

VI-8 液体窒素（LN₂）による高流動コンクリートの冷却効果に関する試験施工 —奥三面ダム本体工事—

鹿 島 北陸支店 正会員 木村 淳二
新潟県三面川開発事務所 正会員 峰村 修
鹿島技術研究所 正会員 坂田 昇
鹿島技術研究所 正会員 瀬戸謙一郎
大阪酸素工業（株） 正会員 村松 直人

1. はじめに

奥三面ダムの常用洪水吐き放流管周りの施工については高流動コンクリートを適用すべく、その施工法について机上および実験的検討¹⁾を行ってきたが、高流動コンクリートを適用するにあたっての最大の問題は、単位セメント量が大きくなることによる温度応力の増大であった。その対策の1つとして高流動コンクリートを液体窒素（以下 LN₂ という）で冷却することにより、コンクリート打込み温度を極力低く抑える方法を採用することとした。本報文では LN₂ による冷却効果を定量的に把握するとともに、冷却された高流動コンクリートのフレッシュ性状を確認するために実施した試験施工の結果について報告する。

2. 試験施工の概要

試験施工は、ダムサイト左岸天端のパッチャープラントにおいて実施工で採用した配合（表-1）と同一（セメントは中庸熱ポルトランドセメントを使用）の高流動コンクリートを実機で製造して実施した。

試験施工のフローを図-1 に示すが、ミキサ（強制二軸型、2.5m³）で練混ぜた 2 バッチ（4m³）をアジテータ車に投入後、段階的に LN₂ を投入（噴射）していき、各段階のコンクリート温度における高流動コンクリートのフレッシュ性状を確認することとした。計測する項目はスランブフロー、50cm フロー時間および空気量とし、代表的な温度についてはこれらの経時変化も計測した。

3. 試験施工の結果

図-2 に冷却前のコンクリート温度と温度低減に必要な LN₂ 量を示すが、両者の間には直線関係があり、冷却前のコンクリート温度が 20℃ の場合には 1m³ の高流動コンクリートの温度を 1℃ 下げるのに 20kg の LN₂ 量が必要であることを確認した。

表-2 に LN₂ によって冷却し、コンクリート温度を 23.0℃～11.9℃ に変化させた高流動コンクリートのフレッシュ性状を示す。表-2 に示すとおり、スランブフローおよび空気量ともほとんど変化せず、冷却後もスランブフロー 65±5cm、空気量 4.5±1.5% の所定の性状を

表-1 コンクリート配合

スランブフロー (cm)	空気量 (%)	単位量(kg/m ³)								
		W	C	S	G1	G2	G3	G4	SP	VA
65±5	4.5±1.5	160	533	767	0	0	0	871	12.0	0.16

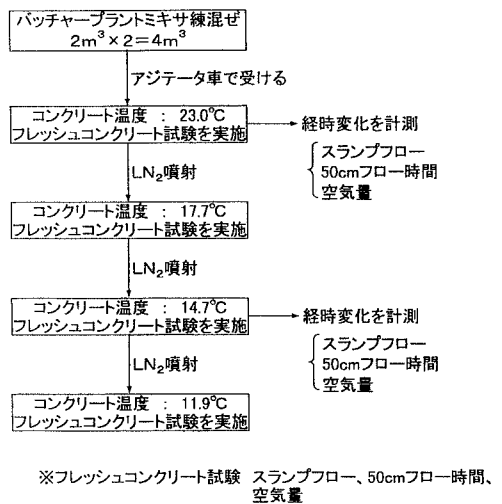


図-1 試験施工のフロー

表-2 高流動コンクリートのフレッシュ性状

コンクリート温度 (℃)	スランブフロー (cm)	50cmフロー時間 (秒)	空気量 (%)
23.0	67.0×66.0	9.7	3.5
17.7	67.5×66.0	11.7	3.0
14.7	70.0×67.5	11.1	3.8
11.9	69.5×68.5	11.0	4.5

キーワード：高流動コンクリート、液体窒素（LN₂）、プレクーリング

奥三面ダム建設工事企業体事務所 新潟県岩船群朝日村大字三面 Tel.0254-50-6111

満足する結果となった。また、50cm フロー時間の変化もわずかであり、 LN_2 の冷却によるフレッシュ性状への影響はほとんどなく、流動性および充填性等の低下がないことを確認した。

図-3 に冷却しない場合と 14.7°C まで冷却した場合におけるスランプフローの経時変化を示すが、冷却の有無による差異はほとんどなく、経過時間 120 分においてはスランプフローがわずかに低下するものの $65 \pm 5\text{cm}$ の所定の性状を満足していることを確認した。

図-4 に空気量の経時変化を示すが、空気量は冷却の有無による差異および経過時間による変化ともに小さく、経過時間 120 分までは、 $4.5 \pm 1.5\%$ の所定の性状を満足している。

図-5 に圧縮強度試験結果を示すが、初期のコンクリート温度は圧縮強度にほとんど影響せず、材齢 91 日では $74.1 \sim 78.9\text{N}/\text{mm}^2$ であった。

また、アジテータ車に LN_2 を噴射する際に、白煙によって視界が悪くなり、施工に支障をきたす可能性があったが、実際には白煙が生じたものの噴射直後には消え、施工には問題がない程度のものであることを確認した。

4. まとめ

以上の結果をまとめると以下のとおりとなる。

- ① 冷却に必要な LN_2 量は冷却前の高流動コンクリート温度と反比例関係があり、コンクリート温度が 20°C の場合は $20\text{kg}/^\circ\text{C}/\text{m}^3$ 程度の LN_2 が必要である。
- ② スランプフロー、空気量等の高流動コンクリートのフレッシュ性状は LN_2 による冷却の影響はほとんど受けず、経過時間 120 分までは所定の性状を満足している。
- ③ 圧縮強度は練上り初期のコンクリート温度にかかわらず、ほぼ一定で、材齢 91 日で $75\text{N}/\text{mm}^2$ 程度である。

以上の結果から、実施工においても試験施工と同一の配合および方法で LN_2 による冷却を実施し、高流動コンクリートの打込み温度を極力低く抑える対策を採用することとした。

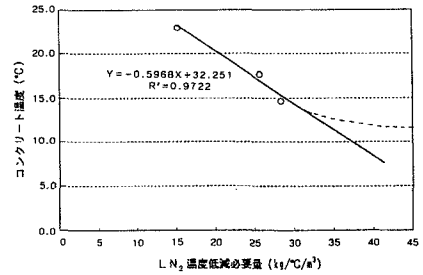


図-2 LN_2 温度低減必要量 ($\text{kg}/^\circ\text{C}/\text{m}^3$)

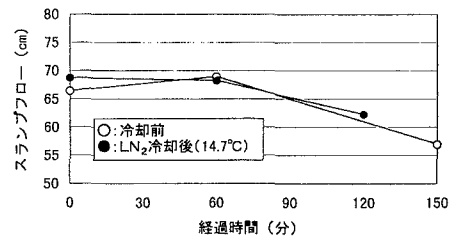


図-3 スランプフローの経時変化

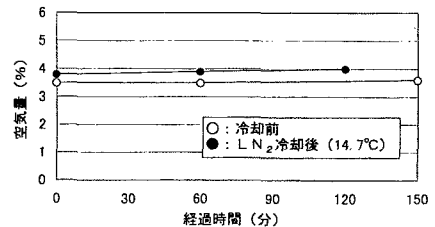


図-4 空気量の経時変化

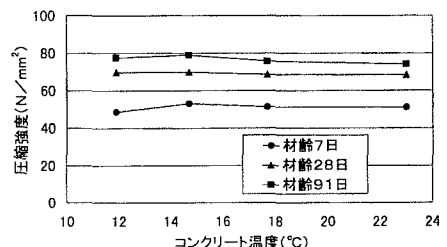


図-5 圧縮強度試験結果

参考文献

- 1) 竹迫 淳、丸山久一、坂田 昇、原 竜也、峰村 修：温度応力を考慮した高流動コンクリートの実験的検討、土木学会第52回年次学術講演会第VI部門、1997.9