

寒中コンクリートの調合計画手法と適用期間の検討

正会員 ○濱 幸雄*1
同 三森敏司*2寒中コンクリート 積算温度 適用期間
初期凍害 強度増進 調合計画

1. はじめに

寒中コンクリートは、JASS 5-2003¹⁾では「コンクリート打込み後の養生期間に、コンクリートが凍結するおそれのある時期に施工されるコンクリート」と定義されている。2008年度に予定されているJASS 5の改定作業にあわせて、著者らは現行の寒中コンクリートに関する規定を見直している。本報では、寒中コンクリート工事の調合計画手法と適用期間について検討する。

2. JASS 5-2003 および寒中指針における問題点

寒中コンクリートでは、初期凍害防止と低温による強度発現の遅れに対する対応の2点が技術的課題である。初期凍害防止に対しては、圧縮強度 5.0N/mm^2 が得られるまでコンクリートを凍結させないように初期養生を行い、低温による強度発現の遅れに対しては、所要の強度を所定の材齢で確保するための初期養生後の継続養生の計画が重要となる。また、構造体コンクリートで品質基準強度を材齢 91 日までに確実に確保するとともに、工程上の観点から適切な時期（一般には材齢 28 日）に設計基準強度が確保できるように、コンクリートの強度増進を予測して、調合計画および養生計画を立案する必要がある。

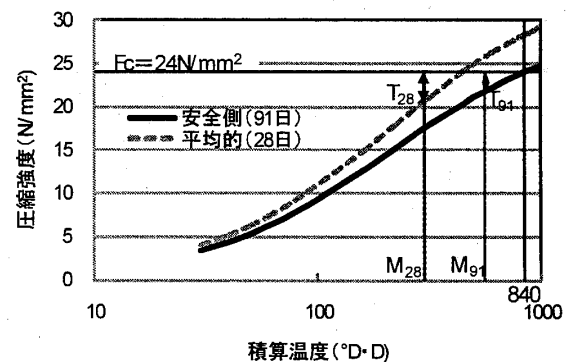
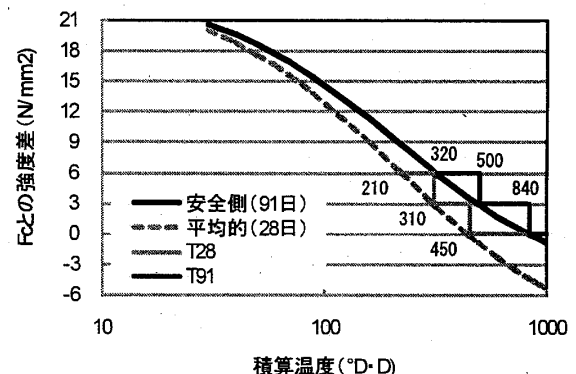
現行の JASS 5¹⁾ および寒中指針²⁾ では、寒中コンクリートの適用期間は、「コンクリートの打込みから 4 週間の積算温度が $370^\circ\text{D}\cdot\text{D}$ 以下となる期間」とされている。また、初期凍害はコンクリート打込み日の気温が問題となることから、最低気温が -3°C を上回る場合を「軽微な凍結期」、より低温となる場合を「凍結作用期」として注意を喚起している。しかしながら、初期凍害対策が必要となる「軽微な凍結期」であっても、寒中コンクリートの適用期間外となる矛盾を抱えている。

コンクリートの調合計画は、JASS 5 では材齢 91 日以内の管理材齢で品質基準強度が得られるよう気温による強度補正を行って調合を定めることとなっている。一般に、品質基準強度は設計基準強度と比べて、耐久設計基準強度によっては $\Delta F (=3\text{N/mm}^2)$ よりも大きくなるので、その場合には温度補正值も含めると過剰な強度補正となることから、寒中指針では管理材齢を延長した場合の強度補正值として、品質基準強度と設計基準強度の強度差を温度補正值に組み込んだ強度補正值を示し、それを寒中コンクリートの調合計画の標準としており、JASS 5 の一般規定と整合していない状況にある。

3. 調合計画（強度補正值）の考え方

佐藤ら³⁾は、JASS 5 における強度補正值の検討の中で、構造体コンクリートで設計基準強度を保障するための強度補正值としては材齢 91 日で 95% 信頼限界（不良率 4%）の補正を、支保工取外し等の工程管理を目的として材齢 28 日で不良率 50% の補正を行えば良いとしている。

この考え方に基いて、寒中指針・資料 6 に示されている OPC の強度増進標準曲線を用いて材齢 28 および 91 日での温度補正值 T_{28} 、 T_{91} を算出する概念図を図 1 に示す。また、材齢 28、91 日までの積算温度と T_{28} 、 T_{91} の関係を図 2 に示す。実際には、 T_{28} 、 T_{91} の大きな値に構造体補正強度 ΔF を加えた値を強度補正值として採用すれば良い。

図 1 材齢 28、91 日での温度補正值 T_{28} 、 T_{91} の概念図図 2 材齢 28、91 日までの積算温度と T_{28} 、 T_{91} の関係

4. 寒中コンクリートの適用期間

現行の寒中コンクリートの適用期間である「4 週間の積算温度 M_{28} が $370^\circ\text{D}\cdot\text{D}$ 以下」の根拠は、「水セメント比

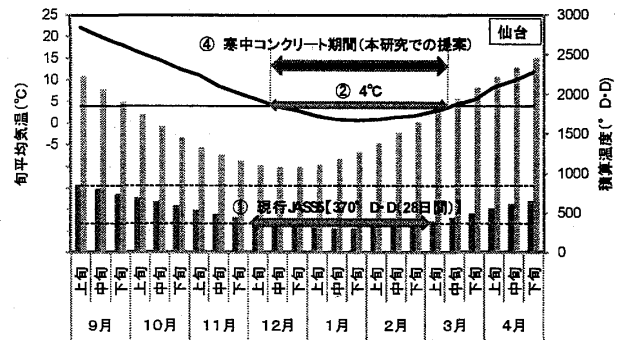
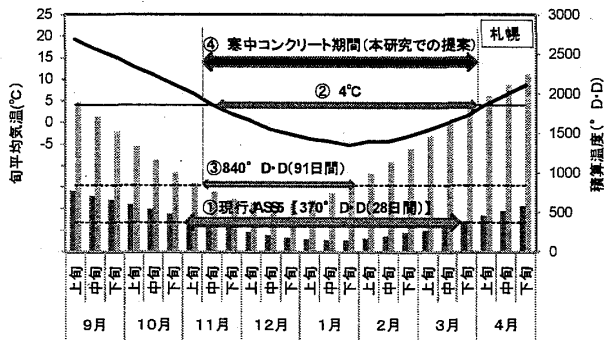


図3 旬平均気温と積算温度 M_{28} , M_{91} の変化と寒中コンクリートの適用期間

65%のコンクリートの強度低下率が 25%となる条件」とされているが⁴⁾、近年の一般的な水セメント比には対応していない。一方、土木学会では「気温が 4℃以下の時期」を寒中コンクリートの期間と規定している。建築と土木での適用期間の違いは、土木では初期凍害のみを対象としているのに対して、建築では低温による強度発現の遅れに対する対応も考慮に入れているためである。

2. に示した現行 JASS 5 の問題点を踏まえて、寒中コンクリートの目的に対応した適用期間を考えると、

(1) 初期凍害防止のための対策を講じなければならない期間として、気温の日較差を考慮して日平均気温 4℃以下の期間 (土木学会と同じ)

(2) 低温による強度発現の遅れに対して調合上の対策または養生条件の検討が必要となる期間として、材齢 91 日までの積算温度 M_{91} が 840° D・D 以下の期間のいずれかが該当する期間が適切であるとする。

図 3 に札幌、仙台での① M_{28} が 370° D・D 以下の期間 (現行)、②日平均気温 4℃以下の期間 (土木)、③ M_{91} が 840° D・D 以下の期間、④本研究で提案する寒中コンクリート期間 (②および③) をそれぞれ比較して示す。また、表 1 には全国気象官署の地点の①~④の期間を示している。適用期間の始まり、終わりととも 1 旬 (10 日) 程度遅くなっている地域が多い。また、本州では強度増進対策が必要な③の期間に該当する地域は少なく、北海道との気象条件の違いが明確である。

5. まとめ

今後も寒中コンクリート工事のあり方について検討し、JASS 5 および寒中指針に反映させていきたい。

<参考文献>

- 1) 日本建築学会: 建築工事標準仕様書 JASS5 鉄筋コンクリート工事, 2003
- 2) 日本建築学会: 寒中コンクリート施工指針・同解説, 1998
- 3) 佐藤幸志, 柳田佳寛, 陣内浩: 各種セメントを用いたコンクリートの構造体における強度発現と強度補正値, 第 34 回セメント・コンクリート研究討議論文報告集, pp69-72, 2007.11
- 4) 洪徳郎, 鎌田英台, 長島弘: 寒中コンクリート, 技術書院 2000

表 1 全国気象官署の①~④の期間

地名	① M_{28} が370DD以下 (現行JASS5)		②日平均気温4℃以下		③ M_{91} が840DD以下		④ M_{91} が840DD以下 +4℃以下	
	始まり	終わり	始まり	終わり	始まり	終わり	始まり	終わり
稚内	11月1日	3月31日	11月11日	4月10日	11月11日	2月10日	11月11日	4月10日
北見枝幸	10月21日	3月31日	11月11日	4月10日	10月21日	2月10日	10月21日	4月10日
羽幌	11月1日	3月31日	11月11日	4月10日	11月1日	1月31日	11月1日	4月10日
雄武	10月21日	3月31日	11月11日	4月20日	11月1日	2月10日	11月1日	4月20日
留萌	11月1日	3月31日	11月11日	4月10日	11月1日	1月31日	11月1日	4月10日
旭川	10月21日	3月31日	11月11日	4月10日	10月21日	2月10日	10月21日	4月10日
網走	11月1日	3月31日	11月11日	4月20日	11月1日	2月10日	11月1日	4月20日
小樽	11月1日	3月20日	11月21日	3月31日	11月11日	1月20日	11月11日	3月31日
札幌	11月1日	3月20日	11月21日	3月31日	11月11日	1月31日	11月11日	3月31日
岩見沢	11月1日	3月31日	11月11日	4月10日	11月11日	1月31日	11月11日	4月10日
帯広	10月21日	3月31日	11月11日	4月10日	10月21日	2月10日	10月21日	4月10日
釧路	11月1日	3月31日	11月11日	4月20日	11月1日	1月31日	11月1日	4月20日
根室	11月1日	4月10日	11月21日	4月20日	11月11日	2月10日	11月11日	4月20日
寿都	11月1日	3月20日	11月21日	3月31日	11月11日	1月20日	11月21日	3月31日
室蘭	11月11日	3月20日	11月21日	4月10日	11月21日	1月20日	11月21日	4月10日
苫小牧	11月1日	3月31日	11月11日	4月10日	11月11日	1月31日	11月11日	4月10日
蒲河	11月11日	3月31日	11月21日	4月10日	11月11日	1月31日	11月11日	4月10日
江差	11月11日	3月10日	12月1日	3月31日	—	—	12月1日	3月31日
函館	11月11日	3月20日	11月21日	3月31日	11月11日	1月20日	11月11日	3月31日
函館安	10月21日	3月31日	11月11日	4月20日	10月21日	2月10日	10月21日	4月20日
紋別	10月21日	3月31日	11月11日	4月10日	11月1日	2月10日	11月1日	4月10日
広尾	11月1日	3月31日	11月21日	4月10日	11月11日	1月31日	11月11日	4月10日
大船渡	12月1日	3月10日	12月11日	3月20日	—	—	12月11日	3月20日
新庄	11月21日	3月10日	12月1日	3月31日	—	—	12月1日	3月31日
会津若松	11月21日	3月10日	12月1日	3月20日	—	—	12月1日	3月20日
深川	11月21日	3月10日	12月1日	3月31日	—	—	12月1日	3月31日
青森	11月11日	3月20日	12月1日	3月31日	12月1日	1月10日	12月1日	3月31日
むつ	11月11日	3月20日	12月1日	3月31日	12月1日	1月10日	12月1日	3月31日
八戸	11月11日	3月10日	12月1日	3月31日	—	—	12月1日	3月31日
秋田	11月21日	3月10日	12月11日	3月20日	—	—	12月11日	3月20日
盛岡	11月11日	3月10日	11月21日	3月31日	11月21日	1月10日	11月21日	3月31日
宮古	11月21日	3月10日	12月11日	3月20日	—	—	12月11日	3月20日
酒田	12月1日	2月28日	12月11日	3月20日	—	—	12月11日	3月20日
山形	11月21日	3月10日	12月1日	3月20日	—	—	12月1日	3月20日
仙台	12月1日	2月28日	12月11日	3月10日	—	—	12月11日	3月10日
石巻	12月1日	2月28日	12月11日	3月20日	—	—	12月11日	3月20日
福島	12月1日	2月20日	12月11日	3月10日	—	—	12月11日	3月10日
白河	11月21日	3月10日	12月1日	3月20日	—	—	12月1日	3月20日
いわき	12月21日	1月31日	1月1日	2月28日	—	—	1月1日	2月28日
福島	12月21日	2月20日	1月1日	3月10日	—	—	1月1日	3月10日
福島	12月21日	2月10日	1月1日	3月10日	—	—	1月1日	3月10日
新潟	12月11日	2月20日	12月21日	3月10日	—	—	12月21日	3月10日
金沢	12月21日	2月10日	1月1日	2月28日	—	—	1月1日	2月28日
伏木	12月21日	2月20日	1月1日	3月10日	—	—	1月1日	3月10日
富山	12月11日	2月20日	1月1日	3月10日	—	—	1月1日	3月10日
長野	11月21日	3月10日	12月1日	3月20日	—	—	12月1日	3月20日
上越	12月11日	2月20日	12月21日	3月10日	—	—	12月21日	3月10日
宇都宮	12月1日	2月10日	12月11日	2月28日	—	—	12月11日	2月28日
福井	12月21日	2月10日	1月1日	2月28日	—	—	1月1日	2月28日
高山	11月11日	3月10日	11月21日	3月31日	12月1日	12月31日	11月21日	3月31日
松本	11月21日	3月10日	12月1日	3月20日	—	—	12月1日	3月20日
諏訪	11月11日	3月10日	11月21日	3月20日	12月1日	12月31日	11月21日	3月20日
軽井沢	11月1日	3月20日	11月11日	3月31日	11月11日	1月20日	11月11日	3月31日
前橋	12月21日	1月31日	1月1日	2月28日	—	—	1月1日	2月28日
熊谷	1月1日	1月20日	1月1日	2月10日	—	—	1月1日	2月10日
水戸	12月11日	2月10日	12月21日	2月28日	—	—	12月21日	2月28日
飯田	11月21日	2月20日	12月1日	3月10日	—	—	12月1日	3月10日
甲府	12月1日	1月31日	12月11日	2月20日	—	—	12月11日	2月20日
河口湖	11月11日	3月10日	12月1日	3月20日	—	—	12月1日	3月20日
秩父	11月21日	2月20日	12月11日	3月10日	—	—	12月11日	3月10日
館野	12月1日	2月10日	12月11日	2月28日	—	—	12月11日	2月28日
上野	12月11日	2月10日	12月21日	2月28日	—	—	12月21日	2月28日
日光	11月1日	3月31日	11月11日	4月10日	11月11日	1月31日	11月11日	4月10日
宇都宮	12月21日	2月10日	1月1日	2月28日	—	—	1月1日	2月28日
舞鶴	12月21日	1月31日	1月11日	2月20日	—	—	1月11日	2月20日
伊吹山	11月1日	3月31日	11月11日	4月10日	11月1日	2月10日	11月1日	4月10日
津山	12月1日	2月10日	12月11日	2月28日	—	—	12月11日	2月28日
彦根	12月21日	1月31日	1月1日	2月28日	—	—	1月1日	2月28日
美濃	12月11日	2月10日	12月11日	2月28日	—	—	12月11日	2月28日
阿蘇山	11月11日	3月10日	11月21日	3月20日	12月1日	12月20日	11月21日	3月20日
剣山	10月21日	4月10日	11月1日	4月20日	10月21日	2月10日	10月21日	4月20日

*室蘭工業大学 准教授・博士 (工学)

**釧路工業高等専門学校 准教授

*Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

** Assoc. Prof., Kushiro National College of Technology