

最適化手法を用いた洞道内温度予測システムの研究

適正な洞道冷却必要時期の把握による冷却設備投資抑制

Research of an Estimation System of Temperatures in Tunnels by applying Optimization Techniques

Reducing the investment in tunnel cooling facilities by comprehending the appropriate installation timing

(基幹系統建設センター 技術G)

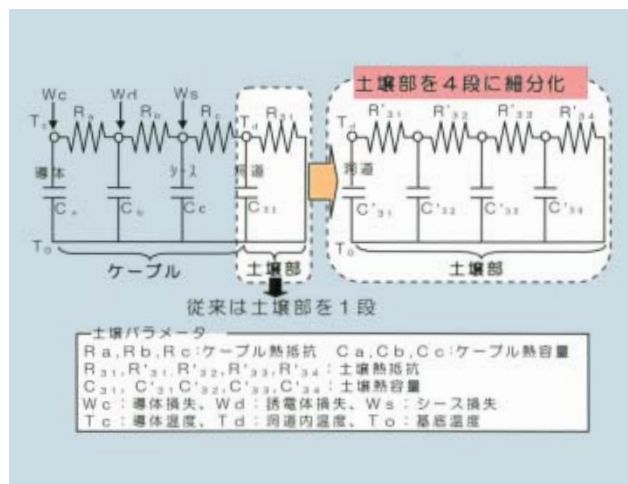
制御分野における最適化手法を洞道温度予測解析に適用し、過去の「負荷電流」や「洞道温度」の実測値を用いて最適な土壌パラメータを求め、それにより洞道内温度を予測する計算手法を考案したことを、技術開発ニュースNo.103で紹介した。その後、引き続き実測データを用いた長期温度予測検証を行い、土壌パラメータ初期値を入れ替えるだけで多くの線路に適用可能な予測システムを確立した。

(Technical Group, Transmission and Substation Constructions Office)

I introduced in RESEARCH AND DEVELOPMENT NEWS No. 103 our idea of estimation method of temperatures in tunnels. The idea was that, after most suitable soil parameters were calculated with measured values of "load currents" and "temperatures in the tunnel" by applying optimization techniques used in the control field, temperatures in the tunnel were estimated. After that, we continuously verified long-term temperature estimation with measured data, and developed the estimation system that is available for many lines only by changing the initial values of soil parameters.

1 研究の背景と目的

当社の超高压地中送電線路は洞道内に布設されており、負荷電流による発熱により洞道内温度が制限値を超えると洞道を冷却する必要がある。このため、洞道内温度を正確に予測し、洞道冷却必要時期を適正に把握することが重要である。従来、洞道内温度解析は、土壌を均一媒体と仮定して導出した土壌パラメータ（土壌熱抵抗、土壌熱容量）を用いて、熱等価回路により算出している。このとき、全ての熱定数を実測で求めることは困難なため文献からのパラメータ引用などにより精度向上を図ってきた。しかし、それらは手間を要するため、簡便な手法が求められている。

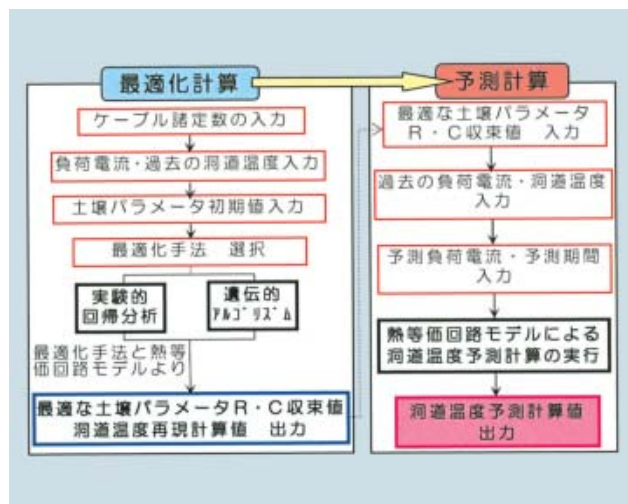


第1図 今回採用した熱等価回路モデル

2 研究の概要

2.1 温度予測システムの概要

筆者は、技術開発ニュースNo.103において、洞道温度の予測計算を第1図の熱等価回路モデルを用いて算出することとし、熱等価回路モデルに要する土壌パラメータを、より実現象に合わせるため、過去の「負荷電流」と「洞道温度」の実測データを用いて最適化手法（実験的回帰分析、遺伝的アルゴリズム）により算出し、これを用いて将来の洞道温度を予測するシステムを第2図のとおり構成したことを紹介した。今回、引き続き実測データを使用し最適化手法を用いた洞道温度予測を行い、この最適化手法が長期予測に適しているか検討し、また予測計算システムの整備を行った。



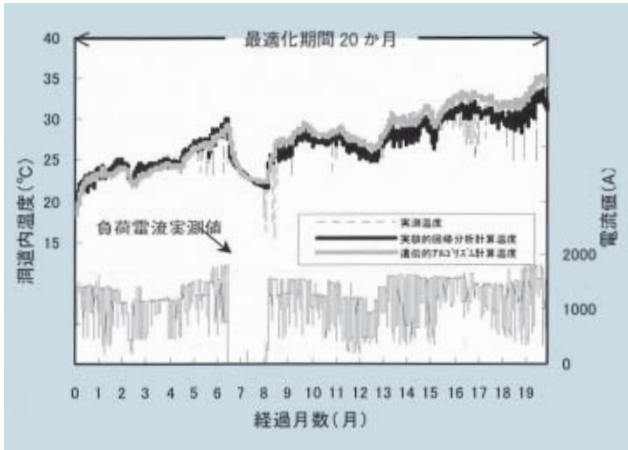
第2図 熱等価回路モデルによる予測計算システム

2.2 実線路データを用いた予測解析結果と考察

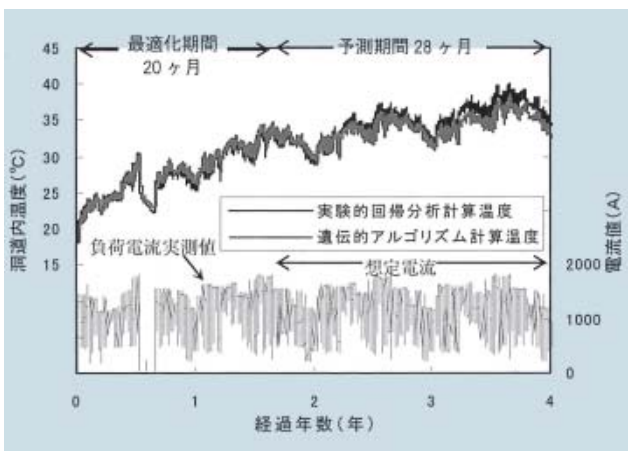
既設超高压地中送電線路の洞道温度実測値と負荷電流データ（運開後約20か月）を用い、2手法による洞道温度の再現および長期予測検証を行った。

(1) 2手法による再現および予測計算結果

20か月分の「負荷電流」と「洞道温度」の実測データを使用して第2図のフローに従い再現計算を実施した後、想定電流値で予測計算を実施した。第3図に2手法による20か月実績データを用いた洞道温度再現計算結果を、第4図に予測計算結果を示す。



第3図 2手法による洞道温度再現計算結果



第4図 2手法による洞道温度予測計算結果

また、どの程度の期間の実績データを用いれば、実現象に合う土壌パラメータが最適化手法にて算出可能か探るため、最適化計算に用いる実績データの期間に応じた土壌パラメータ計算結果をまとめたものを第1表に示す。

第1表 実績データを加算し算出した土壌パラメータ計算結果

パラメータ	単位	実験的回帰分析		遺伝的アルゴリズム	
		17か月データ使用	20か月データ使用	17か月データ使用	20か月データ使用
C31	J/K・m	1.997×10^6	1.997×10^6	9×10^6	1.4×10^6
C32		6.129×10^4	6.105×10^4	2.28×10^8	2.4×10^7
C33		1.016×10^8	1.016×10^8	1.70×10^8	1.21×10^8
C34		1.121×10^9	1.027×10^9	9.10×10^8	2.07×10^9
R31	K・m/W	0.01213	0.01171	0.049	0.0193
R32		0.02288	0.02257	0.067	0.0229
R33		0.06078	0.06078	0.008	0.074
R34		0.3232	0.3228	0.25	1.99

(2) 考察

ア. 洞道温度計算結果について

第3図より、2手法による再現計算は十分な精度であるといえる。また、第4図より、長期予測計算について

3年先まで2手法の予測計算に殆ど差がないことから、両手法とも予測精度は同レベルと思われる。

イ. 実績データを加算し求めた土壌パラメータ計算結果について

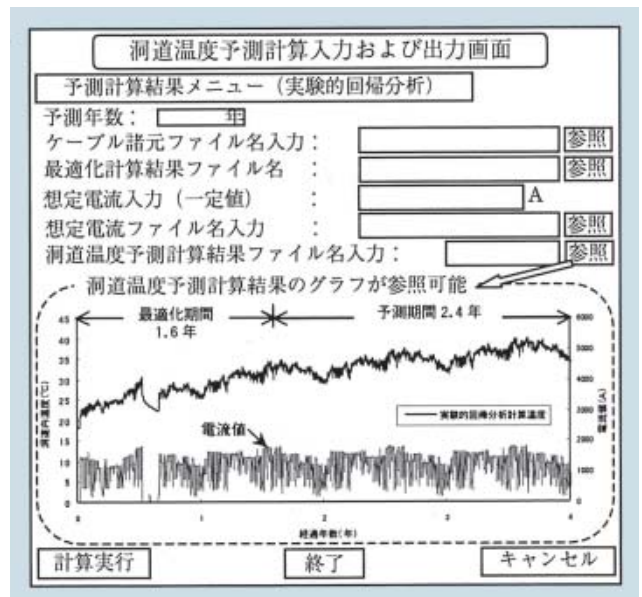
第1表より、実験的回帰分析は、17か月にて各パラメータは収束していると考えられる。一方、遺伝的アルゴリズムは、各パラメータ初期値をランダムに設定するため、収束値は異なる。ただし、予測計算精度には何ら問題がないことから、最適解に限りなく近い組合せが複数存在するものと思われる。

ウ. 評価

主目的である洞道温度再現計算は、1年程度の実測データにて精度良く計算できることが確認でき、汎用的な手法として有効であるといえる。

2.3 予測システムの構築

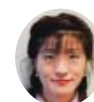
過去の洞道温度・負荷電流および今後の負荷電流の計画値を入力することで、土壌パラメータを最適化したのち洞道温度の長期予測が瞬時に精度良く実施できるシステムを構築した。第5図にそのイメージを示す。このシステムにより、過去のデータと運用計画さえあれば、どの洞道でも精度の高い予測計算が可能となった。



第5図 洞道温度予測計算 入力および結果出力画面

3 今後の展開

本システムを実線路において適用し、冷却設備導入時期の高精度な予測を行う予定である。



執筆者 / 辻 節子
Tsuji.Setsuko@chuden.co.jp