割れに関する記述は少なく、2007年制定示方書においても、収縮に伴うひび割れの照査は、応力解析に基づきひび割れ判定を行うことを原則とする旨が記述されているに過ぎず、具体的な照査方法は示されていない。

2002年版示方書までは温度ひび割れは〔施工編〕に収録されていた。しかし、近年、温度ひび割れをはじめとする初期ひび割れについても、設計段階において照査を行い、ひび割れに対する要求性能を満足することが確認された諸元の情報を施工側に引渡すべきとの認識が生まれ、2007年制定示方書では初期ひび割れに対する照査が〔設計編〕に収録されることとなった。これに伴い、設計において設定したコンクリートの熱的特性や収縮特性は、設計図にその値を記述することが義務付けられた。

収縮ひび割れについて2002年版示方書〔施工編〕では、「自由収縮ひずみが500~700 μ 以下であれば収縮ひび割れにより部材の性能は損なわれない」という記述があったが、2007年版ではこの記述は削除された。これは、収縮の設計値の取扱が改められたことと、多様な部材や構造物のひび割れ抵抗性を自由収縮ひずみが500~700 μ 以下ということで担保するのは難しいと判断されたことによる。代わりに、「コンクリートの温度変化による体積変化、自己収縮に加えて、乾燥収縮を考慮して、構造物中のコンクリートに導入される

応力を評価し、ひび割れの発生を予測することが望ましい。」と記述された。これは、収縮ひび割れについても、構造物の応力解析に基づきひび割れ予測を行うのが本来であるということである。構造物の形状、大きさ、拘束条件を考慮し、構造物のひび割れ抵抗性が要求されたレベルを満足するように、コンクリートの収縮の設計値を定めることが望ましい。しかし現状では、土木構造物の収縮ひび割れについて、誰もが簡易に使い、合理的で精度のよいひび割れ予測法はまだ一般化されておらず、解析手法は設計者（照査者）に委ねられている。部材、構造レベルの収縮ひび割れ照査を行うことができる実用的な手法の整備が望まれる。

不静定力を求める際の収縮ひずみ

コンクリートの収縮によってラーメン、アーチ等の不静定構造物に生じる不静定力を、クリープの影響を含んで弾性理論により算定する際には、コンクリートの収縮ひずみを 150μ としてよいとされている。この値は長らくコンクリート標準示方書に掲載されており、実務で用いられてきたものである。

不静定構造物中でコンクリートの収縮が拘束された場合、クリープによる応力緩和が働くので、実際に発生する応力はクリープを考慮しないで弾性解析で求めたよりも小さい。設計計算では簡単な弾性解析が好まれるので、クリープを陽な形で考慮しない代わりに、クリープによる応力緩和を見込んで低減したコンクリートの収縮を与える方法が採られた。したがって、この 150μ を用いる場合にはクリープの影響を加算してはならない。このことは示方書にも明記されている。

ラーメン、アーチ等の不静定構造物に生じる不静定力を求める際には、通常、部材が軸方向に一樣に収縮するものとして応力解析を行う。したがって、計算に用いるコンクリートの収縮ひずみは、計算対象とする部材断面の平均収縮ひずみであり、一般の土木構造物の部材断面の大きさを考えると、収縮ひずみは $100\times 100\times 400\text{mm}$ の供試体よりも十分小さい。明記はされていないが、 150μ にはこの影響も含まれている。

コンクリートの使用材料や配合の影響については従来触れられていなかったが、2007年制定示方書には「圧縮強度の特性値が 55N/mm^2 以下の通常の骨材を用いた普通コンクリート」を対象とすることが記された。

曲げひび割れ幅の算定に用いる収縮ひずみと同じく、不静定力を求める際の収縮ひずみも、収縮の特性値と関連付けて定めるようにはなっていない。今後の検討事項である。

【参考文献】

- 1) 土木学会：垂井高架橋の損傷に関する調査特別委員会最終報告書，2008.3.
- 2) 全国生コンクリート工業組合連合会：乾燥収縮に関する実態調査結果報告書（平成21年度），2009.11
- 3) 石橋忠良，津吉 毅：コンクリート桁の表面の曲げひび割れ幅算定法に関する研究，土木学会論文集，No.484/V-22，pp.33-40，1994.2.

(2) 高繰返し領域における鉄筋の疲労強度

鉄筋の疲労強度は、 2×10^6 回を超える領域では、 2×10^6 回以下よりも、一般に $S-N$ 線の傾きは小さくなることが知られている。二羽ら¹⁾は、繰返し回数 N が 2×10^6 回を超える領域では、 2×10^6 回以下よりも $S-N$ 線の勾配が緩やかになる、すなわち、疲労強度の低下割合が小さくなる式を提案していた。しかし、コンクリート標準示方書では、 2×10^6 回を超える繰返し回数に関する鉄筋の疲労試験データが少ないこと、特に 10^7 回以上のデータが少ないことから、 $S-N$ 線の勾配 k を一定値 (0.12) としていた。しかし、その後の研究²⁾において、 10^7 回を超える高繰返し領域に着目して、鉄筋の疲労試験を行い、二羽らの式の適用性について検討が行われるとともに、鉄道構造物の設計などに既に適用されている³⁾。その概要を以下に示す。

検討には、式(1)に示す疲労応力振幅の算定式を用いた¹⁾。

$$f_{sr} = \frac{10^{\alpha_r}}{N^k} \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 f_{sr} は完全片振り時の疲労応力振幅 (N/mm²)、 N は繰返し回数、 k は $S-N$ 線の勾配で $k=0.12$ ($N \leq 2 \times 10^6$)、 $k=0.06$ ($N > 2 \times 10^6$) である。 α_r は式(2)に示す鉄筋の径および形状を表す係数である。

$$\alpha_r = k_0 (3.17 - 0.003 \phi) : N \leq 2 \times 10^6$$

$$\alpha_r = k_0 (3.17 - 0.003 \phi - 0.06 \log(2 \times 10^6)) : N > 2 \times 10^6 \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 k_0 は節の根元が円弧状でない場合で、節と鉄筋軸とのなす角度が 60° 以上のもの (type-A) は 1.00、節の根元が円弧状でない場合で、節と鉄筋軸とのなす角度が 60° 未満のもの (type-B) は 1.01、節の根元が円弧状のもの (type-C) は 1.02 とする。また、 ϕ は鉄筋の公称径 (mm) である。

表 1 に 10⁷回を超える高繰返し領域での鉄筋の疲労試験結果を、表 2 に既往の試験データを加えて得られた式(1)の検証結果を示す。なお、算定値は $N > 2 \times 10^6$ の条件によるものである。

全データのうち、破断したデータのみで整理すると、(実験値/計算値)の平均値 1.01、変動係数 9.3%となり、既往の研究において式(1)を定めた際の精度である平均値 1.00、変動係数 9.6%と概ね同程度である。したがって、10⁷回を超える領域での疲労応力振幅についても、式(1)により算定可能であると考えられる。

図 4 に提案式と試験結果の関係を示す。なお、図中の試験データは鉄筋の径を全て $\phi = 32\text{mm}$ に換算した。照査に用いる疲労応力振幅の算定式は、95%信頼限界で算定できるように定めた。すなわち、安全率が 1.2 程度となるよう $S-N$ 線の切片 α_r の定数項 (=3.17) を式(3)に示すように補正した。

$$\alpha_r = k_0 (3.09 - 0.003 \phi) : N \leq 2 \times 10^6, \quad \alpha_r = k_0 (2.71 - 0.003 \phi) : N > 2 \times 10^6 \dots\dots\dots(3)$$

表 1 高繰返し (10⁷回以上) 疲労試験の結果²⁾など

供試体名称	鉄筋種別	呼び名	節の形状 type	応力振幅 (N/mm ²)	繰返し回数 (回)	破断有無
KN3201	SD345	D32	C	199	50,000,000	未破断
KN3204	SD345	D32	C	200	20,452,332	破断
TN1601	SD345	D16	A	210	18,786,200	破断
TN1604	SD345	D16	A	199	17,301,400	破断
TN1605	SD345	D16	A	193	26,124,400	未破断
TN3203	SD345	D32	A	199	33,381,692	破断

表 2 異形鉄筋の疲労応力振幅の算定精度

区分	平均値	変動係数	データ数
破断	1.01	9.3%	17
未破断	0.97	12.5%	29
全体	0.98	11.4%	46

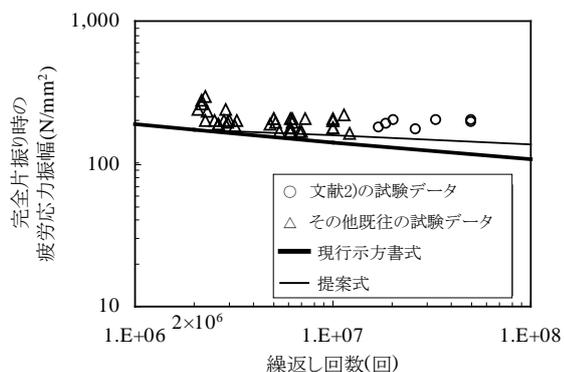


図 4 完全片振り時の疲労応力振幅 ($\phi = 32\text{mm}$ 換算)

5.3.2 疲労強度

(2) 異形鉄筋の設計疲労強度 f_{srd} は、疲労寿命 N と永続作用による鋼材の応力度 σ_{sp} の関数として、一般に式 (5.3.2) により求めてよい。

$$f_{srd} = 190 \frac{10^a}{N^k} \left(1 - \frac{\sigma_{sp}}{f_{ud}} \right) / \gamma_s \quad (\text{N/mm}^2) \quad (5.3.2)$$

~~ただし、 $N \leq 2 \times 10^6$ (削除)~~

ここに、 f_{ud} : 鉄筋の設計引張強度で、材料係数を 1.05 として求めてよい。

γ_s : 鉄筋に対する材料係数で、一般に 1.05 としてよい。

(i) a および k は、試験により定めるのを原則とする。

(ii) ~~疲労寿命が 2×10^6 回以下の場合、試験によらない場合は、~~ a および k を、一般に式 (5.3.3) の値としてよい。

$$a = k_{0f}(0.81 - 0.003\phi) \quad , \quad k = 0.12 \quad (N \leq 2 \times 10^6 \text{ 回の場合})$$

$$a = k_{0f}(0.43 - 0.003\phi), \quad k = 0.06 \quad (N > 2 \times 10^6 \text{ 回の場合}) \quad (\text{追加}) \quad (5.3.3)$$

ここに、 ϕ : 鉄筋直径 (mm)

k_{0f} : 鉄筋のふしの形状に関する係数で、一般に 1.0 としてよい。 (以下、略)

【解説】 (2) について (略) 疲労寿命 N が 2×10^6 回を超える場合については、 2×10^6 回以下の場合よりも一般に k の値は小さくなることが確認されており、試験による検討を行わない場合には、 $k = 0.06$ としてよい。十分なデータがないので、試験により設計疲労強度を定めるのが原則である。ただし、 N が 2×10^6 回を超える場合、式 (5.3.3) の a および k は安全側の値を与えられるので、限界状態の照査においては式 (5.3.3) の値をそのまま用いてもよい。(以下、略)

【参考文献】

- 1) 二羽淳一郎, 前田詔一, 岡村甫: 異形鉄筋の疲労強度算定式, 土木学会論文集, No.354, pp.73~79, 1985
- 2) 吉田幸司, 鎌田卓司, 谷村幸裕, 佐藤勉; 高繰返し回数での異形鉄筋の疲労強度に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, pp.1135~1140, 2003
- 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物), 1992

2.3.2 施工編関連

(1) コンクリート打設管理記録とチェックリストに基づくプロセス検査

山口県では、温度ひび割れ抑制対策として、施工者にコンクリート打設管理記録の提出を義務付けている。収集されたデータは Web 上で公開され、有効な温度ひび割れ対策を検討するための貴重なデータベースとなっており、そのデータ数の累計は 800 を超えている。施工者の義務とはなっていないものの、構造物の内部温度を計測して最高温度を記録することを施工者の自主管理項目として推奨している。また、チェックリストに基づくプロセス検査も実施している。過去の実績より、適切な施工を行っても温度ひび割れの発生を回避できないことが明らかな条件では、制御鉄筋や目地の設置を設計で認めている。これらの総合的なシステムを導入した結果、許容値を超える温度ひび割れの発生は激減し、発注者と施工者の間に、信頼に基づく協力関係が形成されている。コンクリート打設管理記録の提出と公開や、チェックリストに基づくプロセス検査は、創意工夫に富む取組みであるが、実際に行われている施工自体は特殊なものではなく、高炉セメント B 種の使用を標準として、コンクリート標準示方書の規定に忠実に従っているだけのことである。施工者自らの手によるコンクリート打設管理記録の作成と公開は、示方書の規定の励行に相当大きな役割を果たしているものと考えられる。施工に関する示方書の規定を励行し、その実効を高めるための方策として、山口県が導入しているコンクリート打設管理記録の作成・公開とチェックリストに基づくプロセス検査は大いに参考になると考えられる。

(2) 耐久設計と検査の有機的な連携について

コンクリート品質の向上を確実なものとするためには、設計段階で設定された特性値に対するコンクリート品質の発現状況を、圧縮強度と同様に、施工過程を経た完成物において確認することが望ましい。しかし、耐久設計と検査の有機的な連携については、2007 年制定コンクリート標準示方書においても、十分な対応が図られていない課題である。

2007 年制定示方書【設計編】と【施工編】では、「性能照査」の概念に基づく合理性と実務での有用性を両立させることを意図して、性能規定の概念に基づいて構造物の要求性能を規定し、要求性能を満足するために必要な事項とこれを照査する方法を記述した【本編】と、設計、施工の効率性、簡便性を考慮し、一定条件下で本編を満足する標準的な方法を記した【標準】を並立させている。また、コンクリート構造物の耐久性を事前に照査すべき性能と位置付けて、2000 年 1 月に発刊された平成 11 年版コンクリート標準示方書【施工編】－耐久性照査型－において導入され、2002 年制定版【施工編】にも引継がれていた耐久性照査設計は、本来は設計段階で照査すべき事項として、2007 年の改訂で【設計編】に移された。具体的には、2002 年制定版【施工編】の「2 章 耐久性照査」と「6.4 コンクリートの性能照査」の内容が【設計編】に移されている。これにより、コンクリート品質および耐久性に関しては、【設計編：本編】8 章「耐久性に関する照査」に規定された耐久性照査を行うか、【設計編：標準】3 編「耐久設計」に規定された耐久性照査に合格する組合せを選択して仕様を定め、施工側に引き渡すこととなった。そして、中性化速度係数や塩化物イオン拡散係数などのコンクリートの特性値は、【設計編：本編】5 章「材料の設計値」に規定された方法で定めることとし、実務上は特性値とともに、参考値として水セメント比も設計図書により施工側に引き渡されることとなっている。配合設計の一部であったコンクリートの性能照査の内容を【施工編】の条文から【設計編】の解説に移し、設計段階で水セメント比を決定して設計図書により施工側に引き渡すこととしたのは実務上の利便性を考えての処置であるが、このことにより、今後も検査において品質／性能の確認を水セメント比という仕様の確認で代替し続けることの妥当性について再考が必要である。

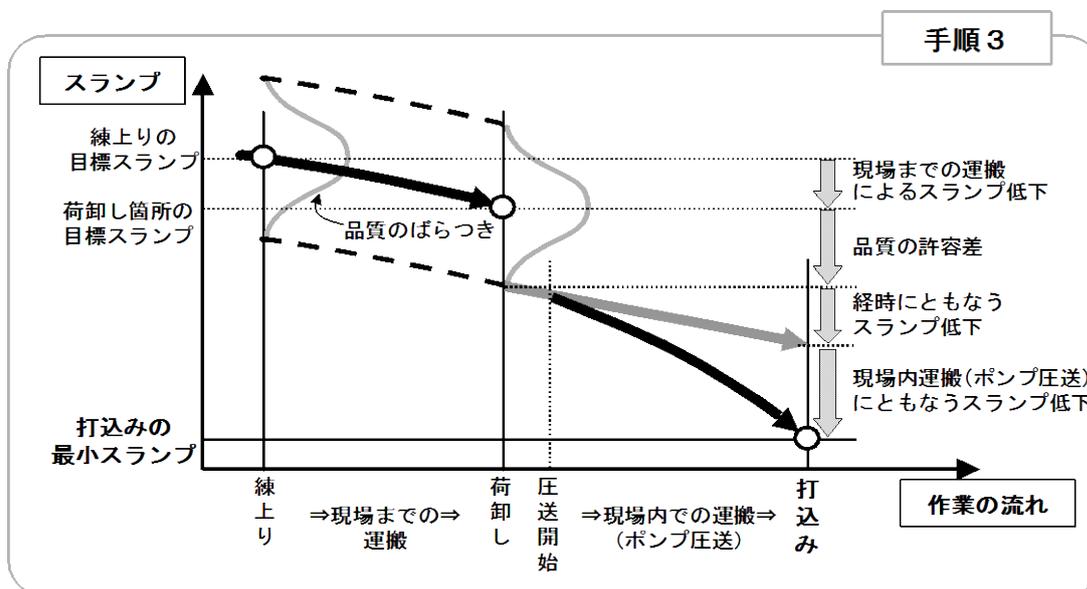
コンクリート構造物の耐久性能に関して、設計－施工－検査－維持管理の一連の有機的な連携を整理すれば、コンクリートの特性値に基づいた耐久設計を行い、コンクリートの特性値の要求を満足させることがで

きるように適切な配合設計と入念な施工を行い、耐久設計において定めたコンクリートの特性値とかぶりの実現状況を検査し、完成した構造物の初期品質・初期性能を踏まえた維持管理計画の確認・見直しを適切に行うことが理想形ではなかろうか。ヨーロッパでは、耐久設計に数式を用いた照査の概念までは持ち込んでいないものの、物質透過性などの品質の確認は、完成後に実構造物ないしコアで行うことが提唱されている。日本においても、耐久設計という時代を先取りした概念と、検査の内容が仕様の確認に留まっている実態の乖離を放置することは望ましくない。

(3) 施工性能に関する今後の見直しについて

コンクリート標準示方書では、型枠内にコンクリートを打ち込む時点（箇所）でのスランプを対象に記述されている。しかしながら、現在ほとんどの工事で汎用されるレディーミクストコンクリートは JIS A 5308 にて荷卸し時点（箇所）のスランプを対象としているため、荷卸し時点の品質なのか打込み時点なのか、実務者ごとに認識が異なっている状況が多くみられる。また、近年の工事ではポンプ圧送による現場内での運搬が主流であり、ポンプ圧送にともなうスランプ低下を考慮して打込みに必要なスランプを確保する必要がある。一方、耐震性能の要求水準の引上げによる鋼材量の増加にともない、コンクリート施工の難度がこれまで以上に高まっている現状にあつて、曖昧なスランプの設定で致命的な不具合を発生した事例も多く見られるようになった。そこで、2007年版の施工標準では、型枠内にコンクリートを打ち込む時点（箇所）でのスランプを対象とすることを改めて明確に示した。その上で、打込み箇所が必要とされる「打込みの最小スランプ」の標準値を具体的な数値で示し、その「打込みの最小スランプ」を基準として、解説図 4.4.2 に示すように各施工段階でのスランプの変化や品質のばらつきを考慮して、「荷卸しのスランプ」および「練上りのスランプ」を順じ定める方法を明示した。

この新しいスランプの設定方法に関して、今後、見直しが必要と考えられる項目について、次に示す。



解説 図 4.4.2 経時にもなう各施工段階でのスランプの変化（抜粋）

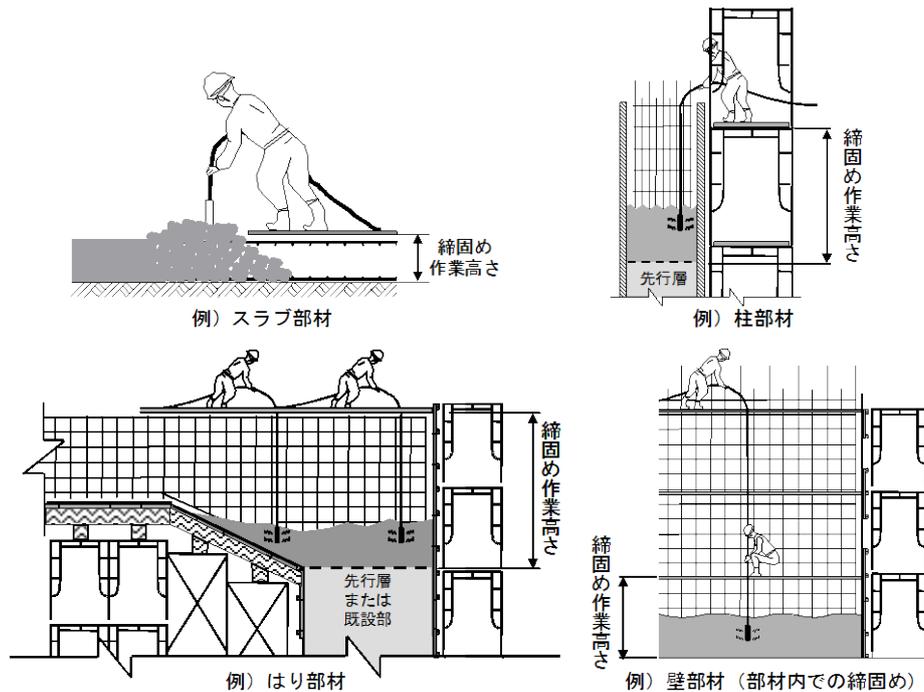
①打込みの最小スランプの標準値について

「打込みの最小スランプ」の標準値は、コンクリートライブラリー「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)」を反映したもので、各種部材ごとに、その配筋条件（鋼材量、鋼材の最小あき、等）と締固め作業高さ（解説図 4.4.3）との関係で一覧表として示されている。

これらの標準値は、施工経験の豊富な技術者が過去の実績に基づき定めたものであるが、締固め作業高さの影響が大きく、配筋条件よりも締固め作業高さでスランプが決まる傾向になり易いとの指摘がある。また、

スランプの設定の指標としている「鋼材の最小あき」について、特にはり部材では鉄筋間隔が一樣でない場合が多くあるが、このような場合に、最小あきが非常に小さい局所的な箇所を基に部材全体に適用するコンクリートのスランプが決まる点を改善すべきとの指摘もある。はり部材に限らず、各部材毎に鉄筋あきが一樣でない場合についての考え方をより具体的に記述する必要があると考えられる。

したがって、「打込みの最小スランプ」の標準値については、今後、実工事での実績データをより多く集積して、数値の適正化を図っていくのがよい。また、現在3種小委員会「施工性能にもとづくコンクリートの照査・検査システム研究小委員会」が活動中であるので、この小委員会の研究活動の一つとして、実績データの集積と標準値の見直しを依頼することも一考である。



解説 図 4.4.3 締固め作業高さの一例

②各施工段階でのスランプ変化が大きい場合の適正配合の選定方法について

このスランプの設定方法では、打込みの最小スランプ、荷卸しのスランプ、練上りのスランプと順を追って設定スランプは大きくなるため、コンクリートの品質確保の面で、単にスランプを大きくするのではなく、単位粉体量増量や高性能 AE 減水剤の積極活用によりスランプに応じた材料分離抵抗性も確保することが必要となる。

先の解説 図 4.4.2 に示すように各施工段階でのスランプの変化や品質のばらつきを考慮して、荷卸しのスランプや練上りのスランプを定める手順となるが、各施工段階でのスランプの変化が非常に大きく、打込みの最小スランプ～荷卸しのスランプ～練上りスランプの差が大きい場合、どの施工段階で最適な配合（粘性過多、分離気味）を選定するのか今後の検討課題といえる。

2007年版では、荷卸し時点でのコンクリートのワーカビリティがベストになるように配合を選定する記述としているが、例えば、ポンプ圧送距離が長距離になる場合や打込みまでに長時間を要する場合などで、適切な配合設計（配合選定）をどのような手順で選定するか如何に具体的に記述するか、今後さらに検討する必要がある。

2.3.3 維持管理編関連

(1)既設RC構造物の残存性能評価に係る鉄筋腐食量の推定法

新設 RC 構造物では、現行の示方書設計編に従って設計すれば供用期間中に著しい劣化は生じないと思われるが、既存 RC 構造物の中には当初設計時で想定している以上に劣化が進行しているものも見受けられる。

RC 構造物は進展期まではコンクリート表面に変状が現れないため、腐食ひび割れが発生したり、はく離・剥落が生じた時点、いわゆる加速期に入ってから維持管理を行うことが多い。このような、劣化が生じた構造物では鉄筋腐食の有無ではなく、腐食減量およびその空間的な分布を把握して、耐荷力や変形性能を適切に評価して補修の要否を判定する必要がある。2007年版コンクリート標準示方書維持管理編でも劣化が生じた構造物の残存性能評価について「6章 評価及び判定」で腐食量を考慮して評価することが記述されているが、腐食程度や空間的な分布をどのように把握するかについて明確な記述はない。

土木学会 331 委員会¹⁾「材料劣化を生じた RC 部材の構造性能研究小委員会」では、構造物性能評価法に関して研究を行ってきており 4 年間の活動成果がまとまっている。本委員会報告によると、非線形解析を利用することにより、鉄筋腐食の生じた部材および構造系の耐荷力、変形性能、破壊性状などを定量的に評価できるとしている。また、構造物全体系をモデル化した解析により、構造物にとって最も不利となる箇所(部材)に劣化が生じた場合、構造物の性能が最も低下すること、部材の劣化レベルが同程度でも、劣化位置によって構造物性能に及ぼす影響が異なることなどが示されている。このように、構造物性能に直接関係する鉄筋腐食量並びにその空間的な分布は構造物性能に直結するが、それらを簡便に精度良く把握する手法は確立されておらず今後の検討課題としている。

最も簡便な方法は、腐食ひび割れから推定する手法であるが、拘束筋がない場合はある程度の精度で評価可能であるが、拘束筋がある場合や実構造物部材ではばらつきが大きい(図 1, 2)。腐食ひび割れ幅から鉄筋腐食量を評価することは、配筋状態の影響が大きく困難な課題であるが、たとえば橘高ら²⁾は、鉄筋腐食膨張による各種コンクリート表面のひび割れ開口を実験的に把握し、結合力モデルを用いた非線形破壊力学による解析法を提案し、表面ひび割れ幅と鉄筋の腐食断面減少率の評価図を示している。また Qi, 関ら³⁾は表面ひび割れ幅と腐食減量に関し、離散ひび割れモデルに基づく解析検討を提案している。このほかにも、角本ら⁴⁾や岡崎ら⁵⁾の研究など 1980 年代から今日に至るまで数多くの研究がなされている。

図 1 腐食ひび割れ幅と鉄筋の質量減少率の関係¹⁾

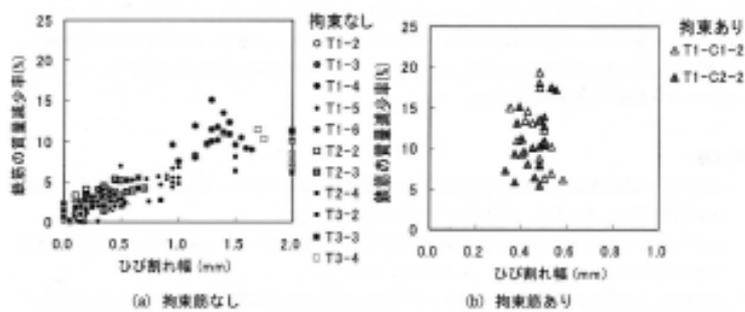
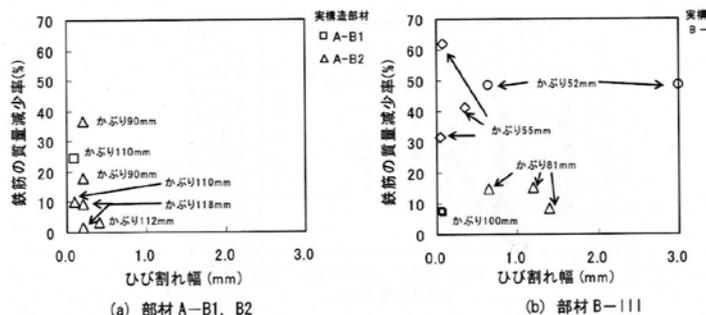


図 2 実構造部材における腐食ひび割れ幅と鉄筋の質量減少率の関係¹⁾



内部鉄筋の状況を把握することが出来れば、劣化が生じた構造物の性能の評価が可能であり、要求性能との対比で適切な時点での補修・補強の要否の判定が可能となるため、上記研究成果を踏まえ、実構造物調査に加え解析的、実験的検討による実用的なモデル化が望まれる。

(2)補修による延命効果の定量評価

LCCによる維持管理を行うためには、補修による構造物の延命効果を定量的に評価する必要がある。現状では、表面被覆や断面修復を施した場合の劣化因子（塩化物イオンがほとんど）の再拡散に関する検討がなされている⁶⁾。しかしながら、表面被覆材や断面修復材の劣化因子遮断性能保持効果については明確にはなっていない。図3,4は、実構造物からの採取した表面被覆材の遮塩性能保持期間に関する調査結果である⁷⁾。同図は、概ね10年程度から性能の低下が見られ20年程度で効果が無くなることを示している。

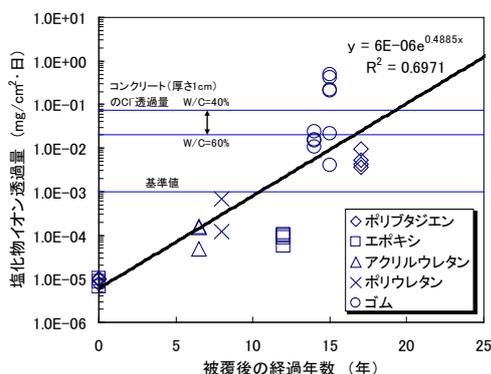


図3 被覆材の経過年数と塩化物イオン透過量の関係⁷⁾

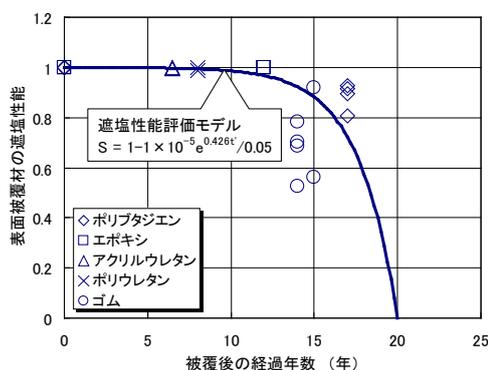


図4 遮塩性能評価モデル⁷⁾

本報告は、種々の材料が混じっていること、劣化のメカニズムが議論されていないことなど課題もあるが、補修による延命効果の設定によってLCCの結果が変わるようでは、LCCに基づく維持管理の信頼性が問われることになるため、補修の効果の持続性を出来るだけ精度良く評価することも今後の検討課題と思われる。

【参考文献】

- 1)コンクリート技術シリーズ 85：続・材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能，2009.5 土木学会
- 2)橋高義典，中村則清：表面ひび割れ幅からの鉄筋腐食減量の推定に関する破壊力学的検討，コンクリート構造物のリハビリテーションに関するシンポジウム論文集，pp.21～28，1998.10
- 3) Qi, L., 関博：離散モデルに基づく鉄筋腐食によるひび割れ幅に関する解析，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21, No.2, pp.1033～1038，1999
- 4)角本 周，梶川康男，川村満紀：コンクリート中の鉄筋腐食による膨張挙動の弾塑性解析とその適用性，土木学会論文集第 402 号/V-10, pp.151～159，1989.2
- 5)岡崎雅弘，下村 匠，松尾 洋：鉄筋軸方向の非一様性に着目したコンクリート中の鉄筋腐食量と腐食ひび割れ幅に関する検討，コンクリート工学論文集，Vol.26, No.1, 2003
- 6)コンクリートライブラリー119：表面保護工法設計施工指針（案），土木学会，2005.4
- 7)鬼束俊一，瀬下雄一，中川貴之，堤 知明，岩波光保：塩害劣化した鉄筋コンクリートに対する補修効果の定量評価に関する研究，土木学会論文集 E, 62 巻 4 号, pp.832～843，2006.

【設計編】 引き続き検討が必要な項目および解決の方向

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
<p>2章 要求性能 「耐久性」</p>	<p>耐久性の位置づけに関して、要求性能として定義すべきか否かに関して議論があった。要求性能として定義しないとする考えは、要求性能として構造物の耐久性とは本来、安全性、使用性、復旧性等の要求性能が設計耐用期間中のすべての期間にわたり確保されることを目的に設定されるものであるもので、安全性、使用性や復旧性のような性能と独立した性能ではなく、これらの性能の経時変化に対する抵抗性となる。そのため、本来の耐久性とは、設計耐用期間中の要求性能を満足する行為そのもので、設計耐用期間と耐久性は同意であるとの考えに基づくものである。</p> <p>この考えに基づけば、性能の変化を時間の関数として評価することが可能となり、維持管理における性能の評価とも連動するものである。</p> <p>しかし、今回の改訂では、従来の示方書からの連続性を考慮し、かつ、耐久性の本来の意味も勘案して、設計耐用期間中には環境作用による構造物中の各種材料劣化により不具合が生じないことを確保するための照査を耐久性と定義して、便宜的に耐久性をひとつの要求性能と位置づける形態とした。</p> <p>学会の示方書で、用語の定義が種々の示方書で異なるのは、実務上、大きな混乱や誤解を招いている。</p>	<p>①時間の影響を考慮した照査方法が確立されれば、維持管理も含めた性能照査の連続性が確保されることになる。本問題は「耐久性や性能の経時変化問題の意義、設計体系での理論的な位置付け」の問題であり、実務的な不具合に直接結びついている問題ではない。したがって、現状採られている「性能の低下を生じないことを『耐久性』の要求性能とみなして照査を行う」のでよいと思う。しかし、技術運用の末端現場における誤用、不合理な解釈、それによって生み出される無駄、よくない構造物、技術の衰退を防ぐためには、理論と実際との関係を示方書にきちんと示しておくことは必要である。</p> <p>②これは設計体系の問題であり、誤解を生じないように、理想形と現在採用している方法との関係を明確に示しておく必要がある。重要なことは、その体系から理想に近づくことを誘導する内容にすることである。</p> <p>③設計供用期間に維持補修をしなくても性能が確保できることをある種の耐久性とするなら、維持補修ができない構造物に耐久性を要求性能として付与して照査することもあり得る。最初に付与する性能のレベルと供用中の維持管理のレベルを整合させる設計の体系とするのが望ましい。</p> <p>④維持管理編との整合性や、他の材料を用いた構造物での扱いも考慮して、共通編などで原則論を定義するのがよい。</p>

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
2章 要求性能 「復旧性」	<ul style="list-style-type: none"> ・復旧性は、広義の意味では使用性に含まれる性能という考え、復旧性を要求性能と定義しない考えなど種々の議論があったが、地震の影響に対する構造物の要求性能としては、最も重要な性能と考えられるため、今回の改訂では、復旧性を要求性能として位置づけた。ただし、耐震性能に関しては、従来との整合性を考慮して、性能照査の段階で、地震の影響の規模に応じて安全性、使用性、復旧性を総合的に考慮した性能と位置づけ、基本的な要求性能とは異なることを明確にした。 ・復旧性の用語を入れることには抵抗がある。何故なら、耐震性に関する性能で既に「耐震性能1, 2, 3」で復旧性に相当する概念が組み込まれているからである。もし復旧性を性能として組み込むとすれば、同じ内容を別の用語で扱うことになる。再考する必要がある。 ・耐震性という用語は安全性、使用性、復旧性（修復性）の用語と一緒に使用すると誤解が生じることを懸念する。できれば耐震性は削除するのは難しいか。 	<ul style="list-style-type: none"> ①解釈と位置付けの問題であり、耐震性、復旧性、修復性などの呼称と定義のコンセンサスを得ることが必要。 ②復旧性は必要であるが、計画の影響が大きく、構造物の照査には適さない。設計時に考慮することは当然必要であり、特に計画時に検討すべき重要な項目ではある。 ③構造物の損傷箇所を限定するための限界状態の照査の名称を修復性に対する限界状態とし、設計上の制約条件として照査することを明確にすべきと考える。この場合、修復性は、復旧性に含まれ構造物の力学的な限界状態とし、復旧性は、修復性のほかのソフトの要因も含んだものと定義する。
2章 要求性能 「環境」	<p>その他の要求性能として、環境や景観に対しても必要に応じて設定することを明記した。とくに環境に対しては、近年は配慮する事項から要求される事項へと変化しつつある。これらに関しては、耐久性、安全性、使用性や復旧性と同様なレベルで照査できる段階ではないため示方書では規定していないが、照査が必要な場合は、「コンクリート構造物の環境性能照査指針（試案）」を参照として照査することとした。なお、景観に関しては環境に含まれるとの考えもあったが、従来からの設計の基本的な考えとしてある「用・強・美」の3要素の一つとして環境とは区別された要求性能とした。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ①環境や景観などの要求性能の定義と照査方法の検討が必要である。 ②基本的には、環境も景観も要求性能を設定し照査する枠組みが成立する。その方法も特に難しいというものではない。何れも一部社会科学的な扱いをすることを前提に考えればよい。安全かつ耐久的な構造物を作ることに加えて、新たな性能が現在求められているのであり、これらを総合化して時代の要請に応えるコンクリート工学大系の構築を図ることが極めて重要である。示方書ではこのことを前提とした前向きの記述が望まれる。 ③環境についての要求性能は将来求められる可能性があり、枠組みとして積極的に導入するのがよい。 ④現状では、構造物の設計で、制約条件とするものを照査、目的関数として意思決定条件とするものに区分するのがよい。その観点から、環境や景観は示方書において、意思決定条件とすることを、より明確にするなどの対応がよい。

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
<p>2章 要求性能 全般</p>	<p>設計編における要求性能と性能照査の考え方 設計編 2.1 で、構造物には要求されるすべての性能を設定するものとする。耐久性、安全性、使用性、復旧性、環境および景観など、と記述されている。</p> <p>4.1 で性能照査は限界状態を設定し、限界状態に至らないことを確認するとなっている。限界状態は、耐久性、安全性、使用性、および耐震性に対して設定するとしている。4.3 で照査式が示され、設計応答値と設計限界値を比較することが示されている。</p> <p>1 から 3 章は設計編として、計画から設計すべてにかかわることが書かれているが、4 章以降は構造性能照査にかかわることが書かれていると理解している。</p> <p>設計には計画も含むので、すべての性能を考慮することは必要である。</p> <p>照査は、4 章以下で示されている構造性能にかかわる耐久性、安全性、使用性、(耐震性)に限定されている。</p> <p>性能照査を行う必要な性能は、4.1 に示した構造性能に限定しており、ほぼ妥当だと思う。これらの性能は、構造照査に関することなので技術者のみで限界値を定めることができる項目である。</p> <p>これ以外の性能として、復旧性、環境、景観、施工性、経済性など、(計画を含めた)設計時に考慮すべき性能は多くあるが、構造性能ではないので、照査の限界値を規定していない。構造性能以外の多くのこれらの性能は、トレードオフの関係にあるものも多く、構造物に応じてどの性能を重視するかというのは、設計者というより事業者の判断に多くゆだねられるものである。また復旧性も、早い復旧などに影響するのは、構造物そのものの検討よりも、おかれている環境、進入路の確保などの影響のほうが大きく、構造性能の照査というよりも計画で考慮することのほうが大切な性能であるので、構造性能の照査の性能として復旧性の用語は用いず、以前から用いていた耐震性の用語のままとした。その意味で 1 から 3 章で設計に当たっては、すべての性能を考慮するという構成になっている。1 から 3 章で性能を照査するという言葉が出てくるが、構造性能以外の性能は考慮するというに徹して記述すべきと考える。</p>	<p>耐久性、安全性、使用性は、構造性能であり照査すべき性能だが、そのほかの性能は設計時に考慮する性能とするのがよい。</p>
<p>4章 性能 照査の原則 「安全係 数」</p>	<p>部分安全係数を信頼性設計法に基づいて設定する。たとえば、部材係数に影響を与える耐力算定式の精度を向上させるための研究(実験や解析)や、現場の施工管理や材料の品質管理の程度を部分安全係数に反映できるようにすることなども期待できる。こういった点で、信頼性設計法に基づいて部分安全係数を設定することは有用である。</p> <p>しかし、構造変数(確率変数)のばらつき、分布状態、モデルの不確かさを始め、耐久性、耐震性評価に関する荷重関係の不確か性に関する調査研究、限界状態関数の研究などをさらに詰める必要がある。</p>	<p>3 種 336 委員会では耐久性照査および耐震性照査の両方を検討対象として確率論に基づいた信頼性設計の考え方の整理、導入のメリット、課題を検討した。これらの成果を参考として示方書への対応を検討する。</p> <p>また、示方書を海外で使用するときには、現地の状況で部分安全係数を本来は修正すべきであり、そのため、どのような条件で示方書に示される標準的な部分安全係数を規定したのかを解説に示すのがよい。</p>

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
5章 材料 「収縮ひずみ」	<p>収縮ひずみの規定に関しては、性能照査の原則論に立てば、収縮量の大きい材料であっても適用可能とすべきであるものの、過大な収縮量を許容することは品質が好ましくない材料の使用を許容することにつながりかねない。一方で、設計時に想定した収縮量が、これらの実態を踏まえたものでなければ、施工時に使用する材料を選定することが困難となることも問題視された。収縮ひずみの実態と、設計施工上の扱いに関して、慎重に議論した結果、今回の改訂では、以下のように規定することとした。</p> <p>① コンクリートの収縮ひずみは、使用するコンクリートの収縮ひずみの試験値や既往の資料や実績に基づくことを原則とする。</p> <p>② 原則論に基づけない場合、構造物の照査に用いる収縮ひずみは、示方書の予測式によって算定した値の1.5倍を特性値として使用する。予測式の収縮ひずみの最終値の最大値は800μ程度であること、JISA1129試験では収縮ひずみ1000μを超えるコンクリートはほとんどないとの報告に基づき、7日以前の自己収縮と材齢6ヶ月以降の収縮分200μを見込んで、収縮ひずみの最終値として1200μ程度を想定した。これら、800μと1200μの比をとり、1.5倍として設定した。</p> <p>収縮ひずみの特性値の設定に関しては、今回の改訂では、精度のある十分なデータに基づいて検討することが困難であったため、現時点で信頼性のある情報に基づいて、工学的判断に基づいて対応策を条文化した。</p>	<p>左記に掲げた、2007年制定示方書における収縮の取り扱いが、実務において適用されるようにすることが喫緊の課題であるので、照査例を作成する作業部会2009年11月に立ち上げた。</p> <p>また現在、JCIに設けられた特別委員会において、土木、建築、生コン、骨材業者らとともに、収縮に関する問題の共通理解を進め、今後の解決の方向について検討している。</p> <p>次回の示方書改訂では、これらの成果を踏まえ、収縮が関係する部分の見直しを行う必要がある。具体的には、ひび割れ幅算定式の収縮の影響を表す項の見直し、初期ひび割れの具体的照査法、ならびに収縮、クリープが関わる実構造物の挙動は他に比べてどうしても技術的に予測精度が低いことを示方書の中でどう取り扱うか、などが課題として挙げられる。</p>
5章 材料 「鉄筋の疲労強度」	<p>200万回を超える領域での鉄筋疲労強度は、試験データが少ないため、安全側の措置として、200万回以下のS-N線の勾配kをそのまま使用してよいこととしている。</p> <p>繰り返し回数の多い領域では、過度に安全側の規定となっている。</p>	<p>高繰り返し領域での試験データも最近増えており、これらの結果を参考に、勾配kの変更を検討する。</p>

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向			
<p>6章 荷重</p>	<p>設計編の用語の定義では、荷重は「構造物または部材に応力や変形の増減を起こさせるすべての作用」とされており荷重そのものが作用として規定されている。現状をとりまく荷重と作用の関係とは、不整合になっているとの指摘もあり、荷重と環境の影響を含めて作用として規定することの可否に関して議論があった。</p> <p>改訂作業時の原案としては、作用と荷重の関係を下図に示すように考え、環境の影響も含めて作用として定義することとしていた。これは、ISO、土木学会の他委員会、近年の事業体の技術基準、国土交通省ガイドライン等との関係や、今回の改訂で構造性能照査編、耐震性能照査編、旧施工編の耐久性の検討を統合したことにより、従来の力を主とした荷重と、地震波形や、環境の影響などを包含して、構造物に全ての応答を生じさせる要因を定義する必要があったためである。</p> <p>しかし、今回の改訂では、現在の示方書の「荷重」の定義は古くから作用との関係について常任委員会で議論されてきた結果、荷重の定義を作用を含んだものとし解決した経緯から、その結果を尊重すべきとの判断により、従来どおり「荷重」としている。</p> <div data-bbox="564 758 1281 957" style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 10px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;">作用</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">直接作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・死荷重 ・土圧 ・流体力 ・プレストレス力 ・風荷重 ・その他 </td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">間接作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの収縮およびクリープによる影響 ・温度の影響 ・地震の影響 ・その他 </td> <td style="width: 33%; border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">環境作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・乾湿 ・塩化物イオン ・凍結融解 ・化学的侵食 ・その他 </td> </tr> </table> </div>	<p style="text-align: center; margin: 0;">直接作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・死荷重 ・土圧 ・流体力 ・プレストレス力 ・風荷重 ・その他 	<p style="text-align: center; margin: 0;">間接作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの収縮およびクリープによる影響 ・温度の影響 ・地震の影響 ・その他 	<p style="text-align: center; margin: 0;">環境作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・乾湿 ・塩化物イオン ・凍結融解 ・化学的侵食 ・その他 	<p>①（改訂案） 作用は構造物または部材に応力、変形の増加、材料特性に経時変化をもたらす全ての要因と定義した。一般に、作用は以下のように分類することができる。 直接作用：構造物に集中あるいは分散して作用する力学的な力の集合体としたもの 間接作用：構造物に課せられる変形や構造物内の拘束の原則となるもの 環境作用：構造物の材料を劣化させる原因となるもの</p> <p>なお、本来、間接作用として扱うべき作用でも、設計の簡便さや構造解析法との関係等で、直接作用として扱っているものもある。</p> <p>②「作用」の用語では一般の人にわかりにくい。「荷重」の定義に作用を含むことにし、なじみのある荷重という用語を用いるほうが使用者にわかりやすいということの結論を尊重し、従来通り「荷重」を用いるのがよい。</p>
<p style="text-align: center; margin: 0;">直接作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・死荷重 ・土圧 ・流体力 ・プレストレス力 ・風荷重 ・その他 	<p style="text-align: center; margin: 0;">間接作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの収縮およびクリープによる影響 ・温度の影響 ・地震の影響 ・その他 	<p style="text-align: center; margin: 0;">環境作用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・乾湿 ・塩化物イオン ・凍結融解 ・化学的侵食 ・その他 			
<p>7章 応答値の算定 「曲げひび割れ幅」</p>	<p>ひび割れ幅の算定に用いる収縮ひずみは、照査する項目に応じて設定することとした。具体的には、耐久性の鋼材腐食に対する照査に用いる場合と、使用性の外観ひび割れの照査に用いる場合の、それぞれに対して設定することとした。</p> <p>特に外観のひび割れを照査する場合は、コンクリートのひび割れ発生材齢によってひび割れ幅が異なり、若材齢にひび割れが発生するほど、部材の収縮によるひび割れは大きくなる。したがって、支保工や型枠の取り外し時期などからひび割れ発生材齢を想定して収縮ひずみを設定する必要がある。これについては、10章 使用性に関する照査で示した。</p> <p>ただし、耐久性でひび割れ幅を照査する場合は、従来の規定から収縮ひずみとひび割れ幅の限界値は対のものであるため、従来通りとした。</p>	<p>次回の改訂では、耐久性と外観のひび割れ幅の算定時の収縮ひずみと、鉄筋応力度を算定する外力の関係も含めて再度検討を行うことが課題と考える。</p> <p>現実をよく予測し、実務上も不都合がない方向に改訂する必要がある。実測データ、実験結果に基づく検討が望まれる。</p> <p>ひび割れ幅算定式を「標準」に移すことの検討。</p> <p>RC、PRCすべての構造に共通のひび割れ幅算定式を本編に、現行の式は標準とする。</p>			

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
8章 耐久性に関する照査「塩害による鋼材腐食に対する照査」	<p>塩化物イオンの侵入による鋼材腐食に対する照査については、平成11年耐久性照査型示方書施工編にはじめて導入され、2007年制定示方書から設計編に統合移設されたが、その間具体的条項の見直しが行われておらず、示方書どおりの照査を行うと、早期に腐食が開始すると判定される、過大なかぶりが必要となる、耐久性に優れると考えられる低水セメント比のコンクリートの長所が評価されない、などの問題点が指摘されている。2007年制定示方書の改訂作業の際に、塩害検討WGを設け改訂の検討を開始したが、表面塩化物イオン濃度の標準値を示した表の改訂など、部分的な改訂にとどまった。塩害照査は材料から構造まで関与する部分が多岐にわたるので、全体を見渡し、包括的に改訂を行う必要がある。</p>	<p>3種338委員会において、塩害照査全体を見渡しつつ、ひび割れ幅照査、塩化物イオン拡散係数、表面塩化物イオン濃度、鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度など、各部分の改訂の方向を検討した。次期示方書では、これらの成果を踏まえて総合的な解決を図るのがよい。</p> <p>限界塩化物イオン濃度を適切に定めるのは実際には難しく、示方書に書かれた標準的な値を使う場面が多いのが現状である。ばらつきの多い腐食現象を確定値で議論するのは限界があるので、確率的な指標とペアで腐食の検討ができるようになればよい。</p>
13章 構造細目「横方向鉄筋の配置」	<p>横方向鉄筋の配置規定に関する改訂案は旧来からの規定をそのまま踏襲したものであり、高度な非線形解析によって構造物の応答値を算定しようとする示方書にあっては合理的なものと言えないのではないかと懸念されている。</p> <p>横方向鉄筋は、せん断補強、軸力に対する拘束、(曲げ)圧縮鉄筋の座屈防止、内部コンクリートの保護などのうち、単独または複数の機能を同時に果たすものであることから、使用部位や算定された応答値に応じて、合理的に配置する方法を示方書にて規定して欲しい。</p>	<p>本編の「鉄筋の構造細目」に関しては、非線形解析法を用いた応答値を合理的に利用する配筋方法や、配筋詳細の照査化などを検討するとともに、「配筋標準」との関係性を明確にしていくことが必要と考える。</p> <p>(340委員会にて「鉄筋の構造細目」の照査化を検討中)</p>
15章 プレストレストコンクリート構造「シース」	<p>腐食性環境および特に厳しい腐食性環境に建設するプレストレストコンクリートには、耐腐蝕性と腐食促進物質に対する遮へい効果を有するプラスチック製シースおよび同等の性能を有するグラウトキャップを用いて緊張材全長にわたって防護層を設け、プレストレストコンクリートの耐久性を向上することを推奨することとした。</p> <p>一方、使用状態においてひび割れの発生を許容するPRC構造においては、環境条件にかかわらず、コンクリート表面のひび割れ幅が鉄筋およびPC鋼材の腐食に対するひび割れ幅の限界値以下であることを確認する必要がある。しかし、腐食性環境および特に厳しい腐食性環境については、示方書においてもPC鋼材に対するひび割れ幅の限界値が設定されていないのが現状である。そのため、このような腐食環境において特別な検討を行わずにPRC構造を用いる場合には、シースに腐食促進物の遮へい効果を有するプラスチック製シースを用いることを原則とし、PC鋼材の腐食に対する照査を省略してよいこととした。</p>	<p>プラスチック製シースに関して、施工編との整合を図る。</p>
16章 鋼コンクリート合成構造	<p>設計編の鋼コンクリート合成構造について、最近複合構造が多く採用されているので、16.1の解説に示される土木学会で発刊されている他の示方書、指針の内容を検討し、内容をもっと充実させてほしい。</p>	<p>複合構造委員会で複合構造物標準示方書が作成されているので、これらを参考に充実させるか、あるいはコンクリート委員会の合意が得られれば、本章をコンクリート標準示方書から外すことも一案であり、検討が必要である。</p>

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
標準編の構成	<p>本編と標準編の関係（仕分け）が、すっきりしていない。マニュアルのみに従えば、すべての要求を満たすようになっておらず、結局は両方見ないといけない。</p> <p>2007年版設計編は、本編と標準の関係が不明確な感は否めない。</p>	<p>①示方書を性能照査編にし、かつ実務に使えるという方針で過去つくってきた経緯から、本編の中にまだ多くの仕様規定が残されている。今まで標準編がなかったため、実務に使えるようにという観点で本編にまだ仕様規定が多くあるが、これらは標準編に移して、本編を性能照査に徹したものにし、標準編を充実させることが良い。標準編はあくまでいくつかの例のうちの一つという位置づけを明確にし、各機関でそれぞれが考えて標準編を作ることを奨励する仕組みとするのが良い。</p> <p>②本編と標準の区分については、原理原則に基づいた照査体系や手法を規定した本編の作成が必要である。たとえば、構造性能の力学特性の照査などを維持管理編と統合するなど。その上で、標準編に記載すべき事項を整理するのがよい。その場合、標準編の対象は、実務かコードライターかを明確にすることが重要と考える。また、構造物を限定しない場合の、標準のあり方も整理する必要がある。</p> <p>③標準は、実務者の利便性を基本とした照査方法または照査の省略規定を記載する。</p> <p>「耐久設計」は、種々の環境条件や部材の特性に応じて耐久性を満足する「かぶり」を示す等の充実が望ましい。</p> <p>「耐震設計」は、震度法を記載しているが、これは実務の設計行為で、配筋詳細の設定方法のひとつの手法を示しているともいえる。「構造解析」（非線形解析）と関連させて、「耐震設計」の記載内容を再検討するのがよいと考える。</p> <p>「配筋詳細」は、現状よりも充実させるべきと考える。実務者にとって有益な情報のひとつであり、数値計算による性能照査結果を確実に担保する上でも重要である。</p> <p>「構造解析」は、現状では線形解析を扱っているが、耐震設計などにおける非線形解析における標準的な取り扱いを規定することが望まれる。</p>

【施工編】 引き続き検討が必要な項目および解決の方向

区分	対象	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
全般	用語について	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実務的に常に変化している用語に、示方書はその変化に追いついていない部分がある。同じ用語が全く別の意味で使われていたり、ひとつの用語が次第に変化したり、同じものを複数の用語で呼んでいるものが多数ある。示方書の中で、そうした用語をどう取り扱っていくか？ ・用語については伝統を守るか、時代を反映させるか、コンクリート標準示方書のあり方にも関連することであり、更なる議論が必要である。 <p>(理由)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・例えば「配合」について、今回の改訂では実態を反映して、「示方配合」と「現場配合」の用語を無くし、「配合」のみと表現した。しかし、「示方配合」という用語も、JISの定義と、さまざまな教科書の定義と、現場の定義はかなり異なっている。 ・「脱型」や「打設」という用語も、以前は限られた分野の特殊用語との認識もあり、「型枠の取外し」と「打込み」という言葉を用いていたが、かなり一般的な用語となってきた。「豆板」と「ジャンカ」は既に後者の方が一般的であろう。「エフロッセンス」も本来の「一次エフロ」より「二次エフロ」の方をイメージする人の方が多いかもしれない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・今回の改訂では、JISに用語が示されているものは、それを尊重するという大方針で作業をした。 ・用語については示方書で正しく定義すべきである。実務で使用されている用語は、適切でないものが見られる。 ・今回の改訂では、「配合」に関する用語の整理を試みたが、あまりにも多様で、まとめきれず、示方書の中では「配合」の種類についてはむしろ定義をしないこととした。これらは基本事項なので、今後の改訂に際しても、今回 2007 版の方針と考え方を大きく変えないようにする必要がある。
施工標準 & 検査標準	品質管理と検査のあり方について	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「検査」と「品質管理」については、【平成8年版】以降、その区別をきちんと付けようという方向で改訂されてきたが、現状ではあまり明確に区別されずに実施されている。 ・特に、コンクリートの配合関係の検査は、水セメント比がコンクリートの品質を決定的に左右するにもかかわらず、曖昧なままの記述になっている。 ・検査を「性善説」に立って記述するか、「性悪説」に立って記述すべきか？ <p>(理由)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・検査は適切な品質を確保するための行為であり、これまで示方書全体が「性善説」に立脚したものになっているが、昨今の世情を考慮すると、検査を「性悪説」で記述せざるを得ないような状況も起こっている。ただし、「性悪説」に立った検査体系にすると、本来の主旨から外れ、抑止力のために検査を強化するような誤った認識を持たれ易くなり、さらに、検査に掛かる手間と費用が膨大となって、事業の成立性にまで影響する可能性もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状では、検査と品質管理の区別は未だ明確に区別されずに実施されており、現状を反映させた記述にならざるを得ない部分が残った。 ・検査と品質管理を、概念から正しく定義する。これまで曖昧に使われてきているので、わかりやすく定義する必要がある。 ・検査は、これまでと同様に「技術者倫理に基づく性善説」に立つのが望まれる。

区分	対象	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
検査標準	検査標準について	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回の改訂では、施工者の責任で標準的に実施する「品質管理」と、別編として検査者(主に発注者)の責任で実施する「検査標準」を作成した。このように、品質管理と検査の責任範囲を明確に分けたが、この期待どおりに、実際に品質管理と検査とを明確に区別して取り扱ってもらえるのか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・検査については、事業者の検査体系と整合させることが重要である。工事に携わる検査実務者や経験者を中心に、改訂作業を進めるのがよい。
全般 & 本編	技術者資格の活用について	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・性能規定化にともない、公平な評価が求められるようになり、できるだけ責任技術者の人為的判断にならないように、2002年版では責任技術者の表記を避けた。しかし、コンクリート工事では、多くの知識と経験が必要であるため、発注者と施工者の責任の所在を議論した上で、契約に基づく仕事なので、双方に責任技術者(土木学会(特別)上級相当の有資格者)を置くべきとの結論に至った。 <p>(理由)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・資格制度の中には、必ずしも知識と経験があるとは限らず、その検証はなされていない。土木学会技術者についても、どこまで責任を負えるのかを明確にする必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート工事をする場合には、多くの知識と経験が必要であるため、2007年版では随所に専門技術者を有効活用する記述した。 ・今後、資格制度の評価が必要である。
全般 & 設計編	ひび割れ抵抗性(収縮規定)について	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートの収縮により、構造物に有害なひび割れが生じた事例が紹介され、コンクリートの使用材料の品質も含めた規定のあり方が議論された。コンクリートの収縮量を規定することを検討したが、基準値を定めることにより、全てのコンクリートに試験を強いることになり、ひび割れの許容される構造物や、実績があり汎用的な構造物や材料であっても、一律に試験をしなければならない状況が生じることが懸念される。 <p>(理由)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・骨材の中には、コンクリートの収縮を大きくする要因を内在したものもあるが、一方でJISの規格もあり、問題を生じた骨材はJISの基準値を満足するものであるとの報告もある。 ・骨材はコンクリートの一部の材料であり、セメントや混和材料に影響される要素も存在する。したがって、使用材料の規定を定めることは、資源の有効利用の観点から避けるべきである。ただし、品質確保のためには、生コンが対応できる範囲というものではなく、鉄筋コンクリート構造物にひび割れを生じさせないという観点からのひび割れの規格値を設定する必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現状で使用実績のあるレミコンで、試験をしないで品質を満足すると見なされる収縮量を設定した。 ・重要構造物やひび割れが重大な影響を及ぼす構造物などで、より経済的な設計をする必要がある場合に限り、確認試験での収縮量で設計することとした。 ・この措置は、あくまでも暫定的な方策であり、コンクリートの収縮は小さいほうが望ましく、今後はレディーミクストコンクリートの基礎資料を蓄積し、基準値を適切な値にする検討が必要である。

区分	対象	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
全般 & 施工標準 & 設計編	設計～施工段階への情報伝達	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐久性照査と(マスコン)ひび割れ照査について、施工編から設計編に移行したのを受け、設計段階で参考値を提示し、必要な情報が施工編に確実に伝達されることが前提となった。 ・設計段階から、施工段階への情報伝達が確実に行なえるか？設計/施工一括発注であれば情報伝達は円滑に対応できるが、設計/施工分割発注の場合には支障が生じやすいのではないか。 	<ul style="list-style-type: none"> ・検討条件が重要であり、条件が異なれば結果も異なり、工事コストに大きく影響する。これらが十分に理解できる記述とする必要がある。
施工標準	施工性能の見直しについて	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・構造物の耐震性の観点から、過密な配筋をした設計が多くなっている。これにともない、従来より汎用のコンクリートでは、未充てんや不具合が生じやすいとの意見が多い。そこで、今回の改訂では、ワーカビリティの適正化を図り、施工条件ごとに適切なスランプと材料分離抵抗性を選定する方法を提案した。しかし、この考え方が実務面で上手く運用できるか？ ・今回定めた施工性能の標準値(スランプ)は、施工経験のある技術者の判断によるものであるものの、多くの実験を積み重ねた成果ではない。また、スランプを定める際に締固め作業高さの影響が大きすぎるのではないかと、ほとんどのケースでスランプが締固め作業高さで決まる傾向にある。そのため、今後さらなる実績データを蓄積して、標準としてより適正値を求める必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・今後、実工事での実績データを、多く集積して、数値の適正化を図る必要がある。 ・今回改訂の基となったライブラリー「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)」をフォローする第3種小委員会「施工性能にもとづくコンクリートの照査・検査システム研究小委員会」も活動中であるので、この小委員会に依頼し、次回の改訂に反映するのが望ましい。
施工標準	施工性能の見直しについて	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・一般的な工事で汎用されるレディーミクストコンクリートは、荷卸し箇所(時点)のスランプを規定しているため、本来必要なスランプがどの箇所(時点)での品質を対象としているのかが不明確となり、実務者ごとに認識が異なっている状況が多くあった。そこで、これまでのコンクリート標準示方書が打込みに必要なスランプを対象としていることを再確認し、製造から打込みまでの各施工段階のどの箇所(時点)でのスランプを対象とすることを明確に示すようにし、打込み箇所が必要と想定される「打込みの最小スランプ」、「荷卸しのスランプ」、「練上りのスランプ」を定める手順とした。 この手順では、打込みの最小スランプ、荷卸しのスランプ、練上りのスランプと順を追って設定スランプは大きくなるため、単にスランプを大きくするのではなく、単位粉体量増量や高性能 AE 減水剤の積極活用によりスランプに応じた材料分離抵抗性も確保するようにした。 配合設計(配合選定)に際して、適正配合を支障なく選定できるか懸念される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点では、荷卸し時点でのコンクリートのワーカビリティがベストになるように配合を選定する記述としている。 ・打込みの最小スランプ～荷卸しのスランプ～練上りの差が大きい(スランプ変化が大きい)ような場合、どの時点でベストな配合(粘性過多、分離気味)を選定するのか、検討が必要である。

区分	対象	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
施工標準	製造・運搬	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> 現場内の運搬で、特に汎用されるコンクリートポンプ圧送において、管内圧力損失に関する昭和 60 年のデータのまま更新されておらず、今回の改訂も最新データを取り込むことができなかった。 ポンプ圧送にともなうスランプ低下を考慮する方法も、実工事において最適であることの検証は不十分であるため、これらのデータも見直す必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 次回の改訂までに、調査・研究、実工事でのデータを集積し、最新のデータに更新する必要がある。 新たに「コンクリートのポンプ施工指針」の改訂小委員会を立ち上げて、最新データに更新することも可能ではないか。
検査標準	収縮ひずみについて	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> 「重要な構造物に対しては、必要に応じて、収縮ひずみを確認すること」を明記し、JIS-A-1129 の長さ試験方法により 1000μ 以下を判定基準とすることとした。また、一般的な構造物では、実績のある通常のレミコンを使用する場合は、この検査を省略できることとした。 ただし、現状では、収縮ひずみのデータを保有しているレディーミクストコンクリート工場は未だ少ない状況にある。 	<ul style="list-style-type: none"> 今後は配合や骨材品質の観点などから、収縮ひずみのデータベース化が必要。 より厳密な判定方法の開発と規準化が急務である。
特殊コンクリート	取込みの候補にあがったコンクリート	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> 新たに取込むコンクリートの候補として「ポーラスコンクリート」と「再生骨材コンクリート」を選定して、検討・審議した。 「ポーラスコンクリート」は 2002 年制定版 [施工編] 改訂時に原案まで作成して検討したが、土木学会から発刊された設計指針あるいは施工指針が無く、施工実績も少ないことから見送った経緯がある。その後も、指針類が発刊されることもなく、特に施工実績が大幅に増加しているとの報告も無いようである。したがって、今回の改訂でも同様の理由で、取込みを見送ることとした。 「再生骨材コンクリート」は、土木学会から「電力施設解体コンクリートを用いた再生骨材コンクリートの設計施工指針(案)」が平成 17 年に刊行され、再生骨材の JIS も整備され始めていたため、原案まで作成して検討した。その結果、施工実績が少ないことおよび再生骨材の品質とコンクリートの適用箇所との対応等、示方書に取り込むためには各種の資料が不足している等の理由により、今回の改訂では取込みを見送ることとした。 	<ul style="list-style-type: none"> 「ポーラスコンクリート」、 「再生骨材コンクリート」ともに、環境側面での重要度が増しているため、次回改訂時の取組みに向けた検討を行う。
特殊コンクリート	膨張コンクリート	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> 現行の JIS A 6202 の品質に適合しない新しいタイプの膨張材の品質についての検討が必要である。 水結合材比の小さいコンクリートにおいて、適正な膨張性を確保するための膨張材の単位の選定や養生条件を明らかとするため、試験方法などの照査方法の検討が必要と考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 2009 年度から、JCI において膨張材に関する新たな研究委員会が設置され、左記の検討項目についても検討を開始しているため、その成果を適宜参照する。

区分	対象	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
特殊コンクリート	軽量骨材コンクリート	(引き続き検討が必要な項目) ・軽量骨材コンクリートの場合は、[施工編：施工標準] 4章の施工条件に応じた打込みの最小スランプや単位粉体量が必ずしも明確になっていないため、今後の検討が必要である。	・軽量骨材コンクリートの施工性能に関する情報収集に努めて、適宜反映させる。
特殊コンクリート	短繊維補強コンクリート	(引き続き検討が必要な項目) ・超高強度繊維補強コンクリートや複数微細ひび割れを形成する高じん性繊維補強セメント複合材料などが実用化されているが、それらに関する記述については必要最小限に留めており、今後の使用実績に応じて必要な記述の追加を検討する必要がある。 ・合成繊維を用いた場合の爆裂防止効果の確認実験や落防止効果の確認実験は、規準化されていないので、今後の検討を待って、必要な記述への修正・追加を検討する必要がある。	・高性能な繊維補強コンクリートについては、複数の新たな概念・仕様が提案されているので、それらを整理する必要がある。 ・性能確認試験の規準化については、情報収集に努めて、適当なものがあれば適宜反映させる。
特殊コンクリート	高強度コンクリート	(引き続き検討が必要な項目) ・骨材の現状を考慮し、アルカリシリカ反応性が無害でない骨材を使用することについて議論を重ねたが、今回の改訂に取り入れるまでには至らなかったため、次回までの検討事項とした。土木分野では、これまでに初期温度履歴の影響による構造体内の高強度コンクリートの強度低下について十分な議論が行われていないため、最近の研究成果を整理して具体的な数字を示す等、次回の改訂までに検討が必要である。 ・高強度コンクリートのポンプ圧送における管内圧力損失の試験データは十分ではなく、7章「高流動コンクリート」のように吐出量と管内圧力損失の関係を取り入れるまでには至らなかった。これに関しても、今後検討を進め、より具体性のある内容にしていく必要がある。	・高強度コンクリートにおけるアルカリシリカ反応性が無害でない骨材の使用について、情報収集を行う必要がある。 ・初期温度履歴の影響による高強度コンクリートの強度低下について、情報収集を行う必要がある。 ・高強度コンクリートのポンプ圧送における管内圧力損失の試験データについて、情報収集を行う必要がある。
特殊コンクリート	高流動コンクリート	(引き続き検討が必要な項目) ・示方書に示されていない事項については、「高流動コンクリート施工指針」によるものとしている。高流動コンクリートは、通常のコンクリートと比較して配合の自由度が高いことが特に大きな特徴であり、その特徴を踏まえた配合設計の方法を詳細に記述すべきところではあるが、記述が膨大となることから、今回の改訂では、やむなく「高流動コンクリート施工指針」によるものとしている。ただし、「高流動コンクリート施工指針」は発刊からすでに9年が経過しており、実情に即した形で、指針によらず示方書のみによって高流動コンクリートの施工が行えるようにする検討が必要である。この場合には、3つの系の品質の再整理を合わせて行うことが望ましいものと思われる。	・「高流動コンクリート施工指針」の内容を踏まえて、その特徴を踏まえた配合設計方法の詳細について記述することを検討する。その場合には、3つの系の品質・特徴および諸外国の動向を踏まえた再整理を行うことが望ましい。

区分	対象	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
特殊コンクリート	吹付けコンクリート	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> 今回の改訂では、コンクリート構造物に用いる補修・補強用吹付けコンクリートに関しては対象外とした。今後、補修・補強用のコンクリートを示方書〔施工編〕で扱うか否かの問題はあるが、補修・補強用吹付けコンクリートに関する記述についての検討が必要であると考えられる。 吹付けコンクリートに用いられる急結剤や混和材料などの新たな材料や新たな吹付け方法の開発が多くなされている。次回の改訂にて、詳述できるよう施工実績の調査とともに技術資料の蓄積が必要と考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 記述内容については共通する部分が多いと考えられるので、補修・補強用吹付けコンクリートの取り扱いについて改めて検討する必要がある。維持管理編との調整が必要。 吹付けコンクリートに用いられる急結剤や混和材料などの新たな材料や新たな吹付け方法について、情報収集を行う必要がある。
特殊コンクリート	プレパックスドコンクリート	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> プレパックスドコンクリートは施工指針類が無いために、示方書〔施工編〕では詳細の記述も必要であるとの意見により、他の特殊なコンクリートと比較して詳細な記述も多くなっている。今後の活用状況を見て、次回の改訂において大幅な記述内容の変更が必要と考えられる。 注入モルタルをレディーミクストコンクリート工場で製造して用いる場合もあるとの情報がある。この方法は厳密な品質管理が必要であるが施工面では簡易な方法として有用であるため、今後の調査が必要である。 プレパックスドコンクリートは補修・補強工事に使用されることが多い。しかし、示方書〔施工編〕では、補修・補強に使用するコンクリートは対象外にしているため、記述していない。今後、適用の範囲を拡大した場合には必要不可欠な事項であるため、技術調査と技術資料の整備を実施しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> プレパックスドコンクリートに関してのみ、特に記述が詳細過ぎるようにも見受けられないので、次回の改訂において通常の見直しを行えばよいのではないかと。 注入モルタルをレディーミクストコンクリート工場で製造する場合について、情報収集を行う。 補修・補強工事における適用事例について情報収集を行う必要がある。記載については、維持管理編との調整が必要。
特殊コンクリート	水中コンクリート	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> 高強度の地下連続壁や水中不分離性コンクリートでは一般に単位セメント量が多くなり、水和熱に起因する温度ひび割れが報告されている。水和熱に起因するひび割れが水中コンクリート構造物の耐力、耐久性に及ぼす影響を検討し、次回の改訂時には、その対処方法に関する見解を出しておく必要があると考えられる。 場所打ち杭における杭頭部近傍は、配筋が密になり、コンクリートの回込みが十分でない場合が報告されることが多い。打込み時のスランプと鋼材量との関係を明確にすることが必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 水和熱に起因するひび割れが水中コンクリート構造物の耐力、耐久性に及ぼす影響について、情報収集を行い、必要に応じて記述の充実を図る。 水中コンクリートの施工性能に関する記述を充実させる。
特殊コンクリート	海洋コンクリート	(引き続き検討が必要な項目) <ul style="list-style-type: none"> 配合の水セメント比については、基本的にはかぶりと塩化物イオンの侵入抵抗性から決定されるため、簡単な記述としてすべてを条文から解説にする案を検討したが、時期尚早と判断し、平成8年制定版〔施工編〕に近い記述を残した。今後は、塩害関係の照査方法などの研究の進捗状況によって記述内容を変更する必要があると思われる。 	<ul style="list-style-type: none"> 耐久設計の本編に対する施工標準的なマニュアルとしての適当な記述方法について検討を行い、記述形式変更の妥当性について、他の章と足並みを揃えて検討する必要がある。

区分	対象	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
特殊コンクリート	プレストレストコンクリート	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・PCグラウトにおけるダクト内の充てん性の評価について、今回見解を示したので、次回には、実物大実験のより多くの技術資料の蓄積を基に、仕様規定に向けた整理および対応が必要である。 ・プレスレストコンクリート構造物の場合、架設方法により施工上の留意点は異なるので、架設方法に関する情報を整理するとともに、設計とのリンクも検討することが必要であると思われる。 ・他の章とのバランスを考慮し、条文項目および解説の記述内容を精査して、簡潔な章となるよう検討することが必要であると思われる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・PCグラウトについて、見なし規定の整備に向けた情報の収集が必要である。 ・様々な架設方法に関する情報を整理する。また、設計との関連についても検討する。 ・特殊コンクリート全般に亘り、記述方針を明確にして、他の章と足並みを揃えて、条文項目および解説の記述内容を精査することが必要である。 ・プラスチック製シースに関して、設計編と施工編との整合を図る必要がある。
特殊コンクリート	鋼コンクリート合成構造	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鋼板内にコンクリートが充てんされているかどうかを外部から非破壊検査で確認する場合、鋼板とコンクリートがわずかでも肌別れしていると変状と検出されてしまう可能性がある。しかし、ジベルの配置などにより、鋼板とコンクリートの応力伝達に十分な配慮がなされていれば、このようなごくわずかな肌別れは構造上全く問題ないと考えられるので、このような場合の合理的な判定基準についての検討が求められる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼板内におけるコンクリートの充てん状況の確認方法について情報収集を行い、合理的な判定基準についての検討を行う必要がある。
特殊コンクリート	工場製品	<p>(引き続き検討が必要な項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工場製品において、リサイクル材は、公共工事におけるグリーン調達を拡大する施策や自治体の認定製品として、無筋コンクリート製品や鉄筋コンクリート製品で広く活用されてきている。主なリサイクル材には、一般廃棄物溶融スラグ細骨材、下水汚泥溶融スラグ細骨材、下水汚泥焼却灰、エコセメントなどがあり、これらの動向を調査しておく必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・工場製品において、リサイクル材が広く用いられているので、種々のリサイクル材の工場製品への利用に関して、情報収集を行う必要がある。
特殊コンクリート	全般	<p>(新規追加項目)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・特殊コンクリート全般に亘り、記述方針を明確にして、各章の記述スタイルを極力揃える。特に、本編に対する施工標準的なマニュアルとしての適当な記述スタイルについて検討と確認を行う。 	同左。

【維持管理編】 引き続き検討が必要な項目および解決の見通し

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
第一部「維持管理」	<p>3章 維持管理の方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ライフサイクルコストやアセットマネジメントに対する取り込み <p>ライフサイクルコストやアセットマネジメントについてどのように取り込むかについて議論がなされたが、2007年版ではライフサイクルコスト算定については維持管理における重要な検討要因であることの記述にとどまり、アセットマネジメントについては「そのような考え方もある」といった程度の記述にとどまっている。</p> <p>今後、維持管理を必要とする構造物の増加が予想されることから、限られた予算においてできるだけ効率的に維持管理を行うといった視点からもこれらの具体的記述が望まれる。</p>	<p>3章 維持管理の方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ライフサイクルコストやアセットマネジメントに対する取り込み <p>必要性は各委員認識していたが、信頼性のある評価手法が確立していないことや、他の事項の審議に時間が割かれたため、引き続き検討が必要な事項となった。今後、新たな知見等に基づきどのような形で取り入れるか議論が必要。</p>
	<p>4章 点検</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検・調査技術の進歩への対応 <p>点検・調査技術は日々進歩しており、それらの成果を示方書にどのようにフィードバックさせるかといった仕組みが不明確。点検に関する調査項目および調査方法も、行為の簡便さだけでなく取得できる情報との関連性によって、示方書で採り上げるものとそうでないものを区別すべきである。</p>	<p>4章 点検</p> <ul style="list-style-type: none"> ・点検・調査技術の進歩への対応 <p>本項目については、次回改訂時に委員会で議論し方針を出すべき。</p>
	<p>5章 劣化機構の推定および劣化予測</p> <ul style="list-style-type: none"> ・劣化予測について <p>劣化予測は定量的に行うことを基本としているが、ほとんどの劣化機構に対し一般化できるほどの定量的評価は確立されていないことから、実質的には半定量的な評価であるグレーディングによる評価手法が示されている。今後維持管理のさらなる効率化が要求されることは明白であり、定量的な評価手法を積極的に取り入れるべき。</p>	<p>5章 劣化機構の推定および劣化予測</p> <ul style="list-style-type: none"> ・劣化予測について <p>定量的に評価可能な劣化機構とそうでない劣化機構に区分して記述すべき。</p> <p>中性化、塩害における鉄筋腐食速度の評価に関し進展期までの定量評価に関する多くの研究がなされている。例えば「コンクリート中の鋼材の腐食性評価と防食技術研究小委員会（338委員会）」では、進展期における腐食速度について検討が行われている。また、分極抵抗法の適用性についても評価がなされている。次回改訂にはこれらの成果を積極的に取り入れることを検討すべきである。</p> <p>一方、凍害やアルカリ骨材反応、化学的浸食、すり減りなどは半定量的評価にならざるを得ないので、従来通り定期的な点検データに基づく予測になる。</p>

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
第一部「維持管理」	<p>6章 評価および判定</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設構造物の性能評価方法について <p>維持管理編は、既設も新設も対象としていることは総則で述べている。既設構造物で既にコンクリート表面に錆汁や腐食ひび割れなどの変状が生じている場合の性能（何を要求性能とするかによって異なるが、例えば残存曲げ耐力など）の評価方法については具体的な記述がなく、補修・補強などの実施の判断にばらつきが生じる。</p>	<p>6章 評価および判定</p> <ul style="list-style-type: none"> 既設構造物の性能評価方法について <p>現行の維持管理編では、このような性能評価について、グレーディングによる半定量的な方法に委ねられているが、性能照査の原則からは定量的な方法を示すべきであると思われる。特にRC構造物における鉄筋が腐食した場合の残存耐荷性能に関する研究は多くなされており、腐食減量を与えることで構造性能の評価が可能となっている（続・材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能：331委員会）。これらの研究成果を取り入れることが望ましい。一方で、鉄筋の腐食減量ならびに空間的なばらつきを簡便に推定する手法はこれまでに多くの研究が行われているものの未だ確立されたものはない。この分野の確立が望まれるところである。</p>
	<p>第1部 全体を通じて</p> <ul style="list-style-type: none"> 変状発生原因の特定方法とその対策についての記述があると使いやすい <p>コンクリートの変状形態は多岐に亘るので、その原因を特定するのは容易ではない。JCIのひび割れ調査、補修・補強指針のように、変状の形態と原因を示したものと設備管理者にとって使いやすいものになるのではないか。</p>	<p>第1部 全体を通じて</p> <ul style="list-style-type: none"> 変状発生原因の特定方法とその対策についての記述があると使いやすい <p>既刊の文献等との整合を取りながら記述の要否などを議論していくべき事項と思われる。ひび割れ調査、補修・補強指針（JCI）などの参考にできる指針類を提示する。</p>
第2部 劣化機構別維持管理	<p>第9章 中性化に対する構造物の維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> 中性化劣化と構造物性能の関係 <p>中性化劣化と構造物性能の関係が不明確であり、グレーディングのよる半定量で性能にとどまっている。また、ひび割れだけでなく第三者影響度に関する性能にかかわる剥落抵抗性についても具体的な記述がない。</p>	<p>第9章 中性化に対する構造物の維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> 中性化劣化と構造物性能の関係 <p>中性化による構造物性能劣化の研究も行われているため、第2部の他の章と同様、最新の知見をどのように示方書に取り込むかについて議論すべき。</p>

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
第2部 劣化機構別維持管理	<p>第10章 塩害に対する構造物の維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発錆限界塩化物イオン濃度 <p>今回の維持管理編では、「点検データで鋼材の腐食状態と鋼材位置における塩化物イオン濃度から腐食発生限界塩化イオン濃度が求まる場合はその値を用いることを原則とする。」とあり、1.2kg/m³という縛りはかなり緩くなったと思われる。しかしながら、実際には点検データから限界濃度を求めるのはそれほど容易ではない。構造物が置かれた環境条件毎に限界値が示されれば良い。</p>	<p>第10章 塩害に対する構造物の維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発錆限界塩化物イオン濃度 <p>限界塩化物イオン濃度については、見直す必要性は各委員共通の認識であったが、環境条件毎に提示するには至らなかった。次回までに、環境条件毎に限界値が記述できるように、2期目に入った338委員会活動結果など最新の研究成果について議論を行うなど検討する必要がある。</p> <p>→最新の知見の取り入れ、港湾施設の技術上の基準など他基準との整合性を議論していく必要がある。</p>
	<p>第12章 化学的浸食、第16章 すり減りに対する構造物の維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・劣化進行予測、劣化程度と構造物の性能との定量的関係 <p>条文では定量的な評価を謳っているが、実際にはこれらを定量的に評価するする手法が確立されていない。</p>	<p>第12章 化学的浸食、第16章 すり減りに対する構造物の維持管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・劣化進行予測、劣化程度と構造物の性能との定量的関係 <p>これらについては他の劣化機構に比べ研究成果や知見が少ないのが現状である。今後はこれらの現象についてのデータ収集を行うとともに、劣化深さに対する対策の選定方法、耐用年数などの情報を集めることが必要である。</p>
	<p>第17章 耐震補強の基本</p> <p>急遽作成したといった経緯もあったと思われる。補強の必要性の判断など、次回改訂では内容をもっと充実すべき。</p>	<p>第17章 耐震補強の基本</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既設設備の耐震診断、補強について次回はもっと充実すべき <p>引き続き検討が必要な事項であり、重要性は各委員認識している。設計編との兼ね合いもあると思われるので、次回改訂に向けて最優先で議論する内容である。JR、NEXCO等で実施済みの事例や、各種補強指針、コンクリート構造物の震災復旧・耐震補強技術と事例(JCI 1998)などを参考に、具体的事例を示す。または、参考にすべき指針類を示すなどして内容を充実させる。</p>
	<p>○劣化機構の推定が困難な場合の維持管理の考え方</p> <p>2007年制定作業の過程において、「維持管理編」で取り上げられていない劣化現象に対する扱い(劣化機構が特定できない場合の劣化予測など)について議論がなされ、示方書の中に記述するまでに至らなかったが改訂資料に議論の成果が記述された。</p>	<p>○劣化機構の推定が困難な場合の維持管理の考え方</p> <p>実際の維持管理の現場では、劣化機構の推定や特定が困難な事象は頻繁にあり得ることなので、次回改訂の際は改訂資料に記載され項目を整理し、示方書に取り入れるべきである。</p>

【ダムコンクリート編】 引き続き検討が必要な項目および解決の方向

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
<p>3章ダムコンクリートの性質 3.4.4 耐久性</p>	<p>凍結融解抵抗性の試験方法について</p> <p>ダムコンクリートでは80mm以上の最大粒径の骨材が使用される場合が多く、JIS A 1148に規定される凍結融解試験を行うには、25mmふるいによるウェットスクリーニングが必要となる。ウェットスクリーニングを行った場合、モルタル富配合になり、実際に打ち込まれるコンクリートと異なることやウェットスクリーニングの過程で、エントレインドエアが抜けてコンクリート中の空気の性状が変化するなど、試験結果に不確実性があり、凍結融解抵抗性を正しく評価できていない可能性がある。</p>	<p>2007年制定版では、[設計編：本編]「5章 材料の設計値 5.2.13 相対動弾性係数」に準拠し、凍結融解抵抗性を満足する骨材を使用し、水結合材比を60%以下として、空気量を25mmでウェットスクリーニングした試料で4～7%の空気量を確保すれば、コンクリートとしての凍結融解抵抗性を有しているとしたが、ウェットスクリーニングの影響を明らかにしておく必要がある。また、ペーストの抵抗性に関して、ダムでは中庸熟フライアッシュセメントC種を使うことが多いが、混入されている空気が凍結融解抵抗性に効果があるか（エントレインドが存在するのか）明らかにする必要があることが課題である。</p>
<p>4章温度規制計画 4.2 温度ひび割れ予測</p>	<p>温度ひび割れについて</p> <p>2007年制定版では、拘束度マトリックス法に加え、ひび割れ指数による方法についても、ダムコンクリートの温度規制計画を検討する際に適用できるとした。</p> <p>しかし、ひび割れ予測手法の詳細については記述しなかった。[設計編]におけるひび割れ指数は、主に鉄筋コンクリートの壁や底版構造物など比較的部材厚の薄いものを対象に定めたものであり、コンクリートダムとは形状が大きく異なることに加えて、解析条件や環境条件のデータの精度もコンクリートダムの方が一般に高いことが多いことから、[設計編]の確率図をダムの設計にそのまま適用するのは適当でない。しかし、ダムコンクリートにおけるひび割れ指数の適用事例が少ないために、示方書に確率図を示すには至らなかった。</p>	<p>無筋コンクリートであるダムコンクリートにおいて、温度規制で防止する有害ひび割れを明示することが望ましい。その上で、ダムコンクリート用のひび割れ指数と発生確率の関係、従来の拘束度マトリックス法による拘束ひずみとひび割れ指数の関係を明確にすることが望まれる（後者について、今回、ライブラリー改訂資料で2つのダムの試算結果を紹介した）。</p>
<p>5章 材料 5.4.3 耐久性</p>	<p>有害鉱物（モンモリロナイト、ローモンタイト）の許容含有率について、2007年版示方書解説では、2002年版と同文のまま明確な記述がされていない。</p>	<p>有害鉱物がダムコンクリートに及ぼす影響について、関連研究成果や各種実績等の収集も踏まえ、解説文の詳述を検討する。</p>
<p>6章 6.6 単位結合材量 6.6.1 一般</p>	<p>解説中に、内部コンクリートの単位結合材量の目安を工法ごとに記載している。これは粗骨材最大寸法150mmの実績によるものと推察される。現在は粗骨材最大寸法80mmとする場合も多く、配合選定に苦労しているとの意見もある。</p>	<p>解説の値が粗骨材最大寸法150mmの場合であることを明記するか、粗骨材最大寸法80mmの場合の標準的な単位結合材量を示し、解説文の見直しを行う。</p>
<p>7章 製造 7.2.2 練混ぜ</p>	<p>ミキサの性能試験はJIS A 1119に加えて、2007年版ではJIS A 8603によることとしている。解説表7.2.1はJIS A 8603の基準と同じであるが、JIS A 8603では普通コンクリートで粗骨材最大寸法20mmの碎石、スランプ8cm、空気量4.5%、呼び強度24に相当する材料および配合のコンクリートを用いることとなっている。ダムの現場では対応する配合が使用される配合にないこともあり、粗骨材最</p>	<p>解説中でJIS A 8603の配合を前提とすることを記載するか、現場で使用する配合を使用した場合の基準値を新たに定める必要がある。後者の方針を基本に検討するのが望ましいと考える。</p>

箇所	引き続き検討が必要な項目および理由	解決の方向
	大寸法 80～150mm, スランプ 3cm, 空気量 3～3.5%の配合で試験を行っている場合もあり, 現場で混乱が生じている.	
11章 維持管理	ダム維持管理については, 一般的事項にとどまっている.	コンクリートの維持管理という面では[維持管理編]を参考にできるが, ダムコンクリート特有のもの(たとえば温度ひび割れなどの扱い)についてダムコンクリート編で実例などの具体的な記述が望まれる.
全体	ダムコンクリート編と設計編・施工編との整合性について, 2007年版改訂では, 用語を始めとして他編との整合を進めた.	ダムコンクリート編が他編と独立して編立てしてある意義, 大量建設する構造物ではないということも考慮しつつ, 他編との整合が可能なものについては進めていくことが望ましい. 特に, ダムは事業者自らが工事管理している現場が多く施工における品質管理と検査の区別がしにくい点もあるが, 他編との整合性も取って両者の明確な記述が望まれる.
全体	<p>2002年版では性能照査編を新たに設けたが, 標準編との対応関係はない状態であった. 2007年版では性能照査編と標準編との対応関係をつけて改善をはかったが, 細部について未調整部分も残る.</p> <p>また, 標準編に関しては, ダムコンクリートについて実務の立場から施工上守るべき値がいいのか, 標準的な記述がいいのか, 実務の立場からの使い勝手の観点からの議論が必要である. 標準的方法を示すならば, その統一性とより詳細な記述が必要と考えられる</p>	<p>発注者は, ダム本体発注の際, 特記仕様書の一部として本示方書[ダムコンクリート編]を用いるので, その点での使い勝手を考慮しなければならない. また, 実施工者である建設会社の使い勝手への考慮もある.</p> <p>ダムは, 他の社会資本と違い, 量産されるものでないのが特徴である. 並のものでも量産していくことが重要なものと, 個別にコスト, 環境, 社会的影響等様々な比較検討の上築造する構造物では, 標準的な値というよりは, ある程度最低限的な値が必要である. 実務上, 本示方書[ダムコンクリート編]は特記仕様書の一部として, そのように使われている現状がある. この点については, 様々な角度からの議論が必要と考える.</p> <p>また, 性能照査編や標準編が実際のダムの設計施工の実務への具体的な使われ方については, アンケート調査結果も参考に議論していくことが考えられる.</p>
全体	砂防堰堤の[ダムコンクリート編]への記述については, ダムコンクリートと砂防堰堤のコンクリートでは, レミコンを前提とするかしないかで, 似て非なるものである. そのため, [ダムコンクリート編]において混合して記述することは示方書使用者に混乱を招くことが懸念されたため記述しなかった. 無筋コンクリートの代表例として砂防堰堤を取り上げ, ダムコンクリート編での記述を検討するようとの指示があったが, 砂防堰堤構造物としての設計法が別にあり, 施工のみならず設計思想の面でも整合を図ることができなかった.	全編を通じて, 無筋コンクリートの扱いをどうするか, 事前の議論を十分に行ってから, 記載する編や内容を意見統一すべきである.

第3章 アンケートから浮かび上がる示方書への期待と課題

3.1 アンケート回答者

2009年6月1日～19日、2007年制定コンクリート標準示方書に関するアンケートを実施し、総計607件の回答をいただいた。回答者の属性やアンケート項目、アンケート結果の詳細については付属資料2を参照願いたい。

以下では、チェック方式で得た回答結果、アンケートの記入欄あるいは「その他」などの記入欄に記載された回答者の意見をもとに、示方書の利用状況、示方書に対する要望等を分析・整理して示す。

3.2 性能照査編(本編)と標準

コンクリート標準示方書は2002年版から全編が性能照査型となっている。そのため、「性能照査編(本編)」と「標準」の構成は設計、施工、維持管理の実務者に浸透しつつあることが伺えた。ただし、業務に必要な記述箇所が本編と標準に分散しており、全容がつかみにくい、関連する情報があちこちに散在しているとの意見があり、本編と標準を対比させた記述を望んでいる人も多い。本来、性能照査編(本編)か標準のどちらかを適用することになるが、両者の記載事項を対比させながら実務を行っている技術者も多くいるようである。

3.3 共通編・分冊化

ひび割れ照査や耐久性照査などでは同じ内容を数箇所にわたって見ることとなるため、設計編と施工編の共通箇所を抜き出すのが良いとの意見が多い。特にマスコンクリートの温度応力解析に関する意見が多く、必要なパラメータや説明が設計編のなかに分散しているので使いづらい、他者に解析を指導する場合に非常に苦労しているため1箇所にまとめて欲しいとの意見がある。

しかし一方で、共通編として分冊化することは冊子が増え、どこになにが書いてあるかを知るためにかなりの労力が必要となり逆に不便になる、あまり使わない分冊に記述されていても見落としてしまうことが懸念されるなどの意見がある。さらに、現在の膨大な量の示方書全部に目を通して、どこになにが書いてあるかを把握している人はまれであり、エッセンスが1冊になり、関連の詳しい解説や資料を分冊化するのがよいとする声もある。なお、共通する照査項目を共通編としてまとめて記載する場合には、大幅な改訂に繋がることとなり、慎重に判断することが必要となる。

また、検索機能に関する意見も寄せられている。目次だけでは検索することができず、検索機能が使えりような電子媒体での出版を希望する人もいる。上記の、関係する内容が散在しており使いづらいとの意見に対しては有効であるが、本と電子媒体の両者が存在することによる問題の有無を検討していく必要がある。

3.4 2007年版改訂の重要ポイント

主だった改訂事項3点、設計から施工への情報の引渡し、責任技術者の配置、施工条件を考慮したスランプの設定、に関する意見を整理する。

共通編において、設計から施工への情報の引渡しが重要であることを強調して記しているが、アンケート実施時点では示方書発行から1年ほどしか経過しておらず、十分に浸透しているとは言い難い状況であった。今後、共通編に記した作業の流れを踏まえ、要求性能を設計耐用期間にわたって確保するために情報の引渡しが重要であることを理解し実践するよう働きかける必要がある。

温度ひび割れに関連して多くの意見があった。設計でいくら検討しても、施工現場がその趣旨を把握していないと全く意味がなく、施工編に温度ひび割れ等の初期ひび割れに関する検討を戻した方が良いとの意見や、施工時に検討する場合も多くあるので施工編にも記載しておくべきであるとの意見など、上記の共通編として1箇所

にまとめる要望とは別に、それぞれの編での記述を望む声もある。今後の改訂作業にあたって十分検討して取り組むべき項目と言える。

責任技術者に関しても多くの意見が寄せられた。各発注機関の仕様書と整合が取れていないと実際の運用がなされない、また責任技術者の位置付けが明確でなく認定資格者制度が広まっていないため配置不可能である、他機関認定の同等の資格を記載すべきである、などの意見がある。要求性能を設計耐用期間にわたって確保するために示方書が先駆的に記載したことを理解して貰い、発注機関がこの方向に進むことを期待していることを PR していく必要がある。

施工編の改訂における大きな話題として、施工条件を考慮してスランプの設定を行うようにしたことが挙げられる。なお、「鉄筋の最小あき」で照査することとなっているが、梁では不規則なピッチとなることが多く、1ヶ所あきが小さいからといってスランプをいたずらに上げるのではなく、実施工を考えると「平均的な最小あき」で考えるのがよいのと提案も寄せられた。2007年版の改訂においても、施工のできる範囲内でできるだけスランプが小さくなるように施工方法を十分に事前検討することが重要であり、必要以上にスランプを上げることは適当でないとの議論をしており、今回の改訂においても議論していくことになる。

3.5 根拠の明確化

コンクリート関係の試験法や考え方にはかなり昔に制定されたものが多いが、その歴史的経緯やもとのねらいが記述されていないものも多いと感じている技術者は多い。歴史的経緯や技術の発展過程、また記載されている計算式の出典など示方書をまとめるにあたり引用した文献や論文を明確にすることが望まれている。さらに、非常に古い基準から変わっていない規定については、その根拠がわからなくなっているものもあり、示方書から外れたことを行うときに支障をきたし示方書が単なるマニュアル的な存在になってしまうと危惧する意見もある。根拠の明確化については、着実に整理・公表し、共有していくべきであるが、示方書の記載内容に対してはコンクリート委員会が責任を持つとの考えのもと、あえて参考文献の掲載をせず、参考文献の筆者へ過度に責任が及ばないように配慮している結果であることを説明しておく必要もある。

3.6 計算例

計算例に関しては、別冊化をも視野に入れてもっと多くの事例を示して欲しいとの意見が多くある一方で、計算例は色々な所（出版社）から発行されており必要ないとの意見もある。概ね、計算例を充実させることに賛成の意見であるが、記載の方法が学術的で実務に使用するには分かりにくく、一般的土木技術者にとっては高度な内容になっており、もう少し設計実務者の視点に立った記載内容にして欲しいとの意見がある。解析はモデル化が一番大事であるが、それが不十分であると指摘する技術者もいる。

また、要点を必要最小限に掻い摘んで記載している印象があるようで、かぶりをどのように設定したのか等、全ての検討内容・手順・結果について詳細に解説を交えて記載し、その内容をトレースすることで設計業務の効率化を図れるようにすることを望む声もある。

3.7 示方書講習会

講習会を主要都市だけでなく各県でも開催することを望む技術者が多い。各支部主催でも講習会を行っているが、開催時期が遅いなどの問題も残されている。

講習会の内容は豊富で時間が足りない感じであり、これまでと同様の講習会と、編ごとに変更内容・変更理由・根拠などをより深く詳細に説明する詳細講習会の2種類の講習会に分けて実施することや、発行1~2年後にも

講習会を開催して示方書の流れや運用状況などを再確認できるようにすることが要望されている。なお、2009年の10～12月にかけて中堅・若手技術者を主対象とした示方書の改訂ポイントや重要箇所についての講習会(同一内容を3回)を半日ずつ開催したが、今後、定常的に開催していくことが重要であると言える。

講習会の説明資料の配布を希望する意見もあるが、講習会でしっかり変更点などを聞いて欲しいとの主催者側の意図があり、資料中のデータの取扱い(著作権など)の問題もあるため、配布に関しては難しいと判断される。なお、示方書改訂に合わせてライブラリーとして発刊される「改訂資料」の認知度、活用度が低いことがアンケートより明らかとなった。この改訂資料を実務において有効に活用して貰うこと、講習会でも重要箇所を改訂資料で把握して貰うことが今後の課題となる。

3.8 その他

「～したほうがよい」、「～するのが望ましい」といった言い回しがあり、その強制力についての判断が難しく、「望ましい」というような曖昧な表現はやめて欲しいとの意見がある。もともと性能照査型示方書であることを考慮した言い回しであるが、実務においてはその主旨が十分理解されていないようである。

また、各事業体の基準類等では、示方書と整合性がとれない部分もあり、いい所取りをしているのが現状で、整合性を考慮した指針類の取りまとめも検討して欲しいとの意見がある。これに関しては、各指針類の設計思想があり、簡単に解決できる話ではないが、学会の示方書の考え方の啓蒙活動を積極的に行うなど、今後、じっくりと検討していく必要がある。

第4章 示方書共通編の改訂案骨子

コンクリート標準示方書は、コンクリートに関する技術の進展を適切に反映するために、5年ごとに改訂されている。ここ30年に限っても、技術の蓄積は膨大なものとなっていて、それらを取り入れてきた結果、コンクリート標準示方書の内容は大幅に増え、1981(昭和61)年より分冊化されるようになった。内容が豊富になり、分冊化されると、個別の技術に対する理解は進むものの、一方でコンクリートに関する技術の全体が見通し難しくなっているのも事実である。そこで、コンクリート標準示方書を使用する技術者の便宜を図るため、2007年制定のコンクリート標準示方書では、各編の冒頭に「コンクリート標準示方書の適用について」を設け、コンクリート標準示方書の体系に関する基本的な考え方、責任技術者の役割と配置および信頼性確保のための仕組みなどを示した。しかしながら、今後の展開を予想すると、この部分をさらに充実させ、コンクリート標準示方書全体を通じての基本理念や、体系に対する理解を容易とする[共通編]を制定することが適切と判断され、原案を作成することとした。[共通編]の構成(案)は表4.1.1のとおりであり、構成(案)の各章・節における記載内容に関する考え方、留意点などを次節以降に示す。

表 4.1.1 共通編構成(案)

1. 総則 — コンクリート標準示方書の役割と体系
 - 1.1 コンクリート構造物の目的
 - 1.2 コンクリート標準示方書の目的と役割
 - 1.3 性能設計と性能の明示
 - 1.4 コンクリート標準示方書の適用範囲と構成
 - 1.5 各編の適用範囲と各編間の関係
2. 信頼性のあるコンクリート構造物の実現
 - 2.1 要求性能の定義と照査の方法
 - 2.2 構造計画
 - 2.2.1 一般
 - 2.2.2 要求性能に関する検討
 - 2.2.3 施工に関する検討
 - 2.2.4 維持管理に関する検討
 - 2.2.5 景観に関する検討
 - 2.2.6 環境に関する検討
 - 2.2.7 経済性に関する検討
 - 2.3 性能確保
 - 2.3.1 性能確保の仕組み
 - 2.3.2 各建設段階における性能確保の仕組み
 - 2.3.3 アセットマネジメントに対する考え方
 - 2.3.4 要求性能を満足しない構造物に対する考え方
 - 2.4 責任技術者の役割と責任
 - 2.4.1 責任技術者の定義と倫理
 - 2.4.2 契約方式と背金技術者のあり方
 - 2.4.3 設計段階における責任技術者の役割と責任
 - 2.4.4 施工段階における責任技術者の役割と責任
 - 2.4.5 維持管理段階における責任技術者の役割と責任
3. 環境に対する示方書の役割
 - 3.1 基本的な考え方
 - 3.2 示方書の構成における「環境への配慮」の位置づけ

4.1 総則 — コンクリート標準示方書の役割と体系

4.1.1 コンクリート構造物の目的

コンクリート構造物を含む土木構造物は、道路・鉄道・港湾などの交通・物流施設、ダム、発電所、貯蔵タンクに代表されるエネルギー施設、市民生活を支える上下水道、ならびに海洋構造物、河川構造物や、環境保全施設などの多様な構造物があり、社会基盤施設として市民生活・経済活動上の機能を支えるとともに、自然災害からの防災・減災、次代に向けての持続可能な社会の実現に寄与することを目的とする。これらの共通した目的は、国民の公共の利益に貢献することであり、社会に向け、土木コンクリート構造物としての役割を明記する必要がある。

4.1.2 コンクリート標準示方書の目的と役割

コンクリート標準示方書はその前身である昭和6年制定の「鉄筋コンクリート標準示方書」発刊以来、設計・施工・維持管理等の実務分野において高く評価され、コンクリート構造物の計画、設計、施工、維持管理のあるべき姿を示す基準として、我が国のコンクリート技術の進歩に貢献してきた。

コンクリート技術は国内のみならず世界においても着実に進化してきており、技術基準の策定に当たっては、理論においても実践においても技術の趨勢を踏まえる必要がある。コンクリート標準示方書は、「仕様規定型示方書」から「性能照査型示方書」へと移行してきたが、これは、より合理的な構造物の実現を目指し、構造物に期待する性能を客観的に説明・実現するための手段かつ資源の有効利用・長期供用に対する品質確保のための手段を具現化したものでもある。同時に、この改訂は、新技術の適用を促し、科学技術としての土木コンクリート技術の進歩に貢献するとの側面をあわせ持つものともなっている。

一方、コンクリート標準示方書は、所要の性能を実現するための具体的な方法・手順や構造物構築における契約に関わる技術項目とその内容を示す実務的技術基準としての役割も重要であり、設計、施工、検査、維持管理の各段階で実務に携わる技術者が、有用性を見いだせるものでなければならない。

上記のとおり、コンクリート標準示方書の目的・役割は多岐にわたるが、「性能照査」の概念に基づく合理性と実務での有用性を追求することを前提に、以下の視点に立ち、その目的・役割を明記する必要がある。

- ・ 技術の進展・普及を取り込む (state of the art)
- ・ 性能照査型示方書としての完成度の向上を図る (合理性を追求した世界有数のコンクリート技術基準)
- ・ 実務者にとって使いやすい示方書を目指す (必携マニュアル)
- ・ 技術の普及、新技術適用を促進する (技術の羅針盤)
- ・ 技術者の責任を明示する (技術者の地位向上)
- ・ 我が国技術の普及・啓蒙を図る (国際貢献)

4.1.3 性能設計と性能の明示

土木コンクリート構造物は、設計耐用年数の期間において必要な性能を発揮すると同時に、施工途中において所定の性能を確保しなければならない。土木構造物はその費用の全てまたは一部に公的な資金が使われることが多く、国民の共有財産としての社会資本であるため、恒久的な構造物としてその性能を発揮する必要がある。したがって、設計耐用期間に対し、地震等による災害のリスクや耐久性などが適切に評価されなければならない。構造物の施工中であっても構造的に安定であることと共に、構造物が段階的に竣工していく場合も、各段階において所定の性能を有することが必要である。また、構造物の耐用年数を確保するためには、定期的な調査を含め

た維持管理が不可欠である。維持管理が容易にできることも要求される可能性がある。今後は、耐久性の確認が重要であり、完成した構造物の性能と信頼性を確認すること、すなわち、性能検査の充実が不可欠である。

以上の要求を科学的合理性の基で説明するには、性能の設定と照査が不可欠であり、同時に、社会資本整備に費やす投資の妥当性について、国民に対する説明責任の礎として、示方書において性能設計の方法と要求性能、その性能を完成した構造物において実現させるための製造・施工プロセスの明示が必要である。

なお、標準示方書の実務的な運用においては、汎用的な材料・工法によれば、所要の品質が得られる一般の構造物の場合と、新たな技術や特殊な技術が適用される場合など、特に性能の設定、照査が必要な構造物とでは、性能照査型規定への準拠の重要性が異なる。たとえば、一般の構造物に対しては、性能照査の方法もより簡易な方法を示すように配慮した記述を行うのがよいと思われる。

4.1.4 コンクリート標準示方書の適用範囲と構成

(1) 適用範囲について：

2007年制定版「コンクリート標準示方書」では、全ての編の冒頭に「コンクリート標準示方書の適用について」が記載された。これはコンクリート標準示方書の体系に関する基本的な考え方、責任技術者の役割と配置ならびに信頼性確保のための仕組みを明確に記述したものである。

コンクリート標準示方書の体系に関する基本的考え方については、改訂にとりいれられた「本編」と「標準」の扱いを明記するとともに、コンクリート標準示方書各編と計画、設計、施工、維持管理における作業との関連を明らかにし、計画から維持管理までの構造物のライフサイクルを考慮した各作業段階間の情報の引継ぎの重要性を指摘している。また、近年、構造設計、施工品質、維持管理方法などに起因する社会的な問題が生じていることや工事の受発注形態が多様化してきていること、技術者の数が不足していることなど、建設事業や建設技術を取り巻く条件が変化してきており、このような変化や社会のニーズを踏まえ、構造物に所定の機能を発揮させる前提として、計画、設計、施工、維持管理のすべての段階において信頼性確保のための仕組みを構築することの重要性が指摘された。

一方、構造工学委員会において「土木構造物標準示方書（共通編）」の策定が進められ、原案を得るに至っている。ここでは、一般の土木構造物計画、設計、施工、ならびに維持管理する上での、構造物に関する要求性能および性能規定の原則が示されるとともに、土木技術者のあり方、契約の形態ならびに責任の所在について規定している。なお、構造物を建設する理由となる事業計画に関しては対象外とされた。

本節においては、上記の現行示方書の「コンクリート標準示方書の適用について」ならびに「土木構造物標準示方書（共通編）」における記述との整合性、連続性を考慮した上で、コンクリート標準示方書の体系全体に対する「適用範囲」を明記する必要がある。現行示方書の「コンクリート標準示方書の適用について」では、[規準編]を含めたコンクリート標準示方書の体系全体に関わる適用範囲について明確に記述するのがよいと考える。

また、土木学会より刊行されている他の示方書（土木構造物標準示方書（共通編）、「舗装標準示方書」「トンネル標準示方書」、「複合構造標準示方書」など）やコンクリート委員会より刊行されている各種指針（案）とコンクリート標準示方書との関係についても言及しておく必要がある。

(2) 構成について：

現段階では、[共通編]、[設計編]、[施工編]、[維持管理編]、[ダムコンクリート編]および[規準編]の編構成となることが想定されるが（3/31の小委員会審議において、[原則（PR）編]は、改訂資料などに記載すべきでは

ないかとの議論あり），〔設計編〕，〔施工編〕，〔維持管理編〕および〔ダムコンクリート編〕のそれぞれの編は，その使われ方と使命，策定の時期と成熟度等がかなり異なる．設計編は，最新の設計体系を積極的に示し，コードライターのための指針という色彩が強い．これに対し，施工編は，古くから現場での施工マニュアル的な色彩が強く，契約図書の一部としても使われている．最も新しい維持管理編は，歴史も浅く，また関連の技術体系も確立されていないことから，まだまだ実務的なところまでは至っていない．規準編は実務的なものである．体系全体ならびに各編の特色を理解するための記述が必要である．

	設計編	施工編	維持管理編	ダム編	規準編
観念的		本編	第1部	第1部	
中間	本編		第2部	第2部	
実践的	事例	施工標準 検査標準 特殊コン			

（注：河野構成検討WG主査作成）

図 4.1.1 コンクリート標準示方書各編の特色

また，現行示方書より「本編」・「標準編」が導入された．〔設計編〕，〔施工編〕，〔ダムコンクリート編〕の3編における〔本編〕は，性能規定の概念に基づいて記述されている．すなわち，構造物の要求性能を規定し，これを照査する方法が〔本編〕で示されている．これは，設計，施工の効率性，簡便性を考慮し，一定条件下で〔本編〕を満足する標準的な方法を〔標準編〕に示し，〔標準編〕の適用条件から外れる場合は〔本編〕に従って性能照査を行うとの考えによるもので，さらに，〔標準編〕の適用条件と異なる構造物や地域などに適した標準を新たに作成する際には，〔標準編〕を参考としてよいとされた．しかしながら，各編における本編と標準編の関係は必ずしも同様ではなく，また，〔維持管理編〕では異なった構成となっていることも考慮の上で，本編と標準編の関係を各編で統一を図る，あるいは，各編におけるそれぞれの関係をより明確に記載しておく必要がある．

4.1.5 各編の適用範囲と各編間の関係

コンクリート構造物の建設から供用の流れにおいては，計画，設計，施工，維持管理の順に作業が進められ，これらの作業は示方書各編に基づき実施されることになる．各作業は独立しているのではなく，上流側で設定した条件を満足するように下流側の作業を行うために必要な情報が上流側から下流側に引き渡される．上流側で設定された条件では下流側の各種照査を満足しない場合や，下流側の条件により上流側の設定の変更を余儀なくされる場合には，その前の段階に戻り再検討を行うこととなる．したがって，情報の引渡しは各作業段階を適切に実施する上での重要な作業である．示方書体系においては，〔設計編〕，〔施工編〕，〔維持管理編〕の各編が密接に関連しているため，各編に示される引き渡すべき情報を正確かつ確実に次の段階へ引き渡すことが重要である．

〔設計編〕において規定される耐久性，安全性，使用性，復旧性などの性能は，設計の段階で決定され，施工方法，維持管理手法などについてもこの段階でほぼ決定されるため，施工および維持管理に影響を及ぼす情報については，設計図書として次の段階へ確実に引き渡さなければならない．〔施工編〕において規定される工事記録は，維持管理段階の点検，劣化予測，対策を実施する上での重要な資料になるため，正確な工事記録を確実に維持管

理者に引き渡さなければならない。その他、施工計画書、各種の検査結果報告書なども必要に応じて引き渡す必要がある。また、維持管理段階での情報を他の構造物の計画、設計、施工の各段階へ反映し、改善していくことは、構造物の寿命を延ばすうえで非常に重要であることに留意する必要がある。[ダムコンクリート編]における設計、施工、維持管理についても、各々の関連については基本的に同じである。

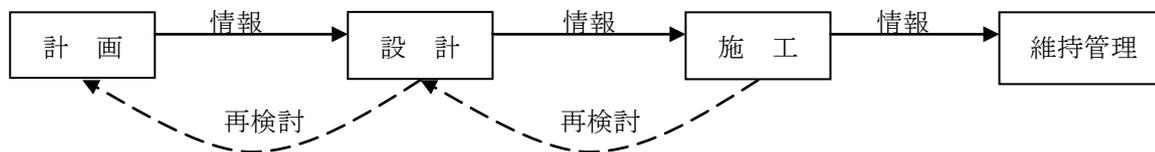


図 4.1.2 作業の流れ (2007 制定版より)

上記記述は、基本的に現行示方書の中でも明確に記載されているが、今後の改訂に当たっても、それぞれの編の関係や情報の引き継ぎの重要性を理解するための記述が不可欠である。情報の引き継ぎ手段としては、設計図書、施工計画書、工事記録、各種検査結果報告書などが代表的なものと考えられるが、情報の引継ぎ方法、情報の種類などについては、各編での記載のみならず、[共通編]で扱うべきものとも考えられる。なお、情報の内容と定量的なデータの取得方法およびその有効活用策について今後、検討を深める必要がある。

4.2 信頼性のあるコンクリート構造物の実現

4.2.1 要求性能の定義と照査の方法

コンクリート標準示方書は、性能照査型設計法の概念に基づいている。すなわち、構造物に要求される性能を最初に明示し、設定した構造諸元、施工法、維持管理により実現される構造物が必要とされる要求性能を満足することを照査することが基本となる。構造物の要求性能は種々あると考えられる。2007年制定示方書設計編「2章 要求性能」では、土木分野の一般的なコンクリート構造物に要求される性能の種類と、各種要求性能は何を考慮しどのように設定すべきか、について述べられている。本稿では、次期示方書に向けて行われた構造物の要求性能に関するWGでの議論を振り返る。

構造物の要求性能は多岐に渡るため、従来どおりいくつかの種類に括るのが適当であろう。性能の分類については、コンクリート標準示方書を含む種々の設計基準により多少違いが見られる。これは、性能の分類の考え方に緒論あることを示している。

「安全性」「使用性」については、意味、重要性が明確であり、これらを構造物の要求性能として掲げることには異論はみられない。多くの基準類においても要求性能として定義されている。これらは今後の示方書においても、構造物の要求性能として定義されるべきであろう。

「耐久性」は性能の分類として必要かどうかという議論がよくなされる。耐久性とは、構造物が必要とされる期間、必要とされる機能・性能を保持することに他ならないので、独立した性能として定義するのではなく、安全性や使用性などその他の性能の照査において時間の概念を取り入れることで対応したほうが、理論的にすっきりするとの主張がある。現行示方書では、そのような理論的側面も認めつつ、運用上の簡便性と、実際に性能低下を許容する場合は少ないとの実情から、耐久性を独立した性能として取り扱っている。すなわち、設計耐用期間中に構造物中の材料の劣化が生じないことを耐久性の要求性能とし、これが満足されるという前提のもとで、安全性や使用性を照査する方法をとっている。現状ではこの方法によっても問題はないが、将来、構造物の劣化予測技術が進歩し、性能の経時変化を考慮しつつ安全性や使用性の照査が行えるようになったならば、要求性能を満足する範囲内で性能低下を許容する設計も可能となるので、その際には耐久性を独立した性能としない体系への移行も検討してよいと思われる。

「復旧性」は包含する意味が広く、構造物の物理的な側面だけでは記述できないことから、安全性、使用性と同列に扱うことに異論が唱えられることがある。復旧性は、地震等による構造物の損傷に対する修復の難易度(修復性)のみならず、被災後の復旧資材の確保、復旧技術の向上などのハード面や、復旧体制などソフト面の整備の有無等に大きく左右される。2007年制定示方書では、検討の末、復旧性を要求性能の大きな分類として掲げ、その中の項目として、コンクリート構造物の修復性に対する力学的な要求性能を設定することとされた。その前提として、復旧性に含まれる修復性以外の要因を別途考慮することとなっている。今後とも、復旧性を構造物の要求性能の分類として掲げるには、この考え方も継承してゆかなければならない。なお復旧性、修復性に関するこれらの議論は、主に設計編に関連して行われてきたものである。維持管理編では、環境作用による劣化が生じた構造物を維持管理する際に、構造物の「維持管理しやすさ」を考えている。これは、修復性と似た概念であると考えられるので、将来、性能の分類と定義を整理する際に検討するのがよい。

「耐震性」は、意味するところがわかりやすく、一般用語としてなじみがある。しかし、耐震性を性能照査体系の中で改めて考えると、地震に対する安全性、使用性、復旧性であるので、これらと並列に掲げると不合理な面がある。一方、地震の作用の大きさと、それを受けたときの安全性、使用性、復旧性の要求性能のレベルとを

セットにし、耐震性能1, 2, 3と定義する方法が従来とられてきたので、耐震性という用語は設計実務上においても便利である。2007年制定示方書では、耐震性は構造物の要求性能としては掲げられていないが、地震作用に対する諸性能を照査する段階では、「耐震性に関する照査」という言葉が用いられている。

要求性能を明示するという事は、構造物がその性能を満足しているかどうか照査することと対である。照査とは、一般に計算や実験など、検証可能な客観的な方法により行う行為であるので、性能照査型設計体系で取り扱う構造物の要求性能とは、そのような方法により評価可能な量である必要がある。構造物の安全性、使用性、耐久性など、従来なじみのある性能の多くは、これにあてはまる。しかし、構造物の環境や景観に関連する側面は、構造物の設計時に考慮すべき重要な事項であることは確かであるが、一方で定量的な照査になじみにくい性格を有する。これらを、性能照査体系の中でどのように取り扱うべきかについては、各所でよく議論される問題である。構造物の環境側面についてのより専門的な検討は環境WGにおいてなされているので、そちらを参照されたい。客観的な照査を行うかどうかに関わらず、構造物に求められる性能として環境や景観に関連する側面があることは事実であり、構造物の設計時にこれらについて考慮すべきであることは、安全性、使用性、耐久性などと並んで示方書に明示するのがよいと考えられる。

以上を踏まえ、2007年制定示方書設計編「2章 要求性能」をベースに、構造物の要求性能について条文・解説形式で取りまとめると以下ようになる。

1. 一般

(1) 構造物の設計耐用期間は、構造物に要求される供用期間、構造物の置かれる環境条件、維持管理計画、ライフサイクルコスト等を考慮して定めるものとする。

(2) 構造物には、施工中および設計耐用期間内において、構造物の使用目的に適合するために要求されるすべての性能を設定することとする。一般に、耐久性、安全性、使用性、復旧性、環境および景観などに関する要求性能を設定することとする。

【解説】(1)について 構造物の設計を行う場合、設計される構造物の設計耐用期間を設定する必要がある。設計耐用期間は、構造物の使用目的ならびに経済性から定められる構造物の供用期間、構造物の設置される環境条件を考慮して定めるものとする。

(2)について 設定された要求性能は、設計耐用期間において全て満足されなければならない。構造物には、一般に耐久性、安全性、使用性、復旧性、環境および景観などに関する要求性能を設定することとした。これらの要求性能に関係する詳細な項目を設定する必要がある。設計耐用期間内を通じて構造物が安全性、使用性、復旧性およびその他の要求性能を満たすためには、構造物は供用中の環境作用によりこれらの性能に支障をきたす材料劣化や変状が生じてはならない。

2. 耐久性

(1) 耐久性は、想定される作用のもとで、構造物中の材料の劣化により生じる性能の経時的な低下に対して構造物が有する抵抗性とする。

(2) 耐久性の照査は、想定される劣化現象ごとに劣化の進行の限界状態を設定し、構造物が供用条件下で設計耐用期間内にその限界状態に達しないことを、客観的方法により確認することにより行うものとする。

【解説】(1)について 構造物の耐久性とは本来、安全性、使用性、復旧性等の要求性能が設計耐用期間中のすべての期間にわたり確保されることを目的に設定されるものであるため、これらの性能と独立ではなく、これらの性能の経時変化に対する抵抗性となる。しかし、任意の条件下で経時変化を考慮して構造物の安全性、使用性、復旧性等の性能を時間の関数として精度良く評価することは、現段階では技術的に難しい。また、性能の低下を許して構造物を供用することが、必ずしも経済的メリットをもたらさない場合もある。そこで、一般的には、設計耐用期間中には環境作用による構造物中の各種材料劣化により不具合が生じないことを構造物の耐久性の要求性能として設定し、この前提が満足されているもとで、安全性、使用性、復旧性等の要求性能に関する照査を行う方法がとられている。このことにより、構造物が設計耐用期間にわたり各種の要求性能を満足することを間接的に担保している。

(2)について 構造物の耐久性は、塩害（塩化物イオンの侵入による鋼材腐食）、中性化、凍害、化学的侵食など、想

定される劣化現象ごとに検討するのが簡便で一般的である。ただし、複数の劣化現象の相互作用の影響が大きい場合は、複合劣化として考慮すべきである。なお、個別の構造物の照査にあたっては、当該構造物に想定される劣化現象のみを考慮すればよい。各劣化現象の限界状態は、その劣化現象により構造物に機能性能上の不具合が発生する状態や、構造物の安全性、使用性、復旧性等の照査の前提となっている条件が成立しなくなる状態を設定する。たとえば、鋼材の腐食が開始する状態、鋼材の腐食によりひび割れが発生する状態などが代表的な限界状態として考えられる。限界状態は、劣化進行の予測精度、要求される耐久性の水準、維持管理計画などを考慮して設定すべきである。

3. 安全性

(1) 安全性は、想定されるすべての作用のもとで、構造物が使用者や周辺の人々の生命や財産を脅かさないための性能とする。安全性には、構造物の構造体としての安全性と機能上の安全性があり、これらの両者の要求性能を設定しなければならない。

(2) 安全性の照査は、構造物の損傷、破壊、崩壊に関する限界状態を設定し、構造物が想定される作用のもとでその限界状態に達しないことを、客観的方法により確認することにより行うものとする。

【解説】(1)について 構造物の安全性は、変動荷重や、地震等偶発荷重の影響による破壊や崩壊等の構造物の力学上から定まる性能と、供用目的や機能の喪失から定まる性能に大別される。この示方書では、両者に対する安全性を設定することを原則とした。たとえば、コンクリート片の剥落による第三者被害を生じないことの検討も、設計段階では安全性の一項目として検討する。

(2)について 構造物の安全性の照査は、構造物の設計における検討事項として古くから行われている。照査の項目も、たとえば曲げモーメント、せん断力など断面力による部材の断面破壊に対する検討など、なじみの深いものが多い。近年では、数値解析により構造物の応答を汎用的にかつ精度良く予測することが可能となったので、これらを用いて性能評価を行うことを前提に、構造物の現実の応答に対応した限界状態を設定することも可能である。

4. 使用性

(1) 使用性は、想定される作用のもとで、構造物の使用者や周辺の人が快適に構造物を使用するための性能、および構造物に要求される諸機能に対する性能とする。

(2) 使用性の照査は、要求される項目ごとに限界状態を設定し、構造物が想定される作用のもとでその限界状態に達しないことを、客観的方法により確認することにより行うものとする。

【解説】(1)について 使用性は、快適に構造物を使用するための性能と通常の状態での諸機能に対する性能と定義した。

使用上の快適性には、一般の、乗り心地、歩き心地、外観、騒音、振動等を設定するのがよい。また、諸機能に対する性能には、一般に、水密性、透水性、防音性、防湿性、防寒性、防熱性などの物質遮蔽性・透過性等や、変動荷重、環境作用、偶発荷重等の各種要因による損傷が生じ使用するのが不適當とならない性能を設定するのがよい。

(2)について 構造物の使用性の照査は、対象とする性能項目に応じて様々な方法が考えられる。使用性において考慮する性能項目の種類は多岐にわたり、性能を直接的に表す指標を用いて照査を行うことが困難で、間接的な指標により照査を行う場合がある。たとえば橋梁のたわみなど変位・変形の限界状態は、乗り心地、歩き心地、振動等を間接的に表している。また、使用性が関連するのは、構造物の力学的な応答だけでなく、幅広い物理化学現象が含まれる。定性的な指標により性能を表し、照査を行う場合もある。

5. 復旧性

(1) 復旧性は、地震の影響等の偶発荷重等によって低下した構造物の性能を回復させ、継続的な使用を可能にする性能とする。復旧性は、構造物の修復の難易度や、性能の低下が及ぼす全ての要因を考慮して設定する。

(2) 復旧性の照査は、構造物の損傷、変形等を指標に限界状態を設定し、構造物の地震の影響等の偶発荷重等を受けた後の残留応答値がその限界状態に達しないことを、客観的方法により確認することにより行うものとする。

【解説】(1)について 復旧性は、地震の影響等の偶発荷重等により構造物の性能低下が生じた場合の、性能回復の難易性を表す性能である。土木構造物は一般に公共性が高いものであり、それらの機能の円滑な維持・確保が個人の生活や社会・生産活動に大きく影響を与える。したがって復旧性を要求性能として設定することとした。復旧性は、構造物の損傷に対する修復の難易度（修復性）のみならず、被災後の復旧資材の確保、復旧技術の向上などのハード面や、復旧体制などソフト面の整備の有無等に大きく左右される。この示方書では、修復性以外の要因を別途考慮す

ることを前提に、コンクリート構造物の修復性に対する要求性能を設定することとした。

(2)について コンクリート構造物の修復性は、一般に、修復しないで使用可能な状態や、機能が短期間で回復できる程度の修復が必要な状態等を念頭において、荷重の規模に応じた要求性能のレベルを設定するのがよい。

なお、ここでいう性能は構造物全体としての性能である。一般に、構造物全体の性能は、構造物を構成する構造要素の性能と密接な関係にある。したがって、構造物全体としての性能を満足するためには、構造要素の性能との関係に十分配慮し、構造物全体としての復旧性を満足できるように設定する必要がある。

6. 環境、景観などへの配慮

構造物の環境への影響や景観などの側面について、必要に応じて設計計画段階で適切に考慮するものとする。

【解説】 この示方書では、要求性能として耐久性、安全性、使用性および復旧性を具体的に規定した。この他に、構造物が環境に与える影響や景観などの側面も、構造物に求められる場合がある。これらは、必ずしも、要求性能を明確に設定し、それを満足しているかどうか照査するという流れに適したものではないが、構造物の設計計画段階で可能な配慮を行わなければならない。環境に関する側面には、地球環境、地域環境、作業環境等の自然等環境に対する適合性などがある。

4.2.2 構造計画

構造計画は2007年版において新しく記述された箇所である。コンクリート構造物を前提とした構造形式などを選定する際の基本的な考え方を、要求性能、施工、維持管理、環境、経済性などに関連させて記述されている。構造計画において、建設に要する費用が概略決まることになり、また、将来の維持管理に要する費用も左右されることになることから、将来の維持管理も考慮し、さらには、ライフサイクルコストも考慮して十分な検討を行わなくてはならないことを記述した。

この構造計画は、次回の改訂においては【共通編】において記述される予定であるが、その内容は2007年版と大きく変更されるものではない。

しかし、次期改訂に向けた議論の中で、現行の構造計画に若干の修正を加えた方がよいとの意見が出されたことから、以下では現行の記述の中から重要箇所を抜き出し、若干の修正を加えたものを示す。

3.1 一般

- (1) 構造計画においては、構造物に要求される性能を最も合理的に満足できるように、構造形式、使用材料、主要寸法を設定しなければならない。
- (2) 構造計画においては、この示方書に規定される要求性能を満足できるように、構造物の施工方法、維持管理手法、周囲の景観に及ぼす影響、自然および社会環境に及ぼす影響、経済性などを考慮し総合的に検討しなければならない。
- (3) 合理的な構造計画を立案するために、建設予定地点の状況、構造物の規模などに応じて必要な調査を行わなければならない。

【解説】

構造計画とは、構造物の要求性能が決定されてから、構造形式、材料、主要寸法を決定する段階、と定義する。構造物に求められる用途・機能と合致するように構造計画を検討しなければならない。

また、関連する法令、基準の内容や解釈を十分に検討のうえ、適切に適用する必要がある。

構造計画に当たっては、関連する機関と事前に十分協議しなければならない。構造物の形式、材料、主要寸法の決定においては、施工方法、維持管理手法、環境および景観に与える影響、経済性などを考慮し総合的に検討しなければならない。

3.2 要求性能に関する検討

構造計画においては、設計耐用期間にわたり、構造物が所要の耐久性、安全性、使用性および復旧性を確保するように考慮しなければならない。

【解説】

耐久性、安全性、使用性、復旧性の定義は別章を参照のこと。

3.3 施工に関する検討

構造計画においては、施工に関する制約条件を考慮しなければならない。

【解説】

施工に関する制約条件を十分に考慮して構造計画を行うことは極めて重要である。構造物の形状によっては、型枠や鉄筋の加工・組み立てが複雑になり、施工精度の低下、構造物の所要の品質および性能の確保が困難になる、あるいは、施工精度を確保するために施工工程が遅延する、などの影響がある。そのため、構造物の品質確保や施工の合理化を図るため、大型の鋼製型枠の使用や鉄筋のプレハブ化などの採用を構造計画の段階で検討することも必要である。このように、構造形式が施工方法から決定される場合もあり得ることから、施工に関する制約条件を十分考慮した上で構造計画を立案することが必要である。

3.4 維持管理に関する検討

構造計画においては、構造物の重要度、設計耐用期間、供用条件、環境条件および維持管理の難易度等を考慮し、供用中の維持管理が容易になるような計画を立案しなくてはならない。

【解説】

構造計画においては、供用中の維持管理作業が効率的に行えるように、また対策に要する費用が極力少なくなるように、構造形式や使用材料を検討しなくてはならない。構造物の維持管理計画を構造計画の段階で明確にしておくことは、管理段階で策定する維持管理計画にこの情報を十分に反映させることができ、合理的な維持管理の実現に寄与することになる。したがって、構造計画の段階から維持管理計画を検討しておくことが重要である。

3.5 景観に関する検討

構造計画においては、コンクリート構造物が周辺の景観に与える影響を考慮しなければならない。

【解説】

建設されたコンクリート構造物が周辺の景観に与える影響は構造計画の段階から十分に検討しておかなくてはならない。土木構造物は、建設されてから長期にわたり存在する社会資本であり、その存在自体で景観を左右する影響力を持っている。景観は、構造形式に依存する部分が大きいため、構造計画段階で構造物を含む周辺の自然景観を阻害することがないように十分な検討が必要である。

3.6 環境に関する検討

構造計画においては、コンクリート構造物が自然や社会等の環境に与える影響を考慮しなければならない。

【解説】

コンクリート構造物が自然や社会等の環境に与える影響は、コンクリート構造物の構成材料の製造、構造物の施工、供用、維持管理等の各段階において生じる可能性があり、それぞれの段階において環境に対して影響を与える要素に着目して検討する必要がある。

自然環境に与える影響は、温室効果ガス、大気汚染物質、水質・土壌汚染物質の排出、資源、エネルギーの消費、廃棄物の排出による影響を総合的に考慮して検討しなくてはならない。総合的に環境負荷を評価する枠組みにおいては、関連する全ての環境に影響を与える要素を考慮する必要があるため、これらの法体系に基づく検討のみならず、構造物の設計耐用期間の各段階における地球環境、地域環境および作業環境への影響を考慮しなければならない。

3.7 経済性に関する検討

構造計画においては、構造物のライフサイクルコストの観点から経済性を検討しなければならない。

【解説】

構造計画においては、経済性に優れた構造形式、部材寸法、材料等を選定することが極めて重要である。経済性は、構造計画の段階でほぼ決定されることから、十分な検討が必要である。従来、構造物の経済性の検討に際しては、初期の建設コストに重点がおかれていたが、社会資本ストックが増大し、その維持管理に多額の費用が費やされている現状を踏まえると、初期の建設コストだけでなく、維持管理や更新を考慮したライフサイクルコストの観点からの検討が必要となる。

以上、記述されているように、構造計画とは構造形式、使用材料、主要寸法を設定する行為であるが、考慮しなければならないことは多岐にわたる。本示方書では、施工方法、維持管理方法、周囲の景観に及ぼす影響、自然および社会環境に及ぼす影響、経済性について十分に考慮することを求めている。中でも景観や環境に対する配慮はこれまで以上に一般社会から求められることになるであろう。この点の配慮が不十分であると、完成した構造物が社会から受け入れられないことも起こり得る。

また、構造計画の段階で維持管理を考慮することも、一般的にはこれまでになされていない。しかし、維持管理を適切に行うことのできない構造物は、最終的にはライフサイクルコストが増大することは間違いがない。構造物を造るだけの視点ではなく、守るところまで考えなくてはならない。

4.2.3 性能確保

(1) 性能確保の仕組み

コンクリート標準示方書は、性能照査型設計法の概念に基づいて記述されている。性能照査型設計については、既に一般的な概念になりつつあり、その意義や特徴については一般の技術者にも概ね理解されているものと思われる。構造物の品質を保証することは、コンクリート構造物の性能確保と直接的にリンクしているので、ここでは性能確保の観点から、今後のコンクリート標準示方書の骨子について考えてみる。

構造物の構造計画においては、当該構造物が置かれる諸条件、設計供用期間、構造特性、材料特性、点検診断および維持工事等の難易度、重要度等が勘案され、その性能確保の基本理念（「性能確保シナリオ」という）が示されなければならない。一般には、メンテナンスフリーに近い構造物、予防保全を行う構造物、あるいは事後保全でも十分な（あるいは、そうせざるを得ない）構造物に大別されることが多い。構造物の設置者や設計者は、それぞれの理念に基づいて、構造物の性能低下の状況を予想し、設計・施工や供用中の維持管理計画を考えることになる。

メンテナンスフリーに近い構造物は、高い耐久性を当初より付与することで、変状の発生を防止し、設計供用期間中に構造物の性能が要求性能を下回ることのないようにするものである。所要の耐久性を確保するような材料・工法を用いるとともに、供用期間中に的確な点検・診断を行うことが求められる。

本来は、構造物には、その設計供用期間中に変状を発生させないこの考えを選択することが望ましいが、合理性や経済性等の観点、あるいは50年以上という長期間の技術の信頼性の観点から、多くの場合は難しい。そのため、これより少し初期性能のレベルを落とした予防保全の考え方を選択してもよい。これは、供用中に施設の性能が低下することを許容するものの、予防保全的観点から維持管理上の限界（維持管理限界状態）を高いレベルに設定し、劣化が軽微な段階で小規模な対策を繰り返すことにより対処するものである。また、事後保全の考え方は、構造物の性能が要求性能あるいは維持管理の難易などから定まる構造物特有の限界性能レベルを下回る直前（あるいは少し下回った時点）で対策を行い、性能の回復を図るものである。事後保全を基にした維持管理であるため、対策を施す際に既に必要な性能が失われている可能性があり、構造物の主部材に設定するレベルとしては適切ではないと思われる。

同一の材料・施工法で建造された施設であっても、部材に生じる劣化や変状には非常に大きなばらつきが生じ、空間的な多様性を示す。そのため、例えばコンクリートの塩害に対する耐久性の照査に際しては、このばらつきに対応するために予測式に中かなりの余裕を含ませている。したがって、設計照査上NGとなっても、幸運な場合には性能低下に至るような劣化が生じない（顕在化しない）ことや、生じたとしても建設後かなりの時間が経過した時点となる可能性がある。したがって、設計時点では材料劣化による性能低下をある程度許容し、対策が比較的容易に行えることを前提として、劣化が顕在化した初期の時点で対策を実施することを設計時点であらかじめ考慮しておく方策も有効となることが多い。

一般的に当初より付与する性能レベルの高い構造物では、初期建設コストは高いものの、供用中に補修等の対策を計画する場合と比べてLCC（Life-Cycle Cost）が低減できる可能性が高い。いずれの性能確保シナリオを設定したにしても、維持管理の過程で当初設定した劣化予測の精度を検証するとともに、実態に合致するように予測手法や入力データ等を見直し、性能確保シナリオを修正していくことが肝要となる。

コンクリート標準示方書において、構造計画、設計、施工、維持管理を貫く共通の指標は性能である。したがって、それぞれの段階で想定する性能確保シナリオに見合った性能の確保を行い、総合的な性能の確保に努めることが求められる。例えば、当初から耐久性を十分に考慮しなかった構造物に供用途中から予防保全を求めても一般には無理がある。性能確保シナリオに基づいた設計、施工が行われ、始めて設定した理念に基づく維持管理が可能となる。

(2) 各建設段階における性能確保の仕組み

構造物の計画から供用（維持管理）に至る流れにおける各段階での性能確保の仕組みについては、コンクリート標準示方書の各編における性能確保の仕組みに置き換えて考える。

構造計画における性能確保は、構造物の設置目的や重要度、機能、要求性能、設計供用期間、維持管理の難易

等に基づいて性能確保シナリオをどのように立案するかということになる。性能照査型設計においては、照査すべき構造物の構造形式、断面寸法などを仮定することになるが、この段階の作業が十分でないで、照査段階で手戻りが生じ、再度構造計画に戻ることにならざるを得ない。したがって、設計、施工、維持管理における性能確保が満足されるように、構造計画の作業を行うことが肝要である。

照査における性能確保は、構造物の信頼性に関する一般原則を規定した ISO 2394 の考え方に準拠した体系が将来的には必要である。ここでは、部分安全係数法に基づく照査について規定されている。コンクリート標準示方書では、限界状態設計法が採用された昭和 61 年版から部分安全係数が導入されているが、この係数の設定については根拠が明確になっていないものもある。示方書の海外展開も考慮すると、コンクリート構造物の各建設段階における諸条件に応じて部分安全係数を修正することを明確にし、係数の修正の考え方について言及されるとよい。基本的には、示方書の記述に従って照査がなされ合格すれば、性能が確保されていると考えてよい。

また、健全性 (Integrity)、堅牢性 (Structural robustness)、冗長性 (Redundancy) など、照査において直接定式化されない性能確保の考え方の取り扱いについても、検討するとよい。

合わせて設計あるいは照査の結果に対する認証・保証のための制度の充実が求められる。これは、コンクリート標準示方書に限ったことではないが、設計の発注者、受注者、照査者（ここで言う照査は、上述の性能の照査という意味ではない）の 3 者関係を軸とした保証システムと検査システムのあり方について検討が求められる。

施工における性能確保については、構造物の性能照査の前提条件となるべき事項である。コンクリート標準示方書・設計編における性能照査の手法は、同・施工編に基づいてコンクリートの製造・施工が行われることが前提になっているため、施工編に基づく品質管理 (施工管理) および品質検査 (竣工検査) が行われることになる。2007 年版のコンクリート標準示方書では、施工者が行うべき品質管理としての項目と、検査者 (発注者) が行うべき検査項目とを明確に区別して記述されている。現状を反映して、さらに検査項目の充実がなされるとよい。理想的には、示方書の設計編・施工編の記述どおりの施工がなされれば、供用中にコンクリート構造物に不具合が出る可能性は小さいと言える。しかしながら、現状では供用早期に何らかの変状が見られる構造物も散見される。これには種々の理由があると推察されるが、特に示方書・施工編の読み落とし、理解不足、軽視等もその理由になっている場合もあるのではなからうか。特にこのような理由による性能の低下が生じないように、技術力と倫理観の向上も性能確保のシステムとしては重要である。

維持管理における性能確保については、基本的にコンクリート標準示方書・設計編および同・施工編の考え方に準じている。しかし、新規に構造物を建設する Virtual world から既に建設されている構造物を対象とする Real world への切り替えが必要である。このためには、(4)において述べるように、既設構造物の保有性能の定量化の手法を確立することが望ましい。また、(1)で述べた性能確保シナリオの見直しや(3)で述べるアセットマネジメントにおける補修・補強投資判断の考え方等についてもコンクリート標準示方書・維持管理編において取り扱われるとよい。

上記の各建設段階での性能確保においては、材料、コンクリート、その他資材等の調達や設計・施工の契約制度、これらを統括するコンストラクションマネジメントについても、その考え方を性能確保の一環として取り入れる方がよい。また、性能を確保するシステムの一環としての教育や倫理観の育成など、コンクリートに関わる技術者の技術力の向上と行動規範の確立についても、コンクリート標準示方書との両輪として体系化されることが望ましい。

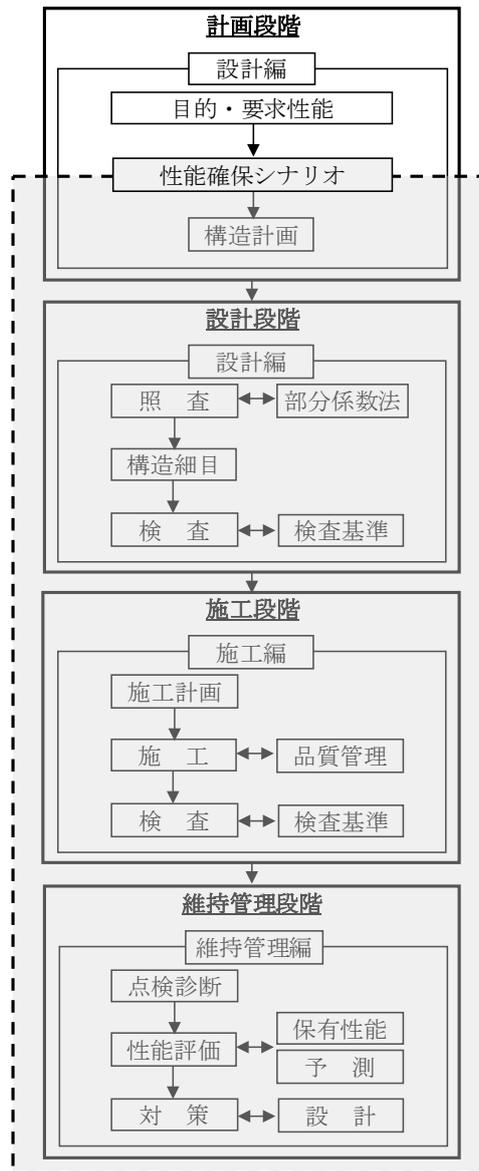


図-4.2.1 各段階における性能確保のためのシナリオ立案が重要
(ハッチの部分すべてを性能確保シナリオがカバーする)

(3) アセットマネジメントに対する考え方

土木構造物は本来必要な性能を確保しつつ長寿命化が果されるものである。しかし、計画・設計・施工・維持管理が適切でない場合にあつては必ずしもそうとはならないこともある。また、当初想定した設計供用期間を超えて、長期の供用期間となった場合への対応も必要である。

コンクリート構造物整備のパラダイムは、高度成長期の「潤沢な予算の下で不足するものを建設すること」から、「限られた予算の中で、質の高い社会基盤構造物を創造・保生すること」へと変換を遂げることが求められている。このような社会情勢の下で、昨今では構造物の建設・点検・維持管理・更新を含めて、その費用や便益を総合的に評価する方法論として、構造物のアセットマネジメントという概念が注目されるようになってきている。

アセットマネジメントという用語は、現預金、株式、債券および不動産などの流動性の高い投資資産を総合的に管理するという意味で用いられることが一般的である。そのため、構造物のアセットマネジメントとは、構造

物を資産として捉えた社会経済的な観点からの検討を付加する必要がある。つまり、構造物の維持管理（点検診断・対策）に際し、構造物の性能および機能という効果に対する設計、施工、維持管理の投資、すなわち投資対効果を総合的に判断して行うものと考えられる。

構造物のアセットマネジメントとは、(a)点検・対策、(b)構造物（資産）マネジメント、(c)資産会計マネジメント、の3項目により構成されると解釈される。言うまでもなく、これら3項目のうち、構造物の性能（機能）評価に関わるものは、(a)点検・対策、(b)構造物（資産）マネジメントであるが、(b)構造物（資産）マネジメントは、(a)点検・対策を包含するより上位の項目と位置づけられる。さらに、これらの各マネジメントは、共通のデータベースを有するシステムとして運用される。このような観点からは、構造物（資産）マネジメントは、構造物の点検・対策と予算・会計等のより広義のマネジメントとのインターフェースと位置付けられ、工学的観点と経済的観点との融合分野と考えられる。つまり、この構造物（資産）マネジメントにおいて必要となる検討要件は、以下のように要約される。

- 1) 構造物の性能（機能）水準の現在状態の把握
- 2) 構造物の性能（機能）低下に対する将来の状態の予測
- 3) 構造物の性能（機能）低下過程のモニタリング
- 4) 費用対効果の評価を含めた適切な部位およびタイミングでの点検診断および対策のルール化

指標としてLCCが有望であるものの、NPV（Net Present Value）、DCF（Discount Cash Flow）等も考慮し、便益や対策に伴う損失についても考慮できるようになることが望まれる。また、LCCに加えて、構造物の総合的な環境影響や環境便益を考慮したLCA（Life-Cycle Assessment）に基づく指標（たとえば、エネルギー消費量や二酸化炭素排出量など）もマネジメントの指標として併用することも将来的には望まれる。

(4) 要求性能を満足しない構造物に対する考え方

コンクリート構造物がその構成材料の劣化や荷重による損傷によって、必要な性能を維持できなくなることがある一方、構造物へ要求する性能が時代の変遷とともに変化し、結果的に要求性能を満足しない構造物が生み出される。

このような構造物（「既存不適格構造物」と言われることがある）に対しては、性能をベースとする維持管理の体系において、常に要求性能と構造物の保持する性能との比較（照査）に際して次の方策を検討する。

- 1) 現時点で当該構造物に想定される要求性能をベースに照査する
- 2) 予定残存供用期間を考慮して、要求性能を適切に設定する
- 3) 建設当時に考えられた要求性能を想定し、それをベースに照査する

1)の場合はフルスペックであり、補強等の対策を行うことで、現時点の設計基準等で求められる性能が満足できる。

2)あるいは3)の場合は、現時点の設計基準類で求められる性能を割り引いて考えることが一般的であり、構造物の供用に制限を加えたり、当該構造物に直接対応しないまでも周辺構造物への対応あるいはソフト的な対応で、間接的に要求性能を満足させたりすることが考えられる。

構造物に要求される性能と構造物が保有する性能とを比較することは、性能照査型設計の照査の基本である。したがって、コンクリート標準示方書の枠組みから逸脱するものではないが、既に建設され供用されている構造物が保有する性能を定量化するといった観点からの、コンクリート標準示方書の充実が望まれる。

4.2.4 責任技術者の役割と責任

(1) 責任技術者の定義と倫理

コンクリート示方書で記述する「責任技術者」の責任と権限および権限を行使するに当たっての倫理を明確に定義する。2007年版示方書では「コンクリート構造物」に責任を持つ技術者との記述があるが、責任と権限、つまり責任技術者は何を行い、どのように責任を果たしていくかについて具体的に記述する。それによって責任技術者のプロジェクトあるいは工事における役割が示方書の利用者に明確となる。実際の工事においては、工事が全てコンクリート構造物ということはありませんし、コンクリート構造物といっても、掘削があれば基礎工もある。2007年版の示方書では、示方書の取り扱う範囲でコンクリート構造物に責任技術者という定義したが、設計や施工の実務では、位置づけが明確でないように思える。今回の示方書改訂では、各々のコンクリート構造物に対して求められる性能を満足するために、設計・施工・維持管理のプロセスにおいて、責任技術者の役割をわかりやすく解説する。

倫理については、発注者・受注者それぞれの責任技術者が、要求された性能を満足するコンクリート構造物を設計・施工、維持管理することができるために、守らなければならない点について記述する。土木学会倫理規定、仙台宣言、土木構造物示方書程度で特にコンクリートに特化したものでなくて良いと考える。

(2) 契約方式と責任技術者のあり方

この部分では、発注者特に国土交通省、JR、高速道路会社などの設計実務や工事の契約や進め方を調査し、実務で示方書が特記事項を除いて共通事項として使われるように記述することが重要である。実務では、特記仕様書、共通仕様書、標準示方書の優先順位で運用されている。実務で使われるためには、少なくとも共通仕様書（地方整備局単位で整備される）との整合性を取っておく必要がある。示方書で定義するコンクリート責任技術者と契約で定義される工事の監理技術者との関係を明確化する必要がある。工事を発注する側（国土交通省など）と示方書改訂委員会が議論を重ね、コンクリートの責任者について規定することが良い。また、責任技術者の責任と権限について明確に記述することが重要である。

(3) 設計段階における責任技術者の役割と責任

設計における責任技術者の役割は、コンクリートに要求される性能を明確にし、構造物がその性能を満足するように設計することである。性能を満足するために、示方書に記載されていることが確実に守られているか照査するとともに、示方書の記述のない事項に対して、技術的な対応（判断）に対する責任を負う。

(4) 施工段階における責任技術者の役割と責任

施工は、発注者が直接行うことはほとんどなく、請負契約によることがほとんどである。その関係を基に、発注者側の責任技術者と受注者側の責任技術者について、実施にどのような業務をするのか、具体的に示す。受注者においては、工事の監理技術者との関係を明確に示す。また、責任技術者に求められる資格を明確に示す。

コンクリートに要求される性能が明確に示され、それを満足するために示方書に記載されている事項が確実に履行されていることに責任を持つ。設計同様、示方書に記述されていない事項に関して、技術的な対応をとり、その結果に責任を持つ。

(5) 維持管理段階における責任技術者の役割と責任

維持管理業務は発注者自身で直接行われることが多い。しかし、今後は維持管理業務を外部に委託する場合も

想定し、維持管理における責任技術者の役割について定義する。特に維持管理では、幾つかの変状に対して示方書の記述範囲を超えた技術的判断が求められる。また、構造物を運用しながら維持管理することになるため、責任技術者の役割を実務に照らし合わせて、明確にすることが必要である。また、その能力について、日常の維持管理が目視で行われていることから考えて、日常点検で変状が大まかに判断でき、詳細点検の必要性および方法が提案できる能力を持つものなど、能力についても記述が必要である。

4.3 環境に対する示方書の役割

新たな世紀を迎え、継続的経済活動における環境保護やエネルギー資源の確保への関心が高まっている。特にCO₂については、環境保護ならびに化石燃料の有効利用という観点から、その排出量を極力減じることが必要とされている。

一般に、構造物の建設が環境に及ぼす影響は小さくなく、このような時代を迎え、建設に携わる我々土木技術者も、環境に対するより高い関心を持つことが必要となってきた。インフラストラクチャーは、人間の活動に対する「良い環境」を整備するために建造される。しかしながら、土木構造物は規模の大きいものも多く、それが建設される地域の自然環境へ種々の影響を与えると同時に、工事の際にも騒音や振動などの影響を与える。また、構造物の建設に用いる鋼材やセメントの製造にはCO₂の排出が伴い、加えて工事の際にも燃料や電力の消費によりCO₂を排出する。このように、土木構造物の建設には、地域環境や地球環境への環境負荷が必ず付随することとなる。ただし、土木分野におけるCO₂の排出量は全産業の1割程度であり、そのうちのおよそ75%は材料の製造に伴うものと言われている。

これからのコンクリート標準示方書においては、このような背景に基づき、土木技術者の環境に対する意識を高めるよう配慮した改訂が必要である。現行の示方書でも、構造物の設計、施工、維持管理の各段階において、関連する事項の解説等に環境への配慮をすべきであるということが記されている。しかしながら、特に「環境」を具体的な検討事項として取り扱っておらず、土木技術者の環境に対する意識を向上させるためには、「環境」を前面に出した記述が必要であり、環境に対する具体的な検討方法を示すことも必要である。ここでは、このような改訂における基本的な考え方について、今期の示方書改訂小委員会における審議内容を示す。

4.3.1 改訂の基本的な考え方

文化的な生活や、人の生活における利便性の確保のためには、インフラストラクチャーの建設が不可欠である。一方、構造物の建設や維持管理では、それ自体に必ず何らかの環境負荷が発生する。したがって、構造物の建造において環境負荷を生じることは不可避であることから、そこで発生する環境負荷をなるべく低減させるよう、設計～施工～維持管理において可能なかぎり配慮することが必要であり、そのためには個々の技術者が環境に対する特に高い意識を有することが必要となる。

新設、既設構造物に対する環境への配慮については、次のようにまとめることができる。

新設構造物：構造物を建設するという行為は、それに付随する環境負荷を前提としてなされる。このように建設した構造物は、できるだけ長期間供用すべきであり、そのためには高い耐久性を有するよう、設計、施工、維持管理がなされることが重要となる。（これまでの改訂も、このような方向になされているが、それを環境との関係においてより前面に出すこととなる。）また、設計段階では、許容されるコストの範囲内で、環境負荷の小さい構造形式を選定するなど、構造計画の段階で詳細な検討がなされるべきであり、施工段階でも、環境負荷とコストの両面のバランスを考慮した工法選定などが必要となる。さらに、維持管理においても、構造物の診断や必要に応じてなされる補修、補強などの対策の際に生じる環境負荷をなるべく小さくするよう、経済性とのバランスも含めた配慮が必要である。

既設構造物：構造物の建設に伴う環境負荷は、既に及ぼされており低減できない。しかしながら、環境負荷を生じて構造物を建造したことは技術者として認識すべきであり、造った構造物をできるだけ長く供用することが既設構造物における環境負荷低減の基本となる。したがって、安易に解体・撤去して再構築するというようなことはせず、できるだけ長期にわたり有効に活用すべきである。このような考え方に基づく維持管理が、これからの時代においては特に重要となる。

基本的な考え方は上記のとおりであり、設計～施工～維持管理のそれぞれの段階において、経済性などの他の要因とのバランスも踏まえ、環境負荷を極力減らすというスタンスとなる。また、「いつも交通渋滞をするような道路や橋梁を拡幅することで、不必要な交通渋滞（ガソリンの無駄な消費）を軽減することとなり、そのような改修を行う時点では一時的な環境負荷が生じるが、それ以降はそれ以前に比べて自動車による環境負荷が減少し、長期間（ライフサイクル）を考慮すれば結果として環境負荷が小さくなる」というような環境便益の評価も可能であるが、最近ではハイブリッドカーが実用化されており、さらに近い将来には電気自動車の普及といったことも考えられ、このような検討には社会情勢の将来予測といった難しい課題があることにも注意が必要である。

環境として、CO₂などの排出、大気や土壌の汚染、騒音や振動、その他の事項を対象とし、可能なかぎり定量的に評価することとする。ただし、あまり範囲を増やすと收拾がつかなくなる。したがって、現状の技術レベルで記載可能な事項に関し、次期の改訂小委員会の期間内で可能な範囲を対象として改訂するのがよいと考えられる。また、定量的な評価が望ましいが、それが困難な事項については、「定性的であっても、そのような事項に対する意識を持つことが重要」といった内容を示すべきである。改訂は次期以降もなされることから、社会情勢の変化や、技術の進展に応じて、それ以降の改訂でより詳細なものとするといったスタンスで改訂に臨むのがよいと考えられる。

環境への配慮としては、定量的評価が可能なもの、法規等で規制されているもの、定性的にしか評価できないものとして次のように区分できる。

①定量的評価が可能なもの

- ・CO₂の排出：「環境性能照査指針（試案）」をベースに記述するとよい。また、最近ではインベントリデータの整備が各所で行われているので、それらの動向も踏まえて示すことも検討すべきである。CO₂排出量は、標準的な設計や施工方法等によるCO₂排出量と、環境負荷の低減を目的とした代替え案におけるCO₂排出量の比較という形で検討することができ、具体的かつ定量的に環境負荷低減効果を評価できる。また、目標とするCO₂排出量を設定し（あるいは発注者が提示し）、それを満足する構造形式、構造諸元、施工法を選定するという検討方法も考えられ、この場合には、目標値を満足するか否かを照査するという形で示すことも可能であるが、後に示すように、照査という用語を用いるか否かという事項に関しては更なる検討が必要である。

- ・騒音や振動：建設機械や工法における騒音や振動の評価方法について、現行の評価手法の簡単な紹介といった内容で十分であると思われる。

※これらの事項は、設計、施工、維持管理における具体的な内容を比較検討することとなるが、比較検討対象のうち環境負荷が最小となるものを選定しなければならないとはせず、他の要因（経済性など）も併せて、許容できる範囲内の環境負荷となったものから適切に選定するというスタンスとするのがよいという意見が多かった。

②法規等で規制されているもの

- ・大気や土壌の汚染：法規で規制されていることから、法規の規定を必ず満足させる。また、それを示すために必要な測定法や評価手法などにも言及する必要がある。

③定性的にしか評価できないもの

- ・その他の事項：その他、些細な事項であっても、環境への意識として重要となるような事項を抽出し、それに関して簡単に記す（道徳的あるいは観念的等になると想定されるが、土木技術者の環境に対する意識の向上を啓蒙するという観点からは重要であると想定される）。

環境負荷の影響範囲については、CO₂の排出など地球規模のものと、騒音、振動、土壌汚染など地域的なものに大別される。このような区分も環境の検討において取り込むことが必要である。

環境と構造物の関係については、構造物自体が環境という特性を有するものではなく、構造物との係わりという点で、環境は密接な関係があるといえる。「環境性能」という用語を定義すると、構造物が「環境性能」というものを有しており、その限界値があってそれを超えないことを照査することになるが、「環境への配慮」はこのようなものではない。先に示したように、目標値を設定し、それを満足するか否かを照査するという形式も考えられるが、この目標値を満足しない場合に構造物に不具合が生じるということではなく、性能照査の対象とされている種々の性能とは性格が異なっている。このような理由から、「環境性能」という用語は用いないのがよいという意見が多かった。

環境への配慮は、現行の設計、施工、維持管理等における、「経済性」の考慮と類似点がある。すなわち、必要な機能が確保できる構造物を「なるべく安価」に建設するという検討が一般になされており、この「なるべく安価」という表現を「できるだけ環境負荷を生じないように」と置き換えると環境への配慮となる。このような観点からは、「環境への配慮」に対する用語として「環境性」といった用語が挙げられる。環境への配慮と経済性については、上記のような類似点はあるが、経済性は対象とする構造物が建設される地域におけるその時代の社会やそこに生活する人々に対する利益を対象としているのに対し、環境への配慮では、限られた地域だけでなく地球規模で影響が及ぶこともあり、さらにはその時代だけでなく、それ以降にまで影響する場合もあるという相違点も有しており、このような観点からもその重要性が明らかである。また、現行の維持管理編では、コンクリートのはく落片などが落下して、その下の人や器物に損害を及ぼすといった事象を「第三者影響度」という用語で表現している。この延長線上に位置する用語として「環境影響度」といった用語が挙げられる。さらに、このような特別な技術用語を定義せず、「環境への配慮」といった表現をそのまま用いるということも考えられる。

ここでは、「環境性」が推奨されるが、次期の改訂において、さらに詳細に議論し、用語を設定することが必要である。

4.3.2 示方書の構成における「環境への配慮」の位置付け

環境への配慮の重要性を鑑み、示方書「環境編」を新設するということが議論されたが、次に示す理由により、「環境編」という新たな編は設けず、「共通編」の一部として環境への配慮に関する全体像を示すとともに、他の編の関係する箇所において、解説等で環境への配慮の重要性を強調する方向で改訂することとした。

環境は、設計～施工～維持管理といったライフサイクル全体にわたり関連するものであり、それらの随所で追記すべき事項であることから、新たな編とはしないこととした。また、このように全体にわたる事項を扱うのが共通編であることから、そこに全体像をまとめることとする。

第5章 一般市民に向けた情報発信「PR編」

前述したように、「示方書連絡調整小委員会」（下村 匠小委員長）では、市民への関連も持たせるための「原則編」（PR編）の設定を提言している。一方、コンクリート委員会では平成19年度 土木学会 重点研究課題として「コンクリート構造物のインフラマネジメントに関する研究」を実施した。この研究課題では、以下のようなための課題の具体化を進めるための検討を行った。

- ① コンクリート構造物の施工現場における、技術者の役割の明確化、技術的に曖昧になっている事項の抽出と対応方法の検討、品質向上の動機付けにつながる管理と検査のあり方、品質向上のインセンティブ向上施策の検討
- ② 構造物の維持管理、アセットマネジメント、その間をつなぐ維持管理戦略のそれぞれに対応した、必要技術、技術者像。それぞれの技術者の役割分担、「信頼」「名誉」と「義務」「責任」の考え方、必要とされる資質、その育成方法、評価ありかた、の検討
- ③ 利用者も含めたコンクリート構造物の維持管理と活用システムのための、技術者体制のあり方、情報システムのあり方、行政のあり方、等の検討
- ④ 土木学会、土木学会コンクリート委員会の今後の課題

この重点研究課題終了後は、平成20～21年度に「コンクリート構造物のインフラマネジメント研究小委員会」（河野広隆小委員長）を設置し、検討の継続を行った。この小委員会では、上記の課題解決の一つの方策としてコンクリート標準示方書に「PR編」を設けることが有効と判断し、具体の原稿の元となる試案を作っている。

検討の途中で生じた大きな課題のひとつとして、本来コンクリート技術者の専門図書であるコンクリート標準示方書に、このような一般市民向けの記述を掲載しても、肝心の一般市民の目には届かないのではないかということがある。最近ではコンクリート技術者でさえ、コンクリート標準示方書を手にして読む機会が減っているとも言われている。この点については、コンクリート技術者も、施工現場などで日々、市民対応に迫られているため、コンクリート標準示方書に「PR編」があれば、間接的ではあるが、本委員会での議論が一般市民に届けられるのではないかという結論に至った。もちろん、もっと直接的に市民へ届くような工夫も考えていかなければならない。

ここでは、以下に「コンクリート構造物のインフラマネジメント研究小委員会」で検討した「PR編」の目次を紹介することによって、その方向性を示すこととする。具体の原稿は次期示方書改訂小委員会に委ねられることになる。

表 5.1 「PR 編」目次案

第 1 章	市民生活とインフラの関係
1.1	インフラとは ーインフラの定義, 土木と建築の違い等
1.2	もしインフラがなければ
1.3	インフラの歴史
1.4	危機に立つ現在のインフラ
第 2 章	人々がインフラに求めるもの
2.1	安心と安全 ー機能, 性能, 品質
2.2	公共性 ー税金で造るという特殊性, 経済性, 品質, 透明性, 公平性,
2.3	環境への影響 ー人間の空間生活, 長期にわたる地球環境保全, 両者のバランス, 工事環境等
2.4	空気のような存在であること ー市民との連携, マネジメントなど
第 3 章	インフラと土木技術者
3.1	土木構造物の役割 ー求められる機能, 性能, 品質
3.2	環境問題に対応するための長寿命化と環境配慮
3.3	土木技術者のあり方 ー銘 or 黒子, 名誉と技術への対価, 倫理感と技術維持
3.4	黒子からインフラのマネージャーへ
第 4 章	インフラを造り支える技術
4.1	インフラ整備の歴史
4.2	インフラを作り維持する仕組み ー計画から維持管理まで, 発注・技術体系, マネジメント
4.3	技術体系維持機関としての土木学会, 示方書類の役割
第 5 章	土木学会の役割
5.1	技術の維持向上 ー技術者資格との関連など
5.2	背景にある問題に対して ー資源問題, 社会の目, 高齢化
5.3	市民と技術者を結ぶ ー市民との連携の中継局として
5.4	コンクリート標準示方書の位置づけ
第 6 章	コンクリート標準示方書の役割
6.1	人々が求めるインフラを具現化するための技術の「標準」 ーコンクリートという材料の特性, 活用法
6.2	歴史と大きな技術課題の変遷
6.3	環境との関わり ー材料と環境, 施工と環境, ライフサイクルと環境
6.4	これから期待される役割

2010 年 3 月「コンクリート構造物のインフラマネジメント研究小委員会」報告書より

第6章 示方書の変遷と今後の技術開発の方向

6.1 土木学会コンクリート委員会における示方書改訂作業の変遷

近年のコンクリート標準示方書の改訂作業においては、改訂時の時代背景および、それまでの研究の発展や技術の進歩に応じて改訂作業の旗印となるものが設定され、その目標に向かって更なる研究や技術開発が進められ、その成果がその後の改訂作業において、さらに示方書に取り込まれるケースが多い。表 6.1 には、1931 年に示方書の初版が刊行されてからの示方書改訂作業の主な流れを示した。

表 6.1 コンクリート標準示方書改訂の主な流れ

1931 年 (昭和 6 年)	コンクリート標準示方書を初めて刊行	設計法は、許容応力度設計法（弾性解析） 材料、施工に重点が置かれてまとめられていた。
～1960 年代 前半まで	以後、5 年毎に技術の進歩を逐次取り入れて小改訂を行い、大改訂は、10 年単位で実施。設計法には大きな変更はなく、新材料、新施工法の集約に焦点があった。その理由として、実務の設計は、発注機関（当時の建設省、運輸省、国鉄等）が独自にノウハウを蓄積していたので、学会としてやるべきことは、各機関に共通の課題である材料、施工に関することであつたと思われる。	
1960 年代 後半～	構造設計に関する調査研究活動が活発化 ・欧州・・Limit States Design Method で先進していた。 ・米国・・Working Stress Design Method から Ultimate Strength Design Method に転換を図る。 示方書の改訂に関わる委員会活動において、それまで材料、施工に関する調査研究が主であったが、海外との交流が徐々に拡大していくにつれて、欧米では構造設計も示方書類としてまとめられている現状が分かり、当時の若手を中心に構造設計に関する調査研究の活動が活発化した。	
1986 年 (昭和 61 年)	設計編において限界状態設計法を採用 (ただし、許容応力度設計法もこの段階では残した(2002 年度から廃止).)	20 年近い調査研究活動の成果として、示方書における設計法を全面的に限界状態設計法に組み替えた。
1980 年代 後半～	耐久性や維持管理に関する調査研究活動が活発化 ・耐久性照査指針(案)、維持管理指針(案)が制定される。 一方、コンピュータの機能も大幅に向上し、それと合わせて数値解析技術も急速の向上。 1995 年(平成 7 年)に兵庫県南部地震発生	
1996 年 (平成 8 年)	耐震設計編刊行(2007 年の設計編に合体)	非線形動的応答解析を基本とした。
1999 年 (平成 11 年)	耐久性照査型(施工編)刊行(2002 年の施工編に合体)	劣化現象に対するコンクリート構造物の耐久性を照査する具体的な手法を示した。
2001 年 (平成 13 年)	維持管理編刊行	構造物の維持管理の在り方を体系化させた。世界初の試み。
2002 年 (平成 14 年)	性能照査をベースとして改訂した示方書の刊行	設計編、施工編を含む示方書全編を性能照査を主体とした記述に改めた。
2007 年 (平成 19 年)	示方書の各編(維持管理編を除く)の中に「標準編」を掲載した。	

表 6.1 より、示方書改訂におけるこれまでの旗印と言えるものは、大きな目玉となった「限界状態設計法」、「性能照査型設計」であり、それに次いで「耐久性照査」、「維持管理」であったと考えられる。そして、これらの旗印は、それに向けて関係者の努力の方向を集約したことで、特に、大学関係者の研究方向をリードしたことに大きな意味があったと思われる。このような旗印の効能を分類すると以下のようなものである。

- ①示方書の形態の変換・・・大変換：「限界状態設計法」
変換：「性能照査」、「維持管理」、「耐久性照査」
- ②研究の促進・・・・・・・・・・大促進：「限界状態設計法」
促進：「性能照査」、「耐久性照査」、「維持管理」

旗印の効能として、示方書の形態変換に関わるものを先にあげたが、旗印の最も大きな効果は、コンクリートに関係する技術者、研究者の意識を実務に役立つ研究の方向に集約し、世界に通用する研究成果を挙げさせたことにあると思われる。特に、構造設計の分野に新風を吹き込んだ限界状態設計法は、元々欧州で提案されていて、それをわが国に導入するということが出発点であったが、その過程で、わが国独自の研究を促進し、内容的にも世界に伍して行ける結果を生んだ。研究の範囲の拡大とレベルの向上が進むにつれ、コンクリートに関する種々の性能を照査するという観点からは、土木学会のコンクリート標準示方書は世界の最先端に行くまでになっている。

6.2 示方書改訂の今後の目標

示方書がコンクリートに関する技術を集約し、体系化するものであるとすると、これを改訂するための目標となる旗印として適切なものは、必然的に新たに展開が必要な技術に関するものとなる。

21 世紀初頭において掲げられた今世紀の世界的なテーマは、「持続可能な開発 (Sustainable Development)」であり、人類は、地球の未来に少なくとも現状以上に住みよい環境を残すために弛まぬ努力を続けていかなければならない。このような状況の中で、コンクリート構造物に求められる理想は、1 つは、その構造物の存在自体が環境の悪化につながらないこと、もう 1 つが、構造物が現在と同じような状態で将来に引き継がれることである。いずれも容易いことではない。

人工物の建設およびその存在が、多かれ少なかれその周辺環境を乱すことになることは否めない。したがって、究極には、構造物を建設しないという選択肢もありえるが、現状の人類の営みを考えると、この選択肢を選ぶことは難しい。しかし、人類の英知を集めれば、構造物を建設しても環境への影響を最小限に留め、自然由来の環境変化の変動内にその影響を納めることは可能となるであろう。ただし、当然、そのための研究および技術開発の促進は不可欠である。

同様に、世紀を超えてコンクリート構造物を維持させ、有効に利用できるようにすることも難しい。振り返ってみれば、人類はこれまでの 100 年間に新しい技術を次々に開発し、生活環境は大きく変化してきた。このような変化の流れは、今後も継続されていくであろう。そうすると、究極の議論では、100 年後の世界では、車が空を飛び、機能性の観点から道路や橋は必要なくなっているかもしれない。その中で「コンクリート構造物を今後 100 年も持たせるようにすることの必然性はあるのか」との議論も出てくる。

しかし、その一方で、適切に計画され、設計・施工されたコンクリート構造物が、世紀を超えて供用されてい

る例もある。また、半世紀を超えたものとなると、極めて多くの構造物がまだ現役で活用されている。すなわち、構造物の計画、設計・施工および維持管理が適切になされ、その性能が長期にわたって適切に担保されているならば、その構造物の生涯は、その機能が社会のシステムに合わなくなったときに終焉となるが、それは社会の要請に応じてのことであり、社会に対して何ら負担を与えるものではないと言える。結局、将来の社会に影響を与えるものは、役に立つと考えて建設したにもかかわらず、上記の生涯を全うする前に、構造物自身はその性能を低下させ、使い物にならなくなってしまうことである。そして、そうならないために今後必要になってくるものが、さらに進んだ構造物の長寿命化への取り組みであり、そのための研究および技術の開発である。また、構造物の長寿命化が確実なものとなれば、将来における構造物の新たな建設は社会の要請によるものに絞り込んで行うことができ、構造物の建設が環境に与える影響(環境負荷)を最小限に留めることにも役立つことになる。

構造物の長寿命化への取り組みは、実は、示方書における取組みとしては既に始まっており、「耐久性照査」や「維持管理」は、上述したように、示方書改訂における旗印としても使用されている。しかし、示方書の基本的原則である「性能照査」の観点から構造物の長寿命化をより本質的に議論するためには、構造物を長持ちさせるための性能である耐久性を「コンクリート構造物の耐荷性能が時間の経過とともに劣化し、供用に適さなくなる状況を定量的に推定する」という観点から議論することが不可欠となり、これが今後の示方書改訂の旗印の1つとなると考える。すなわち、現行の維持管理編で概念的に記述されている劣化曲線の定量化である。そしてまた、実環境の多様性、実構造物の劣化の多様性を考えると、当面の議論としては、一つには、劣化のメカニズム(特に、時間の関数として)に関する物理・化学的な基礎研究を進展させること、もう一つは、実構造物の劣化度合いを時間軸で追跡して定量的に評価する体制を構築し、その結果を蓄積することである。また、構造物に補修・補強を施した場合のそれらの有効性を時間軸で確認するためにも、その施工後の変化を追跡調査することも重要とある。

6.3 コンクリート構造物の保有性能の経時変化とその定量化の考え方 ー塩害劣化を例としてー

(1) 塩害劣化照査の基本

図 6.1 は、1999 年にコンクリート標準示方書[施工編]の中に耐久性照査を導入するにあたり、塩害劣化を例として、技術の現状と今後のあるべき姿について示したものである¹⁾。そして、この図の説明には、次のようなコメントが、付けられている。

「コンクリート構造物の塩害劣化は、鋼材の腐食が開始するまでの潜伏期、腐食開始から腐食ひび割れ発生までの進展期、腐食ひび割れの影響で腐食速度が大幅に増加する加速期、および鋼材の大幅な断面減少などが起こる劣化期という過程を経て進行する。したがって、この過程にもとづき構造物や部材の性能を設定し、その限界状態を照査することによって、コンクリート構造物の長期性能を評価する。この場合の性能評価の流れは、概ね図 6.1 のようである。

照査する性能は構造性能(使用性能と安全性能)を基本とする場合と、耐久性能を新たに設定する場合に分かれる。前者は使用限界状態、終局限界状態あるいは疲労限界状態として照査すべき状態がコンクリート標準示方書設計編に述べられているものであり、塩害に対する抵抗性を構造解析により照査するものである。後者は塩害劣化過程を構造解析に組入れるモデルがない場合などに、塩害に特有な限界状態を設定し耐久性能を照査するものである。

このように、劣化過程を基本にして性能を設定することで、劣化過程にもとづき行われる維持管理計画の内容を反映させることができる。すなわち、維持管理計画における補修が劣化過程にもとづき選定されるならば、補修後のコンクリート構造物に対しても新設構造物と同様にして長期性能を評価することが可能になる。(一部の

用語を現状に即して修正)」

図中には、色分けがなされているが、これは、10年前の段階での研究の進捗状況を示したものである。当時から、構造物の安全性、使用性、美観・景観ならびに第三者影響を部材および構造物の性能低下を指標として評価することが、耐久性照査の最終段階であるとの認識があった。そして、このスタンスは、現在に至るまで変わっていないといつてよい。道は半ばではあるが、研究成果は着実に蓄積され、照査体系も確実に前進している。そのことを実例として、以下に示す。

(2)次に何が出来るか？

図 6.2 は、「コンクリート中の鋼材の腐食性評価と防食技術研究小委員会（338 委員会）」が現状の塩害照査方法で検討すべき項目を抽出して国内外の研究成果の網羅的な調査を行い、現状で実現性のある照査体系取りまとめたものである²⁾。

図 6.1 と図 6.2 を比較することにより、図 6.2 に示す照査体系には、図 6.1 で緑色であった所だけではなく、黄色であった領域、すなわち、「評価手法については検討中であった箇所」が、照査体系に取り込めるまでになってきたことが明確にわかる。以下には、簡単に図 6.2 の説明を加える。

①□ コンクリート中の鋼材の腐食発生限界状態

1999 年制定の示方書[施工編：耐久性照査型]で導入されて以来、塩害照査手法として実用されている。重要構造物、長期の設計耐用期間が設定された構造物、あるいは点検な

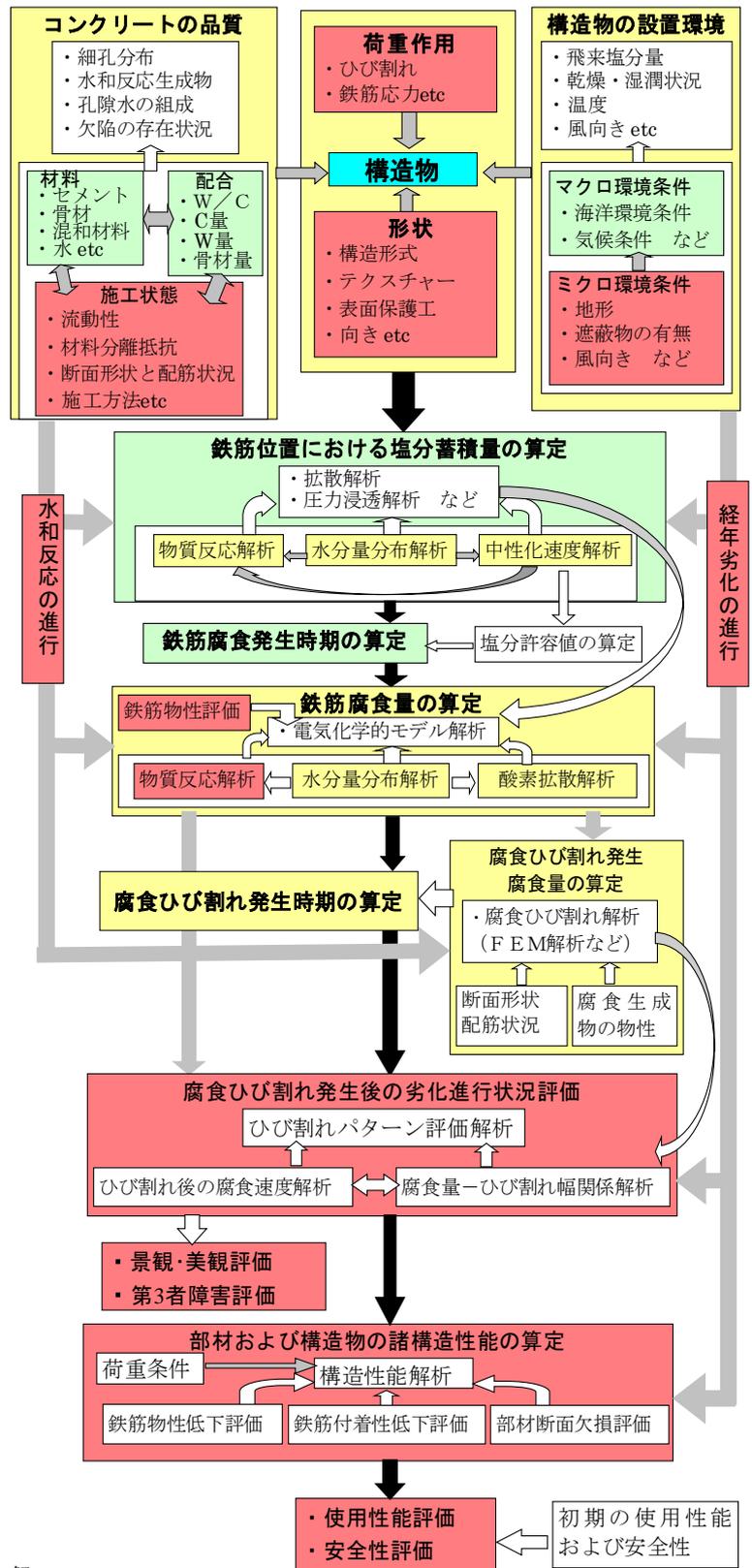


図 6.1 塩害劣化進行過程とその評価・検討の流れ

どの維持管理が非常に困難な構造物などでは、塩害照査をできるかぎり安全側で行うことが求められ、このような場合には妥当な考え方の1つである。ただし、例えば、(i)腐食発生限界塩化物イオン濃度の設定値、(ii)コンクリートの塩化物イオン拡散係数の決定方法等は、より現実に即したものに切り替えることで、照査の精度(妥当性)を高める必要もある。

② 腐食ひび割れ発生限界状態

腐食ひび割れが発生すると、その箇所から塩化物イオン、酸素あるいは水が直接コンクリート内部の鋼材に供給されることになり、鋼材の腐食が加速的に進行し、それに伴う構造物(部材)の性能も急速に低下する。

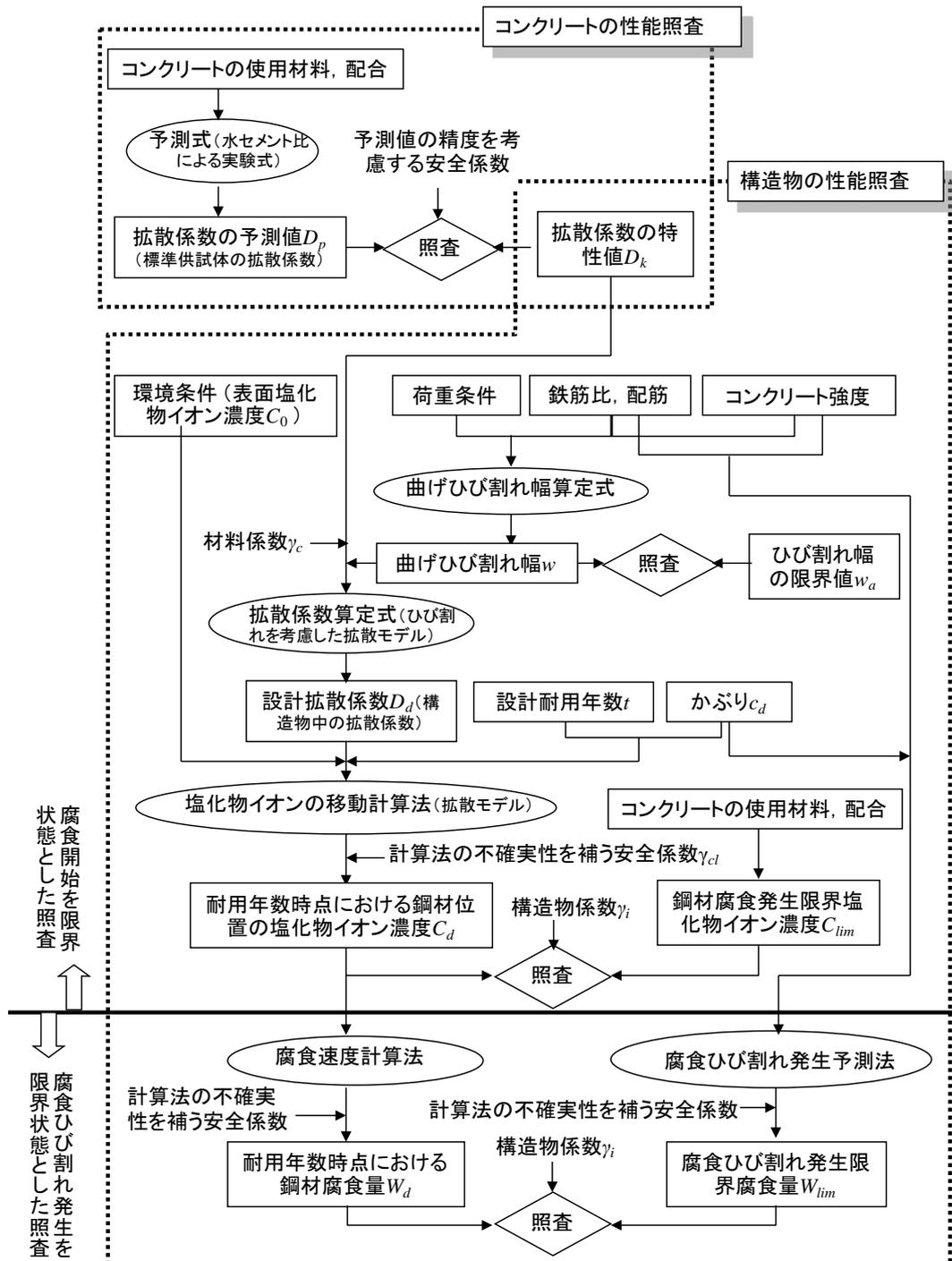


図 6.2 コンクリート構造物における塩害照査の考え方

したがって、腐食ひび割れの発生を限界状態とする照査体系の議論も、次のステップとして重要である。また、この照査は、塩害によって生じる耐荷性能や使用性能低下を評価するための原点ともなる。この場合の照査に必要なことは、まずは、ひび割れの発生時点を精度よく予測することである。コンクリート強度、かぶり、鉄筋径ごとに腐食ひび割れ発生限界腐食量を設定し、腐食量の計算値がそれに達した時点で腐食ひび割れが発生すると考えることが合理的である。当然、このためにはコンクリート中の鋼材の腐食速度の設定も必要となってくる。腐食ひび割れ発生限界腐食量あるいはコンクリート中での鉄筋の腐食速度の設計用値に設定は、未だ課題ではあるが、情報も蓄積されつつあり、図 6.1 中にあるような数値解析などによる腐食ひび割れ発生状況のモデル化も有効なツールとなってきている。今後、更なるデータ収集は必要であるが、照査方法についての考え方は、ある程度はまとまりつつあるとも言える。

③ 曲げひび割れ幅照査体系との連動について

塩害照査をコンクリート構造物の照査体系の中に適切に組み込むためには、コンクリートに発生する曲げひび割れの影響を避けて通ることはできない。一方、曲げひび割れ幅の照査体系は、許容ひび割れ幅という概念で耐久性と関連させて既に確立されたものがある。ただし、このような許容ひび割れ幅の設定値は、必ずしも上述した塩害等の劣化メカニズムと連動させて設定されたものとはいえない。したがって、ひび割れの問題を耐久性の照査体系の中に適切に組み込むために、これまでの曲げひび割れ照査の考え方をどのように変えていくかも、重要な課題として残る。

(3) 劣化コンクリート構造物の性能信頼性評価と維持管理の在り方

上記図 6.1 で示した塩害劣化照査の流れでは、構造物の各種性能は、劣化が進行すれば相対的に低下する、ということが前提となっている。構造物の設計を行う上では、この前提は不可欠であり、これによってまずは安全側の評価となる。それでも、劣化予測に含まれる不確定性（予測式のばらつき、コンクリートの品質やかぶりのばらつき、環境条件の時間変動や設置位置の条件の相違）等の影響により、マクロ的には同様と見なされる状態にある構造物で、劣化状況が大きく異なる場合もみられる。したがって、構造物の長期の性能を安全に評価するためには、これらの変動を確率的に評価したうえで、安全係数などの値をより適切に定めるなど、信頼性評価理論を取り入れた評価を行うことは有効である^{3), 4)}。

しかし、材料的なばらつきに加え、ミクロ的環境条件に左右され、なおかつ長期の時間的流れの中での変動までを考慮しなければならない耐久性評価では、信頼性評価理論を導入しても、設計段階において構造物の性能低下までを一定の信頼性を有する状況で推定することは、きわめて難しいと言わざるを得ない。また、理論的には可能であるにしても、構造物の性能低下を前提とした設計思想が、果たして構造物の設計として健全なものであるかとの疑問もある。設計段階で、考えるのであれば、例えば、材料劣化を受けた後の構造物の構造信頼性評価を基に、「塩害照査を腐食ひび割れ発生限界状態で照査」する際の安全係数設定の一助とするなどに留めることで、十分意義あるものとなると、考えられる。

一方、維持管理段階における構造物の劣化予測においては、点検を前提とすることで、不確定要素は大幅に削減され、また、イニシャル値となる点検時の構造物の劣化状況も明確である。したがって、不確定要因を絞り込むことで、安全性、使用性、美観・景観あるいは第三者への影響度などの性能を個々により信頼性の高い状態で評価することは可能となる。今後、各種の補修工法の性能評価までもができるようになれば、図 6.3 に示すように、構造物としての要求性能の種類とレベルを明確にした上で、各工法による性能向上効果（延命期間）を定量的に示すことも可能となる。ここでは、工法を適用した構造物の性能低下曲線は、工法自身の性能低下曲線と密

接に関係し、その上、各曲線は工法の施工時期（構造物の劣化状態）に強く依存すると考えられる。

このシステムでは、鉄筋腐食による構造物の性能低下、対策工法による構造物の性能向上、対策工法適用後の構造物の性能低下のすべてをモデル化し、各工法を適用したときの延命効果を性能ベースで定量的に評価することになる。現時点では前提条件に大きな仮定が含まれるが、今後、精度の高いシステムへのアップグレードは期待されるところである。

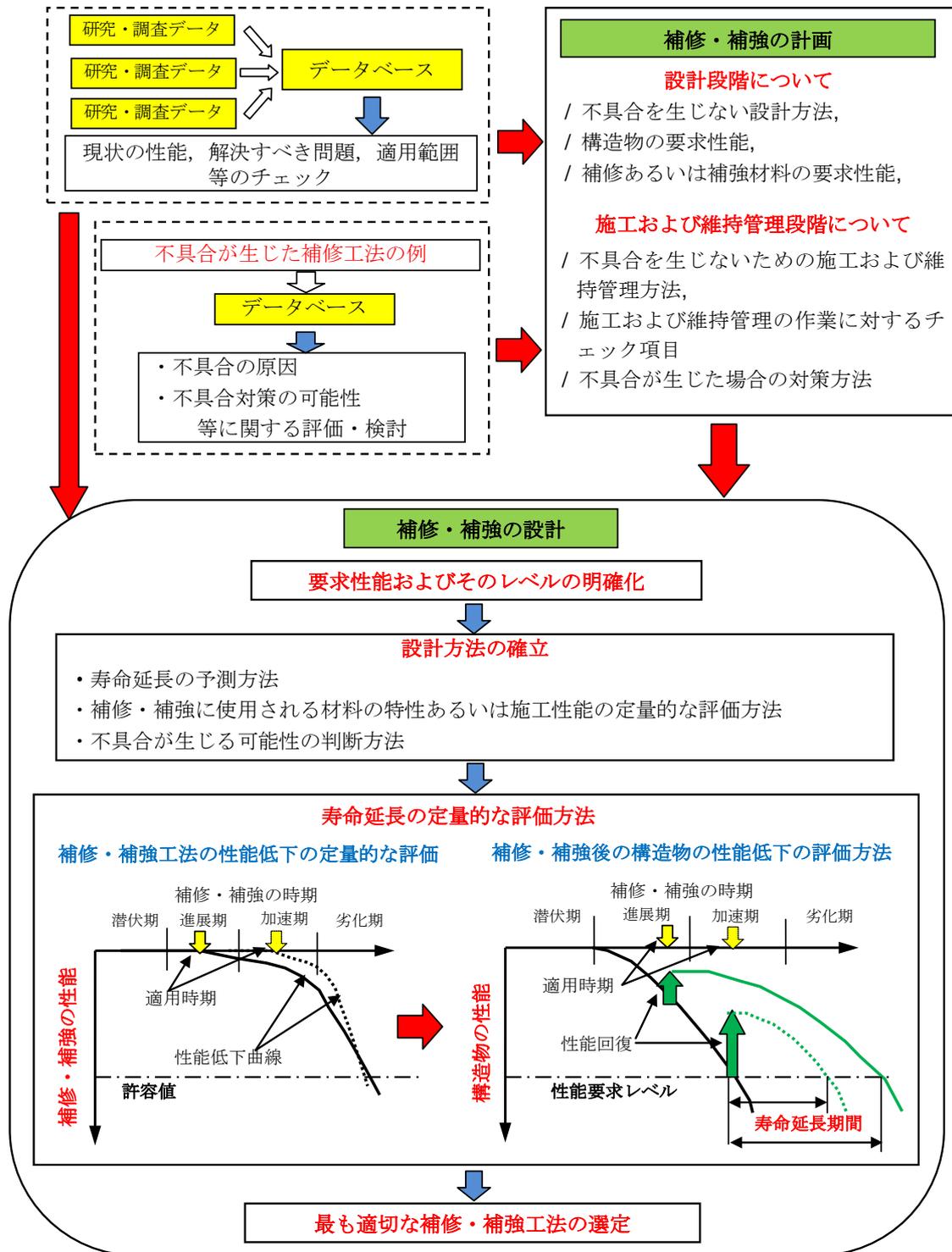


図 6.3 構造物の性能低下の定量評価を前提とした工法選定システム

参考文献

- (1) 土木学会編：コンクリート標準示方書改定に関する中長期ビジョンーコンクリート委員会・示方書小委員会幹事会報告,コンクリート技術シリーズ 32, 1999.3
- (2) 土木学会編：コンクリート中の鋼材の腐食性評価と防食技術研究小委員会報告,コンクリート技術シリーズ 86, 2009.10
- (3) 土木学会編：材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能,コンクリート技術シリーズ 71, 2006.8
- (4) 土木学会編：続 材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能,コンクリート技術シリーズ, 2008.5

第7章 おわりに

2007年版のコンクリート標準示方書の刊行を終え、東京・大阪での講習会も終えた、2008年7月のJCI福岡大会開催の前日に、福岡市で開催された2008年度第2回コンクリート常任委員会の席で、新しい示方書改訂小委員会の設置が承認された。以後2008年8月の第1回委員会を皮切りに、2010年3月まで5回の委員会を開催した。その検討の成果が本報告書である。

報告書の取りまとめにあたっては、5つのWGの精力的な作業によるところが大きい。技術的問題整理WG（佐藤 勉主査）では、2007年版の改訂作業の中で審議未了となった項目や、次回の改訂の際に盛り込むべき内容を、体系的に整理し、本報告書の中の**付属資料1**の形で提示している。この情報は2010年5月から再開される2012年版コンクリート標準示方書の改訂作業の際に役立つものと期待される。この他、同WGではさらに具体的な個別課題に関しても提言を行っている。

アンケート調査WG（宇治公隆主査）では、委員会設置から1年後の2009年7月の完成をめどに、2007年版のコンクリート標準示方書に関するアンケートを実施し、示方書が土木分野の技術者にどのように理解されているかということと、示方書に対する技術者の要望に関して調査を行った。600件を超えるアンケート結果の分析から、示方書の利用や要望に関する現状が浮かび上がってきた。本書ではスペースの関係でアンケート結果の分析結果のみの掲載となったが、具体的なアンケート結果は**付属資料2**に取りまとめられているので、次回改訂作業の際に、参考にしていきたい。

構成検討WG、共通編WGおよび環境WGは、合同で検討作業を進めることとなった。その結果として、共通編骨子案の作成と、市民を対象とした原則編（あるいはPR編）（仮称）の刊行が具体化してきた。また環境に関しても、2007年版とは異なった取り扱いの必要性が示された。

2012年版コンクリート標準示方書の改訂に向けて、コンクリート常任委員会では2010年5月から新しい示方書改訂小委員会を組織し、具体的な改訂作業に入る予定である。この2年間は、具体的な改訂作業に向けた準備期間であった。2010年5月からの具体的な改訂作業にあたり、本報告書が役立つことを期待したい。