

## RTレベル3 二次C<sub>2</sub>（適用）試験のポイント

2009年2月の本欄にRTレベル3の二次C<sub>2</sub>（適用）試験について紹介した。RTレベル3二次試験はRTに関するレベル3の知識（C<sub>1</sub>）30問，関連する工業分野におけるRTの適用（C<sub>2</sub>）25問を四者択一形式で，試験時間2時間で行っている。

試験問題の出題範囲や内容については，前回で紹介したものと基本的には変わっていないが，今回は最近の試験結果から正答率が多少低い問題を数問取り上げて，ポイントを解説し，受験者の参考に供したい。

問1 次の[A]～[C]の特徴を持つX線フィルムの種類を解答群からそれぞれ一つ選び記号で答えよ。

- (ア) X線やγ線による鋼溶接部，鋳鋼品などの検査に標準的に使用される。[A]  
 (イ) 最も低感度で，解像力が非常に優れている。ファインセラミックス，電子部品などの微細なきずの検出に適す。[B]  
 (ウ) 解像力が優れており，軽金属鋳造品，軽金属溶接部，電子部品，鋼溶接部などの精密試験に使用される。[C]

[解答群]

- [A] (a)IX25 (b)IX50,IX80 (c)IX100 (d)IX150  
 [B] (a)IX25 (b)IX50,IX80 (c)IX100 (d)IX150  
 [C] (a)IX25 (b)IX50,IX80 (c)IX100 (d)IX150

正答 [A] (c), [B] (a), [C] (b)

放射線透過試験に使用される工業用X線フィルムはノースクリン形として6種類が市販されているが，感度及び解像力に特徴があって，検査目的に合致したものを選択する必要がある。感度の最も低いIX25が最も解像力が高く，精密試験に適しており，IX50,IX80がそれに続く。IX100は現在一般的に使用されており，IX150は感度は高いが粗粒子であるため厚い試験体などで微細なきずの検出を必要としない場合に使用される。

問2 次の文の[D]～[H]に入れる適切な値を解答群からそれぞれ一つ選び記号で答えよ。

JIS Z 3104:1995 では，試験部できずの像以外の部

分において写真濃度は下の表に示す範囲を満足しなければならない。

像質	最低濃度	最高濃度
A級	[D]以上	4.0以下
B級	[E]以上	4.0以下
P1級	[F]以上	4.0以下
P2級	[G]以上	4.0以下
F級	[H]以上	4.0以下

[解答群]

- [D] (a) 1.0 (b) 1.3 (c) 1.5 (d) 1.8  
 [E] (a) 1.0 (b) 1.3 (c) 1.5 (d) 1.8  
 [F] (a) 1.0 (b) 1.3 (c) 1.5 (d) 1.8  
 [G] (a) 1.0 (b) 1.3 (c) 1.5 (d) 1.8  
 [H] (a) 1.0 (b) 1.3 (c) 1.5 (d) 1.8

正答 [D] (b), [E] (d), [F] (a), [G] (a), [H] (a)

透過写真の写真濃度はきずの像の識別の可否において大きな因子の一つであり，JIS Z 3104:1995をはじめ他の放射線透過試験のJIS規格において，透過写真の必要条件の一つとして規定されている。したがって，各像質における試験部のきずの像以外の部分における最低濃度及び最高濃度の値は，しっかり記憶しておかなければならない。

問3 次の文は，X線装置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。[I]

- (a)母材の厚さが100mmの鋼板の突合せ溶接継手の透過写真の撮影には，携帯式X線装置の使用が便利である。  
 (b)母材の厚さが100mmのアルミニウム鋳物の透過写真の撮影には，高エネルギーX線装置の使用が望ましい。  
 (c)母材の厚さが5.0mmの鋼板の突合せ溶接継手の透過写真の撮影には，軟X線装置を使用する必要がある。  
 (d)母材の厚さが5.0mmのアルミニウム平板突合せ溶接継手の透過写真の撮影には，軟X線装置の使用が望ましい。

正答 [I] (d)

放射線透過試験においては撮影を行う試験体に対して適切な放射線装置を選択することが重要である。母材の

厚さが 100mm の鋼板の突合せ溶接継手の撮影には、高エネルギー X 線装置が必要で、一般に 300 kV 以下の携帯式 X 線装置では困難である。アルミニウムは鋼と比べて透過しやすく、母材の厚さが 100mm であっても携帯式 X 線装置で撮影ができる。軟 X 線装置は 20mm 程度以下のアルミニウム溶接継手の撮影において有効な X 線装置である。母材厚さが同じ 5.0mm であっても鋼板の溶接継手の撮影は軟 X 線装置ではなく、携帯式 X 線装置が使用される。

問 4 次の文中の [J] ~ [M] に入る適当な語句を解答群からそれぞれ一つ選び記号で答えよ。

散乱線を除くために有効な方法は、放射口の大きさを [J] にすることによって [K] を制限し、鉛箔増感紙を使用して [L] 及び後方散乱線を少なくするのがよい。照射室の床及び壁などのコンクリートからの散乱線を除くには、[M] あるいは鉄板をカセットの後ろに置く。

[解答群]

[J] (a) 特大 (b) 大 (c) 中 (d) 小

[K] (a) エネルギー (b) 照射野  
(c) 管電圧 (d) 管電流

[L] (a) 前方散乱線 (b) 横方向散乱線  
(c) 環境散乱線 (d) 漏洩散乱線

[M] (a) アルミニウム板 (b) ベークライト板  
(c) アクリル板 (d) 鉛板

正答 [J] (d), [K] (b), [L] (a),  
[M] (d)

透過写真の像質の向上に関係の深い散乱線の除去についての問題である。試験部の大きさに合わせて適切な大きさの照射野が得られるような絞板などを装置の放射口に取り付けて、照射野の大きさを制限する。鉛箔増感紙には試験体から発生した前方散乱線及びフィルムの後方の物質から発生する後方散乱線を低減する効果がある。カセットの背面にコンクリートの床や壁があるような場合は、コンクリートからの後方散乱線がカセット中のフィルムに入って、透過写真のコントラストの低下に影響することが考えられるので、カセットの背面に鉛板または鉄板を置いて撮影を行う。

問 5 次の文は焦点寸法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。[N]

- (a) X 線装置に表示されている焦点寸法は、ターゲット上の X 線が発生する部分の寸法である。  
(b) 実効焦点寸法とは、照射野の中央からターゲット上の X 線が発生する部分を望んだときの寸法の焦点寸法である。  
(c) X 線装置の実効焦点寸法及び形状は、使用管電圧によって変化しない。  
(d) 細長い X 線フィルムは、X 線管軸に平行に配置するのが良い。

正答 [N] (b)

X 線装置の焦点寸法についての問題である。焦点寸法については実焦点寸法及び実効焦点寸法があるが、通常 X 線装置に表示されているのは、X 線管軸に対し垂直方向に見たときの実効焦点寸法であり、(b)の文で示された通りである。焦点寸法は、望む方向によって異なり、ターゲット面に垂直方向から望んだ寸法が実焦点寸法である。照射野内の各点から望む焦点寸法は、すべて異なるので、照射野の中央から望む焦点寸法を実効焦点寸法としている。また、実効焦点寸法及び形状はピンホール法などにより測定するが、管電圧によって変化するので(c)の文は誤りである。(d)の文のように X 線フィルムを配置すると、フィルムの左右両端で焦点寸法が大きく変わるために、厳密に言えば、きずの像のボケに影響が生じることになる。しかし、X 線フィルムを X 線管軸に対して直角方向に長手方向が来るように配置すると、フィルムの左右両端ではほぼ同様なきずの像が得られることになる。

以上最近の試験に出題された問題の類題を紹介したが、C<sub>2</sub>についてはレベル2の知識をしっかりと理解しておれば正答できるもので、正答率もかなり高い。今回は取り上げなかったが、JIS 規格に出てくる用語の問題、きずの像の分類の問題などについては、冒頭に上げた 2009 年 2 月号を参照して欲しい。

### SMレベル3 二次C<sub>1</sub>（基礎）試験のポイント

ひずみ測定（SM）レベル3の二次C<sub>1</sub>試験ではレベル3の技術者に必要な基礎知識を問う問題が出題される。

また、すでに非破壊検査誌 Vol.53, No.12(2004)及び Vol.57, No.7(2008)において出題されたものと類似の問題例の解説がされているので参考にされたい。

現在、ひずみの測定に電気抵抗ひずみ測定法が広く適用されている。この方法は高感度で微小ひずみの測定には非常に有効である。しかし、被測定物表面の局所的な測定で、柔軟材料の大ひずみや広い範囲のひずみあるいは応力の分布を直接求めるのには適していない。このような場合には、電気抵抗ひずみ測定法以外のひずみあるいは応力の測定法を適用しなければならない。このため、レベル3の技術者にはこれらの測定法に関する知識が必要になる。この観点から、今回はひずみあるいは応力の各種測定法に関する問題例を取り上げ、解答に当たってのポイントを解説する。

**問1** 光弾性実験法で観察される等色線しま模様だけでは、一般に各主応力を求めることができない。以下の記述は主応力が容易に求められる場合について述べたものである。正しい記述を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 自由境界では等色線しま次数が主ひずみと線形関係になっている。
- (b) 自由境界では法線方向の主ひずみだけが存在している。
- (c) 自由境界では接線方向の主応力だけが存在している。
- (d) 自由境界では等色線しま次数が主応力と非線形になっている。

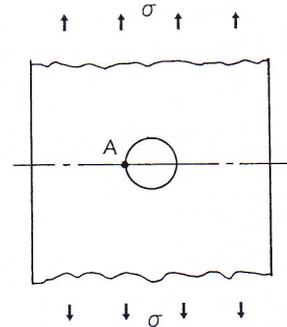
**正答 (c)**

光弾性実験法で観察される等色線のしま模様は主応力差に関係している。すなわち、この模様は主応力の差を現しているため、この模様だけでは直接個々の主応力を求めることはできない。しかし、自由境界では法線方向の主応力はなく、接線方向の主応力だけが存在しているため、この自由境界では等色線しま模様のみで接線方向の主応力が容易に求められる。したがって(c)の記述が正答になる。

**問2** 光弾性実験法の等色線しま模様のしま次数  $N$  は主応力差  $(\sigma_1 - \sigma_2)$  と次式のような関係になる。

$$N = \alpha t (\sigma_1 - \sigma_2)$$

ここで、 $\alpha$ は光弾性定数、 $t$ は試験片の厚さである。 $\alpha$ が  $0.1\text{mm}/N$ 、 $t$ が  $2\text{mm}$ の図のような円孔のある帯板試験片の引張試験をした。孔から十分離れた箇所での公称応力  $\sigma$ が  $10.0\text{MPa}$ のときに孔縁の点Aで6.5次の等色線しま次数が観察された。この点における応力集中係数を次のうちから選び、記号で答えよ。



- (a) 3.25
- (b) 3.50
- (c) 4.15
- (d) 5.05

**正答 (a)**

自由境界である孔縁の点Aでは接線方向の主応力  $\sigma_1$  のみが存在する。すなわち  $\sigma_2 = 0$  であるから

$$\begin{aligned} \sigma_1 - \sigma_2 = \sigma_1 &= N / \alpha t \\ &= 6.5 / (0.1 \times 2) = 32.5 \text{N/mm}^2 = 32.5 \text{MPa} \end{aligned}$$

になる。

一方、A点での応力集中係数は  $\sigma_1 / \sigma$  で表される。したがって、この点の応力集中係数は  $32.5 / 10 = 3.25$  になり、(a)が正答になる。なお、光弾性実験法は複雑な形状の自由境界でも応力分布が容易に求められ、とくに応力集中箇所の判定や応力集中係数を求めるのには有効な手法であることを知っておいてもらいたい。

**問3** 光学的な測定法として投影あるいは印刷された格子線と基準格子を重ねたときに生じる干渉しまから変位あるいはひずみ分布を求める方法がある。この記述に該当する方法を次のうちから選び、記号で答えよ。

- (a) コースティックス法
- (b) モアレ法
- (c) ホログラフィ法
- (d) スペックル法

**正答 (b)**

ひずみや応力の測定にはいろいろな光学的方法が利用されている。この間で述べられているような、二枚の格

子を重ねたときに生じる干渉じまが変位あるいはひずみに関係していることを利用する方法をモアレ法と言っている。したがって、ここでは(b)が正答である。この他のコースティックス法、ホログラフィ法、スペックル法も光学的な測定法で、実際に応用されているので、これらの方法の原理や特徴も知っておいてもらいたい。

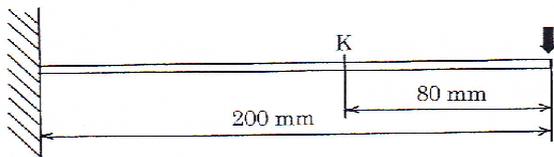
問4 次の応力塗料法に関する記述で正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 塗料のぜい性が高いとひずみ感が悪くなる。
- (b) 塗料のき裂は圧縮ひずみで生じる。
- (c) 塗料のき裂から主応力と主方向がわかる。
- (d) 塗料のき裂は主応力の和に関係している。

正答 (c)

応力塗料法ではひずみ感度のよいぜい性の高い塗料を部材表面に塗布し、この塗料が引張を受けたときに生じたき裂を観察している。このき裂は主応力の和に関係したものではなく、部材表面の主応力線に一致して生じる。このため、主応力のみでなく主方向もわかる。したがって、この問では(c)が正答になる。

問5 応力塗料法でひずみを測定するには使用した塗料のひずみ感度を知る必要がある。これには、図のような片持はりの検定試験で自由端に荷重をかけ、試験片表面に塗布された塗料にき裂を生じさせる最小のひずみからひずみ感度を求めている。この試験で固定端表面のひずみが  $1500 \times 10^{-6}$  のときに、図のKの位置までき裂が生じていた。この塗料のひずみ感度を次のうちから選び、記号で答えよ。



- (a)  $1200 \times 10^{-6}$
- (b)  $1000 \times 10^{-6}$
- (c)  $800 \times 10^{-6}$
- (d)  $600 \times 10^{-6}$

正答 (d)

この検定試験では、はり表面のひずみが固定端で最大、自由端で零になるように直線的に変化する。このことから、Kの位置のひずみが塗料にき裂を生じさせる最小のひずみになる。この位置のひずみを  $\epsilon$  とすると、図に示

された寸法より

$$\epsilon = 1500 \times 10^{-6} \times (80 / 200) = 600 \times 10^{-6}$$

になり、これがひずみ感度になるので(d)が正答になる。

問6 鋼構造物などの溶接箇所には残留応力が生じる。

このような残留応力の各種の測定法に関する次の記述で正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 音弾性法は弾性波の速度が応力に依存する現象に基づいた方法である。
- (b) 磁気ひずみ法は強磁性材料表面の磁粉分布を観察する方法である。
- (c) バルクハウゼンノイズ法は音響ノイズにより応力を求める方法である。
- (d) X線応力測定法はX線の干渉変化を利用した方法である。

正答 (a)

ここで述べられているのはいずれも残留応力を測定する方法であるが、音弾性法は弾性波の速度が応力に依存することを利用した方法である。磁気ひずみ法は磁気ひずみ効果を利用した方法で、磁粉分布を観察する方法ではない。バルクハウゼンノイズ法は音響ではなく、磁気的なノイズで応力を測定する方法である。また、X線応力測定法はX線の干渉変化ではなく、回折を利用した方法である。したがって、正しい記述は(a)である。

問7 下に示す測定法はいずれも残留応力の測定ができる方法である。このうちで非破壊的でない方法の一つを選び、記号で答えよ。

- (a) X線応力測定法
- (b) 電気抵抗ひずみ測定法
- (c) バルクハウゼンノイズ法
- (d) 磁気ひずみ法

正答 (b)

電気抵抗ひずみ測定法でも残留応力の測定は可能である。しかし、残留応力のある箇所に孔などをあけたときの応力解放で生じるひずみから、この応力を推定するので非破壊的な測定法とは言えない。この他はすべて非破壊的な方法であるので、ここでは(b)が正答である。