

# コンクリート構造物の品質と施工管理

河野 広隆\*

## 1. はじめに

現在、土木学会の「コンクリート標準示方書」の改訂作業が進んでいる。2002年をはじめに、新しい版が出せよう予定である。6つの編が改訂されるが、施工編の大きな見直し点は、次のような点である。

- ① 11年度版で導入した耐久設計（性能照査型）の改善
- ② 特殊コンクリートの章の性能規定化またはアップデート化
- ③ 施工計画の位置づけの見直し、明確化
- ④ その他

従来の施工編の「施工」の章は「こうやればきちんとしたコンクリート構造物ができる」という記述であった。このため「施工工程」については性能規定化が難しいと考えられていた。施工計画の位置づけの再考は、どうやったら、施工を性能規定的な方向にもっていけるかの一つの答えであるとともに、施工の「品質向上」の方策の一つでもある。

一方、日本コンクリート工学協会では、「コンクリート構造物の高信頼性施工システム研究委員会」が活動している。1999年のコンクリートの耐久性問題で地に落ちた感のあるコンクリートの信頼性を技術的に取り戻そうという活動である。

筆者はこうした活動に参加しているが、施工や施工管理が、従来のままではうまくいかない場合が増えていのように感じられるし、現在のままでは性能規定化という波に乗りにくいという懸念をもっている。

筆者はPCの専門家ではないので、コンクリート構造物一般を対象に、施工段階でよりよい構造物を造るにはどうすればよいかを、この機会に少し考えてみたい。

## 2. 施工管理とは何か

本誌の編集委員から「PCの施工管理技術」について執筆するように依頼された時点で、施工管理というのはどういうものを想定されているのか、逆に質問させていただいた。しかし、即答はいただけなかった。結局後日、品質確

保のための品質管理や検査技術について議論したいとの回答をいただいた。この時点で、「施工管理」という言葉の意味をハッキリさせるのも筆者の役割かな、と感じた。

きちんとした構造物を造るには、品質管理と検査が必要である。筆者の感覚では、施工管理は品質管理の一部である。しかし、施工管理という言葉を広義に捉えると、施工に関する品質管理と検査の両方を含むようにも思える。

前者の狭義の施工管理を考えてみよう。コンクリート構造物の品質管理には、材料の管理、施工機械の管理や施工の管理などがあり、場合によっては人の管理も入ってこよう。この場合には、施工者が検査に合格するように施工工程を管理することが必要である。後述するように、品質管理は本来、施工者に委ねられるものであるし、それゆえに施工者の技術力やノウハウが発揮される場面でもある。逆に言うと発注者が口出しする場面ではない。したがって、規準類の対象ともなりにくい。

後者の広義の施工管理では、検査という発注者が行う行為も含まれるため、施工者だけではなく発注者も真剣に考えなければならない。また、規準類の記述対象ともなり得るものである。

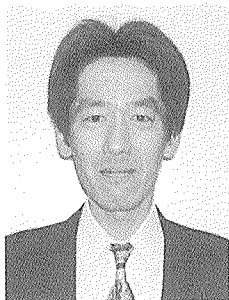
筆者は、どちらかというとなら発注者側の立場にあるし、規準類の策定に参画する機会が多いので、以降、後者について考察してみる。

## 3. 施工管理の重要性

一般の工業製品でもきちんとした製品を作るには、製品の材料選定や設計はもちろん、製造時の品質管理・検査が重要である。大量生産される製品では、品質管理や検査はルーチン化される。一方、一品生産的なコンクリート構造物では品質管理・検査は一律ではあり得ない。しかし、現在、検査については「〇〇標準」のような図書があり、それに則って現場で検査がなされている。この問題については後述する。

1999年にコンクリート塊落下事故が相次ぎ、コンクリート構造物の耐久性が大きくクローズアップされた。コンクリート構造物の病気である劣化について、社会的な関心が高まったが、実際には劣化の実態はよくは把握されていなかった。このため、旧建設、運輸、農水の3省合同のコンクリート構造物耐久性検討委員会が1999年8月末に発足し、劣化の状況の全体像を知るため、たとえば旧建設省では全国の2000以上の橋梁、擁壁、カルバート、河川構造物、トンネルを施工年代別に実態調査するとともに、全国200カ所でコアの抜取り試験を実施した。その調査結果を図-1、2に示すが、概要を示すと以下のようである。

- 傾向としては古い構造物ほど劣化が大きい。



\* Hiroataka KAWANO

土木研究所  
構造物マネジメント技術チーム  
主席研究員

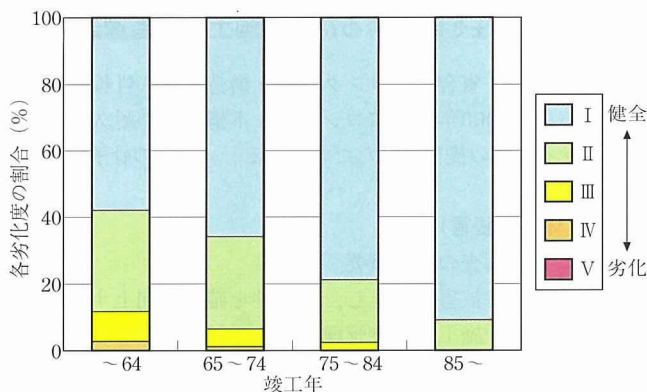


図-1 トンネル以外の構造物の竣工年代別劣化度

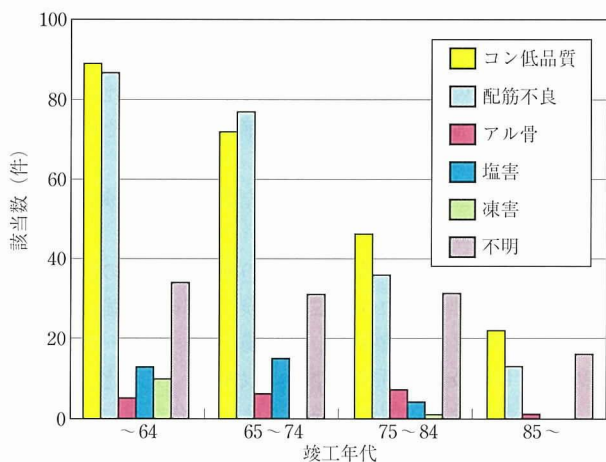


図-2 トンネル以外の構造物の竣工年代別劣化要因

- 早急な補修を要する構造物は全体の1%程度であった。
- 深刻な劣化は塩害やアルカリ骨材反応によるものが多い。
- 劣化程度は軽いものの、数としては施工に起因する劣化が比較的多い。
- 昭和60年代前半以降の塩害対策、アルカリ骨材対策を適用した構造物では、深刻な劣化はない。
- 60年経過時点で、約半数の構造物が何らかの補修をしている。
- 「塩害に関する通達」(1986年)以前の構造物は、当初から塩分を多量に含んでいたと推定されるものもあった。

この結果から、コンクリート構造物を長寿命化し、維持管理費を低減していくための、設計施工時のポイントとしては、主として次の2項目が挙げられると考えている。

- ① 塩害対策：劣化が顕著で早急な対策を必要とする構造物は絶対数は少ないが、塩害を原因とする割合が多い。塩害は、ひとたび生じると抑制しにくい現象で、構造物を長もちさせるためには、設計時に、工法や使用する材料を含めた塩害対策を考慮する必要がある。
- ② 品質管理・施工管理：コンクリートの品質が悪い、

鉄筋のかぶりが不足しているなどの事例が非常に多い。この対策としては、品質管理、施工管理ならびに適正な検査が重要となる。

つまり、劣化構造物の絶対数を減らすには施工管理が重要であるということが言える。

PC構造物について見ると、グラウトのことがよく問題となる。グラウティングの作業そのものは決して難しいものではないが、グラウトがダクト内に充填されているかどうかを確認することが技術的に極めて難しい。つまり、管理や検査がやりにくいものの代表である。PCの耐久性を確保するためにグラウトはたいへん重要なものだからこそ、その信頼性を確保するために、技術的に解決すべき事柄は多い。

そういう目で見ると、実はコンクリートそのものが、品質管理・検査がやりにくい材料である。よく言われるようにコンクリートは「生もの」である。プラントで練り混ぜられてから、時間とともに変化していく。最も基本になる材料特性の圧縮強度が28日経たないと確認できない。また、コンクリートの施工には多くの工種で多くの人が携わっている。分業化の著しい現在、それらの人々が必ずしも連携しているわけではない。これらのことが、コンクリートの品質管理・検査を困難なものにしている。

圧縮強度による管理ではなく、フレッシュコンクリートの水セメント比で管理しようとする動きもある。打設前に確認ができ、問題があればすぐにフィードバックをかけられるため、本来の管理に近くなる。しかし、コンクリートではその特性を大きく左右する水の量が、ひとたび練り混ぜられると把握するのが極めて難しくなる。フレッシュコンクリートの単位水量試験は迅速にできる方法ではまだまだ精度が悪かったり、精度が良いと時間やコストがかかるなど、技術的に解決すべき課題は多いが、現場適用が増える方向にある。

出来上がったコンクリート構造物の品質を左右する施工の工程では、その程度を定量化することすら現状では難しい。カンに頼るところも少なくない。

もし、コンクリートが高価な材料であれば、難しいコストのかかる検査も可能である。しかし、安価で大量に用いられ、刻々と品質の変化するコンクリートに対しては、迅速で安価な試験方法が必要である。しかも専門家を必要としないで、人による差が少ない方法が必要で、精度もそこそこ要求される。現場で使うことを考えれば、機器は頑強でなければならない。

よく考えると、コンクリートの検査試験方法にはたいへんな要求がされているわけである。

#### 4. 規準類に見る施工と品質管理

従来、コンクリートの世界では品質管理と検査の区別は曖昧であった。今でこそ、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。これは過去に発注者が設計し、自ら材料の調達から施工までを行っていたことの影響であろう。過去の規

準類を見ると、たとえば日本道路協会の「セメントコンクリート舗装要綱」(昭和59年度版)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」(平成8年版)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、品質管理およ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

その後、平成10年2月に旧建設省から出された「公共事業の品質確保のための行動指針」などで、発注者が「検査」を行い、それに合格するために施工者が「品質管理」を行うとの役割分担が明確にされるなど、「品質管理」と「検査」は明確に仕分けされつつある。

さらに、平成11年度版の施工編では、「品質管理」は施工者自らが、自らのやり方で行うことが原則であるので、あえて示方書に取り込むことはないという考え方に立ち、基本的にはそれに関する記述をなくしてしまった。

では、国際標準であるISOではどうなっているだろうか。コンクリートの施工に関する規準は、現在ISO TC71で策定段階であり、原案が分科会レベルで提出されている。内容的には、「コンクリート標準示方書 施工編」(平成8年版)の「施工」と「検査」の部分に相当する内容である。原案は、全部で11章から成り立っている。1章～9章は、適用範囲や定義および施工手順に沿った記述である。「施工」については、「コンクリート標準示方書 施工編」同様、「施工はこうあらねばならない」といった精神規定的な記述である。ところが、10章の許容誤差と11章の検査「inspection」になると、かなり具体的な、というか異常に詳細な記述となっている。そのスタンスとしては、あたかも「施工作業そのものは各人が適切にやりなさい。でも、検査でしっかりと見ますよ」と言っているようである。原案が欧州から出てきていることを考慮すると、「各国の施工の現状をカバーする詳細な記述はできないし、必要もない、検査方法をしっかり示せば、全体的に性能規定的な方向に向かう」という方針があるのであろう。検査の部分は構造物を重要性でⅠからⅢまでに分け、検査の項目ややり方が示されているほか、「CE-マーク」や「第三者認定証」などの認定制度を活用するものとなっている。その詳細は割愛させていただくが、現在の日本の検査体系とはずいぶんと異なり、このままこの原案がISOとなり、日本に適用されるとなるといろいろと支障が出る可能性がある。しかし、品質確保のための施工管理と検査の一つの方向を明確に示しているのは間違いのない。

## 5. 耐久性を確保するための国土交通省通達

前述した3省合同のコンクリート構造物耐久性検討委員会からは、2000年3月にコンクリート構造物の耐久性を向上させるための提言をいただいている<sup>1)</sup>。提言の骨子は次のようである。

(具体的な提言)

- ① 実態調査の結果概要
- ② 第三者被害を防止し、耐久性を確保・向上するための設計・施工・維持管理における対応を取るべき
- ③ 「土木学会コンクリート標準示方書 施工編」(平成11年版)の考え方を導入した基準類やマニュアルの整備
- ④ 構造物の重要度に応じた耐久性の要求性能の満足。維持管理計画の設定
- ⑤ 耐久性の要求性能に対応した水セメント比の制限値の明示。施工段階での水分量確認の実行。そのための水分量試験方法の開発
- ⑥ 施工の品質管理システムの充実。非破壊検査法を活用した検査システムの開発
- ⑦ 点検システムの構築。変状の展開図等での記録
- ⑧ 維持管理のための建設、点検、補修・補強に関する記録の保存。構造物ごとの台帳のデータベース化
- ⑨ 新しい技術の研究・開発の取組み、実用化

この提言を受け、国土交通省では2001年3月に「土木コンクリート構造物の品質確保について」という通達を出し、コンクリート構造物の品質向上を目指している。通達の中身は、次のようである。

- ① 水セメント比の制限値の明示
- ② 鉄筋のスペーサーの単位面積あたりの個数の明示
- ③ 重要構造物でのテストハンマーによるコンクリート強度の推定
- ④ 重要構造物での竣工時のひび割れ調査
- ⑤ 工事関係者等の名前を示した構造物の銘板の設置

このうちとくに③と④はコンクリート構造物の性能に対する施工の影響の重要性を意識したものである。テストハンマーの使用については、精度の問題などまだまだ議論すべき点もあるが、これまで竣工時には、せいぜい表面の状況を見るくらいであったコンクリートの検査を、一歩進めようとするものである。こうした項目の導入によって、施工管理がより向上することを期待している。

## 6. 施工計画・施工管理・検査はどうあるべきか

施工計画や施工管理・検査がどうあるべきかについては「コンクリート標準示方書」の改訂作業をはじめいろいろところで議論されている<sup>2), 3)</sup>。たいへんに難しい問題で、軽々に論じることはできない。ここでは、示方書などの大きな流れについて記述してみたい。

### 6.1 施工計画・検査計画の重要性

まず、施工編の改訂では、性能規定化の流れの中で「施工」という行為をどう規定していったらよいか重要な議題となっている。施工に自由度をもたせながら、品質を確保

するためには、何らかの管理や検査が必要である。

そこで、施工計画の段階できちんと施工ができるかを「照査」することをポイントとしている。つまり、施工計画段階で材料の選定から、施工方法、人員配置などを構造物の条件、環境条件など多岐にわたる条件下で決定するわけである。決定した計画は照査されなければならない。照査は、たとえば未知の材料や施工法、施工条件に対しては、実験等も必要であろうし、習熟した工法などについては経験をもとに判断してもよい。いずれにしても、「照査」という概念をもち込むことにより、逆に自由度も増えることになる。

さらに、自由度が増せば検査もそれに対応して柔軟でなければならない。従来、検査は「コンクリート標準示方書」に示された方法や JIS、各機関が有する標準仕様書などに則り、どちらかというところ画一的に実施されていた。たとえば、レディーミクストコンクリートを購入する際には重要構造物であろうと捨てコンであろうと、基本的には同じレベルの検査を行う。もちろん、材料の購入という観点からはそれでもよいであろうが、構造物の性能確保という観点からは画一的な検査では問題がある。施工に自由度が認められれば、検査もそれに対応しなければならない。つまり、「施工計画」に応じた「検査計画」の策定がなければならないことになる。

図-3 に一般的なコンクリート工事の作業の流れを示す。設計や材料が性能規定化され、施工に自由度が増すと、この流れの矢印部分の受渡しは極めて重要となる。画一的な設計を行い、画一的な材料を用い、画一的な施工を行えば、その間の受渡しはさほど重要ではない。検査も画一的でよい。しかし、それぞれの作業の自由度が増せば、この受渡しがうまくいかないと、意図した設計が実現されなかったり、施工上の重要なポイントが検査されないということが起こる。たとえば、長距離ポンプ圧送をするのに、通常の生コンを購入してもうまくいかないだろうし、設計で特殊なディテールを用いた場合には施工者に留意点を伝えなければならない。それぞれの段階でチェックを確実にし、受渡しを確実にしに行う必要がある。設計が終わった段階での施工計画の立案が重要になり、それに応じた検査計画が重要になるのはこのためである。

今回の「コンクリート標準示方書 施工編」は、このあたりの見直しはなされる予定である。

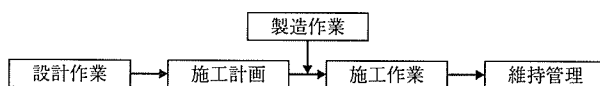


図-3 コンクリート構造物の作業の流れ

このように、規準類が性能規定化される流れの中では、施工計画・施工管理・検査のあるべき姿というのは画一的ではなく、柔軟性をもったものでなければならないと考える。そのため、性能照査型への移行は、設計者だけでなく、施工に携わる技術者にとっても技術の見せどころともなるものである。

## 6.2 検査体系について

また、施工の検査については ISO の「コンクリートの施工」の原案のように、第三者による監理や検査というものもあり得る。現に建築分野や米国では、そういう制度が一般化しているものもある。

こうした体系は、発注形態とも大きく絡むものである。公共事業の発注形態についても、さまざまなものが検討され、試行されている。このため、検査体系も発注形態と連動して考慮されるべきと考える。

## 6.3 検査技術の高度化の必要性

施工が多様化し、検査もそれに対応したかたちになると、検査技術も変わらなければならない。理想的には、構造物の性能が竣工時に直接検査できるものがよいが、それはなかなか難しい。性能照査型の発注では、検査ができなければ、新しい材料や施工法は採用されないということにもなりかねない。このため、できるだけ構造物の性能を直接測るような方向への技術開発は、非常に重要となる<sup>2)</sup>。ここでは、そのあたりの詳細については割愛させていただく。

## 7. おわりに

1999年のコンクリート問題からは、とくに施工の信頼性に疑問が投げかけられている。規準類の改訂や、検査方法の改善、検査機器の改良などももちろん重要ではある。しかし、最も重要なのは直接、現場でコンクリートを扱う技術者や作業者の意識ではないかと思っている。5章で示した「工事関係者等の名前を示した構造物の銘板の設置」なども意識向上をねらったものである。一人ひとりが構造物の品質向上を意識して日々の業務に当たられることを願うものである。

### 参考文献

- 1) 建設省、運輸省、農林水産省：「コンクリート構造物耐久性検討委員会」の提言，<http://www.moc.go.jp/tec/press/concrete/index.htm>
- 2) 河野，古賀：【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，土木学会論文集，No.651/VI-47，pp.1～10，2000.6
- 3) 河野：検査でコンクリートはよくなるか，セメント/コンクリート，No.653，2001.7

【2001年10月11日受付】