土木学会 2007年制定「コンクリート標準示方書」について

魚本健人*1・石橋忠良*2・信田佳延*3・佐藤 勉*4・河野広隆*5・武若耕司*6・宇治公隆*7

概要 土木学会コンクリート標準示方書が改訂され、2007年制定版が刊行された。今回の改訂では、新たな技術の進展を取り込むと同時に、性能照査型示方書としての基本を維持しつつ、実務者にとって使いやすいこと、各編間のつながり・相互の関係を明らかにすること、責任技術者のあり方・役割を明確にすることを目標に完成度の向上を図った。具体的には、[設計編]、[施工編] および [ダムコンクリート編] の3編において、性能規定に基づく [本編] に加え、効率性、簡便性を考慮し、一定条件下で性能規定を満足する簡易な方法を [標準編] に示すと同時に、[維持管理編] を含め全ての編において、計画・設計・施工・維持管理における各編相互の関係を明らかにすることとした。これにより、今回改訂した示方書は、「性能照査」の概念に基づく合理性と実務での有用性を併せもつものとなったと考えられる。

キーワード：コンクリート標準示方書、性能照査、設計、施工、維持管理、ダムコンクリート、検査

1. はじめに

コンクリート標準示方書は昭和6年制定の「鉄筋コンクリート標準示方書」発刊以来、実務分野においても高く評価され、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ものとして、改訂を重ね、我が国のコンクリート技術の進歩に貢献してきた。参考まで、最近約10年間での改訂の経緯を図-1に示す。また、国内でのコンクリート技術の進歩のみならず世界の

趨勢をも踏まえ、2002年までに [構造型性能照査編]、[耐震性能照査編]、[施工編]、[維持管理編] [ダムコンクリート編] および [舗装編] の各編は、「仕様規定型」から「性能照査型」へと移行した。今回の改訂では、2002年以降の技術の進展を取り込むことに加え、性能照査型示方書としての基本を維持すると同時に、実務に供するための技術基準として完成度の向上を図った。

今回の改訂では、すべての編の冒頭に「コンクリート標準示方書の適用について」と題し、示方書が意図する

図-1 コンクリート標準示方書改訂経緯

- *1 うおもと・たけと／芝浦工業大学 工学部 土木工学科 教授 (正会員)
 *2 いしばし・ただよし／東日本旅客鉄道(株) 建設工事部 部長、構造技術センター長 (正会員)
 *3 のふた・よしのぶ／鹿島建設(株) 研究・技術開発本部 R&D 企画室長 (正会員)
 *4 さとう・つとむ／(財)鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 耐震構造研究室長 (正会員)
 *5 かわの・ひろたか／京都大学 大学院 工学研究科 都市環境工学専攻 教授 (正会員)
 *6 たけわか・こうじ／鹿児島大学 工学部 海洋土木工学科 教授 (正会員)
 *7 うじ・きみたか／首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 都市基盤環境工学専攻 教授 (正会員)

図-2 2002 年版と 2007 年版示方書の関連と構成 [設計編]

適用上の考え方を記載した。これはコンクリート標準示方書の体系全般に関わる基本的な考え方、示方書を構成する各編の位置づけと相互の関係の重要性、責任技術者の役割・権限と配置ならびにコンクリート構造物の信頼性確保のための仕組みを明確に記述したもので、コンクリート標準示方書適用における各編共通の前提となるものである。

また、[設計編]、[施工編] および [ダムコンクリート編] の 3 つの編では、性能規定に基づく [本編] に加え、効率性、簡便性を考慮し、一定条件下で性能規定を満足する方法を [標準編] に示すととともに、[維持管理編] を含め、各編間で引き継ぐべき情報を明示することで、実務において使いやすい示方書となったことも大きな改訂点である。

なお、今回の改訂により、コンクリート標準示方書の

構成は [設計編]、[施工編]、[維持管理編]、[ダムコンクリート編] および [標準編] となった。[標準編] については、2007 年制定版が 2007 年 5 月に刊行済みである。また、[舗装編] の制定・改訂は、土木学会舗装工学委員会に引き継がれ、既に 2007 年制定「舗装標準示方書」として刊行されている。

2. [設計編] の改訂概要

2.1 [設計編] の構成

2007 年版の [設計編] の構成等の主な変更点は、以下のとおりである。なお、2002 年版と 2007 年版示方書の関連および全体構成を図-2 に示す。

- ① [設計編] を [本編]、[標準]、[参考資料] に区分した。[本編] では、従来通り、本文と解説のスタイルで一般的に性能照査を行う方法を示した。一

Standard Specifications for Concrete Structures—2007 by Japan Society of Civil Engineers

By T. Uomoto, T. Ishibashi, Y. Nobuta, T. Satoh, H. Kawano, K. Takewaka and K. Uji

Concrete Journal, Vol.46, No.7, pp.3~14, Jul. 2008

Synopsis The Standard Specifications for Concrete Structures were revised and published by Japan Society of Civil Engineers in December 2007. The 2007 edition was consisted of 5 parts, “Design”, “Materials and Construction”, “Dam Concrete”, “Maintenance” and “Standards for test methods and material quality”. This paper describes main revisions in 4 parts excluding “Standards for test methods and material quality”. Having in mind for making the specifications convenient to practicing engineers, the revision was carried out to maintain the least requirements for introducing the up-to-date developments in concrete technology, to optimize the current performance-based specifications and to synchronize all constituent parts so as to create a perfect connection between different parts. It is believed that this revision is a fine integration between the rationality based on performance verification concept and the practical applicability.

Keywords : Standard Specifications for Concrete Structures, performance verification, design, construction, maintenance, dam concrete, inspection

方，「標準」では適用範囲を限定することで，より簡易な手法で性能照査を満足する方法を示した。また「参考資料」では「本編」の理解を助けるための説明や事例などを加えた。

- ② 「設計編」は，2002 年版の「構造性能照査編」と「耐震性能照査編」を併せたものとし，さらに 2002 年版の施工編から「2 章 耐久性照査」と「4 章 施工段階におけるひび割れ照査」を取り込んだ。
- ③ 構造計画が設計段階での重要な作業であるとの認識に基づき，新たに「3 章 構造計画」を設けた。
- ④ 2002 年版「構造性能照査編」の「12 章 部材の設計」の大部分を，「設計編：本編」から「標準」に移した。これはその内容が線形解析に関する記述が中心であって，耐震性能照査の際に用いる非線形解析との混用や誤用が懸念されたためである。なお，非線形解析については本編の理解を助ける目的で「参考資料」を加えた。
- ⑤ 2002 年版「構造性能照査編」の「13 章 ストラット・タイモデル」は，限定された適用範囲で簡易に所要の性能を満足できる設計手法であることから，「本編」から「標準」に移した。
- ⑥ 2002 年版「構造性能照査編」の「付録 I 許容応力度による設計」は今回の改訂に際して，「設計編」に掲載しないこととした。これはその規定内容に関しての検討を全く行っていないため，掲載するのは適当でないと判断したためである。許容応力度法を使用する場合は，2002 年版を参照されたい。

2.2 各章の概要

(1) 1 章 総則 および 2 章 要求性能

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を記した。なお，2 章では，「耐震性」は，安全性，使用性，復旧性を組み合わせた性能であるため，これらの性能と並列した要求性能として扱っていないが，照査の各章との対応，2002 年版示方書との連続性を考慮し，4 章以降においては，各性能との関連を明示したうえで従来の「耐震性」を用いることにした。

(2) 3 章 構造計画

新たに章を設け，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，経済性に関して記述した。特に，構造計画において，建設に要する費用が概略決まるだけでなく，将来の維持管理に要する費用もほぼ決定するため，将来の維持管理も考慮し，十分な検討を行うこととした。なお，「参考資料」において，コンクリート橋梁（鉄道橋，道路橋）を対象に，構造計画の事例を示した。

(3) 4 章 性能照査の原則

性能照査の方法は，要求性能に対応する限界状態を設定して，構造物が限界状態に至らないことを確認する方

図-3 乾燥収縮ひずみの測定結果の例

法をこれまでと同様に踏襲した。また，設計図は，設計者の意図を施工担当者，ならびに維持管理者に伝える唯一の手段であると考えられることから，「4.8 設計図」に施工側へ受け渡すべき情報を従来よりも詳しく記載することとした。例えば，コンクリートに関しては，材料強度だけでなく，セメントの種類，粗骨材の最大寸法，単位セメント量，スランプまたはスランプフロー，水セメント比等も参考値として設計図に記載することとした。このほか，鉄筋継手の種類・位置，ひび割れの照査などで想定したコンクリートの収縮ひずみ，鋼材のかぶりおよび想定した施工誤差等を設計図に明記しておく必要があることを記した。

(4) 5 章 材料の設計値

コンクリートの収縮ひずみは，年々の骨材事情の変化から従来の値に比べて，大きな値を示すことが見受けられ，JIS 試験法に基づく収縮ひずみで，地域によっては多くのコンクリートが 800×10^{-6} を超えることも報告されている。図-3 は，最近の全国のレディーミクストコンクリート工場におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみの測定結果の一例¹⁾である。収縮ひずみの実態と設計施工上の扱いについて，慎重な議論の結果，2007 年版では，以下のように規定した。

- ① コンクリートの収縮ひずみは，設計時に実物大試験や JIS 試験法に基づいたデータが入手できれば，その値を設計の特性値とする。

- ② これらのデータが設計時に入手できない場合は，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 800×10^{-6} 程度であること，JIS A 1129 試験では収縮ひずみ 1000×10^{-6} 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 カ月以降の収縮分の合計 200×10^{-6} を見込んで，収縮ひずみの最終値として 1200×10^{-6} 程度を想定した。これら， 800×10^{-6} と 1200×10^{-6} の比をとり，1.5 倍として設定したものである。

(5) 6 章 荷重

地震動を耐震性能照査編から取り込んで記述した。また，土圧に関し，地盤と構造物との相互作用や経年的な

表-1 コンクリート表面における塩化物イオン濃度 C_s (kg/m³)

		飛沫帯	海岸からの距離 (km)				
			汀線 付近	0.1	0.25	0.5	1.0
飛来塩分が 多い地域	北海道, 東北, 北陸, 沖縄	13.0	9.0	4.5	3.0	2.0	1.5
飛来塩分が 少ない地域	関東, 東海, 近畿, 中国, 四国, 九州		4.5	2.5	2.0	1.5	1.0

海岸付近の高さ方向については、高さ 1 m が汀線からの距離 25 m に相当すると考えて C_s を求めてよい。

状態変化を考慮すること等、の記述を充実させた。

(6) 7章 応答値の算定

7章では、2002年版「構造性能照査編」と「耐震性能照査編」の統合により、今まで「耐震性能照査編」で取り扱われてきた非線形解析による応答値の算定を取り込むとともに、モデル化に関する記述の充実、力学的な応答値である断面力、たわみ、応力、ひずみ、ひび割れ幅等の算定方法を本章に集める等の構成の変更を行ったが、個々の内容に大きな変更点はない。なお、非線形解析法等の高度な解析法を用いて応答値を算定する場合は、算定精度を確保するため、「参考資料」「非線形解析による構造解析」を新たに作成した。

(7) 8章 耐久性に関する照査

8章は、2002年版「構造性能照査編」「7章 構造物の使用性照査」のひび割れによる鋼材腐食と2002年版「施工編」「2章 構造物の耐久性照査」を合わせて、新たに設けたものである。「塩害に対する照査」において、コンクリート表面における塩化物イオン濃度は、構造物の立地する地域区分と海岸からの距離に応じて、表-1により求めることとした。表-1は、2002年版で地域によらず規定していた C_s の値を太平洋側と日本海側とでは飛来塩分量が違ふことを考慮して新たに定めたものである。

(8) 9章 安全性に関する照査

安全性に対する照査は、設計荷重のもとで、すべての構成部材が断面破壊の限界状態および疲労破壊の限界状態に至らないこと、ならびに構造物の安定の限界状態に至らないことを確認することにより行うものとした。せん断耐力算定手法に関しては、ディープビームや円形スラブのせん断耐力算定手法を「部材」の章から、9章へ移行し統合した。ディープビームのせん断耐力算定式は、せん断補強鉄筋の効果の影響を考慮できる手法を新たに解説に示した。

(9) 10章 使用性に関する照査

鋼材腐食に対するひび割れの照査については、これまで使用性の照査としていたものを「8章 耐久性に関する照査」へ移した。また、外観、水密性、耐火性に対する照査を新たに加えた。外観に対するひび割れ幅の限界値は、評価が心理的な要因の影響を受けることを考慮し、外観上問題のない値とする必要があるが、過去の実績お

よび経験により、一般に 0.3 mm 程度とした。この場合、コンクリート表面の曲げひび割れ幅の最大値は、従来の曲げひび割れ幅の算定式により求めてよいこととしたが、コンクリートのひび割れが発生する材齢が早いほど、乾燥収縮の影響によりコンクリート表面のひび割れ幅は大きくなる。乾燥環境にある構造物において、ひび割れ幅を算定し外観に対する照査を行う場合には、検討対象構造物のコンクリートの打込み、型枠・支保工の取り外しなどの施工工程を想定して、ひび割れが発生する材齢を考慮して 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) を設定することとした。一般には、ひび割れ発生時の材齢が 30~200 日の場合、 ϵ'_{csd} は $450 \sim 300 \times 10^{-6}$ 程度にすることとした。

(10) 11章 耐震性に関する照査

11章は、2002年版「耐震性能照査編」から取り込み、新たに章を設けた。耐震性に関する照査は、地震時の安全性と地震後の使用性や復旧性を総合的に考慮するための性能として耐震性能を位置づけ、耐震性能に応じた限界値を設定して照査するものとした。

大変形繰返しによるせん断耐力の低下や過大な地震入力に対する安全性を考慮し、最大耐力点を超えるような大変形繰返し载荷を受ける可能性がある場合のせん断耐力の算定では、部材係数を「9章 棒部材の設計せん断耐力」に示される部材係数の値よりも、1.2 倍程度割り増すこととした。これは、2002年版「耐震性能照査編」と同様な扱いである。一方、塑性ヒンジ部に対しては、従来、部材係数をさらに 1.5 倍程度に補正していたが、今回の改訂では、こうした部材係数の割増しで対処するのではなく、十分なじん性を持たせるために、曲げせん断耐力比で 2 倍程度を確保するような帯鉄筋を配置することを耐震構造計画上の配慮として解説に示すこととした。

なお、耐震設計に関しては、「標準」「2編 耐震設計」および「参考資料」「4編 耐震設計事例」を新たに作成した。「標準」では、一連の耐震設計作業をあらかじめモデル化した地盤および構造物に対して実施し、その結果を所要降伏震度スペクトルとして表すことで、モデルと類似の地盤および構造物の耐震設計が行える方法として、所要降伏震度スペクトルを使用した震度法による設計と、非線形スペクトルを用いた設計法を規定した。「標準」の適用範囲は、構造物の振動モードで一次のモードが卓越し、主たる塑性化領域が限定されている場合であり、適用から外れた場合は、「設計編」の「本編」に戻って照査することになる。

(11) 12章 初期ひび割れに対する照査

2002年版「施工編」の「4章 施工段階におけるひび割れ照査」を取り込み、新たな章を設けた。施工段階に発生するひび割れが設計耐用期間にわたる構造物の種々

図-4 プレストレストコンクリート構造の分類

の性能に及ぼす影響は必ずしも明らかにされてはいないが、耐久性、安全性、使用性、耐震性の照査は、構造物の所要の性能に影響するような初期ひび割れが施工段階で発生しないことを前提としている。施工段階で発生する初期ひび割れが構造物の所要の性能に影響しないことを確かめておくことは、設計耐用期間中の性能を確保する上で重要である。なお、セメントの水和に起因するひび割れが構造物の性能に与える影響の有無を確認する方法を、[標準]「4編 温度応力解析」に示した。

(12) 13章 鉄筋に関する構造細目および14章 その他の構造細目

従来の一般構造細目のうち、照査の前提として具体的な数値の規定があるものと、より良い構造を実現するための留意点とを別章に分けるとともに、2007年に改訂された鉄筋定着・継手指針（土木学会）との整合を図った。また、[本編]とは別に、[標準]「5編 配筋詳細」を新たに作成した。[標準]の「5編 配筋詳細」では、かぶり、フックの寸法や定着長の数表、機械式継手の分類や溶接継手等についての詳細を示した。また、2002年版[構造性能照査編]「部材の設計」から配筋詳細に関する規定をこの[標準]に移した。

(13) 15章 プレストレストコンクリート

15章ではPRC構造の材料の応力度算定法や収縮の扱いなどの記述を充実させるとともに、内ケーブル（アンボンド含む）や外ケーブル方式のプレストレス力の算定方法、応力度や設計曲げ耐力の算定方法などを具体的に示した。PCグラウトに関して、PCケーブルの配置に関する留意点を施工編と連携して充実させた。

15章においては、緊張材を内ケーブル、アンボンドPC鋼材および外ケーブルの3種類に分類することとし、構造体の種類による分類と組み合わせて、図-4に示す概念に基づいてプレストレストコンクリート構造を分類することとした。なお、プレテンション方式のPC鋼材は、プレストレス導入後はポストテンション方式の内ケーブルと同様に取り扱うことができるため、内ケーブルに分類している。

また、腐食性環境および特に厳しい腐食性環境においてPRC構造を用いる場合には、シースに腐食促進物質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た。

(14) 16章 鋼コンクリート合成構造

16章は、用語等の統一を行った。

2.3 ま と め

2007年版[設計編]においては、2002年版の[構造性能照査編]と[耐震性能照査編]を統合するとともに、[本編]とは別に[標準]および[参考資料]を掲載した。これは、性能照査型設計の移行に伴い、高度な照査技術を適用して、より自由度の高い構造設計が可能となることに期待したこと、その一方で、一般的な構造物においては、照査に要する時間や労力を軽減するとともに、示方書の誤適用を防ぐため、できるだけ[標準]や[参考資料]において簡易で具体的な設計の方法を提示することを目的としたものである。また、2007年版[設計編]では、構造計画の章を新たに設けたが、設計段階において、構造計画は、構造物の安全性、施工性、維持管理性、経済性に及ぼす影響が非常に大きいものであり、設計者にはより構造計画に重点をおいた検討を行っていくことを期待したい。

3. [施工編]の改訂概要

コンクリート標準示方書[施工編]の2007年制定版は当初、小改訂の予定であったが、結果的には大きな改訂となった。このため改訂した項目は多岐にわたり、ここではその全容は紹介できないので、2点に絞って報告する。改訂の詳細は、土木学会コンクリートライブラリー第129号「2007年版コンクリート標準示方書改訂資料」を見ていただきたい。

3.1 全体構成の改訂

[施工編]はコンクリート構造物の施工技術についての基本原則を示しており、公共機関の共通仕様書等に引用されるなど、実務に直結した形で広く用いられてきた。平成11年版は[施工編]—耐久性照査型—として発刊され、さらに2002年制定版では、特殊コンクリートを加えて、全体を性能照査型にするべく改訂がなされた。しかし、2002年制定版は、現場では使いづらいものになったとの指摘を受けた。これは、多くのコンクリート工事の現場では、標準的な材料、配合、施工法が採用されており、それぞれについて性能規定的な対応をするのは不経済であるためである。また従来から、施工に関する標準的な技術的取り扱いを具体的に示すことが[施工編]に期待されていたためでもある。そのため、多くの現場では性能規定的な記述書式がなじまないことから、現場に混乱を引き起こしていることが想像された。

こうした背景から今回の改訂では、性能規定化の流れを継続しながらも、現場で使いやすい示方書にするために、[施工編：本編]、[施工編：施工標準]、[施工編：検査標準]、[施工編：特殊コンクリート]の4部の構成とした。各部の関係は図-5に示すとおりである。

① [施工編：本編]は、新材料や新工法を用いる場合や特殊な条件下で施工する場合でも、間違いなく所要の品質の構造物が実現できるように、性能規定

図-5 2007年版示方書〔施工編〕の4部構成

を基本とする体系となっている。〔施工編：本編〕の中で、最も重要な部分は「**施工計画**」である。施工計画の段階で、採用した材料や工法を用いて、設計図に示された構造物が実現できるかどうかを、施工の着手前に「**照査**」することになる。ここで、照査に合格すれば、後は基本的には「**施工計画**」通りに施工、品質管理、検査を実施することになる。

- ② 〔施工編：施工標準〕は、標準的な材料・施工を対象に、その技術的取り扱いを具体的に示し、共通仕様書的に使える施工の標準を示している。主に施工者が使用することを前提に記述している。目次の上では、平成8年版までの施工編を復活させたような形になっているが、中身はいくつも変更している。特に大幅に変更したコンクリートのワーカビリティについては後述する。
- ③ 〔施工編：検査標準〕は、施工編のうち「検査」の章は、構造物の発注者を対象とした記述が多かったため、発注者が使いやすいように〔施工編：施工標準〕から独立させた。
- ④ 〔施工編：特殊コンクリート〕は、一般的なコンクリートの施工の標準を示した〔施工編：施工標準〕に対し、材料や施工方法が特殊なコンクリートを使う方が合理的な施工ができる場合に用いることができる標準として示している。2002年制定版では、特殊コンクリートの章は性能規定的な記述としたが、今回は性能規定的な記述を少なくし、仕様規定的な記述が主体となっている。現場での実態や新たな関係基準類の動きを反映させ、いくつかの章で取り扱う対象を広げたり、あるいは絞り込んだりしている。また、復活させた章もある。

この構成の変更と同時に、従来〔施工編〕のなかで取り扱っていた耐久性の照査やひび割れ照査は、本来は設計段階で行うべき事項であるため、〔設計編〕に移行した。

3.2 ワーカビリティの見直し

（1）概要

〔施工編：施工標準〕は、性能照査型の〔施工編：本編〕に対して、設計で示されたコンクリートの要求性能

表-2 〔施工標準〕で対象とする標準的な施工方法

作業区分	項 目		標 準
運 搬	現場までの運搬方法		トラックアジテータ車
	現場内での運搬方法		コンクリートポンプ
打込み	自由落下高さ（吐出口から打込み面までの高さ）		1.5 m 以内
	一層当りの打込み高さ		40～50 cm
	許容打重ね 時間 間 隔	外 気 温 25℃ 以下の場合	2.5 時間
		外 気 温 25℃ を超える場合	2.0 時間
締固め	締固め方法		内部振動機
	内部振動機の挿入間隔		50 cm 程度
	内部振動機の挿入深さ		下層のコンクリートに 10 cm 程度
	一箇所当りの振動時間		5～15 秒

を満足する標準的な方法を示すことにより、普通のコンクリート構造物を間違いなく施工できるようにするために設け、**仕様規定**として利用できる。

表-2 は、施工標準で対象とする標準的な施工方法である。これらの標準値は、従来の示方書〔施工編〕でも推奨されている値である。

設計されたコンクリート構造物をより合理的に施工するには、現場の条件に合わせた材料の選定、配合設計、施工方法を工夫することが必要で、性能を満たす範囲で適切な方法を選定しなければならない。しかし、多くの一般的なコンクリート構造物は標準的な方法を選択することで性能を満足することができる。また、普通の構造物の設計では、これらの標準的な施工方法を前提に設計すれば、設計者と施工者間の認識の食い違いも回避できる。つまり、施工標準を示すことで、利便性が増すと考えられる。

ところで、表-2 の標準的な施工方法で施工する場合、往々にして土木用コンクリート構造物のスランブは 8 cm とすれば良いコンクリート構造物が施工できるというのが、「常識」となっていた。しかし、耐震設計の高度化等により、過密配筋の構造が増加するなど、施工条件が厳しくなるケースも増え、この考えに疑念がもたれるようになってきた。施工者の裁量でスランブを適切に変更することもできるが、発注者側の理解を得るには、施工者の技量も必要であり、示方書に標準的な指標を示されることが望まれていた。

そこで、2007 年版では、土木学会コンクリートライブラリー第 126 号「施工性能に基づくコンクリートの配合設計・施工指針（案）」の成果を取り入れ、配筋状態や施工方法に応じたワーカビリティの選定について規定した。

大きな改訂点は 2 点ある。ひとつは、「充てん性」の概念を明確にしたこと、もうひとつは、施工に必要な「最小スランブ」という概念を持ち込んで構造物ごとに適切な最小スランブ値を明示したことである。

図-6 コンクリートの充てん性を決めるスランプと材料分離抵抗性

表-3 打ち込みの最小スランプの目安の例（柱部材）

かぶり近傍の有効換算鋼材量 ¹⁾	鋼材の最小あき	締固め作業高さ		
		3 m 未満	3 m 以上 5 m 未満	5 m 以上
700 kg/m ³ 未満	50 mm 以上	5	7	12
	50 mm 未満	7	9	15
700 kg/m ³ 以上	50 mm 以上	7	9	15
	50 mm 未満	9	12	15

1) かぶり近傍の有効換算鋼材量は、下図に示す領域内の単位容積あたりの鋼材量を表す。

(2) 充てん性

ワーカビリティは、流動性と材料分離抵抗性のバランスから定まる充てん性、ポンプ圧送性、仕上げのしやすさやコールドジョイントのでき難さに影響する凝結特性の要素で構成される。

図-6 は、コンクリートの充てん性の概念を示すもので、スランプを大きくすれば流動性が高まるが、逆に材料分離は大きくなり、そのバランスのよいところが充てん性に優れる。スランプを大きくすれば、流動性がよくなり過密配筋でも充てん性も向上するが、材料分離が大きくなると充てん性が損なわれるので、スランプを大きくするには、材料分離抵抗性を増加させる必要がある。材料分離抵抗性は、本来はいろいろな要素で決まるが、ここでは便宜的に最も影響の大きい単位粉体量（あるいは単位セメント量）で考慮することとした。なお、単位粉体量の増加によって充てん性は向上するが、単位セメント量を増加させると温度ひび割れのリスクが大きくなり、

図-7 部材内部に作業員が入る場合の締固め作業高さ

図-8 作業の流れとスランプの変化の概念

そのためには低発熱性の粉体を用いることが望ましい。

(3) 最小スランプ

表-3 は、部材ごとの推奨される最小スランプを配筋状態と施工条件に応じて示したものの一例である。今回の改訂では、スラブ、柱、はり、壁、PC などの各種の部材ごとに、施工条件等に応じてこのような表を示し、その中から適切な最小スランプを選定できるようにした。ここで示される最小スランプとは、打ち込み時の充てん性を確保する下限を意味しており、レディーミクストコンクリートを使用する場合は、荷卸し後のスランプの低下を見込んで注文しなければならない点に注意が必要である。表中の有効換算鋼材量とは、鋼材の過密な箇所を定量化するための新しい指標であり、その下の図のように充てん性に影響する局所的な配筋を評価できる。また、締固め作業高さとは、図-7 に示すように、締固め作業をする位置により作業効率が異なることを評価して目標とする最小スランプを変更する方法のための指標である。

図-8 は、打ち込み時の最小スランプと荷卸し時の目標スランプの関係を示したものであり、打ち込み時の最小スランプに対して、荷卸し時からのスランプ低下量と、圧送によるスランプの低下量、さらにレディーミクストコンクリートに許容されるスランプの変動幅を加えて、目標スランプを定めることが必要である。

3.3 その他の主な改訂

(1) 設計から施工への情報

設計者と施工者の間の情報交換が疎かになり、様々な

弊害を生じていると指摘されている。そこで設計者と施工者の間で受け渡されるべき情報、例えば設計で要求する強度や各種耐久性に関するコンクリートの特性値を明確にすることを試みた。特に今回、前述したように、従来「施工編」のなかで取り扱っていた耐久性の照査やひび割れ照査を「設計編」に移行したため、このことは重要性を増す。

ただし、通常の施工では、粗骨材の最大寸法、スランプ、水セメント比、セメントの種類、単位セメント量が参考値として設計図書に記載される。なお、「施工編：施工標準」では標準的な施工法を示し、通常の設計ではこれらの施工法前提とすることとした。このことも、逆に設計者が施工に対して配慮しなければならない点である。

（２） 配合の用語

「示方配合」や「現場配合」という一般的な用語でさえ、現場では教科書の定義からは離れ、さまざまな意味で用いられており、統一されていないことが明らかになった。このため、新たな用語も検討したが、今回は「配合」以外の種々の「〇〇配合」という用語については、定義をしないこととした。

（３） コンクリートの収縮に関する対応

碎石に関する JIS の品質規格を満足する粗骨材を用いても、その骨材が原因でコンクリート収縮が過大になることがあるという事実が表面化し、対応を迫られている。現在のコンクリート製造や品質保証の体制では、コンクリートの性能としての収縮量の上限を保証することは難しい状況にあるため、コンクリートの品質としてのひび割れ抵抗性に関する条文の解説に大きな収縮を生じる骨材があることの注意喚起の記述を追加した。

（４） 品質管理の章の復活

コンクリート構造物の品質を確保するには、品質管理・施工管理が重要である。品質管理は施工者が行う自主的な技術活動であるため、ここ数回の改訂ではあえて記述を避けてきた。しかし、「施工編：施工標準」を施工者が用いるものと位置づけたため、この中に品質管理の章を設け、品質管理計画作成に役立つように配慮した。

4. 「維持管理編」の改訂概要

4.1 改訂の基本方針

示方書「維持管理編」は、その初版が 2001 年であり、現在その内容が認知され始めた状況であることから、改訂作業にあたっては、2001 年版で示した基本的な考え方は大きくは変更せず、以下の点を今回の改訂の基本方針とした。

- ① ISO などの国際基準で示されるコンクリート構造物の維持管理の枠組みと 2007 年版「維持管理編」の内容との整合を取る。
- ② 維持管理を適切に実施するために必要となる実施体制の構築ならびに維持管理計画の策定に関する具

図-9 2001 年版と 2007 年版における第一部の章構成
【維持管理編】

体的記述を加える。

- ③ 耐荷性や耐震性等に関連した設計基準の変更によって既存不適格となる既存構造物への対応も含める。
- ④ 第二部で対象とする劣化機構の見直しと第二部各章の記載内容についても性能照査を基本としたものとする。

4.2 第一部「維持管理」の概要

ここでは維持管理の基本的考え方を示したが、章構成については、ISO などの国際基準における内容構成も意識し、図-9 に示すように 2001 年版からその構成を変更した。

また、維持管理の原則として、維持管理者自らが、まず、構造物の将来にわたってのあるべき姿を示したシナリオをあらかじめ設定し、これにライフサイクルコストなどの経済性評価結果なども考慮しながら、構造物が予定供用期間中所要の性能を維持するための維持管理計画を策定し、維持管理を実施していくことの重要性を明記した。さらに、維持管理は、原則としてインハウスインジェニアが実施することとし、図-10 のような維持管理の実施体制の例を技術者の役割と併せて示した。なお、維持管理計画の策定にあたって設定する維持管理区分を A：予防維持管理、B：事後維持管理、C：観察維持管理の 3 つとし、2001 年版で定義していた D：無点検維持管理を削除した。

構造物で実施されるべき基本的な維持管理の手順として図-11 を示した。ここでは、点検、劣化予測、性能評価および対策の要否判定といった、維持管理における構造物の状況を把握するための一連の行為を総称した「診断」という言葉を新たに用い、維持管理の行為は、大枠として、維持管理計画の策定、診断、診断結果に基づき必要に応じて実施される対策ならびに、それらの記録からなるとした。なお、「診断」という用語を新たに用いた理由は、ISO などの海外の基準、規格等でしばしば用いられる“Assessment”という言葉を意識したことによる。

診断は、維持管理の実施にあたって最初に行う初期の

図-10 構造物の維持管理体制と技術者の役割についての例

図-11 構造物の維持管理の手順

診断、維持管理の実施期間中、日常的あるいは定期的
に実施する定期的診断、ならびに偶発荷重などが作用した
場合に実施する臨時的診断の3つに大別した。一方、
「点検」は、「診断において構造物や部材に異常がないか
調べる行為の総称」とであると定義を変え、診断との関係
で図-12のように分類した。なお、2001年版では「詳細
点検」も点検行為の1つとしたが、2007年版では、そ
の内容は新たに定義した「詳細調査」の中に含まれると
して点検から除外した。ここで、詳細調査は、「標準調
査（維持管理計画の中であらかじめ定められた調査と定
義）では得られないより詳細な情報を得るために実施す
る調査の総称」と定義される。

劣化機構の推定、劣化予測、構造物の性能評価および

図-12 点検の種類

対策の要否判定の考え方の基本は、2001年版と概ね同
じである。ただし、構造物の性能評価は、点検結果に基
づき点検時と予定供用期間終了時の2時点で行うことを
基本とはするが、予定供用期間終了時までの期間が長い
場合には、点検時と予定供用期間内でとりあえず設定可
能な時点での性能照査を行ってもよいこととした。

対策の種類は、「点検強化」、「補修」、「補強」、「機能
向上」、「供用制限」、「解体・撤去」の6種類とした。こ
の中で、ISOなどの国際基準と定義を整合させるため、
「補修」と「補強」の定義をそれぞれ以下のように改めた。
・補修：第三者への影響の除去あるいは、美観・景観や
耐久性の回復もしくは向上を目的とした対策。ただし、
建設時に構造物が保有していた程度まで、安全性ある
いは、使用性のうちの力学的な性能を回復させるため
の対策も含む。

・補強：建設時に構造物が保有していたよりも高い性能
まで、安全性あるいは、使用性のうちの力学的な性能
を向上させるための対策。

第二部 劣化機構別維持管理	
9 章	中性化に対する構造物の維持管理
10 章	塩害に対する構造物の維持管理
11 章	凍害に対する構造物の維持管理
12 章	化学的侵食に対する構造物の維持管理
13 章	アルカリシリカ反応に対する構造物の維持管理
14 章	鉄筋コンクリート床版の疲労に対する維持管理
15 章	鉄筋コンクリートはり部材の疲労に対する維持管理
16 章	すり減りに対する構造物の維持管理
17 章	耐震補強の基本

図-13 2007 年版における第二部の章構成 [維持管理編]

構造物の維持管理記録は、構造物を供用している間は保管することを原則としたが、記録内容が類似の構造物の維持管理に役立つこともあるため、供用期間が過ぎた後でもできる限り保管することが望ましい。

4.3 第二部「劣化機構別維持管理」の概要

図-13 に 2007 年版第二部の章構成を示す。第二部では、構造物の性能低下に影響を及ぼす劣化機構として、2001 年版で取り上げた中性化、塩害、凍害、化学的侵食、アルカリシリカ（ASR）反応、疲労（床版およびはり部材）に加え、水流によってすり減りが生じる水中の橋脚、港湾構造物、海岸構造物、ダムや水路等の水利施設などを対象とした、「すり減りに対する構造物の維持管理」を新たに取り上げた。また、交通量や車積載量の増大による設計荷重の変更や耐震性評価手法の変更などにより、既存構造物の耐荷性や耐震性が新たな設計基準を満足しない状況、すなわち既存不適格な構造物の管理もまた、重要な維持管理行為の 1 つである。このため、2007 年版では、第一部の各章にこの点を考慮した記述を盛り込むとともに、第二部のなかに、その一例として、耐震補強を実施するための基本的な考え方を示した章を新たに設けた。なお、その他に各章に共通する 2001 年版からの変更点を以下に示す。

- ① ASR に対する維持管理を除いては、維持管理区分 B で維持管理する場合を想定した記述に加え、維持管理区分 A で維持管理を行う場合の考え方も示した。
- ② 第二部で示した構造物の維持管理においても、劣化過程における構造物の性能を定量的に評価しながら維持管理を行うことを基本として枠組みを構築した。その上で、性能の定量的な評価が困難な場合には、2001 年版と同様にグレーディング等の半定量的な方法で評価を行ってもよいこととした。また、その際、劣化に伴う構造物の性能低下の程度は、着目する性能ごとに異なることを明記した（図-14 参照）。
- ③ その他、第一部の変更にあわせて維持管理計画の節を設け、維持管理計画を作成するにあたって各劣化機構で特有の留意事項を記載するとともに、「診断」という概念が導入されたことに伴い、この診断

図-14 劣化進行過程に伴う構造物の性能低下の概念図
(中性化による劣化を例として)

の手順に沿った内容構成に変更した。

5. 「ダムコンクリート編」の改訂概要

5.1 改訂のポイント

2007 年制定コンクリート標準示方書 [ダムコンクリート編] (以下、2007 年版と記す) は、2002 年版と同様、二部構成となっている。本稿では、2007 年版における主だった改訂点について説明する。なお、「台形 CSG ダムの設計・施工の基本」を付録として新たに掲載しているが、誌面の都合上、その説明は省略する。

第一部「性能照査」、第二部「標準」および付録の目次を図-15 に示す。「構造設計」、「検査」および「維持管理」に関する章を新たに設け、また「温度規制」に関する章の充実を図った。これにより、コンクリートダムの構造性能の照査から始まり、その照査におけるダムコ

目 次	
第一部「性能照査」	
1 章	総 則
2 章	コンクリートダムの構造性能の照査*
3 章	ダムコンクリートに要求する性能
4 章	温度規制*
5 章	ダムコンクリートの配合設計
6 章	ダムコンクリートの施工
7 章	施工時におけるダムコンクリートの品質管理
8 章	検 査*
9 章	維持管理*
第二部「標準」	
1 章	総 則
2 章	コンクリートダムの構造設計*
3 章	ダムコンクリートの品質
4 章	温度規制計画
5 章	材 料
6 章	配合設計
7 章	製 造
8 章	施 工
9 章	品質管理
10 章	検 査*
11 章	維持管理*
付録 「台形 CSG ダムの設計・施工の基本」*	
1 章	総 則
2 章	台形 CSG ダムの構造設計
3 章	CSG の製造および施工
注) *は、2007 年版において新たに設けられた章など	

図-15 ダムコンクリート編の目次

図-16 第一部「性能照査」における検討手順

ンクリートの設計値の明確化、それを受けた形での配合設計、さらに、施工、品質管理、検査および維持管理といった一連の工程を網羅する形となっている。参考として、第一部「性能照査」における作業の流れを図-16に示す。

5.2 構造設計の章の新設

コンクリートダムの構造設計については、「河川管理施設等構造令および同令施行規則」において詳細な構造規定が定められている。ダムコンクリートに要求される強度は、コンクリートダムの構造設計から定まる。すなわち、ダムコンクリートの強度を適切に設定するためには、コンクリートダムに要求する構造性能の照査が必要となる。そこで2007年版では、コンクリートダムの構造設計に関する章を新たに設けた。重力式コンクリートダムの構造設計にあたっては、一般に、二次元解析法によりダムが所要の安全性を有していることを照査し、また耐震設計には震度法を用いる。なお、それとは別に、レベル2地震動に対するコンクリートダムの耐震性能を照査する場合、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）」（国土交通省河川局）が試行されている現状をも考慮し、構造解析手法として動的解析法を用いることとした。

5.3 要求性能の見直し

ダムコンクリートの要求性能として、これまでの「強度」および「水密性」に、「単位容積質量」と「耐久性」を加えた。「単位容積質量」は、厳密には「性能」とは言えないことから、2002年版では、強度も含め、ダムコンクリートの「物性値」を規定したが、2007年版では、性能照査型示方書であることを念頭に置き、「単位容積質量」も広義の「性能」と解釈することとした。また、二重規定となるとの判断から除外していた「耐久性」についても、実務における実状を勘案し、要求性能と捉

えることとした。

ところで、2002年版において、資源の有効利用の観点から、規格に適合しない骨材でも、実際に使用する材料および配合を用いてコンクリートの凍結融解抵抗性を確認した場合には、そのダムコンクリートは凍結融解作用に対して抵抗性を有すると判断し、検討対象の骨材を使えることとしていた。しかしながら、主旨が十分理解されず、規格に適合する骨材に対しても確認試験を行って評価している場合が多くあったことから、2007年版では、骨材の凍結融解抵抗性の検討手順を分かりやすく記述した。

5.4 温度規制計画の充実

コンクリートダムは一般にマッシュであり、積極的に温度ひび割れの抑制を図るため、温度応力解析の具体的方法を示した。2002年版では、これまでの数多くのデータの蓄積、経験をもとに、拘束ひずみが許容値の100 μ を超えないように温度規制計画を策定することとしていた。拘束ひずみを算出する温度応力解析には一般に拘束度マトリックス法を適用しているが、この解析法はダム堤体の中央部を対象に、堤体に有害な貫通ひび割れの発生の可能性を判断するものである。2007年版においても拘束ひずみによる判定を踏襲することとしているが、近年、有限要素法解析を用いて二次元や三次元の温度応力解析により各部位のひび割れ検討を行うことも増えてきており、ひび割れ指数（安全係数）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こととした。なお、コンクリートダムと一般のコンクリート構造物においては、解析条件や環境条件の不確実性が異なる。したがって、一般の構造物に適用されているひび割れ発生確率をダムコンクリートにそのまま適用するのは適当ではなく、ダムコンクリートの特徴を十分に考慮し、適切に評価しなければならない。今後、ひび割れ指数による検討のデータを蓄積し、ダムコンクリートにおけるひび割れ指数とひび割れ発生確率の関係を明確にする必要がある。なお、今回の改訂にあたり、拘束ひずみとひび割れ指数の関係について改訂資料中で2ケースのみ検討したが、これについてもさらなる検討が必要である。

5.5 製造および施工

ダムコンクリートの製造における材料の計量許容誤差を、他編との整合も考慮し、表-4のように変更した。結合材の計量許容誤差を1%とした。混和材でも結合材の一部をなす場合には1%としたが、骨材の一部として使用する場合には2%となる。

ダムでは従来から25℃を打込み温度の最高値として規制し、ひび割れを抑制してダムコンクリートを施工してきた実績がある。しかしながら、本来、暑中コンクリートとしての打込み温度は、高温環境下で十分な施工が可能となるように配慮するための規制値である。25℃を

表-4 使用材料の計量許容誤差

(2002 年版示方書)		(2007 年版示方書)	
材料の種類	許容誤差 (%)	材料の種類	許容誤差 (%)
水	1	水	1
結合材	2	結合材	1
骨材	3	混和材	2*
混和剤	3	骨材	3
		混和剤	3

*結合材の一部として使用する場合は1%

少しでも超えたら急激に悪くなるとは限らず、また温度ひび割れの検討においてはダムサイトの温度環境（安定温度等）によって異なり、打込み温度を一律には決め難い。したがって、2002 年版では打込み温度が 25℃ となる場合を暑中コンクリートとしていたが、2007 年版では、外気温が 25℃ を超える場合に暑中コンクリートとしての処置を講じることとした。これにより、暑中コンクリートの打込み温度と、水和熱による温度応力に対する打込み温度規制が混同されるのを防ぐことができる。

5.6 品質管理・検査・維持管理

従来からダム建設では、骨材の製造からダムコンクリートの製造・施工までを発注者と受注者が一体となって行っており、「品質管理」と「検査」を明確に区別していなかった。ただし、コンクリート標準示方書が性能規定型基準であることや、新たに「施工編：検査標準」が設けられたことなどとの整合を図るため、「品質管理」と「検査」を区分して記述することとした。なお、品質管理行為や検査行為は従来から行われており、今回の改訂において両者を区分したからといってこれまでのやり方を変えるものではない。

施工時における品質管理にあたっては、配合設計で設定した特性値および許容限界特性値と、施工時における判定指標値を対比させることで、そのコンクリートの使用の適否を判断しながら品質管理を行うことになる。例えば、圧縮強度のように、施工後、ある程度の日数が経過してからでないと判定できない性能もあり、強度の場合には、水結合材比やスランプ（または VC 値）の組合せにより、フレッシュ状態で間接的に判定することになる。なお、供試体による一軸圧縮強度試験を適宜行い、直接的な方法で強度を確認しておく必要がある。

検査には、本来、①工事の完了を確認するための完成検査、②完成前に契約にもとづき実施される既済部分検査、および③施工上の重要な変化点などにおいて手戻り

を少なくする目的で行う中間技術検査、などがある。2007 年版では、これらに加え、④発注者の工事監督行為における段階確認等も検査と位置づけた。これは、工事監督行為が受注者にとっては検査と受け取られている場合が多いことによる。

コンクリートダムが供用期間を通じて構造性能を確保し、ダムの機能を発揮していくためには、適切な維持管理が行われなければならない。ダムコンクリートにおいて想定される主な劣化機構としては、凍害、すりへり、温度収縮によるひび割れ、の 3 項目が挙げられる。なお、これらの劣化が生じる場合においても、ダムコンクリートは一般のコンクリート構造物に比べて急激な劣化の進行、機能の低下が生じることは考えにくく、目視観察を基本として劣化の経時的変化を把握・評価することが重要であることを述べている。

6. おわりに

信頼に足る技術基準であることを前提にしつつ、技術の進展・普及を取り込み、規定の更新を図るのが改訂の通例であるが、それに加え、今回の改訂では、コンクリート構造物に対する信頼性確保と実務的な利便性の向上を図った。将来の改訂に向け残された課題もあるが、今回改訂した示方書は、「性能照査」の概念に基づく合理性と実務での有用性を併せもつ示方書として、我が国のコンクリート技術水準の高さを示すものであると考えている。

今回の改訂には 2005 年 7 月から約 2 年半の期間を要した。その間、130 名を超えるコンクリート標準示方書改訂小委員会の委員各位の精力的な活動、宮川豊章委員長をはじめとする土木学会コンクリート委員会の支援、ならびに改訂の過程で意見照会に回答いただいた関係諸機関の協力が必要であった。最後に、紙面を借りて、関係各位に謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 百瀬晴基ほか：全国のレディーミクストコンクリート工場を対象としたコンクリートの乾燥収縮に関する調査研究（その 1：省力化乾燥収縮試験方法の概要と調査結果）、日本建築学会大会学術講演梗概集（九州）、pp.291～292, 2007.8
- 2) 土木学会：2007 年制定「コンクリート標準示方書」〔設計編〕、〔施工編〕、〔維持管理編〕および〔ダムコンクリート編〕、2007.12
- 3) 土木学会：2007 年制定「コンクリート標準示方書」改訂資料、コンクリートライブラリー第 129 号、2007.12
- 4) 土木学会：「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）」、コンクリートライブラリー第 126 号、2007.3