原料輸送管防食経過ならびに防食測定報告*

吉川 洋** 中村清治** 後藤俊介*** 早川武夫***

Underground Corrosion Tests on Cathodically Protected Coated Pipeline

Hiroshi Yoshikawa, Kiyoji Nakamura, Syunsuke Gotô and Takeo Hayakawa

A series of underground corrosion tests has been carried out in order to supply corrosion data as well as basis for estimating life of a pipeline transporting raw material gases to a butadiene plant at Yokkaichi-Combinat. The protection procedure of the line was based on the recommendation of Corrosion Prevention Committee, Japan Society for the Promotion of Science.

Total of 144 test pieces was buried near the warf which was considered to be the most corrosive

environment in the pipeline area. The coated steel specimens were connected to the cathodically protected pipeline. Some specimens were not cathodically protected.

The seven-year results show among others that cathodic protection is especially effective in reducing corrosion of bare part of coated steel, which otherwise corrodes 5~10 times. The tests will be continued up to 20 years.

1. ま え が き

日本合成ゴム(株)が四日市にスチレンブタジエン合成ゴム工場を建設するにあたって、各種原料の供給を四日市の三菱油化、昭和四日市石油、大協石油の各工場から受けるために原料輸送用地下配管を敷設した。

配管を市街地に埋設する関係上、種々の問題点があり、通産省が主に腐食防止対策について日本学術振興会および電気学会電食防止研究委員会埋設鉄管防食小委員会等に図るよう要求された。よって日本学術振興会に図り、腐蝕防止第 97 委員会から昭和 34 年秋にその答申を受け、この内容に沿って腐食防止対策は日本防蝕工業(株)の実地調査、対策立案および実施、塗覆装ならびに配管は千代田化工建設(株)の担当で行なった。

なおこれと併行して塗覆装劣化状態および鋼管耐用年数の確認のためにテストピースを 144 個埋設し、20 年間にわたって検査を行なうことになった。その概要は既に昭和 37 年 7 月学振第 97 委員会にて発表¹⁾済みであるが、現在工事施工後約 9 年を経過し、7 年目までのデータが得られた。よって前回の発表と一部重複するが第 97 委員会の答申と工事の概要を添えて中間報告を行なう。

2. 日本学術振興会腐蝕防止第97委員会の答申の要約

2.1 適当な塗覆装

環境が臨海地帯であることを考慮し、鋼管の外面は当然高度の塗覆装を必要とする。したがって米国の AWW A 規格(または電食防止研究委員会鉄管塗覆装分科会において成案を得た塗覆装基準案)に準拠し十分な厚みを有するコールタールエナメル質またはアスファルトエナメル質の塗覆装を施すことを要する。

2.2 塗覆装の検査方法

ホリデイディテクターにより A.C. 8,000~10,000 V のスパーク試験を実施する。

2.3 塗覆装管路に対する電気防食の必要性

塗覆装欠陥部および現場溶接部近傍に腐食が起こり易いので、これを防止するためには良質な塗覆装を施した管路に対しても電気防食を適用することが必要と考えられる。この場合は鋼管外面の大部分が被覆されている関係上、僅少な防食電流で十分な防食効果が得られるので有利である。

2.4 適当な電気防食施工方式と調整方法

塗覆装が良質であること、土壌比抵抗が低いことから外部電源方式より流電陽極方式の方が適当と思われる。また対象管と非対象管との電氣的絶縁については万全を期するよう考慮することが望ましい。なお管路は電鉄軌条に平行あるいは交叉するので、排流等の方法により電食防止を行なうと同時に管路の防食効果を向上させるよう調整する。

2.5 電気防食効果の確認方法

* 昭和 43 年 10 月 17 日第 15 回腐食防食討論会(北九州市)で発表

** 日本合成ゴム(株)四日市工場(四日市市川尻町 100)

*** 日本防蝕工業(株)(東京都千代田区九ノ内 1-1)

全管路にわたり各部の防食状態を点検するには、現在各国で採用されている電位分布の測定によるのが最も適当と認められる。したがって管路の電位を実測し、飽和硫酸銅電極に対して -850 mV の防食電位もしくはそれより卑値にあることを確かめることが適当な方法である。

2.6 塗覆装劣化状態および鋼管耐用年数の確認方法

測定方法は鋼管試験片を管路近傍の土中に埋設し、所定期間後に掘出して調査することにより劣化ないし侵食度を判定することが適当と考えられる。試験片としては塗覆装と無塗覆装のものの相当数を埋設し鋼管路に接続して同電位に保持し電気防食効果を反映させるとともに、一部の試験片は管路と連結しないで土中の自然の変化を表すようにする。

3. 原料輸送管路ならびに防食装置の概略

3.1 管径および長さ

2B, 3B, 6B 全長 35,250 m (図 1)。

3.2 管路塗覆装

アスファルトプライマー、ブロンアスファルト 3mm, ガラスクロス 0.14 mm, ブロンアスファルト 3mm。

3.3 電気防食装置

管路の土壌腐食ならびに電鉄軌条からの迷走電流による電食を防止するために、マグネシウム陽極を使用する流電陽極方式と選択排流方式とを併用して取り付けた。

マグネシウム陽極取付個数：

17—D型 49 本 (15 箇所分散設置)

5—L型 248 本 (34 箇所分散設置)

図 1 日本合成ゴム四日市工場構外輸送管一般平面図

そのほか道路横断面などの鞘管部分は内部管路の防食に万全を期するために、線状の Mg 陽極 ガルボラインを

図 2 原料輸送用地下配管対地電位分布図

総延長 808 m 挿入し管路と接続した。

絶縁接手取付個数：

2 B～3 B 圧力 150～300 lb 22 組

管相互のボンド個所数：

20 個所

なおこれら防食装置の計画は、事前に行なった予備調査（土壌比抵抗測定、軌条対地電位ならびに電流方向測定、土壌 pH の測定、排流試験）の結果によって行なった。

4. 防食効果の確認

管対地電位測定結果を図 2 に示す。都市の発展に伴い環境には大きな変化があったが、終始良好な状況に保持されるように管理を行なっている。

なおこれとは別にテストピースの埋設を行ない、経時的な防食効果の試験を行なった。

5. テストピース埋設ならびに防食状況の検査経過

5.1 試験場所

日本合成ゴム構内および岸壁線末端バルブ付近（海水の影響を受ける悪条件区域）

5.2 試験期間

テストピース埋設後 1, 2, 3, 5, 7, 10, 13, 16, 20 年ごとに合計 9 回にわたり掘出し検査。

5.3 テストピースの形状および数量

材質：配管と同質、STP-38, Sch 40, 2 B。

構造：鋼管の両端を鋼板でふさぎ、一端にリード線を取り付けたもの。

塗装：配管と同塗装，うち半数は中央部 50 mm 幅を裸とした。

個数：通電，不通電とに分け，合計 144 個。

5.4 検査結果ならびに考察

3 年目，5 年目および 7 年目の計測結果を表 1，表 2 および表 3 に示す。また各年度の実際の腐食量を図 3，および図 4 に，防食率ならびに年間平均腐食量を図 5 および図 6 に示す。

1) 実測値にはかなりのばらつきがあるが，これは試験片の仕上げ方のバラツキ，重量計測値の不正確などが考えられ，予想以上に大きくなっている。傾向としては 2 年目と 3 年目が特に高い腐食量を示している。

2) 腐食量は経年とともに一般に鈍化の傾向にある。

3) 入念に行なった塗覆装は防食に対して非常に効果的である。

4) 試験片の実際の腐食減量について合理的な性能の比較は困難であるが，次のような傾向が認められる。

a) 裸面のある不通電試片は裸面のある通電試片に比べて明らかに 5～10 倍の腐食を示している。

b) 裸面のある通電試片は構内側が岸壁側の 2 倍前後になっている。

c) 全面塗装のものは通電，不通電ともに岸壁側の裸面のある通電試片と大差ない値を示している。

d) 全面塗装のものについては一，二の例外を除くと，順位としては腐食の大きいものから岸壁側の不通電，岸壁側の通電，構内側の不通電，構内側の通電の順になっ

表 1 3 年 目 計 測 結 果 昭和 38 年 3 月 16～19 日測定

場 所	テスト ピース No.	塗装状況	通 電 または 不通電	埋設 状況	被覆状況	外面検査	ビッティング 深さ最大 (mm)	計 測 値			侵 食 度 (mm/yr)	腐 食 量 (g/m ² .yr)	備考
								埋設時 (g)	3 年後 (g)	差 (g)			
構 内	17	全 面	通電	良	正 常	不 変	—	750.270	749.761	— 0.509	0.00086	6.78	※
	18	〃	否	〃	凸凹変形	〃	—	739.685	739.396	— 0.289	0.00049	3.853	
	65	〃	通電	〃	正 常	〃	—	768.505	768.036	— 0.469	0.00079	6.26	
	66	〃	否	〃	凸凹変形	〃	—	761.930	761.640	— 0.290	0.00049	3.866	
	21	50mm 裸面	通電	〃	正 常	裸面 1 部 ビッティング	0.2	750.270	751.378	+ 1.108	—	—	
	22	〃	否	〃	凸凹変形	裸面全面侵食	1.2	770.110	758.419	—11.691	0.05	410.217	
	23	〃	通電	〃	正 常	裸面 1 部 ビッティング	0.1	752.095	751.504	— 0.591	0.0026	20.737	
	24	〃	否	〃	凸凹変形	裸面全面侵食	1.0	739.205	729.705	— 9.500	0.042	333.333	
岸 壁	89	全 面	通電	良	正 常	不 変	—	754.530	754.349	— 0.181	0.0003	2.412	※
	90	〃	否	〃	〃	〃	—	763.615	763.185	— 0.430	0.00073	5.740	
	91	〃	通電	〃	〃	〃	—	738.880	738.479	— 0.401	0.00068	5.353	
	92	〃	否	〃	〃	〃	—	744.230	744.269	+ 0.039	—	—	
	93	50mm 裸面	通電	〃	〃	裸面 1 部 ビッティング	0.4	756.245	755.419	— 0.826	0.0036	28.982	
	94	〃	否	〃	〃	〃	1.55	762.210	753.753	— 8.457	0.0376	296.737	
	95	〃	通電	〃	〃	〃	0.2	757.445	757.052	— 0.393	0.0017	41.368	
	96	〃	否	〃	〃	〃	1.1	747.375	740.100	— 7.275	0.0324	255.263	

※ 秤量結果問題点

テストピース No. 21, 92 において埋設時より多い秤量結果が出た。これは埋設時秤量の誤りと思われる。

（埋設時測定方法は不明）なお，No. 21, 92 は他社にも秤量を依頼同一結果であった。

表 2 5 年目計測結果

昭和 34 年 3 月 11 日測定

埋設場所	テストピース No.	塗 装	通 電 または 不通電	被覆状況	外 観 検 査	ビッティング 深さ最大 (mm)	計 量 値 (g)			侵食度 (mm/yr)	腐食量 (g/m ² ・yr)
							埋設時	5 年後	差		
構内	31	50mm 裸面	通 電	正 常	全面浅い侵食	0.6	745.895	742.985	2.910	0.00778	61.263
	40	〃	否	〃	全面深い侵食	0.55	744.555	735.675	8.880	0.02375	186.947
	37	〃	通 電	〃	全面浅い侵食	—	753.330	751.868	1.462	0.00391	30.779
	38	〃	否	〃	全面深い侵食	0.6	766.815	755.785	11.030	0.02951	232.211
	49	全 面	通 電	〃	不 変	—	758.275	758.137	0.138	0.00014	1.104
	50	〃	否	〃	〃	—	758.660	758.483	0.177	0.00018	1.416
岩壁	97	全 面	通 電	正 常	不 変	—	765.850	765.766	0.084	0.00009	0.672
	98	〃	否	〃	〃	—	739.785	739.561	0.224	0.00023	1.792
	101	50mm 裸面	通 電	〃	良好なるも ビッティング 1 箇所	0.5	749.615	749.478	0.137	0.00037	2.884
	102	〃	否	〃	全面深い侵食	1.55	746.680	740.159	6.521	0.01744	137.284
	103	〃	通 電	〃	良 好	—	752.275	752.025	0.250	0.00067	5.263
	104	〃	否	〃	全面深い侵食	1.4	753.630	746.949	6.681	0.01787	140.653
	122	全 面	〃	〃	不 変	—	743.700	743.546	0.154	0.00016	1.232

表 3 7 年目計測結果

昭和 42 年 5 月 30 日測定

埋設場所	テストピース No.	塗 装	通 電 または 不通電	被覆状況	外 観 検 査	ビッティング 深さ最大 (mm)	計 量 値 (g)			侵食度 (mm/yr)	腐食量 (g/m ² ・yr)
							埋設時	7 年後	差		
構内	27	全 面	通 電	正 常	不 変	—	755.625	755.391	0.234	0.000017	1.337
	28	〃	不通電	〃	〃	—	754.170	753.919	0.251	0.000018	1.434
	29	50mm 裸面	通 電	〃	全面浅い侵食	0.3	762.515	760.269	2.248	0.00043	33.787
	30	〃	不通電	〃	全面深い侵食	1.0	760.325	751.333	8.992	0.001720	133.149
	35	全 面	通 電	〃	不 変	—	745.255	745.069	0.185	0.000013	1.059
	36	〃	不通電	〃	〃	—	792.090	771.702	0.188	0.000014	1.074
	55	50mm 裸面	通 電	〃	全面浅い侵食	—	750.920	749.557	1.368	0.000260	20.483
	56	〃	不通電	〃	全面深い侵食	2.7	758.860	748.674	10.186	0.001984	153.095
岸壁	105	全 面	通 電	〃	不 変	—	758.435	758.057	0.378	0.000028	2.160
	106	〃	不通電	〃	〃	—	753.840	753.069	0.771	0.000056	4.405
	107	〃	通 電	〃	〃	—	774.375	798.893	0.500	0.000036	3.143
	108	〃	不通電	〃	〃	—	759.475	758.894	0.599	0.000043	3.422
	109	50mm 裸面	通 電	〃	良好なるも 1 箇所ビッティング	0.3	744.903	744.603	0.302	0.000057	4.539
	110	〃	不通電	〃	全面深い侵食	1.1	735.775	736.339	9.456	0.001809	142.132
	111	〃	通 電	〃	全面浅い侵食	—	971.085	770.623	0.462	0.000088	6.943
	112	〃	不通電	〃	全面深い侵食	0.8	740.120	734.872	5.238	0.001004	78.774

ている。なお 5 年目のテストピースの状況を写真 1 に示す。

6. テストピース防食状況に対するまとめ

各測定結果のグラフや堀り上げた試験片の表面状態を観察していえることは、実際の塗覆装管のコーティングの損傷部を想定して埋設した 50 mm 裸の試験片に対し電気防食を行なわない場合には行なった場合の 5～10 倍の腐食減量があり、しかも管路として致命的なビッティングの深さがかなり大きく、7 年目で 2.7 mm (0.4 mm/yr) のものもある。したがって管路全部が完全無欠な塗覆装ならあまり問題ないが、これは現場施工上実際問題として不可能に近いものであり、しばしば起こり得る管路の施工中のコーティング損傷部あるいは現場塗覆装部

分の損傷部の腐食防止には、電気防食がきわめて有効なことを示す。

7. 保守管理

前回の報告に今後の問題としてあげられた事項に関しては、

a) 交通車輛の増大、上下水道、通信線等の埋設工事などの影響は顕著なものがあり、このために (c) に記した流電陽極の追加を行なった。

b) 保守管理は毎年 1 回の電位測定、毎月 1 回程度の巡視管理を実施し、その結果に基づいて (a) の修正を加えている。

c) 大協油化線、岸壁線などには Mg 陽極 17—D 型を 27 本、2 本組ないし 3 本組として数箇所に分け、昭

50 mm 裸 通 電

全面塗装通电

50 mm 裸 不通電

全面塗装不通電

写真 1a テストピース写真 (5 年目) (岸壁側)

50 mm 裸 通 電

全面塗装通电

50 mm 裸 不通電

全面塗装不通電

写真 1b 日本合成ゴム構内

図3 テストピースの経時的腐食減量
50 mm 裸面 (約 37% 裸)

図4 テストピースの経時的腐食減量
(全面塗装)

和 42 年 10 月に追加設置した。

(昭和 44 年 7 月 1 日受理)

図5 各年度におけるテストピース通電効果

図6 各年度におけるテストピース腐食量

参考文献

- 1) 井上泰彦：防蝕技術，12，No. 1，12～18 (1963)