

V-72

NTL工法用急硬性コンクリートの温度制御に関する2・3の実験

棚鴻池組 正員 木村政敏
同上 川上司郎
同上 正員 川上正史

1. まえがき

NTL工法（New Tunnel Lining 工法）に使用する急硬性コンクリート（以下、NTLコンクリートと呼ぶ）は、地山と型枠の狭隘な空間へ充填するため、流動性を保持する時間（可使時間）が4分～5分必要であること、および打設終了10分後に脱型することを目標としているので、急硬材添加後10分の圧縮強度（以下、10分強度と呼ぶ）が脱型必要強度 $5\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上に達する性能が要求されている。実施工では、可使時間および10分強度がベースコンクリートの温度に対して影響を受けるので、目標値を満足するにはベースコンクリートの温度を $15^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ の範囲に制御する必要がある。温度の制御対策を行わない場合、夏のコンクリート温度は約 35°C 程度にもなること、また、冬のコンクリートは 0°C 近くになるため、ベースコンクリートの冷却あるいは昇温を行う必要がある。

本報告は、ヒートパイプ式製氷・温水装置により製造したアイスシャーベットおよび温水を用いて温度制御されたベースコンクリートがNTLコンクリートの10分強度および可使時間にどのような影響を及ぼすかを調べ、さらに、装置の有効性についても検討したものである。

2. 実験の方法

使用材料は表1に示す通りである。NTLコンクリートの作製方法は次のようにした。まず、表2に示す配合のベースコンクリート（50ℓ）を二軸水平強制練りミキサ（容量：100ℓ）を用いて60秒間練り混ぜた後、急硬材スラリーを添加し、30秒間練り混ぜNTLコンクリートを作製した。なお、急硬材添加量は、セメント重量に対し15%一定とし、凝結調整剤添加量は、可使時間調整のため、セメント重量と急硬材重量の和に対して0.2～0.45%の間で種々変化させた。また、圧縮試験は、経過時間10分で変位制御式一軸圧縮試験機を用いて行い、載荷速度は0.5mm/min～0.7mm/minとした。

ベースコンクリート温度の制御に関する実験は、冷却の場合、ヒートパイプ式製氷・温水装置を用いて作製したシャーベット（氷と冷水（約 3.5°C ）の混合物）を氷と冷水に分離し、練り混ぜ水に占める氷の割合を0%～88%まで種々変化させ、ベースコンクリート練り上がり温度を測定した。比較用として、制御対策を施さないベースコンクリートの練り上がり温度も測定した。また、昇温の場合には、練り混ぜ水以外の材料温度は 5°C および 10°C とし、上述の装置を用いて、所定の温度になるまで加温した配合量の温水を練り混ぜ水として用いた。

3. 結果および考察

（1）ベースコンクリートの温度と10分強度の関係

図1にベースコンクリートの温度と10分強度の関係を示す。両者の関係を3次の多項式近似曲線で

表1 使用材料

セメント	普通ポルトランド（住友大阪セメント社製）、比重3.15
細骨材	岐阜市・美濃市産（混）砂、比重2.58、F M3.17
粗骨材	岐阜市・美濃市産川砂利 比重2.59、F M6.39
AE減水剤	NT-1000（※）（タリ物産社製）
急硬材	カルシウムサルフォアルミネート系（電気化学工業㈱社製）
セッター	オキシカルボン酸系（電気化学工業㈱社製）

表2 ベースコンクリートの配合

最大骨材 寸法 (mm)	スランブ の範囲 (cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメント 比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
					W	C	S	G	Ad
15	15±2.5	4.5±1.5	47.2	52.0	170	360	900	834	3.6

注）Ad：NT1000（急結材用AE減水剤）C×1%

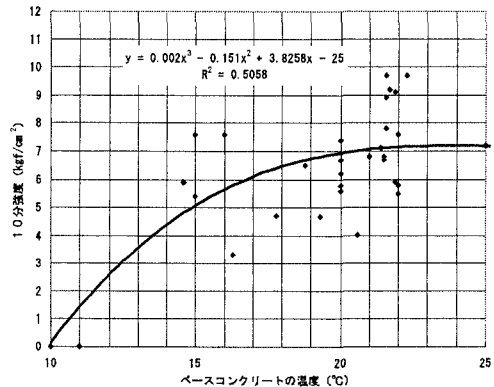


図1 ベースコンクリートの温度と10分強度の関係

示したのが図中の曲線である。測点がばらついており相関が悪いが、この曲線によると、10分強度は、ベースコンクリート温度15℃以下では、温度の低下に伴い強度が急激に減少することがわかる。したがって、実施工において、ベースコンクリートの温度を15℃以下としない対策が必要であることがわかる。

(2) ベースコンクリートの冷却

図. 2は、制御対策を講じないベースコンクリートの温度が26.0℃あるいは31.5℃になる2つの条件について、練り混ぜ水に占める水の割合と練り上がり温度の関係を直線近似でそれぞれ示したものである。図中の直線によると、3.5℃(氷の割合0%)の冷水を使用した場合、温度降下は3.5℃~4.0℃であるが、例えば、練り混ぜ水量の約70%を氷で置換した場合、約10℃~11℃の温度降下が認められる。

図. 3は現場において計測したNTLコンクリート温度の経時変化の例である。図中のコンクリート温度の経時変化を示す曲線によると打設温度25℃以上では、可使時間がほとんど存在していない。^{1), 2), 3)}。よって、実験結果は、アイスシャーベットを用いて夏期のベースコンクリートを25℃以下に制御し、可使時間を保持することが可能であることを示している。

(3) ベースコンクリートの昇温

図. 4に練り混ぜ水温度とベースコンクリートの練り上がり温度の関係を示す。図によると、セメントおよび粗骨材の温度が5℃以上であれば、40℃以上の温水によりベースコンクリートの温度を15℃以上にできることがわかる。したがって、セメントおよび骨材の温度を5℃以上に保持する方法と併用すれば冬期のNTLコンクリートの10分強度確保が可能である。

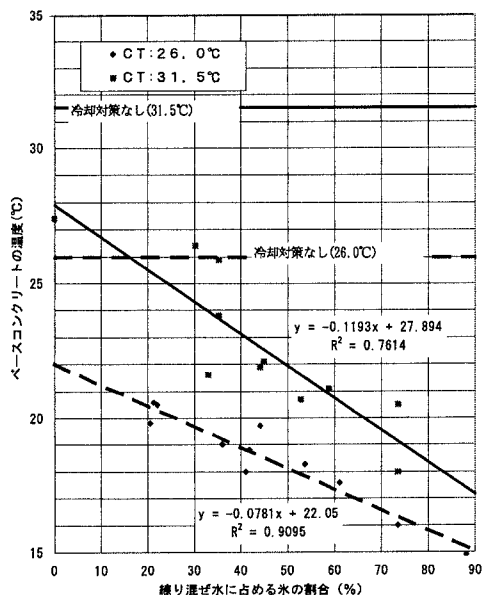


図. 2 練り混ぜ水に占める氷の割合とベースコンクリートの温度

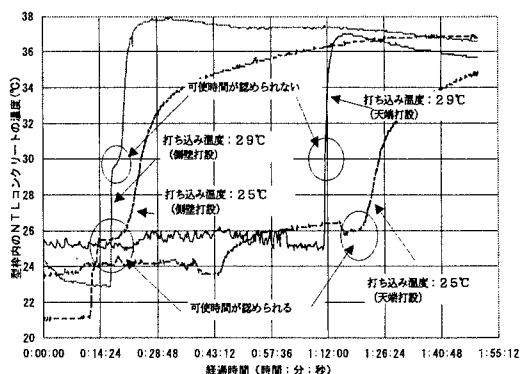


図. 3 現場におけるNTLコンクリートの温度の経時変化

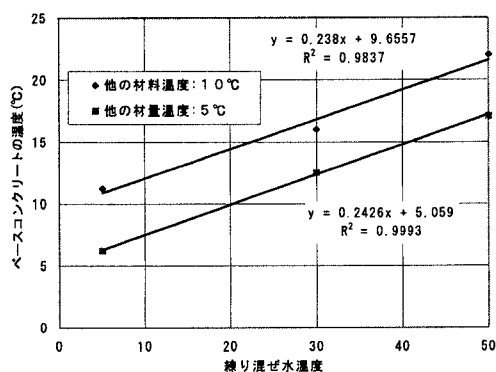


図. 4 練り混ぜ水温度とベースコンクリートの温度

4. 結論

本実験の結果、ベースコンクリートの温度を15℃~25℃の範囲に制御し、NTLコンクリートの10分強度および可使時間の保持に関するヒートパイプ式製氷・温水装置の利用は有効であることがわかった。

参考文献

- 1) 樫村・安部・川上, NTL工法用急硬性コンクリートの型わく脱型時期推定に関する一実験, 第47回土木学会講演集V, P644
- 2) 木村・川上・富田, NTL工法用急硬性コンクリートの可使時間推定に関する一実験, 第47回土木学会講演集V, P646
- 2) 木村・為石・川上, NTL工法用急硬性コンクリートの施工管理に関する一考察, 第48回土木学会講演集V, P134