

PD 資格試験開始から4年の実施状況

Report on Performance Demonstration for depth sizing of SCC flow in austenitic stainless steel pipes

(財)電力中央研究所	秀 耕一郎	Koichiro HIDE	Member
	笹原 利彦	Toshihiko SASAHARA	Member
	直本 保	Tamotsu JIKIMOTO	Member
	渡辺 恵司	Keiji WATANABE	Member

The PD Center at the Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI) commenced Performance Demonstration examinations for flaw depth sizing of austenitic stainless steel pipes in March 2006. As of April, 2010, 26 examination courses have been completed and 31 out of 43 candidates passed the examination. The average error margin of the successful applicant of the PD examination to the seventh stage was 0.17 mm, and standard deviation was 2.0 mm.

Keywords: Performance Demonstration (PD), UT, depth sizing

1. はじめに

(財)電力中央研究所は平成17年11月に材料科学研究所にPDセンターを設立し、平成18年3月から日本非破壊検査協会規格NDIS 0603²⁰⁰⁵の附属書に従って原子力発電所のオーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部のき裂深さ測定のPD資格試験を実施している。

第1期から第7期までのPD資格試験の結果については随時報告^[1-3]を行ってきた。今回は第9期までのPD資格試験結果の報告に加え、これまでの受験者の傾向についても報告する。

2. PD 資格試験の実施状況

2.1. PD 試験結果

平成21年度は第8期と9期の試験を計3回実施した。受験者は6名であり、合格基準に達したものは4名であった。第1期から9期までの受験者は43名(のべ受験者は69名)であり、合格基準に達したものは31名で、合格率は72%となった。

第1期から9期までの各期ごとの新規受験者と再受験者の受験者数、合格者数とRMSE(平均自乗誤差)を表1に示す。表中のRMSEを見ると、新規受験者は各期

でばらつきがあるのに対して、再受験者は比較的安定している。これは初回受験者がそれまでに経験のない比較的深いSCCき裂を測定することと、一方で再受験者はPD試験も含めた経験により、深いSCCき裂測定のノウハウを確立していることが考えられる。

表1 各期ごとの新規受験者と再受験者の試験結果

試験時期 (回数)	新規受験者			再受験者		
	受験	合格	RMSE	受験	合格	RMSE
第1期(6回)	18	8	3.38	7	1	3.62
第2期(4回)	8	1	6.13	4	4	1.55
第3期(2回)	3	1	3.63	3	2	2.14
第4期(3回)	4	0	4.63	4	3	2.16
第5期(3回)	3	1	4.01	2	1	2.79
第6期(3回)	1	0	-	3	2	2.03
第7期(2回)	1	1	-	2	2	1.86
第8期(2回)	3	3	1.89	1	1	-
第9期(1回)	2	0	4.22	0	0	-

※RMSEは受験者の平均(1名の場合は示さず)

第9期までの受験者のRMSEと誤差(解答値-真値)の平均値を合格者、不合格者に分けて図1に示す。この図には合格基準の一つである「RMSEが3.2mmを超えない」の3.2mmを点線で示すが、3.2mm以下であっても、もう一つの合格基準である「測定値は真とする値に対し4.4mmを超えて下回らないこと」により不合格となった受験者が存在する。合格者について平均誤差の範囲をみると、90%以上の人が±1mm以内に入っている。

連絡先: 電力中央研究所材料科学研究所 PD センター
〒240-0196 神奈川県横須賀市長坂 2-6-1
<http://criepi.denken.or.jp/pd/index.html>

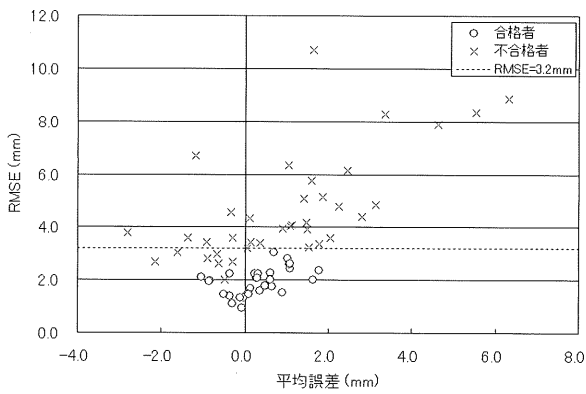


図1 受験者のRMSEと誤差の平均値

2.2. PD試験受験者の傾向

第9期までのPD受験者数と結果の推移を図2に示す。図2(a)の受験者数の推移をみると、その数は期数が進むにつれて減少しているように見える。しかしながら別の見方として点線で示されるように第1期から4期までは減少傾向を示すものの、その後はほぼ一定の受験者数で推移しているとみることできる。表1で受験者数をみると再受験者が期数を追うごとに減少するのに対して、新規受験者は第6、7期当たりを底としてその後は増加しているようにみえる。この傾向は、PD有資格者を一定数輩出する必要があった初期段階と、たとえば企業内の教育的な位置づけとしての資格取得の段階といった2段階で推移したと考えることも可能である。

合格者の中の新規受験者と再受験者の推移を図2(b)に示す。この図から、合格者に占める新規受験者の割合が1期を除くと増加していることが示される。これは各社の受験者の教育システムがある程度充実してきた結果だと考えることができる。

PD試験合格者の平成21年における満年齢を図3に示す。合格者は30~40歳代が多く、50歳以上と30歳未満は比較的少ない。これは30~40歳代は現場において測定する機会が多く、経験を十分につんでいるためと推定される。30歳未満の合格者が少ないのは現場での経験が比較的短いこと、一方で経験豊富な50歳台が少ないのは、フェーズドアレイ技術といった新技術への対応が難しいこと等が考えられる。

余談になるが、日本のPD技術者の年齢構成を見る限り、欧米で喫緊の課題とされている検査技術者の枯渇については、しばらくは猶予があると考えられる。

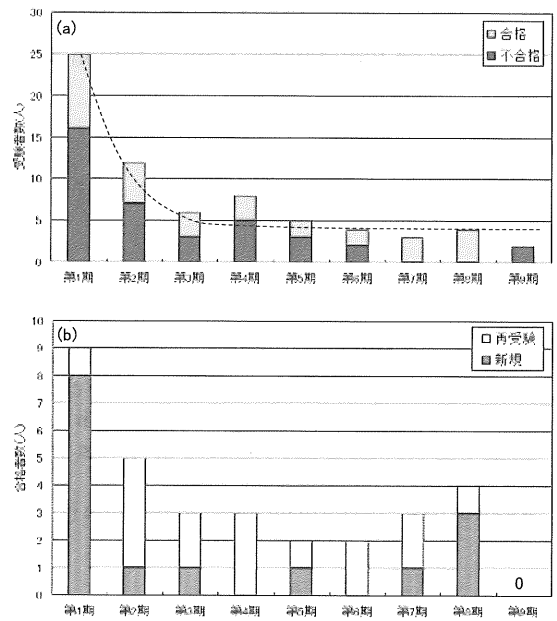


図2 PD受験者数と結果の推移

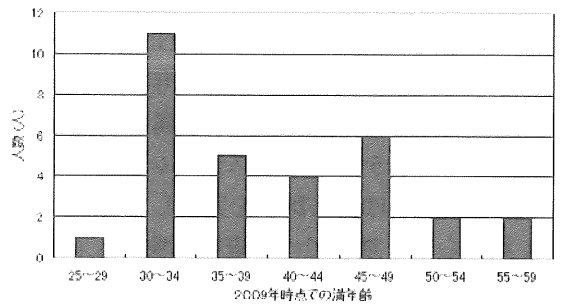


図3 PD試験合格者の年齢分布

2.3. PD資格試験の統計分析

第7期までの全受験者のき裂深さ測定誤差の統計分析結果を表2に示す。この表の全受験者と合格者の数値をみると、全受験者の平均誤差は0.62 mm、標準偏差は4.0 mmであるのに対し、合格者はそれぞれ0.17 mm、2.0 mmであった。図4に計測誤差の度数分布と全受験者および合格者の標準偏差から求めた確率密度曲線を併せて示す。度数が最大となるのは平均誤差がほぼゼロの位置であり、裾野は左右対称に広がっている。しかしながらこの裾野の度数分布をよくみると、明らかにプラス側に偏っている。この原因はいくつか考えられるが、1つには前報^[3]で指摘した母材と溶接部の境界面エコーの判別手段あるいは、技術の未熟さによるSCCき裂の過大評価が挙げられる。一方で、裾野の分布がプラス側に偏っているのは、受験者が合格基準の一

つである-4.4 mmのストレスにさらされることで、極力大きい側へ読むヒューマンエラーの可能性も否定できない。

表 2 PD 試験の統計分析結果

	データ数 (個)	平均誤差 μ (mm)	標準偏差 σ (mm)
全受験者	630	0.62	4.01
合格者	270	0.17	2.00
不合格者	360	0.95	5.00

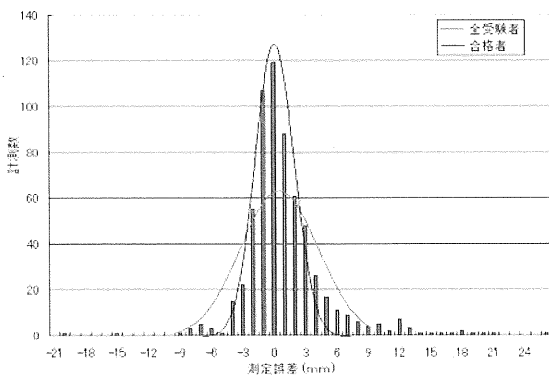


図 4 全受験者の測定誤差の度数分布

SCC き裂深さの試験結果への影響をみるために、SCC き裂深さと測定誤差の標準偏差を合格者と不合格者に分けて図 5 に示す。この図から合格者は SCC 深さに関係なく誤差の標準偏差はほぼ一定で、どの深さも同程度の精度で測定できるのに対し、不合格者は板厚の 20～60%の SCC 深さ測定に課題があること、が示唆される。

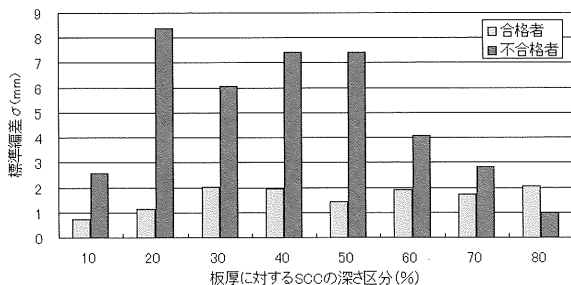


図 5 SCC 深さ区分に対する標準偏差の分布

3. ケーススタディ

ここでは今回得られた統計分析結果を用いて、合格基準に対して 2 つのケースの検討を行った。その条件

と結果を表 3 に示す。

表 3 ケーススタディの条件と結果

	合格基準		データ数 (個)	平均誤差 μ (mm)	標準偏差 σ (mm)
	①	②			
現行	RMSE<3.2mm	$\times < -4.4$ mm	270	0.17	2.00
ケース1	RMSE<3.2mm	なし	340	-0.05	2.20
ケース2	RMSE<3.0mm	なし	310	-0.03	2.08

(a) 現行

現行の場合は合格基準①「RMSE が 3.2 mm を超えない」、と合格基準②「測定値は真とする値に対し 4.4 mm を超えて下回らない」、の両方を満足した受験者（合格者）の数字であるが、平均誤差と標準偏差から導かれる統計的な可能性をみると、合格基準②の-4.4 mm を超えて下回る確率が 1.1%存在する。この確率は制度設計時の条件であった「-4.4 mm を超えて下回る確率を 5%未満とする」のクライテリアは十分に満足させている。

(b) ケース 1

ケース 1 は合格基準①はそのまま、合格基準②を不採用としたものである。この場合の合格基準②の-4.4 mm を超えて下回る確率は 2.4%である。

(c) ケース 2

ケース 2 は、ケース 1 の合格基準①をさらに厳しく 3.0 mm とした場合で、この場合-4.4 mm を超えて下回る確率は 1.8%である。

今回検討したケース 1、2 のそれぞれの場合について、合格基準②の-4.4 mm を超えて下回る確率は、クライテリアの 5%未満を十分に下回る結果であった。このことから、ケース 1、2 とも制度設計時の条件は満たすことができ、RMSE のみの合格基準で測定精度を担保できる可能性が示唆される。

現行の合格基準決定においては安全側の評価とするために合格基準①と②が併設された。しかしながら PD 資格試験開始から 4 年が経過し、測定データ数の増加に伴い統計分析が可能となってきたことで、PD 資格試験の合格基準を合理的に見直す時期が来ているかもしれない。

今回の分析とは直接関係ないが、PD 資格者の測定精度の裏付けとして、東京電力柏崎刈羽原子力発電所の 3 号機の PLR 配管の SCC 深さのデータがある^[4]。そのデータは PD 資格者が SCC 深さを 5.3 mm と測定し、切斷調査

で約 5.6 mm と判明したものであり、PD 資格者の測定値の信頼性を確認する結果ともなっている。

4. まとめ

PD 資格試験は開始から 4 年が経過し、26 回実施され、合格基準に達した人は 31 名となった。これまでの受験者のデータについて分析した結果は以下の通りである。

- 1) PD 資格試験合格者の平均誤差は 0.17 mm、標準偏差は 2.0 mm であった。全受験者の平均誤差は 0.62 mm、標準偏差は 4.0 mm であり、合格者の測定精度が非常に高いことが示された。
- 2) 合格者の測定精度は SCC 深さに依存せず、どの深さも高精度で測定ができるのに対し、不合格者は板厚の 20～60% の SCC 深さ測定に課題があることが判明した。
- 3) 合格者の年齢構成をみると、30～40 歳代が多く、50 歳以上と 30 歳未満は比較的少なかった。このことは PD 資格試験の結果に、経験年数と新技術への対応が影響する可能性を示唆している。

参考文献

- [1] 笹原，直本，秀，神戸，“PD 資格試験開始から一年の実施状況” 第 4 回保全学会予稿集， 福井， 2007.
- [2] 直本，笹原，秀，“PD 資格試験開始から 2 年の実施状況” 第 5 回保全学会予稿集， 水戸， 2008.
- [3] 直本，笹原，秀，“PD 資格試験開始から 3 年の実施状況” 第 6 回保全学会予稿集， 札幌， 2009.
- [4] WEB 東京電力 平成 20 年 5 月 29 日「3 号機 原子炉再循環系配管のひび部の点検・調査について（断面観察結果）原子炉再循環系配管 維持基準適用箇所点検」