

耐 寒 剤 を 用 い る 寒中コンクリート施工指針

平成11年4月

通年施工推進協議会

[目 次]

第1章：総 則	1
1－1. 適用の範囲	1
1－2. 用語の定義	1
第2章：コンクリートの品質	3
第3章：材 料	4
第4章：配 合	5
4－1. 一 般	5
4－2. 水セメント比	5
4－3. 単位水量	6
4－4. 細骨材率	6
4－5. AEコンクリートの空気量	7
4－6. 耐寒剤の添加量	7
第5章：打 込 み	8
第6章：養 生	10
第7章：型 わ く	14
第8章：管 理	15

第1章：総 則

1－1．適用の範囲

この指針は、耐寒剤を用いてシート養生をする寒中コンクリートの施工についての一般の標準を示すものである。この指針に示されていない事項は、土木学会コンクリート標準示方書による。

一般に施工されている寒中コンクリートは、所要の強度に達するまで保温養生または給熱養生などを行っているが、通常のコンクリートに比べて養生に要する設備や温度管理などに特別な配慮が必要である。これに対し、耐寒剤を用いたコンクリートは、通常のコンクリートのように特別な配慮をしないで所要の強度および耐久性を得ることができる。

この指針は、耐寒剤を用いて寒中コンクリートを施工する場合において、特に配慮すべき事項を示したもので、この指針に示されていない事項は、土木学会コンクリート標準示方書によらなければならない。

1－2．用語の定義

この指針に用いる用語をつぎのように定義する。

耐寒剤　：　コンクリートの凍結温度を下げ、初期強度を促進させる機能を有する混和剤

耐寒剤は、一般に、高性能AE減水剤と含窒素無機化合物を主成分としている。耐寒剤は、高性能AE減水剤と無機塩の複合効果により、たとえば、図－1に示すようにコンクリートの温度を下げ、かつ、図－2に示すように低温下における初期の水和反応を促進させる。

このため、氷点下においても強度発現性があり、所要の強度と耐久性を得ることができる。

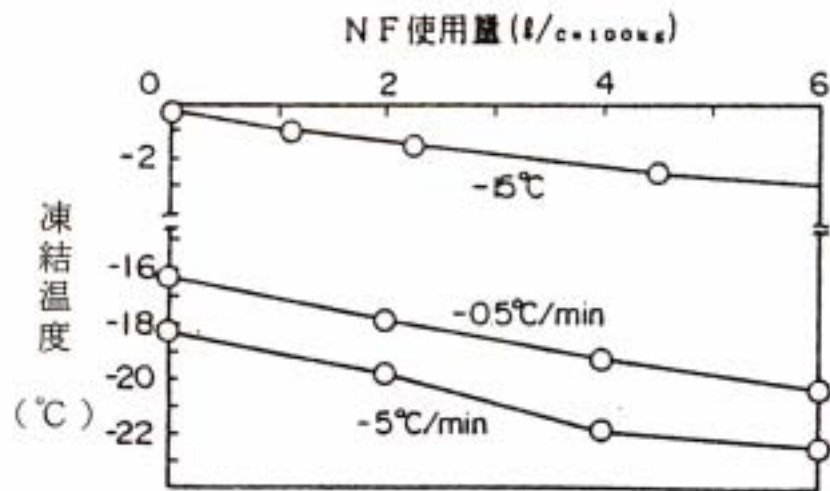


図-1. NF使用量と凍結温度の関係

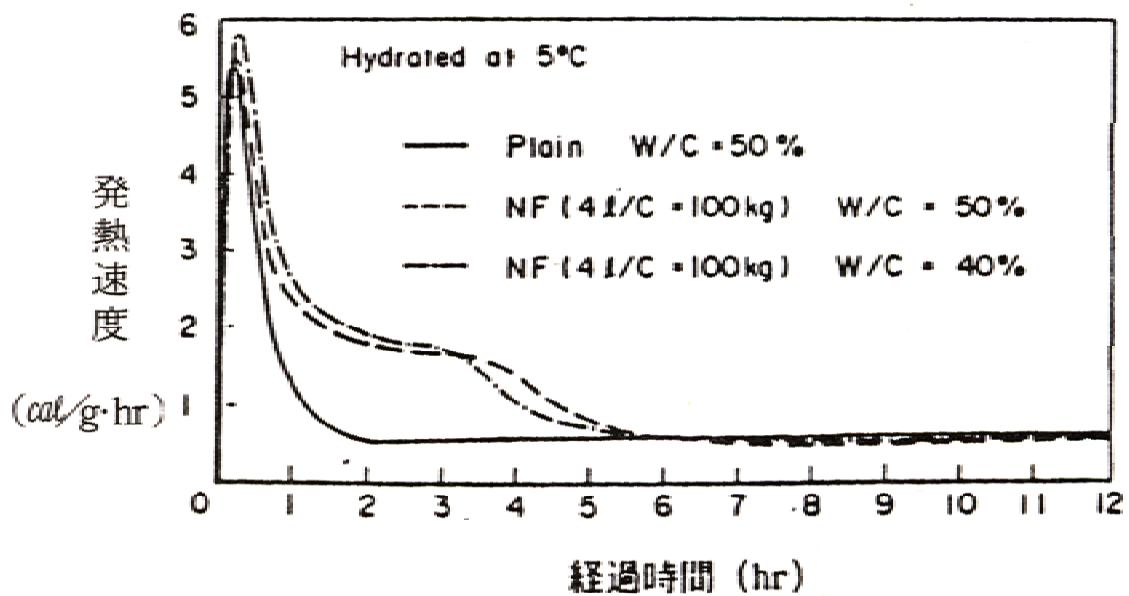


図-2. 初期水和発熱特性

第2章：コンクリートの品質

耐寒剤を用いた寒中コンクリートは、所要の性能をもち、品質のばらつきの少ないものでなければならない。また、施工時には、作業に適するワーカビリティを有していなければならない。

耐寒剤を用いた寒中コンクリートは、所要の強度および耐久性をもち、品質のばらつきの少ないものでなければならないのは、通常のコンクリートと同様である。

第3章：材 料

- (1) 耐寒剤は、無塩化、無アルカリタイプでなければならない。
- (2) 耐寒剤は、ごみその他の不純物が混入しないように貯蔵し、有効貯蔵期限を超えた場合は、品質を確認して用いなければならない。
- (3) セメントは、普通ポルトランドセメントを用いることを標準とする。

(1)について

塩化物を含んだ耐寒剤をコンクリートに用いると、コンクリート中の鉄筋の腐食が促進され、構造物の耐久性を損ない、場合によっては耐荷力を低下させる。また、ナトリウム等のアルカリ金属を含んだ耐寒剤は、その使用量が多くなるとアルカリ骨材反応の危険性があるので好ましくない。

(2)について

耐寒剤の貯蔵場所は、直射日光が当たらない、定められた温度以下の所とし、有効 貯蔵期限を超えた耐寒剤は試験によって品質を確認のうえ使用しなければならない。

(3)について

耐寒剤使用の寒中コンクリートに普通ポルトランドセメントを用いるのを標準としているのは、低温養生した際の初期材令における強度発現の遅延程度が小さく、コンクリートが凍害を受けるおそれが少なくできるからである。

第4章：配 合

4－1．一 般

耐寒剤を用いたコンクリートの配合は、所要の強度、耐久性、水密性および作業に適するワーカビリティを持つ範囲内で、単位水量ができるだけ少なくなるよう、耐寒剤の性能、外気温および構造物の断面寸法ならびに構造物が受ける気象条件を考慮して定めなければならない。

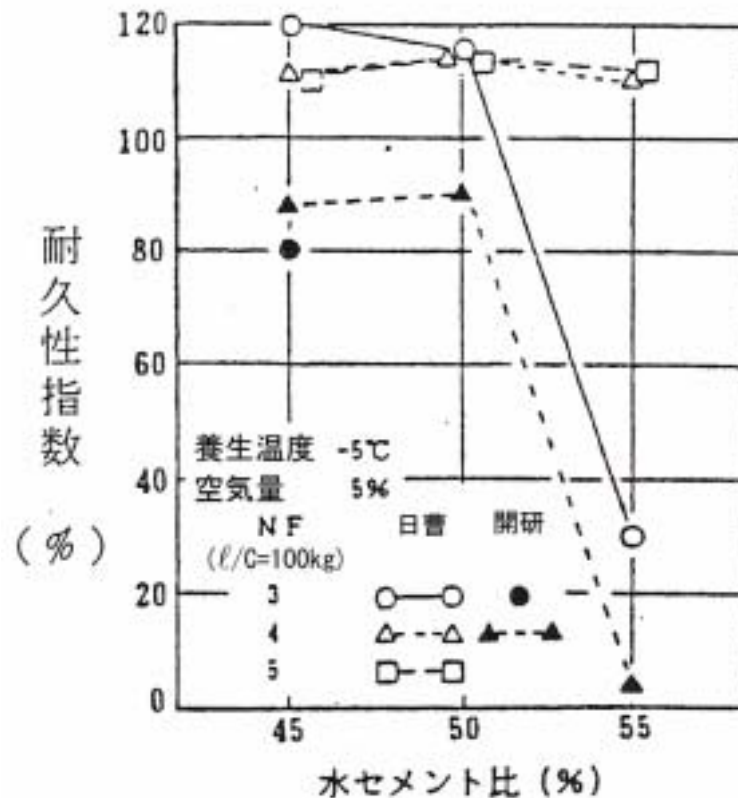
耐寒剤を用いたコンクリートの配合は、一般のコンクリートと同様に、所要の強度、耐久性および水密性などをもつコンクリートを造るために、作業に適するワーカビリティが得られる範囲で、単位水量をできるだけ小さくするのが基本である。また、耐寒剤を用いたコンクリートの性能は、耐寒剤の性能、外気温および構造物の断面寸法によって相違し、構造物が凍結融解作用を受ける気象条件および構造物の露出状態によって異なってくるので、これらの条件を考慮して定めなければならない。

4－2．水セメント比

水セメント比は、コンクリートの所要の強度および耐久性を満足するよう定めなければならない。

コンクリートの圧縮強度をもとにして水セメント比を定める場合、圧縮強度と水セメント比の関係は、試験によってこれを定めることを原則とする。

コンクリートの耐凍害性をもととして水セメント比を定める場合、耐寒剤を用いたコンクリートの凍結融解試験を行い耐凍害性を確保できる水セメント比を確認し、その値以下とする。開発土木研究所が実験を行った耐寒剤（NF）を用いた場合のコンクリートの凍結融解試験結果を図－3に示す。この図が示すように、水セメント比が50%以下では耐久性指数が80%以上となっており、この耐寒剤（NF）を用いる場合には、最大水セメント比を50%としてよい。



図－３．水セメント比と耐久性指数の関係

4－３．単位水量

単位水量は、作業ができる範囲で、できるだけ少なくなるよう、試験によってこれを定めなければならない。

耐寒剤を用いたコンクリートの単位水量も、一般のコンクリートと同様に、所要のワーカビリチーが得られる範囲内でできるだけ少なくなるように、試験によってこれを定めるのがよい。

4－４．細骨材率

細骨材率は、所要のワーカビリチーが得られる範囲内で、単位水量が最小になるよう、試験によってこれを定めなければならない。

耐寒剤を用いたコンクリートの場合も、一般のコンクリートと同様に、所要のワーカビリチーが得られ、かつ、単位水量が最小となるような最適な細骨材率を、試験によって定めなければならない。

4－5．A E コンクリートの空気量

耐寒剤を用いたA E コンクリートの空気量は、粗骨材の最大寸法、その他に応じてコンクリート容積の4～7％を標準とする。

最適な空気量を連行したコンクリートは、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、コンクリートの耐凍害性も向上させることができる。

空気量は、耐寒剤を用いたコンクリートの場合も一般のコンクリートと同様に、粗骨材の最大寸法や環境条件に応じて、コンクリート容積の4～7％とするのがよい。

4－6．耐寒剤の添加量

耐寒剤の添加量は、所要の強度および耐久性が得られるよう、試験によってこれを定めなければならない。

耐寒剤の効果は、使用する耐寒剤、コンクリートの配合、環境条件等によって相違するので、これらの条件に応じて試験を行い、その添加量を定めることとした。

耐寒剤（NF）を用いる場合の耐寒剤の添加量は、開発土木研究所が行ったこれまでの検討結果からセメント 100 kg 当たり 4 ㍻としてよい。

第5章：打 込 み

- (1) コンクリートの運搬および打込みは、熱量の損失をなるべく少なくするようにこれを行わなければならない。
- (2) 打込み時のコンクリート温度は、構造物の断面寸法および気象条件等を考慮して、5～17℃の範囲でこれを定めなければならない。
- (3) コンクリートの打込み時に、鉄筋、型わくなどに冰雪が付着してはならない。
- (4) 打継目の旧コンクリートが凍結している場合には、適当な方法でこれを溶かし、コンクリートを打継がなければならない。
- (5) 打込まれたコンクリートは、露出面が外気に長時間さらされることのないようにしなければならない。

(1)について

耐寒剤を用いた寒中コンクリートの場合も、一般のコンクリートと同様に 運搬および打込み中にコンクリート温度が低下するので、これを防ぐ処置が必要であり、コンクリートを練り混ぜてから打込みまでの時間をできるだけ短くするようにしなければならない。

(2)について

寒中の施工では、気温が急激に低下した場合、コンクリートが硬化する前に凍結し、強度発現および耐凍害性に悪影響をおよぼすおそれがある。このため、打込み時には、構造物の種類や大きさ、天候、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。

一方、部材が厚い場合には、打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。特に、耐寒剤を用いたコンクリートの場合は給熱養生をしないため、給熱養生をしたコンクリートに比べて表面温度が低く、強度も小さい。一方、打込み時のコンクリート温度が高いと温度応力によるひびわれが発生しやすく、打込み時のコンクリート温度は、低いほうが望ましい。したがって、打込み時のコンクリート温度は、構造物の部材寸法や気象条件を考慮し、5～17℃の範囲で定めることとした。

一般的な場合のコンクリート温度の推奨値を表-1に示す。なお、気温が急激に低下することが予想され、その結果、打込み後のコンクリートが所定の温度を確保できないと判断される場合

には、打込み時のコンクリートと温度を推奨値より高くするのがよい。

表－１．寒中コンクリートの施工時のコンクリート温度

部 材 平 均 厚 (cm)		40～80	80以上
打込むときの コンクリート 温 度 (°C)	気 温 ー5°C以上	11 ～ 14	5 ～ 9
	気 温 ー5°C ～ ー10°C	14 ～ 17	9 ～ 12
	気 温 ー10°C ～ ー15°C	—	12 ～ 15

(3)について

鉄筋、型わく等に付着している氷雪を溶かすには、湯または蒸気をかけるのがよいが、低温の場合、一度溶かした水が再び凍結して悪い結果をもたらすことがあるので注意しなければならない。

(4)について

旧コンクリートが凍結しているか、氷雪が付着している場合には、(3)に準じて十分にこれを溶かし完全な打継目を得るようにしなければならない。

(5)について

コンクリートの打込み終了後、コンクリート表面の温度が急冷される可能性があるため、打込み後ただちにシート等で表面を覆い、特に風を防がなければならない。

第6章：養生

- (1) 耐寒剤を用いたコンクリートの養生方法は、一般にシート養生とする。
- (2) 養生方法および養生期間は、耐寒剤の性能、外気温および構造物の断面寸法を考慮して適切に定めなければならない。
- (3) 養生シートは、セメントの水和熱を構造物の端部や下部から逃がさないようにコンクリートの周囲を覆わなければならない。
- (4) 養生初期におけるコンクリート温度は、耐寒剤の性能を考慮して定めなければならない。
- (5) 激しい気象作用を受ける環境下にあるコンクリートは、所要の強度が得られるまで、適切な処置をとらなければならない。

(1)について

耐寒剤を用いた場合の寒中コンクリートの養生は、給熱をしないで、シート養生とするのが一般的である。シート養生は、ブルーシートを用いるのを標準とする。

(2)について

コンクリートの強度発現は、耐寒剤の性能、外気温および構造物の断面寸法によって異なる。したがって、これらを十分考慮して養生方法および養生期間を定めなければならない。

(3)について

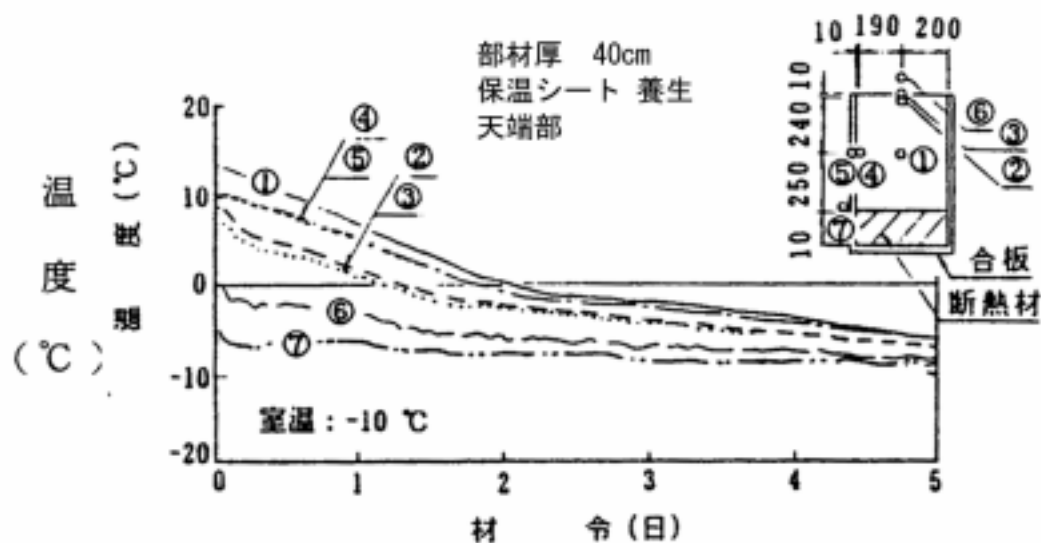
シート養生はセメントの水和熱を利用して保温するものであるから、構造物の端部および下面あるいはシート継ぎ目部より熱を逃さない配慮をしなければならない。また、型枠とシート間に空間ができないようにするのが望ましい。

(4)について

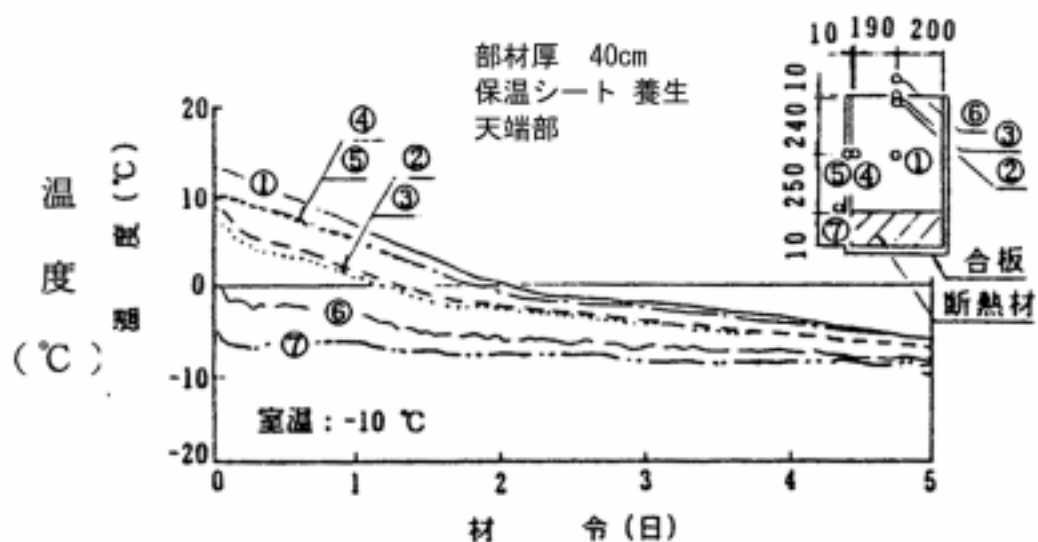
耐寒剤を用いたコンクリートが硬化する前に凍結すると強度発現および耐凍害性に悪影響をおよぼすおそれがあるので、養生初期においては、耐寒剤の性能に応じて、所定の温度を保たなければならない。

開発土木研究所で検討した耐寒剤（NF）を用いた場合のコンクリート温度は、打込み後 24 時間まで 5℃に保つのが望ましい。コンクリート表面の最も厳しいところでも、コンクリートが凍結温度以下にならないようにしなければならない。打込み後、厳しい外気温が予想される場合

には、ブルーシートより保温性の高いシート（保温シート）を用いるのがよい。図－４－１および図－４－２は、耐寒剤（NF）を用いた部材厚 40 cmのコンクリート実験体のブルーシートを用いた場合及び保温シートを用いた場合の -10°C 環境におけるコンクリートの温度履歴を示す。保温シートを用いた場合における打込み後24時間後のコンクリート表面温度は $10\sim 14^{\circ}\text{C}$ の間にあり、ブルーシートを用いた場合より 9°C 高いものとなった。



図－４－１．コンクリートの温度履歴（保温シート養生）



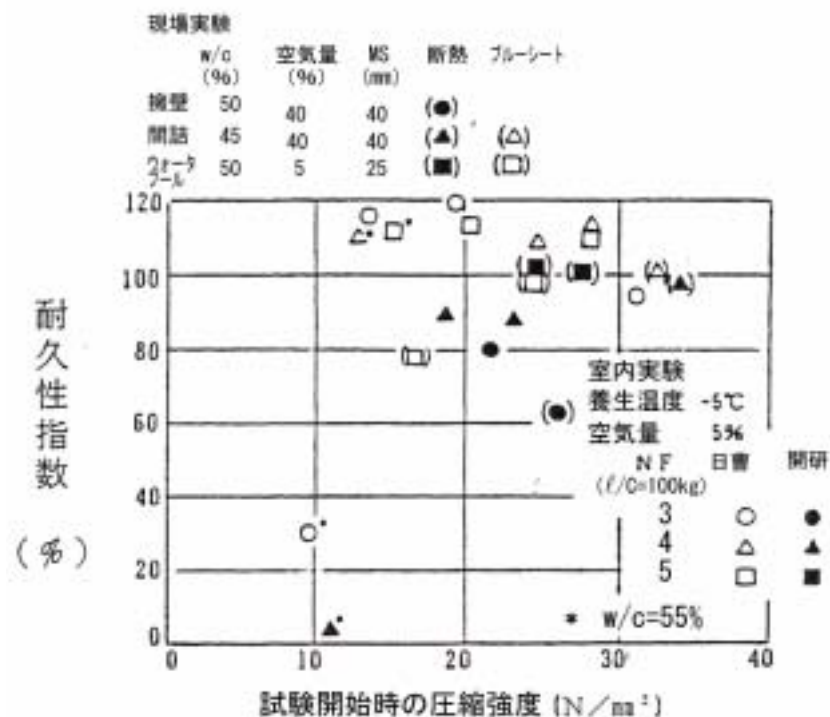
図－４－２．コンクリート温度履歴（ブルーシート養生）

(5)について

養生終了後、春までにコンクリートが凍結融解作用を受ける場合は、凍結融解試験によって凍結融解作用に抵抗できる強度を確認し、その強度が確保されるまで、凍結融解作用を受けさせない処置をしなければならない。

耐寒剤（NF）を用いた場合の凍結融解試験開始時の圧縮強度と耐久性指数の関係を図－５に示す。60%の耐久性指数を得るには、強度はおおよそ 20N/mm^2 程度必要と判断される。

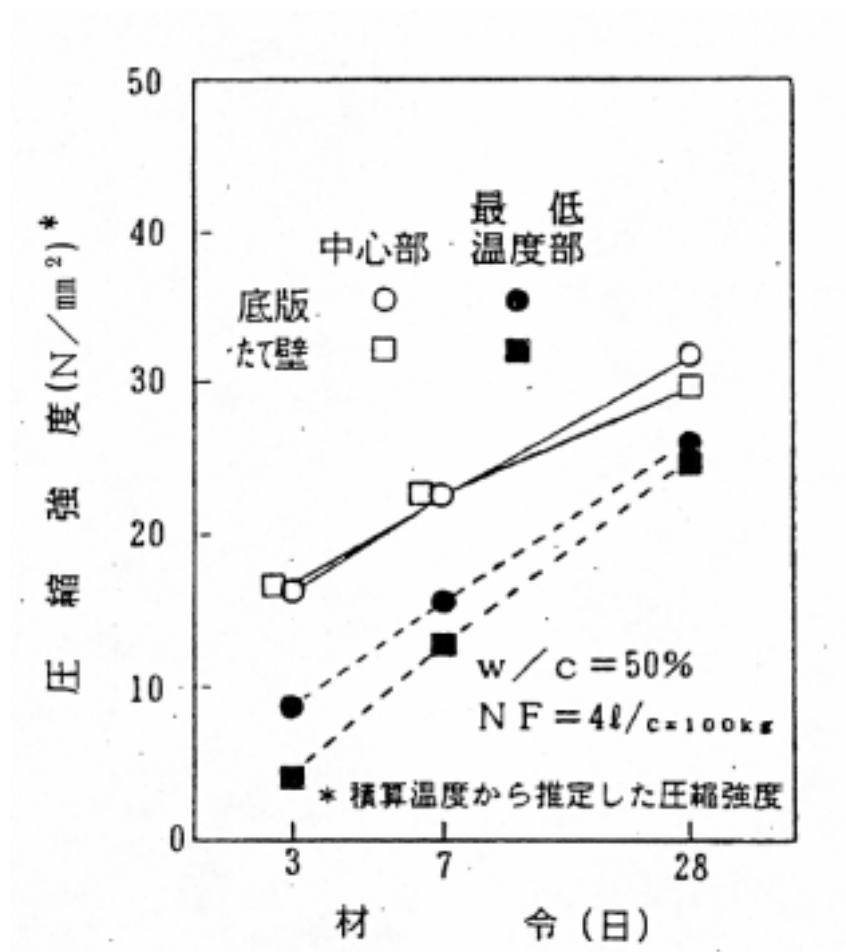
表－２にコンクリートが凍結融解作用を受けてもよい圧縮強度の標準を示す。表－２の強度を得るために必要な日数は、配合および外気温等によって異なるので試験により決めるのが基本である。図６－１は、逆T形擁壁の底版（部材厚 70 cm）およびたて壁（部材厚 40～70 cm）における材令と圧縮強度の関係の例を示したもので、圧縮強度は積算温度から推定した。 10N/mm^2 の圧縮強度を得るための日数はおおよそ 5 日、 20N/mm^2 の圧縮強度を得るための日数はおおよそ 14 日である。



図－５．凍結融解試験開始時の圧縮強度と耐久性指数の関係

表－２．コンクリートが凍結融解作用を受けてもよい圧縮強度

構 造 物 の 露 出 状 態	圧 縮 強 度 (N/mm^2)
① 連続して、あるいはしばしば水で飽和される部分	20
② 普通の露出状態にあり、①に属さない場合	10



図－６ 材令と圧縮強度の関係

第7章：型 わ く

- (1) 型わくは、保温性の良いものを用いるのを原則とする。
- (2) 型わくの取りはずしは、コンクリートの温度を急激に低下させないように行われなければならない

(1)について

耐寒剤を用いたコンクリートの養生は、コンクリートの水和熱を利用するので、鋼製型わくに比べて熱伝導率が小さく、保温効果の大きい木製型わくを用いるのが望ましい。

(2)について

断面が厚い構造物では、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、型わくの取りはずしによって急激に冷却すると大きな温度差が生じ、ひびわれが発生するおそれがある。

しがたって、型わくの取りはずしが可能な強度が得られた後もコンクリート部材の表面部と中心部の温度差に起因するひびわれが生じない状態になるまで型わくを残しておくのが望ましい。

第8章：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、練上り時および打込み時のコンクリート温度、養生中のコンクリート温度、シート内の温度および外気温を測定するのを原則とする。練上り時および打込み時のコンクリート温度は、各アジテータートラックごとに測定するものとする。養生中のコンクリート温度、シート内の温度および外気温は、その経時変化を所定の間隔で測定しなければならない。
- (2) 養生の打切り、型わくおよび支保工の取りはずし時期の適否の確認は、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ものとする。

(1)について

寒中コンクリートにおいては、打込まれたコンクリートが計画どおりに養生されているかどうかを管理しなければならない。このため、練上り時のコンクリート温度、打込み時のコンクリート温度、外気温および気象条件を記録しておくとともに、養生中のコンクリート温度およびシート内の温度を測定する必要がある。

養生中のコンクリート温度、シート内温度および外気温については継続的に測定管理するのが理想的であるが、作業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た。

(2)について

養生の打切り、型わくおよび支保工の取りはずし時期の適否の確認は、現場のコンクリートと同じ状態で養生した供試体の圧縮強度によるか、あるいは、コンクリートの温度記録から積算温度を求め、あらかじめ調べた積算温度と圧縮強度の関係から推定した圧縮強度によるものとする。

現場のコンクリートと同じ状態で養生する場合は、供試体のコンクリート温度は構造物のコンクリート温度と同一であることが望ましい。しかし、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。実構造物のコンクリート温度と同じ温度に制御できる簡易な装置が付いた養生箱があればそれを用いるのがよい。

コンクリートの温度記録から強度推定を行う場合には、あらかじめ標準養生した供試体の圧縮

強度試験から積算温度と圧縮強度の関係を求めておき、コンクリートの温度記録から圧縮強度を推定する。しかしながら、養生期間中のコンクリート温度が標準養生の温度と違った場合、両者の積算温度と圧縮強度の関係は異なる場合がある。その一例を図-7に示す。同一積算温度において、低温養生の場合が標準養生の場合より小さな圧縮強度となっている。必要があれば、予想される環境条件を考慮した実験を行い、積算温度と強度の関係について検討するのがよい。

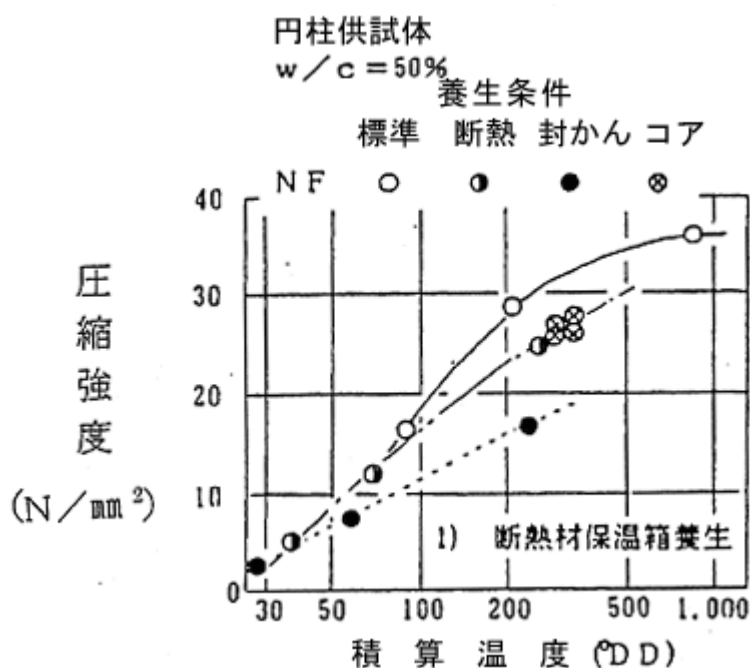


図-7. 積算温度と圧縮強度の関係

図-8-1は、開発土木研究所が行った実験で得られた積算温度 90 ° D・Dにおける 20℃養生の圧縮強度に対する各種養生温度の圧縮強度の比を示したものである。耐寒剤 (NF) を用いる場合、この図の各種養生温度における強度比を参考にするのがよい。図-8-2は、積算温度 840 ° D・Dにおける 20℃養生の圧縮強度に対する各種養生温度の圧縮強度比を示したものである。この図に示すように、積算温度 840 ° D・Dでは強度比は 100%前後になっている。

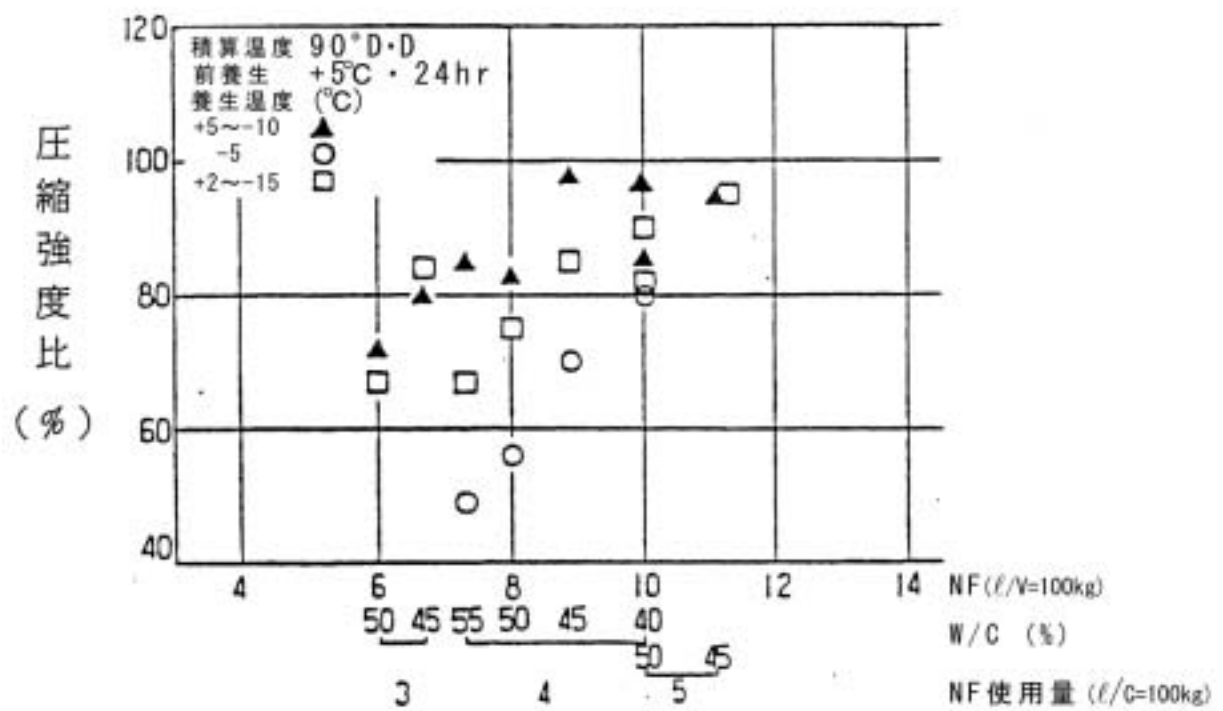


図-8-1. 90° D・Dにおける 20°C養生の圧縮強度に対する各種養生温度の圧縮強度比

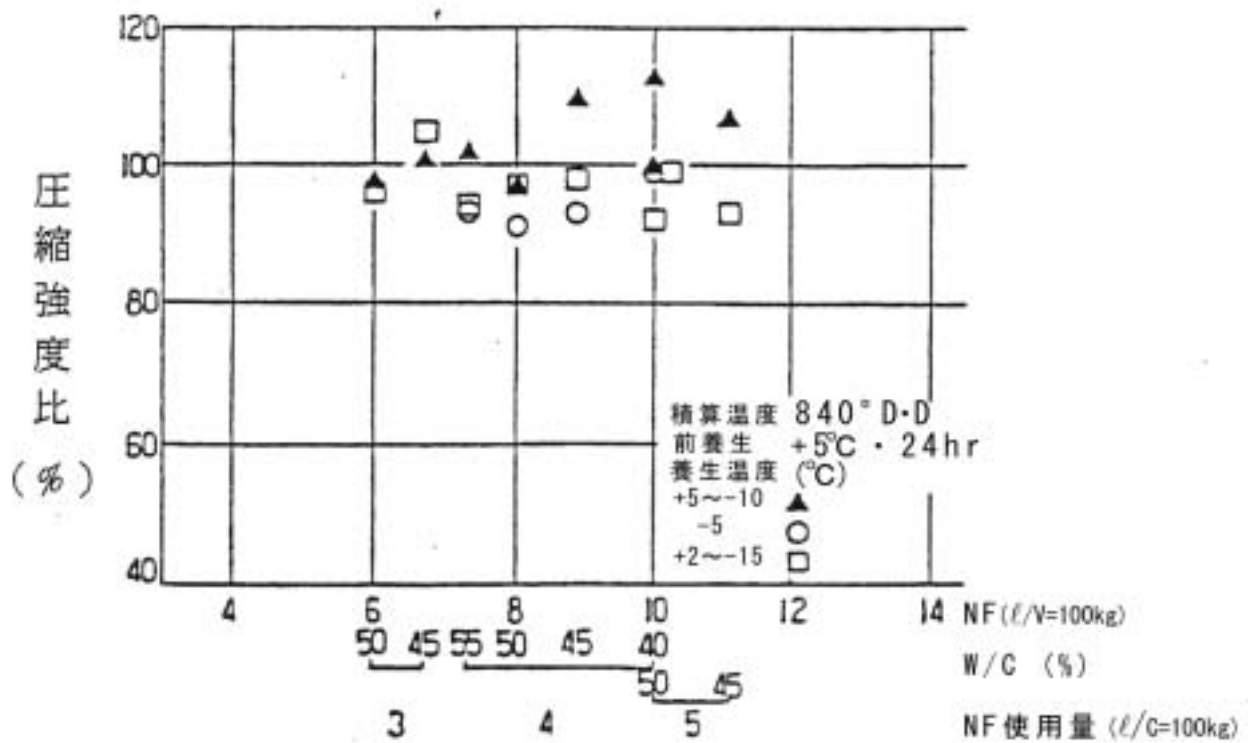


図-8-2. 840° D・Dにおける 20°C養生の圧縮強度に対する各種養生温度の圧縮強度比