

特集

新入社員・若手技術者必読!!

これだけは知っておきたい 建設現場で重要な品質検査 ——その意義と目的

コンクリート編

(株)フジタ 東京支店 土木技術部 設計・技術G 担当課長 藤井 真

今回は「現場における重要な品質検査」として鉄筋にまつわる検査の意義と目的をご紹介した。今回の特集では、土木工事全般で最もなじみ深い材料のひとつである「コンクリート」をテーマに、現場での品質検査の目的や管理のポイントについて述べてみたい。

コンクリートが日本の社会基盤整備のために大量に使用されたのは1950年以降であり、現在までに約90億 m^3 ものコンクリートが蓄積されてきている。近年、開発と環境が調和する「持続可能な発展」が要求される背景のなか、コンクリート構造物も「スクラップアンドビルド」から「造り、使いこなす」維持管理の時代へと変革してきている。ところが、高度成長時代に築造されたコンクリート構造物のなかには、設計時点での劣化に対する認識不足および施工の未熟さなどから十分な耐久性を有していないものもあり、現在も多くの場所で補修・補強工事が行われている。

設計および施工時点で適切な品質を確保することは、コンクリート構造物のライフサイクルコストを最小限にするために最も基本的なことであり、われわれ社会基盤を担う技術者の責任のひとつとして、将来の維持管理計画の運用のためにも、適切な品質管理を実施したコンクリート構造物を次世代に残していくという姿勢は、非常に重要であるといえる。

本特集では、コンクリートの品質管理のうち現場での品質検査として、受入検査、施工時検査、および完成後の検査について、さまざまな不具合の事例とともに述べていくこととしたい。

1) 現場におけるコンクリートの品質検査

ご存知のとおり、コンクリートはセメント、骨材、水、混和材等により構成される複合材料であり、大規模なダムや舗装工事等の現場を除くとコンクリートは工場で製造され、施工者はその材料を工場より購入、現場で使用しています。

一般に、工場は独自の品質管理体制を築いているJIS認定工場が選定されるため、現場においては、工場の品質管理結果がチェックされることとなります。したがって、われわれ技術者は、コンクリート材料や製造に関する知識を持つとともに、現場で不具合を出さないための品質管理を、十分な経験と知識をもって遂行することが求められます。

ところで、土木構造物としてのコンクリートに求められる性能とは、いったいどういうものを指すのでしょうか。それは、設計で要求される強度特性や水密性が、構造物の立地する環境下で設計寿命を通じて発揮されることが最も基本的な性能、ということになるでしょう。この性能を満足させるためには、さまざまな品質管理項目を設定し、その規則どおりに施工されているか現場において検査し、その検査に合格することが必要となります。コンクリート委員会『コンクリート標準示方書 [施工編]』(2002年、土木学会) 160頁には「完成した構造物が所要の性能を有することが確認できるように、合理的かつ経済的な検査計画を定め、工事の各段階で必要な検査を行わなければならない」とあります。

コンクリートの完成後に表面からコンクリート内部の状況を検査するには、非常な手間とコストがかかり、また、その精度も高いとはいえません。このため、工事の各段階で必要な検査を順次行い、コンクリートの性能をそのつど確認することが、現状では最も合理的で経済的な品質保証といえます。

現場において検査を実施する段階としては、受入時、施工時および完成時に分けられ、各々の意義について簡潔にまとめると次のようになります。

検査の段階	検査の意義
コンクリート受入検査	コンクリート搬入時に不良品が含まれていないか確認
コンクリート施工時検査	コンクリート施工計画が確実に実行されているか確認
コンクリート完成後検査	コンクリートの所要の性能を表面から適切な試験で確認

2) コンクリート受入検査

工場より出荷されたコンクリートが現場に納入された時点で、所要の性能を有し、以後の施工に適用しているかを判定するために、受入検査を行います。受入検査は、不良品を除くというコンクリートの品質確保が目的であるため、必ず打込前に実施されなければなりません。

受入検査の種類と頻度は、各々の工事の発注者、あるいは仕様書により決められていますが、試験結果および目視確認により、コンクリートの品質にパラツキが認められる場合には、決められた頻度によらず、結果が安定するまで高い頻度で検査を継続することも必要です。各検査の詳細内容については、上記のコンクリート標準示方書を参考にされることをお勧めします。

ここでは、一般的な検査の種類と方法・基準について以下に紹介します。

検査の種類	検査方法・基準
打込時間	<ul style="list-style-type: none"> ● 練混ぜを始めてから打ち終わるまでの時間で、外気温が25 を超えるときは1.5時間以内、25 以下のときで2時間以内を標準とし、運搬計画および打込計画を立てること <p>ワンポイント 出荷伝票は1台ごとに必ず確認を</p>
スランプ	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリートの軟らかさを判断する。また、スランプ値の計時変化により均等質なコンクリートかどうかを判断する指標となる <p>ワンポイント スランプ試験は試験方法を理解し、自分でやってみよう</p>
空気量	<ul style="list-style-type: none"> ● AEコンクリートにおける空気量が設定の範囲にあるか確認する。空気量の変動は、コンクリートのワーカビリティ、強度および耐久性に影響を与える <p>ワンポイント AE (Air Entraing) は、エントレインド・エアーの略</p>
温度	<ul style="list-style-type: none"> ● 強度発現、硬化後の品質等に影響を与えるため、特にマスコンクリート、寒中コンクリートおよび暑中コンクリートにおいては、温度が所定の範囲内か確認する <p>ワンポイント 寒中で5 以上、暑中で35 以下の数字は覚えておこう</p>
塩化物イオン量	<ul style="list-style-type: none"> ● 将来的な塩害による鉄筋の腐食を防止するため、フレッシュコンクリート中の塩化物イオン量を制限する <p>ワンポイント 原則として0.30kg/m³以下が基準</p>
圧縮強度	<ul style="list-style-type: none"> ● 打ち込まれたコンクリートが、設計基準強度以上の強度を有しているか確認する。供試体は、荷卸時に円形供試体を採取し、所定の方法で養生する <p>ワンポイント 一般の材齢は28日だが、低発熱コンクリートの材齢は91日程度</p>
単位水量試験	<ul style="list-style-type: none"> ● 現場において確認した単位水量が、配合設計の単位水量から所定の範囲内にあるかを確認する（平成15年10月2日に国交省通達により適用されている） <p>ワンポイント ±15kg/m³以上で改善指示、±20kg/m³以上で持帰りである</p>



受入検査状況
(スランプ、空気量、塩化物イオン量等)



受入検査状況
(単位水量試験)

3) コンクリート施工時の検査


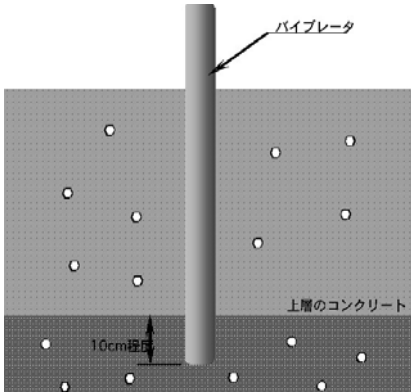
コンクリートの施工においては、あらかじめ品質目標を満足させるような運搬方法や打込手順などが施工計画書に記載されています。この計画の内容を忠実に現場で実行することが、品質の良いコンクリートを施工するうえで必要不可欠です。

具体的には、コンクリート施工前の鉄筋および型枠支保工の検査、また、施工中の運搬・打込み、および養生実施の検査が挙げられます。

また、現場においては計画書の内容ばかりに固執することなく、コンクリートの状態や不測の事態（天候の急激な変化など）に応じた柔軟な判断をすることが大切といえます。これら計画の実行や現場での判断が適切でないと、コンクリートに不具合の発生が懸念されます。

そこで本節では、施工に起因する代表的な不具合として、コールドジョイント、打継不良、ジャンカ、沈下ひび割れ、温度ひび割れ、および表面気泡の事例を説明し、それぞれの原因および必要な対策について記述します。

これら不具合が発生したまま完成したコンクリートは、補修の必要性が出てくるだけでなく、将来的な耐久性の面でも弱点を抱えることも考えられます。設計あるいは施工計画時点で十分に検討され、計画に反映されていることが重要です。

不具合	不具合発生の状況	必要な対策および検査
<p>コールドジョイント</p>	<p>前に打ち込まれた下層コンクリートが硬化してしまい、後から打ち重ねた上層コンクリートと一体化しない状態</p>  <p>コールドジョイント例*1</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● コンクリート運搬計画を入念に立て、打ち重ね時間の間隔をできるだけ短くする（外気温25℃以上：1.5時間、25℃以下：2.0時間を限度とする） ● 上層コンクリートを打ち込む前に下層のブリージング水を取り除く ● バイブレータを下層コンに10cm程度挿入し、上下層を一体で締め固める  <p>バイブレータ挿入図</p>
<p>ワンポイント コールドジョイント防止には、厳密な打込計画の作成・実行が必要</p>		

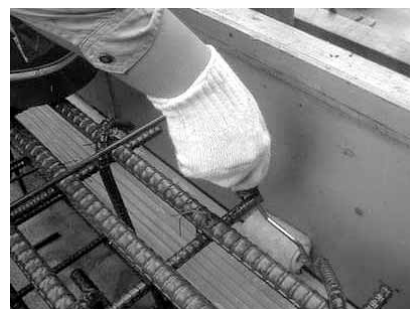
打継不良

コンクリートを分割施工するとき生じる継目の処理が不十分なことにより耐久性が低下（打継ぎから空気、水、塩分等の浸透）している状態

- 打継部のレイタンス処理を確実に行う（遅延剤+ジェット水、強化剤、チップング、ワイヤブラシ等の使用）
- 旧コンクリート面を十分に吸水させて新コンクリートを打ち継ぐ
- レイタンス処理は、鉄筋の内側だけでなく、立ち上がる構造物全断面で行う



水平打継レイタンス処理例
(遅延剤+ジェット水)



鉛直打継処理用遅延剤塗布例
(型枠表面への事前塗布)

ワンポイント

打継不良は構造物の大きな弱点。処理は入念に！

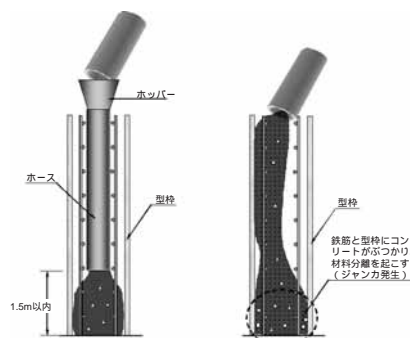
ジャンカ

打ち込まれたコンクリートの骨材とモルタルが分離し、1か所に骨材の集中、もしくは、締固めの不足により、空隙の多い欠陥部分が生じた状態

- コンクリートの落下高さを高くしない（吐出口と打込面の高さ1.5m以下）
- 打込高さを1層40cm～50cmとし、バイブレータで横流ししない
- バイブレータによる適切な深さ・間隔での締固め



壁部ジャンカ例*2



高い場所からのコンクリート打込方法例

ワンポイント

ジャンカは見た目の問題だけでなく、構造物の弱点でもある

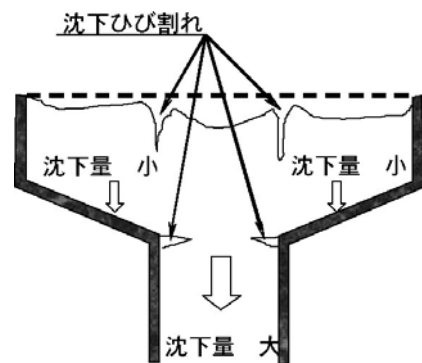
沈下ひび割れ

固まらないコンクリートの沈下が鉄筋やセパ等に沈降を阻害され、上表面および斜め45度方向にひび割れが発生した状態

- 打設後の仕上げをタイミングよく確実に
行う（一般にはコンクリート表面の浮き水が消えかかる1~2時間程度であるが、外気温によってタイミングは大きく異なるので注意が必要）
- 発生直後であればタンピングや再振動によって補修可能
- 断面変化箇所においては、**下層の沈下が落ち着いてから上層コンクリートを打ち込む**（ただし、あまり時間を置くとコールドジョイントに！）



セパ上の沈下ひび割れ例



断面変化によるひび割れ例（橋脚）

ワンポイント

養生温度5 の凝結始発点（C：300kg/m³）は、10時間以上経過後である

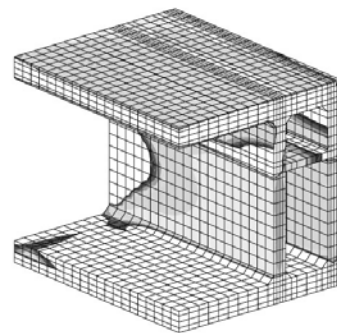
温度ひび割れ

マスコンクリートにおいて、セメントの水和反応にともなう発熱が原因でコンクリート表面および内部にひび割れが発生した状態

- 設計、施工計画の段階で**温度ひび割れ解析**を行い、対策を講じておく
- 設計時の対策として、**誘発目地の設置**、あるいは**制御鉄筋の配置**を行う
- 計画時の対策として、**高性能AE減水剤**、**低発熱セメント**の使用、材料の**プレクーリング**、1層の打込み厚の縮小、**養生期間の延長**、**パイプクーリング**により温度上昇を抑えるなどがある



誘発目地材設置例



ひび割れ解析例（ボックスカルバート）

ワンポイント

温度ひび割れの対策は、**施工だけでなく設計段階からの検討が必要**

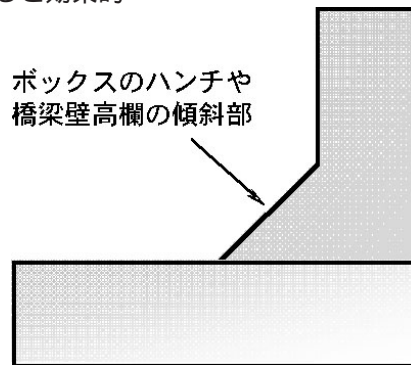
表面気泡
(あばた)

コンクリート表面に、コンクリート打込時に巻き込んだ空気あるいはエントラップドエアが抜けきれずに残って露出し、硬化した状態



表面気泡例*3

- 気泡が残らないよう打込速度の管理や締固管理を実施(できるだけゆっくり打ち上げ、入念にパイプレータで締固め、型枠を叩いて充填する)
- 傾斜部の型枠面、スランプが大きい場合、温度が高いなどの凝結時間が早い場合に発生しやすいので注意
- 吸水型枠(布型枠)や透水性型枠を用いると効果的



「たかが気泡」ではない。気泡は構造物の耐久性を低下させる弱点となるので要注意!

* 1 『コンクリート診断技術 '06』(日本コンクリート工学協会、2006年) 9頁

* 2 前掲 7頁

* 3 前掲 14頁

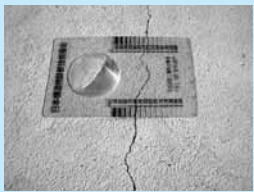


4) コンクリート完成後の検査

コンクリート構造物の完成後、その表面状態、部材の位置および形状寸法についての検査を実施します。また、発注者によってはテストハンマーによる強度確認や電磁誘導等によるかぶり厚さの検査を完成後に実施することが義務づけられていることがあります。

さらに、施工中のトラブル等(凍害、不良品の混入等)で構造物の性能に疑いがある場合、あるいはきわめて重要度の高い構造物の場合には、必要に応じて非破壊検査や構造物から切り取ったコンクリート供試体による各種検査、載荷試験等の実施を検討することが求められるケースもあります。

上に記した検査の内容とポイントについて次に説明します。

検査項目	検査方法	検査内容・ポイント
部材の位置および寸法確認	スケール、トランシットおよびレベル等による測定	● いわゆる出来形検査であり、平面位置、高さ、長さおよび断面寸法が許容誤差内に収まっているかの確認を行う

<p>表面状態（ひび割れ、打継ぎ、ジャンカや気泡等の有無）</p>	<p>目視やスケールによる測定</p>  <p>クラックスケール</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●表面状態について、コールドジョイント・ジャンカ・すじ・凹凸・気泡・色むら・ひび割れ（有害なひび割れ幅は一般に0.2mm以上）がある場所、あるいは鉄筋のかぶり不足している場所などを検査する <p>ワンポイント コンクリートのひび割れは、発生後の時間経過とともに変化するため、定期的な観測が必要</p>
<p>かぶり厚</p>	<p>電磁波レーダ、電磁誘導等による非破壊検査</p>  <p>電磁誘導式鉄筋探査機</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●原則的に、表面状態の検査でかぶり不足の兆候が認められた場合に実施する。表面よりかぶり厚を確認する場合は、非破壊検査（電磁波レーダ、電磁誘導、放射線透過等）によるものとする <p>ワンポイント 検査機械の測定誤差および結果のバラツキの取扱いには慎重な協議が必要</p>
<p>強度確認</p>	<p>現場での非破壊検査、供試体を採取しての試験室での測定</p>  <p>テストハンマー*4</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●原則的に、コンクリートの受入検査で合格と判断されないコンクリートがすでに打ち込まれた場合や施工時の検査（運搬、打込み、養生等）が確実に行えない場合において、供試体の採取による試験、あるいは非破壊検査を実施する <p>ワンポイント テストハンマーによる非破壊検査は結果のバラツキが多く判定基準の考慮が必要</p>

* 4 前掲100頁

コンクリートは、われわれ土木技術者にとって非常に身近な材料でありながら、コンクリート内部の話となると、少し苦手な方もいらっしゃるかもしれません。しかし、コンクリートは適切な手間をかければかけるほど、品質が良くなるものです。もちろん、手間がかかる＝コスト発生となってしまいう現実ではありますが、そこはわれわれ技術のプロとしての腕の見せどころと考え、チャレンジを忘れてはいけません。

若手の皆さんには、一度自分の手でコンクリートの施工計画書（あるいは品質計画書）をつくってみることをお勧めします。打設ごとの運搬、打込方法、手順、人員等の計画書をつくり、施工前に作業上の注意点やトラブル時のルール等を皆で決めておけば、現場での施工もスムーズに進むのではないのでしょうか。本特集の内容がその一助となれば非常に幸いです。