

コンクリート構造物の品質保証システムに関する研究

豊福俊泰¹・田口茂久²・山崎竹博³・鶴田浩章⁴

¹フェロー会員 工博 九州産業大学教授 工学部土木工学科(〒813-8503 福岡市東区松香台 2-3-1)

²全国生コン工組連九州地区本部技術部(〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 1-11-5 アサコ博多ビル5階)

³正会員 工博 九州工業大学教授 工学部建設社会工学科(〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1)

⁴正会員 博士(工学) 九州大学大学院助教授 工学研究院建設デザイン部門(〒812-8581 福岡市東区箱崎 6-10-1)

近年、コンクリート構造物の損傷は大きな社会問題となっており、建設工事において、「コンクリートの品質保証」を構築・普及することの重要性が高まっている。日本コンクリート工学協会九州支部では、「コンクリートの品質保証に関する研究委員会」が設置され、委員会活動が進められた(活動期間：平成 11 年 6 月～平成 13 年 11 月)。委員会では、コンクリート工事におけるコンクリートの品質管理および検査の現状と課題を把握し、次にコンクリートの製造と品質判定法の技術を調査した結果を基に、「コンクリート構造物の品質保証システムの提案」が行われた。本研究は、この提言からさらに検討を進めたものである。

Key Words : concrete structure, quality assurance, quality control, design, construction, inspection

1. はじめに

周知のように、平成 11 年 6 月 27 日に、山陽新幹線福岡トンネルを通過中の「ひかり 351 号」にコンクリート塊が落下する事故が発生し、この原因は、覆工コンクリート施工時に生じたコールドジョイントであることが、報道された。さらに、工事中の施工不良に起因すると推察される高架橋や建造物からのコンクリート塊の剥落事例、生コンクリート(生コン)での大量加水事例が頻繁に報道されるなど、コンクリート構造物の損傷は大きな社会問題となった。このように、建設工事において、「コンクリートの品質保証」を構築・普及することの重要性が高まっており、これまでも土木学会ほかの機関から品質保証システム等の提言がなされてきた^{1)~4)}など。

以上のことを鑑みて、日本コンクリート工学協会九州支部では、「コンクリートの品質保証に関する研究委員会」が設置され、委員会活動が進められた(活動期間：平成 11 年 6 月～平成 13 年 11 月)。委員会では、コンクリート工事におけるコンクリートの品質管理および検査の現状と課題を把握し、次にコンクリートの製造と品質判定法の技術を調査した結果を基に、構造物全体に対する「コンクリートの品質保証システムの提案」⁵⁾が行われた。本研究は、この提言から公共工事(土木工事)の場合について、さらに検討を進めたものである。

2. コンクリート構造物の品質保証システム

(1) 品質保証システムの概要

我が国のコンクリート構造物は、昭和 30 年代に代表される戦後復旧と急速な社会基盤の整備ならびに都市機能の高度化などを背景にして、JIS 規格や土木学会「コンクリート標準示方書」⁶⁾(以下、示方書と記す)、建築学会「建築工事標準仕様書」およびこれらに準拠した各種仕様書、マニュアル類などによる「迅速・安価・標準化・大量生産」方式で設計・施工されてきた。これらの生活基盤建設の是非を、地域住民や利用者が直接議論することは少なく、標準仕様化された多くの建設物が建造されてきた。このような基本的整備がほぼ整い、豊かな生活と日本固有の文化が求められるようになってきた今日、高速道路やダム、河川、港湾、空港、建築物などを始めとして、これまでの社会基盤復旧型の国土整備は、その在り方が問い直され、変革が迫られる情勢となっている。技術基準についても、国際的に性能規定化への変革が必要となっている。

建築工事の場合、1998 年の建築基準法改正に伴い、指定住宅性能機関が住宅性能評価書を交付する住宅性能表示制度が制定され、使用性能を中心に建築物の品質が保証される制度が整ってきている。これに対し、公共工事(土木工事)の場合、仕様規定型であり、コンクリート構造物の品質は、建設工事請負契約書に基づき、請負者

(乙)が発注者(甲)の設計図書どおりに施工し、発注者がこれを検査し合格することにより確保され、一般に、重要なかして修補に過分の費用を要しない場合2年間、故意または重大な過失の場合10年間のかしとすることによって担保されてきた。この場合、コンクリート構造物を、甲乙一体となって「造る」立場となり、完成後に修補が必要となっても責任の境界が不明瞭であり、修補を請求しない傾向にある。建設省は、1998年3月に性能規定型(「買う」立場)に移行を進めることを通達⁷⁾し、技術基準の改正が、順次図られている。また、土木学会示方書⁸⁾は、2002年3月に性能照査型に改定された。

以上のことから、本研究では、公共工事(土木工事)の場合について、図-1に示す「性能照査型手法を用いた品質保証システム」を、提案することとした。公共工事(土木工事)の場合、品質保証を誰が誰にするのが曖昧であることが多いが、工事途上にあつては計画、設計、施工、維持管理の段階でそれぞれ当事者が異なることになる。すなわち、事業主体が利用者(使用者)に、設計者(コンサルタント)または施工者(総合請負業者)が事業主体(発注者)に、協力会社または生コン(生コンクリート)業者・材料製造者が施工者に、工程の各段階でそれぞれに要求性能を照査して、品質を保証することになる。これらの手法を用いた「コンクリート構造物

の品質保証システム」として、土木学会におけるコンクリートの品質保証システムの提案^{1), 9)}を参考に、本研究では、「発注者側の示す要求性能に対して、受注者側がその達成性能を客観的な評価指標で提示しているかを、第三者評価機関によって評価する性能照査システム」を提案するものである。

(2) コンクリート構造物の品質保証システムの提案

a) 性能照査システムの導入

提案する性能照査システムは、土木学会⁹⁾などで提案している第三者評価システムの一部をなすもので、第三者評価機関の求めに応じて照査の詳細資料を提供し、照査結果を第三者評価機関で開示・保存するものである。このシステムでは、第三者評価機関に工事の段階に応じた性能照査会を設け、図-2に示すように、学術経験者や高度な技術資格を有する専門家の外に、公的品質証明機関などを第三者評価機関に組織するものである。すなわち、性能照査会とは第三者機関の一部をなし、施工段階に合わせた照査に適した構成員からなる性能照査組織である。発注者が、官庁や公団など高度な組織力と高い技術力とを有する組織では、第三者評価機関の承認を得た上で、発注者または管理コンサルタントから専門技術者を照査担当の一員に充てることができる。また、国土

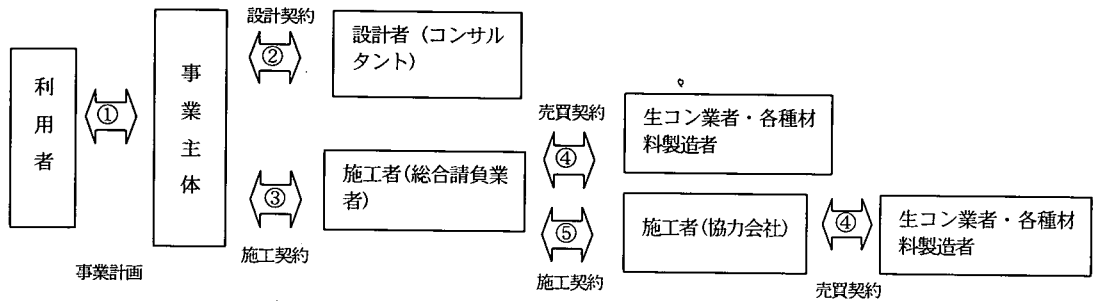


図-1 建設組織の各段階における契約の相互関係

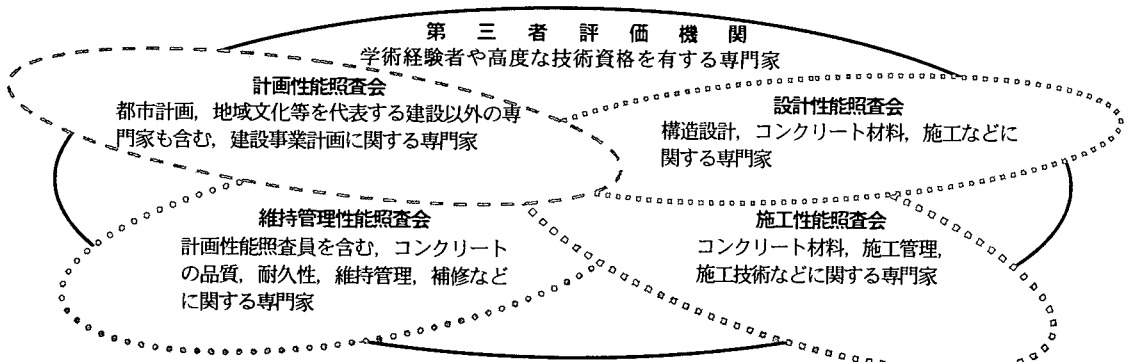


図-2 第三者評価機関の提案組織

交通省が実施している「品質証明制度」⁹⁾などを拡充して要求性能との照査を公にするなど、第三者評価機関の照査を現行の品質保証活動に即応したシステムとすることが望ましい。これらのシステムの実現によって、「真の顧客」である利用者（使用者、主として地域住民）の要求が反映され難い現在の品質管理制度を、大きく改善できるものと考えられる。

この他、使用材料の仕様や規格の照査にあたっては、第三者評価機関の指定する公的機関の審査証明や、JIS規格証明書をもって照査に代えることができる。

設計、施工計画、材料管理、現場施工、完工検査などの照査にあたる性能照査会は、小規模の行政組織や公共団体にあつては、第三者評価機関の指定するコンサルタンツや上位の行政組織の担当者または第三者評価機関そのものが照査にあたることもある。わが国には、これに類似する機関が今まで存在しなかったが、JCI 中部支部において、コンクリートの第三者評価機関（コンクリート構造物の完成段階で、依頼に応じて技術評価を行う）である「JCI 中部支部技術評価・支援機構」が、平成13年5月に発足している。

b) 工程別性能照査システムの提案

コンクリート構造物の性能は、図-1に示したように、建設に関わる利用者、事業主体、設計者、施工者、生コン業者・各種材料製造者が、計画、設計、施工、完成の各段階で、相互に影響して決まる。工程別性能照査会のシステムを導入する場合、それぞれの段階における要求性能と達成性能とを計画段階で明確に区別し、図-2に示したように、それぞれ構成員の異なる照査会を実施段階に応じて設置し、図-3のように、工程別に性能照査を行うことが必要である（小規模工事の場合は、一つの照査会で、第三者評価機関の委員が実施してよい）。そのためには、それぞれの照査会で、耐荷性能や変形性能、耐久性能、景観、美観、使用性能などを照査できる客観

的指標を、工程順に承認して行くのがよい。事業主体（発注者）は、先行する工程での要求性能を満たしていない、または、満たせないことが予測される場合には、性能照査会に、工事の中止を命令できる強い権限を与えることを、契約前に、契約書類および設計図書で規定しておくものとする。要求性能を満たすことができず、打設・硬化したコンクリートを、部分的に破砕撤去し再打設する結果とならないように努めることが重要である。

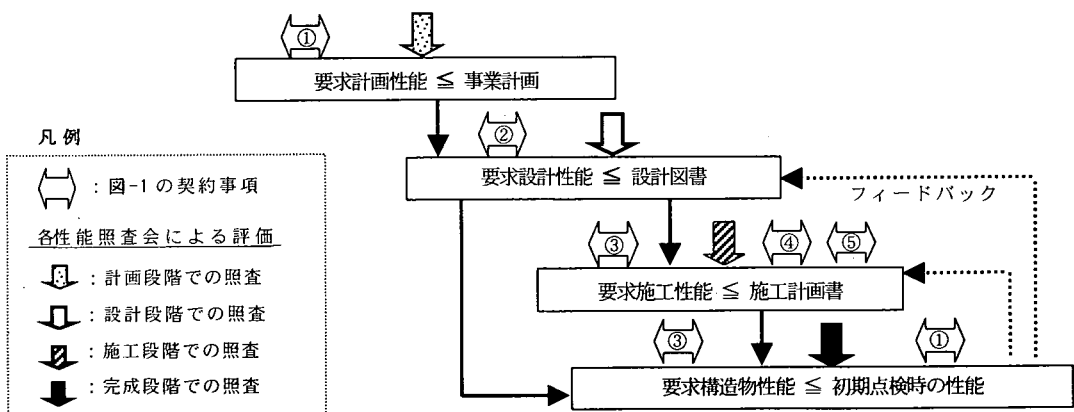
コンクリート構造物の性能は、生コン（生コンクリート）業者・材料製造者が保証する使用材料の性能と、まだコンクリートとして機能しないフレッシュコンクリートの性能や、型枠・支保工、鉄筋工、運搬、打込み、養生などの施工者（協力会社）が保証する性能が、総合的に評価されることになる。構造物全体の性能は、施工者（総合請負業者）が事業主体（発注者）に保証し、さらに、事業主体は利用者（使用者）に性能を保証することになる。このため、施工段階においては、一つの性能照査会が、すべての評価指標を単に照査するだけでは、最終的に利用者に対して品質を保証することは難しく、大規模な工事では、設計、施工、維持管理の段階に分割した性能照査が必要となる。

c) 計画段階および設計段階の性能照査システム

工程別性能保証システムにおいて、計画段階および設計段階における性能照査の流れは、図-4に示すように、まず、利用者を含む計画性能照査会は、事業主体と協議して定めた要求計画性能が、事業計画に十分反映されているか否かを照査する。その後、要求計画性能を達成するための設計性能と設計受注者の作成した設計図書とを、設計性能照査会に引き渡して、両者の性能を照査することになる。

d) 施工段階の性能照査システム

コンクリート構造物の部材として使用されるコンクリートの性能は、部材の形状・寸法や使用環境、耐力、機能



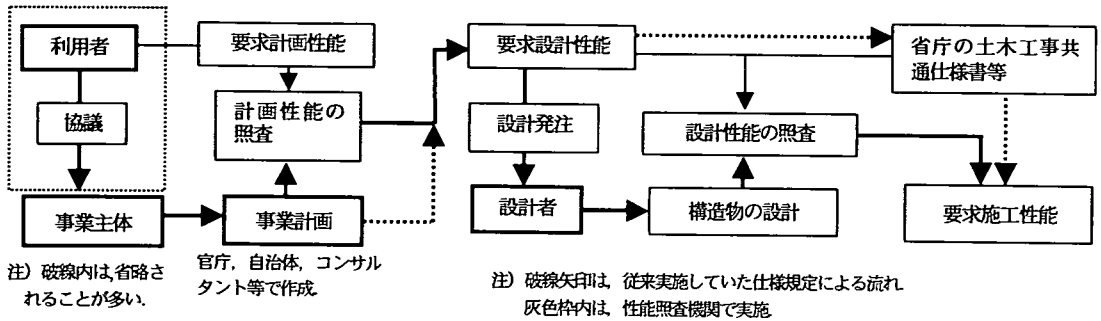


図-4 コンクリート構造物の計画段階および設計段階における性能保証システム

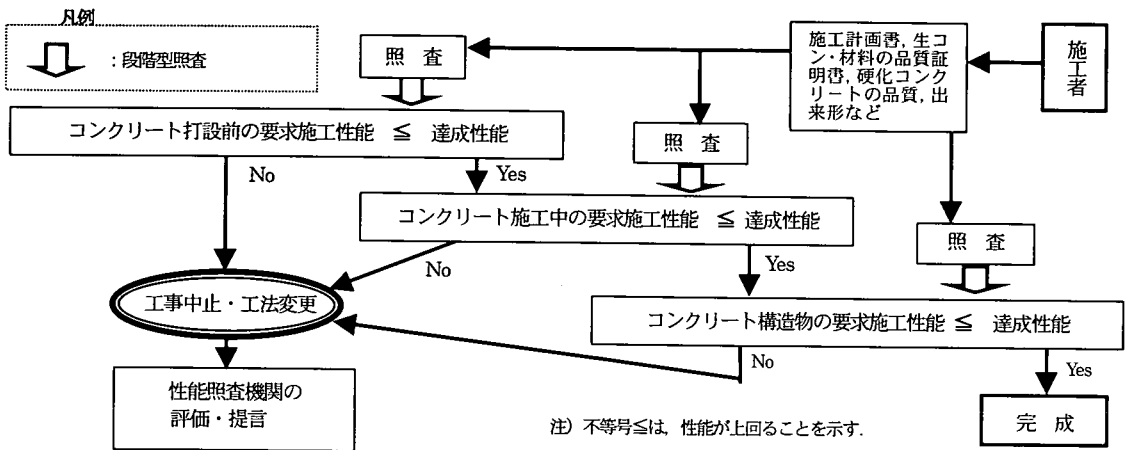


図-5 コンクリート構造物の施工段階における要求施工性能の照査システム

他に、利用者の用途による材料や施工条件によっても異なる。このような要求性能のうち、強度、ヤング係数、耐久性などで表される硬化コンクリートの性質は、鉄筋工、型枠・支保工、運搬、打込み、締固め、養生などの施工要因や作業状態による影響が大きく、材料管理や配合管理、スランプ、空気量などに依存するコンクリート出荷時の性能だけでは、評価できない。すなわち、生コン業者（生コンクリートの生産者）が納品に際して提出する JIS A 5308 に規定されるレディーミクストコンクリート納入書、配合報告書の呼び強度の保証値、各種の品質判定方法に基づく証明書等は、材料としてのコンクリートの規格値に過ぎない。施工後のコンクリート構造物の性能としては、非破壊検査などによって、構造物の物理的性能として照査されるべきである。すなわち、生コンクリートの検査で現在実施されている強度は、標準養生供試体で保証される項目であり、コンクリート構造物の保証品質とは成り得ないことを、明確にしておくことが重要である。生コンクリートの品質保証は、物理特性の指標となる使用材料の品質証明書、水セメント比や、

単位セメント量、混和材料ならびにワーカビリティを保證するスランプ、空気量、出荷時刻、コンクリートの容積などを、種々の自動計量結果を基に、荷卸し地点における受入れ検査において、「レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録」や試験値などにより、客観的指標で証明することで達成される。それ以降に生ずる硬化後のコンクリート構造物の耐久性を含む性能は、生コンクリートの生産者ではなく、施工者の達成性能として評価されるべき項目である。

このような方式では、性能照査機関は、各工事段階でそれぞれ異なった要求性能を調査・検討しなくてはならず、単一な組織で、工事のすべてに関わりコンクリートを評価することは困難である。これらの性能照査を合理的に行い、コンクリートの品質を保證するために、図-3 に示した施工工程段階での照査項目を、図-5 のように、施工前の材料納入時と施工作業、施工後の出来上がり性能とに、段階を追って評価する方式を提案する。この場合、それぞれの要求施工性能や達成性能が、具体的に測定可能な物理定数や試験値として、定められていること

が重要である。

e) 構造物の初期点検と維持管理計画書の照査

土木学会示方書⁹⁾では、コンクリート構造物の耐久設計が規定されており、施工終了後、完成検査時に構造物の初期点検を行い、耐久性能の確認とこれに基づく維持管理の区分設定を行うことが必要となっている。このため、維持管理性能照査会では、構造物の耐久設計事項に関する点検事項が計画段階で作成された要求品質と適合しているか、また、図-6のフロー図に示される維持管理手法が実施できる条件が明示されているか、などの照査を行うことが必要となる。

f) コンクリート構造物の品質保証期間

コンクリート構造物の品質保証期間は、建築工事の場合、「住宅の品質確保の促進等に関する法律（2000年4月施行）」で「新築住宅に対して、かし担保期間を10年と定めている」ことを参考に、「土木学会におけるコンクリートの品質保証システムの提案¹⁾」に基づき、「一般的な構造部材に対して10年」とすることを提案する。欠陥構造物は、比較的短期間でその兆候が現れること、長期間では予期せぬ自然現象や外力等のために原因が不明瞭となること、さらに、構造物が保証期間の10年間健全であれば、その後適切な維持管理をすることにより、設計耐用期間まで構造物が機能するという考えに立っている。

3. コンクリート構造物の設計

(1) 設計時の性能保証システム

一般にコンクリート構造物は利用者との協議段階を経て、事業主体（発注者）により事業の計画が作成される。事業主体と利用者との間には契約がないが、第三者評価機関によって要求性能とそれに対する達成性能の関係が明示されることになる。すなわち、計画策定の前提として、当該構造物が実際に必要なか否か判断する本質的な問題について、構造物が備えておくべき機能や環境適合性、具体的な位置、数値、性能、基準等を明確に示し、利用者との合意しておく必要がある。このようにして作成された事業計画に対する要求性能に対して、事業主体は設計を発注することになる。設計段階においては、発注者である事業主体と設計者との間には契約が存在するので、明確な要求性能と達成性能の関係が成り立つ。設計段階における要求性能とは、構造物を設計する場合に事業主体から設計者に与えられた性能（設計条件）、すなわち、構造形式や形状、設計基準、荷重条件、使用材料と設計値、環境条件、耐久性、景観・美観などの条件が与えられる。

設計段階での達成性能とは、構造物の設計が完了した

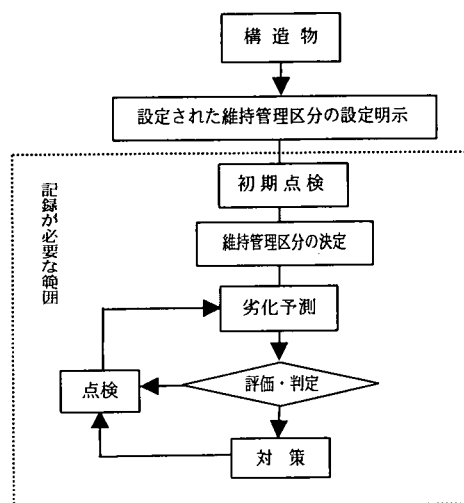


図-6 構造物の維持管理計画

後、設計図書（設計図・設計計算書）として具体的に示される構造物の性能のことであり、施工時の各種条件を考慮した仕様書（示方書）とともに施工段階における要求性能のもとになる品質である。設計段階における要求性能と達成性能の概略項目の対比を、表-1に示す。同表では、要求性能の項目は達成性能の項目に一対一に対応しているのではなく、複数の項目に対応している。例えば、「耐荷性」という要求性能に対しては、「部材特性」、「使用性」および「耐震性能」という達成性能を検査することになる。

現在の契約体系では、設計と施工が分離されているため、実際の施工条件を考慮しない設計図書が設計者から提出されたり、設計者の意図しない施工を施工者が行ってしまう場合がある。しかし、設計段階の要求性能および達成性能は施工時の作業条件を考慮した性能であるべきであり、施工段階の要求性能に明確に盛り込まなければならない。

また、耐久性を有するコンクリート構造物を実現するためには、設計の詳細、材料の選定および施工方法について、設計の段階で総合的に検討する必要がある。設計段階における達成性能は、設計図書（設計図・設計計算書）として示されるので、これらを検査することとなる。

(2) 設計段階での照査

a) 設計図

設計図には、構造ならびに補強鋼材の詳細、その他の事項が明確に表示されていることを検査する必要がある。同図は、設計者の意図を施工担当者に伝える唯一の手段であると考えてよい。したがって、設計で前提とした諸条件を明確に表示することが重要である。

コンクリート構造物の耐久性に関しては、かぶりとコ

表-1 設計段階における要求設計性能と達成性能¹⁾ 6)

要求設計性能	達成性能
1) 構造形式、形状 2) 設計基準 3) 荷重条件 4) 材料の設計用値 a) コンクリート ・強度、疲労強度 ・応力-ひずみ曲線、ヤング係数 ・ポアソン比 ・熱特性、収縮、クリープ b) 鋼材 ・強度、疲労強度 ・応力-ひずみ曲線、ヤング係数 ・ポアソン比 ・熱膨張係数、リラクセーション 5) 環境条件 6) 設計耐用期間 7) 安全係数 8) 耐荷性 9) 機能性(使用性) 10) 耐久性 11) 施工性 12) 経済性 13) 景観・美観 14) 維持・管理 15) 補修	1) 構造形式、形状 (設計条件として与えられる場合が多い) 2) 構造解析 ・解析モデル ・断面力、応力、変形 3) 部材特性 ・形状、寸法 ・応力、耐力、剛性 4) 使用性 ・ひび割れ特性:ひび割れ幅、分散性、プレストレス導入レベル ・変位、変形特性 ・振動特性:振幅、固有周期 ・疲労特性 5) 耐震性能 ・耐震構造 ・耐力、変形能 6) 構造細目 ・鋼材のかぶり、あき、配置 ・鉄筋の加工、定着、継手 ・緊張材 ・最小鋼材量、用心鉄筋 ・面取り、表面保護 ・打継目、伸縮目地 7) 材料 a) コンクリート ・圧縮強度 ・セメントの品質 ・骨材の品質 ・配合:粗骨材の最大寸法、スランプ ・単位容積質量 b) 鋼材(鉄筋、PC鋼材、鉄骨) ・強度 ・形状、寸法 8) 維持・管理 ・方法、必要な期間

コンクリートの品質が重要な要因であり、耐久性を有するコンクリート構造物を実現するためには、設計の段階でこれらについて十分に検討しておくことが必要である。その検討結果を施工担当者に伝えるために、必要な事項が設計図に明記されていることを検査する。

b) 設計計算書

設計計算書は、構造物または部材の安全性および使用性等を検討した計算の過程が明示されていることを、検査する必要がある。なお、土木学会「2002年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕」⁶⁾によれば、コンクリート構造物が、所要の性能を設計耐用期間にわたり保持することを、耐久性照査によって確認しなければならないことが明記されている。したがって、検査の際、材料および施工について想定されたレベルで、耐久性が満足されることを確認する必要がある。もし、耐久性が満足されない場合には、再度構造・部材断面等を変えて設計し直すか、配合や材料の品質を上げて対処するか、いずれかの方法で耐久性向上を図ることとなる。

c) 要求施工性能書の作成

設計段階において、設計どおりの性能を持つコンクリ

ート構造物を施工するために必要な施工時の要求性能と施工条件を十分に検討し、表-2 に示すような項目について、要求施工性能書を作成する。工事が発注された後、施工段階において、施工者は、まず施工計画書を作成し、要求施工性能書と適合するかを性能照査会で審査依頼して適切と認められた場合に、工事に着手できる。

4. 施工者の品質保証システム

(1) 施工計画

コンクリート構造物の構築にあたっては、所定の要求性能を確保するために、構造物の設計(設計図書、要求施工性能書)に基づいた計画立案を、工事着手前に行わなければならない。

工事の履行において、設計条件、現場条件、施工条件および環境条件等を考慮し、安全で堅実な施工計画を企画立案するとともに、表-2 に示したような項目について、施工計画書を作成しなければならない。施工計画書の作成にあたっては、設計図書、仕様書および各法令等

表-2 要求施工性能書（設計段階）および施工計画書（施工段階）における要求施工性能と達成性能¹⁾ ⑥

要求施工性能	達成性能
<p>1) 材料</p> <p>a) コンクリート</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料の品質：セメント、水、骨材、混和材料 ・配合：粗骨材の最大寸法、スランプ、水セメント比、空気量、細骨材率、単位水量、単位セメント量、混和材料の単位量 ・圧縮強度 ・耐久性：中性化、塩化物イオン量の侵入に伴う鋼材腐食、凍結融解作用、化学的侵食、アルカリ骨材反応、水密性、耐火性 ・ひび割れ抵抗性 ・施工性能：ワーカビリティ、ポンパビリティ ・単位容積質量 <p>b) 鋼材</p> <ul style="list-style-type: none"> ・強度 ・形状、寸法 <p>2) コンクリートの施工</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運搬 ・打込み ・締固め ・養生 ・継目 ・仕上げ ・寒中コンクリート ・暑中コンクリート ・マスコンクリート <p>3) 鉄筋工</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加工 ・組立：配置、あき、かぶり ・継手 ・組み立てた鉄筋の設置 <p>4) 型枠および支保工</p> <ul style="list-style-type: none"> ・荷重 ・材料 ・設計 ・施工 ・取り外し ・特殊型枠および特殊支保工 <p>5) 騒音、振動</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大きさ <p>6) 作業時間</p> <p>7) 施工法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用機械 ・使用する面積 	<p>1) 材料の品質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・セメント ・練混ぜ水 ・骨材 ・混和材料 ・鋼材 ・コンクリート製品 <p>2) コンクリートの製造</p> <ul style="list-style-type: none"> ・製造設備 ・製造工程：骨材の表面水率、粒度 ・印字記録 <p>3) コンクリートの品質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・配合：粗骨材の最大寸法、単位水量、単位セメント量、水セメント比 ・フレッシュコンクリートの品質：スランプ、空気量、温度、塩化物イオン量、アルカリ骨材反応対策 ・硬化コンクリートの品質：圧縮強度、単位容積質量 <p>4) コンクリート工</p> <ul style="list-style-type: none"> ・運搬 ・打込み ・養生 ・寒中コンクリート ・暑中コンクリート ・マスコンクリート <p>5) 鉄筋工</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加工および組立て ・継手 <p>6) 型枠工および支保工</p> <p>7) コンクリート構造物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表面状態 ・部材の位置 ・形状寸法 ・構造物中のコンクリート：圧縮強度、かぶり

を遵守するものとし、作成した施工計画書が第三者評価機関から適切と認められた場合、これに基づき施工を実施するものとする。この場合、特に工期が十分であるか、季節が苛酷環境時ではないか、工期に対して無理な施工計画をしていないかなどの項目についても、性能照査会で検討が必要である。

なお、設計図面を十分にチェックし、鉄筋の配置が不可能ではないか、鉄筋のあきが確保できず施工が困難ではないか等を確認し、改善が必要であれば、設計変更の協議を発注者を行うことが必要である。

(2) 施工および品質の管理

施工不良の原因とならないよう、水和熱に対するひび割れ防止の対策として打設方法、打設ロット、養生方法等の検討および誘発目地の確保、水密性の確保としてコ

ンクリート打設に影響する組立て不可能な配筋、過密配筋のチェックを行うことが必要であり、設計上の不備があれば設計へのフィードバックを徹底して行うこと³⁾が重要である。また、多様化した構造物を合理的に施工するため、必要に応じて流動化コンクリート、高流動コンクリート等の有用な特殊コンクリートの活用を検討すべきである³⁾。

コンクリート構造物の施工は、事前の施工計画に準拠したもので、施工に関する十分な知識を有する技術者、特に第三者評価機関（施工性能照査会）から派遣される技術士、コンクリート主任技士、1級土木施工管理技士等の有資格者を現場に配置し、トレーサビリティが確保される適切な管理⁴⁾が行われることが望ましい。したがって、品質管理システムの明確化のためにもISO 9000シリーズ取得業者を活用して、以下の主な項目に留意し

で行うことが必要である。

a) コンクリート打設前の管理

コンクリートの打ち込み前に、型枠・支保工等の仮設備の配置・固定状況、型枠内の清掃・湿潤状態および鉄筋の配筋状況、異物の除去等の確認、使用資機材の点検整備、雨天時への対応、打設作業時のトラブル回避に努めることが必要である。特に、鉄筋および型枠・支保工については、以下のような点に注意する必要がある。

i) 鉄筋および型枠・支保工の管理⁴⁾

① 鉄筋の加工および組立

鉄筋の加工・組立は、設計図書によるものであるが、かぶりの確保に必要なスペーサーを適正な間隔に配置し固定させることが、鉄筋の腐食防止、ひいては構造物の耐久性にとって非常に重要である。鉄筋の加工および組立が完了した後、コンクリートを打ち込む前に、鉄筋の本数、径を確認し、折曲げの位置、継手の位置および長さ、相互の位置および間隔、型枠内での支持状態等について、設計図書に基づき所定の精度で造られているかを、施工者として検査する。

この場合、鉄筋の加工・組立・配置の許容誤差（出来形管理基準）は、構造物の種類や重要度、部材の寸法ならびに誤差の方向を考慮して定められており、これらに適合するように人員・機材を配置して施工するものとする。鉄筋の加工寸法の許容誤差は、組み立てた鉄筋の配置の許容誤差に直接影響すること、鉄筋を組み立て直すには多大な労力を要することから、できるだけ組み立て中にも検査して、誤りを未然に防ぐことが望ましい。

② 継手

継手の性能は、継手の種類、使用材料、継手作業員の技量、施工方法等によって異なるので、試験を行ってその性能を確かめる必要がある。試験は、構造物の種類、応力状態、継手の種類等を考慮して、最も適当な方法で行うことが望ましい。

③ 型枠および支保工

鉄筋の組立および型枠の締め付けに用いた金具類（型枠用セパレータのボルト、棒鋼など）は、コンクリート表面近くのかぶり内に残さないようにし、コンクリート表面からかぶりの規定値の間に残るボルト、棒鋼は排除するとともに、穴埋めは高品質のモルタル等で行わなければならない。このため、使用する木コン（Pコン等）は、かぶりに対応するものを採用するものとする。

型枠および支保工は、コンクリートの打込み前および打込み中に作用する荷重の中で最も不利な組合わせに対して、十分な強度と安全性を有するものでなければならない。また、その荷重に対して、型枠のはらみ、モルタルの漏れ、移動、傾き、沈下、接続部のゆるみ、その他の異常の有無を検査し、必要に応じてただちに適切な措置をとり、危険を防止しなければならない。支保工の施

工は、不等沈下が生じないように基礎地盤を確認し、コンクリート自重等に十分耐え得る安定性を保ち、構造物による沈下やたわみを考慮した上げ越し量等を確保するものとする。

型枠工および支保工の施工精度は、所定の位置に所要の形状、寸法の構造物が得られる精度とする。また、型枠および支保工の取りはずしは、コンクリートの圧縮強度が所要の強度に達した後に行うものとする。

ii) 使用材料の管理

設計図書に基づき、コンクリートに対する要求性能を満足させることが可能であるかどうか、生コンの購入に当たっては、JIS表示認定工場の中から選定することや、所定の品質を満足させ得る材料を使用しているかを確認することが必要である。

① セメント

購入する生コンクリートに使用されるセメントが、所要の品質のものであるかを確認することが重要である。したがって、以下のような標準的な方法⁵⁾による確認が必要である。

・JISに規定されているセメントを使用する場合

当該セメントのJISに規定されている項目について、製造会社の試験成績表またはJIS R 5201の方法で確認する。

・JISに規定されていないセメントを使用する場合

使用目的を達成するために定めた項目について、製造会社の試験成績表またはJIS R 5201に準じた方法で確認する。

② 骨材⁴⁾

現状では、骨材の生産者の品質保証には、問題が多い。碎石・砕砂は全生産者のうち約7%がJIS表示認定されているにすぎず、自然骨材についてはJIS表示認定がないのが現状であり、しかも、零細な採取業者が多いため、品質管理が不十分な事例が生じている。したがって、コンクリートの製造に際しては、品質変動に大きな影響を与える骨材の品質確認を行い、所定の品質の骨材が用いられているか否かを確認しなければならない。それらの試験結果は、コンクリート練混ぜ時に、骨材の粒度や表面水率の変化に応じて、適切な製造工程の管理が行われているかを確認するためにも必要である。

このため、骨材購入者（施工者または生コンクリート生産者）が骨材生産者の土場、プラントへの立ち入りを行い、抜き取り検査で品質の確認をする制度、あるいは骨材生産者の品質管理を第三者に委ねる制度などの確立が必要である。また、骨材業者と生コンクリート生産者との間に、「品質の安定した骨材に調整して出荷する骨材工場の設置²⁾」の早期実現も望まれる。

③ 混和材料⁴⁾

混和材料については、購入する生コンクリートに使用

される混和材料の銘柄・種類が、所定の混和材料であることを確認する。一般には、公的試験機関または製造工場が行った試験の結果を示した試験成績表によって、規格に適合していることを確認する方法で代用してよいが、必要に応じて試験を行うものとする。メーカーの自主管理を検査で認めるのであれば、その品質システムはISO 9000 シリーズの認証を受けておく必要がある。それがない場合は、生コンクリート工場の受入れ検査や、公的試験機関による検査の頻度を、増やすことが必要と考えられる。

b) コンクリート打設時の管理

生コンクリートの搬入にあたっては、コンクリート製造場所より現地までの交通渋滞状況による時間ロス、打込み時間の調整などを考慮した連絡確認体制を確立し、管理方法として納入書等により確認することが必要である。この管理方法については、後述の5章(i)に示すように、レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録によるシステム、ICカードによる管理システムあるいはインターネットによる管理システム等を導入するものとする。したがって、生コンクリートの受入れにおいては、以下に示すような管理を確実に行うことが重要である。

i) 生コンクリートの品質管理 (荷卸し箇所)⁴⁾

生コンクリートの受入れ検査は、生コンクリートの生産者の品質管理試験で代行するのではなく、施工者自身が、必ず実施しなければならない。これとともに、受入れ後、現場で発生したコンクリートに関する問題は、元請けの技術者が、施工者の観点から最終的な判断を下さなければならない。

荷卸し地点における生コンクリートの生産者の品質保証は、生コンクリート工場が「レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録」による品質保証システムによるものとする。印字記録の活用は、コンクリートの品質が水セメント比と密接に関連することを考慮して、単位水量と単位セメント量を保証の対象としているが、これらからコンクリート品質の推定が可能となることの他に、全バッチについて、練り量および出荷時間(運搬時間)の確認、ミスバッチおよび誤配の防止が、別途の試験の実施なしで確実に実現することが可能となるという利点がある。

しかし、このシステムは、仮に品質に不備のある材料を用いてコンクリートを練混ぜた場合や、計量器の故障には対応できない。これらを考慮し、打ち込み箇所における単位水量迅速試験法による品質判定法や、強度の早期迅速判定法を受入れ時に導入することも必要である。

また、生コンクリートの受入れ検査において問題となることは、スランプ、空気量などの試験結果が規格値を外れた場合である。不合格と判定されたコンクリートは、

これを用いてはならないが、工事の工程に重大な支障が生じることがあり、この場合の費用の負担など、生産者側と施工者(購入者)側の責任範囲を、明確にしておくことが重要である。

ii) コンクリートの品質管理 (打込み箇所)⁴⁾

荷卸し箇所に搬入されたコンクリートは、練混ぜ始めから打ち終わるまでの時間が品質に及ぼす影響が大きいため、外気温による規定時間の限度内に打設しなければならない。打設作業において、ポンプ車等を使用する場合は、コンクリートの種類および品質または性能、構造物の種類と形状、打ち込み場所の条件、打ち込み量、打ち込み速度、作業の安全性等を考慮して選定する。なお、不慮の場合に対応できるよう予備を確保することが必要である。

構造物中のコンクリートの品質には、コンクリートの製造から養生までの施工過程における品質管理の良否が、きわめて大きな影響を及ぼす。したがって、コンクリートの検査においては、コンクリートの品質とコンクリート材料、製造、運搬、打込み、締固め、養生との関係を、定量的に把握できるように品質管理データを蓄積し、これらを日常的に分析しておくことが大切であり、これに基づき確実に検査しなければならない。

① フレッシュコンクリート

フレッシュコンクリートの検査は、原則として、打込み時に行うものとする。しかし、生コンクリートを使用する場合、品質規格が荷卸し地点で定められているため、荷卸し地点において試験を行うことが一般化している。この場合、受入れ検査であるから、試験はあくまで施工者(購入者)が実施しなければならない。荷卸し地点から打込み地点までの間で品質変化をする場合は、この値を試験によって確かめておくことが大切であり、それを考慮して生コンクリートの種類を発注する必要がある。

② 水セメント比

フレッシュコンクリートを分析して水セメント比を知る方法は、他の方法に比較して最も早くコンクリートの品質の程度を知り得る方法とされてきた。しかし、この方法は別途の試験を実施する必要があり、コスト増となる。「レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録」によるシステムは、この問題点が解決され、荷卸し地点で確実に水セメント比が算出される。水セメント比がコンクリートの耐久性に基づいて定められている場合はもちろん、コンクリートの圧縮強度に基づいて定められている場合でも、使用材料に変化がなく、スランプも普通の変動の範囲内であれば、事前に求めた水セメント比と圧縮強度との関係から材齢 28 日の圧縮強度を推定して管理を進めることができる。

また、水セメント比の上限値が定められている場合のほか、単位水量の上限値、単位セメント量の下限値また

は上限値が定められている場合も、これに準じて検査が行われる。

③ 圧縮強度

コンクリートの強度は、一般に材齢 28 日における圧縮強度を基準としているので、コンクリートの品質が所要のものであるかどうかを確かめるためには、材齢 28 日の圧縮強度の試験を行うことが適当である。しかし、この方法では、供試体を採取した後 28 日経過しないと試験値が得られないので、試験結果を速やかに反映させることが大切な品質管理においては大きな欠点となってきた。これについても、「レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録」によるシステムの場合、水セメント比の確認が全パッチについて可能となり、水セメント比から圧縮強度が推定されることから、これによって荷卸し箇所での圧縮強度の品質検査を行う。さらに、打込み箇所では、発注者の規定に基づき圧縮強度試験用の供試体を作製して養生後、指定された試験機関に搬入して圧縮強度試験を実施するものとする。

iii) 運搬、打込みおよび締固めの管理⁴⁾

コンクリート運搬、打込みおよび締固めの管理では、まず、運搬、打込みおよび締固めに必要な設備の種類、型式、能力、台数および人員配置、あるいは現場までの運搬（運搬路）、現場内での運搬、打込み計画、打継目の位置、打込み順序、打込み速度等の運搬、打込み方法が施工計画書どおりであるかを確認する。

打込みおよび締固めは、コンクリートの品質に最も関係するものであり、施工計画、仕様等の規定に基づき施工するものとし、未充填が生じないよう確実に締固めを行うことが重要である。特に、コールドジョイントの発生対策をはじめ、打設中のトラブル対策により、コンクリート構造物に悪影響が生じないように行うことが必要である。また、打込み中に鉄筋の変位や型枠の変形等の発生にも、十分注意が必要である。

iv) コンクリート打設後の管理

打設したコンクリート表面を仕上げた後、品質の確保と有害なひび割れを生じさせないようにするため、一定期間は必要な温度および湿度に保ち、有害な作用を受けないように養生を行う。養生方法は、構造物の種類、施工条件、立地条件および環境条件等により定めることとする。養生に当たっては、養生設備および人員配置ならびに養生方法に関して、湿潤養生、温度制御養生、有害な作用に対する保護等が、施工計画書どおりに実施されていることを確認することが必要である⁴⁾。

c) コンクリート構造物の管理

施工者は、コンクリート構造物の完成後、表面状態の良否、構造物の位置、形状、寸法等の出来形が、設計図書（出来形基準）に適合する許容誤差以内で造られているか、発注者の検査に合格するか等について、施工者と

しての検査を行い、これを確認する必要がある。表面状態の良否については、露出面の状態、ひび割れ、打継目、かぶり等についての確認が必要であり、また、構造物の位置、形状、寸法等については、平面位置、計画高さ、部材の長さ、断面寸法等の確認が必要である。

(3) コンクリート構造物の品質証明

以上のように、施工者は、施工に関わる各段階において、品質管理および施工者としての検査を行うことによって、品質を保証することになる。さらに、国土交通省の場合は、土木工事共通仕様書に「品質証明」制度⁵⁾が規定されている。このような制度も活かして、施工時におけるコンクリートの品質確認を着実にやっていくことで、施工者の立場からの品質保証を行っていくことが重要である。

5. コンクリートの生産者の品質保証システム

(1) 製造システムの提案

a) コンクリートの製造における品質確保

生コンクリートの生産者が、日常最も注意を払っているのは、コンクリートのスランプを規定値に合わせることであり、水分計、スランプ計等はそのために利用されている。このスランプ管理が、そのまま水セメント比（W/C）の管理に直結出来るならば、各材料の計量値と骨材の表面水率からW/Cを演算して、その値を基にコンクリートの品質証明に代用することが可能となる。ただし、そのためには、日常の材料管理、配合管理が重要となってくる。

コンクリートの材料の中で最も品質変動があるのは、骨材の表面水率と粒度分布であり、共に計量直前の値を正確に測定することは困難で、混練した結果をフィードバックしてスランプを調整している。このとき、殆どの場合、骨材の表面水率の設定値を変えることで行っており、粒度分布の変動分も含めて、水量の増減で調整していることとなる。この不合理を解消するための条件として、次のことが考えられる。

i) コンクリート材料の管理

- ① セメント、混和材、混和剤は、試験成績表により受入れ管理を行う。
- ② 細骨材については、粒度別貯蔵が望ましいが、それが不可能でも、いずれの場合も定期的に粒度測定を行い、混合率の補正（過大・過小補正、s/a補正等）、配合調整を行う。また、貯蔵槽の工夫等で、プラントで使用するとき、大幅な水分率の変動が無いようにする。
- ③ 粗骨材については、表乾以下にならないよう散水設備を設けて管理する。

④ スラッジ水を使用する場合は、濃度を測定し、スラッジ分が規定された固形分率を越えないよう管理する。

ii) 練混ぜの管理

一般的には、コンクリートの練り上がり状態を目視観察、またはミキサの練混ぜトルクを測定し、その値からコンクリートのスランプを推定し、次のバッチへフィードバックして、指定されたスランプのコンクリートを製造している。したがって、毎バッチ、練り上がり状態を目視確認することと、スランプ計で練混ぜトルクを確認することが、日常の練混ぜ管理として重要である。

以上のように、材料管理および練混ぜ管理が正しく行われ、所定のスランプのコンクリートを製造した場合は、所定の配合通りに材料を計量して練り混ぜたものと考えることができる。このことを前提とすると、所定のスランプに練り上がったコンクリートであれば、各材料の計

量値も、配合通りに計量されたものと考えることができ、計量値の印字記録（自動計量記録値）から練混ぜたコンクリート内の各材料の質量を、保証することが出来る。単位水量については、製造工程管理として配合毎に適切な頻度を定め、確認検査を実施するものとする。

現在、生コン工場で使用されている計量器は、殆どがロードセル直吊り方式で、以前の竿計り方式より数倍の分解能があり精度も向上しているため、計量値より演算しても殆ど誤差の無い値が得られる。従って、計量値の印字記録よりW/Cを計算して、納入したコンクリートのW/Cを保証するシステムが可能となる。

W/Cによる品質証明書を発行する方法としては、次のようなシステムが考えられる。

① レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録によるシステム：通常発行されているミキサ車1

表-3 新しいレディーミクストコンクリート納入書の様式

レディミクストコンクリート納入書																
NO. _____											平成 年 月 日					
_____ 股											JIS表示認定工場 認定番号***** 〇〇〇〇〇〇生コンクリート(株) 福岡市博多区博多駅東〇〇 TEL:092-(461)-0000(代)					
納入場所				運搬車番号												
納入時刻		発 時 分		着 時 分		累計										
納入容積		m ³		台目		m ³										
呼び方		コンクリートの種類による記号	呼び強度	スランプ	粗骨材の最大寸法による記号	セメントの種類による記号										
備考		普通	24	8	20	N										
計量品質記録																
配合値(1m ³)		G1		G2	G3	S1	S2	S3	C1	C2	W1	W2	A1	A2		
		1081				420	378		279		120	40	1.67			
実計量		速番		時刻	練り量	推定スランプ	表面水率(%)		計量値(kg)		表面水量		全水量			
1		8:00		1:33	8.0		0.5	4.4	5.2	1446	582	528	373	118 38		
										Σsw		60.3 kg				
							水セメント比				57.5 %					
2		8:02		1:33	7.5		0.5	4.4	5.2	1444	583	527	372	115 38		
										Σsw		60.3 kg				
							水セメント比				57.3 %					
3		8:04		1:34	8.0		0.6	4.2	5.0	1457	586	531	374	117 39		
										Σsw		59.9 kg				
							水セメント比				57.7 %					
4							表面水率(%)		計量値(kg)		表面水量		Σsw kg			
							kg				水セメント比		%			
合計		4.0					G1	G2	G3	S1	S2	S3	C1	C2	W1	W2
							4347			1751	1586		1119		348	115
							Σsw		23.2		75.9		81		Σsw 180.5 kg	
							kg		643.5		kg		水セメント比		57.5 %	
							単位量		C=279.8kg		W=160.9kg					
										荷受職員確認印		出荷係確認印				

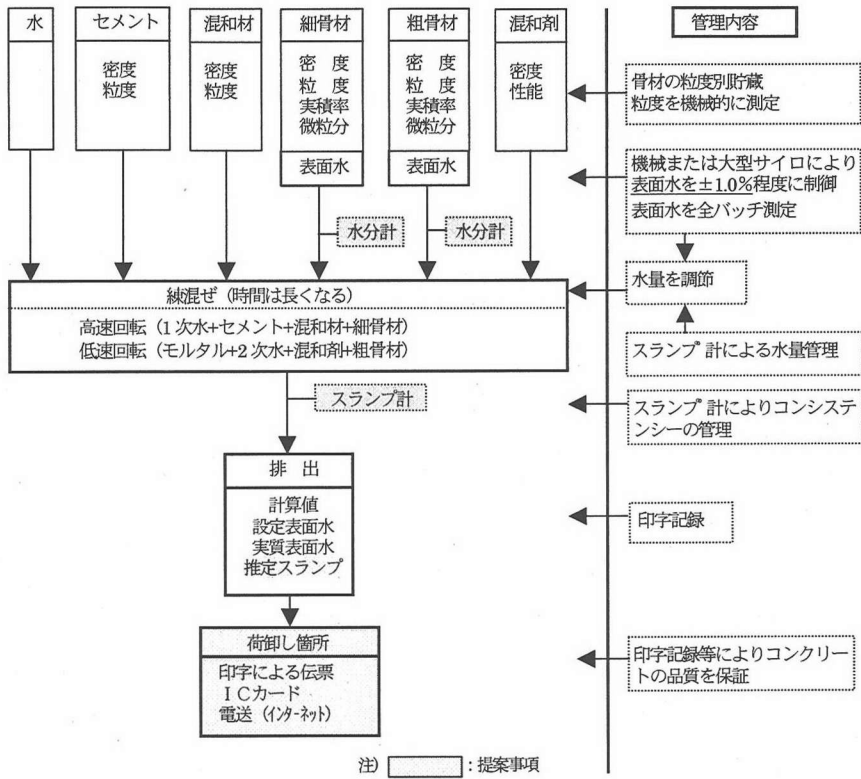


図-7 新しいコンクリートの製造管理システム

車毎の納入書に、計量品質記録として、各バッチの計量値を記録すると共に1車分の計量値を累積加算した値からW/Cを演算・記録するを設置して、この印字記録をユーザに渡す方法である。納入書の様式は、表-3に示すとおりで、設定した配合と共に、計量したバッチの連番、練混ぜ完了時刻、練り量、トルクによる推定スランプ、骨材の表面水率、計量値、単位セメント量、単位水量および水セメント比が、プリントアウトされている。

② 上記の納入書記録をICカードに記録して、ユーザにデータを渡すシステム。

③ 上記の納入書記録をパソコン内に保存しておき、インターネットを利用して直接ユーザに電送するシステム。

以上いずれの方法でも、現状の生コン工場では、パソコンが多用されていることを考えると、容易に対応可能な方法であろう。購入者は、荷卸し地点で全バッチの配合を確認することが可能となり、コンクリートの誤納の防止、即時に品質（圧縮強度、単位水量、単位セメント量、スランプ）の推定・判定（要求性能に対する合否判定）が可能となる。

b) 製造システムの提案

生コン産業がスタートして以来、制御系は常に最新の機能を持つべく常に新しいものが導入されてきた。その

背景には、工場数が多く制御システムの市場規模が大きいこと、生コン製造に特別なノウハウがなく、一つのプログラムソフトで全工場に適用できることからソフト開発が手掛け安いこと、JIS規格が細かく規定してあるため間違いを防ぐ必要があることなどを、挙げる事ができる。

プラント総合管理システムでの制御システムの詳細は、受注内容の明細入力、材料の在庫量の把握とベルトコンベヤの自動運転、配合の計算と自動修正、テレビジョンモニター監視およびセンサーによる品質の把握、運搬車の運行の効率管理、諸伝票の発行に至るまで、一つの有機体のように制御できるまでになった。この結果、品質の向上に寄与し、制御系の要因が著しく効率化され、また、誤納、情報の伝達違いも著しく減らすことが可能になった。

一方、近年の混和材料のめざましい開発により、コンクリートの多様化（高流動、水中不分離コンクリート等）が進む中、プラントの製造システムは格段に向上しているものの、コンクリートの主要材料である骨材事情は、河川砂利、砂の枯渇化により、良質骨材の入手さらには安定的供給が困難になっている。したがって、今後は環境条件の整備を図り、骨材の表面水率の経時変動に連続

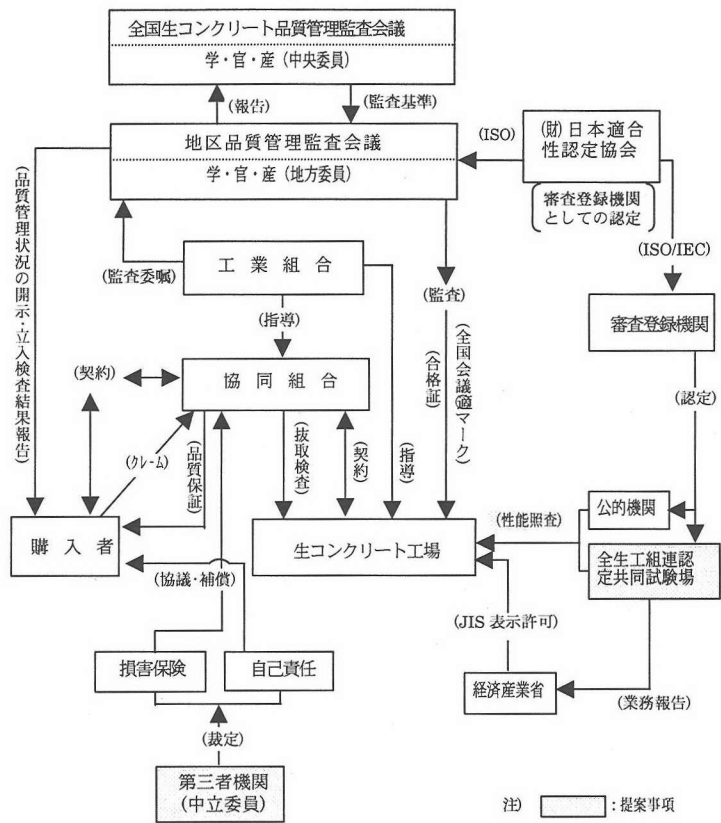


図-8 新しい品質保証システムの概要

的な対応ができるような、あるいは別の変動に対応できるような材料管理を統括したトータルシステムの開発・普及が、必要である²⁾。

以上のことから、図-7に示すように、JCI「コンクリートの製造システム委員会」が提案する製造管理システム(II)²⁾を基本に、スランプ計と計量品質記録としての印字記録(表-3参照、またはICカード、インターネットによる電送)を駆使したコンクリート製造管理システムを、製造システムとして提案するものである。

(2) 品質保証システムの提案

現状では、生コンクリートの品質保証に関して技術、契約、運用、保険などの面で未解決の問題が少なくないが、考えられる品質保証システムは、以下のとおりである。

a) 品質保証システム

品質保証システムの概要は、図-8に示すように、全国生コンクリート工業組合連合会が「生コンクリート製造業における品質保証のあり方」として報告³⁾した内容を基本に、第三者評価機関を中立委員とする品質保証システムを提案する。保険制度導入の鍵を握るのが、この

第三者評価機関である。このような第三者評価機関が全国的に設立され、保険制度導入時の裁定委員会として位置付けられるならば、品質管理監査制度およびISO 9000sの認証制度を取り込んだ新しい品質保証システムの全体系が、具体化されることになる。

b) 技術面の提案⁴⁾

i) フレッシュコンクリートの性能規格化

ワーカビリティは、コンシステンシーおよび材料分離に対する抵抗性から定まるが、普遍的な試験方法は今のところないため、経験のある技術者が判断しなければならないが、一般の場合、スランプ試験と粗骨材の最大寸法で設定されている⁵⁾。生コン工場では、ワーカビリティを計測による数値化ができないため、目視判断で行っているに過ぎないのが現状である。

今後は、骨材の粒度・粒形の変化、水分計による表面水率の測定値等のデータを、スランプ計に反映させて推定スランプを算出することによって、スランプ管理の精度を一層高めることが考えられる。さらには、スランプ計による推定スランプを、フレッシュコンクリートの性能として規格化することにより、荷卸し地点での品質保証の要件となり得ると考えられ、技術開発を含めて早急

に取り組む必要がある。

ii) 硬化コンクリートの性能規格化

全てのコンクリートについて、同様なレベルの品質保証というのも無駄が多い。このため、コンクリートを次に示す三つの段階に分け、それぞれに応じた品質契約や品質保証のあり方についての検討が、必要である。

① 簡易コンクリートおよび低強度コンクリート（捨てコンクリート、均しコンクリート、低強度の無筋コンクリート）

② JIS A 5308（レディーミクストコンクリート）による規格品

③ ①・②以外で品質に関する要求度の高いコンクリート
一般的に、①・②に関する生コンクリートの品質は生産者が責任を負うが、③については、購入者側の要求で材料・配合が決められるケースが多く、各種品質、性能の責任を購入者側が負うものと、生産者側が負うものとに分けて考える必要がある。

iii) 印字記録（自動計量記録）の規格化

印字記録（自動計量記録）による品質証明は、有効な手段であり、規格化が必要であると考え。現状ではセメント、骨材および混和材料の質量の確認が中心になっているが、精度についての誤差を踏まえた上で活用すれば、印字記録装置（自動計量記録装置）、細骨材および粗骨材の水分計、自動粒度分析装置などに関しては、将来に渡って技術の向上が期待できよう。

c) 契約面の提案⁹⁾

i) 双務契約の締結

契約書の内容のうち、品質保証に関する部分の充実を図ることが重要である。また、完全な双務契約となるように、具体的にアクションを起こすことが大切である。双務契約は、それだけ責任も重くなるが、品質保証とは切り離せないものである。

ii) 損害補償

納入した生コンクリートおよびそれが基で欠陥が生じた場合の損害補償については、建造物が大きければ大きい程、莫大な金額となり、当該生コンクリート会社単独では、到底償うことが出来ないほどの高額を必要とするケースも絶対に生じないとは言えないだけに、保険による損失の補填が重要となる。

生コンクリートは、納入時に最終の（硬化後の）形態や品質・性能には達していないという特殊な商品だけに、保険システム導入について早急な検討が必要であると考えられる。また、一方、保険制度の導入には、協同組合として加入するにしても、各工場の品質管理体制、過去の品質管理監査会議による立入り調査結果や、設備、材料、人材および過去のクレームの発生実態などを基に組合全体を評価対象とし、保険の料率決定にも大きく反映させることにより、企業努力を促す効果も生まれる。勿

論、商業ベースの保険制度に頼らず協同組合などで、独自に損害補償用の資金を積み立てておく共済方式によるのも1つの方法ではあるが、補償費用が高額になればなるほどモラルハザードの問題が生じる。すなわち、自己責任でどこまで負担をするのかを当初に明確にしておかなければ、単に損害の金額を共済方式で負担するのでは、運営が成り立たなくなるであろう。

6. 品質保証システムにおける発注者の工事検査

(1) 検査体系

発注者は、設計図書に基づき、完成したコンクリート構造物において所要の内容について要求性能が確保されていることを確認できるように、検査体系を定め、工事の各段階で必要な検査を行わなければならない。検査には、第三者評価機関の活用をするものとする。

コンクリート構造物の工事に対する検査は、大きく分けて2つに分けられる。第一は、施工者による工事中に段階的に実施しなければならない品質管理項目を、管理資料によって品質管理基準と照合することであり、要求する規格値を満足するとともに、管理図表の品質管理結果が、バラツキが少なく安定した管理となっているかを、確認することが重要である。

第二は、コンクリート構造物の出来形が、出来形管理基準に合致しているか、出来ばえの良否状況はもちろんのこと本体構造物としての性能が確保されているかを、検査するものである。

(2) コンクリート構造物の施工の検査

構造物の完成時では判断できない品質確認、品質確保として、施工中における様々な確認検査が求められ、発注者自らあるいは第三者評価機関が実施するものであり、施工者が使用するコンクリート材料の品質試験結果、品質証明書との照合・確認を初めとし、各段階で、施工の検査を行わなければならない。

a) コンクリート材料の受入れ検査

コンクリートの製造段階において、セメント、水、骨材、混和材料等のコンクリート材料が、所要の品質のものを受入れて製造されているかを、検査する。特に、骨材は、コンクリートの品質変動に大きな影響を与えるので、受入れ検査を厳密に実施し、所要の品質の骨材が用いられているか否かを、確認しなければならない。必要に応じて、土場、プラントへの立入りを行い、抜き取り検査を実施するものとする。

b) コンクリートの製造の検査

コンクリートの製造においては、レディーミクストコンクリートを使用する場合、JIS 表示認定工場で、品質

管理が適切に実施されている工場であるかを確認する。現在、製造工程の管理データはブラックボックスとなっているが、図-7で提案したように、コンクリート生産者の工場（プラント）に水分計、スランプ計および印字記録装置（自動計量記録装置）を設置させることにより、製造工程の検査を、荷卸し地点における「レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録」により行うものとする。また、コンクリート材料のうち骨材は、必要に応じて抜き取り検査により品質を確認する。

c) コンクリートの受入れ検査（荷卸し箇所）

フレッシュコンクリートのワーカビリティの良否を初め、スランプ、空気量、温度、塩化物含有量、配合（水セメント比、単位セメント量、単位水量）およびポンパリティー等の目視による確認は、検査の信頼性、確実性を高めるため、コンクリートに関する十分な知識、経験を有する責任技術者またはそれと同等の技術を有する技術者（第三者評価機関）による受入れ検査を実施するものとし、打込み箇所における運搬、打込み・締固め、養生、その他の検査についても、それらの指導のもとに実施するものとする。

レディーミクストコンクリートを購入する場合、コンクリートの受入れ検査は、施工者（購入者）が、コンクリートを打ち込む前の荷卸し地点で、「レディーミクストコンクリート納入書に記録した印字記録」を確認することにより行うものとし、配合については、示方配合に対して適切な単位水量および単位セメント量（水セメント比）となっているかを、この記録により検査する。検査は、打込み箇所までの品質変動を勘案のうえ、運搬車ごとに全車について、印字記録値を確認することにより行い、施工者が荷卸し箇所ですべての品質を確保しているかを検査する。

これによって、単位セメント量は、計量値を確認することにより十分な精度で検査される。一方、単位水量は、骨材の表面水率の測定誤差が生じる場合もあるため、打込み箇所では、RI水分計など各種の測定機器を、特性や測定精度を十分考慮のうえで使用して、コンクリートの品質を確認するものとする。

d) 鉄筋等の補強材の受入れ検査

コンクリート構造物に用いる鉄筋、PC鋼材および構造用鋼材等の補強材は、施工者が所要の品質、材質を確保しているか、加工・組立の施工に入る前に品質証明書、試験成績表による確認、目視による銘柄・種類、鉄筋径等の寸法を確認しているかを検査する。

e) 施工の検査

i) コンクリート工の検査（打込み箇所）

コンクリートの受入れ後、打込み箇所における運搬、打込み・締固めおよび養生の検査は、設計図書で構造物として要求した性能、機能、強度、耐久性、施工上の規

定などに基づいて、寒中・暑中コンクリートにも留意し、所要の品質が確保されているかを確認する。

運搬方法、運搬時間の検査は、運搬台数や運搬時間と打込み時間が施工性や品質に及ぼす影響を考慮して、規定の時間を超えていないかを確認する。

コンクリートの圧縮強度は、施工者に打込み箇所ですべての材料を採取させ、この供試体の強度試験結果により検査するものとし、強度試験は公的な試験機関で実施する。この場合、養生条件は、構造物の重要度に応じて、標準養生あるいは現場養生とするように規定する。また、後述するように、テストハンマーによる圧縮強度の推定試験を行うための供試体を作製する場合には、施工者に最初に打込むコンクリートで作製させ、構造物と同様の条件で養生して反発度～コア供試体の圧縮強度の関係を、試験させるものとする。

養生方法は、コンクリート構造物の強度やひび割れ発生に大きく影響を与えるため、施工計画に定められた方法、養生期間であるか確認するとともに、型枠脱型などの各種強度試験の供試体は現場のコンクリートと同じ状態で養生したものを用いる。

ii) 鉄筋工の検査

鉄筋の加工および組立は、設計図書に基づき所定の位置、径で間隔を確保しているか、鉄筋の交点は結束線等で緊結され、鉄筋のかぶりを確保するためのスペーサーが必要な間隔で配置されているか、鉄筋の継手位置や長さとともに継手の種類による試験結果の判定も行い、有効高さやかぶりが許容誤差の範囲であるかを検査する。

iii) 型枠工および支保工の検査

型枠は、コンクリートの打ち込みに対する十分な強度があり、所定の構造物の形状、寸法が確保できるかを確認するものとし、型枠の締付け材に用いたボルト、鋼棒等が、型枠面から所定のかぶりが確保されるように施工されており、かぶり内に鋼材が残らないことを検査する。

支保工は、コンクリートの打込み中に変状、不等沈下を起ささないよう堅固であるか、コンクリートの自重等を考慮した上げ越し量が確保されているかを検査する。

(3) コンクリート構造物の検査（完成検査）

コンクリート構造物の施工完了後の完成検査は、発注者が工事目的物を受け取る際に実施され、設計図書に規定した要求性能を満足しているかの確認を中心とした検査が、基本となっている。施工規模や施工時期によっては、施工中の各段階の要所における施工状況の把握、段階検査も重要な検査である。

不合格が発生した場合には、必要に応じて部材または構造物の載荷試験などによる要求性能の厳正な検査を行い、これらの結果を総合的に判断して、不具合に対しては、施工者に適切な処置を講じさせなければならない。

a) コンクリート表面の検査

脱型後のコンクリート構造物表面状態の検査については、コールドジョイント・豆板・すじ・凹凸・気泡・色むらがある箇所、鉄筋が露出している箇所、あるいはかぶり不足して鉄筋の位置や形状が判別できる箇所等を、外観の出来ばえとして目視で検査する。

ひび割れの発生は、その原因を調査し、構造上影響のあるものや有害なひび割れについては、補修等の対策を適切に行わせるものとする。

b) 形状寸法

コンクリート部材の位置および形状寸法は、設計図書に基づき、所定の精度で造られていることを検査するものであり、断面寸法、高さを初めとした出来形の測定結果が、許容誤差の範囲内であるかを検査する。

c) コンクリート構造物

所要の性能のコンクリート構造物を確保するためには、構造物中のコンクリートの品質を確実に検査する必要がある。このため、非破壊検査としてテストハンマーによる圧縮強度の推定試験を行い、この結果により詳細な調査が必要であるかの判定を行うものとする。

不適切なコンクリートが使用された疑いのある構造物、あるいは打込み、養生等の施工手順が遵守されなかったおそれのある構造物に対しては、施工者が実施した生コンクリートの受入れ検査や、打込み箇所採取した供試体の圧縮強度試験結果を確認するが、施工段階におけるコンクリートの打込み、養生等の不具合により構造物の性能に疑いがあると判定される場合は、構造物から採取したコアの圧縮強度試験、非破壊試験、載荷試験等を併用し、総合的に判断を行わなければならない。

テストハンマーによる試験は簡便であるが、反発度からコア供試体の圧縮強度を推定したものとの乖離やばらつきが生じることから、これを考慮して判断する必要がある。この場合、反発度からコア供試体の圧縮強度を推定する方法として、「既存のコンクリート構造物あるいはこれと養生条件が類似した立方体・曲げ強度試験供試体の反発度～これから切り取ったコアの圧縮強度との換算式を用いて換算する方法^{5)・10)・11)}」が、活用される。

d) かぶり

かぶりの検査は、非破壊検査により行うものとする。特に、施工前の鉄筋、型枠の検査後のコンクリート打込み中に鉄筋の位置がずれ易い場合や、コンクリート表面状態の検査でかぶり不足の徴候が認められた場合には、重点的に検査するが、設計上かぶりの薄いところ、かつ応力度が大きい断面付近も、重点的に検査する。判定にあたっては、測定器の精度も十分考慮する必要がある。

不合格と判定された場合には、修補の工法を検討し、施工者にこれを指示するものとする。

(4) 今後の検査のあり方

現在の検査体系では、コンクリート構造物が要求性能を満足しているかを検査するために、施工の検査は、施工計画書に基づいた記述内容での管理計画、管理基準を満足する施工を行っているかを立会あるいは提出書類で確認しており、完成検査は、抜き取り検査を基本としている。ところが、検査が不十分のため、維持管理の段階で早期に損傷や劣化が発生している事例が多数認められ、社会問題ともなっている。したがって、検査の確実性を向上させるためには、ポイントとなる検査システムの構築が必要である。

これらの課題を解決し、コンクリート構造物の品質保証システムを確立するために、ここで「第三者評価機関によって評価する性能照査システム」を提案したが、現在の公共工事（土木工事）における契約約款のままではこのシステムを取り入れることは困難であり、契約体系を策定し、契約システムの確立を講じる必要がある。この場合、品質保証期間は、2章(2)イで提案したように、現在の契約約款におけるかき担保の期間は2年であるが、「一般的な構造部材に対して品質保証期間10年」が確保されるように定め、「工事目的物（コンクリート構造物）の修補や損害の賠償」を施工者に請求するものとする。

段階検査として、鉄筋の組立検査においてかぶり確認を徹底するとともに、コンクリートの受入れ検査における印字記録（自動計量記録装置）および単位水量の測定機器による水セメント比（単位水量、単位セメント量）の確認を、JIS A 5308にも規定化する必要がある。また、さらに簡便で高精度の装置の技術開発が求められる。

完成検査では、出来形の他に、非破壊検査によりコンクリート構造物の品質の確認を行うことが不可欠となるが、圧縮強度およびかぶりの試験法が確立されるように、検査機器の十分な精度の確保と機器類の更なる開発が必要である。テストハンマーによる試験法は、簡便であるが、「反発度と圧縮強度との関係」を各テストハンマーごとに求める必要があり、これによって、信頼性の確保と精度の向上が図れることが確認されている¹⁰⁾。

7. おわりに

コンクリート構造物の品質保証は、これまで検討されてきた重要な課題であり、ここでの提案に対し各位のご賢察を賜るとともに、本研究が、今後のコンクリート工事の健全化に役立つことを願いたい。

本研究にあたっては、多数の文献を参考とさせていただいた。日本コンクリート工学協会九州支部「コンクリートの品質保証に関する研究委員会」の委員各位を初め、関係各位に、厚くお礼申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート構造物の品質保証，コンクリート技術シリーズNo.16，1997.2.
- 2) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートの製造システム研究委員会報告書，1992.3.
- 3) (財)国土開発技術研究センター：平成11年度土木コンクリート構造物耐久性検討業務報告書，2000.3.
- 4) 建設省，運輸省，農林水産省：土木コンクリート構造物耐久性検討委員会の提言，2000.3.
- 5) 日本コンクリート工学協会九州支部コンクリートの品質保証に関する研究委員会：コンクリートの品質保証に関する研究委員会報告書，2001.11.
- 6) (社)土木学会：2002年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕，2002.3.
- 7) 建設省大臣官房技術調査室：公共工事の品質確保等のための行動指針，1998.2.
- 8) 国土交通省九州地方整備局監修：土木工事施工管理の手引，(社)九州建設技術管理協会，2001.1.
- 9) 全国生コンクリート工業組合連合会：生コン工場品質管理ガイドブック（第4次改訂版），1999.12.
- 10) 豊福俊泰，亀倉邦男：コンクリートのテストハンマー強度の試験方法に関する研究，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第5部，pp.1172-1173，1996.9.
- 11) 阿部久雄，豊福俊泰，前田敏也：テストハンマーによるコンクリート強度推定法の研究，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第5部，pp.1170-1171，1996.9

(2002.3.27 受付)

STUDIES ON QUALITY ASSUARANCE SYSTEM FOR CONCRETE STRUCTURE

Toshiyasu TOYOFUKU, Shigehisa TAGUCHI, Takehiro YAMAZAKI
and Hiroaki TSURUTA

Recent years the damage of concrete structure has become big social problem. Therefore it is becoming increasingly important to work out a system for quality assuarance of concrete and to apply the system. Kyushu branch of Japan Concrete Institute has established a committee (June, 1999 ~ November, 2001) on quality assuarance of concrete. The committe first look into the present state of affairs and the problems of quality control and inspection of concrete works, and then investigated the present techniques of concrete manufacturing and quality inspection method. Based on the results of the investigation, a quality assuarance system of concrete structure was proposed. In this study, the proposal of the committe is further investigated.