

代替淡水貯槽（底板）コンクリート打設作業における生コンクリートの搬入時間の超過について

日本原子力発電株式会社
東海第二発電所土木建築室

【C R 不適合の概要】

- 代替淡水貯槽（底板）コンクリート打設作業を実施していたところ、同工事の出来形・品質検査計画書で定める「レディーミクストコンクリートの搬入時間※1」である「外気温25℃を超える場合90分」を満足しない生コンクリートが使用されたこと（1層目、生コン車2台分（約8m³））を確認した（「打設実績表」参照）ことから施工・品質管理上の不適合と判断する。なお、該当する生コンクリートは全て高流動コンクリートであった。

※1 搬入時間：

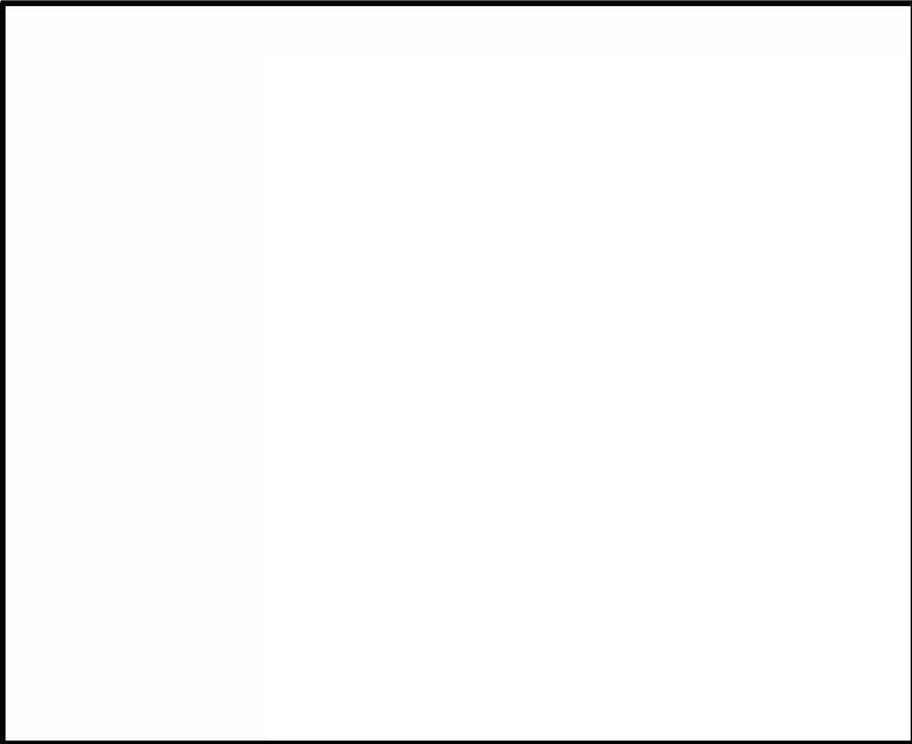
コンクリート標準示方書〔施工編：施工標準〕（2017年制定）の7.2項 練り混ぜから打設終わりまでの時間。なお、外気温が25℃を超えるとき1.5時間以内を標準とすると記載されている。（添付資料1）

打設実績表

製造	①練り混ぜ時間	②試験開始	③打設時間	③－①
A工場製造（1台目）	5:51	7:16	7:33	102分
B工場製造（1台目）	6:08	7:23	7:42	94分

【使用したコンクリートに対する再評価結果】…特別採用（当該生コンクリートの検査項目の見直し）

- 該当する生コンクリートについては、使用前にフレッシュ性状の確認（スランブフローの検査等）が実施されており、仕様を満足する生コンクリートであったことを確認している。また、**打設時のすでに打ち込まれたコンクリートの観察状況から、流動性の低下によるコンクリートの品質変化は確認されていない。**
- 該当する生コンクリートの打設場所は、底版の1層目（大半は鉄筋のかぶり部）であり、要求される流動性には余裕がある（上部の密な配筋に対応するため、スランブフロー値を65cmに設定している。1層目に対し必要なスランブフロー値は55cmと算定される。）。
- コンクリート標準示方書〔施工編〕（2002年制定）では、「**練り混ぜてから打ち終わるまでの時間の限度は～中略～個々の工事に即した限度を設定するのがよい。打ち込み場所まで運搬されたコンクリートの状況、すでに打ち込まれたコンクリートの状況等を観察することが重要である**」としており、使用前に当該生コンクリートの性状に問題がないこと、打ち込まれたコンクリートの状況からも問題がないことを確認しており、これらを以って搬入時間を超過した生コンクリートが必要な品質を確保していると判断する。（添付資料2）
- また、同コンクリートの強度確認（一軸圧縮試験）結果として必要な強度を有していることを確認している。



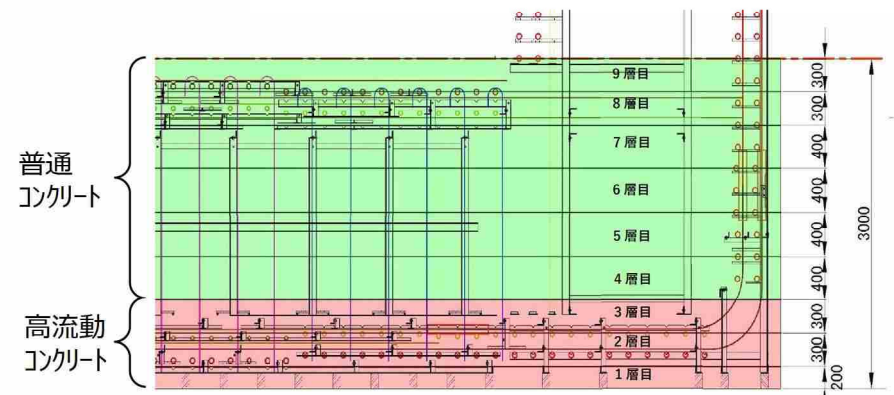
【工事管理の方法と今回の問題点】

- コンクリート打設における品質管理としては、コンクリート標準示方書〔施工編〕（2017年制定）及び国土交通省品質管理基準及び規格値（案）に準拠し、管理項目を定めている。
- 生コンクリートのフレッシュ性状の確認及び圧縮強度は、国土交通省品質管理基準及び規格値（案）に準拠し、製造工場別の累積打設量150m³毎に1回としている。

<原因と対策>

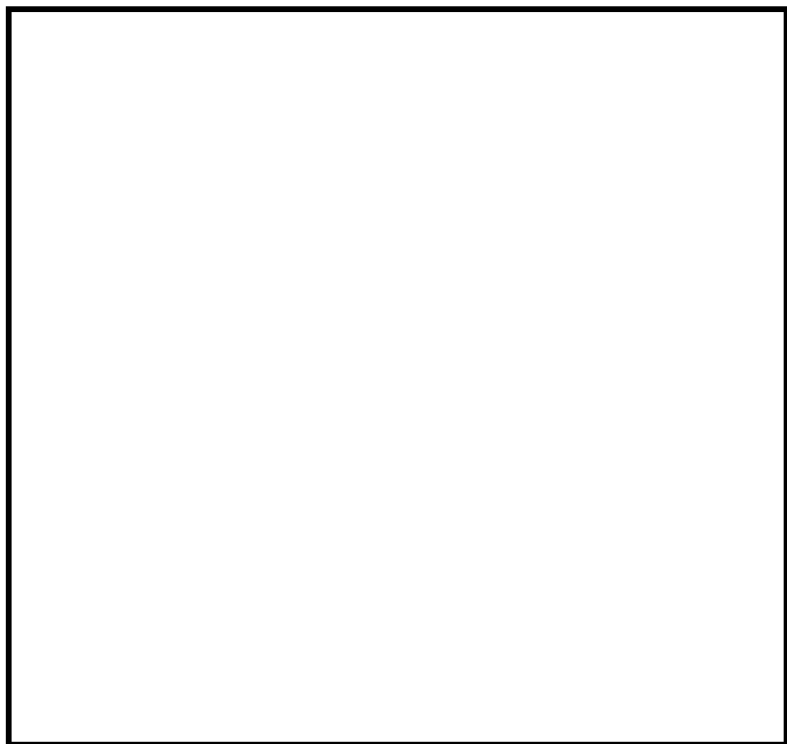
- 本件の原因は、受注者の品質管理担当者が生コンクリートの品質管理の項目である搬入時間を「検査の閾値」ではなく「標準値である」と誤認し、「フレッシュ性状を確認した結果、設計仕様を満足していること」を確認したため、当該生コンクリートを使用してしまったこと及び当社監理員もそれに気づくことが遅れたことである。
- また、背景（誘因）としては、①作業当日の打設前準備作業が計画より時間を要したこと及び生コンクリートの製造時間が計画より早かったこと（時間的なミスマッチ）、②監理員はフレッシュ性状の立会に注力し、打設開始時の確認が遅れたことが抽出された。
- 原因への対策は、生コンクリートの時間管理を明確化した作業要領書に改訂するとともに、監理員にも時間管理の重要性を再教育した。
- なお、誘因①についても、打設準備状況を確認し、生コンクリート練混ぜ開始を指示するよう運用面の改善をした。

当該生コンクリート使用箇所図

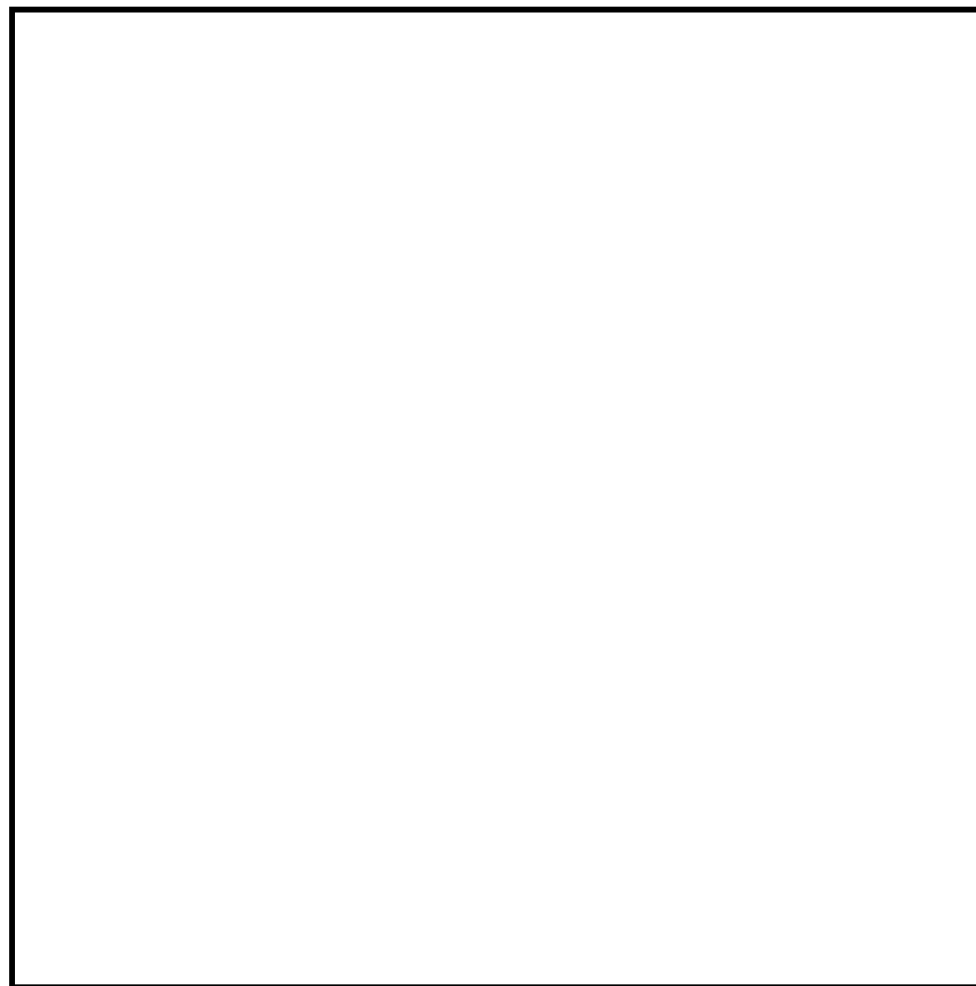


底板コンクリートの施工手順（打設層図）

【参考】概略配筋図



平面図（底版）



断面図

7章 運搬・打込み・締固めおよび仕上げ

7.1 一般

運搬、打込み、締固めおよび仕上げは、所要の性能を有するコンクリート構造物が得られる方法で実施しなければならない。

【解説】フレッシュコンクリートの品質は、時間の経過、温度、運搬方法等の影響を受けやすい。プラントから現場までの運搬には、所定のスランプを保持し、材料分離を抑制するため、一般に攪拌機能を持つトラックアジテータを使用するのがよいが、積載量が少ない場合や運搬中に日射の影響を受ける場合等ではスランプが大きく低下することがある。現場内での運搬方法には、コンクリートポンプ、バケット、シュート等がある。たとえば、コンクリートポンプを使用する場合には、「4章 配合設計」で述べたとおり、圧送性を考慮したスランプおよび単位粉体量の設定や、圧送に伴うスランプの低下を考慮する必要がある。

打込み、締固めおよび仕上げにおいては、打込み速度が速すぎる場合、締固めが過剰である場合、コンクリートが軟らかい状態でこて均しを頻繁に行った場合にはコンクリートにひび割れ等を招くおそれがある。また、屋外で行われるそれらの作業では、日射、風等で乾燥の影響を受けやすく、打ち重ねた箇所がコールドジョイントになったり、打上がり面にプラスチック収縮ひび割れを生じたりすることもある。

このため、運搬、打込み、締固めおよび仕上げは、この章に示す主旨を十分に理解した上で、所要の品質を満足するコンクリート構造物が得られるよう事前に検討し、計画した方法で実施する必要がある。

7.2 練混ぜから打終わりまでの時間

練り混ぜてから打ち終わるまでの時間は、外気温が25℃以下のときで2時間以内、25℃を超えるときで1.5時間以内を標準とする。これらの時間を超えて打ち込む場合には、あらかじめコンクリートが所要の品質を確保できることを確認した上で、時間の限度を定めなければならない。

【解説】フレッシュコンクリートの品質は、練上がりからの時間の経過とともに変化するため、運搬、打込みおよび締固めは、なるべく早期に終わることが望ましい。しかし、コンクリート工事では、使用できるプラント、運搬が可能な経路、構造物の位置等による運搬上の制約や、構造物の形状、配筋あるいは確保できる人員・機械等による打込み・締固め作業上の制約がある。そこで、それらの制約条件を考慮し、各作業の時間を想定して円滑に作業が進められるように計画および管理を行うとともに、フレッシュコンクリートの品質の経時変化を事前に確認しておくことが重要である。練り混ぜてから打ち終わるまでの時間の限度は、コンクリートの配合、使用材料、温度、湿度、運搬方法等によって変わるため、これらの条件を考慮した上で、個々の工事に即した限度を設定するのがよい。一般の場合には、外気温が25℃以下のときで2時間以内、25℃を超えるときで1.5時間以内が目安となるので、これを標準とした。

工事の制約条件等により、標準的な時間内に打込みを終了できないことが想定される場合もある。このよ

13章 暑中コンクリート

13.1 一般

(1) 日平均気温が25℃を超える時期に施工することが想定される場合には、暑中コンクリートとしての施工を行うことを標準とする。

(2) 暑中コンクリートの施工にあたっては、高温によるコンクリートの品質の低下がないように、材料、配合、練混ぜ、運搬、打込みおよび養生等について、適切な処置をとらなければならない。

【解説】 (1)について 暑中コンクリートとして施工すべき期間を一律に定めることは困難であるが、コンクリートの打込み時における気温が30℃を超えると、コンクリートの諸性状の変化が顕著になる。日平均気温が25℃を超える時期に施工する場合には、一般に暑中コンクリートとしての施工計画を立て、施工を行うことが望ましい。暑中コンクリートの対策は十分に時間的余裕をもって実施するのがよい。

(2)について 気温が高いと、それに伴ってコンクリートの温度も高くなり、運搬中のスランプの低下、連行空気量の減少、コールドジョイントの発生、表面の水分の急激な蒸発によるひび割れの発生、温度ひび割れの発生等の危険性が増す。このため、打込み時および打込み直後において、できるだけコンクリートの温度が低くなるように、材料の取扱い、配合、練混ぜ、運搬、打込みおよび養生等について特別の配慮が必要である。また、気温が高い施工環境下では、通常よりも作業効率が低下しやすいこと、作業員が熱中症になりやすいこと等にも十分に配慮し、施工計画を立てて適切に管理することが望ましい。

13.2 材料

(1) 所定のコンクリート温度が得られない場合には、事前に材料の温度を下げる方法を検討し、その効果を確認しておかなければならない。

(2) 減水剤、AE減水剤および流動化剤はJIS A 6204に適合する遅延形のものを用いることを標準とする。また、高性能AE減水剤は、JIS A 6204に適合するものを用いることを標準とする。

【解説】 (1)について セメントは、セメント工場からの出荷条件によっては、相当に高温のものが供給されることがある。セメントの温度がコンクリートの温度に及ぼす影響はあまり大きくはないが(通常、セメント温度±8℃につきコンクリート温度±1℃の変化)、暑中コンクリートに温度が高いセメントを用いるとコンクリートの温度が高くなって製造および施工には不利となる。

骨材温度がコンクリートの温度に及ぼす影響は大きいので(通常、骨材温度±2℃につきコンクリート温度±1℃の変化)、長時間炎天下にさらされた骨材をそのまま用いると、コンクリートの温度が40℃以上にもなり、所定のスランプを得るための単位水量の増加や、運搬中におけるスランプの低下あるいは打込み後における急激な凝結の進行等が生じることがある。そこで、骨材は、適当な施設により日光の直射を避ける必要がある。骨材の温度を下げるために、骨材に対して液体窒素で冷却する方法が用いられることもある。一般

定して供給するには、できるだけ連続して製造することが望ましく、他のコンクリートとの交互出荷によって、頻繁に高流動コンクリートの製造が中断しないようにしなければならない。

また、分離低減剤を使用する高流動コンクリートがミキサ内に残っていると、次に練り混ぜる他のコンクリートに影響を与える。そのため、高流動コンクリートの製造から他のコンクリートの製造に切り換える場合は、ミキサ内に高流動コンクリートが残っていないことおよび調合設定を変更したことなどを確認する。

e. 製造時の品質管理の項目と内容および出荷時の管理基準の項目と内容をあらかじめ検討しておく必要がある。高流動コンクリートの管理では、レディーミクストコンクリート工場の製造マニュアルによるほか、特別に指示した項目があれば、それによっていることを確認する。また、施工者の技術指導が重要で、製造の当初は必ず、また、品質が安定してきたら必要に応じて品質管理係を工場に派遣する。

16.7 施 工

a. 施工者は、高流動コンクリートを用いるコンクリート工事に際して、一般のコンクリート工事の施工計画のほかに、特に次の事項について検討し、計画を定める。

- (1) 運搬・打込み・仕上げの方法および使用機器の種類と数量
- (2) 運搬・打込み・仕上げの労務の組織
- (3) 打込み区画および打込み順序
- (4) 打継ぎ部の位置・形状および打継ぎの方法

b. コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間の限度は、原則として120分とする。

c. コンクリートの打込みは、あらかじめ計画した打込み計画に基づいて、所定の区画で所定の打込み順序・打込み方法および打込み速度により打ち込む。打込みにあたっては、水平流動による材料分離が生じないように打込み箇所を移動し、コンクリートは、複数の柱を横切って流動させてはならない。

d. 打込み区画に用いる仕切材は、ペーストの流出がなく、かつ側圧などによる破壊や過大な変形が生じないものとする。

e. コンクリートの吹出し部分には、あらかじめ押さえのふたをしておく。

f. 自由落下高さは、コンクリートが分離しない範囲とする。

g. 充填が困難な場合は、必要に応じてコンクリート用棒形振動機、型枠振動機、その他の機具を用いて打ち込む。

h. 型枠設計用のコンクリートの側圧は、原則としてフレッシュコンクリートの単位容積質量による液圧が作用するものとして算定する。

i. 型枠は、セメントペーストまたはモルタルを継目などから漏出させないように緊密に組み立てる。

j. せき板の存置期間は、コンクリートの圧縮強度が 5 N/mm^2 以上に達したことが確認されるまでとする。

a. (1) 高流動コンクリートは、運搬中に流動性が変化する場合がある。特にポンプ圧送の場合には、スランプフロー値が低くなることもあるので、試し送りによってその変化を確認しておくのが望ましい。現状では、高流動コンクリートの圧送性や圧送がコンクリートの品質に与える影響について、十分なデータが整っていない。そこで、使用する予定の高流動コンクリートについて、そのコンクリートの開発の段階で集積した十分な検討データに基づいて圧送計画を立てるか、それが不十分な場合は試し送りを行って、圧送計画を定める必要がある。

い、そのために、吸水のおそれのある部分は、あらかじめ湿らせておく必要がある。ただし、ぬらしすぎて水がたまるようなことのないように注意しなければならない。

10.3 現場内での運搬、打込み、締固め

10.3.1 一 般

(1) コンクリートは、速やかに運搬し、ただちに打ち込み、十分に締め固めなければならない。練混ぜはじめてから打ち終わるまでの時間は、外気温が25℃を超えるとときで1.5時間以内、25℃以下のときで2時間以内を標準とする。打ち込むまでの間は、日光、風雨から保護しなければならない。また、打ち込みまでの時間が長くなる場合や外気温が25℃を超えるとときは、事前に遅延形A E 減水剤、流動化剤等の使用を検討するとともにコールドジョイントを避けるために片押し打設等、打ち込み順序について検討するのがよい。

(2) 運搬、打ち込みおよび締固めは、コンクリートの材料分離ができるだけ少なくなるように行わなければならない。

【解 説】 (1) について コンクリートは練混ぜが終わったときの状態にできるだけ近い状態で運搬し、打ち込むことが重要である。このため運搬は、運搬時間が短く、コンクリートの材料分離、空気量の変化やスランプの低下などによるワーカビリティ等の性状の変化が少なく、かつ、経済的な方法で行うことが大切である。

練り混ぜてから打ち終わるまでの時間の限度は、コンクリートの配合、使用材料、温度、湿度、運搬方法等によって変わるため、これらの条件を考慮した上で、個々の工事に即した限度を設定するのがよい。打ち込み場所まで運搬されたコンクリートの状況、すでに打ち込まれたコンクリートの状況等を観察することが重要である。

(2) について 運搬中に著しい材料分離が認められた場合には、十分に練り直して、均等質なコンクリートにしなければならない。

10.3.2 現場内での運搬

10.3.2.1 一 般

コンクリートの現場内での運搬は、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、打ち込み時の気候、打ち込み量、打ち込み速度、作業の安全性等を考慮して、適切な方法によらなければならない。

【解 説】 コンクリートの現場内での運搬方法には、コンクリートポンプ、バケット、コンクリートプレーサ、ベルトコンベヤ、シュート等がある。運搬距離が50～100m以下で平らな運搬路を設けることができ、コンクリートの材料分離を防ぐことが可能な場合には、手押し車やトロッコ等を用いてもよい。これらを用いる場合には、コンクリートの積込みは手押し車、トロッコ等の中央へ鉛直におろすことが必要で、また材料分離を防ぐために漏斗管やバップルプレートを用いることが望ましい。

(5) について 寒中コンクリートは、保温または給熱養生終了後低温にさらされるので、その後の強度の増進は緩慢である。したがって、荷重を受ける時間が相当遅い場合を除いて、養生は初期凍害に対して抵抗するのに必要な強度が得られた後も継続し、予想される荷重に対して必要な強度が得られるまで行う必要がある。

(6) について 保温養生あるいは給熱養生を終わった後、温度の高いコンクリートを急に寒気にさらすと、コンクリートの表面にひび割れが生じるおそれがあるので、適当な方法で保護し表面が徐々に冷えるようにするのがよい。なお、養生終了後に寒気に接して凍結することが予想されるときは、養生の打切り直前には散水しない方がよい。

10.9.4 型枠および支保工

- (1) 型枠は、保温性の良いものを用いるのを原則とする。
- (2) 支保工の基礎は、地盤の凍上や凍結した地盤の融解により変位を生じないようにしなければならない。
- (3) 型枠の取外しは、コンクリートの温度を急激に低下させないように行わなければならない。

【解 説】 (1) について 木製型枠は、鋼製型枠に比べて、熱伝導率が小さく保温効果大きい。コンクリート断面が厚い場合には、水和熱による温度上昇効果を利用するのがよく、断面が薄い場合でも発泡樹脂等と型枠とを組み合わせれば、給熱しないで保温することが可能な場合もある。鋼製型枠を使用する場合には、外気温の急激な変化の影響を受けやすいので保温に十分注意が必要である。

(2) について 地盤上に直接支保工を組む場合、地盤が凍上または融解により変位して正確な構造物の位置、形状、寸法が得られないことがあるばかりでなく、支保工が倒壊することもある。したがって、このようなことが予測される場合は、地盤の凍結を防ぐか、杭打ち基礎とする等して凍上または融解による変位の悪影響を受けないようにすることが必要である。

(3) について 断面の厚い構造物では、コンクリート内部の温度は水和熱によりかなり高温になっているので、型枠の取外しによって急激に冷却すると大きな温度差を生じ、ひび割れが発生するおそれがある。したがって、養生覆い内の温度を調整するなどして温度差を小さくしてから型枠を取外すか、あるいは型枠の取外しが可能な強度が得られた後もコンクリート表面が急冷されなくなるまで型枠を残しておく必要がある。なお、養生を終わってから24時間の間に許すことのできる温度降下の最大値を、断面が薄い場合22～28℃、厚い場合17℃と規定している例がある。

10.10 暑中コンクリートの施工

10.10.1 一 般

(1) 日平均気温が25℃を超えることが予想されるときは、暑中コンクリートとしての施工を行うものとする。

(2) 暑中コンクリートの施工にあたっては、高温によるコンクリートの品質の低下がないように、現場内での運搬、打込みおよび養生等について、適切な処置をとらなければならない。

【解 説】 (1) について 暑中コンクリートとして施工すべき期間を一律に定めることは困難であるが、コンクリートの打込み時における気温が30℃を超えると、暑中コンクリートとしての諸性状が顕著になるので、日平均気温が25℃を超える時期に施工する場合には、一般に暑中コンクリートとしての施工を行うことが望ましい。

(2) について 気温が高いと、それに伴ってコンクリートの温度も高くなり、運搬中のスランプの低下、連行空気量の減少、コールドジョイントの発生、表面の水分の急激な蒸発によるひび割れの発生、温度ひび割れの発生などの危険性が増す。このため、打込み時および打込み直後において、できるだけコンクリートの温度が低くなるように、材料の取扱い、練混ぜに加え、現場内での運搬、打込みおよび養生等について特別の配慮が必要である。

10.10.2 現場内での運搬

現場内でのコンクリートの運搬は、運搬中にコンクリートが乾燥したり、熱せられたりすることの少ない装置、方法によらなければならない。

【解 説】 練り混ぜたコンクリートは、熱せられたり、乾燥してスランプが低下しないよう、適当な装置を用い、なるべく早く輸送して打ち込むのがよい。ポンプで輸送する場合には、輸送管を湿らせた布で覆うなどにより、管の温度が高くないようにするのがよい。また、レディーミクストコンクリートを用いる場合、アジテータ車を炎天下に長時間待機させることのないよう、事前に配車計画も十分配慮する必要がある。

10.10.3 打込み

(1) コンクリートを打ち込む前には、地盤、型枠等のコンクリートから吸水するおそれのある部分を湿潤状態に保たなければならない。また、型枠、鉄筋等が直射日光を受けて高温になるおそれのある場合には、散水、覆い等の適切な処置を施さなければならない。

(2) コンクリートの打込みはできるだけ早く行い、練り混ぜはじめてから打ち終わるまでの時間は、1.5時間以内を原則とする。

(3) 打込み時のコンクリートの温度は、35℃以下でなければならない。なお、施工にあたっては、コンクリートの温度を測定し、必要により、施工計画を変更するものとする。

【解 説】 (1) について 気温の高い時期にコンクリートを打ち込む場合、地盤や型枠等が乾燥しやすく、コンクリートの流動性を損なう可能性があるため、地盤や型枠等は散水や覆い等により湿潤状態に保つ必要がある。また、直射日光を受けて型枠、鉄筋等が非常に高温の状態になっている場合には、打ち込まれたコンクリートが急激に凝結し、コンクリートの品質に悪影響を与えることがある。そこで、このようなことが生じるおそれのある場合には、散水や覆い等によって、型枠や鉄筋等が高温になることを防止する必要がある。

(2) について コンクリートのスランプは、運搬中、時間の経過に伴って減少するため、練り混ぜてから長時間経たコンクリートは打込みが困難になる場合がある。一般の場合、練混ぜから1.5時間以内であれば、スランプの減少量も小さく、問題なく打ち込むことができる。しかし、このような品質の変化は、

気温の上昇とともに増大する傾向にあるため、暑中コンクリートの場合には、練り混ぜてからできるだけ早く打ち込むことが望ましく、遅延形の AE 減水剤を用いるなどの一般的な対策を講じた場合でも本条に従う必要がある。なお、スランプロスが大きくなることが予想される場合には、予め、現場においてスランプの回復を目的とした流動化を現場で行えるように準備しておくのがよい。

(3) について コンクリートの打込み温度が高いと、10.10.1 に示すように種々の悪影響が生じるためできるだけこれを低くすることが望ましい。打込み温度が30℃以下であればコンクリートの品質への影響は少ないが、暑中におけるレディーミクストコンクリートの荷卸し地点での温度実績は30～33℃程度であり、それから打込み場所までさらに2℃程度は上昇すること、コンクリート材料を積極的に冷却してコンクリート温度を下げるのは現行のプラントの設備の状況から難しいこと、30～35℃程度であれば遅延剤を利用したり、施工を迅速に行うことによりコンクリートの所要の品質を確保できることから、打込み時のコンクリート温度の上限を35℃と定めた。なお、温度ひび割れの発生が想定される場合には、4章に示す温度ひび割れに関する検討を行い、コンクリートの打込み温度を定めることが必要である。

なお、暑中コンクリートの施工にあたっては、材料温度やコンクリート温度を計測し、施工計画で設定した打込み温度を超えることが予想される場合、または実際に超えている場合には、測定された材料温度やコンクリート温度をもとに、施工計画を見直し、適切な方法に変更するのがよい。

10.10.4 養 生

コンクリートの打込みを終了したときには、速やかに養生を開始し、コンクリートの表面を乾燥から保護しなければならない。また、特に気温が高く湿度が低い場合には、打込み直後の急激な乾燥によってひび割れが生じることがあるので、直射日光、風等を防ぐために必要な処置を施さなければならない。

【解 説】 暑中に打ち込まれたコンクリートの表面は、直射日光や風にさらされると急激に乾燥してひび割れを生じやすい。このため打込みを終了したコンクリートは、露出面が乾燥しないように速やかに養生することが大切である。湿潤状態に保つ養生日数は、表 10.4.1 に示す期間を満足することとする。また、木製型枠等のようにせき板沿いに乾燥が生じるおそれのある場合には、型枠も湿潤状態に保つ必要がある。さらに型枠を取外した後も養生期間中は露出面を湿潤状態に保つ必要がある。

特に気温が高く、また、湿度が低い場合には、表面が急激に乾燥しひび割れが生じやすいので、このような場合には散水または覆い等による適切な処置を行い、表面の乾燥を抑えることが大切である。広い面積のスラブ等の場合で、散水または覆い等による養生が困難な場合には膜養生を行うことがある。膜養生については、10.4.2 によるものとする。また、膜養生剤は日光の直射による熱吸収ができる限り少ないものを用いるのがよい。

コンクリートの打込み後、硬化が進んでいない時点で、急激な乾燥によるひび割れの発生が認められた場合には、ただちに再振動締めやタンピングを行い、これを除去する必要がある。