

第3章 寒中コンクリート

第3章 寒中コンクリート

3.1 一 般	3-3-1
3.2 寒中コンクリートの施工	3-3-1
3.3 寒中コンクリートの養生	3-3-2
3.4 寒中コンクリートの品質管理	3-3-4

第3章 寒中コンクリート

3.1 一般

日平均気温が4℃以下になることが予想される場合には、寒中コンクリートとしての施工を行わなければならない。

【解説】

北海道の気象に関する資料によれば、観測地点により差はあるが、日平均気温4℃程度の時期に最低気温がマイナスとなる観測地点がみられる。コンクリートの凍結温度は水セメント比等によって異なるがおよそ、-0.5～-2.0℃程度といわれている、一方コンクリート標準示方書によれば、寒中コンクリートの養生時のコンクリート温度は5℃以上を保つこととなっており、一般に日平均気温が4℃以上であれば、コンクリート温度5℃以上を確保できると判断し、寒中コンクリートとして考慮する時期として、日平均気温が4℃以下となる場合とした。

しかし、内陸部では、日中と夜間、早朝の気温差が大きく日平均気温が4℃以上の場合にも、最低気温が低下し、初期養生時のコンクリートが凍害を受ける場合があるので注意が必要である。

3.2 寒中コンクリートの施工

- (1) 寒中コンクリートは、AEコンクリートの使用を標準とする。
- (2) 打ち込み時の、コンクリート温度は5～20℃の範囲で定めるものとする。
- (3) コンクリート製造箇所の最低気温が0℃以下の期間は材料の加熱を行う。
- (4) セメントは、早強ポルトランドセメントまたは普通ポルトランドセメントを用いることを標準とする。

【解説】

(1)について

AE剤及AE減水剤は一般的に使用されており、所要のワーカビリティを得るのに必要な単位水量を減らせるほか、適切な空気量を連行することによってコンクリートの耐凍害性も向上することからAEコンクリートを使用することとした。

(2)について

日平均気温が4℃より低い場合には、硬化が著しく遅くなるばかりでなく、気温が急に低下する場合にコンクリートが凍結するおそれがある。このため、打ち込み時には、構造物の種類、大きさ、気温、養生方法に応じた適切なコンクリート温度を確保する必要がある。気象条件が厳しい場合や部材の薄い場合には、コンクリートの最低打ち込み温度は、10℃程度を確保する必要があるが部材厚が厚い場合には、打ち込み温度を上げると、かえって水和熱に起因する温度応力によってひびわれが発生しやすくなる。また、温度が高すぎると単位水量が多くなったり、コンクリートが過早に固まったり、長期強度が低下する。従って、コンクリート温度は、構造物の部材寸法や気象条件等を考慮し5～20℃の範囲で定めることとした。

一般的な場合の、打ち込み時のコンクリート最低温度及運搬時の温度低下を考慮した練り混ぜ時のコンクリートの最低温度は、表3.2.1を標準とする。

表3.2.1 寒中コンクリート施工時のコンクリート温度の標準

断 面		薄い場合	普通の場合	厚い場合
打込むときのコンクリート最低温度(°C)		13	7～10	5
練り混ぜた時の コンクリートの 最低温度(°C)	気温-1°C以上	16	10～13	7
	気温-1°C～-18°C	19	13～16	10
	気温-18°C以下	21	16～19	13

(3)について

骨材が凍結していたり、骨材に冰雪が混入している場合これをそのまま用いると、出来上がったコンクリートの温度が低くなり、コンクリートが凍結するおそれが多くなるばかりでなくコンクリートの単位水量を一定に保つことが困難となるのでコンクリート製造箇所の最低気温が0°C以下の期間は材料の加熱を行うものとした。材料の加熱を行う場合、水または骨材を加熱することとし、セメントはいかなる場合でも直接これを熱してはならない。

(4)について

寒中コンクリートにおいては、所要の養生温度や初期強度の確保が難しいので、早強ポルトランドもしくは普通ポルトランドセメントを使用することを標準とした。それらのセメントを使用すると、水和熱に起因するひび割れの問題がある場合には、低温下でのコンクリートの初期材齢における強度発現の遅延に対する養生等の対策を講じた上で、混合セメントB種等を使用する。

3.3 寒中コンクリートの養生

- (1) 厳しい気象作用を受けるコンクリートは、表3.3.1の初期凍害を防止できる強度が得られるまでコンクリートの温度を5°C以上に保ち、さらに2日間は0°C以上に保つことを標準とする。
- (2) 保温養生または給熱養生を終了する際は、コンクリートの温度を急激に低下させてはならない。
- (3) 施工中の予想される荷重に対しても十分な強度が得られ、かつ、コンクリートに所定の品質が得られるまで養生しなければならない。
- (4) 寒中コンクリートに耐寒剤の使用を検討する場合は、適用条件を確認した上で、適切な配慮がなされなければならない。

【解 説】

(1)及び(2) 寒中コンクリートの温度制御養生方法としては、保温養生と給熱養生に分類される。

保温養生は、断熱性の高い材料でコンクリートの周囲を覆い、セメントの水和熱を利用して所定の強度が得られるまで保温するものである。

給熱養生は、保温のみでは養生湿度を確保できないとき及びコンクリートが凍結の危険があるときに、給熱により養生するものである。

初期凍害に対する抵抗性は、コンクリートの強度、含水率及びエントレインドエア量、大きさ、分布等によって異なる。

表3.3.1に、初期凍害を防止するために必要となる圧縮強度の目安を示した。

この強度は温度制御養生及び湿潤養生終了後、露出状態で次の春までに受ける凍結融解作用に対して抵抗するために必要となる目安である。

表3.3.1に示す圧縮強度を得るために必要な温度制御養生期間は、セメントの種類、配合、コンクリートの養生温度等によって異なるので試験により定めるのが基本であるが、表3.3.2に断面の大きさが普通の場合で、5℃及び10℃で養生する場合の温度制御養生期間の目安を示す。

養生温度を高くすると強度発現が早くなるため、温度制御養生期間を短くできるが、温度制御養生終了後、温度の高いコンクリートを急に寒気にさらすと、コンクリート表面にひび割れが発生しやすくなる。特に断面が厚い場合は、温度制御養生を終了する時点でもコンクリートの温度が水和熱の影響で20℃以上の高い温度になることもあるので、急冷しないように配慮する必要がある。

この要領では、初期凍害防止及びひび割れ発生の観点から、温度制御養生時のコンクリートの養生温度は最低5℃としたが、部材の厚さが薄い場合には、これを10℃程度とすることが望ましい。一般にはコンクリートの表面温度が20℃を超えないようにするのが良い。また、温度制御養生を打ちきる際は、コンクリートの急冷を防ぐために、その後さらに2日間は0℃以上に保つと良い。

※部材の厚さが薄い場合とは、概ね部材厚20cm以下の場合をいう。

表3.3.1 初期凍害を防止するために必要となる圧縮強度の目安(N/mm²)

5℃以上の温度抑制養生と所定の湿潤養生を行った後に想定される気象条件	断面の大きさが薄い場合	断面の大きさが普通の場合	断面の大きさが厚い場合
(1) 厳しい気象条件	15	12	10
(2) まれに凍結融解する程度の条件	5	5	5

表3.3.2 所定の圧縮強度を得る温度制御養生期間の目安(断面の大きさが普通の場合)

5℃以上の温度抑制養生と所定の湿潤養生を行った後に想定される気象条件	養生温度	断面が普通の場合		
		普通ポルトランドセメント	早強ポルトランドセメント	混合セメントB種
(1) 厳しい気象条件	5℃	9日	5日	12日
	10℃	7日	4日	9日
(2) まれに凍結融解する程度の条件	5℃	4日	3日	5日
	10℃	3日	2日	4日

※ W/C=55%の場合の標準的な温度制御養生期間を示した。W/Cがこれと異なる場合は適宜増減する。

- (3) 温度制御養生後は低温にさらされ、その後の強度増進は緩慢となるため、温度制御養生により初期凍害を防止するために必要となる圧縮強度が得られた後も、予想される荷重に対して必要な強度が得られるまで養生を継続する必要がある。また、寒中コンクリートにおいても、所定の品質を確保するには湿潤養生が不可欠である。

一般に、表3.3.1に示す圧縮強度が得られるまでの期間は、5℃以上の温度制御養生と湿潤養生を行うが、所定の強度が得られた場合でも、品質を確保するためには、道路・河川工事共通仕様書に示されている「コンクリートの湿潤養生期間の目安」を考慮して、適切な湿潤養生期間を定めて実施しなければならない。特に、表3.3.2に示した(1) 厳しい気象条件に該当する温度制御養生期間は、湿潤養生期間の目安と一致しているが、(2) まれに凍結融解する程度の条件に該当する温度制御養生期間の場合、湿潤養生期間の目安よりも短くなっているため留意する必要がある。なお、湿潤養生期間中はコンクリートを凍結させないこと。また、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、養生終了直前の散水は避けるのがよい。

- (4) 寒中コンクリートの施工に際しては、一般的に保温養生や加熱設備による給熱養生が行われるが、現場条件が急傾斜、狭隘、強風などの仮囲いの設置が困難な場合に混和剤として「耐寒剤」を用いて簡易な養生方法を採用できるものとした。耐寒剤の使用を検討する場合の適用条件は、使用材料、配合条件、並びに打込み・養生条件を満たす必要があり、参考資料「耐寒剤を用いる寒中コンクリートの施工指針(案)」を基本とするほか、「耐寒剤運用マニュアル(案) 平成17年3月 通年施工推進協議会」を参照するのが良い。

3.4 寒中コンクリートの品質管理

- (1) 所定の品質のコンクリートを造るため、一般の管理試験の他に、練り混ぜた時のコンクリート温度、打ち込む時のコンクリート温度、養生中のコンクリート温度及び保温された空間の温度、外気温を測定する。練り混ぜたときのコンクリート温度及び打ち込みの時のコンクリート温度は、レディーミクストコンクリートの場合トラックアジテータ毎に測定することを標準とする。
養生中のコンクリート温度及び保温された空間の温度、外気温は、定時的に測定するものとし、この測定間隔は3時間以内でこれを定めるものとする。
- (2) 養生の打ち切り、型枠及び支保工の取外し、使用開始時期の確認は、現場コンクリートとできるだけ同じ状態で養生した供試体の強度試験によるか、コンクリート温度の記録から推定した強度によって行うことを基本とする。

【解説】

- (1) 寒中コンクリートは、コンクリートが計画どおりに養生されているかを管理しなければならない。特に温度管理が重要となり、このため練り混ぜたときのコンクリート温度、打ち込み時のコンクリート温度、外気温、気象条件等を記録しておくとともに、養生中のコンクリート温度及び保温された空間の温度を測定する必要がある。

測定頻度については、レディーミクストコンクリートの場合、トラックアジテータ1車のバッチ数は数回であり、通常に管理されている工場では大きな変動がないと判断されるので、練り混ぜた時のコンクリート温度はトラックアジテータ1車につき1回でよいこととした。

養生中のコンクリート温度及び保温された空間の温度、外気温については常時継続して測定管理するのが理想であるが、測定管理が繁雑となり管理費用がかさむこと等を考慮し、断続的な測定でよいこととし、定時測定間隔は3時間以内としたが、構造物の重要度等を考慮し重要な構造物では密な測定間隔を定めて管理する必要がある。

養生中にコンクリートが異常に高い温度になったり、計画養生温度に達していない場合には、ただちに、適切な措置を講ずる必要がある。

- (2) 養生の打ち切り、型枠、支保工の取外し時期の適否を確認するためには、現場のコンクリートとできるだけ同じ状態で養生した供試体の強度試験によるか、あるいは、コンクリート温度と各材令での圧縮強度の関係をあらかじめ試験によって得ている場合には、コンクリートの温度記録から強度を推定することにより判断できる。

現場養生供試体の養生条件は、構造物のコンクリートの養生条件と同一であることが望ましいが、単に構造物と同じ場所に置くだけでは同じ温度状態にならない、このために現場養生供試体の温度も測定して、構造物との温度差を調べておくのがよい。

構造物のコンクリート温度を測定しておく、積算温度から強度を推定することができる。これは、コンクリートの強度をコンクリート温度と時間の関数で表そうとするもので、積算温度は一般に次式で示される。

$$M = \Sigma (\theta + A) \Delta t$$

- ※ M : 積算温度(°C・日又は°C・時)
θ : Δt時間中のコンクリート温度(°C)
A : 定数で一般に10°Cが用いられる。
Δt : 時間(日又は時)

積算温度Mとコンクリートの強度との関係は、使用する材料、配合、乾燥湿潤の程度等によって一様でないので、あらかじめ試験により確かめておくのがよい。各種セメントの積算温度と強度との関連を次図に示す。

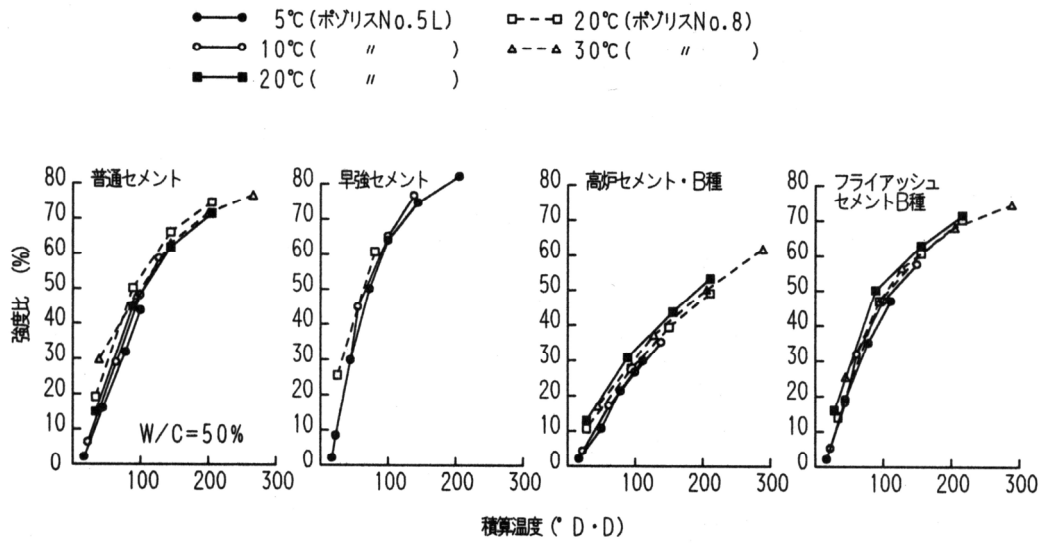


図3. 4. 1 積算温度と標準養生材令28日強度を基準とした強度比との関係

