

委託調査報告

インドにおける鉄鋼製品の腐食事情とその対策

多賀谷 正義*

Corrosion of Iron & Steel Products and its Prevention in India.

Masayoshi Tagaya

(本篇は、八幡製鉄渡辺記念資金による海外鉄鋼事情の委託調査であつて、本年1月多賀谷教授のインド出張に際し調査を委託した「インドにおける鉄鋼製品の腐食事情とその対策」の報告書である。

1. 視察日程

インド政府の招きにより、インド科学会義に日本代表として出席のため、昭和35年1月1日、羽田発1月3日～9日に亘るボンベイにおける同会義に出席、末尾付記のような“Corrosion Engineering in Japan”なる講演を行なつた。その内容は、日本における腐食の研究と防食技術の進歩と現状である。とくに日本において腐食による直接の損害は、年間約13億Rs [Rs(ルピー)＝75円]に達していること、防食研究団体として学振97委員会、金属表面技術協会、日本防錆技術協会、日本溶射協会などが活動していること、地下ならびに水中の鋼構造物には、電気防食が広く実施されていること、更に地下埋設金属体の地電流による電食とその防止のために東京、大阪、名古屋にそれぞれ電食防止委員会が活動していること等を述べた。

会議終了後、1月10日から23日に亘り、単身、ボンベイ—バンガロール—ニューデリー—ビライ鉄鋼所—ルールケラ製鉄所—ジャムセドプール—カルカッタの各地を訪れた。その間、各工場、研究所、鉄道、発電所、水道、通信関係の鉄鋼の腐食とその防止対策について見聞した。

2. インドにおける鉄鋼製品の腐食事情

短期間の旅行のため、とくにわが国から輸入された鉄鋼製品であるか否かを確め得なかつた。然しこの問題は広く世界共通の問題であつて、製造国にはかわらない事柄である。今、ここにインドのCentral Electrochemical Research InstituteのDr. RAJAGOPALAN氏の報告を参考にしたい。これによつても明かなよう

第1表 インドMandapan campにおける鋼材の腐食速度と他国の海辺のそれとの比較

試 験 地	海からの距離	暴露期間	腐食速度 g/dm ² /月	摘要
Mandapan Camp	50	1月	2.60	平均 最大 平均 最大
〃	50	〃	4.56	
〃	450	〃	0.33	
〃	450	〃	1.15	
Lighthouse Beach	50	〃	5.60	
〃	400	1～3月	1.30	
Victoria	2	10月	0.50	
Kure Beach	27	3月	1.40	
N.C., U.S.A.				
〃	270	3月	0.14	
Dungenese	20	7月	2.20	
Cliffedge	10	3～5月	1.70	
Christobal	270	12月	0.80	

にインドの大部分は熱帯に属し、高温で日射による風化が速い。また一方、大面積に亘つているため、海岸地方では、きわめて激しい腐食を見るがやや奥地においては腐食は僅少である。暴露試験の結果によると、第1表のごとく海岸線で囲まれたMandapan Campの海岸から45ヤードの地点では腐食がはなはだしく450ヤードの地点の約10倍を示している。この腐食速度は過去に行なわれた同じく熱帯地のパナマ運河およびアフリカのニゼリア地方の暴露試験の成績と同程度である。この腐食速度は英国セフィールドにおける最悪条件の工場雰囲気中の腐食速度の約5倍である。

第2表は東南海岸に面しやや奥地のKaraikudiと海岸のMadras港およびMandapanでの長期暴露試験の結果を示し、海岸から25マイルのKaraikudiでは腐食は海岸地の1/10～1/15に過ぎない。したがつて

* 大阪大学工学部教授、工博

第2表 インド洋岸に面した各地での野外暴露試験 (鋼材)

場 所	海からの 距 離	腐食速度 (ミル/年)	3/16" 鋼板の寿命 (年)
Karaikudi	25マイル	0.5	200
Mandapan Camp	450ヤード	2.5	38
Madras	200 "	5.0	19
Madras	30 "	10.0	10
Mandapan Camp	50 "	15.0	6

3/16" の鉄板が、半分侵食されるまでの寿命は Karaikudi では 200 年、海辺では 6~7 年となっている。

さらに同報告によると、第二次世界大戦中における高温多湿 (雨期) による多種有機材料の急激な変質のための損失は莫大であつたことを挙げている。この中には機械類の梱包材の変質腐敗による損失、さらに電気機器、エレクトロニクス、光学機器の変質、銅合金軸受、亜鉛ダイキャスト、マグネシウム合金などの腐食例を挙げている。また金属材料の高温による機械的、電気的性質の急速なエージングを指摘している。然し一方同インドでも乾地、砂漠では、金属の腐食はあまり問題とならない。

第3表は海岸地の強い腐食条件下における塗料下地としての素材の表面処理について暴露試験を行なった結果である。表面処理と燐酸・クロム酸含有酸洗を行なうことが有効である。

第3表 塗料の寿命に対する下地処理の効果 (3 t / 2 月 暴露)

下 地 処 理	錆面積% 海から50ヤード	
	搔傷なし	搔傷を与えた
無 処 理	72	97
機 械 的 錆 落 し	42	85
10% HCl (容積) 酸洗	75日後全面錆のため撤去	60日後全面錆のため撤去
10% H ₂ SO ₄ (容積) 酸洗	80日後全面錆のため撤去	80日後全面錆のため撤去
Footner 法 (10% H ₂ SO ₄ + 2% H ₃ PO ₄)	93	74
10% H ₂ SO ₄ + 2% H ₃ PO ₄ + 1% クロム酸	71	56

3. 対 策

インドの Railway Testing Research center (Chittaranjan) の RAMANUJAM 氏の鉄道の腐食問題の報

告²⁾によると、気関車、貨車、客車、付属品、レール、橋梁などの腐食の防止対策についてつぎのように論じている。

インドの鉄道は延長 34,705 マイル (1956年3月31日現在) におよび毎日 7,000 本の列車 (客車 4,400 本、貨車 2,900 本) が走り 24 h 当りの輸送距離は延562,000 マイルとなつている。車輛保有量は気関車 9,172 台、客車 23,021 台、貨車 241,056 台で 1 台当り鋼材所要量は気関車 120 t、客車は H. A. L. コーチ 7.9 t、シュクーレン、軽量コーチ 6.4 t、貨車 10 t である。年間鋼材使用量は客車 600 台分、貨車 5,500 台分、レール 1,100 マイル (耐用年数 30 年として、内腐食による取損量は 340 マイルで全延長の 1% に当る。) インド鉄道年間鋼材消費量は戦前は 200,000 t であつたが、956~57 年度は 770,000 t に達した。腐食による損失は 90 億円 (鋼材のみの) におよんでいる。

これに対し塗料使用量は大量におよぶので塗料の改良の研究を行なつている。費用低下と有効性から従来の標準塗料となつていた含黒鉛の黒灰色塗料 (33% PbCO₃, 33% ZnO, 20% 黒鉛, 14% BaCO₃) よりも、カシューナット・セル油を加えたコールタール系塗料がインドの腐食条件に適し低価格であることを示している。つぎに鉄鋼構造物の電気防食についてはわが国ではすでに広く実施されているがインドでもその必要が叫ばれているので今後実行に移るものと考えられる。インド Kanpur にある T.D.E. Laboratory の MUKHERJI, SANYAL 両氏³⁾は電気防食に関する報告を発表して、インド国内の水道、ガス管、岸壁のシートパイル油槽、通信ケーブル、送電ケーブル、熱交換器、船舶、化学工場、発電所などの防食に必要であるとしている。然しまだ実施された実例を見なかつた。私の視察したボンベイの水道は、遠方のダムから 40cm の鉄管で送っているが、自然放置のままであつた。また今回の会議での私の「日本の電気防食技術」の話は、多大の関心と呼んだ模様であつて、持参した日本防食のカatalogは、奪い合いであつた。

インドにおける通信ケーブルの土壌による腐食防食の研究と実施に関しては Government Test House の BHATTACHARJEE 氏の報告⁴⁾によると、インドにおいて地下ケーブルがどの程度に腐食し事故を起すかを明かにし同時にその対策を示している。

4. 総 括

これを要するに、インドに輸出しさらに彼地において使用すべき鉄鋼製品の防食対策は海岸近くで使用するも

のは激しい腐食を受けるから充分の防食被覆を要する。また高温高湿と塩分に耐える厚鍍金あるいは耐食耐光塗料を徹重に施さねばならない。しかし一方海岸から離れた陸地では、鉄の腐食は非常に緩慢であつて心配は要らない。雨期以外の長期間はまったく雨を見ないし湿度も低いからである。しかし、雨期には短い間に一年分の大雨を見るから、防食被覆が望ましい。塗料を用いる場合は、乾地の強い日射下の高温においても、フローしたり変質するようなものは不適當である。一般に鉄鋼の腐食は、それが濡れている時間に比例するものであるから、海岸から離れた陸地では、乾地のため、鉄の腐食は僅少で緻密な錆で覆われた状態のまま、長年に亘り腐食はまったく進行しない。その好実例は、ニューデリーの鉄柱(直径 14" 高さ 8 m)であつて 1500 年を経た今日、まだ表面だけ誘びているが腐食の進行を見ない。

しかし、インドは、いずれにしても熱帯としての腐食

特性をもつものであるから鉄鋼製品の梱包材料、塗料などは日本国内における経験をそのまま適用することは思わざる失敗を招くことがある。また、金属材料の性質が速かにエージングを起して変化することおよび防食のためやその他の目的に用いる有機材料の速かな変質をも合せ考えねばならない。さらに今後日本からの輸出プラントには、電気防食を行なうことを推奨する。

(昭和 35 年 9 月寄稿)

文 献

- 1) Dr. K. S. RAJAGOPALAN: "Indian Construction News" p. 30, 1959
- 2) S. RAMANUJAM: "Indian Construction News" p. 34, 1959
- 3) N. K. MUKHERJI & B. SANYAL: "Indian Construction News" p. 56, 1959
- 4) Sri A. K. BHATTACHARJEE: Chemical Division, Government Test House.

Corrosion Engineering in Japan

Dr. M. Tagaya

(Member of the Science Council of Japan)

Introduction

The annual loss of Japan due to corrosion is estimated to be about 1,300,000,000 Rs., moreover this is only the cost to renew the metal, not includes the indirect loss. The Corrosion Committee of Nippon Gakujutu-Shinkokai (Japan Society for promotion of Science) started in 1933 and researched on corrosion phenomena, corrosion resistant low alloy steels for underground steel pipe, condenser tube corrosion and its prevention etc.. This Committee was reorganized as the 97th Corrosion Prevention Committee of the aforementioned Society immediately after the war, and has continued its activity. During the last ten years peoples have had greater interest in the corrosion engineering and the Metal Finishing Soci., Rust Preventing Associ., & Coating Soci. of Japan have been organized.

1) Corrosion of metals

The Corrosion phenomena concerning the mechanism are classified as follows.

- (1) Electrochemical Corrosion
- Rusting
 - Dissolution
 - in oxidizing acids
 - in nonoxidizing acids
 - in alkalies

Table 1. Corrosion rate of iron and steel.

Environments	Mean penetration (mm/year)	Pitting multiples (Deepest pit/mean penetration)
Industrial atmosphere (mild steel)	0.25	2~10
Sea water (mild steel)	0.12	2~30(50)
Sea water (cast iron)	0.10	2~15
Fresh water (mild steel)	0.05	2~5
Soil (mild steel)	0.01	5~25

(2) Chemical Corrosion

On the corrosion rate of iron and steel, some data were informed in Table 1 based on the result of the past corrosion tests and long experience.

Now in Japan long period exposure tests in many localities may be started by the recommendation of 97th Committee and the fruitful results may be obtained on the corrosivity of metals and alloys, effectiveness of coatings and influence of local climate.

2) Protective coating

Much interests are given to Hot dip aluminum coating on iron and steel. The researches on this subject have been done in universities and other laboratories. Many factories are now planning to manufacture aluminized steel wire and sheets. A few factory produce several finished products. The corrosion resistance of hot dip aluminum coating is far superior to that of galvanizing especially in sulfurous atmosphere such as in chemical or metallurgical industries, on sea side, in acid water and hot water. Moreover it resists to high temperature oxidation. Aluminizing of steel structure was early done by the Eiko Almar Co.. In future a great deal of galvanized products will be replaced by aluminized products.

The durability of paint coating on steel has been remarkably improved, which was one of the activity of the Metal Finishing Society organized in 1949.

The Coating Society was organized in 1956 and has taken charge in the research of metallizing

and other spray coatings with plastic and ceramic materials. The operating procedures of metallizing for rust prevention, oxidation resistance at high temperature and repair of worn out machine parts, were standardized by the Society. Many kinds of corrosion inhibitors are produced and marketed such as Ibid, Tekitol, Res-Cor, Profilmin and V.P.I.. They are effectively used for acid pickling, protection of industrial plant from corrosion, cleaning of metals or package.

3) Preventive measures

Cathodic protection is now widely applied to the steel structures. Sheet piles and water gates in many harbours have been protected by anodic metals or external D. C. sources.

For the stray current corrosion of underground gas and water pipe or lead sheathed cable, the Electrolytic Corrosion Committees have been established in Tokyo, Osaka and Nagoya and the damages by electrolytic corrosion have been rapidly decreased year by year.

国内最近刊行誌参考記事目次 p. 1518 よりつづく

材料試験 9 (1960) No. 83

18-8 ステンレス鋼の高温ねじりクリープ強度に関する研究 (第1報) 上田太郎, 他...508

機械構造用炭素鋼の表面脱炭と疲労強さとの関係についての研究 (第5報) 上田太郎, 他...520

分析化学 9 (1960) 7

EDTA 滴定法による鉄鋼中のニオブの定量.
若松茂雄...587

— 9 (1960) 8

ベンゼン抽出分離法による鉄鋼中のヒ素の定量.
田中 克...700

—研究機関誌—

金属材料技術研究所研究報告 3 (1960) 1

18Cr-12Ni オーステナイト不銹鋼の諸性質におよぼす Nb の影響. 中川竜一, 他...1

構造用鋼材溶接部の変質について. 稲垣道夫...24

理化学研究所報告

排気鑄造法の研究 (第6報) 10 t 鋼塊の脱ガス鑄造について. 手島立男, 他...359

—会社刊行誌—

富士製鉄技報 9 (1960) 3

酸素の炉材におよぼす影響. 熊井 浩, 他...280

4,500 m³/h 酸素製造装置の改造およびその運転について. 渡辺省三, 他...290

出鋼造塊時の溶鋼の流体力学的研究 (その3)

小池与作, 他...300

圧延製品の超音波探傷に関する 2, 3 の実験.

小池与作, 他...307

コークス炉々温管理の一考察. 前田邦介...314

日立造船技報 21 (1960) 2

原子炉用ステンレス鋼の TIG 溶接の研究. 国広敏之
他...1