塩釜港棧橋の電気防蝕基礎試験

遠藤 出*, 山下 勝*, 筧 建彦*

A Fundamental Test on Cathodic protection in Shiogama-port

Izuru Endo, Masaru Yamashita & Takehiko Kakei.

A fundamental test on cathodic protection of steel pier in Shiogama-Port was carried out. From the test it was found that (1) the current required for protection was about 100A against 2,000 sq. meter of steel piles and sheet piles surface, (2) a current from

one direct current source unit with 6 magnetite anodes buried or hung under the pier fully protected 24 steel piles, and (3) in that case the current distribution was very satisfactory.

当社は予てより運輸省科学技術研究助成金の交付を受けて“港湾施設に対する電気防蝕法の研究”を実施中のところ、このたび運輸省第二港湾建設局塩釜港工事事務所において目下建設中の塩釜港鉄鋼棧橋の鋼杭および鋼矢板に対する電気防蝕法の現地調査の下命を受け、これを昭和29年1月以降現地において実施し、先に現地より持帰った試料について当社研究室で行った実験の結果とを綜合してここにその概要を報告するものである。なお塩釜港における本工事は港湾施設に電気防蝕を施し、ことに外部電源法による場合としてはわが国で最初の大規模な実施例となるもので本年4月本工事完成の上通電を実施することになっている。

1. 実験室試験

塩釜港の現地より持帰った試料**（海水および海底土壌）について、実験室においてその中へ数枚の鉄試片を浸漬し、各片に種々の陰極電流密度で通電する方法によつて腐蝕試験を行い、また真空管電位差計を使用して鉄の分極電位測定を行つた。実験装置の概要および実験結果を第1～2表および第2～4図に示す。試験温度は室温と

第1表 海水 No.1 による鉄の腐蝕試験

電流密度 A/m ²	腐蝕減量 g	腐蝕度 g/m ² /hr	侵蝕度 mm/yr	防蝕率 %
0	0.0072	0.124	0.138	0
0.10	0.0012	0.020	0.022	83.8
0.15	0.0020	0.018	0.020	85.4
0.20	0.0008	0.014	0.016	88.6
0.30	0.0006	0.011	0.012	91.0

試片表面積 5cm², 通電時間 116hr

$$\text{防蝕率} = \frac{\text{不通電試片の腐蝕度} - \text{通電試片の腐蝕度}}{\text{不通電試片の腐蝕度}} \times 100$$

第2表 海底泥土 No.3 による鉄の腐蝕試験

電流密度 A/m ²	腐蝕減量 g	腐蝕度 g/m ² /hr	侵蝕度 mm/yr	防蝕率 %
0	0.0030	0.0210	0.0230	0
0.10	0.0005	0.0034	0.0038	83.7
0.15	0.0004	0.0030	0.0033	85.6
0.20	0.0003	0.0021	0.0023	90.0
0.30	0.0002	0.0014	0.0016	93.3

試片表面積 10cm², 通電時間 146hr

○ 海水 No.1:

以上の実験室試験の結果を現地実験の基礎資料として考察した。その要点を次に摘記する。

(1) 現地海水による腐蝕試験では二つの試料のデータに多少のバラツキがあるが大差なく、防蝕しない試片の腐蝕度に比較して通電した試片は充分な防蝕効果を示している。この場合鉄の電位を通電前の電位よりも 0.2～0.3V 程度引き下の余裕を見て 0.1 A/m² で

第1図 海水および土壌採取位置

○ 海水泥土採取位置
× pH・比抵抗測定試料採取位置

* 中川防蝕工業株式会社

** 試料採取位置は第1図参照

第2図 実験室試験装置

第3図 海水No.1による鉄の陰極分極と防蝕率

第4図 海底土No.3による鉄の陰極分極と防蝕率

げることが必要と認められる。

(2) 上記の場合防蝕電流は $0.1 \sim 0.2 \text{ A/m}^2$ を必要とする。

(3) 海水を含む泥土中における腐蝕度は海水中的のそれの約 $1/3$ である。したがってこの防蝕に要する電流は相当

充分である。

2. 現場実験および調査

以上の結果にもとづいて防蝕に必要な電流密度を一応 0.1 A/m^2 と推定し、鋼杭(径 32 cm , 長さ 10 m) 1本の表面積を約 10 m^2 とすると、鋼杭161本の防蝕面積は約 $1,600 \text{ m}^2$, また鋼矢板(長さ 12 m) 延長 25 m の防蝕面積は約 400 m^2 , したがって被防蝕表面積は合計約 $2,000 \text{ m}^2$ となる。なお杭は基盤目状に約 3 m の間隔で配置されている。これに対して電流分布の均一性を考慮して電極の使用数を48本とし、その電極6本を1組としてこれが受持つ防蝕表面積を約 240 m^2 , 即ち鋼杭24本とした。したがって現場実験の対象としてまず鋼杭24本を考え、これを仮設電線にて第7図の如く互に連結し、これに6本の磁性酸化鉄電極を配して約 24 A の電流を供給する方針とし、下記要領により実験する計画を立案した。なお直流電源として電動直流発電機を用いた。

(1) 実験要項

- 通電前(自然の状態)における電位の測定(飽和甘汞電極および真空管電位差計を使用)
- 防蝕限界電位(飽和甘汞基準 -0.77 V)を達成するのに必要な電流および電圧を求める。このため試験的通电の場合における各杭の電位を測定する。
- 各電極ごとに流れる電流の測定。
- 電極数を減少した場合の電位分布および電流, 電圧の関係

(2) 調査要項

- 第1図指定の地点における土壌および海水の比抵抗と pH の測定
- 電極および鋼杭の接地抵抗の測定(コールラウシ

第3表 海水および土壌の比抵抗測定

採取場所		1		2		3		4		5		6	7
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B		
海水	W (Ω)	—	—	196	156	209	148	—	156	190	—	208	184
	ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	—	—	31.8	25.3	34	24	—	25.3	30.9	—	33.8	30
	pH	—	—	7.5	8.3	7.2	7.0	—	7.0	7.0	—	7.3	7.1
	測定温度 ($^{\circ}\text{C}$)	—	—	7.7	7.1	7.1	7.5	—	5.0	5.0	—	6.0	6.0
土壌	W (Ω)	41*	33*	81	31*	92	29*	37*	91	—	38*	96	93
	ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$)	119.3	96	235.5	90	267	84.3	100.8	264.5	—	110.3	279	270
	測定温度 ($^{\circ}\text{C}$)	—	—	10.0	90	10.0	8.8	9.0	2.3	2.5	4.0	2.5	25

表中の*は粘土質土壌を示す。測定器の容器恒数をC, コールラウシェブリッジによる測定値を $W\Omega$, 比電導度をRとすると比抵抗 $\rho = 1/R = W/C$ ただしU字管: $C = 6.15$, 土壌函: $C = 0.34$

第4表 鋼杭および電極の接地抵抗測定

	鋼 (13-二)	電 (C) 極
R_1	2.2Ω	1.4Ω
R_2	1.6	1.7
R_3	1.0	1.7
接地抵抗	0.2	1.0

第5図 電位の測定

第6図 鋼杭の電極電位 120~3

第7図 通電試験における電位(1)数字は上段の括弧内は不通電; 中段は 5V, 7A; 下段は 7.5 V, 14Aの場合における各負電位

ユブリッジ使用)

これは第9図に示す如く測定しようとする電極或いは鋼杭から相互に10mの間隔で正三角形になるように2本の補助接地を設けコールラウシュブリッジでそれぞれの接地極間の抵抗 R_1 , R_2 , R_3 を測定すると、被測定物の接地抵抗 E_X は $E_X = 1/2(R_2 + R_3 - R_1)$ で算出され

る。

(c) その他電源、配線等に関する事項

以上の実験および調査の具体的方法とその主要な結果は第3~4表および第5~9図に示す。

3. 結 論

現地実験および調査に基づいて判明した電気防蝕設計の基礎となる事項は次の通りである。

(1) 鋼杭には鉛丹系船底塗料が塗つてあるが、杭打込の際の摩擦により相当剥離していると考えられる。しかし塗料はなお相当の防蝕効果を有しているものごとく、腐蝕の進行は裸の状態に比して減少している。

(2) 防蝕に必要な電流は杭24本につき 12A、すなわち (25頁に続く)

第8図 通電試験における電位(2)

数字は杭の電極側表面の電位を示す。括弧内は電極反対側の電位。

第9図 鋼杭および電極の接地抵抗測定

○鋼杭, ⊕電極 ●補助接地棒 [φ9mm×1.5m軟銅]

A表 代表的アンモニア蒸溜器における試験結果

材 料	腐 蝕 量 in yr.		
	I 号試験	II 号試験	III 号試験
イ ン コ ネ ル	a < 0.0001	< 0.0001	0.0001
316 ステンレス	b < 0.0001	a < 0.0001	< 0.0001
304 ステンレス	c < 0.0001	a < 0.0001	< 0.0001
430 ステンレス	0.001	b < 0.0001	a < 0.0001
410 ステンレス	d 0.002	b < 0.0001	a < 0.0001
モ ネ ル	e 0.004	0.0005	g > 0.040
ニ ツ ケ ル	c 0.0006	0.0006	g > 0.040
ニ レ ジ ス ト III	0.001	< 0.0001	0.022
軟 銅	0.009	0.001	0.005

試験期間 144 日

I 号試験 fixed Still の底部

II 号試験 free leg の底部

III 号試験 NH₃ 蒸気管の free leg の頂部

a バラバラの点蝕(深さ0.002"程度)

b 全般的点蝕(深さ0.008"程度)

c 全般的点蝕(深さ0.012"程度)

d 絶縁間隔片の裏に深い溝状腐蝕

e 広い範囲の腐蝕(深さ0.015")

g 試験片が完全に腐蝕により消失

B表

材 料	腐 蝕 量 in yr.		
	I 号試験	II 号試験	III 号試験
純 鉛	0.009	0.009	0.003
アンチモン系鉛	0.010	0.008	0.002
テルリウム鉛	0.010	0.009	0.005
カーペーター20	0.017	0.012	0.002
モ ネ ル	0.026	0.021	0.017
10%Al 青 銅	0.032	0.029	0.021
シリコン青銅	0.033	0.032	0.027
304 ステンレス	0.073	0.020	0.077
316 ステンレス	0.090	0.087	0.015
イ ン コ ネ ル	0.087	0.078	0.033
ニ ツ ケ ル	> 0.14 a	0.093	0.070
430 ステンレス	> 0.14 a	> 0.14 a	0.102
キ ル ド 銅	0.22	0.16	0.082
ニ レ ジ ス ト III	0.22	0.17	0.013
蠟 鋳 鉄	0.38	0.36	

I 号試験 両推下端に装備

II 号試験 液面下3尺撈拌扇車の直下に装備

III 号試験 液面の上方飛沫のかかる場所に装備

a 0.031"片が完全に侵された

(18 頁からの続き)

文 献

- (1) Carl Benedicks. Action of Hot Wall. Trans. Am. Inst. Min. & Met. Eng. 7, 597, (1925)
- (2) H. A. Trebler, W. A. Wesley & F.L. Laque Corrosion of Metals by Milk, Industrial Engineering Chemistry, 24, 339 (1932)
- (3) Z. Friend and B. B. Knapp "塩酸および塩化水素中におけるニッケル, 高ニッケル合金の腐蝕" Trans. Am. Inst. of Chem. Engineers. 39, 731 (1943)

参 考 資 料

- A: American Petroleum Institute—石油浄化過程における腐蝕試験規定(1930)
- B: Symposium on Corrosion Testing Procedures—米国材料試験協会出版物(1937)
- C: 工場の腐蝕試験に対して推しようされている方法を集めた文献中, A224—41, American Society for Testing Materials Standards, (1942) Part I 492
- D: 非鉄金属の全面的浸漬試験の方法 B185—43T American Society for Testing Materials Standards. (1943) Part I 332

(33 頁からの続き)

約0.05A/m² という計画の約50%の電流で充分防蝕可能であり, 電流分布はの場合極めて良好であることが確認められた。

(3) この時の電源電圧は約7.5Vを要したが, 実際の場合には整流器の設置位置による電圧降下を考慮して直流電源出力電圧を増加し, 導線の太さも経済の見地から選定する必要がある。

(4) 電極数を半減した場合には所要の電流および電位分布を得るのに電圧が飛躍的に増加するので電源整流器の容量の点で不利である。

(5) 杭の接地抵抗は約0.2Ωで, 良好と考えられる。杭と杭との接続抵抗はIビーム溶接で極めて小さく, また電極の接地抵抗は電極自身の内部抵抗を含めて約1Ωであるが, これを減少するために電極周囲にバックファイルを置く方が一層有利である。

(6) 地盤上部の海水を含む砂よりも下部泥土質の方が電導度は良好である。

以上は塩釜港棧橋電気防蝕に関する試験および調査の概要を述べたものであるが, 本調査に当っては現地塩釜港工事事務所長はじめ職員各位の絶大なる御協力を賜わり, また日本大学工学部山本洋一博士および東京工業試験所第4部重野隼太技官の御指導を深く感謝します。