

V-351

雪を利用したダムコンクリートのプレクーリング試験

電源開発 総合技術試験所 正会員 鍵本 広之

1.はじめに

マスコンクリートでは硬化時に内部温度が著しく上昇し、硬化したコンクリートの温度が降下する過程で温度ひび割れが発生する。現在温度ひび割れの防止対策として単位セメント量の低減、コンクリートのリフト厚や打ち込み間隔の規制、収縮継目の設置、パイプクーリング、コンクリート材料のプレクーリングなどが行われているが、このうちでコンクリート材料のプレクーリングの方法として、従来よりコンクリートの練混ぜ水に冷水を用いる方法、粗骨材を冷風または冷水で冷却する方法、練混ぜ水の一部をアイスフレークで置換する方法が用いられている。本報告は、アイスフレークの代替材料として、豪雪地域に立地されるダム付近の冬期の降雪をダムコンクリートのクーリングに利用可能かどうかを判断するための基礎資料を得ることを目的に実施した室内試験および実機プラントでの練混ぜ試験の結果を報告するものである。

2.試験に用いた雪の品質、加工

試験に使用する雪は3月上旬にバックホウにて集雪し、その表面に厚さ3mmの断熱シート（表面アルミ箔、裏面発砲ポリエチレン）を敷設し貯雪しておいたものである。

練混ぜ試験に先立ち雪の加工を行ったが、実施工を考慮し、雪の加工に極力手間をかけない事を前提に、試験パラメータの一つである小割り雪の加工は除雪機を用いた。この時加工後の雪は1mm程度のザラメ状となった。

また上記の小割り雪の他、比較試験のために用いる未処理雪、大割り雪を以下に示す程度のものとした。（写真-1）

- ①未処理：直径30cm程度の雪片。
- ②大割り：未処理と小割りの中間程度のもの。
- ③小割り：1mm程度の粒（ザラメ状）。



写真-1 加工雪の状況（左から大割り・未処理・小割り）

また加工後の小割り雪は、1日程度の時間経過による再固結は無かった。なお雪の品質は土木学会の水の品質基準を満足していた。

3.練混ぜ試験

3.1 試験内容

練混ぜ水の一部を雪で置換するプレクーリングの適用にあたっては、投入する雪の加工の程度、量（水との置換率）により、練混ぜられたコンクリートに不都合がないことを確認しておく必要がある。今回は、練混ぜたコンクリートが均一なものとなるかどうかを評価することを主な目的として、表-3.1に示す配合のコンクリートで試験を行った。試験ケースは①投入する雪の状態（未処理、大割り、小割り）、②雪の置換率（30,60,100%）をパラメータとして、普通練り1ケースを加えた合計10ケースである。（表-3.2）

試験では練混ぜ後のコンクリート性状の評価項目として以下の項目を設定した。

- ①雪の融け具合の目視観察。
 - ・練混ぜ時の観察。供試体作成による断面観察
- ②フレッシュコンクリートの性状
 - ・スランプ値、空気量、モルタル上昇時間、VB値、VC値など
- ③クーリング効果（練上り温度）、圧縮強度 等

表-3.1 プラント配合

Gmax (mm)	S 0 (mm)	モルタル上昇 時間 (秒)	Air (%)	F/C+F (%)	単位量 (kg/m ³)		s/a (%)
					C+F	W	
80	0~1	5~10	3.5	60	160	104	29

※VB値、VC値は室内試験時のみ測定した。

3.2 実機プラントでの練混ぜ試験

実機プラントを用いた練混ぜ試験は、新潟県南魚沼郡にある生コン工場（2.0m³級2軸強制練りミキサー）で行った。練混ぜ量は1バッチの1.25m³とし、練混ぜ時間は事前検討により45秒とした。また材料の計量・投入は雪、フライアッシュ、混和剤を除いてプラントの自動計量装置を用いた。

ダムコンクリート、プレクーリング、雪の利用、現場試験

〒253 茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-88 電源開発（株）総合技術試験所 TEL0467-87-1211(FAX87-7319)

3.3 実機プラント練混ぜ試験結果

今回の目的は、練混ぜ時に雪が完全に融け、均一なコンクリートが製造できるかを評価する事であるから、使用材料の温度測定に加えミキサー内温度を赤外線カメラにより測定し、雪の融解に影響を及ぼす熱管理に最大限の注意を払った。測定の結果、ミキサー温度が $20 \pm 2^\circ\text{C}$ となった時点で練混ぜを開始した。

実機を用いたプラント試験は平成8年7月中旬に実施したが、試験期間の天気は概ねくもりであり、気温は $20^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ であった。試験の結果を以下に示す。

- ①未処理、大割りのケースでは、置換率60%以上で練混ぜ後のコンクリート中に数個の残雪片が観察されたが、その他のケースで残雪は確認されず、均一な練混ぜ状態と判断できた。
- ②コンクリートのスランプ値はいずれも0 cmであり、モルタル上昇時間、空気量とも、各ケースで大きな差異は認められなかった。（図-3.1）
- ③練混ぜ後のコンクリート温度は雪の置換率が増加すると低下し、クーリング効果が得られた。（図-3.2）
- ④ミキサーから排出されたコンクリートの温度を6箇所計測した結果、雪の置換率が大きくなるにつれて、温度のばらつきが大きくなる傾向が確認された。（図-3.2）
- ⑤硬化コンクリートの断面観察（ $30 \times 30 \times 80 \text{ cm}$ 、フルサイズ）の結果、粗大な空隙は観察されなかった。

3.4 室内における追加試験

プラントでの練混ぜ試験では、コンクリートの性状に大きな差異が認められなかったため、室内にて性状の追加確認試験を行った。

試験を実施したのは小割り雪のケースのみであり、置換率30, 60, 100%に加え、雪を添加しない普通練りの合計4ケースである。

試験は200 ℓ 2軸強制練りミキサーを用いて、フルサイズコンクリートを練混ぜ、40 mmウエットスクリーニング後の試料を用いて行った。

- この時の練混ぜ時間は90秒である。追加試験の結果、
- ①雪の置換率を増加させるにつれて、コンクリートのスランプ値は増加し、VB値、VC値、モルタル上昇時間は減少した。（図-3.3）
 - ②雪によるクーリング効果は置換率が増大する程増大した。（図-3.2）
 - ③40 mmウエットスクリーニング後の供試体（1日で脱型後標準養生）の強度試験の結果、圧縮強度は雪の置換率が増加するにつれて若干低下する傾向が見られるもののほぼ同等と評価された。（図-3.4）

4. まとめ

雪を練混ぜ水に置換してダムコンクリートのクーリングを行う方法の実用可能性について、実機プラントを用いた試験で確認した結果、雪の加工状態、雪の置換率を適切に選定すれば、雪を練混ぜ水の一部として利用することは可能であることがわかった。また置換率が増加するにつれて、練混ぜられたコンクリートの温度は低下し（クーリング効果）、温度低下によるフレッシュ性状の改善（減水効果）が認められた。

なお本手法の実用にあたっては、均一な練混ぜ状態が確保されているか、雪置換によるその他の悪影響はないか等を確認することはもちろんの事、現場プラントに設置されるミキサーでの練混ぜ試験を通して最終仕様を決定する必要がある。

表-3.2 実機プラントでの試験ケース

試験ケース	雪の状態	雪の置換率 (%)	備 考
普通練り	無	—	
Case A-1	未処理	30	プラント試験のみ
Case A-2	未処理	60	〃
Case A-3	未処理	100	〃
Case B-1	大割り	30	〃
Case B-2	大割り	60	〃
Case B-3	大割り	100	〃
Case C-1	小割り	30	
Case C-2	小割り	60	
Case C-3	小割り	100	

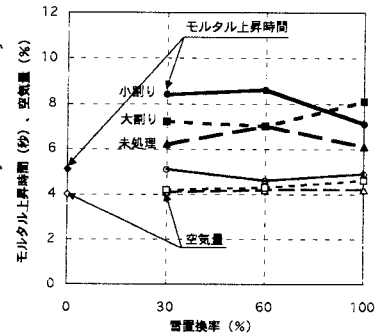


図-3.17 フレッシュ性状の変化（プラント試験）

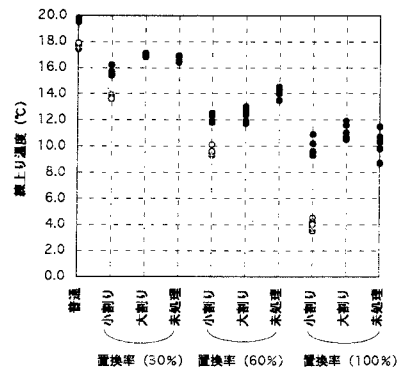


図-3.2 コンクリートのクーリング効果

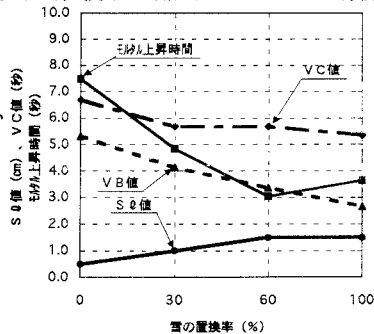


図-3.3 フレッシュ性状の変化（室内試験）

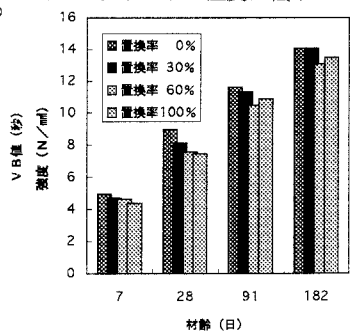


図-3.4 強度試験結果