

『コンクリート標準示方書に準じた覆工コンクリートの施工方法の確立』

2002年コンクリート標準示方書が改正され、20年経過しました。

改定の大きな違いは、『設計思想から性能照射への移行』でした。

構造物の特徴に応じて、技術者が英知を絞って設計をする、それが『性能照射型』です
当時私は、日本の技術者の向上心に感銘を受けました。

根本は過去の経験、特に震災等が基本にあり、あの東日本大震災でも盛岡、仙台、東京で
建造物の崩壊がありませんでした。

日本の技術者のハイレベルが証明されたと確信しました。

構造物の基本はコンクリートです。

コンクリートの施工方法の基本は、『コンクリートの標準示方書』

先人が、多くの経験を生かした施工方法を確立した施工法の集大成であります。

トンネルの覆工コンクリートは、特殊性を含んでおり全てにおいて『示方書』に準じて施工
ができない環境化にあります。

できない環境化にあるから甘んじては、良いのか？

私の提案は、『準じた施工』の確立です！

2017年制定 コンクリート標準示方書

7.4.2 打込み

(1) コンクリートの打込み作業にあたっては、鉄筋や型枠が所定の位置から動かないように注意しなければならない。

(2) 打込んだコンクリートは型枠内で横移動させてはならない。

(3) 打込み中に著しい材料分離が認められた場合には、材料分離を抑制するための方法を講じなければならない。

(4) 計画した打継日以外では、コンクリートの打込みが完了するまで連続して打ち込まなければならない。

(5) コンクリートは、打上がり面がほぼ水平になるように打ち込むことを原則とする、コンクリート打込みの※注1) 1層の高さは、40～50cm以下を標準とする。

(6) コンクリートを2層以上に分かれて打ち込む場合、上層と下層が一体となるように施工しなければならない、また、コールドジョイントが発生しないように、施工区画の面積、コンクリートの供給能力、打重ね時間間隔等を定めなければならない、許容打重ね時間間隔は、表7.4.1を標準とする。

表 7.4.1 許容打重ね時間間隔の標準

外気温	許容内重ね時間間隔
25℃以下	2.5 時間
25℃を超える	2.0 時間

(7) 型枠の高さが大きい場合には、型枠に投入口を設けるか、縦シュートあるいは輸送管の吐出口を打込み面近くまで下げてコンクリートを打ち込まなければならない、この場合、シュート、輸送管、バケット、ホップ等の吐出口と打込み面までの自由落下高さは、1.5m以下を標準とする。

(8) コンクリートの打込み中、表面に集まったブリーディング水は、適当な方法で取り除いてからコンクリートを打ち込まなければならない。

(9) 打上がり速度は、一般の場合には30分当たり1.0～1.5m程度を標準とする。

(10) スラブまたははりのコンクリートが壁または柱のコンクリートと連続している場合には、沈みひび割れを防止するため、壁または柱のコンクリートの沈下がほぼ終了してからスラブまたははりのコンクリートを打ち込むことを標準とする。

(11) コンクリートを直接地面に打ち込む場合には、あらかじめならしコンクリートを敷いておくことを原則とする。

【解説】(1) について、コンクリートの打込み作業中は鉄筋の配置や型枠を乱す恐れがあるので、注意して作業を進めるとともに、万一配筋を乱した場合に備えて打ち込み作業中も鉄筋工の人員を配置しておくのがよい。また、打込み中の型枠の損傷に備えて型枠工の人員も配置しておくのが望ましい。

(2) について、コンクリートを目的の位置から遠いところに打ち込むと、目的の位置まで移動させる必要がある。コンクリートは移動させるごとに材料分離を生じる可能性が高くなるため、目的の位置にコンクリートをおろして打ち込むことが大切である。コンクリートの打込み間隔は、部材の形状、使用するコンクリートの流動性および締固め作業高さ等を考慮して設定する必要がある。部材厚さが大きく、かつ鋼材が高密度に配置されていてコンクリートの打込み箇所が限定される場合、**コンクリートの打込み間隔は2~4mを目安にする**とよい。

(3) について、打込み中に著しい材料分離が認められた場合には、練り直して均質なコンクリートとすることは難しいので、打込みを中断し、材料分離の原因を調べて対策を講じる必要がある。また、打ち込んだコンクリートの粗骨材が分離してモルタル分が少ない部分では、その分離した粗骨材をすくい上げてモルタルの多いコンクリートの中へ埋め込んで締め固めることにより分離を解消することが望ましい。

(4) について、打継目は構造物の弱点となりやすいため、計画した箇所以外に打継目を設けないよう、連続的にコンクリートを打ち込むことができる計画をたて、配車および打込み作業に対する管理を行う必要がある。

(5) について、均質なコンクリートを得るためには、打上がり面がほぼ水平となるようにコンクリートを打込み、一様に振動締固めをする必要がある。また、大量のコンクリートを広範囲に打ち込む場合には、できるだけ打込み箇所を多く設けて、一か所からの打込み速度を締固め能力に応じて制限することともに、打込み区画全体が水平に打ち上がるようにするのがよい。打込み箇所が少ないと、棒状バイブレータを用いてコンクリートを横移動させることになり、また、締固め作業が打込み速度に追いつかず、締固めの間隔や時間の管理が粗雑になり、密実なコンクリートが打ち込めない可能性が大きくなるので、打込み箇所の数と打込み速度をバランスよく調整することが大切である。なお、1回の打込み面積が大きい場合や夏期において許容打重ね時間間隔の確保が困難な場合には、コールドジョイントの発生リスクを低減するため、ダムコンクリートで一般的に行われている階段状にコンクリートを打ち込む、いわゆる「たわら打ち」でコンクリートを打ち込むことが有効である。

1層の高さが40~50cm程度以下であれば、棒状バイブレータの振動部分の長さよりも小さく、またコンクリートの横移動も抑制できるため、この示方書ではその範囲を標準とした。この範囲を超える高さで打ち込む場合には、実際の構造物を模擬した試験体を用いた試験等により影響がないことを確認し、適切な施工方法を定める必要がある。

(6) について、2層以上にコンクリートを打ち込む場合には、各層相互が一体となるように、適切にコンクリートを打ち重ねる必要がある。許容打重ね時間間隔とは、下層のコンクリートを打ち込んでから、下層のコンクリートが固まり始める前に上層のコンクリートを打ち重ねることで、下層と上層の一体性を保つことができる時間間隔である。下層のコンクリートが固まり始めている場合に、そのまま上層コンクリートを打ち込むとコールドジョイントができるおそれがある。これを防ぐために、コンクリートの種類および品質、練混ぜ開始から打ち込み終了までの経過時間、コンクリートの温度、締固め方法等の影響を考慮して、許容打重ね時間間隔を設定し、管理することが大切である。特に、暑中コンクリートの場合や大量のコンクリートを広い面積にわたって打ち込む場合には、コールドジョイントをつくらないように細心の注意を払う必要がある。なお、上層のコンクリートを打ち込む際には、7.5. (4) に従い、下層に対しても棒状バイブレータを挿入して締固めを行う。

一体性を確保できる許容打重ね時間間隔は、セメントの種類、混和剤の種類および使用量、コンクリートの温度、外気温等により異なる。一般のコンクリートの場合、打重ねは表 7.4.1 に示した時間内に行うことを標準としてよいが、できるだけ短い時間間隔打重ねが行えるように、打込みの区画割り、1層の打込み高さおよび打込み順序等を十分に検討することが重要である。

表 7.4.1 に示す時間内にコンクリートを打ち重ねることが困難であると想定される場合には、遅延形の混和剤等を用いる等をして、凝結するまでの時間を延長させる方法もある。一般に、JIS A 1147「コンクリートの凝結試験方法」に示される貫入抵抗試験装置を用いた試験による貫入抵抗値が $0.1\text{N}/\text{mm}^2$ を超えると、締固めが困難となりコールドジョイントが生じる危険性が高いことが明らかにされている。この場合、凝結時間をあらかじめ試験により確認した上で、実施工における許容打重ね時間間隔の限度を設定する。なお、試験を行う際は、施工時の気温、日射および風等を考慮する必要がある。

また、「7.2 練混ぜから終わりまでの時間」で示した練混ぜから他打終わりまでの標準の時間を超えて打ち込んだコンクリートは、表 7.4.1 に示す時間内にあっても、コンクリートの上面が硬化を始めるおそれがある。このため、7.2 で示した練上がりから打終わりまでの標準の時間を超えてコンクリートを打ち込む場合には、使用するコンクリートに対してあらかじめ試験を行い、許容打重ね時間間隔を設定する必要がある。

(7) について、高いところからコンクリートを落とすと、コンクリートが型枠や鉄筋に衝突して、材料分離を起こしやすい。また、型枠や鉄筋に付着したコンクリートが硬化し、これが後の施工の障害となることや構造物の欠陥となることがある。そのため、高いところからコンクリートを落とすことによる材料分離を防ぐために、吐出口から打込み面までの落下高さ（コンクリートの自由落下高さ）の標準を示した。この落下高さ高さを超える場合には、型枠の適当な場所に投入口を設けることや縦シュートや輸送管等の吐出口を打込み面近くまでおろすことが必要である。

(8) について、コンクリートの打上がり面の帯水を取り除かないと、型枠に接する面が洗

われ、砂すじや打上がり面近くに脆弱な層を形成するおそれがあるため、スポンジやひしゃく、小型水中ポンプ等により適切に除去する必要がある。

(9) について、高さのある壁または柱では、コンクリートの打上がり速度をあまり高めると、型枠に作用する圧力が増加する（「11 章 型枠および支保工」の「11.2.4 コンクリートの側圧」を参照）。また、ブリーディングが多いコンクリートでは、型枠を取り外した後、コンクリート表面に砂すじを生じることがあるため、ブリーディングの少ないコンクリートとなるように配合を見直す必要がある。打上がり速度は断面の大きさ、コンクリート配合、締固め方法等によって変えることが望ましいが、一般の場合には、30 分当たり 1.0～1.5m 程度を基準とした。

(10) について、張出し部分をもつコンクリート構造物、壁または柱とスラブまたははりとは連続しているコンクリート構造物では、断面の異なるそれぞれの部分でコンクリートに生じる沈下の程度に差があり、そのために、一度にコンクリートを打ち込むと断面の変わる境界面にひび割れが発生することが多い。したがって、コンクリートは断面の変わる箇所ですぐ打ち止め、そのコンクリートの沈下が落ち着いてから張出し部分等の上層コンクリートを打ち込むことにした。コンクリートの沈下が落ち着く時間は、コンクリートの配合、使用材料、温度等に影響されるため一義的に示すことはできないが、一般には 1～2 時間程度でよくある。

(11) について、コンクリートを直接地面に打ち込む場合には、地面と構造物の一体性を確保すること、地面の不陸を調整し、所定の部材厚さやかぶりを確保すること、地面との水分移動を抑制してコンクリートの品質を確保することを目的に、ならしコンクリートを敷くことを原則とした。

7.5 締固め

(1) コンクリートの締固めには、棒状バイブレータを用いることを原則とする。ただし、棒状バイブレータの使用が困難で、かつ型枠に近い場所には型枠バイブレータを使用して確実に締め固めなければならない。

(2) あらかじめ計画した締固め作業高さを超えることがないように、作業足場の設置や締固めの方法を検討しなければならない。

(3) せき板に接するコンクリートは、できるだけ平坦な表面が得られるように打ち込み、締め固めなければならない。

(4) コンクリートを打ち重ねる場合、上層と下層が一体となるよう、棒状バイブレータを下層のコンクリート中に 10cm 程度挿入しなければならない。

(5) コンクリートを十分に締め固められるよう、棒状バイブレータの挿入間隔および 1 か所あたりの振動時間を定めなければならない。また、棒状バイブレータはコンクリートから徐々に引き抜き、後に穴が残らないようにしなければならない。

(6) 再振動を行う場合には、締固めが可能な範囲で適切な時期に行わなければならない。

【解説】 (1) について、土木構造物は部材の厚さが比較的大きく、硬練りコンクリートが使用されることも多いため、締固めには棒状バイブレータを用いることを原則とした。ただし、鉄筋のかぶり部分等の棒状バイブレータの使用が困難で型枠に近い場所に対しては、型枠バイブレータを適切に使用することでコンクリートの充填性を高める必要がある。型枠バイブレータを用いる場合には、適切な締固め能力のものを選ぶこと型枠にしっかり取り付けること、その取付け位置およびこれを移動する方法を適切に定めることが大切である。

バイブレータには多くの種類があり、性能もそれぞれ異なるので、工事に適したバイブレータを使用することが肝要である。棒状バイブレータは JIS A 8610「コンクリート棒形振動機」に、型枠バイブレータは JIS A 8611「コンクリート型枠振動機」に規定されている。

(2) について、コンクリートの品質および充填性を確保するためには、適切な落下高さで打ち込むとともに、直接目視で充填状況を確認できるよう作業足場を設置する必要がある。この示方書では、「4章 配合設計」において締固め作業高さを想定し、適切なスランブを決定することにしている。締固め作業高さが計画値を超えることがないように作業足場の設置や施工方法を検討することが重要である。

また、コンクリートの配合、ワーカビリティ等は、部材の形状寸法、配筋に合わせて決めているので、配筋が密な箇所等、コンクリートがゆきわたりにくいところでは、コンクリートのワーカビリティが低下しないように入念に締め固めることが必要である。

(3) について、露出面となるコンクリートの表面は平坦でなければならない。これは美観上重要であるばかりでなく、構造物の耐久性および水密性を確保するためのも大切である。

このためには、せき板の表面が平らであること、せき板の継目からモルタルが漏れないこと等に注意するとともに、打込みおよび締固めにも注意が必要である。

(4) について、コンクリートを打ち重ねる場合、7.4.2 で述べた許容打重ね時間間隔を守るとともに、下層コンクリートの上部にも振動を与えて、上層と下層のコンクリートを一体にすることが重要である。すでに打ち込まれて時間が経過した下層コンクリートは、許容打重ね時間間隔であっても上層コンクリートよりも固くなっている場合が多い、棒状バイブレータを挿入した下層コンクリートが締固め不足になったり、上層コンクリートの締固めが過剰になって材料分離を生じたりすることがないように、上層コンクリートを打ち込む前に下層コンクリートコンクリートの状態を棒状バイブレータ等で確認したり、上層コンクリートの打込み高さ等を調整したりするのがよい。

(5) について、打ち込んだコンクリートに様な振動が与えられるように、棒状バイブレータの挿入間隔および 1 か所当りの振動時間を定め、これらをあらかじめ作業員に周知させておくことが必要である。棒状バイブレータを用いるときの注意事項の主なものをあげると、次のようである。

(i) 棒状バイブレータは、なるべく鉛直に様な間隔で差し込む。その間隔は、振動が有効であると認められる範囲の直径以下とし、平均的な流動性および粘性を有するコンクリートに対しては、一般に 50cm 以下にするとよい。ただし、振動が有効な範囲は、棒状バイブレータの棒径、振動数等による締固め能力、コンクリートのスランプおよび粘性、あるいは対象構造物の部材寸法や配筋等によって異なるため、これらに注意して決定しなければならない。

(ii) 締固めが十分である証拠の一つは、コンクリートとせき板との接触面にセメントペーストの線が現れることである。また、コンクリートの体積が減っていくのが認められず、表面がほぼ水平となり、表面に光沢が現れることから確認できる。**締固め時間の目安は、一般には 5～15 秒程度である。**

(iii) 棒状バイブレータを引き抜くときにゆっくりと引き抜くことは、後に穴が残らないようにするため特に大切である。

(iv) 棒状バイブレータは、材料分離の原因となる横移動を目的として使用してはならない。

(v) 棒状バイブレータの種類、棒径の大きさおよび数は、1 日に締め固めるコンクリートの全容積を十分に締め固めるのに適するものであることが必要である。そのためには、棒状バイブレータの形式、大きさおよび数は、部材断面の厚さおよび面積、1 時間当りの最大打込み量、粗骨材の最大寸法、配合、特に細骨材率、コンクリートのスランプ等に適応するように選定する必要がある。一台の棒状バイブレータで締め固められるコンクリートの容積は、現場の状況によって相違するが、一般的な構造物に用いるものでは 1 時間に 4～8m³程度である。

(6) について、再振動とは、コンクリートをいったん締め固めた後の適切な時期に再び振動を加えることをいう。再振動を適切な時期に行うと、コンクリートは再び流動性を帯びて

コンクリート中にできた空隙や余剰水が少なくなり、コンクリート強度および鉄筋との付着強度の増加、沈みひび割れの防止等に効果がある。再振動を行う適切な時期は、締固めによって再び流動性が戻る状態の範囲で、できるだけ遅い時期がよいが、既に硬化が始まったコンクリートに再振動を行うと、コンクリートが損傷したり、鉄筋との付着が低下したりするおそれがあるので注意する。したがって、再振動を行う場合は、締固めが可能な時間をあらかじめ確認し、その時期を適切に定めておく必要がある。

コンクリート標準示方書（打込み、締固め）まとめ

1、打込み

- ・ 1層の打ち込み高さ 40～50 c m
- ・ 打ち重ね時間 2.0 時間以内（25℃以上）
- ・ 落下高さ 1.5m 以内
- ・ ブリージング水の排除
- ・ 打上がり速度、2.0～3.0m/時
- ・ 直接地面に打ち込む場合、均しコンクリートを敷く
- ・ 打設間隔は、2.0～4.0m

2、締固め

- ・ 棒バイブレーターが基本、困難な場合は型枠バイブレーター
- ・ 打ち重ねる場合、下層に 10 c m 以上挿入
- ・ 間隔は、50 c m 以内
- ・ 締固め時間 5～15 秒