

東急建設(株)技術研究所 正会員 宮城敏明
 東急建設(株)技術研究所 正会員 石川雅美
 東急建設(株)技術研究所 正会員 渡邊弘子

1. はじめに

大型水門工事において、その底版部は、幅81.0m、奥行き28.5m、高さ3.5m(コンクリート量8,080m³)とかなりマッシブなコンクリート構造物であり、温度応力によるひび割れの発生が懸念された。通常、温度ひび割れ発生に対する評価と制御対策は、事前解析等の検討が行われた上で施工方法が決定される。特に最近では、初期欠陥となる温度応力を数値解析によりある程度定量的に評価することが可能になってきた。その結果、施工の方法も含めた温度ひび割れ対策と構造物の品質の関係についても、必ずしも十分とは言えないまでも、事前に把握出来るようになった。

本報告では、その一例として、構造物の耐久性を確保するためにひび割れ発生を制御する目的で行ったパイプクーリングの施工において、構造物に求められる品質に対して、経済的かつ合理的であり、さらにはひび割れに対して過剰な対策とならないように事前に行った検討の内容と、それを実現するための情報化施工技術としての温度・応力計測を実施した結果について報告する。

2. 底版コンクリート打設方法の検討

大型のコンクリート構造物の施工においては、構造物の形状、作業工程およびコンクリートの供給体制などから、打継目を設けた分割施工を避けられないのが現状である。本底版コンクリートは、一体構造として設計されているため、本来施工目地を設けずに底版コンクリートを一度に打設することが望ましい。しかしながら、プラントの出荷能力、コンクリートポンプの打設速度などの制約から一括打設は、困難であった。

以上のことを踏まえて2昼夜連続打設、3ブロック分割打設等、4種類のコンクリート打設方法を比較検討し、最終的に施工上問題となる項目の最も少ない3リフト3ブロック分割打設方法(図.1)を採用した。

3. 許容ひびわれ幅およびひびわれ指数の設定

鉄筋コンクリートの曲げ部材では、ひび割れの発生を認めないとすれば極めて不経済となるので、設計荷重が載荷された場合にひび割れの発生を許すことを前提として設計されている。すなわち、耐力上・耐久性上・機能上問題とならない程度までのひび割れを許容している(これを許容ひび割れ幅という)。今回の施工において、この許容ひび割れ幅を0.3mmと設定して、これに対応するひび割れ指数として万木ら報告¹⁾から、 $I_{cr}=0.8$ を管理基準値とした。

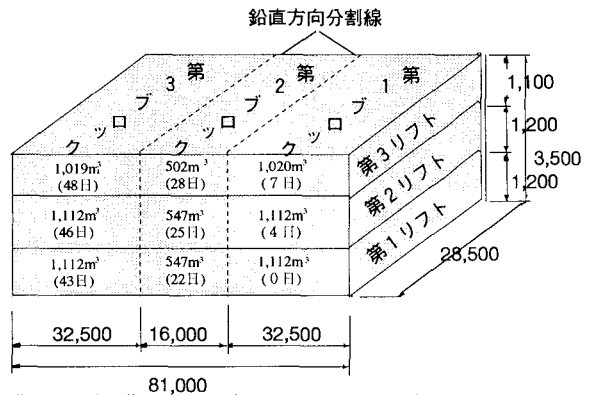
4. パイプクーリングの検討

温度ひび割れ対策として、1)低発熱セメントの使用、2)プレクーリング、3)パイプクーリング、4)ひび割れ誘発目地の施工、5)シートによるコンクリート表面の保温養生、6)鉄筋量の増加などの方法が考えられた。しかしながら、誘発目地については、底版部が一体として設計されていること、およびコンクリート厚が3.5mと厚いことなどの理由により適さず、また、保温養生だけでは十分な効果が得られないことなどにより、対策効果の検討からは除外した。そこで、低発熱セメント、パイプクーリングおよび鉄筋量の増加の3つの対策を実施した場合について、温度解析を2次元有限要素法、および構造物内に発生する温度応力をコンペンセーション・プレーン法(CP法)により事前検討を実施した。

この検討の結果、ひび割れ指数0.8を満足する最も経済的かつ有効な対策工法は、パイプクーリングによる方法であり、この工法を採用した。なお、パイプの配置は横方向ピッチ75cm、縦方向ピッチは各リフトの中央とした。

5. 温度・応力計測管理

本構造物における計測は、パイプクーリングを実施する際のクーリング水の温度を主とする温度の管理を行い、適



() 内の数字は第1ブロック第1リフトコンクリート打設日からの経過日数

図.1 3リフト3ブロック分割打設

切な養生方法をリアルタイムで選定し、パイプクーリング効果の評価、確認することを目的とした。

具体的には、第1ブロック施工時に熱電対(65点)、有効応力計(9点)、無応力計(3点)等の計測センサーを設置し、実測応力が、ひび割れ指数0.8を満足する結果となった事前解析の応力履歴を上回らないようにクーリング水と養生水の温度をコントロールした。

6. 計測結果考察

第1ブロックにおいて、一連の事前解析、計測および事後解析(いわゆる情報化施工)による温度管理を実施することにより、以下のことが明らかとなった。

- (1)コンクリートの温度は事前解析値と計測値とでよく一致している(図.2参照)。
- (2)計測結果では、コンクリートの発熱あるいは外気温の変動に起因して温度ひび割れが発生するようなコンクリート応力は観察されない(図.3参照)。
- (3)CP法による事後の逆解析の結果(図.4参照)では、クーリングパイプを設置した場合のひび割れ指数は1.3となり、ひび割れに対して十分安全であるのに対し、クーリングパイプを設置しない場合を想定して行った解析では、ひび割れ指数は0.7となり、管理基準値0.8を下回る。
- (4)3次元有限要素法による事後解析の結果(図.5参照)では、各リフト間での最大引張応力が14.78kg/cm²であるのに対して、各ブロック間での最大引張応力は16.00kg/cm²と大きくなっている。
- (5)各リフト間および各ブロック間でのひび割れ指数はそれぞれ、1.25および0.94となるが、いずれにしても管理基準値である0.8以上を確保している。

以上のことより、パイプクーリングを採用することより、底版コンクリートにおいて有害な温度ひび割れが生じるような応力は発生していないことが判明した。よって、今回、採用したパイプクーリングは温度ひび割れ対策として効果的であった。

また、今回採用した3リフト3ブロック分割打設方法で施工する場合には、各リフト間よりも各ブロック間での応力が大きくなっていることから、事前に3次元有限要素法による解析を実施し、各ブロック間の応力状態も把握する必要があると思われる。

7. おわりに

今後においても、同種の水利構造物については、施工の過程で有害なひび割れが発生しないように、その品質に対して事前に十分な検計が重要となるものと考えられるが、その際には、数値解析を取り入れた定量的評価によるひび割れ対策の選定と、選定した対策を確実に実施するための計測等による情報化施工技術の適用がいままで以上に望まれるところであると考えている。

【参考文献】

- 1)万木、坂田、壁状構造物に発生する温度ひび割れの実態とひび割れ幅予測、コンクリート工学協会 コンクリート構造物の体積変化によるひび割れ幅制御に関するコロキウム論文集、平成2年8月

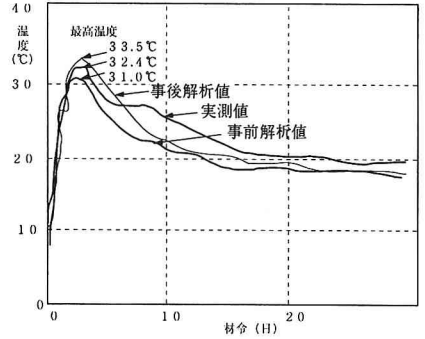


図.2 温度履歴図(第1リフト)

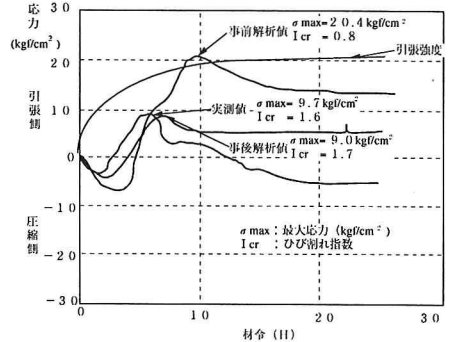


図.3 応力履歴図(第1リフト)

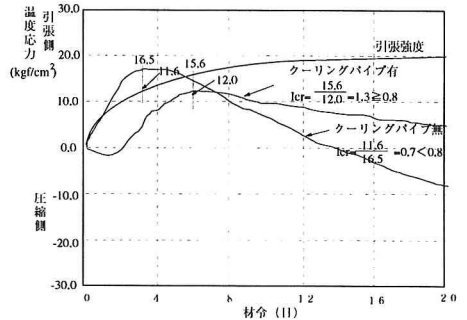


図.4 CP法による事後解析応力履歴図(第3リフト)

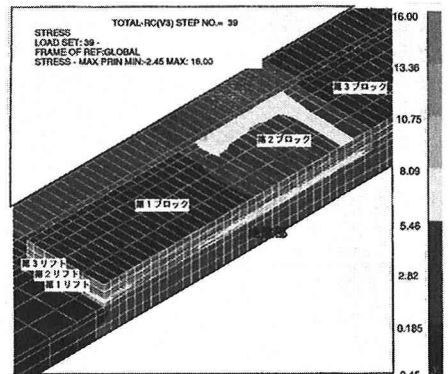


図.5 3DFEMによる事後解析応力分布図