参考資料 15

# 冷却管による墳丘部の冷却

１．冷却工事の目的

カビ発生による高松塚古墳の壁画の損傷が危惧されている。カビの発生が低温化により抑制されることに着目し、以下の対策工事を検討した。恒久対策工事までの、緊急対策という位置付けである。

低温であるほどカビの発生抑制効果は高い。このため、冷却の目標値としては、石室内面温度を 10℃程度とするが、これ以上の温度でも、以下の温度でも設定が可能である。

２．諸条件

２－１．石室の諸条件

・壁厚＝0.5m程度

・大きさ＝2.66m$^{L}$×1.04m$^{W}$×1.13m$^{H}$(内寸)、3.65m×1.98m×2.20mH(外寸)

・間隙率＝20%(飽和度 Sr=100%)・・・コンクリートと版築の間として

・熱伝導率：k＝2.167(kcal/mh℃)

・初期温度を 17℃

２－２．版築（封土）の諸条件

・土質：砂質ローム（人工土であって、大きなレキはない）

・間隙率と飽和度：

・仮にρｄ＝1.5 とすると、

Ｖｓ＝0.57、Ｖａ＋Ｖｗ＝Ｐ＝0.43

・ｗ＝20％より、Ｖｗ＝0.3

∴Ｓｒ＝0.3/0.43×100＝70％程度

⇒間隙率ｎ=40%(飽和度 Sr=70%)

・熱伝導率：k＝1.475(kcal/mh℃)

・初期地盤温度＝17℃

２－３．版築周辺地盤の諸条件

・地表面～版築上面（ＧＬ－2m程度）の土質は、表土、砂混じり粘土、レキ混じり砂など多様であるが、本計画では版築と同様の土性とした。

・熱伝導率：k＝1.475(kcal/mh℃)

・初期地盤温度＝17℃

・地上部外気温度＝15℃

・表面熱伝達係数α=13kcal/m$^{2}$h

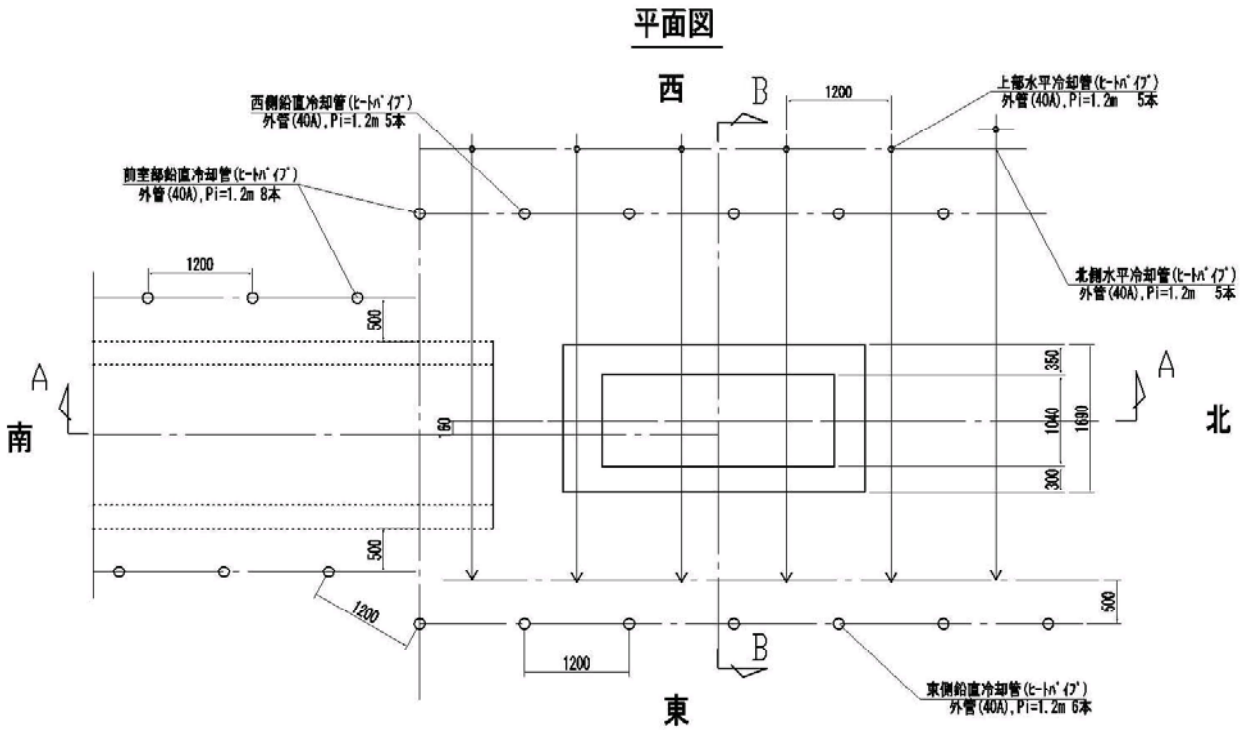
３．冷却工事

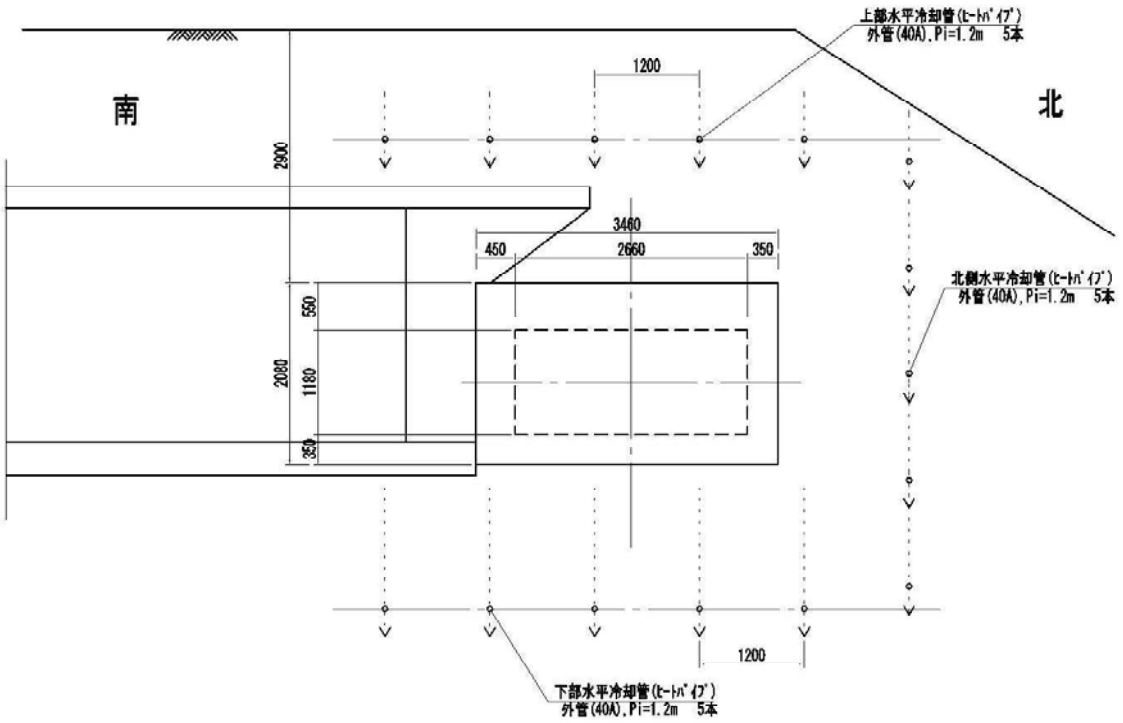
冷却工事は、下図に示すように地表面から埋設した冷却管を、冷却設備によって冷却し続ける。このことにより石室を取り囲む地盤全体の温度を徐々に低下させ、温度差をほとんど生じさせることなく石室内面を冷却することが可能である。

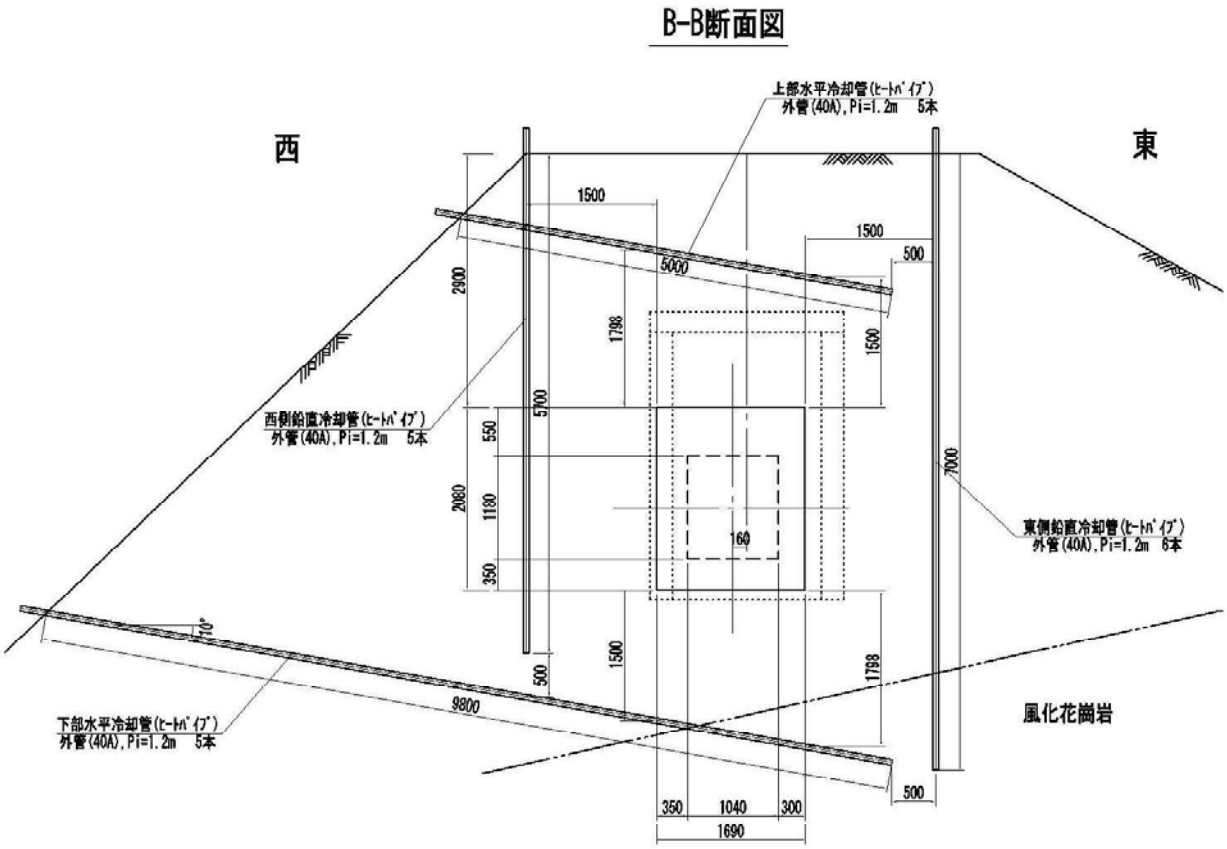
石室外面から 1.5m 以上離した位置にヒートパイプ(実験で使用φ28.5㎜ のタイプ)を配置し石室を冷

却する場合に，石室外側の地盤温度、石室表面温度の経時変化、および内面温度を 10℃以下にするのに必要な日数を、2 次元の熱差分計算を実施して調べた。

下図はヒートパイプの配置例を図に示したものである。






４．予測される温度低下

最大温度差を 1℃に近づけられる冷却管の配置は、２ページに示したものである。

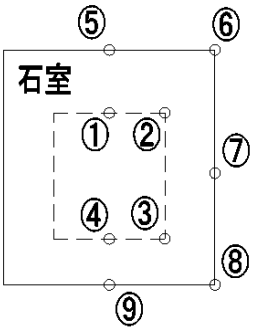
冷却当初から、第二段階の冷却（石室内面温度を 5℃程度にする）にする計算を行った。石室内面および外面の代表的な個所の予測される温度の経時変化を、代表的な個所について下図に示す。２の諸条件と２次元熱差分計算からは、低温対策工事の全期間において、

・石室内面における最大温度差　　＝1.4 ℃

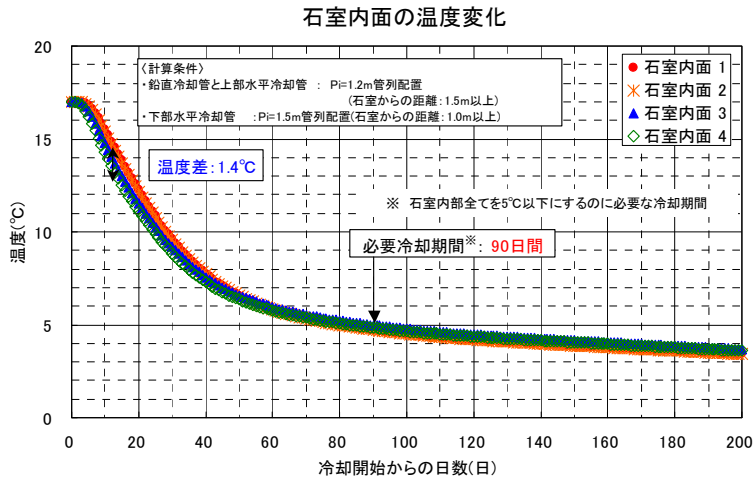
・石室内面と外面との最大の温度差＝1.0 ℃

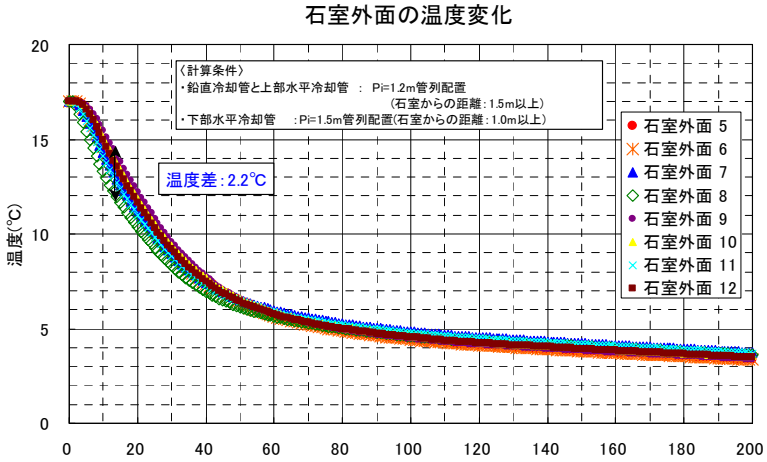
と計算された。

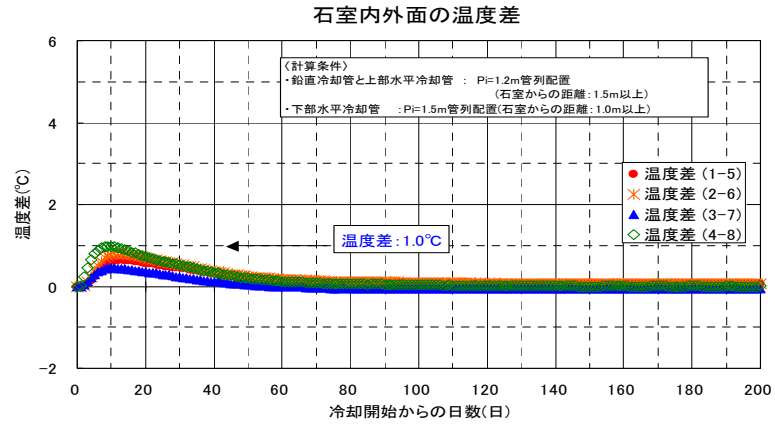
なお、本計算はいくつかのモデル化のもとに近似的に行ったものであるので、今後の詳細な熱計算により温度差や必要冷却日数は多少変化する可能性がある。




（石室温度の計算位置）




## 5．まとめ

この方法では、１０℃以下まで石室部分を均一に冷却することが可能である。ただし、冷却管により石室部分を均一に冷やすためには、石室周囲に直径５ｃｍのヒートパイプ冷却管を３４本程度埋設する必要がある。