

冷却した骨材および冷水の使用によるコンクリートの温度上昇抑制

徳島大学工学部 正会員 河野 清
徳島大学大学院 学生員○福田英二
株式会社 アイピー 竹内正之
(株) 牛尾・西阿生コン 山田隆三

1. まえがき

近年、コンクリート構造物の大型化および大量急速施工の増加に伴い、セメントの水和熱に起因してマスコンクリート構造物に発生する温度ひびわれが問題となっている。温度ひびわれ防止のために、コンクリートの温度上昇を低くすることを目的としてブレーキングが注目されている。現在のブレーキング工法は液体窒素を用いる場合が多く、温度低下や吸水率の管理は容易であるが大型化、大量施工に伴い、価格が増大する問題点がある。そこで本研究では、経済性等を考慮して冷水中での冷却骨材と冷水の使用によりコンクリートブロックを作製し、その温度上昇を実測し、あわせて圧縮強度について調査、検討を行った。

2. 実験概要

(1) 使用材料とコンクリートの配合

実験で使用した材料を表-1に、配合を表-2に示す。水和熱に起因する温度応力を低減させるために高炉セメントB種を用い、橋脚の基礎を考慮し現場に近いコンクリートの配合とした。

表-1 使用材料

材料	種別	性質
セメント	高炉セメントB種	比重3.03、比表面積3730cm ² /g
細骨材	香川県三豊群財田町砂	比重2.56、吸水率1.75% F. M. 2.86
粗骨材	香川県三豊群財田町碎石	比重2.59、吸水率1.88% F. M. 6.71
混和剤	AE減水剤ボソリスNo. 70L	

(2) 冷却方法と供試体の作製

氷点チャラー方式の冷却装置を用いて2℃の冷水中に粗骨材を90秒間投入し水槽から取り出した後、脱水コンベアで表面水を切って使用し、細骨材につ

表-2 コンクリートの配合

最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	目標空気量 (%)	目標スランプ (cm)	単位量 (kg/m ³)				混和剤 (cc)
					水	セメント	細骨材	粗骨材	
20	63	46.1	4.0	8±2	178	283	828	980	2940

いては、水の出入りを避けるためビニール袋の中に砂を入れ冷水中で冷却した。余分な表面水は補正計算し練り混ぜ水で調節し、練り混ぜ水には冷水冷却装置より得た2℃の冷水を用いた。温度上昇を測定するために□60×60×60cmのコンクリートブロックを作製した。なお、ブロックを打込む型枠は厚さ10cmの断熱材を板の中間に入れて作製した。

(3) 養生方法と試験方法

コンクリートブロックの中心に熱電対を設置し、夏期の高温成形のコンクリートと冷却骨材と冷水を用いた低温成形のコンクリートおよび外気温の温度変化を測定した。コンクリート供試体の養生は標準養生と断熱密封養生の2種類で行い材令7、28および91日において圧縮強度試験を行った。

3. 実験結果と考察

(1) コンクリートの内部温度に関する検討

高温成形した場合と低温成形した場合のコンクリートブロック中心部の材令による温度履歴を図-1に示す。打込み温度はそれぞれ35.5℃と17.0℃である。冷却骨材と冷水を用いると打込み温度は17.5℃、外気温に対

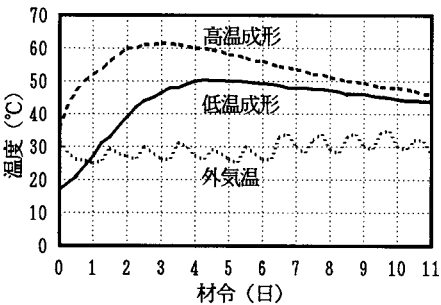


図-1 温度履歴

しては約15℃低下しており、温度上昇量は7.3℃、ピーク温度は11.2℃、ピーク温度に達する材令は1.25日の差がみられた。低温成形すると最高温度までの上昇量は大きくなっているが、最高上昇温度は確実に低下し、外気温との差も減少している。つまり、低温成形のコンクリートは高温成形のコンクリートと異なる温度履歴の傾向を示し、最高温度が大幅に低くなり温度降下が緩やかなため水和熱に起因する温度ひびわれの危険性は非常に低くなるものと考えられる。従って、本実験で行った冷却水と冷水により骨材を冷却したブレーキング工法は、十分な冷却効果があるといえる。

(2) 圧縮強度発現と圧縮強度比に関する検討

表-3の結果にみられるように、断熱養生より標準養生の方が強度発現は良好であり、両養生とも低温成形の方が強度増進率も大となる。28日の強度を基準値の1として、時間による強度増加の割合を示すCEB-FIP MODELと実験値との比較により考察すると、図-2、図-3において横軸は対数で表し材令を1000日までとし、縦軸に28日強度を基準とした比で表している。図より、打込み温度が低い方が圧縮強度の増進率が大きく、圧縮強度比でも長期の材令で良好な強度発現がみられることが明らかになった。これは、一般に初期材令での強度増進が遅いとされている高炉セメントB種を使用し、それに加えて冷却により打込み温度を低くしたためであり、高炉セメントにおいても低温成形すると長期材令の強度発現が良好であることを示している。また、標準養生より断熱養生の方がCEB-FIP MODELの算定式に近似しており、このモデルは水中より気中の条件下の方が適していると考えられる。

(3) 経済性の検討

液体窒素によりコンクリートを冷却する場合、コンクリート1m³を1℃降下させるためには、液体窒素が9～11kg必要であり、液体窒素の価格は約70円/kgとして1m³のコンクリートを1℃下げる価格は約700円必要である。本実験で使用した冷却装置の濁水用循環冷却チャラーは、一般の空調用チャラーに比べ濁水での循環冷却が可能であり、チャラー出口水温が0.6℃と非常に低温の冷水ができる。このシステムはランニングコストもコンクリート1m³を1℃下げる金額は計算上5円以下であり、設備費を考慮しても液体窒素冷却に比べ1/10以下のきわめて低コストである。

4. まとめ

冷水を用いて冷却した骨材と冷水との使用により、夏期の高湿時の施工においてもコンクリートの練り上がり温度を外気温に対して約15℃低く成形でき、これによって水和熱による温度上昇が抑制でき、温度降下も緩やかになり部材内部の温度差が低減するので温度ひびわれの制御にかなり有効である。また、打込み温度の低下によるコンクリートの長期強度改善効果も認められ、経済的にもきわめて有利な工法といえる。

表-3 コンクリートの圧縮強度

		7日 (MPa)	28日 (MPa)	91日 (MPa)
低温成形	標準養生	13.1	27.4	33.6
	断熱養生	16.2	25.4	31.6
高温成形	標準養生	12.5	23.0	29.7
	断熱養生	15.1	25.4	29.4

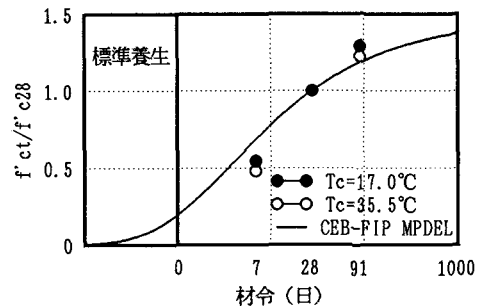


図-2 圧縮強度増加率 (1)

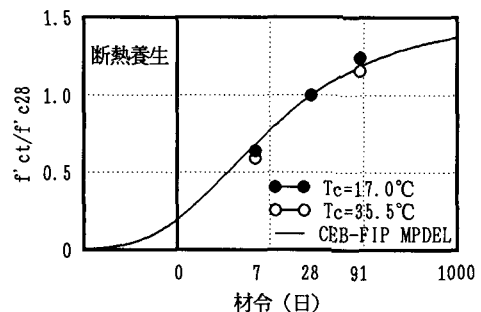


図-3 圧縮強度増加率 (2)