

技術展望

コンクリート構造物の規準類の性能規定化と
検査のあり方に関する考察INTRODUCE OF PERFORMANCE-BASED CODES FOR CONCRETE STRUCTURES
AND NEW INSPECTION SYSTEM河野 広隆¹・古賀 裕久²

Hirotaka KAWANO and Hirohisa KOGA

¹正会員 建設省土木研究所 コンクリート研究室長
(〒305-0804つくば市旭1)²正会員 建設省土木研究所 コンクリート研究室研究員
(〒305-0804つくば市旭1)**Key Words:** performance-based design, quality control, inspection

1999年にコンクリート構造物の耐久性問題がクローズアップされたが、この問題の原因のひとつとして、建設時の検査方法のあり方についても疑問が呈されている。一方、コンクリート標準示方書をはじめとする規準類の性能規定化が検討され、ここでも新たな検査体系の構築の必要性が議論されている。本論文では、このような規準類の性能規定化の動きと品質管理・検査体系の見直しが生発化する中で生じている様々な混乱と、それらを招いている問題点の整理を行い、次に規準類の性能規定化の中でどのような品質管理・検査体系を構築して行ったらよいかについての考察を行い、さらにコンクリート構造物の品質保証や品質管理・検査を合理的に行うための技術開発の方向について検討を行った。

1. はじめに

1999年は、岩波新書の「コンクリートが危ない」の出版とそれに続く一連のコンクリート落下事故を契機に、コンクリート構造物の耐久性問題が社会的に大きく取り上げられた年であった。これらの事故調査やこの問題を受けて設けられた建設省・運輸省・農林水産省の3省合同「コンクリート構造物耐久性検討委員会」では、コンクリートの施工時の品質管理・検査のあり方について大きな見直しを迫る提言をしている¹⁾。

一方、平成12年1月に土木学会コンクリート委員会から、コンクリート標準示方書【施工編】—耐久性照査型—が出版された²⁾。性能規定的な色彩が強い平成8年度版【耐震設計編】のあとに続く、コンクリート標準示方書全体の性能照査型への移行の第1弾として位置づけられている。この改訂の際にも、新しい時代のコンクリート構造物の品質保証、品質管理・検査のあり方について、明確な記述には至らないものの、活発な議論がなされた。

さらに、ISO等の国際規準類との整合化³⁾や新しい技術開発の早期導入を可能にすることを目指して、道路橋示方書や道路舗装要綱、JIS等の各種の規準類の性能規定化が進められている。この中でも、新しい規準類に対応した品質管理・検査体制のあり方が議論されている。

このように、規準類の性能規定化の動きと品質管理・

検査体系の見直しが活発化する中で、様々な混乱が生じているように筆者には感じられる⁴⁾。そこで、本論文ではまず、こうした混乱を招いている問題点の整理を行い、次に規準類の性能規定化の中でどのような品質管理・検査体系を構築して行ったらよいかについての検討を行い、さらにコンクリート構造物の品質保証や品質管理・検査を合理的に行うための技術開発の方向について検討を行ってみたい。

なお本来、性能規定化の中の品質管理・検査体系のあり方といった主題は構造物の種類を特定せずに議論されるべきとは考えられるが、筆者がコンクリート分野に携わる者である関係上、コンクリート構造物のそれに議論が限定されることをご了承いただきたい。

2. 性能規定化と検査にかかわる問題点の整理

(1) 性能規定化に関する混乱

コンクリート標準示方書や各種規準類の性能規定化作業が進められているが、規準類の性能規定化そのものについても、種々の議論があり、筆者も参考文献4)で問題点の整理を試みたことがある。作業の中で、いろいろなご質問や問い合わせをいただいている。そのうち、種々の誤解に基づくご質問で、比較的多く、筆者の印象に残っているものを列挙してみる。

- ① 性能規定化されると今まで使っていた規準類が使えなくなり困る。
- ② 性能規定化すると検査ができなくなってしまう。どう品質保証するのか。
- ③ 性能規定化に対応した材料（技術）開発をしたいが、どんなものに取り組んだらよいか。
- ④ その他

若干理解しづらい点もあるので、補足をする。

まず、①については性能規定化への移行というものが、例えば、許容応力度設計法が部分安全係数設計法へ移行するようなイメージで捉えられているために起こった誤解であろう。わが国の各種の既存の基準類・規格類は、技術的には世界的なレベルにある。これら基準類は技術の蓄積により体系化されたもので、いわば知的財産である。基準類を性能規定化した際に、これらの財産を放棄してしまうのは何とも愚かなことである。こうした従来技術は、いわゆるみなし照査の一手法として、あるいは標準手法として位置づけるのが妥当であろう。このことは従来基準類・規格類を便利に使えるならば使う道具とみなすものである。これらは本来は、道具として作られたものである。言ってみれば、本来の形に戻るのである⁴⁾。

次に、②についてはひとつは「照査」と「検査」の用語の混同と、性能照査型に移行すると最終の性能が要求され、それを達成するためのプロセスは問わないということがあまりにも宣伝されたために生じた誤解である。この点については、次の章で考察してみたい。

③については、主客転倒が見られる。性能規定化の目的のひとつは、新しく開発された材料や技術を正当に評価し、評価されたものは使いやすくするような枠組みを提供することである。性能規定化すると、新しい材料を使いやすくなる環境ができあがる。だからといって自動的に新しいものが出てくるわけではないし、性能規定に適した材料・技術というものがあるわけではない。むしろ何でも使える可能性があるという状況が生まれるのである。

(2) 検査とは

検査という言葉は、一般的な用語である。広辞苑を引くと、検査は「規準に照らしてしらべあらためること」とある。公共事業では一般には検査は発注者が行う行為と認識されてきている。しかし、コンクリート分野では意外と正確な使われ方はしていなかったと思われる。過去の規準類を見ると、例えば道路協会のセメントコンク

リート舗装要綱では、誰が品質検査を行うかを明示してあるため比較的正確に記述されているが、道路橋示方書コンクリート橋編では品質管理・検査の記述そのものがほとんどない。昭和55年度版のコンクリート標準示方書では、「品質管理および検査」の章が設けられているが、中身をよく見ると品質管理と検査の行為が混同されているところが見られる。

このため、平成8年度制定のコンクリート標準示方書【施工編】の改訂では、品質管理及び検査の章を大幅に変更した。そこで、用語の定義には「品質管理」と「検査」を追加し、以下のように定義した。

- ・品質管理：使用の目的に合致したコンクリート構造物を経済的に造るために、工事のあらゆる段階で行う、効果的で組織的な技術活動
- ・検査：品質が判定基準に適合しているか否かを判定する行為

この定義で、一応「品質管理」と「検査」は明確に仕分けされた。

しかし、平成7年から開始された性能規定型のコンクリート標準示方書を作成することを目的に発足した示方書委員会幹事会や今回の平成11年版【施工編】改訂作業では、性能規定化に伴う用語の定義について種々の議論があった。この中で「機能」と「性能」と「品質」、「照査」と「検査」について、これらの用語を明確にしておかないと性能規定化の示方書を作成するのに支障がでるといふ議論があり、かなりの時間が割かれている。しかし、平成11年版【施工編】では、まだ用語の定義が流動的であるとし、平成8年度版に示された用語以外の新たな用語の定義はなされていない。ただし、平成10年7月に出されたコンクリートライブラリー93「高流動コンクリート施工指針」⁵⁾ではこれらの用語の定義を試みている。

ちなみに、今回の平成11年版【施工編】改訂作業の途中では、品質検査と管理に関しては以下のような意見が出された⁶⁾。

- ・性能規定化に対応し品質管理・検査の章も大幅に改訂することが必要ではないか。
- ・材料や施工を性能規定化することによって品質管理や検査の位置づけが変わるのではないか。
- ・現状の技術では従来の品質管理と検査の方法はそのまま踏襲しないと現場では混乱が生じる。
- ・「機能」と「性能」と「品質」、「照査」と「検査」といった用語をまず、明確にすべきではないか。また、設計から施工まで一貫したシステムで性能規定化した場合、従来の検査はどういう位置づけになる

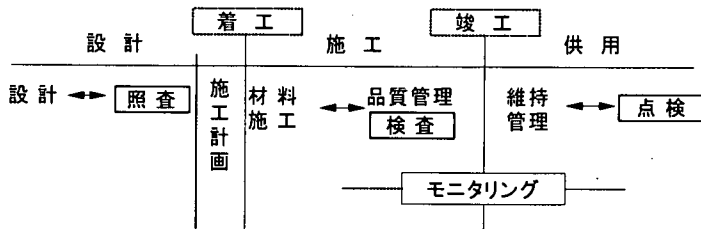


図-1 コンクリート構造物の建設の流れと検査の位置づけ

のか。

- ・本来、品質管理は自由な技術活動であり、細かく手法を示す必要はない。
- ・いや、コンクリートの製造、コンクリート構造物の施工では品質管理が重要であり、その標準を示すのがコンクリート標準示方書の務めである。
- ・検査は、本来、発注者と受注者の契約に示されればよいことであり、コンクリート標準示方書に示す必要はない。
- ・いや、検査は客観性が必要であり、そのため、JISの試験法等も整備されてきた。コンクリート標準示方書に示された検査は一般の標準として広く使われており、重要である。
- ・等々

以降の記述を進めるに当たって、検査の定義をしておかないと論点が絞れないため、ここでは筆者の理解している範囲で定義を試みる。まず、広い意味での「検査」は前述の広辞苑の定義「規準に照らしてしらべあらためること」がそのまま使えるであろう。ただし、この定義では施工編で言う「照査」も含まれることになってしまう。ちなみに、広辞苑で「照査」は「照らし合わせて調べること」である。高流動コンクリート施工指針では「照査」は「設計・計画された内容が要求された性能を満足しているかどうかを実施が始まる前の段階に判定すること」、「検査」は「製造、施工されたコンクリート、部材、構造物が、要求性能を満足し、受け取り可能かどうかを判定すること」としている。

次に、一般的に維持管理段階で構造物を「点検」することも「検査」と呼ぶことも多い。平成12年出版予定のコンクリート標準示方書【維持管理編】では、「構造物の現状を把握する行為の総称」を「点検」という用語で呼んでいる。

以上を、総括すると図-1に示すような位置づけができると考えられる。実施着工前の段階の「照査」は前述の高流動コンクリート施工指針に示された「設計・計画された内容が要求された性能を満足しているかどうか

を実施が始まる前の段階に判定すること」と同じ定義でよい。「品質管理」と「検査」は平成8年度版【施工編】のものでよい。ただし、注意を要するのは、「照査」と「品質管理」がその時点で判定がアウトになってもどこか前の時点へフィードバックできるのに対し、「検査」という行為は基本的には yes or no の判定がなされた後、フィードバックができないということである。維持管理時に従来「検査」と呼ばれていた行為は「点検」と統一した方がよさそうである。

3. 検査体制のあり方について

(1) 性能規定化と検査

性能規定化に向かったときの品質検査のあり方について議論する前に、2.(1)で示した②の「性能規定化すると検査ができなくなってしまう。どう品質保証するのか」という疑問について考えてみる。

性能規定化の概念としてよく用いられ、筆者自身も用いている図が図-2である。すなわち、今までは構造物の設計や施工方法は一通りしかなく、決められた手順で行うほかなかったが、性能規定化すると幾通りもの設計・施工方法が選択可能になるというものである（これについては、従来の土木構造物の設計指針類でも標準的な設計・施工以外の方法も選択できるものになっていたが、それがいつのまにか標準的なものが金科玉条のように取り扱われてきたという経緯がある。その点についてはここではあえて触れない）。そこで問題となるのが、検査である。種々の設計・施工法が提案されて来た場合、構造物に要求された性能を、できあがった構造物が満足するかどうかを検査する方法がないのではないかと疑問である。これが、性能規定化に対し、「総論は賛成。しかし……」となる理由のひとつである。しかし、図-2でも示された要求性能をできあがった構造物が満足するかどうかは、何らかの方法で示す必要があり、示すことができない方法は採用できないことになる。その方法に応じて検査方法を設定すればよいわけで、従来の標準

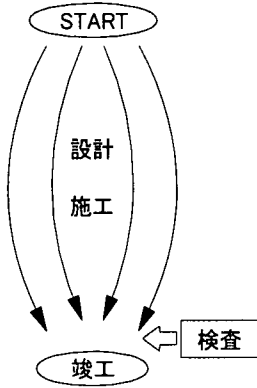


図-2 性能規定化のイメージI

的な検査方法は採用できないものの、検査が不可能になるわけではない。これまでも、土木分野では種々の新しい材料・設計方法・施工方法等が採用されてきたわけで、その際には新たな方法に応じた検査法が検討されてきたはずである。その延長にあると考えればよいと思われる。具体的には、全く新しい提案については、提案者が検査方法も提案し、それをもとに発注者と検査方法をつめていくようになると思われる。

また、性能規定化といっても図-2に示すように、いきなり竣工検査だけで構造物が要求性能を満たすかどうかを判断するのは難しく、実際には性能を判断するための代替えの項目をチェックしたり、プロセスをチェックすることになる。さらに、土木分野では図-2に示すような設計施工一括発注のような形態が普及するのはまだまだ先のことで、多くは現在のように設計と施工が分割発注されることになる。このような場合にも、もちろん性能規定化は可能であり、設計（材料の選定を含む）の段階での照査と、照査された設計図通りのものが造られたという検査によって構造物の性能を確保されることになる。設計（材料の選定を含む）と施工の方法は任意となるが、当然ながら照査と検査によってチェックされる。

ここで重要となるのが、設計終了から施工の着手に至る際の「施工計画・検査計画」の段階である。平成8年版のコンクリート標準示方書〔施工編〕では施工計画については、ほとんど触れられていない。コンクリート委員会示方書小委員会では、性能規定化へ移行する際には施工計画が重要になるとの認識から、示方書幹事に筆者のひとりが主査を務める「施工管理計画WG」を設置し、検討を重ねている。このWGの議論のなかでは、施工管理計画および施工検査計画を次のようなイメージで捉えている⁷⁾。

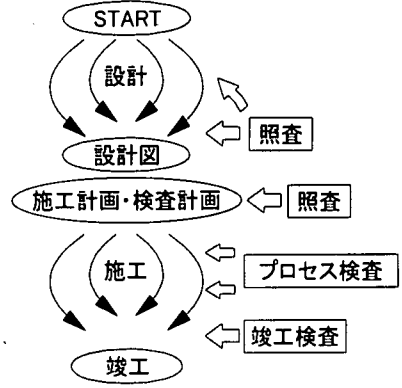


図-3 性能規定化のイメージII

- ① 予定された施工工程を確実に実施にうつすためのシステム
- ② 予定通りに推移しない際に、「性能」を満たすために何を行うかを明確にするシステム
- ③ 事故等を生じた際に修正と対応を図るシステム
- ④ 以上を受け施工の終了時あるいは途中で照査・検査を合理的に行うためのシステム
- ⑤ 施工を「考える行為」、施工計画を「創造的行為」ととらえる。
- ⑥ 適切な検査体系を組むことが「創造的行為」と位置づける。
- ⑦ 個別の管理・検査の行為は「照査」と同様、「客観の世界」と位置づける。
- ⑧ 施工管理は、システムの構築とその管理が重要であるとともに、行き着くところ「人の管理」であることを念頭に置く。いわゆる現場管理だけでなく、情報交換・教育等も重要であることを明記する。

ここで重要なのは、設計が創造的な行為と同様に「適切な検査体系を組むことが、創造的な行為と位置づけ」ている点である。ただし、「個別の管理・検査の行為は照査と同様、客観」的な、つまり機械的に行えるものと考えている。すなわち、標準類が性能規定化した際には、検査計画を立てる行為は非常に重要かつ技術者の技量を発揮できる場面であると考えているのである。

(3) 品質検査のあり方

前節で性能規定化された体系の中では、「適切な検査体系を組むことが、創造的な行為」として、設計と同様の技術力のいる行為だと考察した。そうであれば、検査体系のあるべき姿を考察するのは、総合的で難しい問題で、設計のあり方を論じると同様に困難きわまりないことである。それは筆者の手に負えるものではない。そ

ここで、検査体系のあり方を論じるのに必要と思われるいくつかの要素について考察してみたい。それは、これまでの品質検査体系がどう構築されてきたか、品質検査体系の構築にコストの概念が持ち込めるか、品質検査体系はどのようなスタンスに立って構築するか、である。

a) 過去の品質検査体系について

現在の土木工事共通仕様書の施工管理基準や各種規準類に示された検査体系はどのようにして決定されてきたのであろうか。筆者も規準類の改訂作業にはたびたび参加しているが、検査の頻度などはいつも議論百出する事項である。つまり、検査の標準は高度なエンジニアリングジャッジメントによって決定されていると言えよう。反面、妥協の産物的な面があることも否めない。例えば、JIS の工場製品などでは類似の製品の検査頻度などが微妙に異なったりしている。もちろん製品の実績なども考慮されているが、関係者の力関係が反映していることも否定できないであろう。

このように多大な議論を通じて形成された検査体系に関する合意は、高い信頼性を持ち受け入れられるが、反面、一度決定されてしまうとなかなか改訂が難しいという面も有している。

若干脇道にそれるが、現在コンクリート工場製品の JIS の大幅な見直し作業を進行中である。日本工業標準調査会の土木部会では将来の JIS のあり方を検討し、平成 8 年 5 月に「土木分野標準化基本方針」を打ち出している。この方針では、JIS 整備の重点化、JIS の規定内容の多様化、JIS マーク制度の改善、国際標準化活動の体制強化などの方針が示されている。これを受け、土木部会の下にあるコンクリート専門委員会では検討を重ね、平成 10 年 3 月に「コンクリート分野の標準化計画案」を世に問うている^{8),9)}。この中で、製品分科会では、生コンおよび各種工場製品の JIS の体系の見直しを行った。従来のコンクリート工場製品の規格は、制定順に何の脈絡もなく番号が振られ、規格間の関係は非常に希薄であった。このため、いくつもの弊害を抱えていた。例えば、下記

- ① 工場製品に使う材料の JIS が変わったときなど、たとえ共通の項目でも、全ての製品規格を改訂しなければならない。
- ② 設計や検査基準等に共通の理念がないため、互いに整合しない部分がある。
- ③ 個別の製品に JIS マークが与えられているため、同一工場で造る類似の製品でもマークをふることはできない。

このような状況を打開する方法を検討した結果、既存の製品規格を再編成し、新規格を次の 3 つの規格群に分けて制定することを提案した。

すなわち、「基本規格」、「用途別製品群規格」、「構造物別製品群規格」である。詳細は割愛するが、「基本規格」の中では、種類と性能項目、性能試験方法、設計方法、製造方法と使用材料、受け渡し検査方法等、工場製品に共通する規格を示している。製品の検査については受け渡し検査方法についての考え方や検査方法の選択基準などが示されている。なお、一般構造物では設計の「照査」に相当する、製品の設計段階の照査は、残念ながら「照査」という用語は用いられず、「形式検査」という用語が用いられている。これは、自動車の型式認定と同じコンセプトであり、同じ型の製品が繰り返し製造されるプレキャストコンクリート特有の照査方法である。さらに、若干残念なのは「型式検査」が JIS では「形式検査」という漢字が当てられている。これでは「けいしき」検査になってしまう。「照査」が用いられなかったのも「型」が用いられなかったのも、JIS の用語の制約であるが、他の規準類との整合を考えると残念である。

b) 品質検査のコストについて

品質検査は本来は品質保証のための一方法である。このため、どのような品質保証を行うかによって、変わるものであり、構造物の重要性や、維持管理の状況等に応じて、契約で自由に設定でき、不変のものではない。よく、発注者の方からは品質検査方法をきちっと決めてもらわないと困るという意見が出る。これにはいくつかの理由があろう。例えば、利便性である。あるパターン化した構造物の構築では、多くの場合、決められた検査方法をこなしていく方が、繁雑ではないし、間違いも少ないと考えられる。また、会計検査等への対応もいちいち理由を説明する必要もなく楽である。しかし、本来は構造物の発注ごとに契約で自由に検査方法を設定するものである。今後、発注の形態が多様化すれば、当然のことながら検査のあり方も多様化するべきものと考ええる。

従来、品質検査は仕様書あるいは共通仕様書に示されているものを、淡々とこなせば間違いのないものと見られてきたのではなからうか。そこには検査には不確実性もあり、さらに費用もかかるものだとことが見落とされていると思われる。検査の不確実性のある部分は材料の安全係数（現在は許容応力度の設定）や設計の際の安全率に潜り込んでいる部分がある。強度面の不確実性は、多分このやり方で問題がなかったと思われる。現に、強度不足で壊れた事例というのはほとんどない。しかし、

このやり方では耐久性をチェックするとなると問題が生じている。

では、どこまで検査の確実度を上げればよいのであろうか。一般的なこととして、例えば現在1割の不良品がでているものについて、品質管理・検査を改善し、1%まで落とすのは技術的にも経済的にもそう難しいことではない場合でも、さらに1%を0.1%へ、0.1%を0.01%と落としていくと、そのための技術とコストは大幅に増加していく。そのため、一般の製造業でもある程度まで品質管理で不良率を落とした後は、アフターサービスで対応することが行われている。同様のことを土木の分野でも検討しなければならないであろうが、その際には不良品がでることがあるということに対する国民のコンセンサス、土木構造物のように長寿の構造物に対し補償を行う施工者の企業体力などの点でそれが可能かという難しい問題がある。

若干違った事例になるかも知れないが、阪神淡路大地震の後、各種の設計規準類を改訂する際に、過去最大の地震を想定しどこまでも構造物を丈夫に造る方向でよいのか、確率と経済性について検討すべきではないかとの議論があった。また、最近のコンクリート構造物の耐久性問題の際にも、米国などのように維持管理に保険を導入した方が経済的には安上がりではないかとの議論もあった。しかし、米国のように例えば経済的な判断から洪水の被災確率の高い場所の住民を強制的に移住させるようなことはわが国では難しく、まだこうした議論は将来のものであるという結論であったと記憶している。こうした点については、筆者の専門とするところではないので、これくらいにしておく。

次に、検査におけるコスト評価は可能であろうかという問題がある。検査にはコストを要することは意外と意識されていないように思われる。特に発注者側において、その意識は低いのではなかろうか。もし、検査が品質保証のための方策としてきちんと認識され、保険等の他の方法と比較されるようになると、検査におけるコストベネフィット(B/C)の把握が必要となってくるであろう。しかし、ひとつひとつの検査試験方法を適用したときの単価については非常に明確に示せても、その試験を行ったとき、さらにそのプロジェクトの検査計画を実行した際の効果(B)の評価はきわめて難しいのが現実である。確率的な評価を試みれば、何らかの評価は可能であろうが、評価に影響する要因がきわめて複雑であり、難しい。では現状の検査はどのように考えられているのであろうか。少なくとも、コンクリート関係では検査に

要するコストは十分に低いものが採用され、その効果に対してきわめて小さなものとなっているのではなかろうか。

もうひとつ検査を合理的に行う方法としては、ある繰り返しされる検査に関しては、その頻度を自由に設定するということがある。品質管理では、最初は頻度を高く試験を行い、製造や作業が軌道に乗ってきたら頻度を落とすことはよくやられている。しかし、検査では一部のものを除いてこうしたフレキシブルな対応はとられていない。多分、積算などの要因も影響しているものと思われるが、品質管理が行き届き、検査が円滑に行った場合、検査費用の一部が利潤になるようなシステムが検討されてもよいと思われる。

e) 品質検査体系のスタンスについて

検査のあり方を議論する際に、性善説に立つか性悪説に立つかで、方向が大きく異なると思われる。コンクリート標準示方書【施工編】は基本的には性善説に立ったもので、示方書に従ってモノを造っていけばきちんとしたモノができますというスタンスに立っている。従って、そこに示された検査は、故意にごまかしたりすることに対しては機能しない。極端な性善説に立てば、施工計画を承認し、施工者がISO9000sでも取得していることを確認すればOKということになる。逆に極端な性悪説に立てば、「目を離せば何をするかわからない」ので、べったり張り付いた監督業務を遂行する必要がある。後者では莫大な費用がかかることになる。

実際の検査ではこの中間のどこかに目標を置いた検査を行うことになると考えられる。すでに、平成10年2月に建設省より出された「公共事業の品質確保のための行動指針」でも、入札時の実績調査、過去の業績評価などの契約条件への反映など、品質保証につながる種々の検討項目が示されている¹⁰⁾。

昨年来のコンクリート耐久性問題への対応で、いろいろな方と議論して出てくるものに、抜き打ち検査がある。抜き打ち検査は、車のスピード違反のねずみ取りのように、どうも姑息な手段だと見られ人気がない。しかし、検査のコストパフォーマンスを考えると、かなり有効な手段ではないかという意見が多い。

若干、状況が違った例になるが、「検査できる」という事実を示す効果は大きいことを実感した例があるので紹介したい。

コンクリート中の塩分が鋼材の腐食を誘発し、コンクリート構造物に悪影響を及ぼすことは古くから知られていた。このため、建築分野では海砂が使われ始めた昭和

30年代はじめに、早くも細骨材中の塩化物量を規制している。土木分野でも、昭和49年に土木学会コンクリート標準示方書解説では、一般の鉄筋コンクリート構造物に用いるコンクリートで海砂に含まれる塩化物の許容限度の標準は海砂の絶乾重量に対し、NaClに換算して0.1%とするとしている。さらに、昭和53年土木学会プレストレストコンクリート標準示方書解説、昭和53年には建設省技術調査室長通達「土木工事に係るコンクリート細骨材としての海砂の使用について」、昭和53年にはJIS A 5308レデーミクストコンクリートで、土木用骨材に対する細骨材に含まれる塩分の許容限度を設定している。しかし、これらの規制はなかなか守られなかった。規制が実効を奏したのは、建設省が民間の技術開発を促すための「技術評価制度」でフレッシュコンクリート中の塩化物イオン量を正確に測定する技術開発を公募し、実用的な機器を認定し、「コンクリート中の塩化物総量規制について」の建設省通達を出してからである¹⁾。つまり、規制等を行っても、それをチェックするシステムができあがっていないと何ら実効を上げないということである。この例は、いかによいことでもかけ声だけではダメで、検査が可能であるという事実を示すことが重要であることを示している。なお、このためには次章に示す検査機器の開発も非常に重要である。

直接の検査ではないが、性善説による品質保証の実効を上げるためのひとつの方法として、平成11年度版コンクリート標準示方書【施工編】では新たな試みを実施した。つまり、第12章の「工事記録」で「構造物に取付ける構造物標には、維持管理上最低限必要な事項がすぐわかるように、構造物名、荷重、設計施工機関、工事着手年月日、竣工年月日、設計・施工及び施工管理責任者氏名などを記載するのを原則とする」とし、関係者の名前を残すことにより品質向上を指向させるようなインセンティブを与えることを目指した。現状ではコンクリートの施工はいわゆるワークマンシップに頼るところが大きく、コンクリート構造物の品質は「人」の影響を受ける。このため、品質確保には検査等のハードの対応ももちろん重要であるが、それだけで完璧を期そうとすると大変なコストと手間がかかる。従って、ソフトな対応で性善説に頼らなければならない部分がどうしても出てくる。このためには地道な教育等も必要であるが、関係者の氏名を明記することも品質確保に有効であると考えたものである。

4. 望まれる検査技術の開発の方向

(1) コンクリート構造物の検査の現状

コンクリートは建設事業で多量に使用されている材料であり、コンクリート構造物は公共構造物の主体をなすものである。これだけ多量に使用されているコンクリートであるが、その品質管理と検査に関しては種々の問題を抱えているのが現状である。

こうしたコンクリートの品質管理・検査の問題点がなかなか解消されない理由は、コンクリート自体の材料としての特性にある。コンクリート材料の利点に、現場で打設されるため、型枠の形状を変えればどのような形状のものも製造可能であることや、水セメント比を変化させることにより広範囲の強度を自由に設定できるという点が上げられる。しかし、こうした点は逆の見方をすると、欠点ともなる。もうひとつの主要な建設材料である鋼材は、工場から出荷される段階で材料としての特性は決定される。現場で使用されるまでに、材料物性にわずかな変化があつたとしても、それは無視できる程度である。ところがコンクリートは生コンプラントで製造された後も、運搬、移送、打設、締固め、初期養生、養生、脱型、等の施工段階の作業の良否の影響を強く受ける。さらに、コンクリートの品質を決定する構成材料の水が、どこでも手に入り、製造機器の洗浄等にも使用され、場合によっては安易にフレッシュコンクリートに添加されることもあり得る。このようなことから、コンクリート構造物の建設に関しては、現場での品質管理が、構造物の品質に決定的な影響を与えることになる。

施工段階にはいると、一般には問題が生じても前段階まで戻るとはなかなか難しいため、リアルタイムで品質を判定するか、品質に影響する作業を確実に実施するしかない。しかしながら、コンクリートの品質をリアルタイムで判定していくのは現状の技術では大変に難しい。

実際に行われている品質管理・検査は、次のようなものである。

まず、生コン工場では構成材料の品質管理と検査が行われる。セメント等はセメント工場からのミルシートによる検査が一般的である。骨材では、その骨材に特有の品質である骨材の密度・吸水率、有害物含有量は骨材出荷工場からの報告書によることが多い。変動しやすい粒度分布や表面水については、生コン工場でふるい分け、表面水率試験を日常行っている。

現場に搬入された生コンは配合表のチェックが行われるが、一般には定められたバッチ毎にフレッシュコン

リートの試験としてスランブ、空気量、塩化物含有量の測定が行われるとともに、強度試験用の供試体作成が行われる。リアルタイムで結果の出るスランブ、空気量、塩化物含有量試験からは、本来構造物のコンクリートに要求される品質に関する直接の情報はほとんど得られない。また、強度試験は一般には28日目に行われるが、結果が出た頃には工事が進んでいる。こうしたことから、強度試験は有効には品質管理に反映されていないという意見もある。

コンクリートの移送、打設、締固め、養生等の作業については、定量的な品質管理の方法がなく、標準的な作業手順や定性的な注意事項が定められていて、これらを忠実に守る以外にないのが現状である。作業そのものは、作業員の技量に負うところも多く、最も検査に関する技術開発の遅れている分野とも言える。コンクリート構造物の竣工検査では、一般には目視による表面のチェック、出来型の寸法検査などが行われている。これらは、構造物の品質の重要な項目である、耐荷性や耐久性を評価できるものではなく、あくまで耐荷性や耐久性は材料のチェックと施工プロセスの管理で達成されているというのが建前である。一部では、竣工検査で反発度試験ハンマによる強度検査も行われているが、試験精度等の面で満足できるものではないのが現状である。

コンクリート構造物の建設には、コンクリート自体の施工以外にも、鉄筋組立や型枠、支保工の作製等がある。鉄筋の加工組立は、設計図通り行うのが原則であるが、やはり鉄筋工の技量に負うところが多く、検査も目視あるいは写真による記録がなされているのが現状である。鉄筋継手としては圧接が一般的であるが、圧接の検査方法のように、従来の抜き取り検査以外にも、超音波診断や熱間押し抜き等の方法も導入されているものもある。

最近のコンクリート橋上部工で主体となっているプレストレストコンクリート部材では、さらにPC鋼材の検査、プレストレストコンクリート鋼材の配置などの他に、プレストレスト導入量の管理が重要となる。またプレストレストコンクリート部材の耐久性を大きく左右するものに、ポストテンション部材のダクトのグラウト作業がある。プレストレスト導入量の検査もグラウトの検査も、きわめて重要なものであるにもかかわらず、確実で容易な検査法がないのが現状であり、その技術開発が望まれている。

(2) 検査技術の開発の方向

土木構造物は、一品生産的な製造工程を経て築造され

る。一般の工場製品に比べ、施工される現場の条件が非常に多様で、現場での施工の良否がその品質に大きく影響する。その構造も形状も、また材料もそれぞれの建設物ごとに異なっている。その建設に携わる技術者も作業員もそれぞれに異なっている。このように品質管理の面からは工場製品と異なり難しい環境にあるといえる。たとえ設計段階で長寿命を設定して設計された構造物でも、施工如何によっては意図した性能が発揮できなくなる可能性もある。このため、品質管理と検査は所要の性能を確保するため、非常に重要となる。

あらかじめ要求性能が示されて設計・施工がなされ、構造物が完成した時点でその性能を直接検査する技術があればそれが一番望ましいといえる。しかし土木構造物において、例えば耐力をとっていても、構造物、部材とも非破壊で直接的にそれを検査する技術は現在のところない。また、間接的に知るための鉄筋やコンクリートの材料強度や鉄筋の本数・位置を竣工時に検査する技術も十分でない。そのため、構造物を作っている途中段階で鉄筋の本数を検査したり、材料品質を検査したり、コンクリートはその配合や施工方法なども含めた施工途中の管理方法の検査をすることで直接的な検査技術の不備を補っている。直接的に検査できない性能については施工プロセスの管理状況を検査するという方法をとっている。しかしこの方法は必ずしも構造物の性能を直接的に検査していないため、間接的な検査結果を用いての性能照査となっており、できるだけ間接的な検査を少なくして直接的な性能の検査技術を確立することが将来的には望まれる。

将来、より性能照査型の基準体系に移行してゆくためには、できあがった構造物の性能の確認技術はぜひとも必要な技術である。現在はその性能を直接的に検査できないものは、その上流側での多くの検査を行い、それらの検査結果を、性能照査を行う前提となったものと比較することで対応している。

直接的に構造物の性能が検査できることになれば容易に新しい材料等の使用の可否が判断でき、多様な材料や工法などの採用が可能となり建設コストの低減や技術の進歩に貢献する。また上流にさかのぼって行っているプロセス途中での検査が不要となり、工事の合理化も図られる。維持管理においても点検技術が確立すれば、事前の対策が可能となり、社会基盤施設の安全性が高まり、また適切な時期に延命処置をすることができ、低コストで長寿命化も図れることとなる。これらのより直接的な検査技術が開発された場合には、設計基準、施工基準、

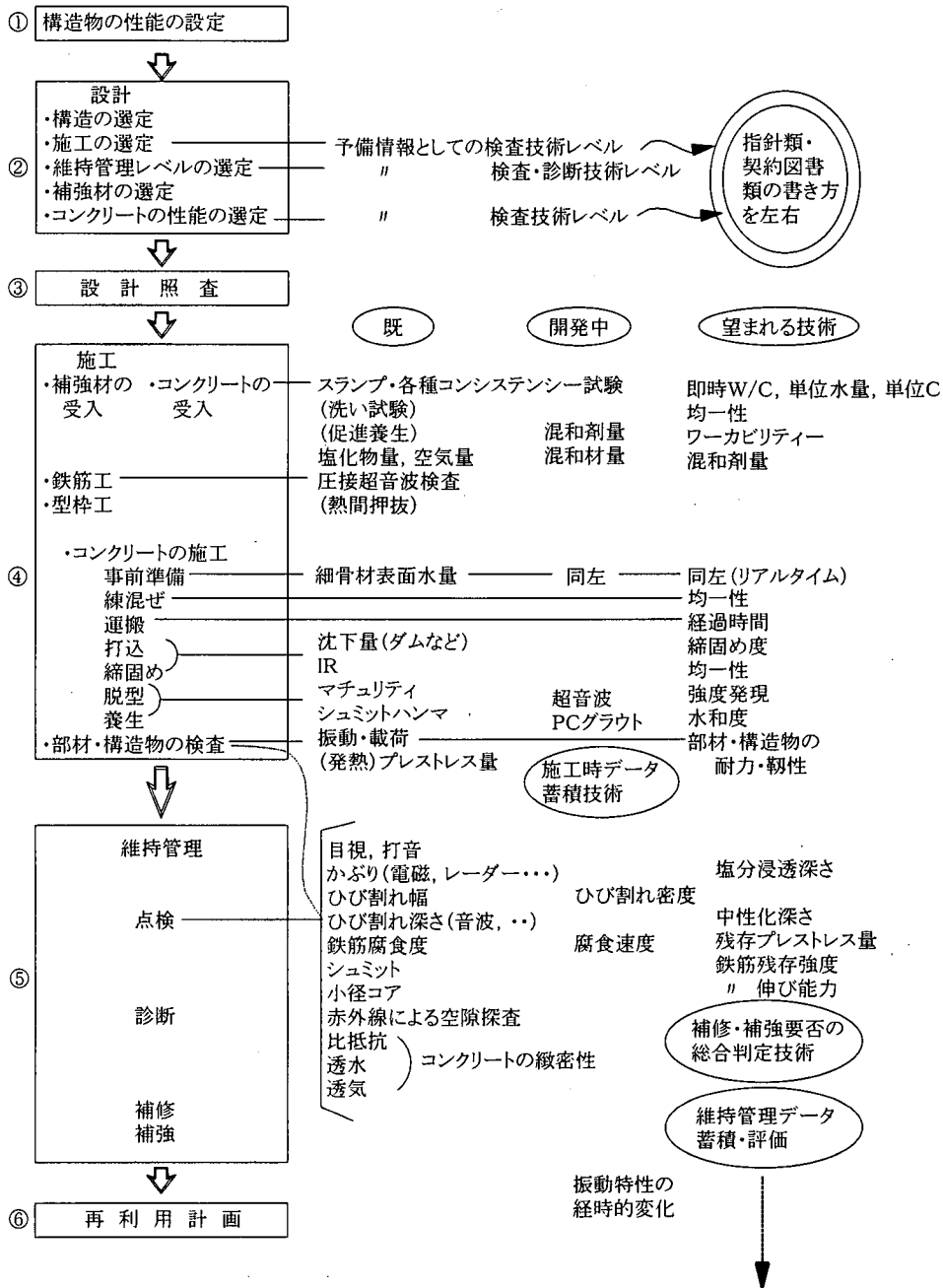


図-4 コンクリートの品質管理・検査法の概観

維持管理基準などの指針や契約図書へのこれらの成果の早期の反映はぜひとも望まれる。

(3) 個別の検査技術について

図-4にコンクリート構造物の建設の流れと、それに関連する品質管理・検査技術の現状を示す。この図には、維持管理時に用いる点検技術についても触れているが、建設時に用いる検査技術と、維持管理時に用いる点検技

術は共通するものも多い。

図中で「既」で示されたものは、既に開発されたもので、頻繁に用いられている技術もあれば、開発されたもののあまり用いられていないものもある。

望まれる技術の部分では、構造物の性能に関するものから、材料の品質チェックまでの幅広いものが含まれている。

前出の3省合同の土木コンクリート構造物耐久性検討

委員会の提言では、材料や施工の品質管理・検査の重要性を示している。特に水セメント比の管理の充実とかぶりの確保などが、耐久性を向上させる上で重要であると位置づけている。

生コンの検査は、本来はアジテータ車の1台1台について、指定したものが搬入されているかどうかをチェックすべきであると考え。JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」では、例えば強度の検査は「受渡当事者間の協議によって検査ロットの大きさを決め」試験することになっていて、実際には150m³に一回の試験が行われている。かなり大規模な工事ではひとつの生コンプラントからコンスタントに搬入されるような場合には、これでもよいかも知れない。しかし、複数の生コンプラントから搬入されるような場合や、小規模の工事では、一体何を対象に試験しているのかわからないような場合もある。現場で問題が生じるのは、大きなロット全体で生じるのではなく、個別のアジテータ車単位くらいで問題が生じる方が多いと思われる。

コンクリートの受け入れの強度検査は、強度はもちろん耐久性を左右する水セメント比などもあわせて判断していることが多い。このような重要な項目を大きなロットで試験しているのはひとえに、他に方法がないからである。コンクリートの受け入れを28日後にし結果のない強度で判断していることに対しては、常に問題視されてきている。しかし、もし、強度試験をアジテータ車ごとにやっていたら、コンクリートの単価の半分が試験費だというようなこともおきかねない。現在、誰でもできて、直ちに結果が出、しかも安価に、正確な結果が得られるような試験方法が、コンクリートの単位水量や水セメント比の判定に望まれている。かつて、フレッシュコンクリート中の塩分量測定方法もこのような目標を掲げ検討され、それが実現したものである。もしこのような方法が開発されれば、世界で初めてのフレッシュコンクリート中の塩分総量規制がなされて実効を奏したのと同様に、コンクリートの強度による受け入れ検査に革命がもたらされるであろう。

このほか、図-4の「望まれる技術」の中に示した施工のプロセスごとに判断を下したい、運搬や、打ち込み、締固め、養生等の項目の検査法も開発ができれば大きな効果があると考えられる。この部分は、実質的にワークショップによっているからである。しかし、現実にはきわめて難しい技術であることは間違いない。

5. おわりに

以上、コンクリート構造物を主体に規準類の性能規定化と検査のあり方について、若干の考察を行った。ここに示された内容は、建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業の品質管理体系に関する研究」、土木学会コンクリート委員会示方書小委員会およびそのWG、土木学会の平成11年度科学技術振興調整費「社会経済基盤施設の安全性向上と長寿命化のための性能評価システムと設計・計画方に関する調査」のWG、JIS コンクリート専門委員会および製品分科会、等々の活動の中で議論されたことをもとに、筆者らがかなりの独断をもってまとめたものである。筆者らの浅学のために、これらの議論の方向と異なった理解をしている可能性がある。今後の各種規準類の改訂の際には、検査の項目は大きな見直しを迫られると考えられるため、いろいろとご指摘をいただければ幸いである。

参考文献

- 1) 土木コンクリート構造物耐久性検討委員会の提言，建設省，運輸省，農林水産省，2000.3.
- 2) コンクリート標準示方書〔施工編〕－耐久性照査型－，土木学会，2000.1.
- 3) JCI：特集「コンクリート技術・規準の国際整合化」，コンクリート工学，Vol.34，No.3，1996.3.
- 4) 河野：コンクリート分野の性能照査設計法の動向／土木学会第1回 鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集，1998.8.
- 5) 高流動コンクリート施工指針／コンクリートライブラリー93，土木学会，1998.7.
- 6) 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－改訂資料／コンクリートライブラリー99，土木学会，2000.1.
- 7) コンクリート標準示方書改訂に関する中長期ビジョン，コンクリート技術シリーズ32，土木学会，1999.11.
- 8) コンクリート分野の標準化計画案，日本工業標準調査会土木部会，1998.3.
- 9) 長瀬他：日本工業標準調査会「コンクリート分野の標準化計画案」の概要－国際化・性能規定化に対応した新JIS体系の構築を提言－，コンクリート工学，Vol.36，No.9，1998.9.
- 10) 公共事業の品質確保のための行動指針，建設省，1998.2.
- 11) 河野：コンクリートの塩化物対策の現状，JACIC 情報，Vol.7/No.2，1992.4.

(2000.5.9受付)