

東京電力(株) 正 桑原 洋
正 ○島本 正雄
正 清水 保

新潟県の積雪地域を通過する送電線建設地点では、地すべり対策工事に合わせて、地すべりブロックの挙動確認・対策工の機能確認を目的とした恒久的な遠隔計測システムを構築し、実運用に供しているので、ここに報告する。

(1) システムの要求機能

計測地点は、1月から融雪の終了する5月までの間は現地への立ち入りが困難であり、この間に現地の機器にトラブルがあった場合は欠測状態が長期間継続することになるので、計測の連続性の観点から、必要な信頼度が確保されなければならない(新潟県内では、年間の地すべり発生件数の半数が3～5月の融雪期に集中している)。

トラブルの原因として、雷が考えられる。柏崎市から内陸部にかけては、年間雷雨日数が23～33日に達し、システムへの電磁ノイズの侵入によるトラブルが、既存の地すべり計測システム運用上の重要課題となっている。したがって、雷に対する信頼度が高いシステムでなくてはならない。

当社既設送電線における地すべり計測システムの実証試験の故障例と、年間雷雨発生日数が今回の計測対象地点と同程度の地域での既存システムの故障例から、平均故障間隔 (MTBF; Mean Time Between Failure) を推定した。上記観測データを定数打ち切りデータと見なし、総動作時間を T 、故障数を r とするとき、MTBF の信頼区間は、

$$P_r \left\{ \frac{2T}{\chi^2(2r; \alpha/2)} < \text{MTBF} < \frac{2T}{\chi^2(2r; 1-\alpha/2)} \right\} = 1-\alpha$$

で与えられる（信頼率は $1 - \alpha$ ）¹⁾。

信頼率を95%として、上記観測データよりMTBFの信頼区間を求めると、4,440 時間<MTBF<18,500時間となる。なお、上記故障時間の観測データは、指数分布に従うものと見なせる(図-1.2)。

比較検討するシステムは、データ収集装置（ロガー）とセンサーのシステム構成に着目して、既存の14のシステム²⁾の中から、ロガー分散型システムとロガー集約型システムとした。両システムを代表計測地点に適用した場合の信頼性ブロック図を図-3(1), (2)に示す。図-3に示す代替案A, Bの信頼度（＝1－破壊確率） $R_A(T)$, $R_B(T)$ は λ を故障率（MTBFの逆数）として、それぞれ次式で与えられる。

$$\begin{cases} R_A(T) = R_1(T) \cdot R_2(T) \cdot R_3(T) \cdot R(T) \\ R_0(T) = \exp(-\lambda_4 \cdot T) \cdot [1 - \{1 - \exp(-\lambda_5 \cdot T)\}^2] \\ R_B(T) = R_1(T) \cdot R_2(T) \cdot R_4(T) \cdot R(T) \\ R_0(T) = \exp(-\lambda_4 \cdot T) \end{cases}$$

ただし、 $R(T)$ は「 n 個のユニットのうち k 個以上動作している状

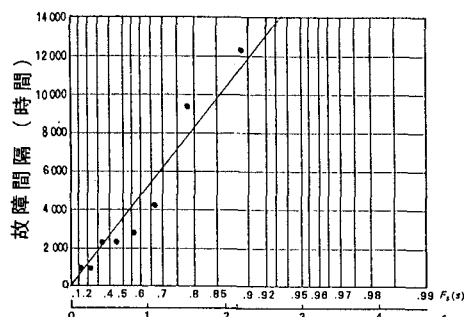


図-1 指数確率紙上の観測値

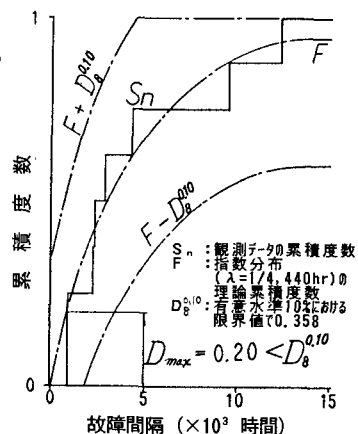


図-2 故障間隔が指数分布($\lambda=1/4,440$)に従うことのKolmogorov-Smirnov検定

態が正常と規定されたシステム（k-out-of-nシステム）」であって、

$$R(T) = \frac{n!}{(n-k)!(k-1)!} \int_0^{R_0(T)} x^{k-1} (1-x)^{n-k} dx$$

で与えられる³⁾。

ここで、MTBFを前述の推定値の下限值4,440時間、その他の構成要素のMTBFは故障時間の観測データの総動作時間88,800時間と仮定して、 $R_A(T)$ 、 $R_B(T)$ を求めた（図-4）。その結果、代替案Aは代替案Bに比較して、全データが欠測する確率は低い、半数以上のデータが欠測する確率は高いとすることができる。言い方を変えれば、代替案Bは半数以上のデータが欠測する確率は低い、一方、全データが欠測する確率は高いとすることができる。

(4) システムの選定

上記の結果及び前述の要求機能を勘案して、当該地点に適合するロガー分散型システムを採用し、1993年10月より本格運用を開始した。なお、現地計測データは、光ファイバー複合架空地線を介して、30～40km遠方の維持管理ステーションに伝送され、日常的に監視が行われている。

3. 計測システムの運用実績

本格運用を開始して未だ半年足らずであり、確定的な評価は行えないが、現時点で判明した事実は以下の通りである。

- ① 1地点の全データが同時に欠測する状態は一度も発生していない。
- ② 計測障害は冬季（11, 12月）に多く発生している。
- ③ 計測障害としては、ロガーの不具合が最も多く、全体の80%を占めている。

一方、センサーの不具合は3%に満たない。

4. むすび

実運用段階での故障事例を整理・分析し、今回適用を試みた解析手法を評価・改良し、より良いシステムの構築に取り組むことが今後の課題である。

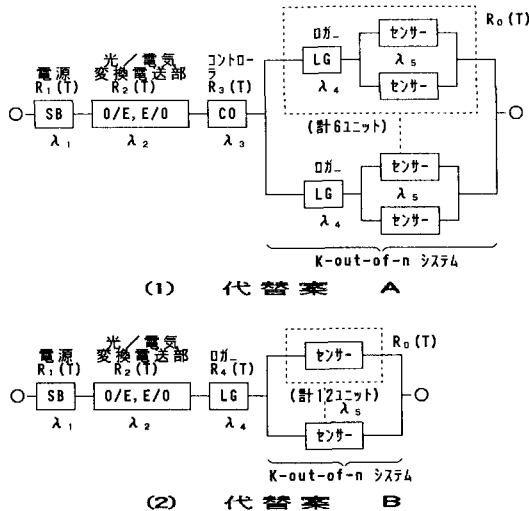


図-3 ロガー分散型システム（代替案A）と
ロガー集約型システム（代替案B）
の信頼性ブロック図

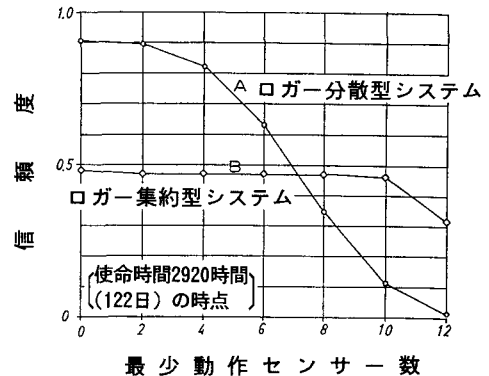


図-4 ロガー分散型システム（代替案A）と
ロガー集約型システム（代替案B）
の信頼度

- 参考文献 1) 真壁 肇：信頼性工学入門，日本規格協会，1990。
2) 建設省：地すべり自動計測システムの開発（昭和61年公募）
3) 三根，河合：信頼性・安全性の基礎数理，日科技連，1989。