

変動負荷に対応したケーブル送電容量計算手法の検討

ケーブル熱容量を考慮した簡易計算手法に関する評価

Study into a Cable Capacity Calculation Method Corresponding to Fluctuating Load

Evaluation of a Simplified Calculation Technique with Cable Thermal Capacity Taken into Account

(工務部 技術開発G)

現在のケーブル送電容量計算は、導体損失より発生した熱が地中や地上に放散した結果、到達する導体温度を算出して求めている。しかし、導体温度が定常状態に到達するにはケーブルや土壌には熱容量があるためある程度の時間を要する。そこで、従来手法が土壌の熱容量しか考慮していないことに着目し、実測結果を基にケーブル熱容量を反映した変動負荷に対する送電容量計算手法について検討を行い、簡易計算手法を導出して、その効果を確認した。

(Engineering Section, Electrical Engineering Department)

The present method of calculating cable transmission capacity finds the conductor temperature that heat generated by conductor loss reaches as a result of radiation into the ground or on the ground. However, for the conductor temperature to reach a steady state, a certain period of time is required because cables and soil have thermal capacity. Therefore, eyes were fixed on the fact that the conventional technique considers the soil thermal capacity alone. Then, based on measurement results, a method was examined for calculating cable capacity under fluctuating load and with the cable thermal capacity taken into account. A simplified calculation technique was deduced and its usefulness was confirmed.

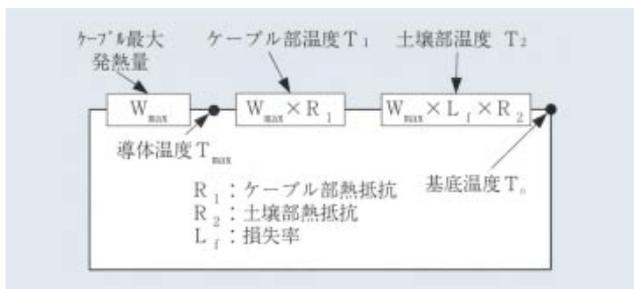
1 研究の背景

現在、ケーブルの送電容量は、日本電線工業会規格⁽¹⁾(以下従来手法)に基づき導体損失より発生した熱が地中や地上へ放散した結果、到達するケーブル導体温度を算出して求めている。しかし、導体温度が定常状態に到達するには、ケーブルや土壌の熱容量によりある程度の時間遅れが発生し、負荷変動が大きい場合にはケーブル導体温度が算定した温度よりも低いケースが存在する。そこで、名古屋市市内の変電所において実線路の負荷パターンを測定して代表パターンを選定し、それを模擬線路に供試して各部の温度を求め、従来手法による計算値(以下従来計算値)と比較を行った。さらに、従来手法が土壌の熱容量しか考慮していないことに着目し、ケーブル熱容量を反映した変動負荷に対する送電容量計算手法を検討した。

2 研究の概要

2.1 導体温度に関する実測値と従来計算値との比較

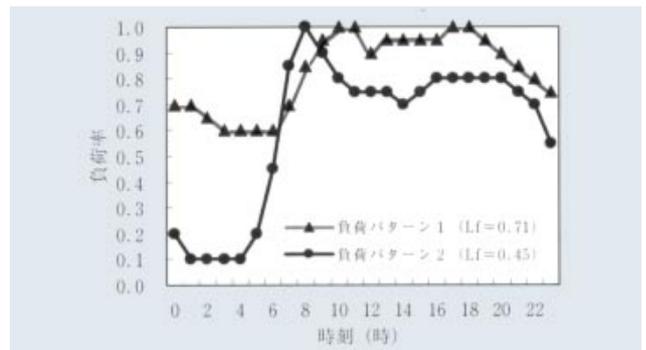
実線路の負荷パターン測定結果を基に模擬ケーブル線路にて通電試験を行い、導体部の温度を測定するとともに従来手法による計算値との比較を行った。従来手法の概要を第1図に示す。試験は、負荷電流による平均損失と最大損失の割合を示す損失率²⁾(L_f)を1.0、0.71(負荷パターン1)、0.45(負荷パターン2)と



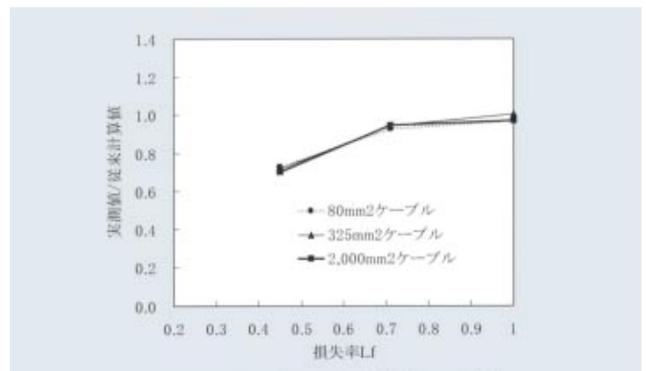
第1図 従来手法の考え方

第1表 供試ケーブル

項目	内容
ケーブル仕様	77kVCV、80mm ² 、325mm ² 、2000mm ² (各1試料)
ケーブル長	有効長さ8m
布設形態	管路(150mm x 1孔) 埋設深さ600mm

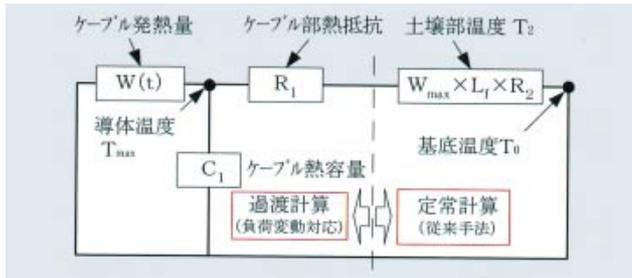


第2図 供試した負荷パターン

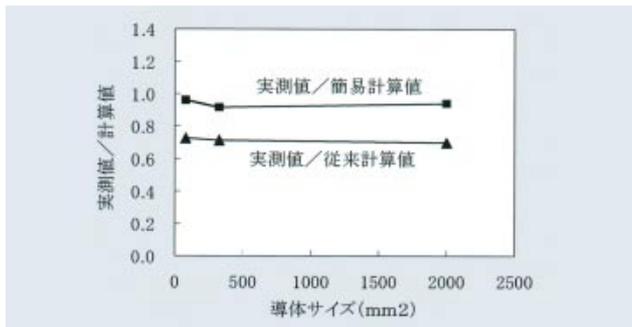


第3図 実測値と従来計算値との比較

して実施した。模擬ケーブル諸元を第1表、供試した負荷パターンを第2図、試験結果を第3図に示す。第3図は導体温度上昇値に関する実測値と従来計算値との比較を示したもので、同図より損失率が小さくなるにつれて実測値と従来計算値との差は次第に大きくなる傾向を示した。また、当該傾向では導体サイズの影響は軽微であった。



第4図 簡易計算手法の概要



第5図 簡易計算値と従来計算値との比較(負荷パターン2の場合)

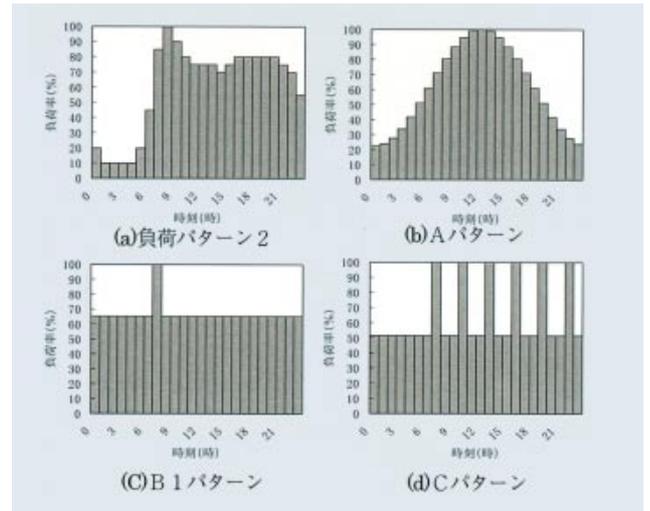
2.2 簡易計算手法の検討

実測値と従来計算値との差がどの部位で顕著であるかを確認するため、各部位毎に実測値と従来計算値を比較した。その結果、土壤部は実測値と従来計算値はほぼ一致するのに対し、ケーブル部は従来計算値が実測値よりも高い値を示すことがわかった。これは、従来手法では考慮していないケーブル熱容量が計算結果に影響を与えていると考えられる。そこで簡易計算では土壤部の温度計算は従来手法を用い、ケーブル部は熱容量を考慮した過渡計算を実施することとした。簡易計算手法の概要を第4図に示す。

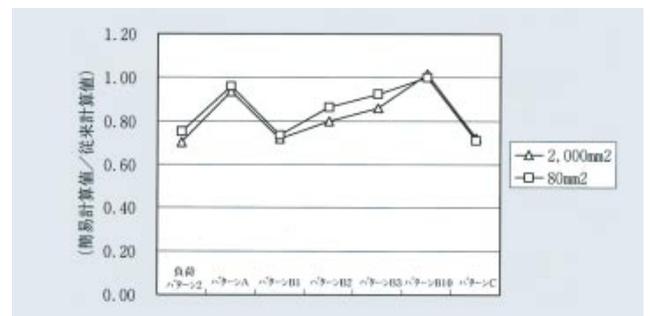
簡易計算手法では、土壤部の温度上昇は従来手法と同様に土壤部全熱抵抗 R_2 に平均発熱量 $W_{ave} [= L_f \times W_{max}(\text{最大損失})]$ を乗じて求め、ケーブル部はケーブル熱抵抗 R_1 とケーブル熱容量 C_1 とによる一段熱等価回路にて負荷変動に対応した計算を行った。第5図に負荷パターン2($L_f = 0.45$)における簡易計算手法による計算値(以下簡易計算値)と従来計算値との比較を示す。同図より、当該負荷パターンにおいて簡易計算値はほぼ実測値と一致(1.0)する結果が得られた。これにより、簡易計算手法は変動の大きい負荷についても精度よく導体温度を推定できることがわかった。

2.3 負荷パターン形状が導体温度に与える影響について

負荷パターンが導体温度に与える影響についてさらに検討を行うため、同一損失率において負荷パターン形状を変化させた時の導体温度上昇値について簡易計算手法および従来手法にて計算を行った。計算では基準パターンを負荷パターン2($L_f = 0.45$)とし、負荷がなだらかに変化するパターンとしてAパターン、負荷ピークの継続時間が短いパターンとしてB1パターン、負荷ピークが断続的に連続するパターン



第6図 負荷パターン例 ($L_f = 0.45$)



第7図 負荷パターン形状の影響

としてCパターンを選定した。ここで、B2、B3、B10パターンは継続する負荷ピーク時間を2、3、10時間としたものである。第6図に負荷パターン例を、第7図に計算結果を示す。

同図より、負荷変動のなだらかなAパターンやB10パターンでは簡易計算値と従来計算値とがほぼ一致した。これに対し、負荷ピークの継続時間が短いパターン2やB1パターンは簡易計算値と従来計算値とに差がみられた。これらより、損失率が同一であっても負荷パターンの形状により導体温度上昇値が異なることがわかった。また、負荷ピークの継続時間が比較的長く続くAパターン等では導体温度上昇値はケーブル熱容量の影響を受けないことが推察される。

3 研究の成果

今回検討した手法による計算精度の向上により、損失率が小さく(例えば $L_f = 0.45$ 程度)、負荷ピーク継続時間が短いケーブル線路(例えば地下鉄へ供給するケーブル線路等)は、従来手法での送電容量計算値より増容量化が期待できる。

参考文献

- [1] 日本電線工業会「電力ケーブルの許容電流(その1)」JCS第168号E版、1995
- [2] 電気協同研究「地中送電線の送電容量設計」第53巻第3号、1998



執筆者/小林真一
Kobayashi.Shinichi2@chuden.co.jp