各種鋼管関係塗装材の問題点

鋼管は種々の配管類の中で最も強靱なものであり、各種の重要なパイプラインに大量に使用されている。しかし反面、「サビやすい」という大きな欠点をもつ。本稿ではその防食のため、わが国で現在使用されている。歴青質系の塗装材につきその問題点を中心として述べる。水道管やガス管には戦前より「アスファルト」を数 mm の厚さに塗装してきたが、その耐久性が意外に短く、戦後、主として「コールタールエナメル」が使われるようになり、現在に至っている。ところがこの塗料も万能ではなく、発電所の水圧鉄管などには適さないことがわかってきた。約 8 年ほど前に「コールタールエポキシド塗料」が登場し、鋼管への需要も急速に伸びてきた。特にコールタールエナメルで問題のある箇所を使用され好結果が得られている。最新のポリマーエポキシド樹脂と古くよりあるコールタール系原料をブレンドしたこの塗料が、両者、単独では得られない良さを発揮してきつつあることは、興味深いものである。

伊 藤 禎 一*・山 本 清 文**

1. は じ め に

われわれが生活をして行くうえで、配管類は欠くことのできない大事なものである。たとえば水道やガスは地中に埋められた配管の中を運ばれてくるしまた、発電には巨大な配管を必要とする。

この配管類の中で最も強じんでしたがって一番信頼して使用できるのが鋼管類であり、新聞の三面記事にときたま登場する水道管の破裂事故も鋼管類の場合はほとんどない。鋼管類は水道管、排水管、カンガイ用水管、水力発電所の水圧鉄管、火力発電所や原子力発電所の冷却水管、ガス管、送油管、ケーブル、各種工場配管として使用される他、最近では土木建築の分野で基礎杭、鋼管矢板、パイプ鉄骨構築物などとして使用されている。

しかしながら鋼管類には「サビやすい」という大きな欠点があり、その防食のために塗装は必要欠くべからざるものである。

上記の例のように鋼管は半永久的の設備として設置され、かつその内面にはたえず水、海水、種々の化学薬品の水溶液、あるいはガス、油などが通っていて簡単に塗りがえられない。地下埋設鋼管の外面もまたしかりである。すなわち鋼管用塗料には半永久的な耐久性が要求さ

れるゆえんである。

本報ではこのような鋼管内面および埋設鋼管外面に最も多量に使用されている歴青質系の防食塗料について述べる。

2. 塗 料

地下埋設鋼管の内外面用塗料として最も一般的に使用されているのは「コールタールエナメル¹⁾」および「ブロンアスファルト」であり、鋼管内外面に 2~10mm 程度の厚さになるように加熱熔融して塗装する。歴史的に言えばアスファルトが古いが、その耐久期間が短いところから、現在ではコールタールエナメルが主として使用されている。コールタールエナメルは戦後にアメリカから導入されたが、その品質の優秀さからエナメルの国産化と相まって水道鋼管を主体に広く使用されるようになった。

また、約 10 年前にアメリカのピッツバーグコークアンドケミカル社がいわゆる「コールタールエポキシド塗料²⁾」を開発し、わが国でも 8 年ほど前から国産化がなされた。耐水性、耐塩水性、耐化学薬品性がすぐれているばかりでなく、塗膜の物理性も優秀であり、また常温で塗装が可能であるという利点のため、各種鋼管類をはじめ船舶タンク内面、土木工事、一般鉄構造物の長期防食用塗料として年々使用量が増大している。しかし冬期気温の低い場合、塗膜の硬化が遅れるという欠陥のため、最近では特に冬期用としての「コールタールウレタン塗料」の開発がなされ注目されている。その他、鋼管溶接部の現地塗装工程の安全化のために常温硬化型の

* Yoshikazu Iro 大日本塗料株式会社生産本部大阪工場尼崎製造所所長

** Kiyohumi Yamamoto 大日本塗料株式会社技術本部第 1 技術部技術第 1 課課長代理
Some Problems of the Coating Materials for Steel Pipes.

「マスチック型塗料」も開発されている。

これら塗料の開発とともに新しい種々の塗装方法も研究開発されている。

2-1. アスファルト

アスファルトには天然アスファルトや石油アスファルト（ストレートアスファルトおよびブローンアスファルト）などがあるが、防食塗料として使用されるのは、主としてブローンアスファルトである。わが国ではこれをそのまま使用する場合が多いが、アメリカなどでは、これに体質顔料を加えた「アスファルトエナメル」が多く使用されている。

ブローンアスファルトは、一般にパラフィン系の残留油を 230～270℃ に加熱して空気の吹き込みを行ない、構成成分である炭化水素に重合反応、縮合反応を起こさせた常温で柔軟性のある固型物質である。

その材料規格および塗装方法は JIS 規格⁵⁾などに規定されているが、コールタールエナメルと同様に加熱溶融して塗装する。また、アスファルトは加熱時の揮発分が少ないので、開放容器中で浸漬塗装することができる。

用途はコールタールエナメルとほぼ同じであるが、耐久性が約 10 年位しかないことから、だんだんと使用されなくなり、コールタールエナメルにおきかえられるようになった。アスファルトの長所、短所はつぎのようである。

長所：コールタールエナメルに比して、加熱時の変質が少ないから、塗装管理がやや容易であること。

短所：吸水率が多いうえに土壌バクテリアの栄養となり埋設管の内外面の防食性能が非常に短い。また、塗装管を長期間、埋設もしくは通水せずに放置するとき、鋼管の上半部の塗膜がたれ下る危険性もありうる。

2-2. コールタールエナメル

コールタールピッチが耐水性の良いことは、昔からよく知られていたが、その機械的性質は非常に悪くそのままでは良い塗料とはいえなかった。

コールタールピッチの有する耐水性をそのまま生かしてその物理的強度を改善するべく、1930 年代に開発されたのが、現在一般に使用されているコールタールエナメルである⁴⁾。

コールタールエナメルはコールタールおよびコールタール系の油を粘結炭の粉末とともに約 300℃ に加熱することによって石炭粒子（あるいはそれを構成する分子）がタール中に溶解、膨潤して得られる膨潤炭（あるいは Coal Digestion Pitch とも称される）に体質顔料を添加したもので、常温で柔軟性のある固型物質である。製造工程の大略については第 1 図に示す。

その材料規格および塗装方法については JIS 規格⁵⁾などに規定されているが、塗装方法の大略を第 2 図に示す。プライマーはエナメルを密着させるために使用する。

第 1 図 コールタールエナメルの製造工程図

る。遠心塗装は鋼管を 50～100rpm 程度に回転させて、これに桶から溶融状（200～250℃）のエナメルを流して、内面をいっきよに塗装する方法である。わが国のエナメル塗装技術も年々向上し、いまや、国際的水準に達したといわれている。コールタールエナメルは 40 年程度の実績があるため水道管、工業用水管、海水導入管の内外面ならびにガス管、送油管などの外面に広く使用されている。

コールタールエナメルの長所、短所はつぎのようである。

長所：吸水率が少なくバクテリアに対する抵抗性も大であり、埋設管外面および内面用の半永久的防食塗料としては唯一のものである。

短所：加熱して塗装するから、現地での手塗り塗装に

伊藤禎一氏(右)昭和28年京都大学工学部繊維化学科を卒業、大日本塗料(株)に入社され、現在同社大阪工場尼崎製造所所長。専門は歴青質系塗料。昭和30年から歴青質系塗料の研究をしている。趣味は、園芸、麻雀。

山本清文氏(左)昭和31年大阪府立大学応用化学科を卒業後大日本塗料(株)に入社技術課に勤務して現在に至る。主として歴青質系防食塗料の研究をしている。趣味は音楽、麻雀。

第2図 コールタルエナメルの塗装工程

第3図 コールタルエナメルおよびアスファルトの吸水率曲線

問題がある。また物理性の点で低温下での耐衝撃性に劣るとか、海水導入管で貝類の付着により塗膜が傷つきやすいという欠点がある。さらに地上に露出した状態で長時間おくと表面クラックが発生するという欠点もある。

これらの欠陥の起こるような使用条件下では次に述べるコールタルエポキシ塗料の使用が推奨される。

2-3. コールタルエポキシ塗料^{9)~10)}

一般にコールタルエポキシ塗料はコールタル(またはコールタルピッチ、あるいは膨潤炭)と常温硬化型のエポキシ樹脂(エポキシ樹脂とその硬化剤)ならびに顔料、溶剤などから成る2液型の塗料である。エポキシ樹脂にコールタルを添加すると安価になるばかりでなく、同時にその耐水性が著しく向上するという利点がある。

常温でハケ塗り、または吹付塗りによって塗装ができその膜厚は0.1~0.7mm程度で一般塗料の数倍となる。標準塗装仕様を第1表に示す。塗装後、塗膜はエポキシ樹脂と硬化剤(ポリアミン、アミンアダクトまたはポリアミド樹脂など)の反応によって不溶不融の3次

第1表 タールエポキシ塗料による鋼管内面塗装仕様例

塗装工程	塗装回数	作業内容	塗装間隔(日)	塗布量(kg/m ² /1回)
素地調整	—	ブラストによりミルスケールサビを除去するとともに油脂、チリ、ホコリ、水分などを除いて被塗面を清浄にする。	—	—
タールエポキシ塗料	1~5	主剤と硬化剤を混合し、はけ塗りまたは吹付塗る。	冬期: 2以上 60以下 夏期: 1以上 10以下	0.2~1.0

第2表 タールエポキシ塗料の耐化学薬品性(浸漬)⁷⁾

薬品名	結果
酸	R R NR LR R NR R R NR LR
アルカリ	LR R LR R NR
塩類	R R NR R R NR NR R R R R
ガス	LR R
有機物	NR NR R R R NR R LR NR R

評価記号 R: Recommended, LR: Limited Recommended
NR: Not Recommended

元的網状組織となり、すぐれた物理的ならびに化学的性質を発揮する。その耐化学薬品性については第2表に示

す。

用途としては現在のところでは、従来のコールタールエナメルで問題のある箇所、すなわち海水導入管の内面、下水管の内面、寒冷地向の水道管の内面、水管橋内面、サイホン管やペンストックの内面などに広く使用されている。今後、本塗料の用途はますます増大するものと考えられる。タールエポキシ塗料の長所、短所はつぎのとおりである。

長所：常温で塗装ができる。耐水性、耐塩水性、耐化学薬品性が良く、しかも物理的性質、耐暴露性などにすぐれている。

短所：塗装間隔があまり長いと特に夏期において層間はく離（ラミネーションとも称し、たとえば第1回塗りの塗膜と第2回塗りの塗膜とが密着せず容易にはがれるような現象をさす）の傾向がある。また逆に 10℃ 以下の低温度下では硬化反応が遅れ、冬期施工時の工期が長くなる。

3. 現行塗料の比較および問題点とその解決策

前記のアスファルト、コールタールエナメルおよびコールタールエポキシ塗料の比較を第3表に示す。また各種鋼管の用途に応じた塗料の選定につき第4表に示す。コールタールエナメルはその40年にわたる実績から考えて埋設管の内外面用塗料として最も安心して選択できるものであり、またタールエポキシ塗料も内面用塗料として、ますます需要が増大するものとする。しかし現行のこの二つの塗料にも性能上ならびに塗装上いくつかの問題点がある。

3-1. コールタールエナメルの問題点および解決策

3-1-1. 低温度で塗装管が布設される場合

冬期、北海道で布設される管などではコールタールエナメルは損傷を受けやすい。これを解決するために、(イ) タールエポキシ塗料を選定するか、あるいは、(ロ) 特殊な合成樹脂プライマーがエナメルのプライマーとして使用され好結果を得ている。

3-1-2. 長期間、地上に暴露される塗装管の場合

表皮が堅くなり表面クラックを起こしやすい。この解決策としてはタールエポキシ塗料の選定があげられる。

3-1-3. 溶融状エナメル（ホットエナメル）の塗装

コールタールエナメルやアスファルトは製造メーカーでは溶融状態で製造されている。これを容器中にとって、い

第3表 長期防食塗料としてのコールタールエナメル、アスファルトおよびコールタールエポキシ塗料の性能

塗料		コールタールエナメル	アスファルト	コールタールエポキシ塗料
項 目				
耐 久 性 (実績)		約40年間 異状なし	約 10 年 はく離する	約 8 年間 異常なし
塗 装 作 業 性	大量生産(工場)	良	良	現在一般的に塗り回数が多い 良
	手塗り(現地)	不良	不良	
耐 水 性		優秀	良, ただし 5年後不良	優秀～良
吸 水 率		小	大	小
水質に及ぼす影響 ⁹⁾¹⁰⁾		良	良	良
耐 化 学 薬 品 性 ⁷⁾		良	良	優
電 気 絶 縁 性		優	可	良
耐衝撃性	20℃	良	良	良
	-10℃	不良	不良	良
耐屈曲性	20℃	良	良	良
	-10℃	やや不良～良	やや不良～良	良
使用安全 温度領域	静 置	-30～70℃	-30～60℃	-40～100℃
	運 搬	-5～60℃	-5～50℃	-20～80℃
土壌バクテリアに対する抵抗性		優秀	不良	不詳
フジツボなどの海中生物に対する抵抗性		不良	不良	良

第4表 鋼管の用途と適正塗料

用 途		塗料	理 由
各種埋設管外面		CE	耐用実績
水道関係 内面	一般用水道管	CE	同上
	寒冷地向(北海道など)水道管	TE	低温における物理性良
	ポンプ場付近の配管	TE	水温上昇に耐える
	シールド工法による 布設管内面	TE	現地塗装に火気を要しない
	水管橋	TE	温度変化による物理性良
その他内面	カンガイ用水管	TE	温度変化、乾湿交番に耐える
	水圧鉄管	TE	同上
	海水導入管	TE	フジツボなどの虫が食ひこまない。水温上昇に耐える
	排水管	TE	耐薬品性、物理性良
	下水管	TE	同上

CE: コールタールエナメル TE: コールタールエポキシ塗料

ったん冷却固化させたものを塗装メーカーで再溶融して使用しているがこれははなはだ不経済なことであるばかりか、品質面でも問題を含む。製造直後の溶融状エナメルを保温タンク中に入れて塗装工場に供給すれば塗装工程が著しく合理化できる。この方法はアスファルトでは

実施済みであるが、コールタールエナメルについても非常に優秀な成績が得られた。

3-1-4. 現場継手および異型管の塗装

これらのものには、加熱溶融状のエナメルを普通、ゴムペラ、またはタンピコハケなどを使って手塗りで塗装するが、相当な熟練を要し、また、安全面でも問題がある。その解決策として最近（イ）常温硬化型のエポキシ樹脂あるいはタールエポキシ塗料に砂を添加した「マスチック型の塗料」が開発され試用されている。（ロ）コールタールエナメルのエヤレス塗装も研究されている。

3-2. コールタールエポキシ塗料の問題点および解決策

3-2-1. 塗装方法の改良

タールエポキシ塗料は普通、数回塗り重ねられておりその塗装間隔の面から大量生産に問題があった。その解決策として（イ）タールエポキシ塗料の自動エヤレス塗装がある。すなわち、エナメルの遠心塗装設備を利用し、管を回転させながら塗装して行くもので、平滑な塗膜が得られるばかりでなく1度で厚く塗ることが可能となり、塗装回数も従来の1/2～1/3ですみ、場合によっては1回塗りで済ますこともできる。（ロ）最近では自動エヤレスの代わりに樋（とい）を利用して遠心塗装する特殊塗料も研究されており、この場合は普通1回塗りで仕上げる。

3-2-2. 層間はく離（ラミネーション）

タールエポキシ塗料は一般的に塗装間隔が長くなると特に夏期において塗膜塗り重ね間の密着性が悪くなりはく離する傾向がみられる。この性質はタールエポキシ塗料の本質的なものであるともみられるが、気温、塗装間隔、暴露条件（室内、室外のいずれで塗装したか）などの塗装条件により左右されるばかりでなく、また、塗料の品質によって著しく変わる。特に硬化剤やタール系原料の選定およびタール系原料/エポキシ樹脂混合比が大きな要因となる。ゆえに塗装間隔については塗料メーカーの推奨する条件に従って行なうのが良く、一般的には夏期には10日以内に冬期には1カ月以内に塗り重ねるのが適当であろう。

根本的な解決策としては前項で述べたように1回塗りで仕上げる方法があるが、塗装工程上、塗装間隔が長い場合の処置としては軽く塗膜面をサンデングし粗くしてから塗り重ねるのが良い。

3-2-3. 冬期における硬化の遅延

タールエポキシ塗料に限らず一般に2液性の常温硬化型のエポキシ系塗料は10℃以下の温度では硬化反応が著しく遅れ、冬期塗装工程の遅延という問題となり、低温下においても1Day 1Coat可能な塗料が望まれている現状である。

その解決策として、（イ）エポキシ樹脂の硬化剤、促進剤などの研究が行なわれてきたが、まだ満足なものではなく、むしろ現在の研究の方向としてはコールタールウレタン塗料の開発に向っているようである。（ロ）また、塗装工程の上からは、自動エヤレス塗装で1回塗装仕上げた鋼管を、加熱炉などの設備で70℃で30分程度加熱する方法が推奨できる。

4. おわりに

鋼管の防食用塗料として現在わが国で主として使用されている歴青質系の塗料につき簡単に述べてきたが、今後、高分子化学の発展に伴い、種々の新しい塗料の出現が期待される。また、防食方法としても単に塗装材だけで行なうのではなく、電気防食の併用が考えられる。たとえばアメリカのある会社では、ガス管外面にビニル樹脂の粉体塗装をし、これに電気防食を併用する方法を試みている。

しかし、たとえばタールエポキシ塗料がエポキシ塗料よりも耐水性が良いように、コールタールにはまた、捨てがたい味がある。

古くより使用されてきた歴青材に新しいポリマーをブレンドし、さらにすぐれた塗装材をつくるのが筆者らの念願であり、大方のご教示をお願いする次第である。

文 献

- 1) J.O. Haarris: *Corrosion*, **16**, 441 (1960)
- 2) USP 2765288
- 3) JIS G 3491
- 4) USP 1925005
- 5) JIS G 107
- 6) *Official Dig.*, **36**, 52 (1964)
- 7) *Materials Protection*, July 92 (1963)
- 8) MIL-P-23236 (Ships)
- 9) 東京都水道局: 東京都水道用 タールエポキシ系塗料塗装仕様書 (1967)
- 10) 関西六社塗装鋼管技術研修会: 鋼管塗装におけるタールエポキシ系塗料の研究 (1967)