

北海道開発局 開発土木研究所

正会員 ○渡辺 宏

北海道開発局 開発土木研究所

正会員 堺 孝司

日曹マスタービルダーズ(株)中央研究所

正会員 浜辺 謙吉

1. まえがき

一般に、寒中コンクリートは保温養生の付帯設備などにより工事費が増大する。著者らはこれまで、合理的な寒中コンクリートの施工を目指して、無塩化タイプで氷点下においてもコンクリートの強度発現を可能にする耐寒剤について種々の検討を行ってきた。^{1)・2)} その結果、適当な条件下では -5°C 程度の低温環境下においても所定の強度及び耐凍害性の得られることが確認された。しかし、この耐寒剤はアルカリ量が多く、耐寒剤の使用量が多くなるとアルカリ骨材反応の危険性があり、このような骨材に対してはその慎重な利用が要求されていた。このような背景に基づき、最近、無アルカリ耐寒剤が開発された。本研究は、厳寒期において、耐寒剤をコンクリート実構造物に適用した場合の強度特性について検討したものである。

2. 実験概要

現場実験は、北海道上川郡上川町において、平成元年12月19日から実施した。実験に供した構造物は高さ4.00m、長さ10mのコンクリート擁壁である（写真-1）。実験に用いた混和剤は、主成分がポリグリコールエステル誘導体と含窒素化合物である無アルカリ型の耐寒剤（以下、NFと略称）およびAE剤を用いた。あわせて、NFを用いたコンクリートに対して空気量調節剤P_{AES}を使用した。このNFを用いると図-1に示すようにコンクリートの凍結温度が低くなり、NF使用量が多くなると凍結温度も低下する。また、図-2に示すように、NFは初期の水和を促進させる。図-3は室内における凍結融解試験結果の一例であるが、 $w/c=50\%$ 、養生温度 -5°C の場合、耐久性指数が90%と良好であり、耐凍害性に問題はないと言える。セメントは普通ポルトランドセメントで、骨材は石狩川産の川砂（比重2.60、吸水量2.26%、粗粒率2.85）、川砂利（比重2.60、吸水量1.55%、最大寸法40mm）を使用した。コンクリートの配合はスランプ $8\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $5\pm 1\%$ を目標とした表-1に示すものとした。圧縮強度試験用円柱供試体の作成には $\phi 15\times 30\text{cm}$ の円柱の軽量型枠を用いた。その供試体の養生は、現場養生ではビニール袋に密封した状態でおいた封かん養生、合板の箱に保存した合板箱保温養生、厚さ25mmの断熱材の箱に保存した断熱材箱保温養生の3種類とした。コンクリート、シート内および外気の温度データは設置した熱電対からデジタル測定器を介しパソコンにより収録された。圧縮強度試験は、JIS A 1108に従って所定の材令で行った。

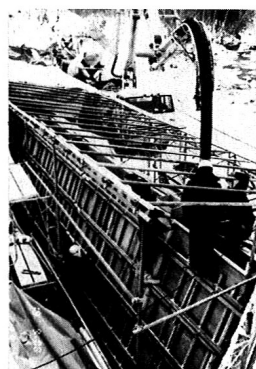


写真-1 NFを用いたコンクリートの打設状況

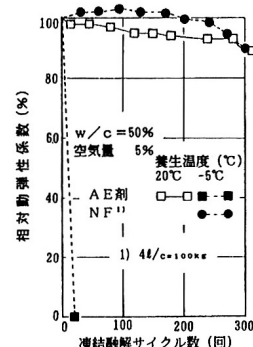


図-3 凍結融解試験結果

耐久性指数が90%と良好であり、耐凍害性に問題はないと言える。セメントは普通ポルトランドセメントで、骨材は石狩川産の川砂（比重2.60、吸水量2.26%、粗粒率2.85）、川砂利（比重2.60、吸水量1.55%、最大寸法40mm）を使用した。コンクリートの配合はスランプ $8\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $5\pm 1\%$ を目標とした表-1に示すものとした。圧縮強度試験用円柱供試体の作成には $\phi 15\times 30\text{cm}$ の円柱の軽量型枠を用いた。その供試体の養生は、現場養生ではビニール袋に密封した状態でおいた封かん養生、合板の箱に保存した合板箱保温養生、厚さ25mmの断熱材の箱に保存した断熱材箱保温養生の3種類とした。コンクリート、シート内および外気の温度データは設置した熱電対からデジタル測定器を介しパソコンにより収録された。圧縮強度試験は、JIS A 1108に従って所定の材令で行った。

3. 実験結果と考察

図-4に耐寒剤NFを用いたコンクリート擁壁の温度履歴をコ

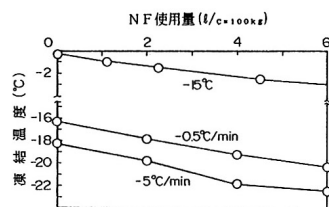


図-1 NF使用量と凍結温度の関係

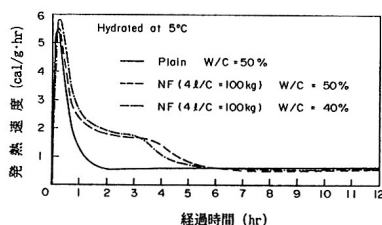


図-2 初期水合発熱特性

ンクリートを打設してから7日まで示す。この間の外気温は最高1.1℃、最低-18.4℃、平均-8.1℃である。擁壁の端部から3mで天端から2mの中心およびその中心の表面から1cmのところではコンクリート温度は常にプラスであったが、擁壁の端部で表面から1cmのところではコンクリートを打設してから7時間でコンクリート温度がマイナスになり、NFを用いない通常のコンクリートでは初期凍害を起こすと思われる。

現場養生における材令と圧縮強度の関係を図-5に示す。耐寒剤NFは封かん養生および断熱材保温箱養生とも材令の経過に伴い強度の増加が顕著である。とくに、断熱材保温箱養生では材令91日でAE剤を用いて標準養生した材令28日の強度に対して100%となった。しかし、AE剤で封かん養生したものでは材令28日で強度比が19%と小さく、材令1日未滿でコンクリートが凍結したと考えられる。また、NFを用いたコンクリート擁壁から採取したコア供試体の強度は、材令91日で断熱材保温箱養生した円柱供試体の強度と同程度であった。

図-6に各種養生をした円柱供試体の場合のAE剤およびNFを用いたコンクリートの積算温度と圧縮強度の関係を示す。NFでは標準養生および現場養生を含めたものにおいて積算温度と圧縮強度に相関関係が認められた。しかし、AE剤では標準養生と封かん養生の積算温度と圧縮強度の相関関係は異なり、同一積算温度での強度は標準養生より封かん養生の方が小さかった。

図-7に円柱供試体の積算温度と圧縮強度の関係（図-6）を用いて推定した擁壁端部の表面から1cmのところにおける圧縮強度の変化を示す。この擁壁端部の表面から1cmのところでは材令1日未滿でマイナスの温度となったが（図-4）、図-7に示すようにNFを用いた場合、材令28日で240kgf/cm²となる。しかし、AE剤で封かん養生したものより推定した圧縮強度は材令28日で65kgf/cm²と小さなものとなる。なお、積算温度は実測した温度より求めた。

4. あとがき

厳寒期において、耐寒剤をコンクリート実構造物に適用した場合の強度特性について述べたが、一般的なシート養生を行なうだけで、十分な強度が得られることが明らかとなった。今後、種々のコンクリート構造物に耐寒剤を試用し、耐寒剤の有効な使用方法について検討していく。

〔参考文献〕1) 渡辺宏、大橋猛、高田誠：耐寒剤を用いたコンクリートの特性、第42回セメント技術大会、1988.5. 2) 渡辺宏、野寺司、高田誠、梅沢健一：耐寒剤を用いたコンクリートに関する2、3の特性、寒地シンポジウム'88 1988.11.

表-1 コンクリートの配合

水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/A (%)	使用混和剤		単 位 量 (kg/m ³)			
		種 類	使用量	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
50	34.3	AE剤	C × 0.02%	148	296	637	1.217
		NF P.A.E	4kg/c × 100kg C × 0.008%	142	284	645	1.235

* セメント重量の0.02%

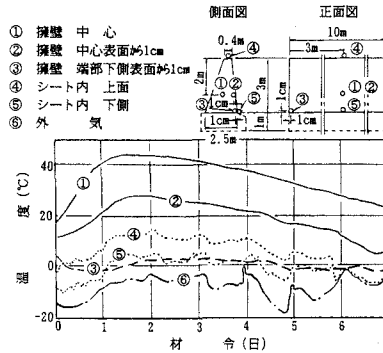
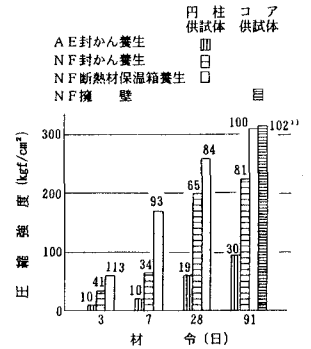


図-4 コンクリートの温度履歴



1) AE剤を用いて標準養生したコンクリート強度に対する比。ただし、材令91日は上記のものに材令28日である強度に対する比。

図-5 材令と圧縮強度の関係

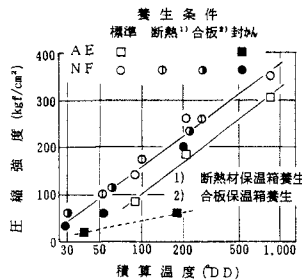
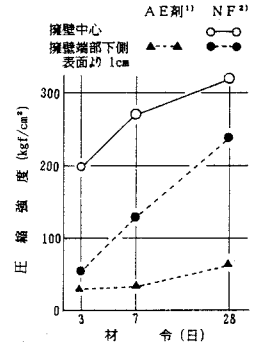


図-6 積算温度と圧縮強度の関係



1) AE剤封かん養生の積算温度と圧縮強度の関係より推定した強度
2) NFの積算温度と圧縮強度の関係より推定した強度

図-7 積算温度から推定した圧縮強度