

コンクリートの凍害深度に関する解析的研究

東北学院大学 学生会員 田村 毅郎
 東北学院大学 正会員 石川 雅美
 東北電力 成田 健

1. はじめに

昭和初期から中期にかけて東北地方および新潟県に建設された発電用コンクリート構造物は、長期にわたり凍結融解を繰り返す厳しい環境下に置かれ、明らかな凍害劣化が確認されている。これらの構造物は現在でも発電施設として稼働しており、将来にわたっても活用していく必要がある。そのため、凍害劣化した部分のコンクリートをはつり、新たな補修材料を施工するなどの補修を行っている。しかし、補修を行っても数年後には補修部分に再劣化が生じる現象がある。それゆえ、これに対する対策を講じる必要がある。

そこで本研究では、山間部に設置された発電用コンクリート構造物を対象として、凍害による劣化厚さを推定する目的で、凍害深度に関する解析を実施した。具体的には、現地の外気温モデルを作成し、コンクリート中の水分凍結による潜熱を考慮した熱伝導解析を行った。この解析結果をもとに、コンクリート深さ方向の温度分布から深度別の凍結回数の違いを明らかにした。

2. 外気温近似モデル

外気温の年変化は、以下に示す sin 関数を用いて近似する。

$$T = Ap \cdot \sin 2\pi \left(\frac{x - N_0}{365} \right) + Tav$$

ここで、

- T: 日における外気温 ()
- Ap: 年平均気温と年最大(最小)気温との差 ()
- N₀: 年平均気温となる日 (日)
- Tav: 年平均気温 ()

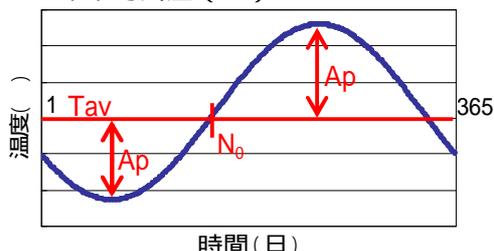


図 - 1 外気温近似モデル

この式において、Ap, N₀, Tav は未知数であるため、アメダスあるいは実測気温データを用いて最小二乗法により値を求める。同様に、1日の外気温の変動も求め、1年間の日変動の近似モデルを作成した。

3. A地点の外気温の測定結果と近似温度の比較

図 - 2 に外気温の測定結果と sin 関数による近似温度を比較したグラフを示す。

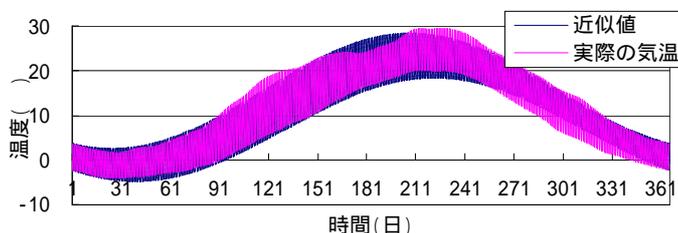


図 - 2 外気温と近似温度の比較

4. モデルの説明・解析に用いたパラメータ

図 - 3 に示すように、水力発電用ダム支柱部分の中央断面を取り出し、さらにその中央をモデル化した。二次元問題として考え、有限要素法による非定常・非線形熱伝導解析を実施した。解析には ADINA-T を使用した。

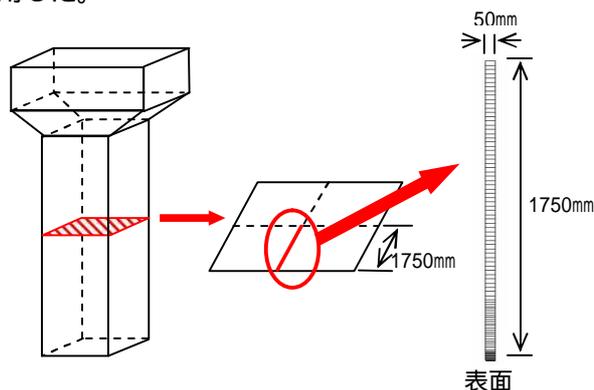


図 - 3 解析モデル

表 - 1 に解析に用いたパラメータを示す。

この表の熱定数は、促進凍結融解試験および気中凍結試験において測定した温度に対して、これに合致するように非線形解析を行って測定したものである。

表 - 1 解析に用いたパラメータ

温度 ()	熱伝導率 (W/mm)	比熱 (J/mm ³)	熱伝達率 (W/mm ²)
-25.25	0.00247	0.002164	0.000014
-20.00	0.00245	0.002183	
-15.00	0.00243	0.002202	
-10.00	0.00241	0.002251	
-5.00	0.00239	0.002309	
0.00	0.00237	0.002367	
5.00	0.00235	0.002375	
10.00	0.00233	0.002386	
15.00	0.00231	0.002396	
20.00	0.00229	0.002405	
25.00	0.00237	0.002415	

5 . 解析結果

図 - 4 に A 発電所(福島)でのコンクリートの表面温度と外気温との比較、図 - 5 に凍結深さを示す。

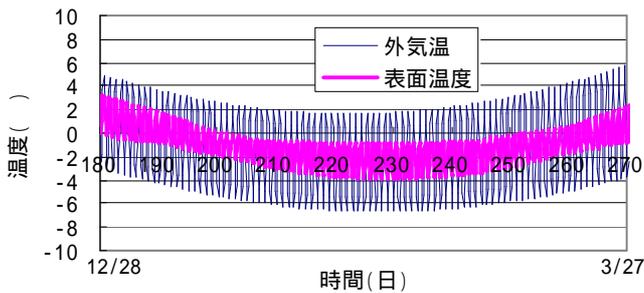


図 - 4 表面温度と外気温の比較

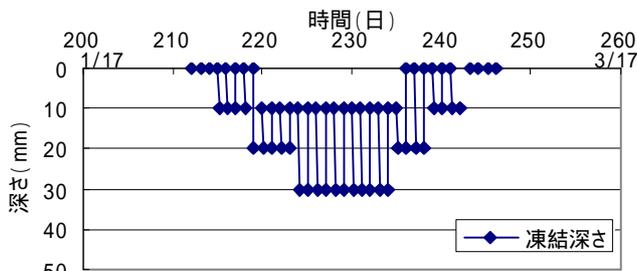


図 - 5 凍結深さ

図 - 6 に A 発電所(福島)、図 - 7 に B 発電所(青森)における凍結融解回数を示す。

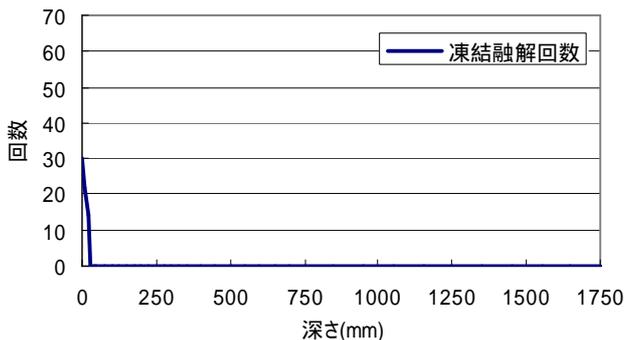


図 - 6 凍結融解回数(A 発電所)

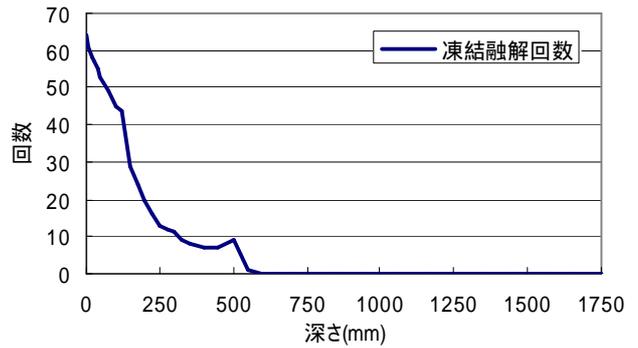


図 - 7 凍結融解回数(B 発電所)

6 . まとめ

sin 関数を用いて日変動も含めた1年間の外気温近似式を作成し、発電所の立地地点で外気温を再現した。また、sin 関数の近似パラメータは、一般に公開されているアメダスのデータから最小二乗法により決定することが可能である。

1年間の外気温近似モデルを用いて実際の発電所における温度分布を計算した。その結果、A 発電所では凍結深さが30mm程度になることが確認された。また、外気温とコンクリート表面の温度を比較すると、コンクリート表面の温度は外気温の平均気温に近いことがわかる。

各発電所における深さ別の凍結融解回数を計算した。その結果、A 発電所では25回程度であるのに対して、B 発電所では65回程度であった。A 発電所ではコンクリート表面でのみ凍結融解を繰り返しているのに対して、B 発電所ではコンクリート内部でも凍結融解が繰り返し発生している。

凍結融解回数は、コンクリートの凍結温度により大きく変化すること、またB 発電所においては、深さ方向におよそ500mmの位置で凍結融解回数が数回程度まで減少することを確認した。

参考文献

- 1) コンクリート標準示方書[規準編] JIS 規格集
「コンクリートの凍結融解試験方法」土木学会
- 2) 田辺忠顕ほか:パイプクーリングにおける管壁面の熱伝達率の決定ならびに冷却効果の解析,土木学会論文報告集, 第343号,1984.3
- 3) 斉藤二郎ほか:極低温下におけるコンクリートの性質,コンクリート工学,vol14,No.8, Aug. 1976