

【67 卷 8 号掲載記事に関する訂正】1/4 ページ「S T レベル 1 再認証（実技）試験のポイント」記事において図 2 の説明に誤りがありました。お詫びして訂正致します。（2018 年 9 月 3 日）  
 なお訂正箇所は本頁に赤字記載してあります。3 頁目、4 頁目は修正済みの記事です。

## S T レベル 1 再認証（実技）試験のポイント

JIS Z 2305 が改正され、これにより資格証明書の有効期限が発行年月日から 10 年目の非破壊試験技術者に対する再認証試験も変更された。ここでは、ひずみゲージ試験（ST）レベル 1 技術者に対する新しい再認証試験について紹介する。

### 1. 新しい再認証試験制度

今回の制度では受験申請の機会が 1 回のみになった。再認証対象者には事前に連絡があり、案内が送付されるが、受験申請受付期間に手続きをしないと再認証試験及び再認証再試験の機会を失い、資格証明書が失効することになる。したがって、このような場合は新規試験を受けることになる。なお、新しい制度では受験申請の機会が 1 回になるが、試験の機会は約半年間に 3 回ある。また、従来のレベル 1 の技術者に対する再認証試験は、新規一次試験と同じ日に行われる筆記試験であったが、変更後は別の日程で行われ、筆記試験ではなく実技試験になるので、注意してもらいたい。

### 2. S T レベル 1 の再認証試験

前述のように、レベル 1 の資格者に対する変更後の再認証試験はひずみゲージの実技試験、すなわち静ひずみ及び動ひずみ測定の実施に関する試験である。この試験では、ひずみゲージの接着、静ひずみの測定、動ひずみの測定、報告書の作成からなる項目の試験が行われる。下の表 1 は試験項目と各項目の試験時間である。

表 1 試験項目と試験時間

試験項目	試験時間
ひずみゲージの接着	10分
静ひずみの測定の試験	15分
動ひずみの測定の試験	15分
報告書の作成	20分
	合計 60分

### 3. ひずみゲージの接着

このひずみゲージを接着する被測定物は一般構造用炭素鋼で長さ 300 mm、幅 30 mm、厚さ 2 mm の帯板試験片である。使用するのは 3 線式単軸ひずみゲージで、この帯板試験片の表面の指定された位置に接着する。このひずみゲージの接着には、常温下の測定で一般に使用され

ているシアノアクリレート系の接着剤を使用する。通常の業務でひずみゲージの接着作業をしている受験者にはとくに注意する必要はないが、あまり経験する機会がない受験者の場合には、この接着剤により正確な接着をするために作業上注意しなければならない点がある。このひずみゲージの接着作業は、まず被測定物のゲージ接着表面を平滑にし、サンドペーパーで磨き、有機溶剤により洗浄する。とくに、油分があると接着が不十分になるので洗浄には注意をする。つぎに、ゲージの接着の位置及び方向を正確にするためにけがき線を入れる。さらに、けがき線に沿った正確な位置決めをし、接着剤の量及び加圧を適切に行うようにする。なお、これらの接着作業上の注意点は、参考書『ひずみ測定 I』に詳しく述べられているので、十分習得しておく必要がある。

### 4. 静ひずみの測定の試験

静ひずみ測定試験では上述のひずみゲージを接着した帯板試験片を図 1 に示したように一端を固定した片持りにし、自由端近傍に荷重を加えたときに生じる表面のひずみを測定する。



図 1 静ひずみ測定の試験装置

この測定にはデジタル静ひずみ測定器（データロガー）を使用し、図 2 のような試験片表面に接着されたひずみゲージによる 1 アクティブゲージ 3 線結線法のブリッジ回路になるような接続をする。

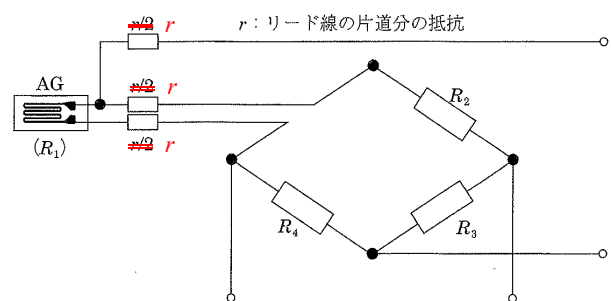


図 2 1 アクティブ 3 線結線法のブリッジ回路

したがって、この結線法によるリード線の接続ができるよう心得ておくが必要である。また、使用したデジタ

ル静ひずみ測定器ではゲージ率が 2.00 に設定されている。しかし、使用したひずみゲージのゲージ率は各ゲージによりゲージ率が 2.00 とは多少異なっている。このため、測定結果を補正し真のひずみを求める必要がある。この補正には真のひずみ  $\varepsilon$ 、測定されたひずみを  $\varepsilon_m$ 、個々のひずみゲージのゲージ率を  $K_g$  とすると、次の式 (1) を用いる。

$$\varepsilon = (2.00 / K_g) \varepsilon_m \quad (1)$$

### 5. 動ひずみの測定の試験

動ひずみの測定試験は静ひずみ測定の試験と同様な状態の片持はり試験片の指定された位置におもりを取り付け、この試験片の一次弾性振動で観察される波形を動ひずみ測定器と記録器で記録する。この場合も動ひずみ測定器のブリッジボックスに 3 線結線法の接続をする必要がある。さらに、この波形から動ひずみ、振動の周期及び振動数を求めてもらう。図 3 はこのような振動試験で記録された波形の例であるが、この試験では、おもりを取り付けた位置により、動ひずみの大きさ、振動の周期及び振動数も異なってくるので注意する必要がある。

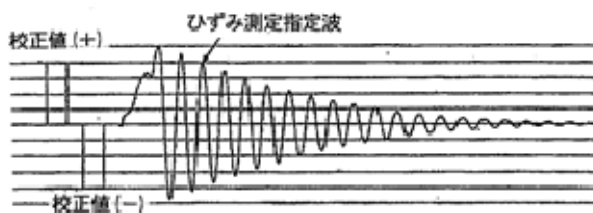


図 3 記録された振動波形の例

動ひずみ  $\varepsilon_m$  は図 3 で示された校正値  $\varepsilon_c$  の高さを  $h_c$ 、ひずみの測定を指定された波形の高さ (片振幅) を  $h_x$  とすると、次の式で求められる。

$$\varepsilon_m = (h_x / h_c) \times \varepsilon_c \quad (2)$$

このため、波形を記録する場合に指定された波形の高さに適した記録器の校正値を設定しないと測定精度が悪くなるので注意する必要がある。

一方、上の波形の横軸は時間を示している。したがって、波の間隔から振動の周期  $T$  がわかり、この逆数、すなわち振動数  $f$  は次の式で求められる。

$$f = 1 / T \quad (3)$$

なお、周期を求める場合には記録器の横軸の倍率も適切な設定をする必要があり、何波かの波の間隔を測定してその平均値で周期を求める方がより精度がよくなるので心得ておくとよい。また、動ひずみ測定で要求される各

値を求めるための式 (2)、式 (3) は記録波形から動ひずみを求める場合並びに振動現象を理解するためには重要な式であるので知っておいてもらいたい。

### 6. 報告書の作成

報告書の作成は与えられた解答用紙の項目に必要な測定値などを記入する方式になっている。しかし、その前にひずみゲージが正確に接着されているか確認をする必要がある。これには接着状況を目視で検査するとともに絶縁抵抗を測定する。この絶縁抵抗値は少なくとも 100 MΩ 以上必要であるが、500 MΩ 以上あれば十分である。また、ひずみゲージの接着及びブリッジ回路の結線が正確であれば静ひずみ測定の場合も動ひずみ測定の場合も安定した初期平衡調整ができる。とくに、静ひずみ測定器ではこのときに表示される初期不平衡値を測定器のメモリに記録させる必要がある。報告書の解答用紙には絶縁抵抗の値のみを記入するようになっているが、正確な接着がなされているかどうかは採点の対象になるので注意してもらいたい。

静ひずみ測定試験の解答用紙には試験片に荷重をかけて測定された値  $\varepsilon_m$  が測定器からプリントアウトされるので、この記録用紙を添付するとともに、この値を記入する。さらに、使用したひずみゲージのゲージ率を確認して、これにより式 (1) で補正された真のひずみの値  $\varepsilon$  を求めてこの値を記入する。

動ひずみ測定の試験では、記録器、この試験ではサーマルドットレコーダを使用し、図 3 のような波形を記録するが、解答用紙には、まず記録された波形を添付し、波形の校正値  $h_c$  を記入する。つぎに、ひずみを求めた波を指定し、その波の測定値  $\varepsilon_m$  を式 (2) から求めて記入する。さらに、この波形の波の間隔から振動の周期  $T$  を測定して、これと式 (3) から振動数  $f$  の値を求めて記入する。

ここでは、従来の筆記試験から実技試験に変更された ST レベル 1 の再認証試験について紹介をしたが、とくに平素ひずみゲージ試験の業務に携わっていない受験者を対象にしている。このため、ひずみゲージ試験の業務に携わっている受験者には必要のない紹介になっていると思われるが、この点をご容赦願いたい。

なお、今回の紹介は ST レベル 1 の新規二次 (実技) 試験にも共通した内容の項目があるので、新規試験の受験者も参考にしてもらいたい。

## STレベル1 再認証（実技）試験のポイント

JIS Z 2305 が改正され、これにより資格証明書の有効期限が発行年月日から 10 年目の非破壊試験技術者に対する再認証試験も変更された。ここでは、ひずみゲージ試験（ST）レベル1 技術者に対する新しい再認証試験について紹介する。

### 1. 新しい再認証試験制度

今回の制度では受験申請の機会が1回のみになった。再認証対象者には事前に連絡があり、案内が送付されるが、受験申請受付期間に手続きをしないと再認証試験及び再認証再試験の機会を失い、資格証明書が失効することになる。したがって、このような場合は新規試験を受けることになる。なお、新しい制度では受験申請の機会が1回になるが、試験の機会は約半年間に3回ある。また、従来のレベル1の技術者に対する再認証試験は、新規一次試験と同じ日に行われる筆記試験であったが、変更後は別の日程で行われ、筆記試験ではなく実技試験になるので、注意してもらいたい。

### 2. STレベル1の再認証試験

前述のように、レベル1の資格者に対する変更後の再認証試験はひずみゲージの実技試験、すなわち静ひずみ及び動ひずみ測定の実施に関する試験である。この試験では、ひずみゲージの接着、静ひずみの測定、動ひずみの測定、報告書の作成からなる項目の試験が行われる。下の表1は試験項目と各項目の試験時間である。

表1 試験項目と試験時間

試験項目	試験時間
ひずみゲージの接着	10分
静ひずみの測定の試験	15分
動ひずみの測定の試験	15分
報告書の作成	20分
	合計 60分

### 3. ひずみゲージの接着

このひずみゲージを接着する被測定物は一般構造用炭素鋼で長さ300mm、幅30mm、厚さ2mmの帯板試験片である。使用するのは3線式単軸ひずみゲージで、この帯板試験片の表面の指定された位置に接着する。このひずみゲージの接着には、常温下の測定で一般に使用され

ているシアノアクリレート系の接着剤を使用する。通常の業務でひずみゲージの接着作業をしている受験者にはとくに注意する必要はないが、あまり経験する機会がない受験者の場合には、この接着剤により正確な接着をするために作業上注意しなければならない点がある。このひずみゲージの接着作業は、まず被測定物のゲージ接着表面を平滑にし、サンドペーパーで磨き、有機溶剤により洗浄する。とくに、油分があると接着が不十分になるので洗浄には注意をする。つぎに、ゲージの接着の位置及び方向を正確にするためにけがき線を入れる。さらに、けがき線に沿った正確な位置決めをし、接着剤の量及び加圧を適切に行うようにする。なお、これらの接着作業上の注意点は、参考書『ひずみ測定I』に詳しく述べられているので、十分習得しておく必要がある。

### 4. 静ひずみの測定の試験

静ひずみ測定試験では上述のひずみゲージを接着した帯板試験片を図1に示したように一端を固定した片持りにし、自由端近傍に荷重を加えたときに生じる表面のひずみを測定する。

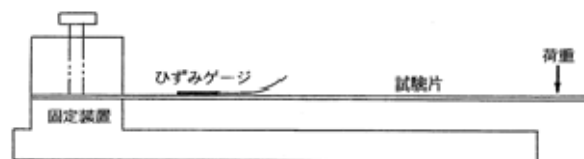


図1 静ひずみ測定の試験装置

この測定にはデジタル静ひずみ測定器（データロガー）を使用し、図2のような試験片表面に接着されたひずみゲージによる1アクティブゲージ3線結線法のブリッジ回路になるような接続をする。

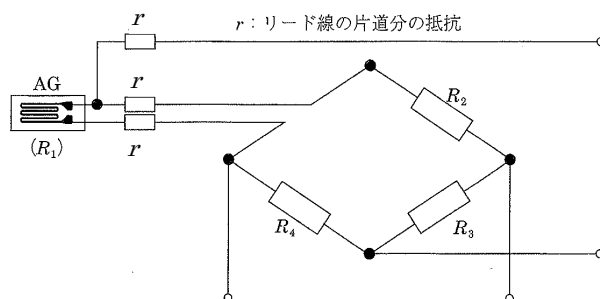


図2 1アクティブ3線結線法のブリッジ回路

したがって、この結線法によるリード線の接続ができるよう心得ておくが必要である。また、使用したデジタ

ル静ひずみ測定器ではゲージ率が 2.00 に設定されている。しかし、使用したひずみゲージのゲージ率は各ゲージによりゲージ率が 2.00 とは多少異なっている。このため、測定結果を補正し真のひずみを求める必要がある。この補正には真のひずみ  $\varepsilon$ 、測定されたひずみを  $\varepsilon_m$ 、個々のひずみゲージのゲージ率を  $K_g$  とすると、次の式 (1) を用いる。

$$\varepsilon = (2.00 / K_g) \varepsilon_m \quad (1)$$

### 5. 動ひずみの測定の試験

動ひずみの測定試験は静ひずみ測定の試験と同様な状態の片持はり試験片の指定された位置におもりを取り付け、この試験片の一次弾性振動で観察される波形を動ひずみ測定器と記録器で記録する。この場合も動ひずみ測定器のブリッジボックスに 3 線結線法の接続をする必要がある。さらに、この波形から動ひずみ、振動の周期及び振動数を求めてもらう。図 3 はこのような振動試験で記録された波形の例であるが、この試験では、おもりを取り付けた位置により、動ひずみの大きさ、振動の周期及び振動数も異なってくるので注意する必要がある。

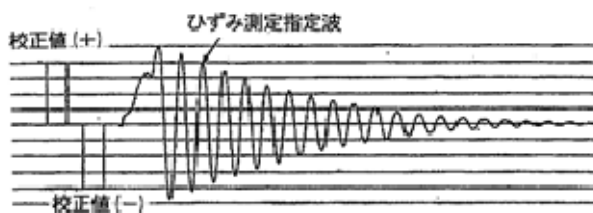


図 3 記録された振動波形の例

動ひずみ  $\varepsilon_m$  は図 3 で示された校正値  $\varepsilon_c$  の高さを  $h_c$ 、ひずみの測定を指定された波形の高さ (片振幅) を  $h_x$  とすると、次の式で求められる。

$$\varepsilon_m = (h_x / h_c) \times \varepsilon_c \quad (2)$$

このため、波形を記録する場合に指定された波形の高さに適した記録器の校正値を設定しないと測定精度が悪くなるので注意する必要がある。

一方、上の波形の横軸は時間を示している。したがって、波の間隔から振動の周期  $T$  がわかり、この逆数、すなわち振動数  $f$  は次の式で求められる。

$$f = 1 / T \quad (3)$$

なお、周期を求める場合には記録器の横軸の倍率も適切な設定をする必要があり、何波かの波の間隔を測定してその平均値で周期を求める方がより精度がよくなるので心得ておくとよい。また、動ひずみ測定で要求される各

値を求めるための式 (2)、式 (3) は記録波形から動ひずみを求める場合並びに振動現象を理解するためには重要な式であるので知っておいてもらいたい。

### 6. 報告書の作成

報告書の作成は与えられた解答用紙の項目に必要な測定値などを記入する方式になっている。しかし、その前にひずみゲージが正確に接着されているか確認をする必要がある。これには接着状況を目視で検査するとともに絶縁抵抗を測定する。この絶縁抵抗値は少なくとも 100 MΩ 以上必要であるが、500 MΩ 以上あれば十分である。また、ひずみゲージの接着及びブリッジ回路の結線が正確であれば静ひずみ測定の場合も動ひずみ測定の場合も安定した初期平衡調整ができる。とくに、静ひずみ測定器ではこのときに表示される初期不平衡値を測定器のメモリに記録させる必要がある。報告書の解答用紙には絶縁抵抗の値のみを記入するようになっているが、正確な接着がなされているかどうかは採点の対象になるので注意してもらいたい。

静ひずみ測定試験の解答用紙には試験片に荷重をかけて測定された値  $\varepsilon_m$  が測定器からプリントアウトされるので、この記録用紙を添付するとともに、この値を記入する。さらに、使用したひずみゲージのゲージ率を確認して、これにより式 (1) で補正された真のひずみの値  $\varepsilon$  を求めてこの値を記入する。

動ひずみ測定の試験では、記録器、この試験ではサーマルドットレコーダを使用し、図 3 のような波形を記録するが、解答用紙には、まず記録された波形を添付し、波形の校正値  $h_c$  を記入する。つぎに、ひずみを求めた波を指定し、その波の測定値  $\varepsilon_m$  を式 (2) から求めて記入する。さらに、この波形の波の間隔から振動の周期  $T$  を測定して、これと式 (3) から振動数  $f$  の値を求めて記入する。

ここでは、従来の筆記試験から実技試験に変更された ST レベル 1 の再認証試験について紹介をしたが、とくに平素ひずみゲージ試験の業務に携わっていない受験者を対象にしている。このため、ひずみゲージ試験の業務に携わっている受験者には必要のない紹介になっていると思われるが、この点をご容赦願いたい。

なお、今回の紹介は ST レベル 1 の新規二次 (実技) 試験にも共通した内容の項目があるので、新規試験の受験者も参考にしてもらいたい。

**P T レベル 3 二次パート F 試験問題のポイント**

パート F 試験問題 (C<sub>3</sub>を含む) については、これまで、本欄において Vol.54No.10 (2005), Vol.59No.5 (2010), Vol.61No.9 (2012) 及び Vol.65No.6 (2016) まで 4 回、解説を行ってきた。

基本事項についてはそれらを参考にしてほしい。

今回はより具体的な例 (原油輸送パイプラインの周溶接継手) を取り上げ、解説する。

以下に、F 試験問題に与えられる仕様書の例を示す。

浸透探傷試験 仕様書例 (抜粋)

- ・ 原油輸送パイプラインの概要
  - ・ パイプライン距離：約 5km
  - ・ 配管設置：地上据付 (地上から配管下部までの距離：600 mm, 新設工事)
  - ・ 溶接方法：ガスシールドアーク自動溶接
  - ・ 円周突合せ溶接部の継手箇所数：200 箇所
- ・ 使用する鋼管
  - ・ 管種：電気抵抗溶接鋼管 (圧力配管用炭素鋼管)
  - ・ 外径：406.4 mm (400A)
  - ・ 厚さ：12.7 mm (Sch40)
  - ・ 長さ：6~12 m
- ・ 適用規格及び基準
  - (1) JIS Z 2343-1:2001 浸透探傷試験-第 1 部
  - (2) 社内基準
- ・ 試験箇所：現場溶接による円周突合せ溶接部の外表面全周、全箇所とする。
- ・ 試験環境温度：気温は、2℃~30℃の範囲で変化する。
- ・ 表面状態：溶接のまま、部分的にグラインダ仕上げ有り。
- ・ 合否判定基準：(各自が想定して解答する。)
- ・ 再試験：不合格部は補修後、再試験する。  
(以上)

上記の仕様書例に基づき手順書を作成するためにあらかじめ検討すべきことを述べる。

仕様書に記述のない、足場及び探傷環境 (気候、照度等) などは各自が想定して解答することにより。

まず、最初に JIS Z 2343-1 箇条 5 「一般事項」の 5.2 「方法の説明」で記載されている事項 (試験面は清浄かつ乾燥) 及び 5.5 「有効性」に記載されている有効性の項目『a) 探傷剤と試験装置の種類 b) 表面仕上げと表面条件 c) 試験体と予想されるきずの種類 d) 試験体表面の温度 e) 浸透時間と現像時間 f) 観察条件』を確保できる準備、条件を見極める必要がある。

- ・ 屋外の場合、試験部のぬれを想定した対策としての完全乾燥措置、防風措置など安全に探傷できる探傷準備作業が必要
- ・ 温度変化のある場合、低温時に適用可能な探傷剤及び探傷条件の設定などが必要
- ・ 要求品質 (検出するきず) は、製造時の溶接きずであり、これらが合理的に検出できる技法の選択が必要
- ・ 試験部の大きさにより、分割探傷又は数箇所同時探傷などの検討が必要
- ・ 表面状態は、グラインダ仕上げが探傷可能な状態であることの確認など

要求品質を確保するためには、上記を考慮したうえで適切な条件などの要点を、手順書に織り込む必要がある。

1. 適用対象
 

仕様書から試験対象の大きさ、形状、材質、表面状態、個数及び用途等から、どのような探傷試験を行うのが妥当であるかについて全体を把握する。
2. 試験技術者
 

認証規格名称及びそのレベルかつ、現地実務経験者などの要件を指示する。
3. 検査対象とするきず
 

現地の溶接部に発生する可能性のあるきずを考慮する。
4. 試験方法
 

試験対象部は以下のとおりである。

  - ・ 原油輸送のパイプラインである。(高温、高圧ではないが漏れると災害となる。)
  - ・ 屋外の鋼管周継手溶接部である。
  - ・ 表面はグラインダ仕上げされており比較的滑らかである。
  - ・ 検査箇所が多い。

これらのことから、適切な試験方法（溶剤除去性染色浸透探傷試験・速乾式現像法）を用いる。

#### 5. 探傷器材

現地へ持参する機材及び工具などを指示する。（ドライヤ、移動電源、ウエス、温度計、照度計、浸透刷毛、浸透液容器、ハンドランプ、手鏡などのうち主要なもの）。また、探傷剤は銘柄及び数量も指示が必要となる。

#### 6. 試験準備

以下を考慮し、必要な項目は指示する。

- ・ 手順書及び探傷器材の準備
- ・ 探傷範囲の目視確認など
- ・ 試験体など温度の測定
- ・ 試験場所の状況（足場、防風、防雨の必要性）
- ・ 安全管理（火災防止など）、環境対策など

#### 7. 探傷手順

探傷箇所の確認（周長：約 1300 mm、箇所数：200）

- ・ 一周を何等分するか。（二等分：最初に下半分を行い、次に上半分を行うなど。）
- ・ 一回の探傷で何箇所行うか。（前処理は、比較的多い箇所でも良いが、浸透処理、除去処理及び現像処理は 2～5 箇所／人とする。）
- ・ 作業人数は何人とするか。（2 又は 3 人など。）

上記を考えるに当たり、前処理から後処理までの各処理の時間配分も考慮する。

各処理のポイントを以下に示す。

##### 1) 前処理

- ・ 前処理範囲：溶接部（溶着金属＋熱影響部）より広い範囲を具体的数値で指定する。
- ・ 汚れ及び油脂類の除去（洗浄液の使用など）。
- ・ 十分に乾燥するなど（屋外のため乾燥の指示は極めて重要）。

##### 2) 浸透処理

以下の方法及び条件設定を指示する。

- ・ 浸透範囲：溶接部（溶着金属＋熱影響部（いくらに設定するか））
- ・ 浸透方法：刷毛塗りなど
- ・ 浸透時間：5 分、ただし、10℃未満は、10 分とするなど

##### 3) 除去処理

以下の方法を指示する。

- ・ ビードの境界、グラインダ目を考慮するなど。
- ・ 除去処理から現像開始までの時間を設定するなど。

#### 4) 現像処理

以下の適用方法及び現像時間を指示する。

- ・ 現像方法：スプレ法など
- ・ 現像時間：10 分から 30 分以内など
- ・ 塗膜状態：ムラなく均一な厚さなど
- ・ 低温時：スプレ缶のぬるま湯加温など

#### 5) 観察

以下を指示する。

- ・ 十分な明るさ（照度と照明の質）の設定など
- ・ 地上から配管下部までの距離が 600 mm なので、必要に応じ、ハンドランプ、手鏡等の使用など
- ・ 指示模様の分類は、JIS Z 2343-1 を基本とするなど

#### 6) 評価・判定

判定基準を指示する。

- ・ ここでは、妥当な基準を示せば良い。
- ・ 補修箇所の現品への表示方法など。

#### 7) 再試験

再試験が必要な場合を指示するなど。

以上、原油輸送パイプラインの周溶接継手を例にとり、手順書作成の解説を行ったが、これはあくまで一例であり、実際に現場での探傷実績を基に手順書の作成を試みることが望ましい。使用する探傷装置、探傷器材及び探傷剤などは、一般的に各社において標準手順書（要領書）に定めがあり、製品ごとに定める個別の手順書では、標準手順書を引用することが多い。しかし、ここでは、標準手順書が定められていないものとして「手順書」に示すものとしている。一方、探傷条件及び探傷における注意事項又は、禁止事項なども手順書に定めるか、指示書に規定するかが議論になる。これについても、探傷条件の設定及び主要な注意事項などについては手順書に定めるものとする。

また、今までの解説を合わせて勉強されることを望むものである。