

VI-164

2次クーリングによる温度応力がダム堤体に及ぼす影響に関する検討

鹿島建設(株)北陸支店	正会員	田島	尚樹
鹿島建設(株)技術研究所	正会員	溝渕	利明
新潟県三面川開発事務所	正会員	峰村	修
鹿島建設(株)北陸支店	正会員	大内	斉
鹿島建設(株)北陸支店	正会員	坂田	昇

1. はじめに

パイプクーリングは、打設後のセメントの水和熱による温度上昇を抑制する1次クーリングと対象とするブロックを予想される最終案低温度まで冷却し、ブロック間の収縮継目を開口させるために行われる2次クーリングがある。1次クーリングは温度ひび割れ抑制対策のひとつとして実施されるものであるが、2次クーリングの場合には、止水性及び一体性の点からブロック施工において必要不可欠なものであるものの、比較的短い期間でコンクリート温度を10~20℃低下させることから、温度応力の観点から見た場合、2次クーリングが温度ひび割れを助長する方向にあると考えられる。ただし、2次クーリングが温度応力に及ぼす影響については、これまで検討された事例が少ないのが現状である。

本報文は、2次クーリングが温度応力に及ぼす影響を極力少なくし、かつ所定温度まで低減させるための方法を検討するための第一歩として、温度計測結果を基に温度応力解析を行い、2次クーリングが温度応力に及ぼす影響について検討を行った結果を報告する。

2. 検討の概要

検討の対象としたのは、現在新潟県で建設中の堤高116m、堤長244mのアーチ式ダムの奥三面ダムである。構造物の概要を図-1に示す。2次クーリング実施区間は14mを1ゾーンとして2~4ゾーン行われた。本検討では2次クーリングで4ゾーン実施したブロックを対象に解析を行った。

解析方法は、温度及び応力解析とも2次元有限要素法を用いて行った。解析モデルは、対象としたブロック中央の上下流方向断面でプラグコンクリートも含めた断面として、パイプレイアウトは実施工と同様とした。メッシュレイアウトを図-2に示す。温度解析では、解析結果が堤体内に設置された温度計で計測された2次クーリング実施時のコンクリート温度と一致するようにパイプ壁面の熱伝達率を変化させる方法で行った。応力解析は、岩盤面を固定点として実測値とほぼ一致した温度解析結果を用いて解析を行った。温度応力解析に用いたコンクリートの熱特性及び力学特性を表-1に示す。

キーワード；パイプクーリング、温度応力、ひび割れ、2次クーリング、アーチダム

〒958-02 新潟県岩船郡朝日村大字三面 TEL 0254-50-6111 FAX 0254-50-6118

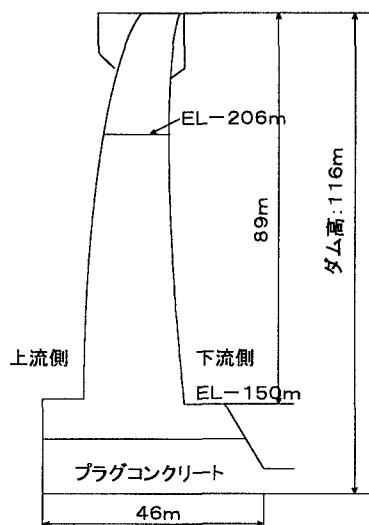


図-1 構造物の概要

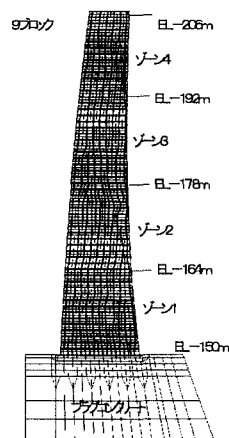


図-2 メッシュレイアウト

3. 解析結果及び考察

温度解析結果を図-3に示す。図-3から、各ゾーンでの温度計測結果と一致させるようにパイプ壁面での熱伝達率を変化させたが、ゾーン2及びゾーン4の温度履歴を十分一致させることはできなかった。これは、2次クーリング実施時の各パイプの流速が常に一定ではなかったためと思われる。また、本検討で用いた熱伝達率は、クーリング実施時の平均流量10 L/分を用いて、流量とパイプ壁面の熱伝達率との既往の関係式[1]から算定した熱伝達率 $230\text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ に比べて小さい値を示した。

次に、温度解析結果を用いて応力解析を行った結果を図-4及び5に示す。上下流方向応力は、クーリング開始後20日において2ゾーンの部材中央部で 1.15 N/mm^2 となり、ひび割れ指数2.64であり、他のゾーンは 1.02 N/mm^2 以下であった。2ゾーンが他のゾーンよりも応力が大きかったのは、監査廊等の構造物があったこと及びハーフリフトごとにパイプを埋設したために、他のゾーンよりも温度降下速度が大きかったものと思われる。上下流方向に対しては、2次クーリングによってひび割れ発生の可能性は小さいものの、施工時温度応力と重ね合せた場合にはひび割れ発生の可能性があるものと思われる。

一方、鉛直方向応力は、クーリング開始後20日においてゾーン2の部材中央部で 1.59 N/mm^2 となり、ひび割れ指数1.91であった。よって、2次クーリングで水平ひび割れが生じる可能性は小さいものと思われるが、打継ぎ部等母材に比べて引張強度の小さいと思われる部位では打継ぎ部の開き等が生じる可能性がある場合も考えられる。堤体の変位については、若干ではあるが下流方向に反る傾向にあったが、全体的には鉛直方向へ縮む傾向にあった。

以上の結果から、2次クーリングによって生じる温度応力でダム軸方向及び水平ひび割れ発生の可能性は小さいものと考えられる。ただし、施工時温度応力等を考慮した場合、水平打継ぎ部の開き等の可能性があると考えられる。

4. まとめ

本検討では、温度計測結果を基に2次クーリングが温度応力に及ぼす影響について解析を行った。その結果、2次クーリングのみではひび割れ発生の可能性は小さいものと思われる。しかしながら、本検討では施工時温度応力の影響を考慮していなかったことから、今後は、施工時温度応力の影響も加味した全体解析の実施及びひびずみ計や応力計の計測結果を基にした解析検討を行っていく必要があると思われる。

〔参考文献〕 田辺忠顕，溝淵利明；パイプクーリングにおける管壁面の熱伝達係数についての検討，第5回コンクリート工学年次講演会講演論文集，1983. 6

表-1 解析条件

項目	解析条件
比熱($\text{kJ/kg}^{\circ}\text{C}$)	1.155
熱伝導率($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$)	2.7
密度(kg/m^3)	2400
表面熱伝達率($\text{W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$)	14
引張強度(N/mm^2)	3.04
弾性係数(N/mm^2)	21800
ポアソン比	0.2

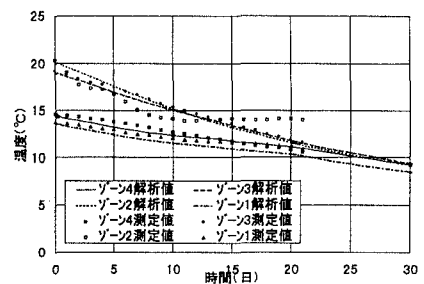


図-3 温度解析結果

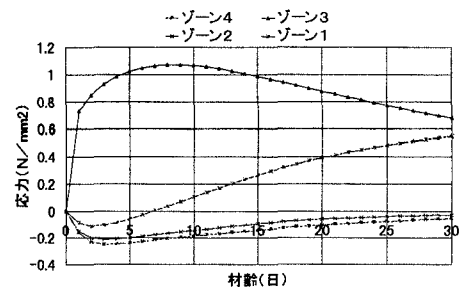


図-4 応力解析結果（上下流方向）

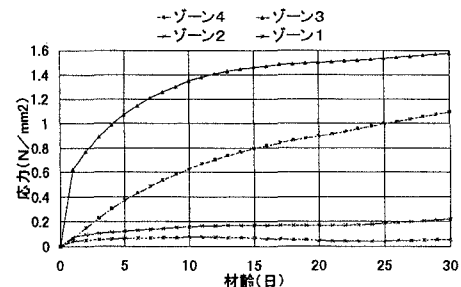


図-5 応力解析結果（鉛直方向）