模擬原油タンクにおける孔食再現試験

1.まえがき

原油タンカーの原油タンクの腐食がクローズ アップされている。一つは上甲板裏のタンク空 隙部の腐食であり、もう一つはタンク底板に生 じる孔食である。特に、ダブルハル(DH)タン カーでは、タンク底板において孔食の発生頻度 が高いと言われている。

タンク底板の孔食は、上甲板裏からの落下錆 がオイルコートの欠陥部に作用し、発生すると 考えられている。特に、落下錆に付着する硫黄 が孔食の発生加速要因とも言われている¹⁾。し かしこれら孔食の発生や成長メカニズムが実験 的に確認されているわけではない。

昨年筆者らは、鋼板上に低 pH の水が局在化 する場所で孔食が発生することを確認した²⁾。 これらのことをふまえ、DH タンク底板の孔食 発生を探索する簡易的な実験を行った。孔食の 発生条件として、一定温度を保持したサワー原 油の満載状態を想定し、硫黄を付着させた研磨 鋼板および黒皮付鋼板について、孔食の発生状 海上安全研究領域 材料信頼性研究グループ *田中義久、小林佑規、後藤英信、丹羽敏男

況を調べた。さらに発生した孔食の形状、深さ、 成長速度について検討した。

2.実験方法

孔食再現試験は、DH 模擬原油タンクに原油 を満たし、原油中に試験片を設置した。試験の 概略を図-1 に示す。

2.1試験片

試験片は、板厚 15mm の 50 キロ級 TMCP 鋼 (KA32)を用い、寸法を 40mmx150mm(A 形)およ び 120mmx130mm(B 形)とした。鋼板の表面は、 研磨面(TP)と黒皮面(TM)とし、それぞれの表 面に、大(約 0.4g)および小(約 0.01g)の固形硫 黄をのせた。A 形は 2 ヶ月ごとの孔食成長速度 を見るために用意した。B 形は表面積が A 形の 2.6 倍であり、6 ヶ月間連続試験後において A 形 との比較観察用である。



2.2 試験環境

原油は、温度を 40 とし、 H2S ガス(2%~3.5%、N2バ ランス)を吹き込み、サワー 化した。上甲板裏の落下錆を 期待して、タンク上部にエキ スパンドメタルを腐食材とし て配置した。タンク底の滞留 水として、人工海水(pH8.2)を 置いた。上甲板裏のタンク空 隙部には、IG(13% CO2+5%O2+0.01 % SO2+N2bal) を供給した。これらの試験環 境において、空隙部の H2S 濃 度が 3000ppm を保持するよう ガス流量を調節し、連続試験 を行った。

3.試験結果

3.1孔食の再現状況 (2ヶ月間試験)

写真-1は、原油に浸 漬する前の試験片であ る。左側の区画には大 きな硫黄片を、中央に は小さな硫黄切片を3 個置いている。右側は 地肌のままである。

写真-2は、試験片を 洗浄して現れた腐食ピ ットであり、2ヶ月間の 試験で形成れたもので ある。TP1 の腐食ピッ トは、浅く小さなもの であった。右端には全 面腐食的な浸食状態が 見られ、これは低 pH の海水の滞留によるも のと考えられる。また、 多数のピットが、シリ コン接着材の境界付近 に列になっている状況 が見られる。中央の硫 黄切片を置いた 3 箇所 は、やや浸食されている が、その深さは測定でき

TP1

写真-1 原油浸漬前の状態



写真-2 2ヶ月後に形成された腐食ピット

る量ではなかった。TM1の腐食ピットは、深く 大きなものが形成されていた。形成された位置 は、硫黄の置かれた場所ではなく、黒皮の損傷 部であった。黒皮の損傷は、試験片の設置時に は全く気が付かなかったが、ピット形成後に初 期状態の写真-1を観察すると、帯状の損傷が観 測された。

3.2孔食の再現状況(6ヶ月間試験)

TM 面および TP 面の 2 ヶ月間ごとにおける孔 食発生状況を、写真-3 および写真-4 にす。

TM 面(写真-3)には、 深い孔食が発生した。大きさが最大である孔食の発生箇所は、写真-1に見られるように、大きな硫黄切片を置い

た付近であるが、硫黄直下ではない。また、孔 食の発生数は、4 ヶ月よりは 6 ヶ月に多く見ら れる。この結果からは、浸漬時間が長いほど孔 食が多く発生するようである。

TP面(写真-4)には、深い孔食は発生せず、 一様腐食に近い。写真では孔食らしきものが見 えるが、いずれも浅いピットである。

3.3腐食ピットの形状と成長速度

腐食ピットについて、印象材を用いて型取り を行い、その形状を調べた。写真-5に、型取り のピット最深部を切断した断面を示す。型取り によって得られたピットの形状は、欠球状であ る。腐食ピットの断面形状は,図-2に示すよう に、深さ a、表面開口幅 2c、曲率半径 R で表すこ とができる。

再現された腐食ピット の深さと原油中への浸漬 時間との関係を、図-3に 示す。研磨面のピット深 さは、浸漬時間とともに 深くなる傾向がある。黒 皮面のピットは、6ヶ月 のものが 4 ヶ月のものよ り浅い。このことは、ば らつきと見るか、ピット そのものの形成が特定で きないことによるものか は、実験点が少ないので 明言できない。しかしな がら、ピット深さは、黒 皮面が研磨面より深く成 長することが明らかで ある。

ピットの深さについ て、成長速度 Sc(mm/y) を算定し浸漬時間との 関係を図-4に示す。研 磨面の Sc は、 0.8 ~ 1mm/y 程度のほぼ一定 と見られる。黒皮面は、 浸漬 2~4ヶ月の Sc が 3 ~ 4mm/yである。こ の値は、船齢 2 ~ 2.5 年の実船タンク底板に 生じる孔食成長速度に 匹敵する値である¹⁾。 腐食ピットのアスペク ト比 を a /c で表し、 浸漬時間との関係を図-5に示す。研磨面ピッ トのアスペクト比は、 浸漬時間とともに小さく なる傾向にある.すなわち、 ピットの底が時間ととも





写真-4 TP材の孔食発生状況



写真-5 ピットの型取り断面形状(TM1)



図-2 ピットの断面形状

に平らになって、一様腐食的な衰耗になってい く。黒皮面ピットのアスペクト比は、浸漬4ヶ 月までに 0.43 と深くなり、それ以上の浸漬では ピット形状が変わらないようである。

4.まとめ

40 の原油中での孔食再現試験結果のまとめ として以下に示す。

(1) 孔食発生に関して明確な点

・孔食は、原油40の温度条件下で形成された。

・孔食は、黒皮の損傷部に発生したピットが深 く、研磨面に発生したものは浅い。

・黒皮面に形成されたピットの成長速度は船齢 2~2.5年の実船タンク底板のピットに近い。

・研磨面に発生したピットは、成長速度が小さ く、全面腐食的な衰耗に近い。

・孔食の発生数は、浸漬時間が長くなるにした がい多くなる。

(2) 孔食発生に不明確な点

・硫黄の存在とその関与

・落下錆がどのように影響したか

・試験中にできたスラッジらしきものの評価

考文献

1)日本造船研究協会; SR242 研究部会, 原油タン カーの新型コロージョン挙動の研究, 平成 13 年度, H14.3



図-3 再現腐食ピット深さと浸漬時間との関係







図-5 ピットのアスペクト比

2)小林佑規,他:タンカー原油タンク環境の腐 食試験,第2回海上技術安全研究所研究発表 会講演集,2002.6

平成15年度(第3回) 独立行政法人 海上技術安全研究所 研究発表会講演集 訂正

講演 No.20、97 頁、表·6

誤:

No.	1	2	3	4	5	6
最大素位m	0.80	0.59	0.90	0.57	0.13	0.52
歪み [%] 2	3.5	24.6	26.5	16.8	5.42	15.3

正:

No.	1	2	3	4	5	6
最大変位[m]	0.80	0.59	0.90	0.57	0.13	0.52
歪み [%]	23.5	24.6	26.5	16.8	5.42	15.3

講演 No.24、112 頁、右段

誤:式(7)

正:式(3)

誤:式(5)

正:式(1)

図3中、

誤: Equation (7)

IE : Equation (3)

講演 No.37、182 頁、左段、上から 3 行目 誤:2.2

正:0.43