

技術者ウォッチング

このコーナーは非破壊試験技術者として活躍されている技術者をご紹介します。

私が非破壊検査の業界に足を踏み入れたのは昭和 57 年 (1982 年) 2 月のことでした。当時 30 歳、失業をして職を探していました。第 2 次オイルショックのさなかで有効求人倍率が 0.24 だったのを覚えています。

入社後 3 年で、磁気探傷・浸透探傷・超音波探傷の 2 種 (現在のレベル 2 に相当) 資格を取りました。油槽所、製紙工場、プラントなどの非破壊検査の仕事に約 10 年従事しました。

1992 年 3 月、期するところがあって千歳にある航空専門学校へ転職しました。転職した航空専門学校では、航空機材料と非破壊検査実習を担当しました。私に与えられた実習室には、非破壊検査の実習ができる 4 つの小部屋 (定置式磁気探傷装置、携帯形極間式探傷器、蛍光浸透探傷、染色浸透探傷) と引張試験機・3 種類の硬さ試験機・シャルピー衝撃試験機がありました。それに加えて新品ではありませんが航空機の機体やエンジンがありました。

実物の航空機部品や材料を使って、破壊試験・非破壊試験を行うことができる環境で、私は机上論ではない勉強を楽しくしながら教材を作っていくことができました。

実習室内にある「壊れていないけれどきずがある部品」を探しました。付き合いがあった航空会社にも提供してもらいました (現在では難しくなっています)。非破壊検査に興味を持った学生を集めて非破壊検査研究部を作って、その学生たちに「部品名、どこに使われていたか、材質、きずの名称、推定される損傷の原因、有効な非破壊検査方法」を調べてパネルにまとめさせました。



図 1 学生たちと作った実習場の展示



氏名：谷村康行(68)
(たにむら やすゆき)

所属：NDI JAPAN.com

学歴：北海道教育大学釧路校卒
職務経験：37 年

保有資格 (JSNDI)：UT3, MT3, PT3, RT3, ET3, ST3, 総合管理技術者

保有資格 (JSNDI 以外)：航空工場検査員 (航空機用原動機)、航空工場検査員 (原動機制御システム)

アクリルケースに収めた部品とパネルは実習室に『傷ついた部品たちの博物館』(図 1) として並べました。調べた学生たちにとって勉強になると共に、後輩たちにとって興味深い教材となりました。

航空機材料に CFRP が多用される見通しの下、超音波探傷教育の導入を提案して、各方面のご協力をいただいて 1995 年から開始しました。超音波探傷教育の工夫の中で、パソコン上にバーチャル探傷器を作って、基本的な実習ができるソフトウェアを作りました。このソフトウェアは、後に JSNDI から『超音波探傷入門 (パソコンによる実技演習)』として出版されて広く使われるようになりました。

常に実物で非破壊検査を学びながら航空機事故と金属疲労について学び続けた 20 年の教員生活でした。

2012 年に航空専門学校を定年退職して、非破壊検査技術のコンサルティングと教育をメインにした自営業を立ち上げました。10 日働いて 20 日遊ぶというプランで始めましたが、思いのほかオファーが多くて驚いています。その多くが航空機産業関連です。こうした現場へ行くとそれぞれの現場で地道に働く航空専門学校時代の教え子とよく再会します。

航空機産業の非破壊検査技術者養成のために 2017 年に国の支援を受けて日本航空宇宙非破壊試験委員会 (NADTB-JAPAN) が設立されました。その下での講習会で磁気探傷と超音波探傷の講師をしています。

生活するために狭い選択肢の中で選んだ非破壊検査の仕事ですが、ここまで一生懸命やってきてよかったとしみじみ思います。

谷村さんは本年 1 月 16 日にご逝去されました。ご生前のご活躍を偲び、心からご冥福をお祈り申し上げます。(認証広報委員会)

LT レベル3 パートD, E, F 試験のポイント

LT レベル3 の試験は、2019 年春から JIS Z 2305 に基づいて開始された。出題された問題の中で正答率の低かった問題と類似した例題について解説する。また、手順書については、各項目について記載するポイントを発泡漏れ試験、圧力変化漏れ試験、ヘリウム漏れ試験の場合について解説する。

パートDの類題

問1 次は、圧力計の不確かさに影響を与える要因について述べたものである。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 零点の姿勢依存性は、影響を与える。
- (b) 測定可能圧力範囲は、範囲内であれば影響はない。
- (c) 温度は圧力とは無関係であり、ほとんど影響はない。
- (d) 測定部の腐食耐性は、大いに影響を与える。

正答 (a)

圧力計は、重力の影響を受けるので、正しい姿勢での測定が必要である。また、温度の影響も受けるので、適切な温度範囲で使用しないと誤差が出る。測定可能範囲については、測定する圧力より過大な範囲の場合は、誤差が大きくなる。測定部の腐食耐性は、故障に関係があるが不確かさには影響がない。以上から、(a) が正しい。

パートEの類題

問2 内部を加圧した試験体を水に沈めたところ、直径1 mm の泡が毎秒10個ほど観察された。概算で漏れ量はどの程度と考えられるか、もっとも近いものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 台
- (b) $10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 台
- (c) $10^{-6} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 台
- (d) $10^{-8} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 台

正答 (b)

大気圧 (1 atm) 下での1秒間当たりの泡10個の圧力・体積 $= 4/3 \times 3.14 \times (0.05)^3 \times 10 = 5.2 \times 10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$
 $1 \text{ atm} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ cm}^3 = 1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ であるので、 $5.2 \times 10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{cm}^3/\text{s} \rightarrow 5.2 \times 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ となり、正答は (b) となる。

問3 ボンピングタンクに、試験体を入れて0.3 MPa abs のヘリウム加圧を行いたい。圧力計は連成式ゲージ圧計 (目盛表示 -0.1~1 MPa (G)) が付いている。正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 圧力計表示が0 (ゼロ) であることを確認し、試験体を入れたボンピングタンクに、100 %He ガスを0.3 MPa まで加圧する。
- (b) 試験体を入れたボンピングタンクを真空排気した後、100 %He ガスを0.3 MPa まで加圧する。
- (c) 試験体を入れたボンピングタンクに、100 %He ガスを0.2 MPa まで加圧する。
- (d) 試験体を入れたボンピングタンクを真空排気した後、100 %He ガスを0.2 MPa まで加圧する。

正答 (d)

試験体内に He ガスを入れる場合、必ず真空排気しておかないと、残存空気などが残るため、指示された He ガス圧力とならない。次に、圧力であるが 0.3 MPa abs は、ゲージ圧では 0.2 MPa となるので、(d) が正答となる。

手順書作成のポイント

LT の手順書作成も他の部門と同様に JIS Z 2305 の内容に従い実施される。漏れ試験は、発泡漏れ試験、圧力変化漏れ試験、ヘリウム漏れ試験のように、原理も異なる多くの方法があり、それぞれに数種類の技法がある。課題は、仕様書が示され、それを満足する漏れ試験方法、技法を選択して、NDT 手順書を作成することになる。

具体的には、試験方法・技法の選択は、①検出したい漏れのレベル、②漏れ箇所の特定の有無、③試験体内部を加圧又は減圧できるかどうか、また試験体の大きさ、形状等を総合的に検討して、最適とも思われる試験方法・技法を決定する。試験方法・技法が決定したら、それについて手順書の作成を開始する。

ここでは、JIS Z 2305 の内容に従って、項目順にポイントを解説する。

項目1：一般

- a) 適用範囲：課題・仕様書に基づき、試験の目的、対象とする試験体名、試験の時期等を簡潔に記載する。
- b) 文書管理：略

c) 引用規格及び補足情報：略

項目 2：NDT 技術者：略

項目 3：機材及び装置

装置は校正，使用前点検についても記載する。
必要な測定範囲，最小目盛，精度等も記載するとよい。

<発泡漏れ試験・真空法の場合の一例>

- ①真空ポンプ
- ②減圧調整器
- ③真空箱（寸法）
- ④オイル
- ⑤発泡液（必要なら感度，腐食性等）
- ⑥真空圧力計（レンジ）

<圧力変化漏れ試験・減圧法の場合の一例>

- ①コンプレッサ（最大圧力）
- ②圧力調整器（調整範囲）
- ③圧力計（測定範囲，最小目盛）
- ④温度計（測定範囲）
- ⑤時計（最大測定時間，最小目盛）

<ヘリウム漏れ試験・チャンバ法の場合の一例>

- ①真空チャンバ（内容積）
- ②ヘリウムディテクタ
（He の実効排気速度（ℓ/s））
- ③粗引ポンプ排気速度（ℓ/min）
- ④He ガス注入装置
- ⑤He ガス（ガス濃度）

項目 4：試験体

試験を実施するときに必要な試験体の情報を記載する。

a) 物理的状態及び表面状態

b) NDT を行う表面又は体積

発泡漏れ試験等では，a) の表面状態（スパッタや油等の付着状況），圧力変化漏れ試験では，内容積，温度，内圧等，ヘリウム漏れ試験では周囲の He ガス濃度，真空を阻害する物質の付着状況等を記載する。

c) 検出対象となる不連続部

検出対象とする不連続部は，漏れ試験では貫通きずが対象であるが，その原因となるきずの種類も分かれば記載する。

項目 5：NDT の実施

a) 使用される NDT 方法及び技法

自分が実施する試験方法・技法を明記する。

b) 試験条件

<発泡漏れ試験・真空法の場合の一例>

- ①試験温度：略
- ②試験圧力：略
- ③圧力保持時間：略
- ④観察時間：略
- ⑤観察面の照度：略

<圧力変化漏れ試験・減圧法の場合の一例>

- ①試験ガス：圧縮空気
- ②試験温度：20℃
- ③試験圧力：##
- ④放置時間：##
- ⑤検出時間：##

<ヘリウム漏れ試験・チャンバ法の場合の一例>

- ①試験ガス：He ガス（##%）
- ②試験温度：##
- ③試験圧力：##
- ④測定モード：総リークモード
- ⑤測定開始時圧力：チャンバ内圧力が##になった時
- ⑥測定時間：##*

*測定時間は応答時間 τ の # 倍とし，
 $\tau = \text{チャンバ内容積} / \text{排気速度}$ で計算する。

c) NDT の実施（試験手順）

指示書に近い内容で注意点も含めて簡潔に記載する。必要に応じ，どの段階で実施するかも記載する。

<発泡漏れ試験・真空法の場合の一例>

- ①試験手順：前処理→発泡液の塗布→真空箱による減圧→観察→圧力開放を繰り返す。
- ②前処理：状況に応じ油類等付着物を速乾性の有機溶剤で除去した場合は 30 分以上，また，水洗した場合は，3 時間以上の乾燥時間を明記するなど，試験に悪影響を及ぼすことがない状態に記載する。
- ③発泡液の塗布：発泡液塗布は泡が立たないように塗布。塗布範囲も明確に記載（溶接部の場合は，熱影響部も含め具体的に指示）。発泡部は，再度塗布して確認する。
- ④減圧及び観察：真空箱をかぶせ，徐々に大気圧より，-## Pa 以上減圧する。観察は，減圧開

始からおこない、大きな漏れによる気体の噴出を見落とさないこと。既定の圧力に達した後、##秒は観察を続ける。観察時の照度は、500ルクス以上とする。

⑤観察が終了したら、大気圧に戻す。

③～⑤を繰り返して試験を行う。

なお、試験は真空箱の30%位が重なるようにする。

<圧力変化漏れ試験・減圧法の一例>

①手順：前処理→昇圧→計測→排気

②前処理：発泡漏れ試験と基本的に同じであるが、表面が乾燥していること、保管先と試験場所の温度差がある場合は、温度差に応じた放置時間を置き、一定の温度となってから試験を開始することなどに注意する。

③昇圧：規定圧力になってから、#分毎に温度、内部圧力を記録する。

④測定：##分間放置した後、測定を開始する。

<ヘリウム漏れ試験・チャンバ法の一例>

①手順：前処理→試験体チャンバ内に挿入→チャンバ真空引き→試験体にHeガス注入→計測→Heガス排気→真空チャンバ内を大気へ開放する。

②前処理：略

③チャンバ真空引き：チャンバ内を##Pa (abs)まで真空にしたのち、Heガスを注入する。

④測定：ヘリウムリークディテクタを測定モードにし、#秒の最大値を記録。指示値が##を超える場合は、チャンバ内汚染防止のため、測定を終了する。

⑤後処理：試験体内部のHeガスを室外へ放出する。

d) 不連続部の特性評価

検出対象となる不連続部を記載する。

例えば、溶接不良による割れ、ピンホールなどの貫通きず、加工による貫通きず、孔食による貫通きず、シール不良による貫通部等。

項目6：判定基準

判定基準は仕様書では、空気又は使用しているガスの漏れ量で単位は(Pa・m³/s)や、大気圧での漏れ量(cc/s)で表示される場合が多い。

発泡漏れ試験の場合は、漏れによる発泡現象や気体噴

が認められない場合を不適合とする。

圧力変化漏れ試験では、測定は圧力値であるので、測定時間での判定基準の漏れ量を試験体の内容積における圧力変化値として計算する。なお、計測時間は、温度変化や読取り精度によって漏れが確実に確認できる時間とする。

ヘリウム漏れ試験の場合では、測定値はヘリウムの漏れ量のため、仕様書にある気体をヘリウム換算値にして、表示する。

分子流での微細漏れの場合、気体の流れ易さの比は、分子量の平方根に逆比例するので、空気で1×10⁻⁷ Pa・m³/sの漏れは、Heでは2.7×10⁻⁷ Pa・m³/sとなることに注意する。

項目7：NDT後の手順

a) 不適合品の措置

判定後、不適合になったものは、適合と区別して保管する。また、漏れ箇所を白マジック等で囲み、マークするなどの処置をする。

b) 保護皮膜の復元

発泡漏れ試験の場合は、水洗後、防錆剤を塗布するなどが必要となる。

項目8：NDT報告書の作成：省略

以上、手順書の作成のポイントを解説したが、試験方法・技法により具体的な内容は異なる。しかしながら、記載項目は基本的には同じである。手順書として全体的に抜けがないか、仕様書を満足できる内容となっているかチェックする必要がある。今回の解説では、スペースの関係で、略、又は##とした部分もあるが、それらについても指示がない限り、仕様書を満足する条件を考えて具体的な数値等で記載する。体積、圧力、漏れ量等について、単位が異なる場合が多いので、その点も注意が必要である。また、微細な漏れの測定では、できる限り標準漏れ試験片を活用することを考えるとよい。