

屋外通信設備の現状と課題

有 田 紀史雄*・高 沢 壽 佳*²Recent Developments in Telecommunication Outside Plants
and Newly Facing Problems

Kishio ARITA and Hisayoshi TAKAZAWA

1. は じ め に

巨大な電気通信網の基幹をなす屋外通信設備は複雑かつ膨大な量に及び、その運営には多くの稼働と経費を必要としている。このため、屋外通信設備の効率的運営は安定した通信サービスを低価格で提供していく上で、最も重要な課題となつている。さらに、通信網のデジタル化あるいは光ファイバーケーブル導入に伴う要求条件の変化、及び昭和40年代から50年代前半にかけて大量に建設した設備の劣化期への移行の中で、今、屋外通信設備の見直しが強く求められている。

代表的な屋外通信設備としては、総延長100万kmに及ぶ通信ケーブルを、地上、地下を利用して全国に張りめぐらせるための「線路設備」があげられ、そこには、鋼管柱、ケーブル吊線、地下管路等として膨大な量の鉄鋼材料が使用されている。その他無線鉄塔、電話局の建物などにも多量の鉄鋼材料が用いられている。

これらの設備は常に厳しい自然環境に曝されているため、海岸地帯での腐食、強風地帯での振動疲労、あるいは塗装の紫外線劣化等材料の自然劣化に起因する経年劣化が維持・管理上特に重大な問題となつている。

従つて、設備の効率的運営を実現していく上で、低価格で長寿命な材料、簡易に劣化度を診断する技術、あるいは簡易かつ効果的に補修する技術など材料関連技術の開発が非常に大きなウェイトを占めている。

ここでは、NTTにおける鉄鋼製屋外通信設備の自然劣化とその対策事例を中心に、設備の現状と課題について概説する。

2. 鉄鋼材料を使用した主な屋外通信設備

1) 架空ケーブル設備

通信用ケーブルは、電柱により地上に架設される架空ケーブルと地下に埋設される地下ケーブルとに大別される。

架空ケーブル設備に使用されている鉄鋼材料製物品としては、鋼管柱、ケーブルを架渉するためのケーブル吊線(鋼より線)、電柱にケーブルを取りつけるための装柱金物類、電柱の転倒防止のため地中に埋設される支線アンカ・ロッドなどが代表的なものである(図1)。これらの多くは腐食防止のため通常溶融亜鉛めつきが施されている。通信専用の電柱だけでも1000万本を超える(コンクリート柱、木柱を含む)ことから、設備量は膨大なものである。

2) 地下ケーブル設備

地下ケーブル設備ではケーブルを土圧から守るための鋼製のケーブル保護管(地下管路)、マンホール鉄蓋(鑄鉄)及びマンホール内金物類、中継器容器などが鉄鋼材料を使用する代表的な物品である(図1)。また、地下コンクリート構造物である道[†]やマンホールにもセグメント、鉄筋として多量の鉄鋼材料が使用されている。

3) その他

その他、無線鉄塔、ケーブルを川越しするための専用橋等も多量の鉄鋼材料を使用している。また、通信特有な設備では無いが、NTTの保有する10000棟を超える電話局等の建物にも、鉄筋、フェンス、配管等として膨大な量の鉄鋼材料が使用されている。

[†] 通信ケーブルを地下に収容するための専用の地下道

昭和63年3月10日受付 (Received Mar. 10, 1988) (依頼解説)

* 日本電信電話(株)電話事業サポート本部技術協力センター主席技師 (Technical Assistance & Support Center, NTT Telecommunications Service Support Headquarters, Nippon Telegraph and Telephone Corporation)

*² 日本電信電話(株)電話事業サポート本部技術協力センター主幹技師 (Technical Assistance & Support Center, NTT Telecommunications Service Support Headquarters, Nippon Telegraph and Telephone Corporation, 3-9-11 Midori-cho Musashino 180)

Key words: Telecommunication; outside plant; telecommunication plant; corrosion; cable; maintenance.

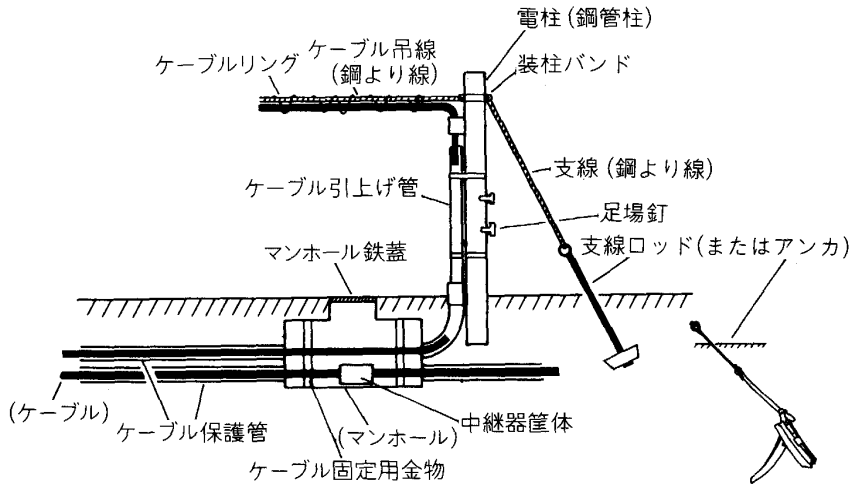


図1 鉄鋼材料を主体とする主な屋外通信用品

3. 屋外通信設備の抱える諸問題

1) 腐食劣化

屋外通信設備の経年劣化で最も代表的なものは腐食による劣化であり、この対策に多くの稼働と経費を費やしている。本報でもこの腐食劣化の問題を中心に取り上げている。

架空ケーブル設備、無線鉄塔、局舎等の地上設備は、海岸地帯や工業地帯で激しい腐食環境に曝され、短期間で腐食劣化を受けることがある。特に日本は海岸線が長く、しかもこれらの地域に設備が集中していることから、海岸近傍の設備の塩害対策が非常に重要な課題となっている。

地下のケーブル設備では、これまでは電気鉄道からの漏れ電流による、鉛合金製ケーブル外被の電食が最大の問題であつたが、プラスチックケーブル外被化の進展により、この問題はほとんど解決されている。現在では、地中に埋設されたケーブル保護鋼管(地下管路)、支線ロッド・アンカ等の鉄鋼製構造物の腐食の問題が中心となつている。これらの設備は、電食地帯、海水のしみ込んだ土壌、酸性土壌、あるいは硫酸塩還元バクテリアの繁殖する土壌中等で短期に腐食を受けることがある。その他通気性の異なる土壌中にまたがって埋設された設備では、通気差マクロセルによる腐食もしばしば問題となる。地中部での腐食は、特にその進行が発見しにくいいため、安全上の観点からも重要な問題である。

大気中、地中いずれにおいても、設備数が膨大であるため、特異な条件下で発生する問題であつても、問題となる設備の絶対数は非常に多くなり、腐食対策は屋外通信設備の保守上最も重要な課題となつている。

腐食の問題に対しては、いずれの環境に設置されても問題の無い高耐食性物品の開発や、劣化度を的確に診断する技術の開発により、その解決に当たっている。

2) 繰返し荷重による強度劣化

腐食劣化以外の設備の劣化として、繰返し荷重による強度劣化もしばしば見受けられる。

最も典型的な事例は、強風地帯でケーブルが電柱間でダンシング(縄跳びの縄のような回転)を起こし、ケーブルつり線として使用されている鋼より線が電柱支持点で繰返し曲げにより疲労破断を起こす事例である。架空ケーブルのつり線には垂鉛めつきあるいはアルミ被覆の鋼より線が使用され、風圧、ケーブル重量等から算出される設計引張荷重を基に、十分な強度を確保しているが、季節風の強い地域ではこのようにダンシングを起こし、疲労破断することがある。これに対しては、支持点部の鋼より線にスパイラル状の鋼線を上から巻いて曲げ剛性を増加させ疲労破断を防止している。

架空構造物以外の物品ではマンホール鉄蓋(鑄鉄)が車両の通過により繰返しの荷重を受け疲労破壊を起こす例が見られている。これについては、後述する診断器を開発し、劣化品を発見できるようにしている。

鉄鋼材料以外では、ケーブル外被に使用される鉛合金が疲労き裂を起こす事例もみられる。

4. 屋外通信設備の保守効率化に向けて

屋外通信設備は膨大な量に達しており、しかもその多くは昭和40年代から50年代の前半に集中的に建設されている。これらの設備は多様な自然環境に曝され、劣化が進行しているものが増加し、保守のための稼働、経費は膨大なものである。

このため、保守の効率化は非常に重要な課題であり、効率的に設備管理、点検を行う技術や、補修作業の省力化技術の開発が急がれている。

4.1 設備管理、点検作業の効率化

設備管理の基本は個々の劣化度を正確に把握し、最適な時期に計画的に補修や更改を行うことである。劣化の放置は事故や故障につながるだけでなく、補修が手遅れとなり、多額の更改経費を必要とすることにもなる。逆

に、劣化度を正確に把握できず、十分に寿命を残したまま更改されてしまうこともある。

しかし、膨大な設備を個々に十分に時間をかけて点検することは実効上不可能である。このため設備の劣化度を簡易に判定する技術の開発が必要とされている。

点検方法には、環境の厳しさを把握し、それと経過年数とからマクロ的に劣化度を推定する方法と、診断ツールによる測定や劣化限度見本との照合により、個々の設備ごとに劣化度を直接判定する方法とがある。これらの方法に関して、NTTで最近開発した2, 3の技術について紹介する。

4.1.1 腐食マップによる設備管理

海岸地域では、海で発生した海水の微粒子(海塩粒子)が付着して金属製設備が腐食劣化する塩害が重要な問題となっている。特に、日本は島国であり、しかも臨海部を中心に都市や集落が発達していることから、塩害の影響を受ける屋外通信設備は全設備量の10%以上にも及んでいる。

しかし、一口に海岸地域といっても、飛来する海塩粒子の量は、海岸までの距離や風向、風速などの諸因子によつて変化し、また、同じ海塩粒子量であつても、気温や湿度によつても腐食速度は大きく変化する¹⁾。このように塩害の影響(腐食速度)は場所による差異が非常に大きく、これまでのように、「海岸地域」というだけの管理では、大量の設備を効率良く建設、保守することができない。このため、NTTでは、既知の値である気象データ(気温、湿度、降水量、風向、風速)と海岸までの距離を使つておのおのの地点の腐食速度を計算により推定、定量化する技術を開発し²⁾、個々の場所ごとに腐食速度に対応したきめ細かな設備管理を可能とした。

腐食速度推定式の確立は、全国の約20個所の電話局屋上、及び200本を超える電柱上での金属片の暴露試験と海塩粒子量の測定結果をベースとして行つた。速度推定式に入力する気象データについては、各計算地点に

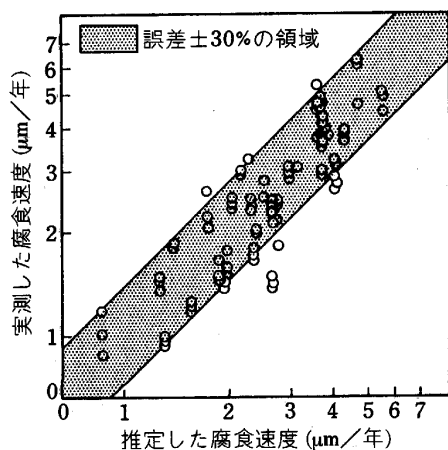


図2 腐食速度推定の効果とその精度(亜鉛めつき)²⁾

最も近いAMEDASの測定局のデータを用いることとした。この推定式から算出される腐食速度は実測値と良く一致し(図2)、十分に活用が期待できる。

この手法で各地域ごとの腐食マップを作製し(一例を図3)、このマップから腐食速度を読み取り、最適な防食方法の選定、計画的な設備更改等に活用していく予定である。

4.2.2 劣化診断装置

(1)マンホール鉄蓋劣化診断器

道路上に設置されているマンホール鉄蓋は、車両の通過等により長期間の繰返し荷重を受け、特に、受枠とのかみ合いが悪い場合には発生応力が大きくなり、裏面からき裂が発生することがある。こうしたき裂による鉄蓋の劣化程度を現場で簡易に測定できる技術として打撃振動法による劣化診断器を開発した³⁾(写真1)。

本方法は物体の振動特性がき裂発生量によつて変化することに着目し⁴⁾、鉄蓋をスポンジ上に設置しハンマーで打撃し自由振動させ、その時の共振周波数 f と減衰係数 α の測定によりき裂の程度を定量化している(図4)。

き裂の成長とともに鉄蓋の共振周波数 f は低下し、減衰係数 α は増加する。これはき裂の発生・進展に伴つ

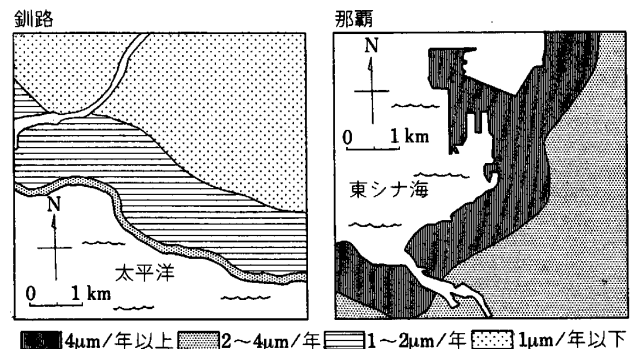


図3 腐食速度推定技術を用いて作成した腐食速度地図の一例(亜鉛めつき)²⁾



写真1 鉄蓋劣化診断器による測定状況

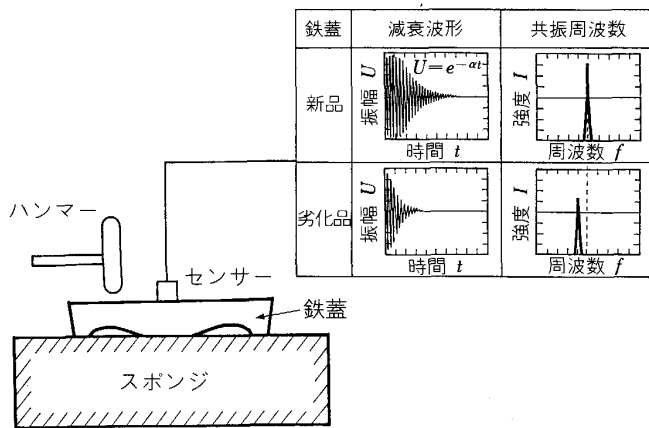


図 4 マンホール鉄蓋劣化診断器の基本構成

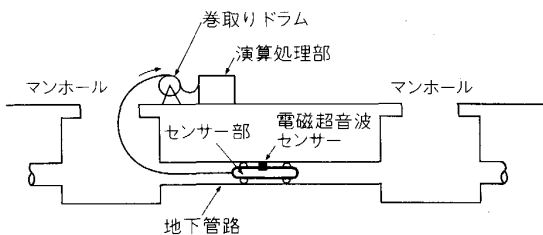


図 5 金属地下管路劣化診断器の基本構成

て鉄蓋のたわみ剛性が低下し、内部摩擦量が増加するためである。これらの振動パラメーターから劣化程度を診断するとともに、鑄鉄材の破壊モデル⁵⁾⁶⁾に基づき現在の劣化程度と経過年数とから残存寿命も推定できる。

(2)金属地下管路劣化診断器

地下に配線される通信ケーブルのほとんどは、鋼、鉄またはプラスチック製の保護管（地下管路）に収容されて埋設されている。この中で金属製地下管路は、各種の土壤環境中で管の外側から年々腐食が進行し、著しい場合には腐食孔からの土砂流入や土圧による折損が生じる場合がある。管路がどの程度腐食しているかを知ること、これから新しい光ケーブルなどを収容し得るかどうかを知るために重要である。数条・数段の管路の場合、緊急の場合を考慮して必ず1本は、空き管路となつている。この空き管路について腐食状況を管の内側から測定し、管路全体の腐食程度を予測する診断器を開発した⁷⁾。診断は、腐食で減少した管の肉厚を超音波により測定することを基本としているが、泥等が付着している管にも適用できるように、従来の超音波法と違い、管の内面に接しなくとも管に超音波を送受信できる電磁超音波法⁸⁾⁹⁾を採用している。しかし、この方法では薄い肉厚の測定感度が低いという欠点があるため、受信波の中の超音波の反射波だけを抽出するための新しい信号処理法を考察し、この問題を解決した。

診断器はセンサー部、演算処理部、巻取りドラムから構成される（図5）。センサーは小径の管路内を移動さ

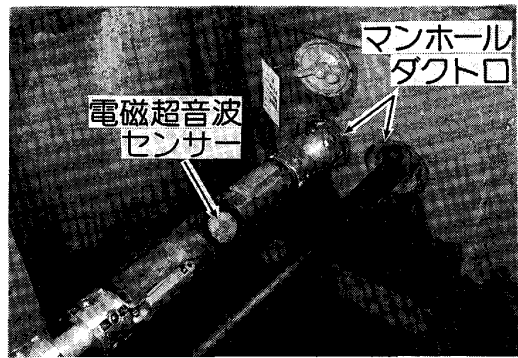


写真 2 ダクトロに挿入中のセンサー

せるため、実装上の工夫により小径化を達成し、測定時の S-N 比の向上を実現した。診断はセンサーを管内に挿入し（写真2）、自動的に巻き取りながら演算処理部で肉厚を測定し、腐食程度を診断するとともに、建設年度等の情報をもとに残存寿命を推定する。

4.1.3 塗装劣化限度見本

塗装のメンテナンスにおいては塗替え時期が非常に重要である。劣化を放置しておく、塗替えの際の下地処理がたいへんとなるだけでなく、素地の鉄部まで腐食が進行し塗替えが不能となる場合もある。

このため、「鉄部塗装の劣化度写真見本帖」を作成し、これと設備の各部の塗装の劣化状態とを照合し、最適な塗替え時期を簡易に判定できるようにしている¹⁰⁾。この見本帖は鉄部塗装面の劣化程度、補修範囲等を目視点検により、簡易に、かつ適正に診断できるように、①鉄部塗装面の劣化度写真見本（写真3）、②部位の補修写真見本、③実物への適用写真の3種類の写真見本からなっている。例えば、①については既存塗膜の劣化現象をさび、ふくれ、はがれ、割れ、および白亜化の5種類に大別し、劣化部の面積比率に応じて劣化度を3段階に区分し、対象設備の塗膜劣化部と照合して劣化程度を判断できるようになっている。

4.2 更改・補修作業の省力化

保守の効率化のなかで、劣化設備の更改あるいは補修作業を省力化することも非常に大きな課題である。この関連で最近 NTT で開発した2件の事例を紹介する。

4.2.1 更改用防食半割り管

海岸地帯等において、通信用地下ケーブルの電柱への引上げ箇所や橋梁添架部に使用されている鋼製のケーブル保護管が腐食することがあるが、ケーブル保護管の更改は、内部に収納されている何百対もの通信回線をいったん接続替えをしてから行う必要があるため、これまで非常に多くの稼働を必要としてきた。

このためケーブルを活かしたまま装着でき、しかも耐食性に優れた更改用防食半割り管を引上げ管用と橋梁添

劣化度		I	II	III
さ	点さび			
	ふくれさび			
は	連続はがれ			
	小はがれ			
ふ	大ふくれ			
	砂粒状ふくれ			
わ	線状われ			
	扁足われ			
	不規則われ			
白亜化				

写真 3 鉄部塗装の劣化写真見本の体系

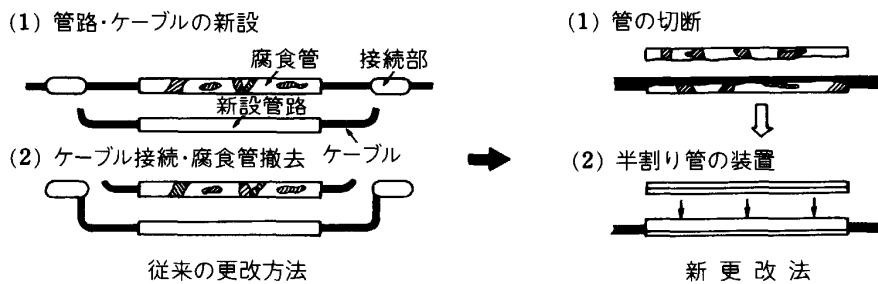


図 6 半割り管を用いた新しい更改法

架管路用の 2 種類開発し、現在使用している(図 6)¹¹⁾¹²⁾。

(1) 引上げ管用防食半割り管

地下ケーブルの電柱引上げ個所に使用される引上げ管は、車両の接触等からケーブルを保護するため高強度が要求される。このため、引上げ管用半割り管は素材を現用の保護管と同じ肉厚の鋼とし、割り管どうしの組合せも高強度が得られるクリップによる固定方式とした(図 7(a))。防食には、亜鉛めつきを施した上に飽和ポリエテルを焼付け被覆する方法を採用している。

(2) 橋梁添架管路用防食半割り管

ケーブルを川越えさせるための橋梁添架管は重量、添架スペースの制限や作業条件の悪さから、軽量でコンパ

クトな構造が要求される。このため橋梁添架管路用半割り管は素材を高強度でしかも加工性、耐食性に優れ、薄肉化が可能なステンレス鋼(SUS 304)とし、構造もコンパクトでしかもワンタッチで噛み合わせられるカセット式とした(図 7(b))。継手も半割り構造となっているが、強度の必要性から、固定はクリップ式を採用している。

これらの更改用半割り管の採用により、腐食管の更改作業は大幅に改善されている(写真 4)。

4.2.2 塗装による簡易補修

塗装による補修は通信設備にかぎらず、設備の補修の中で最も代表的なものであり、それに要する稼働も膨大

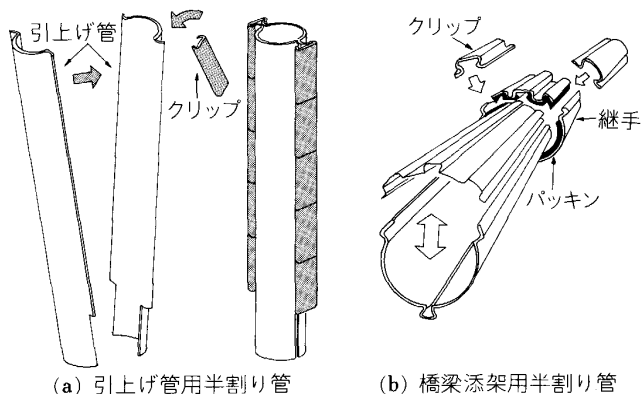


図7 腐食したケーブル保護管の更改用に開発した防食半割り管

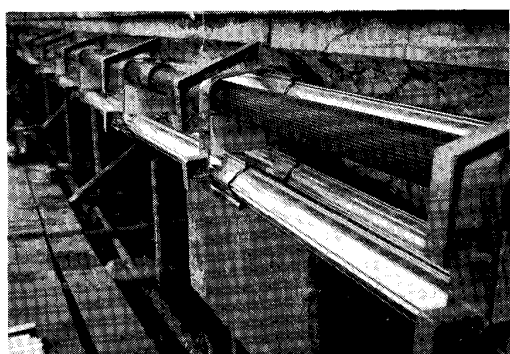


写真4 橋梁添架用半割り管の適用例



写真5 腐食した橋梁添架設備の一例

で、省力化技術の開発が望まれている。
 この一環として、NTTでは屋外設備の鉄部塗装について抜本の見直しを行い、「寿命の長い塗料を採用し、かつ下地処理を徹底し、こまめに補修する」ことを基本とすることにして¹³⁾。塗装メンテナンスにおける下地処理はB級プラストあるいは1種ケレン¹²⁾としているが、橋梁添架設備等では腐食が進んでおり、しかも作業条件が悪いため、通常の下地処理を行うのは非常にたいへんである(写真5)。このような設備には、錆を完全に除去できなくとも優れた防食効果が得られる錆浸¹²⁾ 錆落とし作業(1種はその程度)

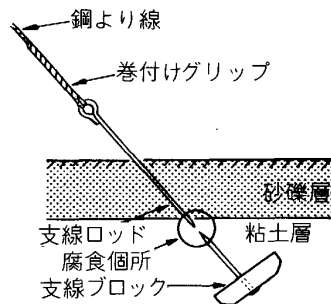


図8 支線ロッドの腐食状況

透型塗料や錆変換型塗料を導入し、省力化を図っている。

5. 設備のメンテナンスフリー化に向けて

膨大な量の屋外通信設備を点検、補修をして維持していくには非常に多くの稼働を必要とする。このため、特に点検あるいは劣化の発見が困難な設備、あるいは補修または更改工事が大掛かりとなる設備では、創設費は高くとも、メンテナンスフリーとなる長寿命物品の適用が進められている。

これまでに、設備のメンテナンスフリー化のために開発した物品の中から代表的な3例を紹介する。

1) 防食支線ロッド・支線アンカ

電柱の傾斜、倒壊防止のために張られる支線を地中部に固定する支線ロッド及びアンカが腐食する事例が発見されている。特に、通気性の良い砂礫層と通気性の悪い粘土層にまたがって埋設されたものが、その層境界付近で、通気差マクロセルにより腐食する事例が多い(図8)。その外に、土壤中にしみこんだ海水によるもの、泥湿地に繁殖する硫酸塩還元細菌によるもの、及び電鉄軌道からの漏れ電流によるものなども見られている。

このように支線ロッド、アンカの腐食は種々の原因で発生し、腐食危険個所の特定が困難なこと、また地中部であるため劣化度の点検が困難なことから、いずれの腐食性環境に埋設されても腐食の問題が生じにくい、防食支線ロッド、アンカを開発し、採用している。

防食法としては、耐食性、施工性、経済性等を考慮し、現用品に有機防食層を被覆する方法を採用することとした。埋め込み式の支線ロッドでは碎石等で埋め戻されても被覆が損傷しないよう耐衝撃性を向上させたPVCプラスチック被覆を採用し¹⁴⁾、打ち込み式のアンカでは被覆強度の高い飽和ポリエステル粉体焼付け被覆を主要部分に採用している。

2) 高耐食性ケーブルつり線

海岸地帯、工業地帯等腐食の厳しい地域では架空ケーブルのつり線として、通常地域で使用する溶融亜鉛めつき鋼より線に代えてアルミニウム被覆鋼より線を適用してきた。しかし、ごく海岸近傍の強腐食性地域では、アルミニウムの不動態被膜が破壊され局部腐食を起こす

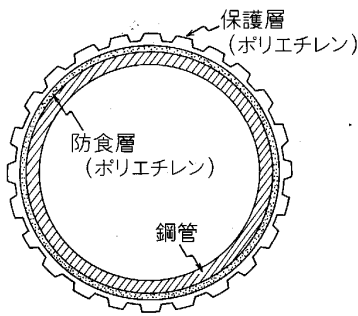


図9 地下管路用プラスチック被覆鋼管の断面構造

ことがある。局所的な腐食は作業時に見落とされる危険があるため、局部腐食を起こさないケーブルつり線用鋼より線を開発した。性能としては、①塩水噴霧試験1500hで赤錆発生がない、②局部腐食感受性が無い、③亜鉛めつき鋼より線と同等以上の耐繰返し曲げ特性を有することを開発目標とした。検討の結果、亜鉛-5%アルミニウムを基本とする合金の溶融めつきにより所期の性能を達成した。この鋼より線は亜鉛めつき鋼より線と全く同様に扱えるため現行工法との整合性に優れている。

3) 地下管路用プラスチック被覆鋼管

防食タイプの地下ケーブル保護管として、従来ジュート巻鋼管が使用されてきたが、環境によつては短期間で腐食するため、防食性の強いプラスチック被覆鋼管を開発し、これに置き換えている。

被覆材料、被覆方法には耐衝撃性、耐摩耗性及び製造加工性を比較検討しポリエチレンによる押出成形を採用している。被覆構造としては輸送時及び、使用中に被覆表面にきずがついても防食性能の低下をきたさないように、保護層と防食層との2層被覆としている(図9)。また、橋梁添架部やケーブルの地上引上げ個所などの地上露出部用には、被覆用ポリエチレンにカーボンブラックを2%配合し耐候性を向上させたものを開発している。

6. おわりに

高度情報化社会の進展に向けて、NTTでは、63年4月に多様なサービスを効率的に提供できるISDN(総合

デジタル通信網: Integrated Services Digital Network)の実用サービスを世界に先駆けてスタートさせた。この目的は「より豊富で、より便利な情報をよりやすく提供する」ことであり、経済的なサービスの提供が大きな課題となっている。

このためにも、膨大な資産である屋外通信設備の効率的運営はますます重要となり、コンピューターを用いた図面管理や遠隔自動監視システム、設備の長寿命化や劣化診断器の開発に力が入れられている。

特に、設備劣化の多くが材料の自然劣化に起因することから材料関連技術の重要性は高く、次のような技術の開発が必要とされている。

- ①低価格・高耐食性材料または防食処理技術
- ②耐候性プラスチック材料
- ③軽量高強度材料
- ④設備の劣化診断技術
- ⑤劣化設備の簡易補修技術

これらについては、世の中の技術開発にも大いに期待しているところである。

文 献

- 1) 竹越良治, 宮田恵守, 高沢壽佳: 第34回腐食防食討論会講演集(腐食防食協会編)(1987), p. 267
- 2) 宮田恵守, 竹越良治, 高沢壽佳, 有田紀史雄: NTT研究実用化報告, 36(1987), p. 867
- 3) 本庄克彦, 須藤佳一, 増田順一: NTT研究実用化報告, 36(1987), p. 853
- 4) K. HONJOH, Y. SUDOH and J. MASUDA: Proc. 8th Int. AE Symp., Jpn. Soc. NDI, 3(1986), p. 73
- 5) P. C. PARIS and F. ERODOGAN: Trans. ASME, 85D(1963), p. 528
- 6) 田中正清: 日本材料強度学会誌, 15(1980), p. 11
- 7) 須藤佳一, 本庄克彦, 平林富士夫, 増田順一: NTT研究実用化報告, 36(1987), p. 859
- 8) K. KAWASHIMA and R. W. MACCLUNG: Mater. Eval., 34(1976) 4, p. 81
- 9) A. L. BUTENKO, I. N. ERMOLOV and Y. M. SHKARLET: NDT(1972) June, p. 154
- 10) 村石房男, 重富正吉: 建築技術(1988) 437, p. 161
- 11) 木村幸夫, 栗林俊展: NTT施設, 39(1987) 8, p. 40
- 12) 高沢壽佳, 三谷進: 昭和63年電子情報通信学会春期全国大会講演論文集(1988), B-488
- 13) 折笠 弥: 施設, 37(1985) 9, p. 51
- 14) 竹越良治, 高沢壽佳: 昭和63年電子情報通信学会春期全国大会講演論文集(1988), B-480