

## 工務関係技術特集

工務部門は送変電設備および水力・風力発電設備の構築・保守を分掌しています。平成17年に迫った高圧のお客さまへの電力自由化の拡大など、これまで以上に当社を取り巻く経営環境は厳しい状況が続いている中で、工務部門においては、「価格競争力強化のための技術開発」に最も重点をおき、「電力安定供給」ならびに「環境保全」に関する技術開発にも積極的に取り組んでいます。なお近年の電力需要の伸び悩みから、「価格競争力強化のための技術開発」に関しては開発の軸足を建設から保守・運用面にシフトし、成果を上げてきています。本特集では、今後より一層必要性が見込まれる保守運用面のコストダウン技術や設備更新費用のコストダウン技術について、最近のトピックを紹介します。

### 発電技術

発電分野では水力発電所、変電所に設置されている各種機器・設備に関する多種多様な技術開発に取り組んでいます。ここでは、既設設備の徹底活用・保守管理費のミニマム化および設備更新を考慮した新型装置の開発などを紹介します。

#### 1 小水力発電所の状態監視装置の開発

今後、水力発電設備の最適な点検時期を見極めるため、各種センサー(温度、圧力、振動等)のデータを長期にわたり収集・蓄積し、解析する診断技術が必要となります。このため、各種データを蓄積し、外部から異常兆候を捕らえる安価な小水力発電所用の状態監視装置を開発しました。

##### 1.1 システム構成

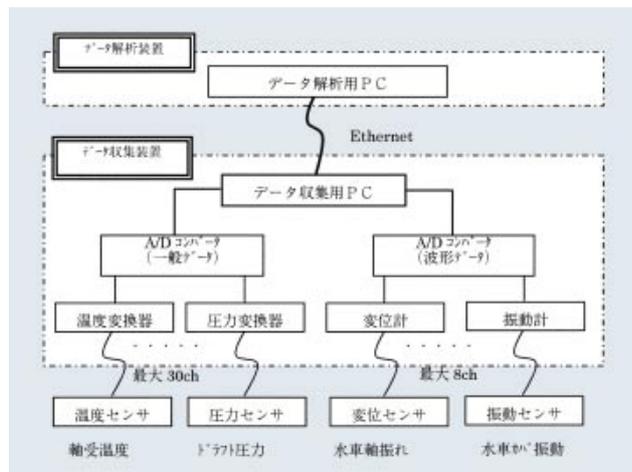
開発した装置の基本システムを第1図に示します。ネットワーク監視への適用拡大を考慮し、データ収集装置およびデータ解析装置は分離したシステム構成としています。

データ収集装置に蓄積したデータは、LAN接続によりデータ解析装置に転送し、トレンド評価・FFT解析などを行うものです。装置外観およびデータ表示例を第2図に示します。

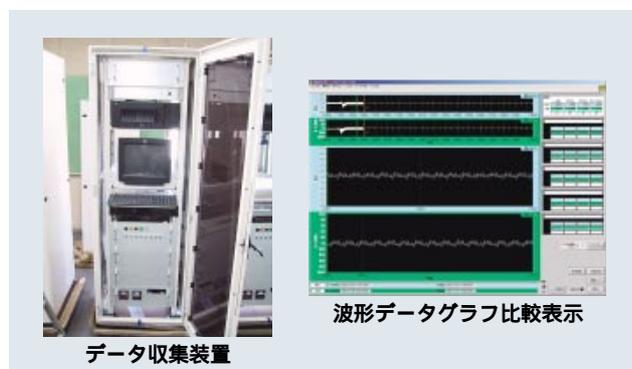
##### 1.2 一般仕様(収集・解析ソフト)

コスト低減および画面構築の自由度が要求されるため、汎用PC・汎用解析ソフトから選定しました。

装置開発にあたっては、サンプリング周波数の適正



第1図 基本システム図



第2図 装置外観およびデータ表示例

化およびノイズ対策により、測定精度の向上・収集容量の増加を図るとともに、データ収集・機能検証の結果から実用上問題ないことを確認しました。

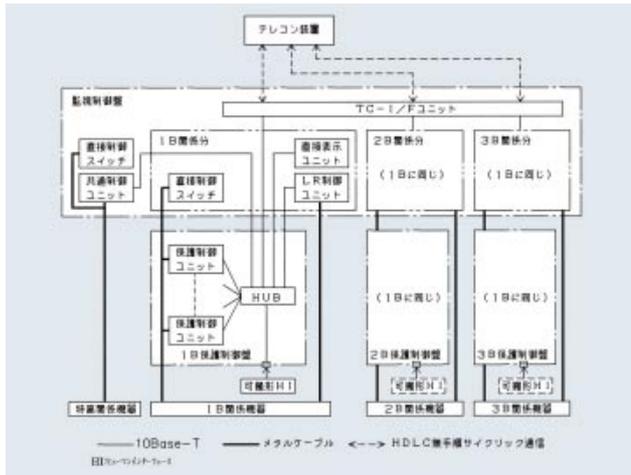
なお、本装置は運転データの収集・蓄積および水車内部の劣化状況との相関性調査を可能とし、今後の外部診断技術の向上に寄与するものです。

#### 2 配電用変電所次期保護制御システムの開発

配電用変電所の保護制御装置はその設置数が多く、至近年に増加する設備更新に対応するため、コストダウンが急務となっています。そこで、近年急速な進歩を遂げた電子技術・情報通信技術を取り入れると共に機能のスリム化を図り、経済性と信頼性を両立する新形の配電用変電所保護制御システムを開発しました。

##### 2.1 システム構成

システム構成を第3図に示します。信頼性、保守性に優れた現行装置の回線単位ユニットおよびバンク独立構成を踏襲しました。また、ユニット間通信には低コスト化を図るため汎用技術であるイーサネットLAN(10Base-T)を適用しました。



第3図 システム構成図

## 2.2 ユニット構成

### (1)保護制御ユニット

保護機能と遠隔制御機能を1ユニットに収納する一方、各機能は電源部、CPU、入出力部をハード分離することにより、相互に影響を受けない構成としました。

### (2)直接表示と直接制御部

変電所での直接監視制御は故障表示用に汎用パネルコンピュータを用いた直接表示ユニットと機器制御用に保護制御ユニット故障時のバックアップ制御を兼ねた小形スイッチで構成しコストダウンを図りました。

## 2.3 装置構成

保護制御盤(1面/バンク)と監視制御盤(1面/変電所)の4面/3バンクで構成し、現行装置(6面/3バンク)から盤面数の削減を図りました。

以上のように、保護制御ユニット、イーサネット、汎用品の適用により、経済性と信頼性を両立させた保護制御システムを実現しました。また、盤面数の削減により省スペース化を図ると共に工事コスト低減を可能にするものです。

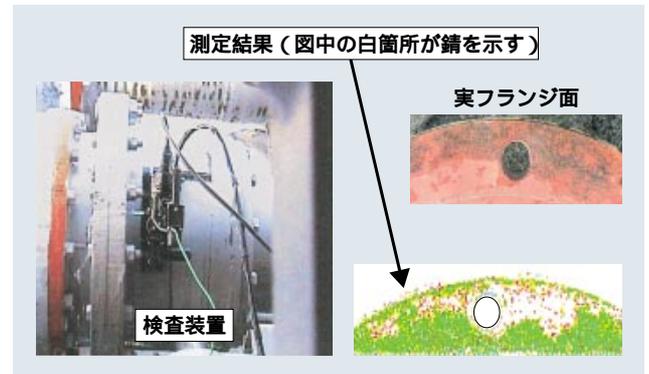
## 3 GIS外部診断・現地補修技術の開発

ガス絶縁開閉装置(GIS)の初号器を1969年に導入して以降30年以上が経過しました。今後多くの設備が更新時期を迎えるため、その寿命評価および寿命延伸対策の確立が必要となります。今回、一部の撤去GISによる劣化度調査を実施し、その結果ガス気密性能の維持がGIS寿命にとって重要であることを明らかにしました。そこで、ガス気密部の寿命評価および寿命延伸を目的に、GISの外部診断技術およびガス漏れ現地補修技術を開発しました。

### 3.1 フランジ内面の外部診断技術

ガス漏れに至る前に、ガス気密部であるフランジ内

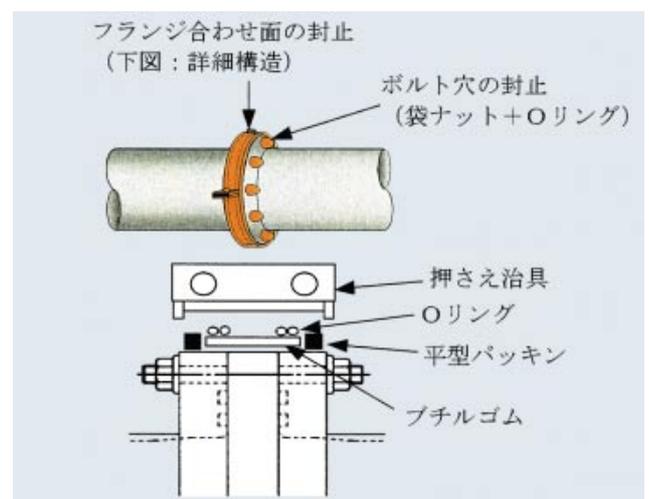
面の発錆状態を外部から診断し、その健全性を把握することは寿命を評価するうえで、重要な項目の一つです。本手法はフランジ外面より超音波を入射し、ガス気密面から得られる底面反射波の減衰量によりガス気密面の表面状態を診断するものであり、第4図に示すようにフランジ内面の発錆状態の確実な診断が可能です。



第4図 実器を用いた検証試験結果

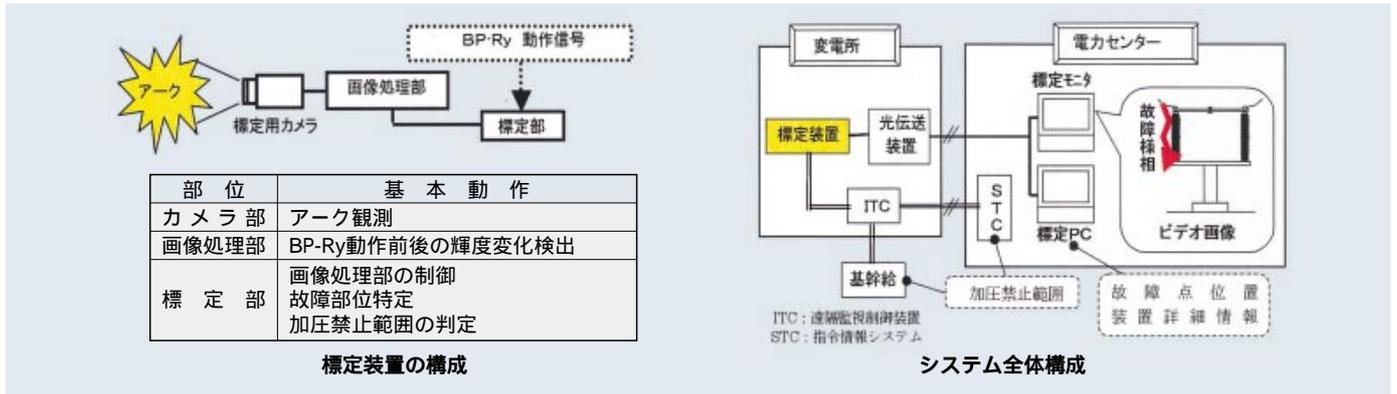
### 3.2 ガス漏れ現地補修技術

GISにおいてガス漏れが発生する頻度は極めて少です。しかし、一旦ガス漏れが発生した場合、設備の長期停電や重機による機器本体(タンク)の解体を要し、大規模な改修が伴います。そこで、運転状態(タンク解体を伴わない)にて補修可能なガス漏れ封止装置を開発しました。第5図のように、フランジ部には未加硫ブチルゴムをはじめ、はみ出し防止用の平型パッキンおよびOリングを最適配置し、四分割型治具にて固定する構造、またボルト部には袋ナットにOリングを組み合わせることにより効果的なガス封止を実現しました。



第5図 ガス漏れ封止構造(上図:全体構造、下図:詳細構造)

今回開発した外部診断および補修技術は、今後増加する高経年設備に対し、長期設備停止の回避、劣化更新時期の延伸および合理的な更新計画の立案を可能とするものです。



第6図 ITV故障点標定装置の基本構成

#### 4 気中変電所用 故障点標定装置の開発

故障点標定装置は、変電所の母線故障時に故障部位を特定し、遠隔操作による健全回線の復旧を支援するための装置であり、気中変電所用として実用化に至っているものには光CT方式があります。しかし、この方式は高精度であるものの絶縁信頼性やコスト面での課題が多く、また500kV変電所用は未開発でした。このため、低コスト・高精度(光CTと同等)かつ母線に影響を与えない気中変電所用故障点標定装置の実現に向け、今回、近年技術進歩の著しいデジタル画像処理技術を適用した故障点標定装置を開発しました。

本装置の基本構成を第6図に示します。母線故障発生時の母線保護継電器(BP-Ry)の動作信号をトリガに標定を開始し、複数台設置した標定用カメラにより故障点を特定します。また、故障点標定結果および保護リレー情報・機器開閉情報等を総合判定し、加圧禁止箇所および故障ポイント、故障発生時の詳細画像などを運転保守箇所に伝送するものです。

なお本装置は、「アーク光+アーク残熱検出技術」、「複数カメラによる三角測量位置標定技術」等の特徴とし、悪天候・死角・複雑な母線形状などの悪条件下でも故障点の確実な標定を可能としました。

#### 架空送電技術

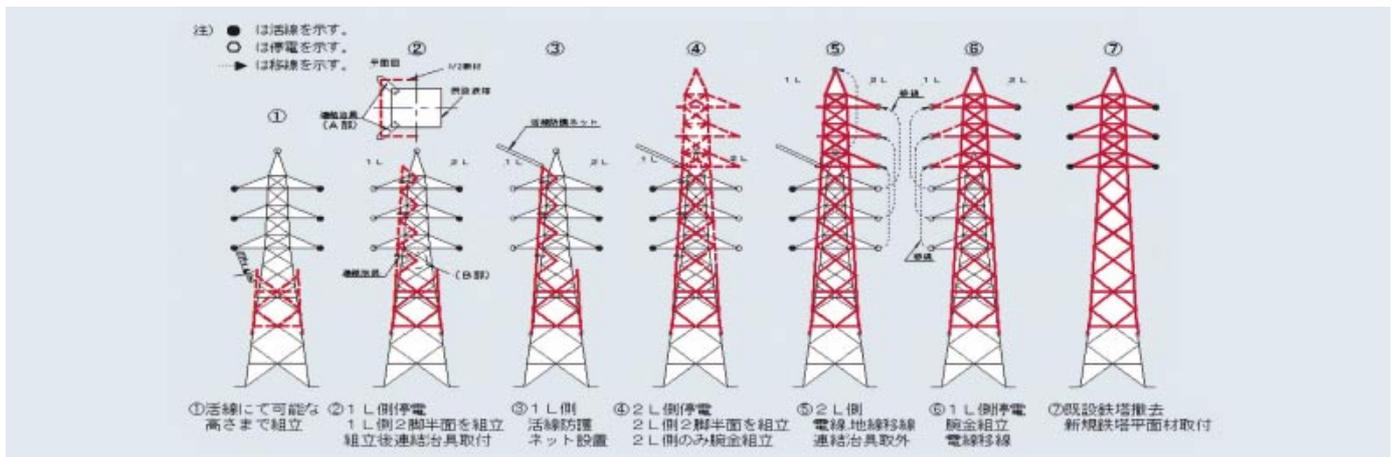
架空送電分野では鉄塔・がいし・電線および架空送電用の各種部品・装置に関する技術開発に取り組んでいます。ここでは、設備更新の低コスト化や保守管理費のミニマム化に資する技術開発状況の一部について紹介します。

#### 1 既設鉄塔建て替え工法の開発

既設送電線を長期間停電することなく、低コストで仮工事を省略できる下記工法を開発しました。これらは実用性が高く、当社のみならず他電力にも採用され、鉄塔建替費用の削減、特許料収入の増加に寄与しています。

##### 1.1 2脚1/2面包み込み工法

送電鉄塔は、4脚同時に組立てる工法が標準的に採用されていることから、建替工事では、鉄塔上部を全て停電させた上で組立てる必要がありました。しかし、今回の工法では、第8図に示すように、1回線の停電で施工し停電回線側の2脚と1/2面のみ(反対回線は活線状態)を組み上げ、停電回線を切り替えて残りの半分(2脚1/2面)を組立て、既設鉄塔の外側に新しい鉄塔を



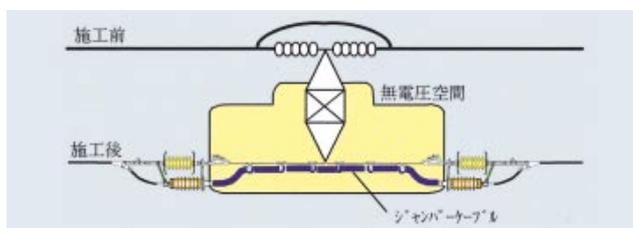
第7図 2脚1/2面包込み工法手順

完成させます。

これより、停電制約や仮工事の用地・工法問題もなく2回線停止を回避できます。

## 1.2 ケーブルジャンパ工法

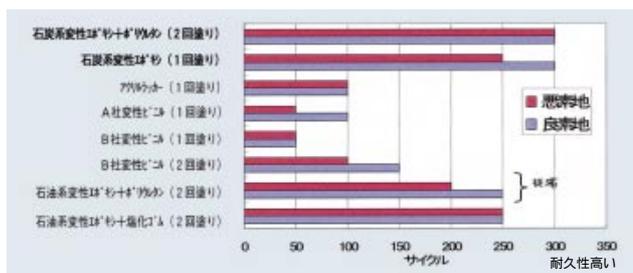
第8図のようにケーブルを架空送電線のジャンパ線に利用し、鉄塔位置からケーブルと架空送電線の接続部を十分離す事により、仮鉄柱、仮鉄塔や仮腕金を布設しなくても補修工事の作業安全スペースを確保することができます。本工法は、長期間送電停止が困難な線路における元位置での建替工事(包み込み工法等)ならびに装柱が複雑な鉄塔(多回線鉄塔、分岐鉄塔等)の改造工事に適用可能です。



第8図 ジャンパーケーブル工法概要図

## 2 送電鉄塔の効率的な塗装方法の確立

当社の既設送電鉄塔については、多くの鉄塔が今後塗装時期を迎えることとなり、現状どおりの塗装方法を基に行くと、今後の塗装費用は10年後に1.3倍、20年後には2倍になると想定され、塗装費用の継続的な削減施策が必要です。そこで今回、塗装費用の50%程度を占める塗装手間、塗料材料に着目し検討を行いました。



第9図 複合サイクル試験結果

これまで一律に設定されていた塗装周期および方法(一律2回塗り)に代えて、腐食速度(汚損区分)に応じた効率的な塗装方法を考案するとともに、高耐久性塗料の適用による効率化についてもあわせて検討を行い、総合的な効率化を図りました。

高耐久性塗料の適用検討においては、複合サイクル試験を基に耐久性能の評価を行いました。その結果、第9図に示すように、石炭系変性エポキシ塗料は、1回塗りにおいても従来手法である石油系変性エポキシをベースとした2回塗りと同程度以上の性能を有するこ

とを確認しました。これら塗料調査・確認試験結果ならびに鉄塔の腐食環境に関する調査・分析結果を基に、第1表に示す様に、腐食環境に応じた効率的な塗装方法を適用することとしました。これにより、塗装費用の年間17%程度の削減が見込まれます。

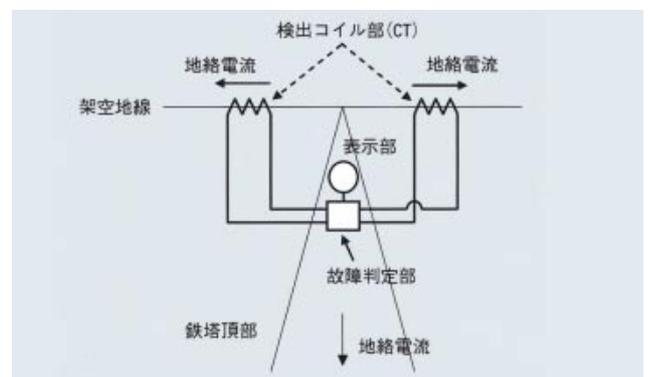
第1表 新塗装方法

対象支持物	塗料および塗装回数 試験結果による想定耐用年数	想定耐用年数
超 重 汚 損	石炭系変性エポキシ塗料2回塗り 20年	20年相当
重汚損～軽汚損	石炭系変性エポキシ塗料1回塗り 15年	18年相当

## 3 地絡点表示器(G・ファインダー)点検器の開発

当社では、架空送電線路における故障箇所の早期発見ならびに故障復旧の迅速化を目的に、地絡点表示器(G・ファインダー。以下、GFという)を154kV以下の送電鉄塔に1基毎に設置しています。GFは、電気的特性を測定する点検用端子がなく、点検においては、鉄塔頂部から取り外して動作確認を行う必要がありました。そこで、GFを取り外すことなく動作正否を確認する点検器を開発しました。

GFは、第10図に示すように鉄塔頂部に設置され、当該鉄塔にて地絡故障が発生した場合に、故障判定部に電流が流れ、そのエネルギーで表示部が動作します。



第10図 GF動作原理

今回開発した点検器を第11図に示します。2台の電

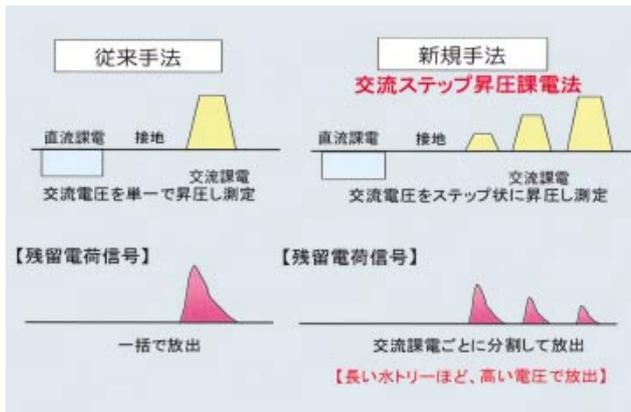


第11図 GF点検器概観

流発生器と動作コントローラからなります。点検時は、鉄塔へ昇塔して電流発生器を検出コイル部に取付け、模擬地絡電流を架空地線に流すことで、GFを取り外すことなく動作正否を確認できます。

当社では、本装置を経年使用に伴うGFの劣化判定に活用し、保守業務の効率化を図っていきます。





第15図 交流ステップ昇圧課電法

## 2 経年マンホール強度診断手法・部分補強工法の開発

当社管内では、1960年以前に構築された地中送電用マンホールが約600個存在し、コンクリートの経年劣化や近年の通行車両重量の増大により、マンホールの強度不足が懸念されています。そこで、経年マンホールのコンクリート強度を非破壊で推定する手法と、マンホール内部から部分的な補強を行う工法を開発しました。

コンクリート強度診断法は、第16図に示すように、シュミットハンマを用いた非破壊試験にて圧縮強度を測定し、それから推定した引張強度と設計上当該マンホールに加わる各部の応力度との対比を行い、補強の要否を判定するもので、マンホールからサンプルを採取し破壊試験によりコンクリートの強度を測定する方法に比べて、簡易な測定でコンクリート強度を推定できます。

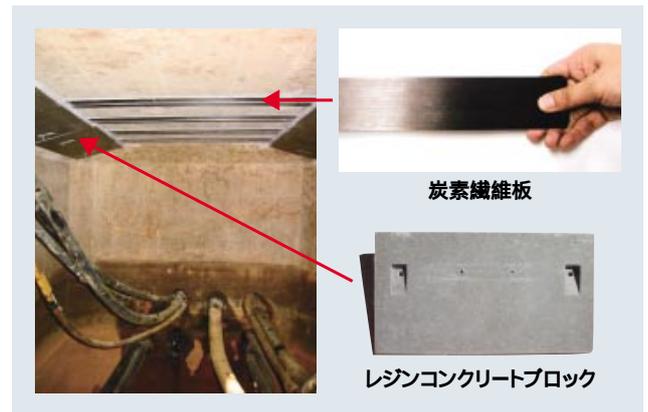
また、マンホールの部分補強工法(カーボン・レジン工法)は、近年コンクリート構造物の補強などに適用されている炭素繊維板とレジンコンクリートに着目し、レジンコンクリートをブロック状にしてマンホール壁面に接着させることで施工期間の短縮を図りました。さらに、炭素繊維板を壁面に接着した後、接着硬化までの間養生が不要な構造としました(第17図)。本工法により、従来マンホール補強に使用している鋼製セグメント工法(当社開発品)に比べて材料が少量かつ安価で、補強費用を約80%削減できます。さらに、1日以内の短時間で施工が可能であるため、交通規制を最



第16図 強度診断の様子

小限に留めることができます。

当社では、これらの成果をマンホール改修計画へ反映し、補修費用の削減を図っていきます。



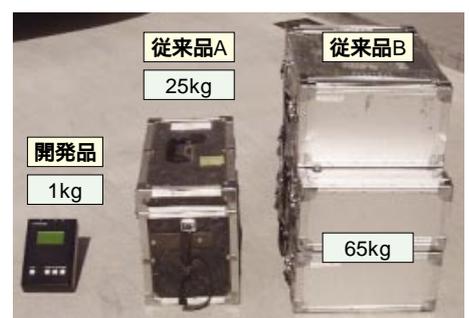
第17図 カーボン・レジン工法概要

## 3 ケーブル故障点標定装置試験器の開発

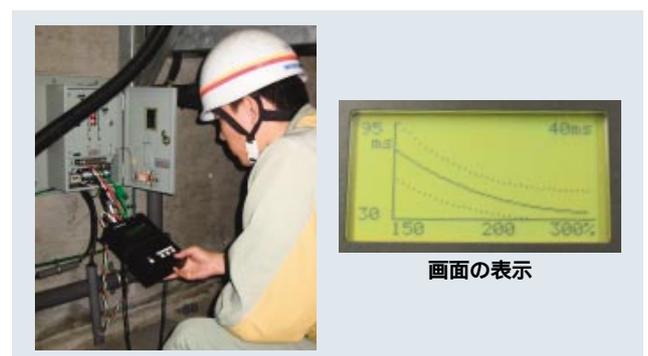
ケーブル故障点標定装置(FD)は、地中送電線路の故障区間を特定することで系統切り替え、線路復旧の迅速化に寄与する重要な装置です。しかし、その点検には手間を要しており、効率化を図るためFDの良否判定が可能な最低限の試験項目を絞り込むとともに、携帯式の試験器を開発しました。

今回の試験装置は、変流器を介さず、直接FDに電流を印加する方式を採用して電源容量の大幅な削減を図りました。また、操作を自動化し、電流の印加時間を1秒以下とすることにより、試験用の電源を乾電池でまかなうことが可能となりました。これらにより、開発品は従来試験器と比較して大幅なコンパクト化(高さ50mm、幅150mm、奥行き200mm)を図りました(第18、19図)。また、現場においてFDの試験結果が一目で確認できるよう表示画面を設けました(第19図)。

今回開発品を現場適用し、点検の省力化と点検費用のコストダウンを図っていきます。



第18図 試験器概要



第19図 点検の様子