

耐寒剤を用いたコンクリートの養生方法

耐寒材料チーム

はじめに

耐寒剤は、寒中コンクリート工事においてブルーシートを用いた簡易な養生とすることができ、打込み後、厳しい外気温が予想される場合でも保温性の高いシート（保温シート）を用いることで給熱養生や仮囲いを設けずに養生できる混和剤です。耐寒剤の採用条件は現場が急傾斜、狭隘、火気の使用ができない、強風などの仮囲いが困難、早期供用の必要があるか、給熱養生と比較し経済的かを確認していずれかに当てはまる場合に採用できます¹⁾。しかし、養生管理を怠ると初期凍害を受け強度発現が停滞するなどのリスクがあるため注意が必要です。

ここでは、耐寒剤を用いたコンクリートの養生方法や使用時の注意点、配慮すべき事項についてQ&Aでまとめました。

Q 1：書籍等によって「耐寒剤」、「防凍剤」、「耐寒促進剤」との表記が散見されますが、違いはありますか？

A 1：いずれの混和剤も寒中コンクリート工事における初期凍害の防止を目的として使用しており、基本的に違いはありません。標記が異なる理由としては分野の違いや文献を作成した年代によって使われる単語が異なる場合があります。現在では、土木分野では「耐寒剤」が多く、建築分野では「耐寒促進剤（耐寒剤）」のように「耐寒促進剤」を基本として、省略形で「耐寒剤」と表記されていることが多い傾向となります。これは、日本建築学会発行の「寒中コンクリート施工指針・同解説」²⁾において、耐寒剤の性質をよりの確に表現する名称として「耐寒促進剤」を用いたことが影響しています。また、現場では以前「防凍剤」として呼ばれていた名残でこの名称が用いられている場合があります。（このQ&Aでは「耐寒剤」と標記します。）

Q 2：耐寒剤は何に気をつけて選定すれば良いのでしょうか？

A 2：鉄筋の腐食やアルカリ骨材反応を防止するために、塩化物イオンや膨張性の反応物を生成するアルカリ金属が含まれていない「無塩化・無アルカリ型」の耐寒剤を使用して下さい。「JIS A 5308 レディーミクストコンクリート」のJIS認証を受けた工場を利用する場合は上記の耐寒剤が用いられているため問題はありません。

耐寒剤のタイプによって単独使用が可能なタイプⅠ（AE減水剤促進形）と一般的にAE減水剤または高性能AE減水剤と併用を行うタイプⅡ（硬化促進剤）が市販されており、各々の耐寒剤の使用法および注意事項に従って下さい。

Q 3：耐寒剤のタイプⅠ、Ⅱとは何ですか？

A 3：耐寒剤のタイプⅠ、Ⅱは表-1に規定される「JIS A 6204コンクリート用化学混和剤」の性能を有している混和剤のことです。

耐寒剤は一般的にコンクリート工場で添加されますが、タイプⅡの耐寒剤は現場添加も可能です。しかし、現場添加とした場合、JIS A 5308のレディーミクストコンクリートに該当しないため、取扱いに注意が必要となります。また、硬化促進剤のタイプⅡはAE減水剤促進形のタイプⅠより凝結が早まることが考えられるため注意が必要です。

Q 4：温度条件に応じて、耐寒剤の添加量を標準のセメント100kgあたり3L以下で使用することは可能でしょうか？

A 4：現在、多くのメーカーが推奨しているセメント100kg当たり3～5Lの添加量における強度発現や凍結融解抵抗性の知見はありますが、3L以下の添加量については検討を行っていないため、強度発現性状、耐凍害性について安全に使用できるかの判断ができません。添加量セメント100kg当たり3～5Lの情報については北海道開発局の道路設計要領 第3集 橋梁編 参考資料A³⁾または既往文献⁴⁾を参照して下さい。

Q 5 : 耐寒剤を用いた場合の養生方法についての留意点を教えて下さい。

A 5 : 以下の点に注意して養生を行って下さい。

- ① ブルーシートはコンクリート表面との間に空間を確保して設置して下さい。(図-1参考)
- ② 型枠よりも広い範囲をブルーシートや保温シートで囲って下さい。(図-1参考)
- ③ 風などでシートが動かないようにしっかりと固定するように心がけて下さい。(図-1参考)
- ④ 保温シートには断熱性能の高いシートを採用し、断熱性能を十分に発揮できる設置方法で行って下さい。
- ⑤ 既設コンクリートが冷えている場合は、事前に暖め、耐寒剤を用いたコンクリートの熱が奪われないようにして下さい。

①について：ブルーシートをコンクリート表面に直接設置するとコンクリートの表面温度が早期に外気温と同程度まで冷やされるため、コンクリートの温度低下を緩和する目的である程度の空間を確保して下さい。

②について：せっかくシート養生を行っていても木製型枠がシートで覆われていないと、そこから熱が伝達し、コンクリートが冷やされてしまいます。そのため、養生シートは型枠を含めて覆うことを心がけて下さい。

③について：断熱材等の原理と同様に、密閉された空気は断熱性が高いことが知られています。現場では風などの影響でシートが動いてしまいますが、なるべくシートが動かないような対策を行うことで対策を行わない場合よりコンクリートの温度低下勾配を緩やかにできます。

④について：ブルーシートのみでは初期凍害の危険性がある厳しい環境では、断熱性能の高い保温シートを用いることでコンクリートの温度を確保するとともに、初期凍害を回避可能とされる5 N/mm²へ早期に到達することが期待できます。また、吸水性を有するシートを用いる場合は、融雪水やブリーディングによってシートを濡らさない対策が必要となります。

⑤について：養生をしっかり行っても、既設コンクリートの温度が氷点下となっていた場合、耐寒剤を用いたコンクリート側が熱を奪われ、強度発現が停滞する場合があります。特に、打設前に氷点下の気温が続き、かつ既設コンクリートの体積が新設部よりも大きい場合には、界面付近で初期凍害が生じる可能性があるため、電気シート等で事前に既設コンクリート側

表-1 JIS A 6204による耐寒剤の性能規定

項目	タイプ I	タイプ II
	AE 減水剤 促進形	硬化促進剤
減水率 (%)	8 以上	—
ブリーディング量の比 (%)	70 以下	—
凝結時間の差 (分)	始発	+30 以下
	終結	0 以下
圧縮強度比 (%)	材齢 1 日	120 以上
	材齢 2 日(5°C)	130 以上
	材齢 7 日	115 以上
	材齢 28 日	90 以上
長さ変化比 (%)	120 以下	130 以下
凍結融解に対する抵抗性 (相対動弾性係数 %)	60 以上	—
塩化物イオン量 (kg/m ³)	I 種:0.02 以下、II 種:0.02~0.20 以下、III 種:0.20~0.60 以下	
全アルカリ量 (kg/m ³)	0.30 以下	

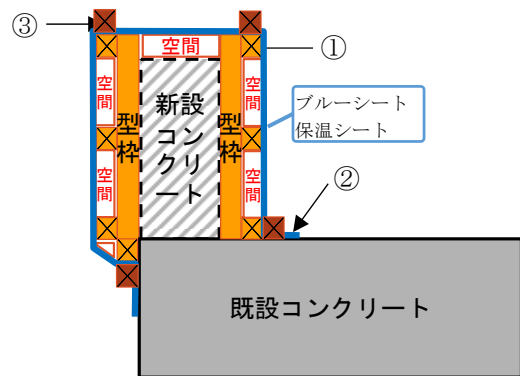


図-1 養生方法のイメージ (地覆の簡略図)

を暖める等の対策を行って下さい。

Q 6 : 耐寒剤を用いたコンクリートの積算温度による強度推定方法について教えてください。

A 6 : 積算温度とはコンクリートの強度増進性状を温度の関数で表すことを目的とした方法です(図-2)。これにより、養生温度が異なっていても積算温度を用いることで強度を予測することが可能となります。一般には式(1)が用いられています。

$$M = \Sigma(\theta + 10) \Delta t \quad (1)$$

ここに、M：積算温度 (°D・D)、θ：Δtのコンクリー

ト温度 (°C)、 Δt : 時間 (日) である。

しかし、式(1)は養生温度0°C以上の実験から求められた式であり、0°C以下の温度履歴を受けることが想定される寒中コンクリートの積算温度の計算には日本建築学会から提案されている式(2)¹⁾を用い、0°C以下の温度履歴を受けたコンクリートの強度発現を予測して下さい。

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t \geq 0 \\ \Delta t < 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} M = \Sigma (\theta + 10) \Delta t \\ M = \Sigma 10 \times \exp(-0.60 \times (-\theta)^{0.74}) \Delta t \end{array} \quad (2)$$

図-3に各式の温度と積算温度の関係を示します。式(1)を用いると0°C以下の積算温度が式(2)に比べ過大評価となる計算となっているため、氷点下で養生されたコンクリートの積算温度の計算には式(2)を用いて下さい。また、事前に生コン工場で耐寒剤を用いたコンクリートの配合試験を行うと思いますので、その際に20°C養生で材齢初期の1日、3日、7日の圧縮強度を把握しておく、現場で圧縮強度の予測を行うときに役立ちます。また、水セメント比と耐寒剤の添加量から強度を推定する式を当チームで提案⁴⁾しており、参考にしていただければと思います。

おわりに

耐寒剤はコンクリートの凍結を防ぐ混和剤と勘違いされる場合がありますが、現在の使用範囲ではコンクリートの凍結温度を2~3°C程度低下させる効果しかなく、重要となるのは低温環境下における硬化促進作用によって初期凍害を防ぐ効果です。また、簡易なシート養生とすることが可能ですが、設置や管理をしっかりと行わないと初期凍害により強度や耐久性に影響する可能性があります。そのため、使用者と管理者が耐寒剤の使い方を正しく理解することが重要となります。

初冬期など気温が氷点下に届かない時期であれば初期凍害のリスクがないため、仮囲いや給熱養生を行うよりもコストメリットがあると考えられます。4月に最近の研究成果を北海道開発局の道路設計要領の参考資料³⁾にまとめておりますので、比較検討の上、効果的に活用して下さい。

(文責：長谷川 諒)

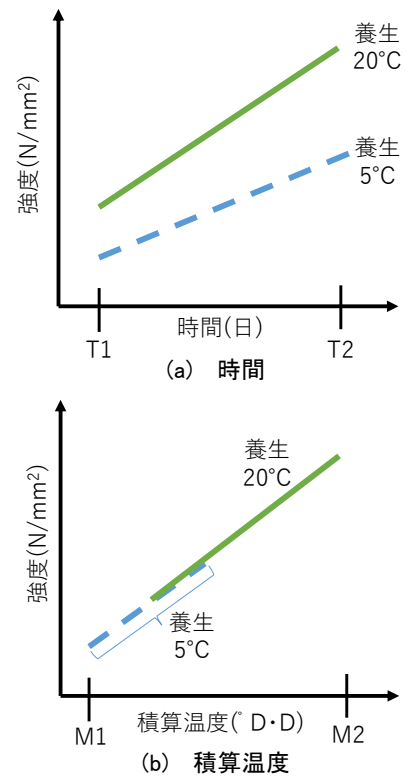


図-2 強度発現との関係

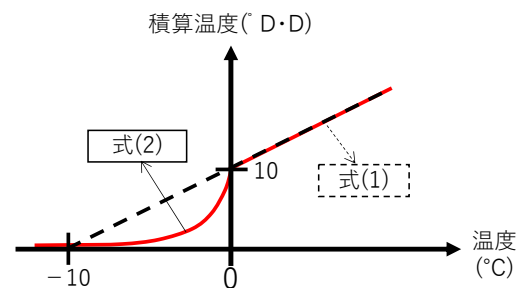


図-3 温度と積算温度の関係

参考文献

- 1) 通年施工推進協議会：耐寒剤運用マニュアル(案)、2005。
- 2) 日本建築学会：寒中コンクリート施工指針・同解説、p.240、2010。
- 3) 北海道開発局：道路設計要領 第3集 橋梁編 参考資料A 耐寒剤を用いる寒中コンクリートの施工指針(案)、2022.4改訂。
- 4) 長谷川諒、島多昭典、野々村佳哲：耐寒剤を添加したコンクリートの積算温度を用いた強度推定に関する検討、第64回(令和2年度)北海道開発技術研究発表会、産業23、2021。