

UT レベル 3 再認証試験のポイント

UT レベル 1 及びレベル 2 の再認証試験は 2017 年春期より実技試験となったが、UT レベル 3 の再認証試験は筆記試験のままで、超音波探傷試験の適用に関する問題 30 問以上及び認証システムに関する問題 10 問以上が出題される。これらを合わせて 70%以上の正答で合格となる。なお、2018 年秋期の試験より試験問題は、誤ったものを選ぶ選択肢はなくなっている。超音波探傷試験の適用の問題は、新規試験のパート E の問題と同様で、過去に機関誌 Vol.57, No.9 (2008), Vol.59, No.12 (2010), Vol.62, No.2 (2013) Vol.63, No.2 (2014) 及び Vol.66, No.2 (2016) で紹介した経緯がある。今回解説の問題と共に過去の記事も参考にしていきたい。

問 1 次の文は、鋼板の超音波探傷試験の JIS 規格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) 厚鋼板において、有害となるきずは、その用途によって種類や程度が異なるが、一般に開先予定線近傍のきずは、溶接欠陥の原因となることがあるので、JIS G 0801: 2008 では開先予定線から離れた内部位置にあるきずよりも判定基準が厳しい。
- (b) 建築構造物に用いられる鋼板には、JIS G 0801: 2008 に規定する S 形の走査区分を適用するのが適切である。
- (c) JIS G 0801: 2008 では、板厚の適用範囲を 13 mm 以上と規定している。
- (d) JIS G 0901: 2010 では、二振動子垂直探触子で探傷できる板厚の適用範囲を 9 mm 以上 50 mm 以下と規定している。

正答 (a)

JIS G 0801 「圧力容器用鋼板の超音波探傷検査方法」では開先予定線や鋼板四周部の合否判定基準は、溶接加工時などに溶接欠陥の発生を懸念して、内部の判定基準より厳しくなっている。JIS G 0801 の板厚の適用範囲は 6 mm 以上 300 mm 以下である。建築構造物に用いられる鋼板については建築構造物に適用する鋼板の探傷規格として制定されている JIS G 0901 「建築用鋼板及び平鋼の超音波探傷試験による等級分類及び判定基準」を適用するのが適切である。またこの規格の二振動子垂直探触子の適用範囲は 13 mm 以上 60 mm 以下である。

問 2 次の文は、JIS Z 3060: 2015 による鋼溶接部の斜角探傷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) JIS Z 3060 で規定するきずの指示長さの測定方法は、使用探触子の公称屈折角によって異なっている。
- (b) きずの断面位置が同じと想定される複数のきずで、きずときずとの間隔が、長い方のきずの長さより短い場合は、同一きず群と見なし、二つのきずの指示長さとその間隔の総和をきずの指示長さとする。
- (c) 板厚が異なる突合せ溶接継手の場合は、きずの分類は板厚の厚い方を基準として分類する。
- (d) 一つのきずを異なる方向から探傷してきずの指示長さを測定した場合、それぞれのきずの始点と終点のうち最も間隔が長くなる始点と終点の間隔の値を用いて、当該きずのきずの指示長さとする。

正答 (b)

JIS Z 3060 による溶接部の斜角探傷においてきずの指示長さを測定する方法は L 線カット法と 6 dB 低下法の 2 種類が採用されている。使用する探触子の周波数が 2 MHz から 2.5 MHz の場合は 6 dB 低下法が規定されており、それ以外は L 線カット法が使用される。使用する屈折角によって規定はされていない。きずの断面位置が同じと考えられる場合できずが複数ある場合は、長く測定されたきずの指示長さよりきずときずの間隔が短い場合は同一きずとして間隔も含めその総和の長さがきずの指示長さとなる。板厚が異なる突合せ継手の場合は、板厚の薄い方を基準としてきずの分類をする。厚い方を基準にした場合よりも厳しい値となる。一つのきずを直射法や一回反射法などの異なる方向から探傷した場合は、それぞれの方向でのきずの指示長さを求めそのうちもっとも長いきずの指示長さが採用される。

問 3 次の文は、日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」：2008 における斜角一探触子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。

- (a) エコー高さの領域区分は、I ～ IV の 4 種類である。
- (b) 適用範囲の板厚の下限值は 6 mm である。

- (c) 突合せ継手の探傷は、継手の両面片側から行う。
- (d) 欠陥指示長さの測定には、10 dB 低下法とL線カット法が併用される。

正答 (b)

日本建築学会が制定している「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」ではエコー高さ区分はIからVまでの5区分ある。L線以下が領域I、L線を超えM線以下が領域II、M線を超えH線以下が領域III、H線を超えU線以下が領域IV、U線を超えるものが領域Vとなっている。板厚の適用範囲は、6 mm 以上となっている。突合せ継手の斜角探傷は、片面両側から探傷することが原則となっている。欠陥指示長さの測定は、エコー高さがL線を超える範囲を1 mm 単位で測定する。

問 4 次の文は、JIS Z 3062「鉄筋コンクリート用異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷試験方法及び判定基準」：2014 による鉄筋ガス圧接部の超音波探傷試験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) JIS Z 3062 では、検査技術者は JIS Z 2305: 2013 で認証を受けた UT レベル 1 又はレベル 2 の技術者が試験を実施するものと規定されている。
- (b) 異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷は、鉄筋のリブ上から斜角二探触子法によって行う。
- (c) 異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷は、一探触子法にてリブ上から探傷を行う。
- (d) 異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷は、探傷感度の調整に STB-A2 の $\phi 4 \times 4$ の標準穴を適用している。

正答 (b)

JIS Z 3062 に規定する検査技術者は、「超音波探傷試験の原理及び鉄筋ガス圧接部に関する知識をもち、かつ、その超音波探傷についての十分な技術及び経験を持つ者とする。」としており、JIS Z 2305 などによる有資格者は要求していない。異形棒鋼ガス圧接部の超音波探傷は、問題文のとおり、鉄筋のリブ上から斜角二探触子法によって行う。したがって、(c) は誤りである。汎用探傷器での探傷感度の調整は、上面のリブ面から超音波を送信し、下面のリブ面で受信探触子を走査して最大の透過波を受信し、この透過パルスの高さが 50% になるよう調整し、これが基準レベルとなる。したがって、感度調整に STB-A2 は用いない。

問 5 次の文は、垂直探傷における横穴からのエコー高さについて述べたものである。[1] に最も適切な数値を解答群から一つ選び、記号で答えよ。

鋼製試験片の横穴を図 1 のように、5C10N で探傷し、横穴の真上の位置 P で最大エコー高さが得られた。そこでエコー高さを 100% に調整したのち、探触子を位置 Q まで 10 mm 移動すると、横穴のエコー高さは約 [1] % になる。図 2 を利用して求めよ。ただし、試験片中の縦波音速を $C_L = 5900$ m/s、横波音速を $C_S = 3230$ m/s とする。

[解答群] (a) 12 (b) 36 (c) 46 (d) 52

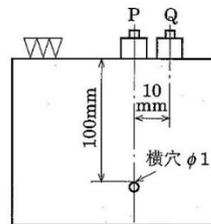


図 1

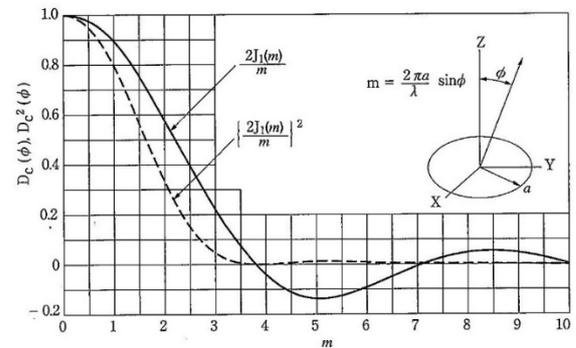


図 2

正答 (a)

図 1 の位置 Q において垂直探触子の入射点と横穴の中心を結ぶ方向がビーム中心軸に対してなす角度 ϕ を求めると

$$\tan \phi = \frac{10}{100.5} = 0.0995 \quad \therefore \phi = 5.68^\circ$$

図 2 中のパラメータ m の計算式 $m = \frac{2\pi a}{\lambda} \sin \phi$ に

円形振動子の半径 $a = 5$ mm、波長 $\lambda = \frac{C_L}{f} = 1.18$ mm

及び $\phi = 5.68^\circ$ を代入して計算すると、 $m = 2.64$ となる。この値に対する $Dc^2(\phi)$ の値を読み取ると $Dc^2(\phi) = 0.12$ となり、求めるエコー高さは 12% となる。

E T レベル 3 二次パート D・E 試験のポイント

JIS Z 2305:2013「非破壊試験技術者の資格及び認証」に基づく ET レベル 3 の二次試験は主に参考書である『渦電流探傷試験Ⅲ』から出題される。本稿では、最近行われた試験のうち、正答率の低かった問題に類似した例題によりポイントを解説する。

問 1 次の文は、コイルに交流電流を流し、周波数を変えた場合の、コイルのインピーダンスの絶対値の変化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) 周波数に反比例する。
- (b) 周波数に比例する。
- (c) 周波数に依存しない。
- (d) 周波数の 2 乗に比例する。

正答 (b)

コイルのインピーダンス Z は銅線の抵抗 R と巻いたことによるリアクタンス X の双方を持つ。回路としては抵抗 R とリアクタンス X を電源に対して直列に繋いだ形となる。抵抗 R は印加された電圧と電流は同位相であるが、リアクタンス X は $\pi/2$ だけ電流が遅れる。コイルのリアクタンス X は ωL で表せる。 ω は角周波数であり、周波数 f とは $\omega = 2\pi f$ の関係がある。 L はインダクタンスである。

このため、コイルのインピーダンス Z は、周波数 f を用いて次式で表せる。

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{R^2 + (2\pi f L)^2}$$

周波数 f の増加に伴いコイルのインピーダンス Z も増加する。したがって、正答は (b) となる。

問 2 渦電流探傷試験に用いられる上置プローブはリフトオフの影響を受けやすい。次のうち、リフトオフの信号が発生しにくいとされるコイルはどれか。正しいものを一つ選び記号で答えよ。

- (a) 自己誘導形単一プローブ
- (b) 相互誘導形単一プローブ
- (c) クロスポイントプローブ
- (d) マルチアレイプローブ

正答 (c)

渦電流探傷試験に用いられるプローブは、励磁方式に

よって自己誘導形と相互誘導形に分類される。また、プローブの適用方法から単一方式、差動方式（自己比較方式）、標準比較方式に分類される。単一方式の上置プローブは、ただ一つのコイルを試験体に相対して設置し、渦電流探傷試験に用いるものである。したがって単一方式では、試験体に存在するきずのみでなく、コイルと試験体との相対的な位置の変化（ガタやリフトオフなど）、試験体の緩やかな形状変化、あるいは周囲温度の変化などもコイルのインピーダンス変化として現れ、(a) と (b) は不正解である。

マルチアレイプローブは、平板状の試験体に対して複数個の単一コイルを一直線に並べ試験体上で走査することにより、処理能力を向上したり、きずに対する情報量を増やすものであり、リフトオフの抑制は向上されず、(d) は不正解である。

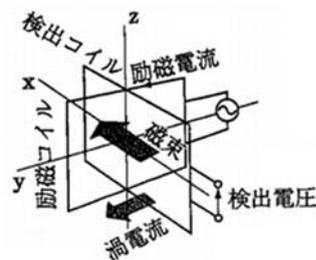


図 クロスポイントプローブ

クロスポイントプローブは、図のようにタンジェンシヤル型の励磁コイルに、これと 90 度回転させた検出コイルを組み合わせた、相互誘導形の上置コイルである。

励磁コイルは $y-z$ 平面内に巻線を持つので、巻線近傍には x 方向の磁束が発生する。一方、検出コイルは $x-z$ 平面内に巻かれているので、励磁コイルの作る磁束は検出コイルに鎖交しない。従って、きずや不連続部などのような、磁束分布に乱れを生じさせる原因がないときは、検出コイルに起電力は発生しない。また、この状態でコイル自体が z 方向に移動しリフトオフが発生したとしても、渦電流の分布が変化しない限り、検出コイルに起電力は発生しない。すなわち、リフトオフ雑音が発生しにくい構造となっている。したがって、正答は (c) となる。

問 3 次の文は、渦電流探傷試験における探傷速度によって生ずる速度効果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) 探傷速度が速くなると試験体中の誘導起電力がより大きくなる。

- (b) 探傷速度の影響は試験周波数が低いときほど小さく、試験周波数が高くなると大きくなる。
- (c) 探傷速度の増加は、正規化インピーダンス曲線上の動作点をインピーダンス増加方向に変化させる。
- (d) 探傷速度を速くしてもコイルのインピーダンス自体は変化しないが、きずの周波数は低くなる。

正答 (a)

渦電流探傷試験において、探傷速度が増しコイルと試験体間の相対速度が大きくなると、試験体中に誘導起電力が発生し、試験体中の渦電流に影響を及ぼす。この現象を速度効果という。このためコイルのインピーダンスは、試験体が静止時と移動時では値が異なるため、(d)は不正解である。探傷速度の影響は試験周波数が低いときほど、インピーダンスへの影響が相対的に大きくなるため、(b)は不正解である。探傷速度の増加は、正規化インピーダンス曲線上の動作点をインピーダンス減少方向に変化させるため、(c)は不正解である。正答は(a)である。

問 4 つぎの文は、銅に不純物が混入した場合の電気的特性への影響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) ケイ素は非導電性の非金属であり、伝導電子に電気的な影響を与えないため抵抗率に影響を与えない。
- (b) ニッケルは強磁性体であり、混入量とともに抵抗率は増加する。
- (c) 鉄は強磁性体であり、混入量とともに抵抗率は減少する。
- (d) 亜鉛は非磁性体であり、混入しても抵抗率に影響を与えない。

正答 (b)

元素が溶け合って、規則正しく並んだ溶媒原子の中に、原子径の異なる不純物元素が固溶されれば格子のひずみが生じ、抵抗率の変化を生じる。不純物が導電性、非導電性、磁性体、非磁性体に関わらず不純物元素の種類によって、抵抗率への影響の程度が異なるが、銅に固溶した各種不純物元素の混入量に比例して抵抗率は増加する。したがって、正答は(b)となる。

問 5 次の文は、JIS G 0583 : 2012「鋼管の自動渦電流探

傷検査方法」における対比試験片の人工きず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) 貫通ドリル穴の数は、一つのみである。
- (b) 角溝は、管軸方向に加工する。
- (c) 角溝は、底部及び底部の角は、丸みがあってはならない。
- (d) やすり溝は、平形やすりにより円周方向に加工する。

正答 (b)

JIS G 0583 : 2012 には、貫通コイル法における対比試験片の人工きずとして、貫通ドリル穴、角溝及びやすり溝の3種類が規定されている。貫通ドリル穴の場合は、円周方向に120°の位置に三つ、又は90°の位置に四つのドリル穴を加工することが規定されており、代替法として、一つの貫通ドリル穴を加工し、0°、90°、180°及び270°の位置に変えて装置を通過させ、探傷器の感度調整をしなければならず、(a)は不正解である。

角溝は、底部及び底部の角は、丸みがあってもよく、(c)は不正解である。やすり溝は、三角やすりによって鋼管外面円周方向に加工することになっており、(d)は不正解である。角溝は鋼管外面に管軸方向に加工することが規定されている。したがって、正答は(b)となる。

問 6 次の文は、JIS Z 2315:1991「渦流探傷装置の総合性能の測定方法」の測定項目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) 測定項目には検出力、不感帯が規定されている。
- (b) 測定項目には検出力、短時間再現性が規定されている。
- (c) 測定項目には検出力、短時間再現性、経時変化が規定されている。
- (d) 測定項目には検出力、短時間再現性、経時変化、不感帯が規定されている。

正答 (b)

JIS Z 2315:1991 には、原則として、外径60.5 mm又は34.0 mmの鋼管に貫通ドリル穴又は管の外面に軸方向に加工した角溝を加工した対比試験片を用いて、検出力及び短時間再現性の二点のみが規定されている。したがって、正答は(b)となる。