

【62 巻 1 月号掲載記事に関する訂正】
 2013 年 1 月号に掲載した下記の記事に訂正がありました。お詫びして訂正致します。(2014 年 6 月)
 なお訂正箇所は本記事の 1 頁右下に記載してあります。3 頁目、4 頁目は修正済みの記事です。

RT レベル 3 二次 C₂ (適用) 試験のポイント

2009 年の 2 月号及び 2010 年の 10 月号の本欄に RT レベル 3 の二次試験 C₂ (適用) について紹介した。RT レベル 3 の二次試験は RT に関するレベル 3 の知識 (C₁) 30 問、関連する工業分野における RT の適用 (C₂) 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、前回及び前々回で紹介したものと基本的には変わっていないが、今回もう一度、正答率が多少低い類似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 次の語句と関係の深い JIS 規格を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。

- きず面積 [A]
- X 線の回折像 [B]
- 酸化物の巻込み [C]
- 第 4 種のきず [D]

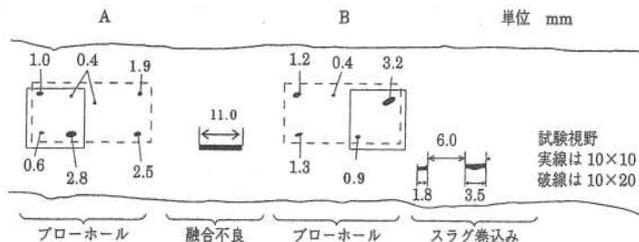
[解答群]

- [A] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003
 (c) JIS Z 3106:2001 (d) JIS G 0581:1999
- [B] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003
 (c) JIS Z 3106:2001 (d) JIS G 0581:1999
- [C] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003
 (c) JIS Z 3106:2001 (d) JIS G 0581:1999
- [D] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3106:2001
 (c) JIS Z 3861:1979 (d) JIS G 0581:1999

正答 [A] (d) [B] (c) [C] (b) [D] (a)

放射線透過試験方法の JIS 規格は、溶接継手については鋼、アルミニウム、ステンレス鋼、チタンについてそれぞれ規定され、さらに鋳鋼品及びアルミニウム鋳物についても規定されている。RT 関連の主要な JIS 規格については、JIS の番号とタイトルをしっかりと把握しておくことが必要である。きず面積は、鋳鋼品の樹枝状の引け巣について用いられる。X 線の回折像は、ステンレス鋼の溶接継手の透過写真に発生することがある異常像の一つである。酸化物の巻込みはアルミニウム合金の溶接継手に発生するきずの一つである。第 4 種のきずはタンダステン巻込みの JIS Z 3104 における用語である。

問 2 下の図は鋼板の溶接継手の透過写真に現れたきずの像をスケッチしたものである。JIS Z 3104 に基づいて分類を行う場合、次の文の [E] ~ [N] に入れる適切な数値又は語句を解答群からそれぞれ一つ選び、記号で答えよ。



この溶接継手は母材の厚さが 30.0mm であり、余盛は両面にある。解答にあたって必要とする場合、添付の JIS Z 3104-1995 附属書 4 表 3~表 6 (省略) を用いよ。

- (1) 第 1 種のきずについては、A の部分はきず点数が [E] 点で [F] 類、B の部分はきず点数が [G] 点で [H] 類となる。
- (2) 第 2 種のきずについては、融合不良はきず長さが [I] mm で、このきずの長さに対する分類は [J] 類、スラグ巻込みはきず長さが [K] mm で、そのきず長さに対する分類は [L] 類となる。
- (3) この場合、第 1 種のきずと第 2 種のきずは [M] 。
- (4) したがって、総合分類は [N] 類となる。

[解答群]

- [E] (a) 3 (b) 4 (c) 7 (d) 9
- [F] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [G] (a) 6 (b) 7 (c) 11 (d) 13
- [H] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [I] (a) 11.0 (b) 11.3 (c) 22.0 (d) 22.6
- [J] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [K] (a) 1.8 (b) 3.5 (c) 5.3 (d) 11.3
- [L] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [M] (a) 混在している (b) 混在していない
 (c) 重複している (d) 重複していない
- [N] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4

正答 [E] (d) [F] (b) [G] (c) [H] (b)
 [I] (a) [J] (c) [K] (b) [L] (a)
 [M] (b) [N] ~~(b)~~ (c)

青文字の二重取消線の部分を赤文字に訂正します。

JIS Z 3104:1995 に基づく鋼溶接継手のきずの像の分類の問題はレベル 1, レベル 2 の一次試験でも出題されており, 基本的には理解されて, 正答率が高いので解説する必要はないが, 第 1 種のきずについては母材の厚さに対応して試験視野の大きさと算定しないきずの寸法を選択し, きず点数を求めて附属書 4 の表 5 によって類を決定する。第 2 種のきずについては, きずときずとの間隔によって, 独立のきずかきず群なのかの取扱いを判断してから, きず長さを決定して, 附属書 4 の表 6 によって類を決定する。ただし, きずの長さからは 1 類になる場合でも, きずの種類が融合不良又は溶込み不良の場合は 2 類とする規定がある。この問題ではきずの種類は記載されているが, 実際の作業においては十分注意が必要である。

問 3 次の文のうち正しいものを一つ選び, 記号で答えよ。[O]

- (a) 増感紙の表面に汚れがあったり, ごみが付いていても, 透過写真には影響を与えない。
- (b) 湿度が高い場合, フィルムと増感紙が張り付くことがあるので, 取扱いに注意が必要である。
- (c) 蛍光増感紙よりも鉛箔増感紙の方が, 増感紙表面のごみなどが透過写真に与える影響は大きい。
- (d) フィルムを増感紙に挟んだままで, カセット内に長期間入れておいても問題はない。

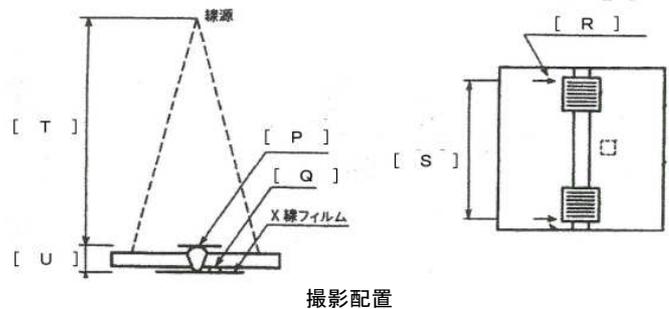
正答 [O] (b)

最近ではプレバックのフィルムが使用される現場が多くなっているが, フィルムと増感紙の取扱いについての基本的な問題である。高温多湿の環境はフィルムにとって最悪であり, 作業環境としては極端な乾燥も問題であるが, 適度の状態が必要である。増感紙のフィルムに接する表面は蛍光増感紙, 鉛箔増感紙共に汚れやごみなどの異物のない清浄な状態でなければならないことは当然であるが, その影響は蛍光増感紙の方が大きい。また, プレバックのフィルムの場合には問題はないが, フィルムを増感紙に挟んだままでカセット内に長期間入れておくことは避けた方がよい。

問 4 次の図は JIS Z 3104:1995 の附属書 1 に規定された鋼板の突合せ溶接継手を直接撮影する場合の撮影配置を示している。[P] ~ [U] に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び, 記号で答えよ。

[解答群]

- [P] (a) 露出計 (b) 透過度計
(c) 輝度計 (d) 階調計
- [Q] (a) 露出計 (b) 透過度計
(c) 輝度計 (d) 階調計
- [R] (a) 試験部の位置を示す記号
(b) 試験部の有効長さを示す記号
(c) 試験部の撮影回数を示す記号
(d) 試験の日付を示す記号
- [S] (a) L₁ (b) L₂ (c) L₃ (d) 2f/d
- [T] (a) L₁ (b) L₂ (c) L₃ (d) 2f/d
- [U] (a) L₁ (b) L₂ (c) L₃ (d) 2f/d



撮影配置

正答 [P] (b) [Q] (d) [R] (b) [S] (c)
[T] (a) [U] (b)

突合せ溶接継手の直接撮影における基本的な撮影配置図であり, レベル 1 及びレベル 2 の技術者にとっては初期の頃から見慣れた図の一つと思われるが, 全員正解でないことは意外なことである。不注意, 思い違いが原因と思われるが, チェックをしっかりと行って欲しい。

以上最近の試験に出題された問題の類題について紹介したが, C₂についてはレベル 2 の知識をしっかりと理解しておけば正答できるものと思われる。事実一部の問題以外は正答率も高く, 解説の必要もないが, 「放射線透過試験問題集」の改定が遅れており, JIS Z 3105 が 2003 年に, JIS G 0581 が 1999 年にそれぞれ改正されており, 出題は新規格で行われているため, 新規格の確認を行ってみたい。

RT レベル 3 二次 C₂ (適用) 試験のポイント

2009 年の 2 月号及び 2010 年の 10 月号の本欄に RT レベル 3 の二次試験 C₂ (適用) について紹介した。RT レベル 3 の二次試験は RT に関するレベル 3 の知識 (C₁) 30 問, 関連する工業分野における RT の適用 (C₂) 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, 前回及び前々回で紹介したものと基本的には変わっていないが, 今回もう一度, 正答率が多少低い類似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 次の語句と関係の深い JIS 規格を解答群からそれぞれ一つ選び, 記号で答えよ。

- きず面積 [A]
- X 線の回折像 [B]
- 酸化物の巻込み [C]
- 第 4 種のきず [D]

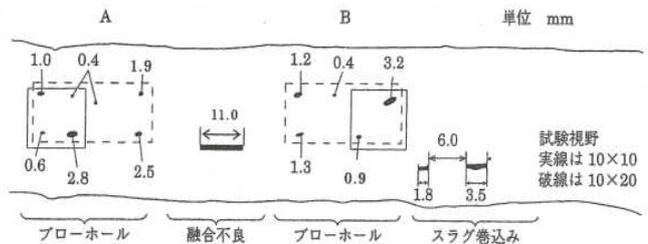
[解答群]

- [A] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003
(c) JIS Z 3106:2001 (d) JIS G 0581:1999
- [B] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003
(c) JIS Z 3106:2001 (d) JIS G 0581:1999
- [C] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3105:2003
(c) JIS Z 3106:2001 (d) JIS G 0581:1999
- [D] (a) JIS Z 3104:1995 (b) JIS Z 3106:2001
(c) JIS Z 3861:1979 (d) JIS G 0581:1999

正答 [A] (d) [B] (c) [C] (b) [D] (a)

放射線透過試験方法の JIS 規格は, 溶接継手については鋼, アルミニウム, ステンレス鋼, チタンについてそれぞれ規定され, さらに鋳鋼品及びアルミニウム鋳物についても規定されている。RT 関連の主要な JIS 規格については, JIS の番号とタイトルをしっかりと把握しておくことが必要である。きず面積は, 鋳鋼品の樹枝状の引け巣について用いられる。X 線の回折像は, ステンレス鋼の溶接継手の透過写真に発生することがある異常像の一つである。酸化物の巻込みはアルミニウム合金の溶接継手に発生するきずの一つである。第 4 種のきずはタンダステン巻込みの JIS Z 3104 における用語である。

問 2 下の図は鋼板の溶接継手の透過写真に現れたきずの像をスケッチしたものである。JIS Z 3104 に基づいて分類を行う場合, 次の文の [E] ~ [N] に入れる適切な数値又は語句を解答群からそれぞれ一つ選び, 記号で答えよ。



この溶接継手は母材の厚さが 30.0mm であり, 余盛は両面にある。解答にあたって必要とする場合, 添付の JIS Z 3104-1995 附属書 4 表 3~表 6 (省略) を用いよ。

- (1) 第 1 種のきずについては, A の部分はきず点数が [E] 点で [F] 類, B の部分はきず点数が [G] 点で [H] 類となる。
- (2) 第 2 種のきずについては, 融合不良はきず長さが [I] mm で, このきずの長さに対する分類は [J] 類, スラグ巻込みはきず長さが [K] mm で, そのきず長さに対する分類は [L] 類となる。
- (3) この場合, 第 1 種のきずと第 2 種のきずは [M] 。
- (4) したがって, 総合分類は [N] 類となる。

[解答群]

- [E] (a) 3 (b) 4 (c) 7 (d) 9
- [F] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [G] (a) 6 (b) 7 (c) 11 (d) 13
- [H] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [I] (a) 11.0 (b) 11.3 (c) 22.0 (d) 22.6
- [J] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [K] (a) 1.8 (b) 3.5 (c) 5.3 (d) 11.3
- [L] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4
- [M] (a) 混在している (b) 混在していない
(c) 重複している (d) 重複していない
- [N] (a) 1 (b) 2 (c) 3 (d) 4

正答 [E] (d) [F] (b) [G] (c) [H] (b)
[I] (a) [J] (c) [K] (b) [L] (a)
[M] (b) [N] (c)

JIS Z 3104:1995 に基づく鋼溶接継手のきずの像の分類の問題はレベル 1, レベル 2 の一次試験でも出題されており, 基本的には理解されて, 正答率が高いので解説する必要はないが, 第 1 種のきずについては母材の厚さに対応して試験視野の大きさと算定しないきずの寸法を選択し, きず点数を求めて附属書 4 の表 5 によって類を決定する。第 2 種のきずについては, きずときずとの間隔によって, 独立のきずかきず群なのかの取扱いを判断してから, きず長さを決定して, 附属書 4 の表 6 によって類を決定する。ただし, きずの長さからは 1 類になる場合でも, きずの種類が融合不良又は溶込み不良の場合は 2 類とする規定がある。この問題ではきずの種類は記載されているが, 実際の作業においては十分注意が必要である。

問 3 次の文のうち正しいものを一つ選び, 記号で答えよ。[O]

- (a) 増感紙の表面に汚れがあったり, ごみが付いていても, 透過写真には影響を与えない。
- (b) 湿度が高い場合, フィルムと増感紙が張り付くことがあるので, 取扱いに注意が必要である。
- (c) 蛍光増感紙よりも鉛箔増感紙の方が, 増感紙表面のごみなどが透過写真に与える影響は大きい。
- (d) フィルムを増感紙に挟んだままで, カセット内に長期間入れておいても問題はない。

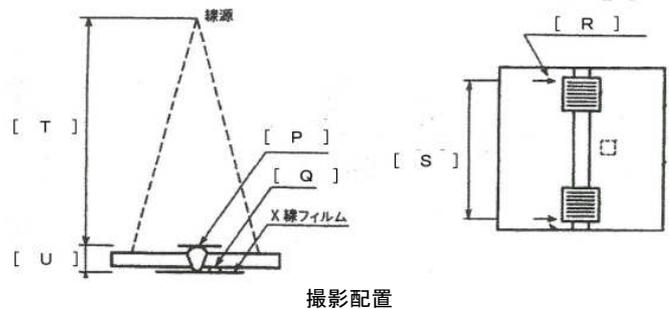
正答 [O] (b)

最近ではプレバックのフィルムが使用される現場が多くなっているが, フィルムと増感紙の取扱いについての基本的な問題である。高温多湿の環境はフィルムにとって最悪であり, 作業環境としては極端な乾燥も問題であるが, 適度の状態が必要である。増感紙のフィルムに接する表面は蛍光増感紙, 鉛箔増感紙共に汚れやごみなどの異物のない清浄な状態でなければならないことは当然であるが, その影響は蛍光増感紙の方が大きい。また, プレバックのフィルムの場合には問題はないが, フィルムを増感紙に挟んだままでカセット内に長期間入れておくことは避けた方がよい。

問 4 次の図は JIS Z 3104:1995 の附属書 1 に規定された鋼板の突合せ溶接継手を直接撮影する場合の撮影配置を示している。[P] ~ [U] に入れる適切な語句を解答群からそれぞれ一つ選び, 記号で答えよ。

[解答群]

- [P] (a) 露出計 (b) 透過度計
(c) 輝度計 (d) 階調計
- [Q] (a) 露出計 (b) 透過度計
(c) 輝度計 (d) 階調計
- [R] (a) 試験部の位置を示す記号
(b) 試験部の有効長さを示す記号
(c) 試験部の撮影回数を示す記号
(d) 試験の日付を示す記号
- [S] (a) L₁ (b) L₂ (c) L₃ (d) 2f/d
- [T] (a) L₁ (b) L₂ (c) L₃ (d) 2f/d
- [U] (a) L₁ (b) L₂ (c) L₃ (d) 2f/d



撮影配置

正答 [P] (b) [Q] (d) [R] (b) [S] (c)
[T] (a) [U] (b)

突合せ溶接継手の直接撮影における基本的な撮影配置図であり, レベル 1 及びレベル 2 の技術者にとっては初期の頃から見慣れた図の一つと思われるが, 全員正解でないことは意外なことである。不注意, 思い違いが原因と思われるが, チェックをしっかりと行って欲しい。

以上最近の試験に出題された問題の類題について紹介したが, C₂についてはレベル 2 の知識をしっかりと理解しておけば正答できるものと思われる。事実一部の問題以外は正答率も高く, 解説の必要もないが, 「放射線透過試験問題集」の改定が遅れており, JIS Z 3105 が 2003 年に, JIS G 0581 が 1999 年にそれぞれ改正されており, 出題は新規格で行われているため, 新規格の確認を行ってみたい。

SMレベル3 二次C₁ (基礎) 試験のポイント

SM (ひずみ測定) レベル3の技術者には構造物の安全性評価の能力が必要であり、この問題はレベル3二次のC₁試験で出題されている。ここでは、これに関係した問題例を取り上げ、解答に当たってのポイントを解説する。

問1 次の記述は構造部材の疲労現象の一般的な特性に関して述べたものである。このうちから正しいものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 疲労破壊は、通常不安定成長するき裂が消滅したときに起きる。
- (b) 疲労き裂の進展速度は、繰返し荷重による応力には依存しない。
- (c) 鋼などの構造部材には、一般に明確な疲労限度が存在しない。
- (d) 繰返し荷重を受ける構造部材は、静強度よりも低い応力で破壊する。

正答 (d)

構造部材の疲労破壊は、繰返し荷重により生じたき裂が進展して不安定破壊をする現象であり、消滅したときに起きる現象ではない。このき裂の進展する速度は、応力が高くなれば速くなり、したがって応力に依存している。一般的に鋼などの構造部材では疲労限度、すなわち負荷の繰返し数をいくら増加させても破壊を起こさなくなる応力の値が存在する。しかし、疲労破壊は引張強度のような静強度よりも低い応力で生じる現象である。したがって、ここでは (d) が正答である。

問2 構造部材が比較的高い応力を受けて局部的に塑性変形を伴う低サイクル疲労の繰返し数はどの程度以下であるか。この繰返し数を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

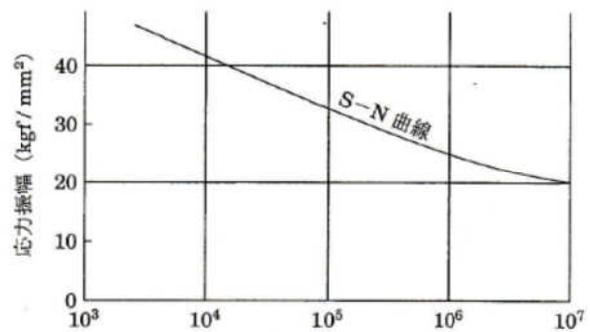
- (a) 10⁴回 (b) 10⁶回 (c) 10⁸回 (d) 10¹⁰回

正答 (a)

構造部材が 10⁴ 回以下の繰返し数で破断するような場合を低サイクル疲労と呼んでいる。この場合は応力が比

較的高いので、き裂先端部などで塑性変形が生じ、塑性疲労と称されることもある。したがって、この問では (a) が正答になる。これに対して、繰返し数が 10⁵ 回以上の場合は高サイクル疲労と言われている。なお、低サイクル疲労あるいは高サイクル疲労の繰返し数に関する問題の正答率が低かったが、必要な知識であるので知っておいてもらいたい。

問3 下の図は、鋼丸棒の一定な回転曲げ繰返し応力による疲労試験で得られたS-N (応力-繰返し数) 曲線である。この図では1回の繰返しを正弦波状にし、このときの最大応力 σ_m と最小応力 σ_i に関係した応力振幅 σ_a を縦軸にとっている。この σ_a について、正しいものを次のうちから一つ選び、記号で答えよ。



- (a) $\sigma_a = 2 (\sigma_m - \sigma_i)$
- (b) $\sigma_a = 2 (\sigma_m + \sigma_i)$
- (c) $\sigma_a = (\sigma_m - \sigma_i) / 2$
- (d) $\sigma_a = (\sigma_m + \sigma_i) / 2$

正答 (c)

この図の縦軸 σ_a は最大応力を σ_m 、最小応力を σ_i とした正弦波形の振幅である。したがって、 σ_a はこの二つの応力の差の1/2、すなわち $(\sigma_m - \sigma_i) / 2$ になるので (c) が正答になる。なお、これまでの試験では (d) の $(\sigma_m + \sigma_i) / 2$ を選んだ解答が多くあった。しかし、これは平均応力であり、応力振幅ではないので注意してもらいたい。

問4 前の問のS-N曲線の疲労限度を基準強さにし、安全率を2とした場合、この鋼丸棒の許容応力振幅は

いくらか。次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 49 MPa (b) 98 MPa (c) 147 MPa (d) 392 MPa

正答 (b)

鋼などの疲労限度は、負荷の繰返し数を増加しても破壊を起こさなくなる応力とされているが、一般には 10^7 回以上の繰返し数でも破壊しない場合を疲労限度としている。したがって、前の問の S-N 曲線より、この鋼丸棒の疲労限度の応力振幅 σ_a は 20 kgf/mm^2 である。これを SI 単位系に換算すると $20 \times 9.8 = 196 \text{ MPa}$ になる。さらに、安全率を α 、許容応力振幅を σ_s とすると、

$$\sigma_s = \sigma_a / \alpha = 196 / 2 = 98 \text{ MPa}$$

になり、(b) が正答になる。

問 5 次の記述は材料強度に関係したものである。正しい記述を一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 構造部材の余寿命は破壊に至るまでの荷重の繰返し数の数と、き裂が発生したときの繰返し数の差になっている。
- (b) 高サイクル疲労は、高い荷重の繰返しによるもので、このような場合はき裂先端部分の塑性域が大きくなる。
- (c) 線形破壊力学では、き裂先端部分の塑性域の大きさが破壊基準になっていて、この領域が大きいことが前提になっている。
- (d) 線形破壊力学における応力拡大係数は、構造部材が弾性変形をするという場合のパラメータとして提案されている。

正答 (d)

構造部材の余寿命は、破壊したときの荷重の繰返し数とき裂が生じたときの繰返し数の差ではなく、応力拡大係数とき裂の進展により推定されている。

高サイクル疲労は荷重の繰返し数が高い場合の疲労である。荷重の高い場合にはき裂先端部分に塑性域が生じ、破壊までの繰返し数も低くなるので、この場合は低サイクル疲労になる。また、き裂先端部分の塑性域の大きさは破壊基準の前提にはならない。

一方、線形破壊力学における応力拡大係数は、構造部

材が線形弾性変形をするとして、このときに発生したき裂の長さ a と負荷されている応力から算出される。したがって、この問では (d) が正答になる。

問 6 長さ a の縁き裂のある半無限板が引張応力 σ を受けている場合のモード I の応力拡大係数 K_I を表す式を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $K_I = 1.02\sigma\sqrt{\pi a}$ (b) $K_I = 1.12\sigma\sqrt{\pi a}$
 (c) $K_I = 2.24\sigma\sqrt{\pi a}$ (d) $K_I = 11.2\sigma\sqrt{\pi a}$

正答 (b)

線形破壊力学によると、内部に $2a$ のき裂のある無限板が一様な引張応力 σ を受けた場合のモード I の応力拡大係数は $K_I = \sigma\sqrt{\pi a}$ で与えられている。この問のような長さ a の縁き裂のある半無限板の応力拡大係数は、上述の無限板の係数に補正値をかけた形になり 12% 大きくなる。したがって、この場合の応力拡大係数は

$$K_I = (1 + 0.12) \sigma\sqrt{\pi a} \text{ になり、(b) が正答になる。}$$

問 7 断面係数が $75 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ の長いはり構造の底面に深さ方向の長さが 3 mm のき裂が検出された。このき裂がある底面が $285 \text{ kN}\cdot\text{m}$ の曲げモーメントによって引張応力を受けた状態になっていた。この底面の部分を長さ 3 mm の縁き裂のある半無限板とみなして求めたモード I の応力拡大係数を次のうちから一つ選び、記号で答えよ。

- (a) $20.5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ (b) $33.7 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$
 (c) $41.3 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ (d) $47.7 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$

正答 (c)

この場合の曲げモーメントを M 、はりの断面係数を Z とすると縁き裂のある底面が受ける引張応力 σ は

$$\sigma = M / Z = 285 \times 10^3 / 75 \times 10^{-5} = 380 \text{ MPa}$$

になる。また、長さ a の縁き裂のある半無限板とみなしたときのモード I の応力拡大係数 K_I は前の問より、

$$K_I = 1.12\sigma\sqrt{\pi a} = 1.12 \times 380 \times \sqrt{3.14 \times 3 \times 10^{-3}} = 41.3 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}} \text{ になり、(c) が正答になる。}$$