

東北電力株式会社 正会員 上田 亨三郎
東北電力株式会社 ○ 坂井 正孝

1. 開発の経緯

東北電力では、昭和26年度から昭和58年度の33ヶ年に発生した導水路事故を分析しマクロ的検討を行った。そして、その結果をもとに、導水路事故の未然防止を合理的に行うため、事故が多く発生した箇所や事故の要因を考慮し重点箇所を定め、導水路の点検・調査および改修工事にあたっている。具体的には、「水力発電所導水路調査・改修工法の手引」を作成し、現在、暫定運用している。

さて、従来、導水路トンネルの点検・調査は、どちらかといえば導水路内部が主体であったが、前述の導水路事故分析の検討結果によれば、事故の約80%は土被り20m未満のトンネルに生じていることが判明したため、導水路上部付近の地表の点検・調査にも力点を置くことにした。一方、昔の発電所については図面の精度が悪く、導水路の位置が地表から分らない場合が多いのが実情である。そこで、導水路の地表部における点検・調査を、より効率的に実施するため、土被り20m未満のトンネルのセンターを、地表に杭などで標示することが必要となった。

しかし、従来の方法でトンネルのセンターを地表に標示する場合、トランシットなどの測量機器を使用すると、次のような要因により、多くの時間と労力を費やすという問題点がある。

- ① トンネル内と地表部と2回測量を実施しなければならない。
- ② 場合により、地表部の樹木を伐採する必要がある。
- ③ マクロ的にセンターを把握したい場合でも、測量の機能上、簡易にならない。

そこで、次のニーズに対応できるような、新調査法の開発に取り組んだ。

- ① 取扱いが簡単で経済的なこと。
- ② トンネルセンターの測定誤差が1m以内であること。
- ③ 土被り30m程度まで調査が可能なこと。

これらのニーズを考慮し、種々、検討したところ、従来、土被り3～5m程度の地中埋設管の探査に使用されているケーブル探査器が、原理的にトンネルセンター探査に応用できると考え、ケーブル探査器のセンサ部分を改良のうえ、試作品により、当社水力発電所のトンネルを使用して探査能力を確認した。

2. 探査の原理

探査の基本的な原理は、電磁誘導法の原理を応用している。

ケーブル（リード線）に交流電流を通電するとケーブルの周囲に交番磁界が発生し、この交番磁界の一部は地表面にも現れる。さらに、この磁界の中にコイルを置くと、磁界の強さや、磁界とコイルの方向に応じた電圧（誘起電圧）がコイルに発生する。そして、ケーブル直上位置でコイルを鉛直にすると電圧は最小（最小感度法）となる。

この原理を利用して図-1のように、トンネル内のセンターに配線されたケーブルの直上位置を地表面から判明させるものである。

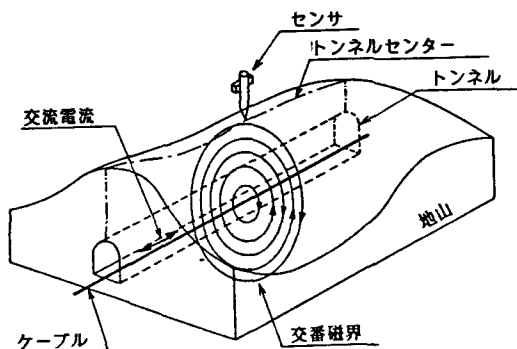


図-1 探査の概要

3. 機器の構成

電磁誘導法によるトンネルセンター探査に必要な機器は、表－1のとおりであり、比較的軽微な機器の構成で探査が可能である。また、探査者は受信器とセンサ（計1.6Kg）を携帯するだけで容易に探査が可能である。

なお、本機器のうちセンサは、今回、導水路の探査用に改良した。

4. 実証試験

本探査器は、センサが試作品であること、さらには、トンネルセンターを地表面から探査する場合のように、30m程度の探査は他に例がないことから、当社、鳥海川第一発電所のトンネルを利用して実証試験を行ない、探査器の能力を確認した。

構成品	概要図	項目	規格
送信器		送信周波数	1 KHz
		送信出力	10dBm：連続・断続切替方
		電源	単1乾電池6本、又はAC100V±15V
		連続使用時間	4時間以上（乾電池使用時、20℃）
		出力端子電圧	端子間にてAC150V（最大）
		寸法・重量	90×280×180（mm）、約3Kg
受信器		受信周波数	1 KHz
		受信利得	100dB以上
		スピーカー出力	約2KHz、70dB以上
		電源	単3乾電池4本
探索センサ		受信周波数	1 KHz
		検知方式	誘導法（コイル）
		寸法・重量	長さ800（mm）、約1300g
ケーブル・接地棒		ケーブル寸法	2mm以上

表－1 探査器の仕様

確認項目と結果は表－2のとおりである。

確認項目	結 果
①探査の誤差	実用上、トンネルセンターをマクロ的に把握できる能力が、この探査器にあるか否かを確認したものであるが、誤差は最大でも37cmと、許容誤差である1m以下となった。したがって、この探査器にはトンネルセンターをマクロ的に把握できる能力があることが確認できた。
②センター追跡の指向性能	本探査器には、センサを水平方向にして、左右に回転させることにより、ケーブルの方向、いわゆるトンネルセンターの方向を追跡できるという性能を有している。この性能について確認したところ、地質が、土砂や硬岩を問わず、土被り30mでも機能が十分に発揮できることが確認できた。 なお、この性能は、探査に要する時間の節減を可能にする。
③土被り測定の誤差	本探査器では、直接、土被りを計測・標示できないため、地表2点からトンネル方向を定め、三角測量の要領で土被りを算出した。その結果、実測値との誤差は3から9mと、本装置をこのまま使用しての土被り測定は精度上困難であり、今後、角度測定の精度の向上などが必要であることが判明した。

5. 今後の展開

以上のように、電磁誘導法によるトンネルセンター探査は、土被り測定に今後の課題は残るものの、土被り20m未満のトンネルセンターの標示に十分対応できる方法であることが確認された。

また、この方法は、従来の直接測量によるトンネルセンター調査に比べ、簡易な方法であることから

① 調査期間の短縮 ② 調査費の節減 が可能と考えられる。

したがって、当社では、この調査方法を、トンネルセンター標示の一手法として、昭和61年度より採用しており、今後とも、活用していく計画である。