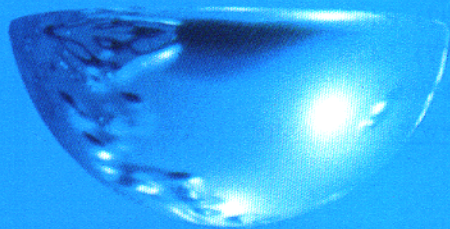
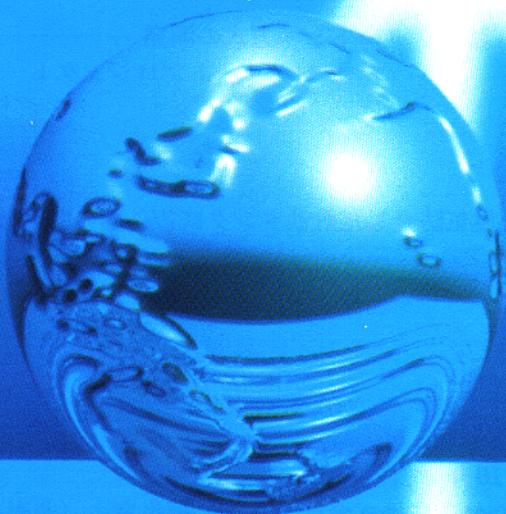


# さび

vol.46-1

**137**

2004



# さび 第137号

平成16年 1号

## 目次

ご挨拶	1
日本防蝕工業株式会社 社長 糸賀 紘侑	
鉄筋コンクリート電気防食新工法 チタントレイ方式の開発	2
コンクリートプロジェクト 山本 悟 川岡 岳晴 田代 賢吉	
ジンシート工法により18年間電気防食した貯油タンク底板外面の防食効果	6
技術顧問 藤枝 博 東京支店 野崎 幸次 技術開発部 石川 光男	

平成16年1月 発行

発行所・日本防蝕工業株式会社「さび」編集室 (非売品)

### 三菱商事株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目6番3号  
電話 03 (3210) 2121  
郵便番号 100-8086

### 三菱マテリアル株式会社

東京都千代田区大手町一丁目5番1号  
大手町ファーストスクエア  
電話 03 (5252) 5200  
郵便番号 100-8117

### 日本防蝕工業株式会社

東京都大田区南蒲田一丁目21番12号 昭和ビル  
電話 03 (3737) 8400 (代表)  
FAX 03 (3737) 8479  
郵便番号 144-8555  
URL <http://www.nitibo.co.jp/>

## ご挨拶



日本防蝕工業株式会社

代表取締役社長 糸賀 紘侑

皆様におかれましては、ますますご健勝のこととお慶び申し上げます。

私は、この度取締役社長を拝命し、昨年12月10日に就任致しました。

当社が創業以来53年目を迎え、研究開発の成果をお届けする技術情報誌「さび」137号を発行できましたのも皆様のご支援の賜物と感謝申し上げます。

今回、本誌で紹介しておりますのは次の2点です。いずれも当社の長年の経験と研究開発に基づいて開発された製品です。

### ・コンクリート鉄筋電気防食装置

#### 商品名「チタントレイ」

一般には、半永久的に使用できると考えられてきた鉄筋コンクリート構造物も、近年ではアルカリ骨材反応や鉄筋腐食によるコンクリート片の脱落の問題がクローズアップされています。当社は、20年以上前からコンクリート鉄筋の電気防食装置の研究を行ってきました。近年、鉄筋の腐食を電気防食等の電気化学的に防止する方法が注目されるようになり一般に広く採用されつつあります。

### ・タンク底板電気防食装置

#### 商品名「ジンシート」

ジンシート（亜鉛合金薄板陽極）は、20年以上前から屋外貯油タンク底板外面（土壌側）の防食装置として施工されてきました。

今回、貯油タンクを撤去した際、18年間使用されてきたジンシートとタンク底板を回収し、ジンシートの消耗状況とタンク底板の腐食状況を調査することができました。

この結果ジンシートの有効な防食性能と長寿命の確認ができました。

今後とも新商品の開発に力を入れていく所存ですので、皆様のご支援をよろしくお願い申し上げます。

# 鉄筋コンクリート電気防食新工法 チタントレイ方式の開発

日本防蝕工業株式会社 コンクリートプロジェクト 山本 悟  
川岡岳晴  
田代賢吉

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物は以前であれば半永久的な寿命・耐久性を持つと考えられていましたが1980年代にNHKのテレビ番組「コンクリートクライシス」で塩分による鉄筋腐食が大きく取り上げられて以来、施工管理とその後の維持管理が重要であることが一般にも認識されてきました。最近では(社)土木学会によりコンクリート構造物の維持管理に関する標準示方書<sup>1)</sup>や施工指針<sup>2)</sup>が発刊されるなど特に注目を浴びています。また、建設白書や国土交通省に対する委員会提言<sup>3)</sup>などで土木建築構造物はスクラップ&ビルドの時代からストックメンテナンス(維持補修)の時代になったと指摘されています。

維持補修工法選定には構造物の劣化原因によりいくつかの選択肢がありますが、大気中コンクリート構造物の防食工法として電気防食工法が普及しています。従来の電気防食工法は下地コンクリートの表面処理や陽極材を取付けるための作業に多くの労力を要しました。これら施工性を改善す

るために当社はチタン板を用いた電気防食システム「チタントレイ方式」を開発しました。本報では、まずチタントレイ方式の施工性ならびに防食効果を検証する目的で行った屋外暴露供試体における実験結果を報告し、続いて実構造物への施工例を報告いたします。

## 2. チタントレイ方式の概要

コンクリート構造物の電気防食工法には大きく分けて外部電源方式と流電陽極方式の二種類があります。チタントレイ方式はそのうちの外部電源方式に相当し、構造物表面に設置し防食電流を供給する「陽極」と通電するための「電源」よりなっています。チタントレイ方式の大きな特徴は構造物への設置が容易な陽極「チタントレイ」にあります。チタントレイ方式の概略図を図-1に示します。チタントレイはチタン板(厚さ0.5mm)およびこれに接続する陽極材、樹脂フレーム、スポンジ、充填モルタルから構成されています。特に、チタン板および陽極材がモルタルを介して、

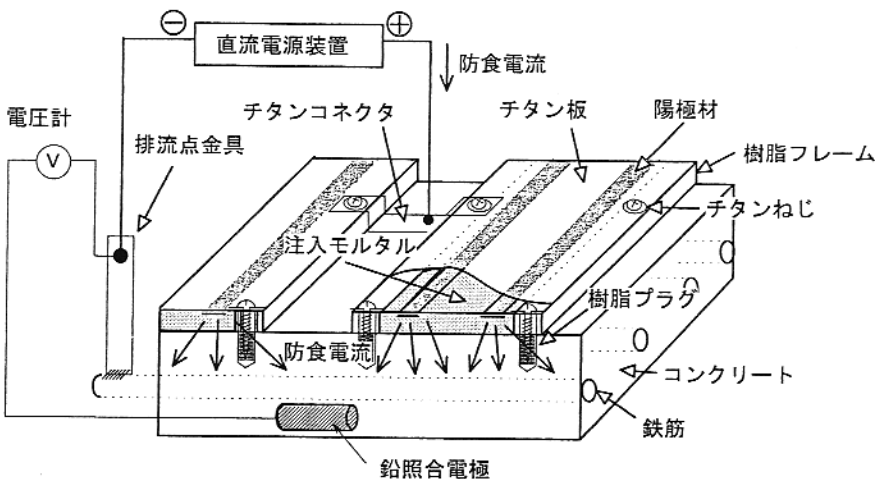


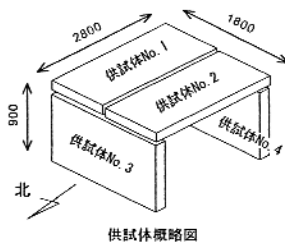
図-1 チタントレイ方式構成図

コンクリート面に接触する構造のため陽極が鉄筋と直接接触する心配がありません。陽極と鉄筋が直接接触すると電気回路がショートして防食効果が無くなります。そのため従来の方法では陽極取り付け前の露出鋼材除去処理に多くの時間を割かなければなりませんでした。「チタントレイ方式」では基本的に露出鋼材除去処理の必要が無く全体的に工期が短くなるメリットがあります。

### 3. 屋外曝露供試体実験

#### 3.1 供試体

供試体の形状を図-2に、コンクリートの配合を表-1に示します。供試体は900×2,800×150mmの床版が2体および900×1,800×200mmの側壁が2体で、かぶりを30mmとしました。コンクリートは腐食を促進するために塩化物イオン濃度が供試体 No.1 および No.3 では5kg/m<sup>3</sup>、供試体 No.2 および No.4 では15kg/m<sup>3</sup>となるように食塩を添加しました。また、水セメント比はいずれも60%としました。供試体は製作後、屋外に2年間曝露しました。



供試体概略図

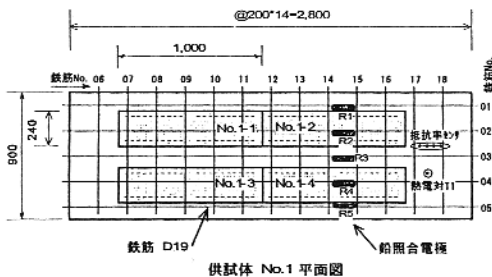


図-2 供試体図

表-1 コンクリートの配合 (kg/m<sup>3</sup>)

セメント	砂	粗骨材	水	AE材	合計	水セメント比
301.0	865.0	951.0	180.0	0.75	2297.75	60%

塩化物イオン添加量：供試体No.1およびNo.3→5kg/m<sup>3</sup>  
供試体No.2およびNo.4→15kg/m<sup>3</sup>

#### 3.2 チタントレイ

陽極板は寸法が幅240×長さ1,000mmのものおよび長さが500mmのものを製作しました。なお、充填モルタルの厚さは約12mmとしました。

#### 3.3 チタントレイ方式の施工

供試体の天井面および側壁面にチタントレイを施工しました。施工フローを図-3に示すとともに施工手順を以下に説明します。

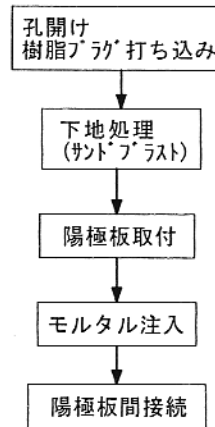


図-3 陽極板施工手順

- (1) 供試体には鉄筋に沿って最大2mmのひび割れが生じていたのでダイヤモンドカッターでU字カットした後、モルタルを充填して補修しました。
- (2) 所定の位置にコンクリートドリルで直径が7mmの孔を開け樹脂プラグを打ち込みました。
- (3) チタントレイ方式の施工範囲にバキュームブラストをかけ、コンクリート表面の脆弱層を除去しました。
- (4) チタントレイをチタンねじでコンクリート面に固定しました。この時、チタントレイの膨らみを防止するために鋼製アングルで補強しました。

- (5) 特殊モルタルを小型(0.75kW)の注入ポンプを用いて毎分 3 リットルの速度でチタントレイ内に充填しました。充填はチタン板に設けた管理孔(直径 2mm)の全てからモルタル分が流出した時点で充填完了としました。
- (6) モルタルを充填した翌日に鋼製アングルを取り外し、定電流電源のプラス極をチタントレイに接続しました。通電はモルタル充填 7 日後に開始しました。

### 3. 4. 実験結果

#### 3. 4. 1 施工性

チタントレイ方式の施工性を従来方式と比較すると(1)コンクリートの表面処理が簡易であり、(2)モルタルの充填作業が迅速にできチタントレイ方式の施工に要する労力は従来方式の約 7 割程度であり、施工性が非常に良好でした。

#### 3. 4. 2 充填モルタルの付着強度

材令 4 週間において充填モルタルの付着強度を建研式接着力試験器で測定した結果、天井面で平均 2.1N/mm<sup>2</sup>、側壁面で平均 2.2N/mm<sup>2</sup>であり十分な付着強度が認められました。

#### 3. 4. 3 防食効果試験結果

防食効果を調べるために通電電流遮断後 24 時間における復極量を測定しました。結果を図-4 に示します。

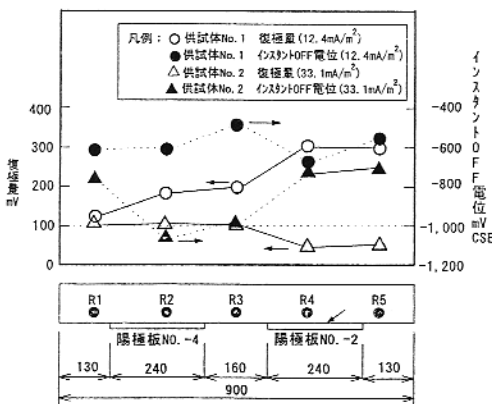


図-4 復極量およびインスタントオフ電位

測定時期はチタントレイ No.1-4 が通電開始後 2.5 ヶ月、その他は 5 ヶ月です。供試体 No.1 の復極量はいずれも防食基準の 100mV 以上を示し、通電期間が長いほどその値は大きくなりました。また、チタントレイから離れた位置においても防食効果が認められました。

また、コンクリートの抵抗率が 88,000 Ωcm と高い場合においてもコンクリート表面積に対する電流密度が 12.4mA/m<sup>2</sup>における電解電圧は約 5V であった。これは、従来方式と同程度であり、チタントレイ方式は従来方式と同様の通電性能を示しました。

供試体 No.2 の復極量は照合電極位置 R1~R3 では 100mV 以上の値を示しました。R4 および R5 では 40mV 程度の低い値を示しましたが、インスタント OFF 電位は-700 mV CSE まで分極していました。これは、供試体のひび割れから雨水が鉄筋にまで到達し、鉄筋表面の通気性が著しく悪くなったためです。復極量は不十分ですが電位から判断して防食状態にあると考えられます。今後は、鉄筋をはつりだして防食状態にあることを確認する予定です。

### 4. 実施工例

北海道旭覆道で「チタントレイ方式」による電気防食工事を施工したのでご紹介します。

本工事は北海道にある覆道の塩害を受けているコンクリート柱に対して「チタントレイ方式」を適用したものです。覆道とは道路脇に落石の恐れがある崖などがある場合に道路や通行中の車を保護するため道路に覆いをした設備を指します。「チタントレイ方式」を施工した旭覆道の外観を写真-1 に示します。施工現場は海が荒れると容易に波がかかる状況で塩害を主とした腐食環境としては非常に厳しいといえます。施工前の柱の外観を写真-2 に、施工後の柱の外観を写真-3 に示します。施工後の写真のうち中央部 4 本の柱が施工箇所です。施工対象面積は約 29m<sup>2</sup> で設置に要した工期は 10 日間でした。これは他工法の約 7 割程度の工期でした。施工後の通電状況も良好でチタントレイ方式の有効性が確認できました。

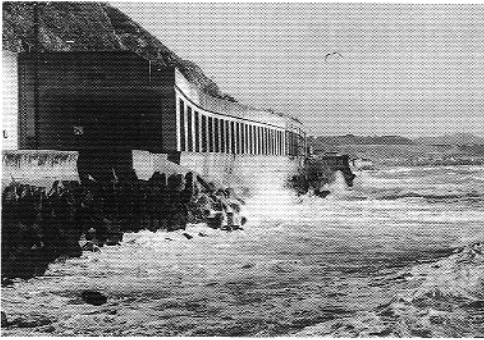


写真-1 旭覆道外観



写真-2 施工前の現場

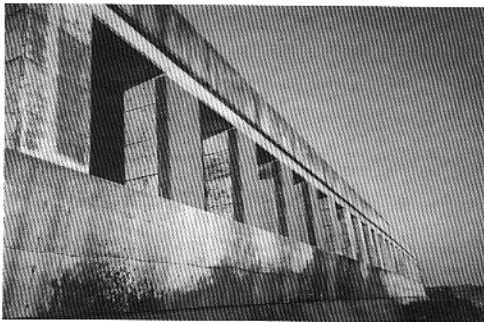


写真-3 施工後の現場

#### 参考文献

- [1] (社) 土木学会 編、コンクリート標準示方書  
[維持管理編]、(2001)
- [2] (社) 土木学会 編、電気化学的防食工法 設計  
施工指針 (案)、(2001)
- [3] [http://www.mlit.go.jp/road/current/kouzou/  
index.html](http://www.mlit.go.jp/road/current/kouzou/index.html)

※「チタントレイ」は登録商標です。

#### 5. まとめ

- (1) 供試体試験からチタントレイの通電性能  
などは従来方式と同等であることがわかり  
ました。
- (2) 旭覆道での施工経験よりチタントレイ方式  
は他工法の約7割程度の工期で完成し十分  
実用的であることがわかりました。

# ジンシート工法により 18 年間電気防食した 貯油タンク底板外面の防食効果

日本防蝕工業株式会社 技術顧問 藤枝 博  
東京支店 野崎 幸次  
技術開発部 石川 光男

## 1. はじめに

石油等を貯蔵するタンクは消防法で定める防食措置や開放検査が定められており、開放検査に伴って溶接部の補修や底板の取替えが行われている。

ジンシート工法はタンク底板外面を防食対象とする流電陽極法による電気防食である。この工法はタンク底板の下に厚さ 2 mm の亜鉛板を敷く構造なので、施工後には外部から亜鉛板の消耗を調査することができない。ジンシート工法は長期に亘って多くの施工実績があるにもかかわらず、これまで亜鉛板の消耗状況を把握する機会がなかった。この工法を適用したタンクが撤去される際、ジンシートと底板の一部を回収して観察した結果を報告<sup>1) 2)</sup>した。ここでは、最近のタンク開放検査と開放検査に伴う底板の補修の状況も加えて電気防食の必要性とジンシートの防食効果について述べる。

## 2. タンク底板外面の防食管理

### 2. 1 タンク底板外面の防食措置

石油類を貯蔵する円筒型の鋼製タンクは消防法規では「屋外タンク貯蔵所」として扱われており「屋外貯蔵タンク」と呼ばれている（以下、タンクという）。タンク底板外面の防食措置は昭和 48 年に制定された「危険物の規制に関する政令」の第 1 1 条 7 号の 2 および「危険物の規制に関する規則」の第 21 条の 2 に規定されている。第 21 条の 2 を要約すると次のいずれかの措置をとることと定められている。

- ①底板の下にアスファルトサンド等を敷くこと。
- ②電気防食の措置を講じること。
- ③前各号と同等以上の防食効果のある措置を講じること。

この規則によって、既設のタンクには電気防食を適用するか、底板張替えと同時にアスファルトサンドを敷く措置が取られた。昭和 49 年以降に建設されたタンクに対しては、ほとんどアスファルトサンドが敷かれている。

アスファルトサンドを敷くことにより、地中からの水分の上昇を防止または軽減できるが、タンクの外周部からは雨水が浸入するので、この防止措置として、タンクのエッジ部にシリコンゴム、ウレタンゴムなどの弾性材料が使われている。加熱されないタンクに対してはペトロラタムなどの塑性材料も使用できる。雨水浸入防止措置は昭和 54 年の通達（消防危第 169 号）で義務づけられている。

### 2. 2 タンクの開放検査

消防法ではタンクの建設および変更の際に行われる完成検査（消防法 11 条 5、昭和 49 年）の他に、完成検査前検査（消防法 11 条 2、昭和 51 年）、保安検査（消防法 14 条 3、昭和 49 年）、臨時保安検査（消防法 14 条 3 の 2、昭和 51 年）、内部点検（消防法 14 条 3 の 2、昭和 51 年）等の検査が行われている。

これらの検査の方法や判定基準は政令、規則、通達等で年々更新されている。昭和 52 年の通達（消防危 56 号）では、定点測定の間隔や許容値としての板厚の最小値（3.2mm）、元の厚さとの比率（80%）等が定められている。平成 6 年の通達（消防危 73 号）では腐食速度の限界として 0.5mm/yr 以下と定めている。

既設タンクの油を抜いて行う開放検査は、容量 1,000 キロリットル以上 10,000 キロリットル未満のタンクには 10 年乃至 15 年の周期で内部点検が、10,000 キロリットル以上のタンクには 5 年乃至 10 年の周期で保安検査が実施されている。



表-1 審査タンク基数

区分	平成9年度	(新法)	平成10年度	(新法)	平成11年度	(新法)	平成12年度	(新法)	平成13年度	(新法)	平均	(新法)
審査タンク基数	615	87	612	105	550	89	515	106	510	94	560	96
審査種別												
完成検査前検査	270	9	287	35	252	13	205	24	206	14	244	20
定期保安検査	345	78	325	70	298	76	310	82	304	75	318	76
臨時保安検査	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
タンク完成年												
昭和30年以前	11		8		6		5		2		6	
昭和31~40年	112		125		118		103		110		114	
昭和41~50年	386		351		332		299		293		230	
昭和51年以降	106	87	128	105	94	89	118	106	105	94	110	96
許容量												
10,000kl未満	257	18	211	29	201	7	172	22	162	15	201	18
10,000kl以上	358	69	401	76	349	82	343	84	348	79	360	78
底板設置状況												
アニュラ板タイプ	558	84	565	99	476	85	494	106	487	94	516	94
底板タイプ	56	3	46	5	73	3	18	0	23	0	43	2
ナックルタイプ	1	0	1	0	1	1	3	0	0	0	1	0

タンク底板内面の腐食状況は目視と各種の計測器で計測できるが、底板外面の腐食は主としてパルス反射式の超音波厚さ計が用いられている。底板外面の凹凸等で測定値が不安定であるか、異状と見られる場合は超音波探傷器で確認する。

危険物保安技術協会が現場審査したタンクの基数は表-1<sup>3)</sup>の通りである。この表によれば平成9年度からの5年間の年間平均審査基数は560基である。タンクの完成年の分類では昭和41年以降の10年間に建設されたタンクが6割弱を占めており、現在の経済情勢を考えると既存の設備を長く使うための維持管理が求められている。底板の設置状況の分類ではアニュラ板タイプ、底板タイプおよびナックルタイプ分けられている。アニュラ板タイプのタンク516基に対する底部の板替え状況を図-1に示す。

この図によればアニュラ板の全取替え(15%)と部分取替え(7%)を合わせるとタンクの基数は114基となる。

図-2は底板タイプの底部の板替え状況を示すものでタンク43基に対する補修の割合は側板近傍の底板のアニュラ化(71%)、全取替え(2%)、部分取替え(10%)となり、大部分のタンクで底板の取替えが行われている。このデータでは、底板の取替えの原因には言及していないので腐食が内面で発生したものか外面で発生したものかわからないが、内面は塗装などにより保護されていることを考えると腐食の要因は外面にあるものと推測される。

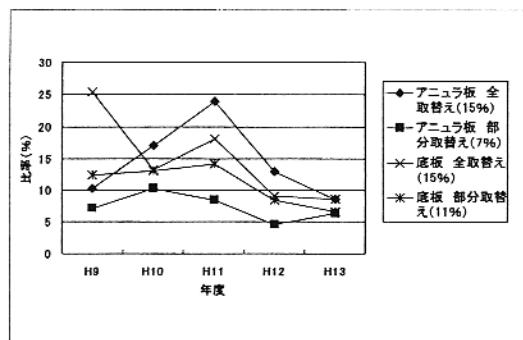


図-1 アニュラタイプの底部の板替え状況

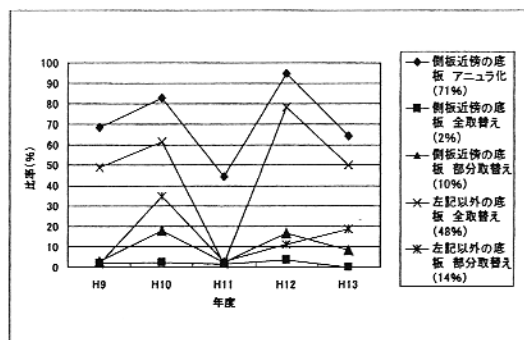


図-2 底板タイプの底部の板替え状況

### 3. ジンシート工法

#### 3. 1 ジンシート工法の開発

アスファルト敷き基礎のタンク底板に電気防食を適用する場合、従来のように電極または陽極をタンク基礎砂中に設置するか、タンク周囲の土中に設置するのではなく、アスファルトとタンク底板の間に薄い亜鉛板を設置する方法を考案した。概要を図-3に示す。

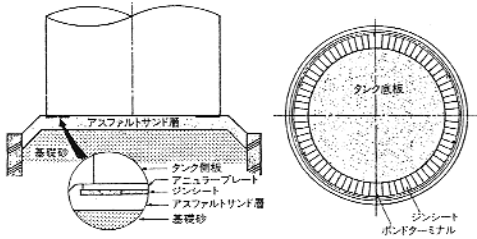


図-3 タンク底板の防食概念図

タンク底板は溶接による歪、支柱等構造上の要因、貯蔵油の液面高さ、基礎面の不等沈下等により変形する。従ってタンク底板とアスファルト面の接触の状態は次のような状況に置かれていると見られる。

- ①常に密着している。
- ②常に空隙がある。
- ③密着と空隙の発生を繰り返している。

また加熱又は保温タンクでは熱の影響も考慮しなければならない。この工法の開発に際して基礎試験では陽極と鋼板（底板）の間隔や温度の設定を変えて種々の試験を行った<sup>4)</sup>。この中から今回の調査結果と比較するためのデータを示す。

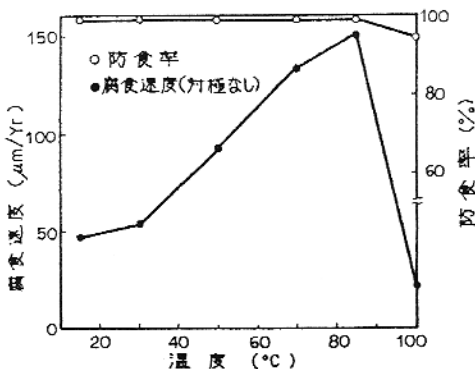


図-4 鋼の腐食速度と防食率に及ぼす温度の影響  
(5000Ω・cm , 間隔: 0mm)

図-4は鋼板の腐食速度と防食率に及ぼす温度の影響を示すもので、対極（亜鉛）が無い場合の鋼の腐食速度は 22～150 μm/yr (0.022～0.150mm/yr) で 85℃の場合が最も大きかった。10℃から 30℃では 50 μm/yr (0.050mm/yr) 前後の値となった。

亜鉛と接続した場合には、鋼の腐食速度は 0.35～1.6 μm/yr (0.00035～0.0016mm/yr) で 70℃のときに最も大きく、85℃以上では 1.2～1.3 μm/yr (0.0012～0.0013mm/yr) であった。防食率は 100℃で 94%となったが、85℃以下では 99%と良い値となった。

亜鉛の腐食速度に及ぼす温度の影響を図-5に示す。

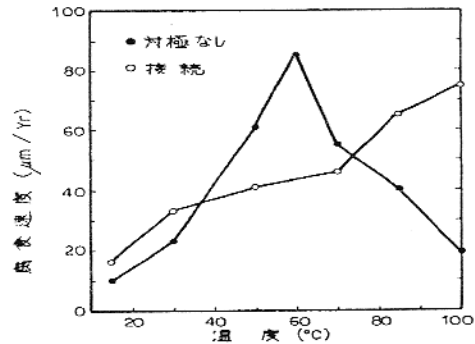


図-5 亜鉛の腐食速度に及ぼす温度の影響  
(5000Ω・cm , 間隔: 0mm)

対極のない亜鉛の腐食速度は 10～85 μm/yr (0.010～0.085mm/yr) で 60℃のときが最も大きく、15℃が最も小さかった。

#### 3. 2 ジンシート工法の概要

ジンシートは電気防食用亜鉛を薄い板に加工したもので板の寸法は 1000 mm×500 mm×2 mm、質量は 7.14 kgである。これをタンクの大きさにあわせて台形に加工する。アスファルトサンドに接する下面はコーラルエポキシ塗料を焼付け塗装する。

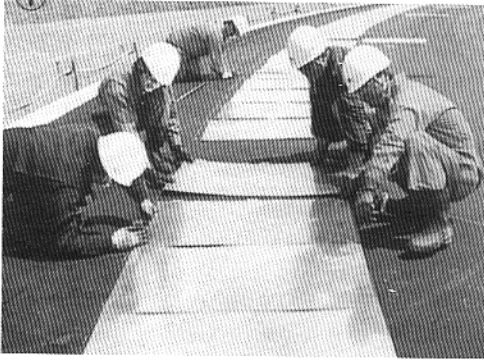


写真-1 ジンシート敷設作業

設置は写真-1に示すように、アスファルト面に描かれたタンク外周の線に沿って配置する。亜鉛板相互は継板とアルミ製のリベットで接続され、亜鉛板5枚毎にアルミリベットをアスファルト中に打ち込んで固定する。亜鉛板の上に、じかにアニュラ板または底板を敷く。タンクの溶接作業に際しては特に亜鉛板に配慮する必要はない。

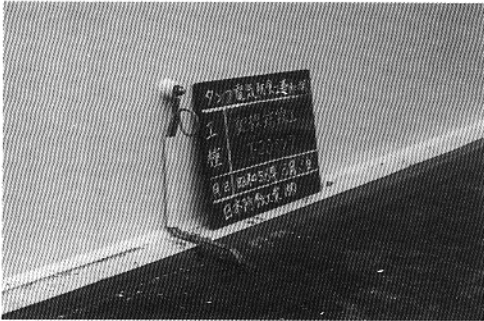


写真-2 ターミナル設置状況

写真-2は工事完成後のもので、タンクの接地端子にジンシートのターミナル端子から導いた電線が接続されている。タンクのエッジ部は雨水浸入防止措置で覆われるので防食装置として目に見えるものはこの部分のみである。この様に施工後は陽極の消耗状況を確認することが出来ない構造であるが、陽極の電流測定や底板の電位測定などの維持管理が必要ないという特徴を有している。

ジンシートをタンク中心に向かって立て方向に配置した場合の防食対象範囲はタンク底板外周部

1mとなる。亜鉛板を横方向に敷けば防食範囲はタンクエッジから50cmとなる。タンク外周部の腐食が中央部分より大きいという実績から防食範囲をタンク外周部に限定して、底板全面を防食対象にして全面に亜鉛板を敷いた例も多数ある。また、タンクの開放検査の結果、アニュラ板を部分取替えることとなって、部分取替えをした箇所だけにジンシートを敷いた例もある。

ジンシートは昭和52年(1977)以降平成13年(2001)までに約300基のタンクに対して約56,500枚の亜鉛板を設置している。図-6は年次毎の施工実績を示すものである。

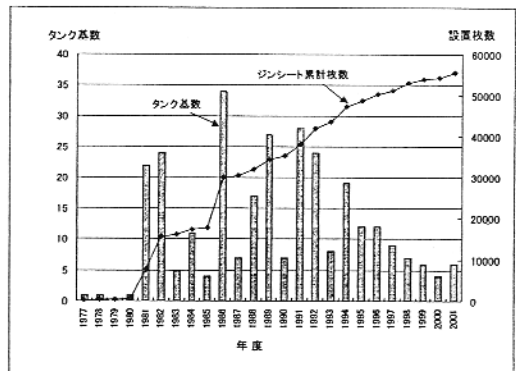


図-6 ジンシートの施工実績

### 3.3 タンクとジンシートの仕様

今回調査したタンクの仕様は次の通りである。

タンク建設: 昭和58年(1983)8月

型式: フローティングルーフトタンク

容量: 2000KL

形状: 直径13,730mm 高さ14,395mm

油種: ハイオクガソリン

このタンクに施工したジンシート工法の仕様は次の通りである。

防食範囲: タンク外周から1mの範囲

陽極: 亜鉛陽極 ジンシート

1,000mm×500mm×2mm

陽極数量: 87枚

陽極回収: 平成13年(2001)12月

18年経過

写真-3はタンク外周部の様子で雨水浸入防止の樹脂の表面はひび割れているが、この効果については後で述べる。写真4は回収したジンシートと底板の写真である。ジンシートはこの時に3枚回収してその後底板を撤去する時に4枚回収した。

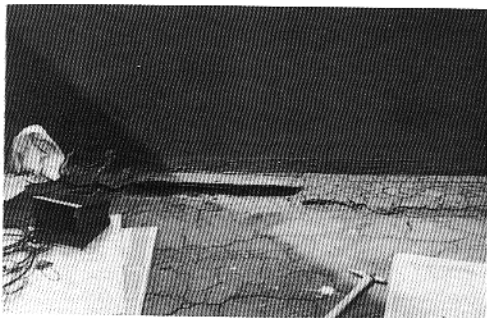


写真-3 タンクの外周部の状況



写真-4 底板とジンシートの切出し

#### 4. 測定結果と考察

##### 4.1 底板とジンシートの接触面の観察

写真-5は底板とジンシートの接触面の状況である。



写真-5 底板とジンシートの接触面

底板とジンシートは全面が錆色に覆われていて、一部は溶解した水酸化亜鉛が付着して白色を呈していた<sup>2)</sup>。白色が顕著な部分は側板が溶接されている部分と当て板の部分で底板とアスファルトが密着していたと見られる。

底板の表面は錆色を呈しているものの、目視で凹みが確認されるような腐食は発生していなかった。

切出した部分はアニュラ板の継ぎ目の部分で当て板の段差や底板の変形に合わせてジンシートが変形している状況を確認することができた。また、ジンシートを敷いた後で、当て板とアニュラ板およびアニュラ板と底板を溶接したが溶接部近傍のジンシートの表面は特に変わった所は認められないので、陽極の性能に影響がないことが確認された。

##### 4.2 ジンシート

###### (1) 表面処理と測定方法

ジンシートは7枚を回収したがその中の3枚について図-7に示すように10cm四方で測定点を定めて、ポイントマイクロメーターで厚さを測定した。

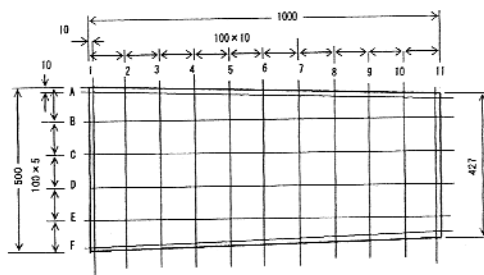


図-7 測定点位置図

ジンシートの裏面(下面)の塗装はワイヤーブラシで落とした。表面(上面)に付着した亜鉛の腐食生成物や底板の錆はワイヤーブラシを付けたディスクグラインダーで落とした。ジンシートの表面は広がりのある溶解面はなくて小さな凹みが点在しているので1~2cmの範囲で数回測定して最小値を記録した。

(2) 測定結果

ジンシートの厚さの測定結果は次の通りである。

- 元の厚さ：2.00mm
- 測定点数：66 点×3 枚=198 点
- 最小値：1.62mm
- 平均値：1.96mm
- 最大値：2.00 mm

この値と 18 年の経過年数から求めたジンシートの腐食量と腐食速度は次の通りである。

- 最大腐食量：0.38mm である。
- 最大腐食速度：0.02 mm/yr
- 平均腐食量：0.04mm
- 平均腐食速度：0.002 mm/yr

この平均腐食速度の 0.002 mm/yr は、前述の基礎研究の図-5 に示した 30℃、接続の時の亜鉛の腐食速度 0.033 mm/yr よりはるかに小さい値となった。これは基礎研究が一定の浸水条件で行われたのに対して実際のタンクでは雨の少ない時期には乾燥状態になって腐食の進行が抑えられるものと考えられる。

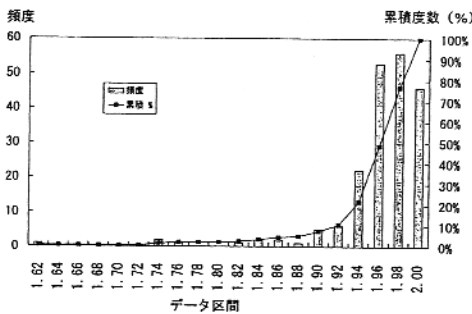


図-8 厚さの度数分布

図-8 は厚さの度数分布で、測定値は 0.01mm まで記録しているが集計区間は 0.02mm とした。区間 1.92 より上が約 92% を占めており、これは腐食量 0.1mm 以上の測定点が約 8% ということであり全体としてバラツキは小さい。

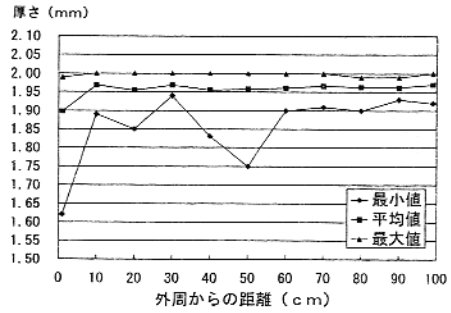


図-9 外周からの距離別の測定データ

タンクエッジからの距離別の集計結果を図-9 に示す。距離別の最小値はバラつきが認められるが、平均値のバラつきは小さい。タンクエッジ部の平均値は 1.90 mm と最小を示したが、その他の位置では 1.95 mm~1.97 mm と小さい範囲に収まっている。

ジンシート全体を観察して計測した 7 枚の板の最大腐食深さから極値統計ソフト EVAN II で算出した Gumbel 分布を図-10 に示す。この結果最大局部腐食深さ(極値)は 0.503 mm となった。ジンシートは小さな孔があっても防食効果には影響しないので問題にはならないが参考として算出した。

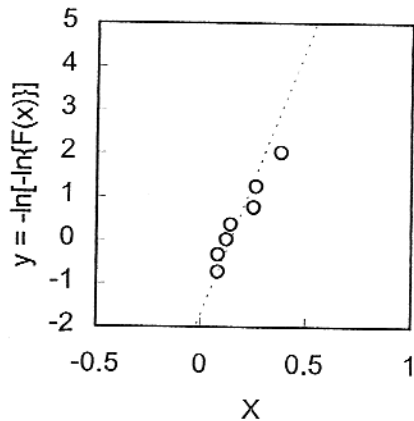


図-10 Gumbel 分布図 (n=7)

### 4. 3 底板

#### (1) 厚さ測定

底板は全面が錆色に覆われているものの、板状又は塊になっている錆は認められなかった。底板の厚さ測定では図-11に示すようにアニュラ板は、腐食が発生しやすい当て板の近傍を外側から10cmピッチで測定した。また、目視で腐食していると見られる箇所を選んで測定した。当て板はマイクロメーターでの測定が出来ないので超音波厚さ計で計測した。

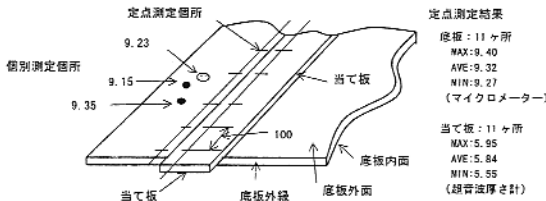


図-11 底板の厚さ測定結果

アニュラ板の厚さの最大値は9.40mmであった。記録した以外の箇所でも同値が測定されたので鋼板の元の厚さは9.40mmとした。厚さの最小値は個別測定箇所でも9.15mmであった。これを図-4のデータの温度20℃前後の値と比較すると次のようになる。

アニュラ板の最大腐食量: 0.25mm  
 同、最大腐食速度: 0.014 mm/yr  
 鋼板の腐食速度: 0.050 mm/yr

このように底板の腐食速度も試験の値より小さい。

当て板の厚さの最小値は5.55mmで最大値は5.95mmであった。最大値は記録した以外の位置でも測定されたので鋼板の元の厚さは5.95mmとみられる。従って最大減少量は0.40mm、最大腐食速度は0.022mm/yrであった。

#### (2) 底板の変形

切出した底板の変形の状況を図-12に示す。タンクエッジ部は水平面から1cm以上上部に反っているので、雨水を底板下へ導く形になっている。先に写真-3で示した雨水浸入防止のシール材は底板の腐食が少なかったことから防水の効果は充分にあったものと認められる。

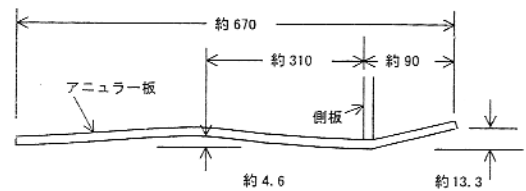


図-12 底板の変形状況

### 5. まとめ

今回調査したタンクはアスファルトサンドと雨水浸入防止措置という消防法に基いた防食対策に加えてジンシート工法による電気防食も採用されている。開放検査における底板の取替え工事が多いことを考慮すると電気防食の必要性と有効性が実証された。

今回の観察により以下のことが判明した。

- (1) ジンシートの耐久性が確認された。
- (2) 底板の当て板や重ね合わせ部分の溶接により、陽極は溶解等が発生しないことが確認できた。
- (3) 陽極は底板の形状に沿って変形する。
- (4) 底板の腐食は最大でも0.014mm/yrと防食効果が充分得られた。

### 参考文献

- 1) 藤枝、18年経過したタンク底板外面及びジンシートの切り取り片の観察、HPI技術セミナー第3回エネルギー貯槽等技術基準と安全性 p.17-27(2003)
- 2) 藤枝、石川、野崎、ジンシート工法により18年間電気防食した貯油タンク底板外面の防食効果、第23回防錆防食技術発表大会 No.203(2003)
- 3) 内田、最近5年間における屋外貯蔵タンクの補修状況について、HPI技術セミナー第3回エネルギー貯槽等技術基準と安全性 p.1-15(2003)
- 4) 石川、早川、鋼と亜鉛のカップル挙動、防錆管理、31巻2号 p.34-39(1987)

NCE

# コンクリート鉄筋の電気方食に 遠隔監視制御システム 子局“CP WATCHER”

コンクリート構造物の防食維持管理においては防食対象物の復極量の測定などが行われていますが、これには多くの時間と労力を要します。本システムは電話回線を用いて、電源装置の稼働状況や防食状況などのデータを遠隔地の管理事務所で監視できます。また、必要に応じて遠隔地から電源装置の出力電流や防食電位設定をおこなうことにより、最適な防食状態を維持することができます。

## 機能

- リアルタイム監視制御機能  
防食電流・出力電圧の監視・制御  
オン電位・インスタントオフ電位の監視
- 時系列データ受信機能  
子局のメモリーより時系列データを受信してグラフ表示
- データベース機能  
受信した時系列データをアクセスDBとしてハードディスクへ保存  
検索結果を表計算データとしてハードディスクへ保存  
時系列データを管理報告書として印刷



- 警報機能  
AC電源異常  
防食電流異常  
過防食電位検知  
子局メモリー不足
- 電位制御機能  
適切な防食電位となるように防食電流を自動調整
- 計測機能・データロガー機能  
防食状況監視：定期的に防食電流・出力電圧・オン電位・インスタントオフ電位を計測  
防食効果認識試験：月1回電源装置を停止して復極量を計測  
メモリー機能：上記計測結果をメモリーに保存（容量：約2000データ/回路）
- パネル表示機能  
防食電流・出力電圧・オン電位・インスタントオフ電位・警報内容
- パネル操作機能  
出力ON・OFF・防食電流増減、電流・電圧・電位の測定

NCE

日本防蝕工業株式会社

〒144-8555 東京都大田区南蒲田1-21-12 昭和ビル  
TEL: 03-3737-8455 FAX: 03-3737-8459

## 全国を網羅するサービスネットワーク

- 北海道地区 ●北海道支店  
〒060-0063 札幌市北区北七条西1-1-2 (SE山京ビル)  
TEL (011) 736-6591 FAX (011) 736-6593
- 東北地区 ●東北支店  
〒980-0804 仙台市青葉区大町1-1-8 (第三青葉ビル)  
TEL (022) 264-5511 FAX (022) 265-6506
- 関東甲信越地区 ◎本社  
〒144-8555 東京都大田区南蒲田1-21-12 (昭和ビル)  
TEL (03) 3737-8400 FAX (03) 3737-8479  
●コンクリートプロジェクト (本社内)  
TEL (03) 3737-8403 FAX (03) 3737-8449  
●東京支店 (本社内)  
TEL (03) 3737-8441 FAX (03) 3737-8458  
●千葉支店  
〒260-0834 千葉市中央区今井1-20-1 (Y&21ビル)  
TEL (043) 263-2118 FAX (043) 263-2558  
●新潟営業所  
〒950-0086 新潟市花園2-1-16 (三和ビル)  
TEL (025) 244-0911 FAX (025) 247-6030
- 中部地区 ●名古屋支店  
〒464-0075 名古屋市千種区内山1-10-10  
TEL (052) 735-3481 FAX (052) 735-3480  
●四日市営業所  
〒510-0093 四日市市本町1-1 (服部ビル)  
TEL (0593) 51-7163 FAX (0593) 53-8599
- 関西地区 ●大阪支店  
〒530-6004 大阪市北区天満橋1-8-30 (OAPタワービル)  
TEL (06) 6356-9800 FAX (06) 6356-9820  
●神戸営業所  
〒651-0097 神戸市中央区布引町2-1-13 (NCKプラザビル)  
TEL (078) 242-2535 FAX (078) 242-5426  
●本四営業所  
〒700-0818 岡山市蕃山町4-5 (岡山繊維会館新館)  
TEL (086) 227-0280 FAX (086) 235-4450
- 中国地区 ●中国支店  
〒730-0051 広島市中区大手町4-6-24 (重岡ビル)  
TEL (082) 243-2720 FAX (082) 248-2364  
●徳山駐在事務所  
〒745-0073 徳山市代々木通り1-30 (山陽ビル)  
TEL (0834) 31-3762 FAX (0834) 31-3791  
●福山駐在事務所  
〒721-0931 福山市鋼管町1番地 (日本鋼管㈱福山製鉄所構内)  
TEL (084) 941-2254 FAX (084) 943-3680
- 九州地区 ●九州支店  
〒810-0013 福岡市中央区大宮1-4-34 (五常物産ビル)  
TEL (092) 523-8001 FAX (092) 523-8002  
●沖縄営業所  
〒900-0006 那覇市おもろまち4-10-18 (高田新都心マンション)  
TEL (098) 862-0226 FAX (098) 864-2383