

PD 資格試験開始から 7 年の実施状況

Report on Japanese Performance Demonstration examinations
For depth sizing of SCC in austenitic stainless steel pipes

(一財)電力中央研究所	渡辺 恵司	Keiji WATANABE	Member
(一財)電力中央研究所	東海林 一	Hajime SHOHJI	Member
(一財)電力中央研究所	秀 耕一郎	Koichiro HIDE	Member

The PD Center of 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 January 2013, 37 examination sessions have been completed and 44 candidates have passed the examination. The total number of tests administered including re-tests and re-certification was 89. It was noted that depth sizing using a phased array plus the manual UT technique was the procedure most used by successful PD applicants. A major reason for failure is "the overestimation caused by the lack of skill in distinguishing the base metal-to-weld metal interface echo and the SCC tip echo". Moreover, the possibility of psychological bias is also incontrovertible because candidates are under pressure not to make a -4.4mm critical mistake.

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

1. はじめに

電力中央研究所材料科学研究所 PD センターは、日本非破壊検査協会規格 NDIS 0603 の附属書に従い、2006年3月より軽水型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におけるき裂高さ（深さ）測定の PD 資格試験を実施している。

これまでに2012年1月までの PD 資格試験結果を報告^[1-6]した。今回は2013年1月までの PD 資格試験結果に加え、これまでの PD 資格試験結果における受験者の傾向について報告する。

2. PD 資格試験の実施状況

2.1 PD 資格試験の実績及び結果

PD 資格更新の最大期間は5年であるため、2010年度下期より新規試験、再試験に加えて再認証試験を実施している。2012年度は3回の PD 資格試験を実施し、延べ4名が受験した。これより2006年3月の試験開始以降の累計受験者数は89名となった。また、再受験や再認証試験による重複を除く実際の受験者数は48名

連絡先:(一財)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丁目6-1
<http://criepi.denken.or.jp/pd/index.html>

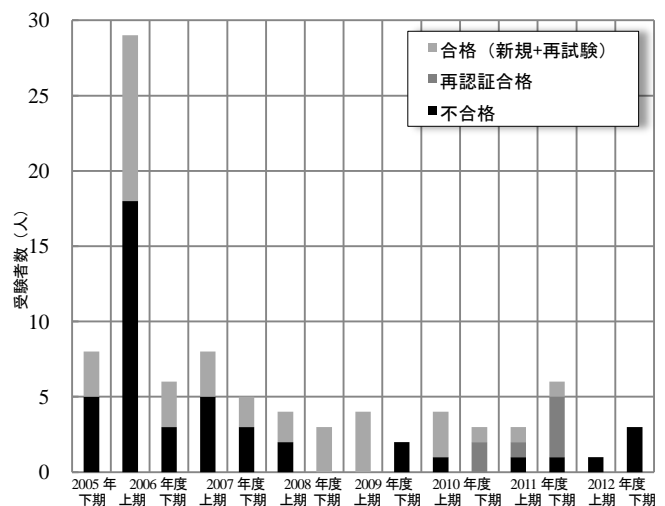


Fig.1 PD 資格試験受験者数と合格者の推移

となった。2012年度の3回の PD 資格試験にて合格基準に達したのは0名で、再認証も含めた合格基準に達した者は延べ44名である。2006年3月からの PD 受験者数と結果の推移を Fig.1 に示す。Fig.1 より、2006年度上期をピークに受験者数が減少しているものの、その後は2012年下期までほぼ一定の受験者数で推移していることがわかる。

他方、2013年3月末までの再認証試験受験対象者が22名であるが、これまでの再認証試験受験者は11名であり、このうち合格基準に達した者は7名であった。

Table.1 これまでの受験者と合格者の試験結果

年度	上 / 下期	試験 回数	新規/再認証受験者				RMSE*	再受験者		
			受験		合格			受験	合格	RMSE*
			新規	再認	新規	再認				
2006年3月		2	8		3		3.33	1	0	
2006	上	7	18		6		5.25	11	5	2.92
	下	3	3		1		3.76	3	2	2.04
2007	上	3	4		0		5.13	4	3	2.19
	下	3	3		1		3.88	2	1	2.57
2008	上	3	1		0			3	2	1.73
	下	2	1		1			2	2	1.49
2009	上	2	3		3		1.75	1	1	
	下	1	2		0		4.88			
2010	上	2	2		1		2.49	2	2	1.28
	下	1		2	2		1.92	1	1	
2011	上	2	1	2	1	1	2.58			
	下	3	1	5	1	4	2.79			
2012	上	1	1		0					
	下	2		2	0			1	0	
計 37回			48	11	18	7	3.92	30	19	2.40

* : 受験者の RMSE 平均(1名以下の場合には示さず)

PD 資格取得者の半数以上が再認証試験の未受験もしくは不合格により PD 資格を失効させていることがわかる。

PD 資格試験開始から 7 年間における各々の受験種別(新規受験、再受験及び再認証受験)の SCC 深さ測定値の RMSE を Table.7 に示す。RMSE は(1)式で表されるもので、PD 資格試験の合格判定に用いられている。

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - t_i)^2}{n} \right]^{\frac{1}{2}} \dots (1)$$

m_i : SCC 深さ測定値

t_i : SCC 深さの真とする値 n : 試験体数

2.2 PD 資格試験結果と探傷手順

Fig.2 はこれまでの PD 試験で使用された探傷手順と

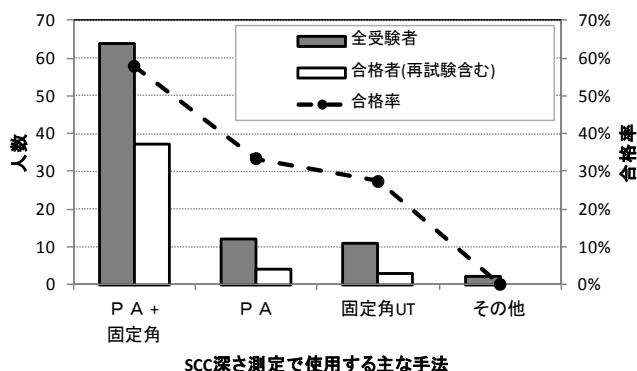


Fig. 2 手順書記載の手法別の受験者数・合格率

その結果を示す。図中の受験者数は累計人数である。

Fig.2 における「固定角 UT 法」は手動超音波探傷器と横波、縦波及びモード変換波用探触子を組合せた手順、「改良 UT 法」は固定角 UT 法にフェーズドアレイ探傷法 (PA 法) を組み合わせた手順、「PA 法」は PA 法を主とする手順をそれぞれ示す。Fig.2 より改良 UT 法での受験者、合格者及び合格率が他の方法のそれより高いことがわかる。PD 資格試験初期に数名いた手動 UT 法による合格者は、PD 資格失効もしくは再認証試験にて改良 UT 法に切替えて受験していることから、現時点で固定角 UT 法による PD 資格保有者はいない。また PA 法による受験者数、合格者は数名程度いるが、改良 UT 法のそれらよりはるかに少ないことがわかる。しかしながら、昨今の PA 探傷装置の性能向上、探傷者自身が PA 法に慣れたこと及び PA 法により得られた探傷結果の扱いの向上により、今後 PA 法による受験者、合格者は増える可能性は大きいものと思われる。

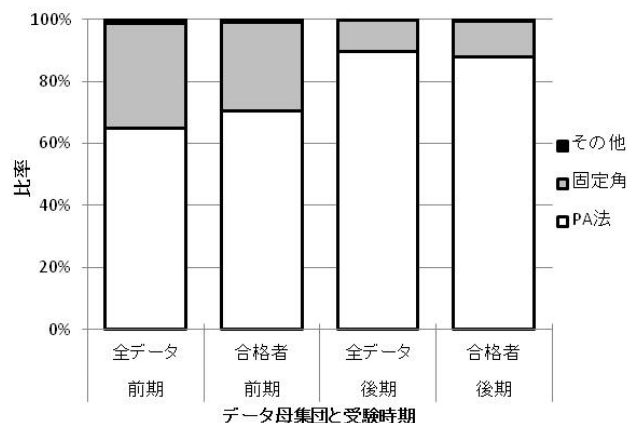


Fig.3 PD 資格試験時期と SCC 深さ特定手法

PD 資格試験前期(試験開始～2008 年度)と後期(2009 年度～2013 年 1 月まで)において、SCC 深さ測定値を最終判定した探傷手法による分類を受験者全体及び合格者内でまとめた結果を Fig.3 に示す。全ての期間において、固定角 UT 法より PA 法が SCC 深さの最終判定手順として多用されていること、さらに PD 資格試験後期における SCC 深さの最終判定での PA 法の比率が PD 資格試験前期のそれに比べ大きくなっていることがわかる。この PA 法の比率の増大は、PA 法により得られた探傷データの解析技術などが向上し、エコー識別性や画像表示の点で他の方法より優れた PA 法に重点を移しているためと考えられる。

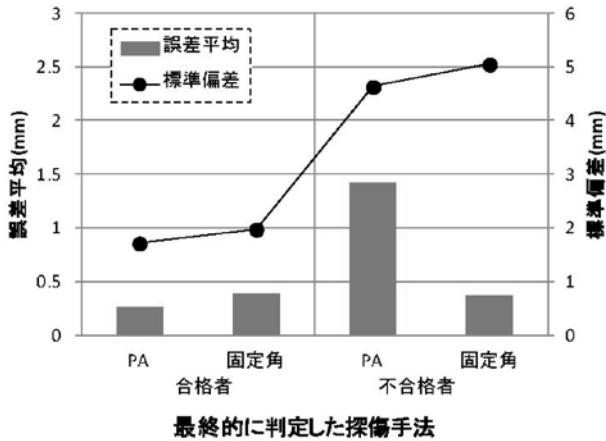


Fig.4 SCC深さの最終特定手法による誤差平均及び標準偏差

合格者及び不合格者それぞれにおける SCC 深さ測定値を最終判定した探傷手法の統計値をまとめたものが Fig.4 である。固定角 UT 法での最終判定の場合、合格者と不合格者間での標準偏差に大きな差がみられるが、誤差平均に大きな差が見られなかった。これは、探傷者の技量の差異に起因した正負両方向への誤差が主たる原因であると考えられる。

一方で PA 法での最終判定の場合には、標準偏差と誤差平均ともに合格者と不合格者間で大きな差がみられた。特に、PA 法にて最終判定を行なった不合格者の誤差平均が、合格者のそれに比べかなり大きくなっている。これは、探傷作業により得られたデータを評価するさいに、端部エコーを正しく見極めることができず、画面表示感度を上げるなどを行い、より深い位置にある材料ノイズを端部エコーと取違えたことが主な原因であると考えられる。

2.3 PD 資格試験結果と受験者年齢

Fig.5 は、受験者及び合格者の年代別に SCC 深さの値を最終判定した探傷手法を分類した結果である。20

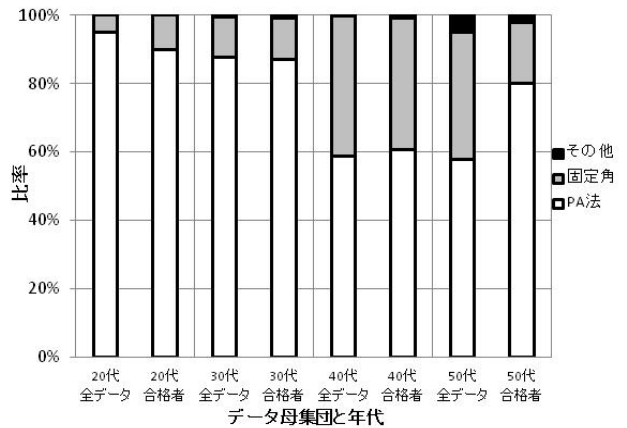


Fig.5 受験者年代別の SCC 深さの最終特定手法

～30 歳代では受験者・合格者ともに PA 法による最終判定が殆どであるが、40 歳代では固定角 UT による最終判断の比率が若干大きいことがわかる。しかしながら、50 歳代の受験者における固定角 UT による最終判断の比率が 40 歳代のそれとほぼ同じであるが、50 歳代の合格者では固定角 UT による最終判断の比率が小さいことがわかる。これより、若い世代の方が PA 法の扱いに習熟しており且つ PA 法に重点を置いて判断していると考えられる。一方で、経験豊富な世代でも PA 法による探傷結果をうまく使うことが試験合否のポイントであると考えられる。

2.4 PD 資格試験不合格者の動向分析

PD 資格試験の合格基準は以下の①及び②である。

- ① SCC 深さ測定値の RMSE が 3.2 mm を超えない
- ② SCC 深さ測定値は真とする値に対し 4.4 mm を超えて下回らない

Fig.6 は不合格者の原因を分類した結果をまとめたものである。上記の合格基準の②のみ逸脱した者は不合格者全体の 19%と少なく、不合格の主たる原因が①の基準の逸脱に因ることがわかる。

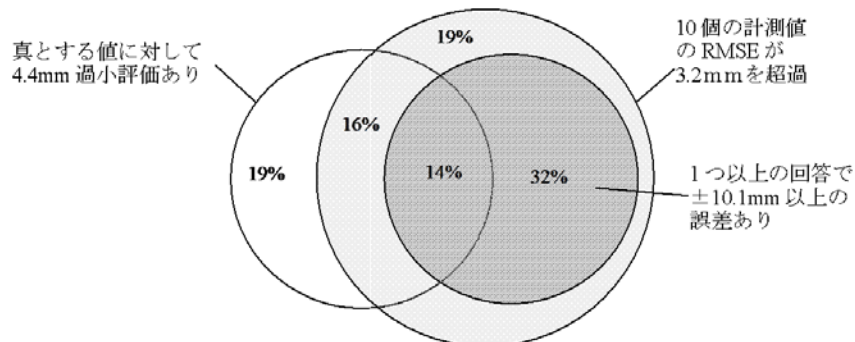


Fig.6 PD 資格試験不合格者の原因分類

現行の PD 資格試験では口径別又は肉厚別の 3 種類の試験体を用いて 10 個の SCC 深さを測定する。このため前述の(1)式より、+10.1mm 以上の誤差がある SCC 深さ測定値が存在すると①の基準を逸脱することになる。Fig.6 より、不合格者の約半数が+10.1mm 以上の誤差がある SCC 深さ測定値を回答していることがわかる。さらに、+10.1mm 以上の誤差がある SCC 深さ測定値の回答のみでの不合格者は不合格者全体の 32%であり、②の基準の逸脱に因る不合格者の割合 (19%) より大きいことがわかる。これより、②の基準逸脱に対して警戒するあまりに過大評価となったため不合格となる傾向が見受けられる。

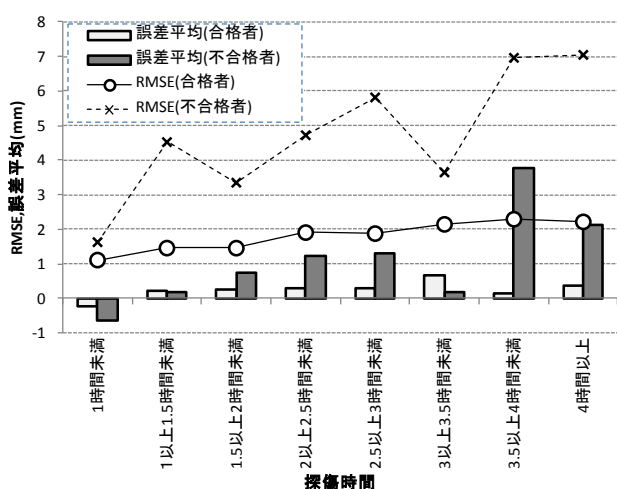


Fig.7 探傷時間毎の誤差平均及び RMSE の推移

Fig.7 は合格者・不合格者各々の誤差平均及び RMSE を探傷時間毎にまとめたものである。合格者の場合、探傷時間が長くなると RMSE が若干増加する傾向にあるが、概ね妥当な値を測定し誤差平均もほぼゼロであることがわかる。一方不合格者の場合には、3.5 時間以上の探傷時間で誤差平均が大きく+側の値になること、さらに探傷時間が長くなると RMSE が増加することが見られる。この原因として、探傷中の端部エコーの選定に多大な時間を費やしているが曖昧な状態で選定していることが考えられる。

以上のことから、PD 資格試験の不合格の多くは端部エコーの選択が正しくできず、時間をかけて試行してみるものの、自らの選択に自信が持てずに②の基準逸脱を

過度に警戒し、深いエコーを選択していることがわかる。

3. まとめ

オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部に発生するき裂の深さ測定に関する PD 資格試験を開始してから 7 年が経過した。これまで、計 37 回の試験を実施し、再認証者も含めた合格基準に達した者は延べ 44 名となった。これまでの試験結果の解析で得られた結果は以下の通りである。

- 1) 現行の PD 資格試験ではフェーズドアレイ法と手動探傷を組み合わせた手順書による受験者が最も多く、その合格率も高い。
- 2) SCC 深さの最終判定でも、受験者及び合格者の年代を問わずフェーズドアレイ法が多く用いられている。特に最近では PA 法の結果を最終の判定値とする傾向が高い。
- 3) PD 資格試験の不合格の多くは、端部エコーが正しく選択できずに時間をかけて試行してみるものの、自らの選択に自信が持てずに合否判定基準「SCC 深さ測定値は真とする値に対し 4.4 mm を超えて下回らない」の逸脱を過度に警戒し、深いエコーを選択している。

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] 秀, 笹原, 直本, 渡辺 “PD 資格試験開始から 4 年の実施状況” 第 7 回保全学会予稿集, 静岡, 2010.
- [4] 渡辺, 笹原, 東海林, 秀 “PD 資格試験開始から 5 年の実施状況” 第 8 回保全学会特別編予稿集, 東京, 2011.
- [5] 笹原, 直本, 秀, 井上 “SCC 深さ測定の PD 試験受験者の技量評価” 保全学, Vol.9 No.1, p.44, 2010.
- [6] 渡辺, 東海林, 秀 “PD 資格試験開始から 6 年の実施状況” 第 9 回保全学会予稿集, 東京, 2012.