

SMレベル1 一次一般試験問題のポイント

非破壊検査誌 Vol.54, No.8 の本欄では、JIS Z 2305 によるひずみ測定 (SM) レベル1 技術者の一次試験における一般試験及び専門試験についての概要といくつかの類似問題例により全般的な問題の傾向を紹介し、解答に当たっての簡単な解説をした。今回は SM レベル1 の技術者が測定を実施するにあたり、必要な知識である一般問題と類似な問題例を取り上げ、解答にあたってのより詳細な解説をすることにした。

一次一般試験問題例と解説

問1 構造物の設計に必要な資料を得ることはひずみ測定の重要な役割の一つである。この役割に関連して、主としてひずみ測定が用いられている場合を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 構造物の設計時の試験が正確にできない場合
- (b) 構造物の設計時に部材の検査が難しい場合
- (c) 構造物の設計時に解析的な結果が得難い場合
- (d) 構造物の設計時に部材の品質管理が難しい場合

正答 (c)

ひずみ測定の主要な目的は部材の機械的性質あるいは構造物にかかる荷重状態やそれによる応力分布状態を把握して、強度的信頼性や安全性を評価することである。とくに、複雑な構造物を設計するようなときは、必要な資料を解析的に求められない場合が少なくない。ひずみ測定はこのような場合に適用される実験的な方法である。したがって、この問題では (c) が正答になる。

問2 断面積 10 mm^2 の棒に 10 kN の引張荷重をかけたところ標点間距離の伸びから 0.05% のひずみが得られた。この場合の応力 とひずみ についての次の値から正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $\sigma = 10 \text{ MPa}$ $\epsilon = 5 \times 10^{-6}$
- (b) $\sigma = 1 \text{ MPa}$ $\epsilon = 50 \times 10^{-6}$
- (c) $\sigma = 10 \text{ GPa}$ $\epsilon = 50 \times 10^{-6}$
- (d) $\sigma = 1 \text{ GPa}$ $\epsilon = 500 \times 10^{-6}$

正答 (d)

この問題の解答にあたっては、まずひずみ測定で使用される変数の国際 (SI) 単位系及び接頭語を知ってお

く必要がある。この単位系では力あるいは荷重が N (ニュートン) で表される。また、構造や材料の強度は単位面積あたりの内力 (N/m^2) となる応力で評価されるが、これは Pa (パスカル) で表される。なお、ひずみは単位長さあたりの変位置であるので無次元量になる。

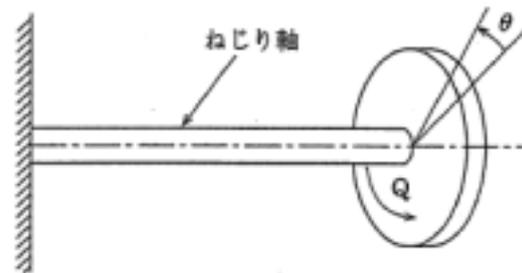
さらに、この単位系では一般に数値を3桁毎に区切り G (10^9 : ギガ), M (10^6 : メガ), k (10^3 : キロ), m (10^{-3} : ミリ), μ (10^{-6} : マイクロ) などの接頭語が用いられている。

また、この問題における応力 σ は引張荷重を W 、棒の断面積を A とすると次のように求められる。

$$\begin{aligned} \sigma &= W / A = 10 \times 10^3 \text{ N} / 10 \text{ mm}^2 \\ &= 1 \times 10^9 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ GPa} \end{aligned}$$

一方、金属材料などの弾性領域ではひずみ ϵ が微小な値になり、この場合には%よりも 10^{-6} (マイクロストレイン) の桁で表される。この問題に示されているひずみ量 0.05% は 5×10^{-4} であるので、これをマイクロストレインの桁で示すと 500×10^{-6} になる。以上の結果から、ここでは (d) が正答になる。

問3 下の図は円形断面の棒が端部に取り付けられた円盤の回転による力 Q (トルク) を受けてねじれ角 θ が生じる部材である。このような部材の例に該当するものを次のうちから一つ選び、記号で答えよ。



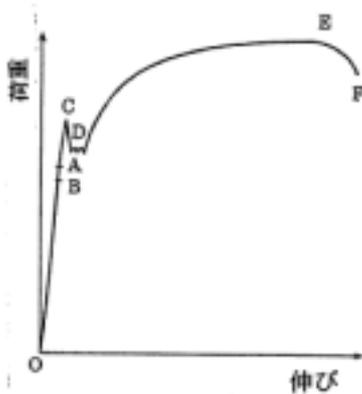
- (a) 重量物を支えている円柱
- (b) 動力を伝達する駆動軸
- (c) 接合部分の円形断面のリベット
- (d) 締め付けボルトの軸

正答 (b)

構造物には種々の外力 (荷重) が作用する部材が使用されている。また、これらの部材は外力による変形を受ける。とくに、この図で示されているのは円盤の回転によりねじれの変形が生じる部材であるが、エンジンの回転力を伝達する駆動軸などはこのような変形を受ける例である。したがって、ここでは (b) が正答になる。

なお、各種の構造物には柱のように長手方向の圧縮変形をする部材、ワイヤーのように引張荷重により伸び変形をする部材、片持りのように曲げ変形をする部材、リベットのようにせん断変形をする部材なども使用されている。ひずみ測定技術者にとっては部材にかかる荷重と変形に関する知識は重要であり、一般試験にはこのような問題が出題されることが予想される。このため、上述のような実際に使用されている構造物各部材の受ける荷重とそれにより生じる変形についても知っておく必要がある。

問4 下の図は軟鋼材料試験片の引張試験で得られた荷重と伸びの線図である。この線図のA点は何と呼ばれるか。次のうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。



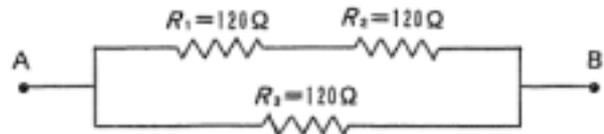
- (a) 弾性限度 (b) 上降伏点
(c) 比例限度 (d) 引張強さ

正答 (a)

軟鋼は多くの構造物に使用されている材料であるが、この軟鋼試験片の引張試験を行なうと、設問のような荷重と伸びの関係を示す線図が得られる。この線図でB点までは伸びが荷重に比例してほぼ直線になるので、この点を比例限度と呼んでいる。これより荷重が増加すると、この線図は多少曲がってくる。しかし、A点までは荷重を取り除くと伸びが零になる弾性状態を保っているため、この点は弾性限度と呼ばれる。荷重がこの点以上になると、荷重を取り除いても伸びは完全に零にならず、C点を越えると材料内部のすべりが生じて、伸びの増加にしながら荷重が低下する降伏現象を示す。このため、C点を上降伏点、D点を下降伏点と呼んでいる。さらに、荷重が増加すると伸びも大きくなり、E点で荷重が最大になる。しかし、この点を越えると再び荷重が低下してF点で破断する。この荷重が最大になるE点を引張強度、

F点を破断強度と呼んでいる。したがって、この問題では(a)の弾性限度が正答になる。

問5 R_1, R_2, R_3 がいずれも 120Ω の抵抗で構成された下の図のような回路で、A B間の電流を測定したところ 20mA であった。この回路のA B間の電圧を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。



- (a) 7.2V (b) 4.8V (c) 2.4V (d) 1.6V

正答 (d)

この問題の解答に当たっては、まず電磁気の基礎知識である抵抗回路の合成抵抗の算出とオームの法則について知っておく必要がある。ここでは抵抗 R_1 と R_2 が直列に接続され、さらにこれと R_3 が並列に接続されている回路なので、合成抵抗を R とすると、

$$\begin{aligned} 1/R &= 1/(R_1 + R_2) + 1/R_3 \\ &= 1/(120 + 120) + 1/120 = 3/240 \end{aligned}$$

これから、 $R = 80 \Omega$ になる。

また、この回路のAB間の電流 I が $20\text{mA} = 0.02\text{A}$ であるので、この間の電圧 E はオームの法則により

$$E = IR = 0.02 \times 80 = 1.6\text{V}$$

になる。したがって、(d) が正答である。

電気抵抗ひずみ測定法によるひずみ測定を実施するに当たっては、この問題のような電磁気の基礎知識が必要である。このため、高校の物理の教科書あるいは参考書などにより、この知識を学んでおいてもらいたい。

SM レベル1の技術者は上級技術者の指導あるいは文書による指示を受けて、電気抵抗ひずみ測定法の作業が一貫して行なえる能力が要求されている。ここで取り上げた類似の問題例はこのような能力を習得するにあたり必須な知識を問うものである。したがって、資格試験の一次一般試験問題ではこれと同様な内容の問題が出題されると思われる。また、今回の例には計算を伴う問題もある。このような問題では解答を得る手法が同じであっても与えられる数値が試験毎に違ってくる。このため、参考書「ひずみ測定」などで関連した式を勉強しておくとともに、計算に当たってはSI単位系の桁や接頭語を間違えないようにすることが大切である。

PED NDT 承認制度について

1. はじめに

EU 連合は、1997 年 5 月 29 日に、EU における安全要求事項の市場統一を図るため、Pressure Equipment Directive(PED: 圧力機器指令) PED 97/23/EC を採択し、1999 年 11 月 29 日に発効し、移行期間を経て 2002 年 5 月 29 日から強制施行されました。PED は、EU 内で販売される新品・中古に関わらず適用され、圧力機器及び組立部品(容器、保存コンテナ、熱交換器、シェル及び水管ボイラ、工業用配管、安全装置、及び圧力附属品) の設計、生産及び適合性評価に整合性を確保することを目的としています。そして、PED の必須安全要求事項(ESR: Essential Safety Requirements) に準拠した圧力機器及び部品には CE マークが附与されます。

圧力機器は危険性の度合に応じて ~ の 4 レベルのカテゴリに分類されます。その中でカテゴリ 及び に該当する機器は、公認検査機関(NB: Notified Body) と第三者検査機関(RTPO: Recognised Third Party Organisation) による適合性評価が要求され、また、それらの機器の非破壊試験(NDT) に携わる NDT 技術者は、PED の 13 条に従って、EU 加盟国から認可された RTPO から承認を受けなければなりません。

2. NDT 技術者の PED NDT 承認取得方法

PED の施行以後、EU 域内での PED NDT 承認に格差があることが問題化し、2002 年に、NBF(European Notified Body Forum) の下に PED NDT 承認のガイドラインと実施基準(CoP: Code of Practice) 草案作成のためのワーキンググループ(WG) が立ち上げられました。WG で作成された実施基準案が 2004 年 7 月に NBF によって承認され、現在に至っています。

実施基準(CoP) には、PED NDT 承認を取得する方法として、次の 3 つのルート(A~C) が用意されており、それぞれの取得要件は次の通りです。

(1) ルート A による取得要件

対象は EN 473:2000 に従って認証された技術者で次の要件を満足する者。

- ・ 認証の分野が圧力機器の溶接を含んでいること。
- ・ 認証機関が RTPO として認可された機関であること。

(2) ルート B による取得要件

対象は EN 473 又は ISO 9712 に従って RTPO 以外の

第三者認証機関によって認証された技術者で、RTPO は、対象者が次の要件を満足している場合、PED NDT 承認の証明書を発行することができる。ただし、当該の認証機関と RTPO との間で正式な覚書の調印が必要である。

- ・ 認証の工業分野が圧力機器の溶接を含んでいること。
- ・ 認証のスキームが EN 473 と整合していること。

(3) ルート C による取得要件

対象は、ANSI/ASNT CP-189 などに基づく雇用者認証システムによって認証された技術者で、RTPO は、対象となる技術者の力量確認を目的とした現地監査を実施し、下記項目に関する要件を満足した場合、PED NDT 技術者承認の証明書を発行することができる。

- a. 視力・色覚
- b. 教育・訓練
- c. 実務経験
- d. 筆記試験及び実技試験
- e. 資格(適格性) の継続
- f. 圧力機器溶接部に対する NDT 実施状況

3. PED NDT 承認の国内での対応状況

我が国では、PED 97/23/EC の移行期間中は、アメリカ非破壊試験協会(ASNT) の SNT-TC-1A に基づく認証が認められていたため、SNT-TC-1A による雇用者認証で対応しておりました。また、強制施行後も、上述のように、承認ルート C として、引き続き雇用者認証システムに基づく承認が認められたため、ほとんどの企業が、移行期間中と同様に、雇用者認証で対応してきております。RTPO の一つであるイギリス非破壊試験協会(BINDT) では、ルート C によって、これまで約 200 名の日本企業の NDT 技術者に対して PED NDT 承認証明書を発行しているとのこと。

4. BINDT/JSNDI PED NDT 承認制度の立ち上げ

2004 年に、PED NDT 承認の実施基準(CoP) で、承認ルート B として、RTPO 以外の第三者認証機関による認証技術者も承認の対象として認められ、当協会でも実施している JIS Z 2305 による認証者も対象となることになりました。それを機に、関連企業グループから、雇用者認証システム構築・維持管理の労力と費用の削減及び監査費用の削減が望めるルート B による承認制度立ち上げの要望が当協会に寄せられました。また、他の関連企業、

機関からもいくつかの問い合わせがありました。

当協会では、その要望を受け、事業の一つとして、PED NDT 承認制度の立ち上げを決定し、国際認証委員会及び PED NDT 承認制度 WG において検討を重ね、BINDT との間で交渉を行ってきました。2005 年 5 月、BINDT と正式な覚書の調印を取り交わし、その後、具体的内容についての調整を行って 2006 年 7 月に最終合意に至り、PED NDT 承認制度が正式に立ち上がる運びとなりました。

5. PED NDT 承認制度の概要

PED NDT 承認制度の詳細は、別途、PED NDT 承認申請実施案内、又は当協会のホームページをご覧ください。こととし、ここではその概要について紹介します。

(1) 対象となる NDT 方法及びレベル

- ・ RT, UT, MT, PT のレベル 2 及びレベル 3 を対象とする。

(2) 承認申請要件

- ・ JIS Z 2305 による認証技術者であること。
- ・ 近方視力：「Times Roman」又は「Times New Roman」の N4.5 を 30 cm 離して読めること。
- ・ PED サプリメント試験に合格していること。

(3) PED サプリメント試験・PED セミナー

- ・ 承認申請に必要な PED サプリメント試験（PED セミナーを含む）を年 1 回、東京地区で実施する。

(4) 承認証明書の有効性

- ・ 承認証明書の有効期限は JIS Z 2305 資格証明書の有効期限と同じとする。
- ・ 承認証明書は EU 加盟国内で有効である。ただし、EN 473 の資格証明書ではなく、PED に特化した証明書である。

6. PED サプリメント試験の背景と内容

「認証のスキームが EN 473 と整合していること」がルート B による取得要件の一つです。EN 473 と ISO 9712 をベースとした JIS Z 2305 に基づく認証システムとの間でいくつかの相違点があり、それらのシステム上の相違点を補うために、サプリメント試験を行うことで BINDT との間で合意しました。サプリメント試験は、JIS Z 2305 及び NDIS 0601 の当該 NDT 方法のレベル 2, 3 または 2 種, 3 種の有資格者が受験申請できます。ただし、NDIS 0601 の有資格者は、JIS Z 2305 に移行した後、PED NDT

承認申請が可能となります。

サプリメント試験は、圧力機器の溶接についての NDT に特化し、以下に示す内容で実施されます。なお、試験に際しては、PED 及び PED NDT 承認制度を理解してもらうためのセミナーを試験当日に実施します。

(1) レベル 2

- ・ 試験時間は、RT 及び UT は 1 時間、MT 及び PT は 40 分とし、次の内容で実技試験を行う。
- ・ RT：溶接部の 12 枚の透過写真の観察・記録・評価
- ・ UT, MT, PT：溶接試験体 1 体の探傷・記録・評価

(2) レベル 3

- ・ 試験時間は 1 時間とし、圧力容器の溶接部の NDT に関する約 30 問の筆記試験を行う。

7. 受験料及び承認申請料

サプリメント試験受験料及び承認申請料は、以下のとおりです。

(1) サプリメント試験受験料（セミナー含む）

- NDT 方法 1 件あたり 105,000 円（消費税込み）
- ただし、試験実施最小人数は 7 名とする。

(2) 承認申請料

- NDT 方法 1 件あたり 21,000 円（消費税込み）

8. おわりに

第 1 回目のサプリメント試験を 2007 年 2 月に実施し、それ以降、申請期間を決めて、PED NDT 承認申請を受け付ける予定です。現在、今後の申請件数の動向を把握することが困難なため、サプリメント試験の実施を年 1 回、東京地区で開催するものとして本制度をスタートすることになりました。今後、申請件数の動向、需要者の要望に柔軟に対応し、当協会のサービス事業の一環として、実施内容の改善に努めて参ります。また、将来、EU 連合が ISO 9712 を承認し、結果として、認証システム上の相違点が解消されれば、サプリメント試験は不要となり、書類上の手続だけで承認の証明書を取得できるようになることが期待されます。

問合先：(社)日本非破壊検査協会
認証事業本部 PED 係
TEL 03-5821-5104