FCK
The Fasteners Cooperative association of Kansai



ねじの腐食寿命予測と試験方法の検討 VI



関西ねじ協同組合

ねじの腐食寿命予測と試験方法の検討（Ⅵ）

1．まえがき

ねじは締結材料として非常に重要な役割を担っており、その使われる環境も種々様々である。とりわけ屋外で使用されるねじは、温湿度の他に塩分と排気ガスなどの酸性物質等の影響を受けているが、塗装のような重防食は施されていない。

しかしながら、建築構造物の屋根や外壁などを締結する重要な役割をもつ、ねじ・ファスナーなどの金物について、安全設計やコスト低減のため長期間にわたるメンテナンスに関する情報が求められている。さらに、経済活動のグローバル化により、自社が提供する締結材が製品に付随して国内外の異なる環境で使用される状況となってきている。

したがって、金属製の材料や表面処理材料をはじめとする多くの構築物や部材について、国内外の実曝露環境下における寿命予測に関する情報の提供も必要となっている。従来から、耐食性の一般的な評価方法として、長い歴史をもつ塩水噴霧試験がよく知られている。しかしながら、塩水噴霧試験は品質管理としては優れているが、実環境との相関性に課題のあることが報告され[1)]、自動車部品の表面処理の評価を中心に、多くの屋内促進腐食試験方法と装置が開発されてきた[2)、3)、4)、5)]。

これらの試験方法の装置と試験条件は、従来の塩水噴霧試験と異なり、ねじやファスナー部品の耐食性の評価を定常的に行うことには、企業にとって大きな負担となる。

そこで、関西ねじ協同組合では、平成１４年から活動の一環として、表面処理グループの活動として、ねじやファスナーなどの締結材の実環境での寿命予測を行う研究に取り組み、平成１６年から、国内外８か所（国内６か所、国外２ヶ所)で屋外曝露試験を行いながら相関性の高い促進腐食試験方法の試験条件の検討を開始した。

その結果、屋外曝露と相関性のある FCK 法を見出した（特許取得：第 4471897)。以後、長期の屋外曝露試験を続行することで、FCK 法は実曝露との相関性がより一層向上することが判明した。
平成 23 年度は、屋外に曝露した試験片の観察と FCK 法による市販品の耐食性を評価した。

2．研究目的

本年度は次の項目を検討題目とした。

1）屋外曝露試験の観察。
2）国内の市場に流通している商品を FCK 法で耐食性を評価する。
3）FCK 法の PR。

3．実験方法

（1）屋外曝露試験場

1）曝露試験場

表１　平成２３年度に実施した屋外曝露地点

場所	所在と環境	曝露開始
名古屋　1	名古屋市南区　都市部、　　周辺住宅地	平成 16 年 2 月
〃　2	〃　　工業地帯、　1 より南 2km	〃
大　阪　1	大阪市東成区　都市部	〃
〃　2	〃　　都市部、1 より南 1.5km	〃
重　慶	中国四川省重慶市郊外江津市、 西南工業技術研究所　重慶市中心部より南西 20km	平成 18 年 6 月

2）試験片

本年度で屋外曝露を続行した試験片を表２に示す。その内訳は国内８種類（A~H）、中国１２種類（I~T）である。なお、平成１７年度から重慶市内で曝露を続行していたA～Hは、現地の担当者が換わり試料の所在が不明である。

表２　試験片の種類

種類	ドリルねじ			六角ボルト
ねじの材質	SWCH18A	SUS410系	SUS304系	SWCH10R
表面処理	A:ユニクロ　5μm	D：パシベート　1		F：3価クロメート5μm
	B:ユニクロ 12μm	E：パシベート　2		G:ユニクロ　5μm
	C：ユニクロ 20μm			H:溶融亜鉛 20μm
	I：クロムフリー 複合皮膜処理Ⅰ	P：すずめっき	S：SUS305J1 パシベート	
	J：クロムフリー 複合皮膜処理Ⅱ	Q：複合皮膜処理1	T：XM7 パシベート	
	K：複合皮膜処理1	R：複合皮膜処理2		
	L：複合皮膜処理2			
	M：フッ素樹脂			
	N：アクリル樹脂			
	O：水溶性樹脂			

3）観察方法：

腐食の程度は従来と同様、顧客からのクレームを考慮して、目視によりねじ頭部に一部でも赤さびが認められる時間（これを赤さび発生時間と称する）と本数（例１本：1/5）を記録し、同時に写真撮影を行った。観察は、国内の曝露地点では３ヶ月毎に頭部を目視観察する。国外の観察は平成２３年７月に行った。

（２）屋内促進腐食試験

組合員から市場に流通している、ねじ・ナット等の試験用部材の提供を受け、その耐食性をFCK法で評価した。

1）試験片

促進腐食試験を実施した試験片の種類、表面処理および熱処理の有無等を表３に示す。

2）促進腐食試験条件

試験片の耐食性を関西ねじ協同組合が開発したFCK法で評価した。

試験条件

①試験溶液

0.0001N, H_2SO_4溶液（pH≒4）＋0.5wt%NaCl＋0.1wt%$CaCl_2$

②試験条件

５０±１℃×（溶液噴霧１６Ｈｒ＋乾燥８Ｈｒ　湿度２０～３０％ＲＨ）を1日（１サイクル）とする。

③試験溶液の噴霧量（JIS Z2371 塩水噴霧試験方法に準拠）

④試験装置:スガ試験機㈱、型式:ISO－３－CYR型

⑤試験期間：60日（６０サイクル）

表３－１　促進腐食試験用試験片

試料	分類	材料	表面処理名	熱処理
1	六角ボルト 4.8　(M8)	SWRCH10R	三価クロメート　5μm	なし
2	六角ボルト 4.8　(M8)	SWRCH10R	六価クロメート　3μm	なし
3	アイボルト　M8	SS400	三価クロメート　5μm	なし
4	アイボルト　M8	SUS304J3	電解研磨	固溶化処理
5	六角ナット 1 種 M20-2.5	SWCH10R	亜鉛ニッケル合金めっき	なし
6	ナイロンナット M10x1.25x14x12	SUS304	パシベート処理	なし
7	ナイロンナット M8x1.25x13x9	XM7	なし	なし
8	六角ボルト 4.8　(M16x70)	SS400	エポキシ樹脂系ジンクリッチメタルプライマー	なし
9	六角ボルト 4.8　(M16x70)	SS400	フタル酸樹脂エナメル塗料	なし
１０	割枠式ターンバックル 胴 M12	SNR400W	溶融亜鉛めっき HDZ35	なし
１１	BD ワッシャー M4x 径 9.5	SUS304+EPDM ゴム	なし	なし
１２	BD ワッシャー M4x 径 9.5	チタン TP270C ＋フッソゴム	なし	なし
１３	六角穴付きボルト 10.9　M6x30	SCM435	三価クロメート 5μm	調質熱処理
１４	なべ　M5x19	SUS410	不動態化	真空熱処理
１５	なべ　M4.8x25	クロム系特殊鋼	不動態化	真空熱処理
１６	六角タッピングネジ 4.5x50	SWCH18A	特殊溶融亜鉛めっき	浸炭焼入れ焼戻
１７	金具用ネジ 4.1 x 32	SWCH18A	金属亜鉛系複合皮膜	浸炭焼入れ焼戻
１８	平頭タッピング　4 x 14	XM7	亜鉛・ニッケル複合皮膜	なし
１９	六角ボルト　M8x20	SWRM10	亜鉛・ニッケル複合皮膜	なし
２０	ドリルネジ十字穴付き六角 5.0x13	SWCH18A	Ni-Zn 系めっき＋亜鉛系皮膜	浸炭焼入れ
２１	ドリルねじ　なべ頭 4.0x13	SWCH18A	Ni-Zn 系めっき＋特殊化成膜	浸炭焼入れ
２２	六角ボルト M8x30	YUS270	不動態化	なし
２３	(＋) Pan ドリルねじ 4x13	SUS410	特殊不動態化	真空熱処理
２４	六角ドリルねじ　4.8x35	SUS410	特殊不動態処理	真空焼入れ焼戻
２５	六角ドリルねじ　6x25	SUS410	亜鉛系複合皮膜	真空焼入れ焼戻
２６	ドリルねじなべ　4.2x19	SWCH18A	亜鉛系複合皮膜	浸炭焼入れ焼戻
２７	十字穴付き六角 5x12	SWCH18A	合金めっき＋クロムフリー亜鉛複合皮膜	浸炭焼入れ焼戻
２８	六角ボルト　M10x40	SCM435	クロムフリー亜鉛複合皮膜＋樹脂系トップコート	調質
２９	6x35	SWCH18A	クロムフリー亜鉛アルミ複合皮膜	なし
３０	6x35	SWCH18A	クロムフリー亜鉛アルミ複合皮膜	なし
３１	6x35	SWCH18A	クロムフリー亜鉛アルミ複合皮膜	なし
３２	トラス B1　4x10	SWCH16A	亜鉛・ニッケル合金上　三価クロメート皮膜	浸炭焼入れ焼戻
３３	なべ B1　4x20	SWCH16A	鉄・亜鉛系複合皮膜	浸炭焼入れ焼戻

表３－１　促進腐食試験用試験片（続き）

試料	分類	材料	表面処理名	熱処理
３４	トラスB1　4x14	SWCH16A	亜鉛・ニッケル合金上三価クロメート皮膜	浸炭焼入れ焼戻
３５	蝶ボルト　M6x20	SWCH10R	明示なし	なし
３６	蝶ボルトプレス　M6x25	SWCH10R +SPCC	明示なし	なし
３７	座金組込み六角　M6x14	SWCH10R	明示なし	なし

３）評価方法

ねじ5本を樹脂製の板（アクリル板、７０×１５０×３ｔ）に取り付け、装置に設置し、土日祭日を除き、ほぼ毎日、乾燥時に試料の腐食状況を目視観察。一本でも赤錆が認められた時間を赤錆発生時間（日）とした。参考のために白錆の発生状況も記録した。

４．試験結果

（１）実曝露試験場の観察結果

表４　曝露試験の観察結果

暴露地点	A	B	C	D	E	F	G	H	備考
大阪１	5/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5	5/5	0/5	93ヶ月
大阪２	5/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5	5/5	1/5	
名古屋１	5/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5	5/5	2/5	
名古屋２	5/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5	5/5	5/5	
中国重慶市内	観察なし								90ヶ月

	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
中国重慶郊外、江津市	5/5	5/5	5/5	0/5	0/5	5/5	5/5	5/5	5/5	0/5	0/5	0/5	65ヶ月

試料 A~H：日本では約８年が経過しても１２μm以上のめっき、および２０μmの溶融亜鉛めっきを施したねじ頭部には赤錆は見られない。なお、名古屋２の曝露地点で、H の頭部に薄い赤錆状の着色が認められたのでこれを赤錆発生とした。

試料 I~T：重慶の環境下では、日本と異なり素材を鉄鋼材とするねじの耐食性は劣るが、L,M のように、複合皮膜を厚くあるいはフッ素樹脂コートなどの処理を施すことで対応が可能である。一方、ステンレス系は優れた耐食性を示し、さらに、有機系の複合皮膜処理を施すとより効果的である。ステンレス系の Q の腐食は僅かなものであった。

（２）市販ねじの屋内加速腐食試験（FCK 法）による評価



写真１　槽内の試料取り付け状況

試験槽内の試料設置状況を写真１に示す。一定期間ごとに試料を取り出し、頭部およびねじ部の腐食状況を観察し、写真に記録する。頭部の中央３か所の腐食状況の変化を写真２～５で示す。

試料名	試験前	20 日	41 日	60 日
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
１０				

写真２　試料１～１０

試料名	試験前	20 日	41 日	60 日
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

写真３　　試料１１～２０

試料名	試験前	20 日	41 日	60 日
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

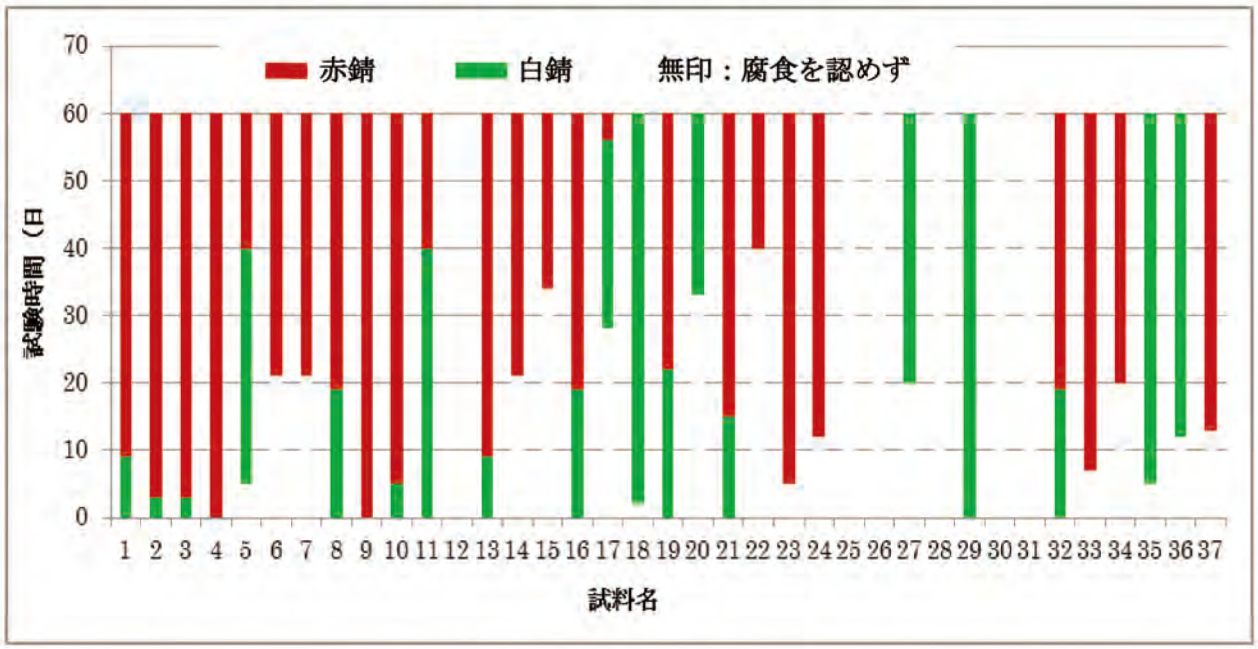
写真４　試料２１～３０

試料名	試験前	20 日	41 日	60 日
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				

写真５　試料３１～３７

目視による、観察結果を表５に示す。

表５　FCK 法による腐食の推移（試験日数：60 日間）



参考に 22 年度に報告した寿命予測の結果を表６に示す。

表６　FCK と実曝露場所における寿命予測

FCK 試験時間（日）	都市部(y=4.36)	海岸部（y=0.77）
5	22 ヶ月	4 ヶ月
10	44 ヶ月	8 ヶ月
20	87 ヶ月	15 ヶ月
40	174 ヶ月	31 ヶ月
60	262 ヶ月	46 ヶ月

表５の結果から、12,25,26,30,31 は都市部で約 20 年、海岸部で約 4 年近く腐食の可能性が少ないことになる。

（３）FCK 法の PR 活動

１）西南工業技術研究所との意見交換

屋外曝露試験の観察と意見交換を兼ね、平成 23 年 7 月 25～27 日、重慶市内の西南工業技術研究所を訪問した。この研究所は中国各地（7 か所）にある屋外曝露試験場を統括し、塗料などの表面処理に関する研究を行っている政府の研究機関である。研究開発委員会の 2 企業が参加、約 2 時間にわたり、関西ねじ協同組合の活動報告と FCK 法の紹介を行い、研究員（約 20 名参加）と意見の交換を行った。



西南技術研究所（重慶、江津市）曝露場の紹介





意見交換会の風景

２）スガウェザリング技術振興財団での講演

主催：財団法人　スガウェザリング技術振興財団

開催日時：2011 年 12 月 1 日

場所：大阪国際会議場１０階会議室

発表演題：『新規な腐食促進試験条件による建築用ねじの腐食寿命の評価』

内容概略：屋外で使用される金属材料の耐食性評価には多くの方法がある。しかしながら、これらの方法で、建築用のねじやファスナー部品の耐食性を定常的に評価するには企業にとって負担であり、相関性にも課題がある。そこで、操作が容易でしかも実曝露と相関性の高い試験条件を考案した。この条件により市場に流通しているねじ等の表面処理部材の腐食寿命を評価した結果を紹介する。尚、実曝露は中国重慶の研究機関と連携し中国でも行っている。最近のアジア圏での腐食調査状況についても併せて紹介する。当日約３００名近くの参加者があり、多くの質問が寄せられた。

５．考察

最近のアフリカ、中近東、インド、東南アジアなどで金属材料の屋外曝露腐食試験と環境調査を行った報告[6]、またパラグワイを除く南米とイベリア半島で同様な報告[7]によると、これら多くの地域では、降雨の酸性化（SOx,NOx,CO_2）と粉塵(塩分を含む)の増加により金属材料の腐食速度が増加していることが判った。

FCK 法は、酸性化した降雨と海塩粒子の影響を考慮した促進腐食試験方法であるので、経済発展が進んでいる地域で使用される締結材の寿命予測にも適用可能である。

引用文献

1）US　Army Corrosion Summit　(Round　Robin test)　2002
2）西村俊弥、片山英樹、野田和彦、児玉俊明：材料と環境、49、p45(2000)
3）木村　肇、大熊俊之：防錆管理、46、(11)、p1(2002)
4）Edward P.Neville Ian N.Robertson:Research Report UHM/CEE (2003)
5）梶山浩志、藤田　栄、鷲山　勝：JFE 技報、12、(5)、p36(2006)
6）J.Tidblad etc, : 17th International Corrosion Congress Paper No.2682(2008)
7）　M.morcillo etc:International Journal of Corrosion Vol 2012,Artide ID 824365

表面処理研究メンバー（敬称略）

NO		企業名	氏名
1	顧問	社団法人日本防錆技術協会　関西支部	佐藤　幸弘
2	委員長	株式会社コクブ	大場　康弘
3	副委員長	フジテック株式会社	藤原　廣二
4	グループ長	株式会社丸エム製作所	出羽　弘
5	副グループ長	有限会社アールケイ興産	松田　敏雄
6	委員	株式会社ヤマヒロ	奥村　和久
7	委員	ケーエム精工株式会社	竹田　聖
8	委員	株式会社竹中製作所	森　章
9	委員	フジテック株式会社	東野　宏治
10	委員	三喜鋲螺株式会社	岡本　昌之
11	委員	株式会社ミヤガワ	北野　克史
12	委員	株式会社ミヤガワ	芝本　和治
13	委員	サカモト工業株式会社	佐野　芳和
14	委員	サカモト工業株式会社	北野　広志
15	委員	田中熱工株式会社	四宮　尚士

The Fasteners Cooperative association of Kansai

関西ねじ協同組合

〒537-0025
大阪市東成区中道3丁目15番16号
毎日東ビル5階 515号室
TEL.06-6974-0531　FAX.06-6975-2181
E-mail:info@kansaineji.com
URL:http://www.kansaineji.com