

電気技術規程

原子力編

軽水型原子力発電所用機器の  
供用期間中検査における  
超音波探傷試験規程

JEAC 4207-201X

社団法人日本電気協会

原子力規格委員会

# 軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における 超音波探傷試験規程

## 目 次

### 第1章 総 則

1000 総 則	1
1100 目 的	1
1200 適用範囲	2
1300 用語及び略語の定義並びに関連規格	2
1310 用語及び略語	2
1320 関連規格	3
1400 記 号	4
1500 規程の改定	4

### 第2章 一般事項

2000 一般事項	5
2010 事前確認	5
2100 試験部に対する要求事項	5
2110 試験部の識別	5
2120 試験部の表面状態	5
2200 試験評価員及び試験員	5
2300 使用機材	6
2310 超音波探傷器	6
2320 探 触 子	6
2330 接触媒質	6
2340 対比試験片	6
2341 対比試験片の材料	7
2342 垂直法及び斜角法の校正用反射体	7
2343 対比試験片の形状	7
2350 自動探傷装置	8
2400 超音波探傷装置の校正	8
2410 超音波探傷器	8
2420 探 触 子	9
2500 時間軸及び基準感度の調整	9
2510 一般事項	9

2520	調整方法.....	10
2600	探触子の走査.....	11
2610	走査方法.....	11
2620	走査範囲.....	11
2700	記録要領及び欠陥寸法測定.....	11
2710	記録要領.....	11
2711	記録, 採取手順.....	11
2712	試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析.....	13
2720	欠陥寸法測定.....	13
2730	試験結果の評価.....	14
2800	試験記録.....	14

### 第3章 容器の超音波探傷試験要領

3000	容器の超音波探傷試験要領.....	21
3100	適用範囲.....	21
3200	容器の突合せ溶接継手.....	21
3210	探傷方法一般.....	21
3211	一般.....	21
3220	垂直法による探傷方法.....	22
3221	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超える場合).....	22
3222	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合).....	22
3223	探触子の走査範囲.....	22
3230	斜角法による探傷方法.....	22
3231	基準感度の設定 (試験部の厚さが 51mm を超える場合).....	23
3232	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合).....	23
3233	基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合).....	24
3234	基準感度の設定 (容器内面のクラッド面から 70° の縦波斜角法を用いて試験する場合).....	24
3235	探触子の走査方向.....	25
3236	探触子の走査範囲.....	25
3300	胴とフランジとの溶接継手.....	25
3310	対比試験片.....	25
3320	探傷方法.....	26
3400	管台内面の丸みの部分.....	26
3410	対比試験片.....	26
3420	探傷方法.....	27

3500	フランジネジ穴のネジ部.....	28
3510	対比試験片.....	28
3520	探傷方法.....	28
3600	ボルト.....	29
3610	対比試験片.....	29
3620	探傷方法.....	29

#### 第4章 配管の超音波探傷試験要領

4000	配管の超音波探傷試験要領.....	52
4100	適用範囲.....	52
4200	配管の突合せ溶接継手.....	52
4210	対比試験片.....	52
4211	縦波斜角法の校正用反射体.....	52
4212	2次クリーピング波法の対比試験片の形状.....	52
4220	探傷方法一般.....	53
4221	一般.....	53
4230	垂直法による探傷方法.....	53
4231	基準感度の設定（試験部の厚さが25mmを超える場合）.....	53
4232	基準感度の設定（試験部の厚さが25mm以下の場合）.....	53
4233	探触子の走査範囲.....	54
4240	横波斜角法による探傷方法.....	54
4241	基準感度の設定（試験部の厚さが51mmを超える場合）.....	54
4242	基準感度の設定（試験部の厚さが25mmを超え51mm以下の場合）.....	54
4243	基準感度の設定（試験部の厚さが25mm以下の場合）.....	55
4244	探触子の走査方向.....	55
4245	探触子の走査範囲.....	56
4250	縦波斜角法による探傷方法.....	56
4251	基準感度の設定（試験部の厚さが25mmを超える場合）.....	56
4252	基準感度の設定（試験部の厚さが25mm以下の場合）.....	57
4253	探触子の走査方向.....	57
4254	探触子の走査範囲.....	58
4260	2次クリーピング波法による探傷方法.....	58
4261	探触子.....	58
4262	時間軸の調整.....	58
4263	基準感度の設定.....	59
4264	探触子の走査方向.....	59

4265	探触子の走査範囲.....	59
4266	記 録.....	59
4267	評 価.....	59
4270	フェーズドアレイ技術を用いた探傷方法.....	60
4271	基準感度の設定（セクタ走査の場合）.....	60
4272	基準感度の設定（リニア走査の場合）.....	60
4273	探触子の走査範囲.....	60
4274	記 録.....	60
4275	評 価.....	61
4300	容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手.....	77
4310	探 触 子.....	77
4320	対比試験片.....	77
4330	探傷方法.....	77
4331	基準感度の設定.....	77
4340	走査方法.....	79
4350	記 録.....	79
4360	評 価.....	79
4400	オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手.....	82
4410	探 触 子.....	82
4420	対比試験片.....	82
4430	探傷方法.....	82
4431	基準感度の設定.....	82
4440	走査方法.....	83
4450	記 録.....	83
4460	評 価.....	83
4500	オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷.....	85
4510	探 触 子.....	85
4520	対比試験片.....	85
4530	探傷方法.....	85
4540	時間軸の調整及び基準感度の設定.....	85
4541	時間軸の調整.....	85
4542	基準感度の設定.....	86
4550	走査方法.....	86
4560	記 録.....	87
4570	評 価.....	87

# 解 説

## 第1章 総 則

(解説-1100-1)	超音波自動探傷装置への要求性能.....	解 1
(解説-1100-2)	フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出手法.....	解 1
(解説-1100-3)	炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する 超音波探傷試験の要領.....	解 1
(解説-1100-4)	各章, 附属書の適用範囲.....	解 1
(解説-1320-1)	関連規格.....	解 2
(解説-1500-1)	質疑応答の位置づけ.....	解 2

## 第2章 一般事項

(解説-2010-1)	事前確認.....	解 3
(解説-2120-1)	表面の仕上げ.....	解 3
(解説-2200-1)	試験評価員及び試験員.....	解 3
(解説-2320-1)	超音波モードの選定.....	解 4
(解説-2340-1)	対比試験片.....	解 4
(解説-2341-1)	対比試験片に用いる材料.....	解 5
(解説-2341-2)	対比試験片の溶接部.....	解 5
(解説-2342-1)	突合せ溶接継手用対比試験片の校正用反射体.....	解 5
(解説-2342-2)	対比試験片の製作.....	解 5
(解説-2343-1)	対比試験片の曲率の有無.....	解 6
(解説-2350-1)	自動探傷装置を使用する場合の原則.....	解 6
(解説-2420-1)	探触子の入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片.....	解 6
(解説-2420-2)	探触子の屈折角の選定.....	解 6
(解説-2420-3)	探触子の入射点及び屈折角の測定頻度.....	解 7
(解説-2510-1)	探傷システムの再調整.....	解 7
(解説-2510-2)	複数の試験員で探傷装置を共有する場合.....	解 7
(解説-2510-3)	探傷システムの調整及び確認.....	解 7
(解説-2510-4)	確認時のシミュレータの使用.....	解 7
(解説-2510-5)	メモリー機能を有した探傷器.....	解 8
(解説-2520-1)	DAC 曲線の作成方法.....	解 8
(解説-2520-2)	DAC 回路を使用して基準感度を調整する時の表示器の目盛上の エコー高さについて.....	解 9
(解説-2520-3)	DAC 回路を使用した場合の感度調整.....	解 9

(解説-2520-4)	手動探傷と DAC 回路の使用.....	解 10
(解説-2520-5)	対比試験片の超音波伝搬経路上の媒質.....	解 10
(解説-2520-6)	二振動子垂直探触子を使用する場合の感度校正の方法.....	解 10
(解説-2520-7)	感度が上がっていた場合の再試験.....	解 10
(解説-2610-1)	手動探傷の場合の探触子の重なり及び走査速度.....	解 11
(解説-2610-2)	探触子の走査速度.....	解 11
(解説-2610-3)	自動又は半自動探傷装置を用いる場合の走査感度.....	解 11
(解説-2620-1)	実質的に有効な探傷ができない場合の走査不可能の考え方.....	解 11
(解説-2711-1)	欠陥からのエコーの取り扱い.....	解 12
(解説-2711-2)	金属組織からのエコー及び全般的に確認される形状エコーの 取り扱い.....	解 12
(解説-2711-3)	探傷記録の電子データ化.....	解 12
(解説-2712-1)	反射源の位置の解析.....	解 13
(解説-2720-1)	欠陥寸法測定を行う場合.....	解 37
(解説-2720-2)	欠陥長さ寸法の測定方法.....	解 39
(解説-2730-1)	追加の探傷.....	解 39
(解説-2800-1)	試験記録.....	解 40
(解説-2800-2)	探傷及び走査不可能範囲の考え方.....	解 40

### 第 3 章 容器の超音波探傷試験要領

(解説-3100-1)	オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手.....	解 44
(解説-3100-2)	ボルトの定義.....	解 44
(解説-3211-1)	突合せ溶接継手に適用する斜角法の屈折角.....	解 44
(解説-3231-1)	0.5S 以上（一回反射）の試験を行う場合の DAC 曲線.....	解 44
(解説-3420-1)	容器の外側から管台内面の丸みの部分を試験する場合の 対比試験片.....	解 44
(解説-3420-2)	管台内面の丸みの部分を試験する斜角法の屈折角.....	解 45
(解説-3620-1)	ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角.....	解 45

### 第 4 章 配管の超音波探傷試験要領

(解説-4212-1)	2 次クリーピング波法用の校正用反射体.....	解 46
(解説-4221-1)	探傷方法の一般.....	解 47
(解説-4221-2)	周方向探傷の場合.....	解 47
(解説-4221-3)	斜角法において欠陥であるかどうか疑わしい指示.....	解 47
(解説-4221-4)	欠陥であるかどうか疑わしい指示に対する追加の探傷方法.....	解 49
(解説-4244-1)	小口径の場合の周方向走査の注意事項.....	解 49

(解説-4244-2)	片側からの探傷の場合.....	解 49
(解説-4250-1)	縦波斜角法の基準感度の設定.....	解 49
(解説-4260-1)	2次クリーピング波の特異性.....	解 49
(解説-4262-1)	2次クリーピング波の場合の時間軸調整.....	解 49
(解説-4263-1)	2次クリーピング波の基準感度設定.....	解 50
(解説-4264-1)	探傷の方向.....	解 50
(解説-4265-1)	超音波ビーム方向の走査範囲.....	解 50
(解説-4266-1)	記録レベル.....	解 50
(解説-4267-1)	欠陥の長さ評価.....	解 51
(解説-4270-1)	フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材.....	解 51
(解説-4300-1)	容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手.....	解 51
(解説-4310-1)	周方向探傷を行う場合の屈折角.....	解 52
(解説-4320-1)	校正用反射体(ノッチ).....	解 52
(解説-4320-2)	試験体の曲率.....	解 53
(解説-4420-1)	校正用反射体(ノッチ).....	解 53
(解説-4500-1)	オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷.....	解 54
(解説-4510-1)	探触子.....	解 55
(解説-4520-1)	対比試験片.....	解 57
(解説-4530-1)	横波を用いた探傷の扱い.....	解 57
(解説-4530-2)	オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる場合の 探傷条件.....	解 57
(解説-4550-1)	走査方法.....	解 57
(解説-4550-2)	探触子の走査方向.....	解 57
(解説-4560-1)	記 録.....	解 58
(解説-4570-1)	評 価.....	解 58



- 附属書 A 欠陥深さ寸法測定要領
- 附属書 B 超音波自動探傷装置への要求性能
- 附属書 C フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出手法
- 附属書 D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領

- 附属書 A 欠陥深さ寸法測定要領 解説
- 附属書 B 超音波自動探傷装置への要求性能 解説
- 附属書 C フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出手法 解説
- 附属書 D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領 解説

品質検査

## 附属書 A 目 次

### A-1000 総 則

A-1000 総 則 .....	附 1
A-1100 目 的 .....	附 1
A-1200 適用範囲 .....	附 1
A-1210 適用手法 .....	附 1
A-1220 適用部位 .....	附 1
A-1221 モード変換波法 .....	附 1
A-1222 タンデム法 .....	附 1
A-1223 端部エコー法 .....	附 2
A-1224 TOFD 法 .....	附 2
A-1225 フェーズドアレイ技術 .....	附 2
A-1230 対象とする欠陥 .....	附 3
A-1300 試験評価員及び試験員 .....	附 3
A-1310 教育及び訓練 .....	附 3
A-1311 教育及び訓練の内容 .....	附 3
A-1312 技量の維持 .....	附 4
A-1313 教育及び訓練の記録 .....	附 4
A-1314 免除規定 .....	附 4
A-1400 用語の定義 .....	附 4

### A-2000 モード変換波法による欠陥深さ測定要領

A-2000 モード変換波法による欠陥深さ測定要領 .....	附 10
A-2100 目 的 .....	附 10
A-2200 一般事項 .....	附 10
A-2210 試験部の表面状態 .....	附 10
A-2220 試験時期 .....	附 10
A-2300 使用機材 .....	附 10
A-2310 超音波探傷器 .....	附 10
A-2320 探 触 子 .....	附 10
A-2330 接触媒質 .....	附 10
A-2340 対比試験片 .....	附 11
A-2341 材 質 .....	附 11
A-2342 形状及び寸法 .....	附 11

A-2343	校正用反射体.....	附 11
A-2400	超音波探傷装置の校正.....	附 11
A-2410	超音波探傷器.....	附 11
A-2500	時間軸及び基準感度の調整.....	附 12
A-2510	一般事項.....	附 12
A-2520	時間軸の調整.....	附 12
A-2530	基準感度の調整.....	附 12
A-2600	測        定.....	附 12
A-2610	欠陥位置のマーキング.....	附 12
A-2620	モード変換波法による測定.....	附 12
A-2700	記録及び解析.....	附 13
A-2710	記録, 採取手順.....	附 13
A-2720	採取データの保存.....	附 13
A-2730	解        析.....	附 13
A-2740	試験記録.....	附 13
<b>A-3000</b>	<b>タンデム法による欠陥深さ測定要領</b>	
A-3000	タンデム法による欠陥深さ測定要領.....	附 15
A-3100	目        的.....	附 15
A-3200	一般事項.....	附 15
A-3210	試験部の表面状態.....	附 15
A-3220	試験時期.....	附 15
A-3300	使用機材.....	附 15
A-3310	超音波探傷器.....	附 15
A-3320	探 触 子.....	附 15
A-3330	接触媒質.....	附 15
A-3340	対比試験片.....	附 15
A-3341	材        質.....	附 16
A-3342	形状及び寸法.....	附 16
A-3343	校正用反射体.....	附 16
A-3400	超音波探傷装置の校正.....	附 16
A-3410	超音波探傷器.....	附 16
A-3500	時間軸及び基準感度の調整.....	附 16
A-3510	一般事項.....	附 16
A-3520	時間軸の調整.....	附 16
A-3530	基準感度の調整.....	附 16

A-3600	測 定	附 17
A-3610	欠陥位置のマーキング	附 17
A-3620	タンデム法による測定	附 17
A-3700	記録及び解析	附 17
A-3710	記録, 採取手順	附 17
A-3720	採取データの保存	附 17
A-3730	解 析	附 18
A-3740	試験記録	附 18

#### A-4000 端部エコー法による欠陥深さ寸法測定要領

A-4000	端部エコー法による欠陥深さ寸法測定要領	附 19
A-4100	一般事項	附 19
A-4110	関連規格	附 19
A-4120	試験部の表面状態	附 19
A-4200	フェライト鋼系配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手	附 19
A-4210	適用手法	附 19
A-4220	使用機材	附 19
A-4221	超音波探傷器	附 19
A-4222	探 触 子	附 19
A-4230	接触媒質	附 20
A-4240	対比試験片	附 20
A-4241	材 質	附 20
A-4242	対比試験片の種類	附 20
A-4250	超音波探傷装置の校正	附 20
A-4251	超音波探傷器	附 20
A-4252	探 触 子	附 21
A-4260	時間軸及び基準感度の調整	附 21
A-4261	一般事項	附 21
A-4262	時間軸の調整	附 21
A-4263	基準感度の調整	附 22
A-4270	測 定	附 22
A-4271	欠陥位置のマーキング	附 22
A-4272	予備測定	附 22
A-4273	端部エコー法による測定	附 23
A-4300	オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手	附 24
A-4310	適用手法	附 24

A-4320	使用機材.....	附 24
A-4321	超音波探傷器.....	附 24
A-4322	探 触 子.....	附 24
A-4330	接触媒質.....	附 24
A-4340	対比試験片.....	附 24
A-4341	材 質.....	附 24
A-4342	対比試験片の種類.....	附 24
A-4350	超音波探傷装置の校正.....	附 25
A-4351	超音波探傷器.....	附 25
A-4352	探 触 子.....	附 25
A-4360	時間軸及び基準感度の調整.....	附 25
A-4361	一般事項.....	附 25
A-4362	時間軸の調整.....	附 25
A-4363	基準感度の調整.....	附 25
A-4370	測 定.....	附 25
A-4371	欠陥位置のマーキング.....	附 25
A-4372	予備測定.....	附 25
A-4373	端部エコー法による測定.....	附 26
A-4400	クラッドを施した容器の突合せ溶接継手.....	附 26
A-4410	適用手法.....	附 26
A-4420	使用機材.....	附 26
A-4421	超音波探傷器.....	附 26
A-4422	探 触 子.....	附 26
A-4430	接触媒質.....	附 26
A-4440	対比試験片.....	附 27
A-4441	材 質.....	附 27
A-4442	対比試験片の種類.....	附 27
A-4450	超音波探傷装置の校正.....	附 27
A-4451	超音波探傷器.....	附 27
A-4452	探 触 子.....	附 27
A-4460	時間軸及び基準感度の調整.....	附 27
A-4461	一般事項.....	附 27
A-4462	時間軸の調整.....	附 27
A-4463	基準感度の調整.....	附 27
A-4470	測 定.....	附 28
A-4471	欠陥位置のマーキング.....	附 28

A-4472	予備測定.....	附 28
A-4473	端部エコー法による測定.....	附 28
A-4500	容器管台内面の丸みの部分.....	附 28
A-4510	適用範囲.....	附 28
A-4520	使用機材.....	附 28
A-4521	超音波探傷器.....	附 28
A-4522	探触子.....	附 28
A-4530	接触媒質.....	附 28
A-4540	対比試験片.....	附 29
A-4541	材 質.....	附 29
A-4542	対比試験片の種類.....	附 29
A-4550	超音波探傷装置の校正.....	附 29
A-4551	超音波探傷器.....	附 29
A-4552	探触子.....	附 29
A-4560	時間軸及び基準感度の調整.....	附 29
A-4561	一般事項.....	附 29
A-4562	時間軸の調整.....	附 29
A-4563	基準感度の調整.....	附 29
A-4570	測 定.....	附 30
A-4571	欠陥位置の確認.....	附 30
A-4572	予備測定.....	附 30
A-4573	端部エコー法による測定.....	附 30
A-4600	容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部） ..	附 31
A-4610	適用範囲.....	附 31
A-4620	使用機材.....	附 31
A-4621	超音波探傷器.....	附 31
A-4622	探触子.....	附 31
A-4630	接触媒質.....	附 31
A-4640	対比試験片.....	附 31
A-4641	材 質.....	附 31
A-4642	対比試験片の種類.....	附 32
A-4650	超音波探傷装置の校正.....	附 32
A-4651	超音波探傷器.....	附 32
A-4652	探触子.....	附 32
A-4660	時間軸及び基準感度の調整.....	附 32
A-4661	一般事項.....	附 32

A-4662	時間軸の調整.....	附 32
A-4663	基準感度の調整.....	附 33
A-4670	測    定.....	附 33
A-4671	欠陥位置のマーキング.....	附 33
A-4672	予備測定.....	附 33
A-4673	端部エコー法による測定.....	附 33
A-4700	記録及び解析.....	附 34
A-4710	記録, 採取手順.....	附 34
A-4720	採取データの保存.....	附 34
A-4730	解    析.....	附 34
A-4740	試験記録.....	附 35
<b>A-5000</b>	<b>TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領</b>	
A-5000	TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領.....	附 37
A-5100	一般事項.....	附 37
A-5110	関連規格.....	附 37
A-5120	試験部の表面状態.....	附 37
A-5200	フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手.....	附 37
A-5210	適用範囲.....	附 37
A-5220	使用機材.....	附 37
A-5221	超音波探傷器.....	附 37
A-5222	探 触 子.....	附 37
A-5230	接触媒質.....	附 38
A-5240	対比試験片.....	附 38
A-5241	材    質.....	附 38
A-5242	形状・寸法.....	附 38
A-5243	対比試験片の種類.....	附 38
A-5250	超音波探傷装置の校正.....	附 38
A-5251	超音波探傷器.....	附 38
A-5252	探 触 子.....	附 39
A-5260	時間軸及び基準感度の調整.....	附 39
A-5261	一般事項.....	附 39
A-5262	時間軸の調整.....	附 39
A-5263	基準感度の調整.....	附 39
A-5270	測    定.....	附 40
A-5271	欠陥位置のマーキング.....	附 40

A-5272	予備測定.....	附 40
A-5273	TOFD 法による測定.....	附 40
A-5300	オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手.....	附 41
A-5310	適用範囲.....	附 41
A-5320	使用機材.....	附 41
A-5321	超音波探傷器.....	附 41
A-5322	探触子.....	附 41
A-5330	接触媒質.....	附 41
A-5340	対比試験片.....	附 41
A-5341	材 質.....	附 41
A-5342	形状・寸法.....	附 41
A-5343	対比試験片の種類.....	附 42
A-5350	超音波探傷装置の校正.....	附 42
A-5351	超音波探傷器.....	附 42
A-5352	探触子.....	附 42
A-5360	時間軸及び基準感度の調整.....	附 42
A-5361	一般事項.....	附 42
A-5362	時間軸の調整.....	附 42
A-5363	基準感度の調整.....	附 42
A-5370	測 定.....	附 42
A-5371	欠陥位置のマーキング.....	附 42
A-5372	予備測定.....	附 42
A-5373	TOFD 法による測定.....	附 42
A-5400	クラッドを施した容器の突合せ溶接継手.....	附 43
A-5410	適用範囲.....	附 43
A-5420	使用機材.....	附 43
A-5421	超音波探傷器.....	附 43
A-5422	探触子.....	附 43
A-5430	接触媒質.....	附 43
A-5440	対比試験片.....	附 43
A-5441	材 質.....	附 43
A-5442	形状・寸法.....	附 43
A-5443	対比試験片の種類.....	附 43
A-5450	超音波探傷装置の校正.....	附 44
A-5451	超音波探傷器.....	附 44
A-5452	探触子.....	附 44



A-5460	時間軸及び基準感度の調整.....	附 44
A-5461	一般事項.....	附 44
A-5462	時間軸の調整.....	附 44
A-5463	基準感度の調整.....	附 44
A-5470	測 定.....	附 44
A-5471	欠陥位置のマーキング.....	附 44
A-5472	予備測定.....	附 44
A-5473	TOFD 法による測定.....	附 44
A-5500	容器管台内面の丸みの部分.....	附 44
A-5510	適用範囲.....	附 44
A-5520	使用機材.....	附 45
A-5521	超音波探傷器.....	附 45
A-5522	探 触 子.....	附 45
A-5530	接触媒質.....	附 45
A-5540	対比試験片.....	附 45
A-5541	材 質.....	附 45
A-5542	形状・寸法.....	附 45
A-5543	対比試験片の種類.....	附 45
A-5550	超音波探傷装置の校正.....	附 46
A-5551	超音波探傷器.....	附 46
A-5552	探 触 子.....	附 46
A-5560	時間軸及び基準感度の調整.....	附 46
A-5561	一般事項.....	附 46
A-5562	時間軸の調整.....	附 46
A-5563	基準感度の調整.....	附 46
A-5570	測 定.....	附 46
A-5571	欠陥位置のマーキング.....	附 46
A-5572	予備測定.....	附 47
A-5573	TOFD 法による測定.....	附 47
A-5600	容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手.....	附 47
A-5610	適用範囲.....	附 47
A-5620	使用機材.....	附 47
A-5621	超音波探傷器.....	附 47
A-5622	探 触 子.....	附 47
A-5630	接触媒質.....	附 48
A-5640	対比試験片.....	附 48

A-5641	材    質.....	附 48
A-5642	形状・寸法.....	附 48
A-5643	対比試験片の種類.....	附 48
A-5650	超音波探傷装置の校正.....	附 48
A-5651	超音波探傷器.....	附 48
A-5652	探 触 子.....	附 48
A-5660	時間軸及び基準感度の調整.....	附 48
A-5661	一般事項.....	附 48
A-5662	時間軸の調整.....	附 48
A-5663	基準感度の調整.....	附 48
A-5670	測    定.....	附 49
A-5671	欠陥位置のマーキング.....	附 49
A-5672	予備測定.....	附 49
A-5673	TOFD 法による測定.....	附 49
A-5700	記録及び解析.....	附 49
A-5710	記録, 採取手順.....	附 49
A-5720	採取データの保存.....	附 49
A-5730	解    析.....	附 49
A-5740	試験記録.....	附 49
<b>A-6000</b>	<b>フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領</b>	
A-6000	フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領.....	附 51
A-6100	一般事項.....	附 51
A-6110	試験部に対する要求事項.....	附 51
A-6200	フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手, オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手.....	附 51
A-6210	適用手法.....	附 51
A-6220	使用機材.....	附 51
A-6221	超音波探傷器.....	附 51
A-6222	探 触 子.....	附 51
A-6230	接触媒質.....	附 52
A-6240	対比試験片.....	附 52
A-6241	材    質.....	附 52
A-6242	対比試験片の種類.....	附 52
A-6250	超音波探傷装置の校正.....	附 52
A-6251	超音波探傷器.....	附 52

A-6252	アレイ探触子.....	附 52
A-6260	時間軸及び基準感度の調整.....	附 53
A-6261	一般事項.....	附 53
A-6262	時間軸の調整.....	附 53
A-6263	基準感度の調整.....	附 53
A-6270	測    定.....	附 53
A-6271	欠陥位置のマーキング.....	附 53
A-6272	予備測定.....	附 54
A-6273	フェーズドアレイ技術による測定.....	附 54
A-6300	クラッドを施した容器の突合せ溶接継手.....	附 54
A-6310	適用手法.....	附 54
A-6320	使用機材.....	附 54
A-6321	超音波探傷器.....	附 54
A-6322	探 触 子.....	附 54
A-6330	接触媒質.....	附 55
A-6340	対比試験片.....	附 55
A-6350	超音波探傷装置の校正.....	附 55
A-6351	超音波探傷器.....	附 55
A-6352	探 触 子.....	附 55
A-6360	時間軸及び基準感度の調整.....	附 55
A-6361	一般事項.....	附 55
A-6362	時間軸の調整.....	附 55
A-6363	基準感度の調整.....	附 55
A-6370	測    定.....	附 55
A-6371	欠陥位置のマーキング.....	附 55
A-6372	予備測定.....	附 55
A-6373	フェーズドアレイ技術による測定.....	附 55
A-6400	記録及び解析.....	附 56
A-6410	記録, 採取手順.....	附 56
A-6420	採取データの保存.....	附 56
A-6430	解    析.....	附 56
A-6440	試験記録.....	附 56

## 附属書 B 目 次

### B-1000 総 則

B-1000 総 則 .....	附 58
B-1100 目 的 .....	附 58
B-1200 適用範囲 .....	附 58
B-1300 用語の定義 .....	附 58
B-1400 超音波自動探傷装置(走査装置)の区分 .....	附 59
B-1500 性能確認項目 .....	附 59

### B-2000 性能確認方法及び判定基準

B-2000 性能確認方法及び判定基準 .....	附 61
B-2100 外観目視 .....	附 61
B-2110 確認方法 .....	附 61
B-2120 判定基準 .....	附 61
B-2200 基本動作 .....	附 61
B-2210 確認方法 .....	附 61
B-2220 判定基準 .....	附 61
B-2300 位置決め単体作動精度 .....	附 61
B-2310 確認方法 .....	附 61
B-2320 判定基準 .....	附 62
B-2400 位置決め精度 .....	附 62
B-2410 確認方法 .....	附 62
B-2420 判定基準 .....	附 63
B-2500 探触子保持機能 .....	附 64
B-2510 確認方法 .....	附 64
B-2520 判定基準 .....	附 64
B-2600 欠陥検出再現精度 .....	附 64
B-2610 確認方法 .....	附 64
B-2611 モックアップの仕様 .....	附 64
B-2612 試験手順 .....	附 64
B-2620 判定基準 .....	附 65
B-2700 データ収録機能 .....	附 65
B-2710 確認方法 .....	附 65
B-2720 判定基準 .....	附 65

## B-3000 性能確認を行う時期及び程度

B-3000	性能確認を行う時期及び程度.....	附 66
B-3100	製作時試験.....	附 66
B-3200	使用前点検.....	附 66
B-3300	日常点検.....	附 66
B-3400	性能確認を行う時期.....	附 66

品質管理

## 附属書 C 目 次

### C-1000 総 則

C-1000 総 則 .....	附 67
C-1100 目 的 .....	附 67
C-1200 用語の定義並びに関連規格 .....	附 67
C-1210 用語の定義 .....	附 67
C-1220 関連規格 .....	附 67
C-1300 適用方法 .....	附 67
C-1400 適用区分 .....	附 67
C-1500 試験評価員及び試験員 .....	附 68

### C-2000 従来手法に準じた方法

C-2000 従来手法に準じた方法 .....	附 69
C-2100 一般事項 .....	附 69
C-2200 探傷装置 .....	附 69
C-2210 フェーズドアレイ超音波探傷器 .....	附 69
C-2220 フェーズドアレイ超音波探傷器の性能試験 .....	附 69
C-2230 フェーズドアレイ探触子 .....	附 69
C-2300 探傷方法一般 .....	附 69
C-2310 感度校正方法 .....	附 69
C-2320 走査方法 .....	附 69
C-2400 走査範囲 .....	附 70
C-2500 評価及び記録 .....	附 70

### C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法 .....	附 71
C-3100 一般事項 .....	附 71
C-3200 探傷装置 .....	附 71
C-3300 探傷方法一般 .....	附 71
C-3310 基準感度の設定 .....	附 71
C-3320 探傷有効範囲の確認 .....	附 71
C-3321 対比試験片 .....	附 71
C-3322 探傷有効範囲の確認方法 .....	附 71
C-3323 走査方法 .....	附 72

C-3400	走査範囲.....	附 72
C-3500	評価及び記録.....	附 72

#### C-4000 検出能力を実証する方法

C-4000	検出能力を実証する方法.....	附 73
C-4100	一般事項.....	附 73
C-4110	基本事項.....	附 73
C-4120	適用手法.....	附 73
C-4130	妥当性確認方法の原則.....	附 73
C-4200	要領書.....	附 73
C-4210	要領書の記載事項.....	附 73
C-4300	確認事項.....	附 74
C-4310	試験部の区分.....	附 74
C-4320	確認方法.....	附 74
C-4321	試験片.....	附 74
C-4322	人工欠陥.....	附 74
C-4400	確認手順.....	附 75
C-4410	事前準備.....	附 75
C-4420	確認試験.....	附 75
C-4500	適用可否の判断.....	附 75
C-4510	欠陥検出の判定基準.....	附 75
C-4520	欠陥長さ測定の判定基準.....	附 76
C-4600	超音波探傷装置の同等性.....	附 76
C-4610	超音波探傷器の同等性.....	附 76
C-4620	超音波探触子の同等性.....	附 76

## 附属書 D 目 次

### D-1000 総 則

D-1000 総 則 .....	附 78
D-1100 目 的 .....	附 78
D-1200 適用範囲 .....	附 78
D-1300 一般事項 .....	附 78
D-1310 探傷方法一般 .....	附 78

### D-2000 使用機材

D-2000 使用機材 .....	附 79
D-2100 超音波探傷器 .....	附 79
D-2200 探 触 子 .....	附 79
D-2300 対比試験片 .....	附 79
D-2310 校正用反射体 .....	附 79
D-2320 対比試験片の形状 .....	附 79

### D-3000 探傷方法

D-3000 探傷方法 .....	附 81
D-3100 基準感度の設定 .....	附 81
D-3110 基準感度の設定 .....	附 81
D-3120 適用制限 .....	附 82
D-3200 探触子の走査方向 .....	附 82
D-3300 探触子の走査範囲 .....	附 82

### D-4000 記録要領及び欠陥寸法測定

D-4000 記録要領及び欠陥寸法測定 .....	附 84
D-4100 試験記録 .....	附 84
D-4200 欠陥長さ寸法測定 .....	附 84



## 附属書 A 解 説

### A-1000 総 則

(解説 A-1100-1)	PD 認証を取得した試験技術者，探傷装置及び手順書を用いて 欠陥深さ寸法測定を行う場合.....	附 85
(解説 A-1100-2)	欠陥深さ寸法測定の原則 .....	附 85
(解説 A-1200-1)	適用範囲 .....	附 85
(解説 A-1210-1)	適用手法 .....	附 94
(解説 A-1220-1)	適用部位 .....	附 94
(解説 A-1230-1)	対象とする欠陥 .....	附 96
(解説 A-1300-1)	試験評価員及び試験員の資格 .....	附 97
(解説 A-1310-1)	教育及び訓練 .....	附 97
(解説 A-1311-1)	試験体の欠陥と形状 .....	附 97
(解説 A-1311-2)	教育及び訓練に対する成果の確認 .....	附 98
(解説 A-1312-1)	技量の維持 .....	附 98
(解説 A-1313-1)	教育及び訓練の記録 .....	附 98
(解説 A-1314-1)	免除規定 .....	附 98
(解説 A-1400-1)	用語の定義（モード変換波法） .....	附 99

### A-2000 モード変換波法による欠陥深さ測定要領

(解説 A-2000-1)	モード変換波法による欠陥深さ測定要領 .....	附 100
(解説 A-2320-1)	探 触 子 .....	附 100
(解説 A-2343-1)	校正用反射体 .....	附 100
(解説 A-2530-1)	基準感度の調整 .....	附 100
(解説 A-2620-1)	モード変換波法による測定 .....	附 100
(解説 A-2710-1)	記録，採取手順 .....	附 101
(解説 A-2730-1)	解 析 .....	附 101

### A-3000 タンデム法による欠陥深さ測定要領

(解説 A-3000-1)	タンデム法による欠陥深さ測定要領 .....	附 106
(解説 A-3530-1)	基準感度の調整 .....	附 106

### A-4000 端部エコー法による欠陥深さ寸法測定要領

(解説 A-4120-1)	試験部に対する要求事項 .....	附 107
(解説 A-4210-1)	適用手法 .....	附 107

(解説 A-4222-1)	探 触 子 .....	附 107
(解説 A-4242-1)	対比試験片 .....	附 108
(解説 A-4252-1)	探 触 子 .....	附 108
(解説 A-4261-1)	一般事項 .....	附 109
(解説 A-4262-1)	時間軸の調整 .....	附 109
(解説 A-4263-1)	基準感度の調整 .....	附 110
(解説 A-4271-1)	欠陥位置のマーキング .....	附 110
(解説 A-4272-1)	予備測定 .....	附 110
(解説 A-4273-1)	端部エコー法による測定 .....	附 110
(解説 A-4310-1)	適用手法 .....	附 111
(解説 A-4322-1)	探 触 子 .....	附 111
(解説 A-4410-1)	適用手法 .....	附 112
(解説 A-4422-1)	探 触 子 .....	附 112
(解説 A-4442-1)	対比試験片の種類 .....	附 113
(解説 A-4471-1)	欠陥位置のマーキング .....	附 113
(解説 A-4472-1)	予備測定 .....	附 113
(解説 A-4510-1)	適用範囲 .....	附 113
(解説 A-4522-1)	探 触 子 .....	附 114
(解説 A-4542-1)	対比試験片の種類 .....	附 114
(解説 A-4571-1)	欠陥位置の確認 .....	附 114
(解説 A-4572-1)	予備測定 .....	附 114
(解説 A-4573-1)	端部エコー法による測定 .....	附 115
(解説 A-4610-1)	適用範囲 .....	附 115
(解説 A-4622-1)	探 触 子 .....	附 115
(解説 A-4642-1)	対比試験片の種類 .....	附 116
(解説 A-4671-1)	欠陥位置のマーキング .....	附 116
(解説 A-4672-1)	予備測定 .....	附 116
(解説 A-4673-1)	端部エコー法による測定 .....	附 116
(解説 A-4730-1)	解 析 .....	附 117

#### A-5000 TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領

(解説 A-5000-1)	TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領 .....	附 125
(解説 A-5120-1)	試験部の表面状態 .....	附 125
(解説 A-5221-1)	超音波探傷器 .....	附 125
(解説 A-5222-1)	探 触 子 .....	附 126
(解説 A-5243-1)	対比試験片の種類 .....	附 127

(解説 A-5251-1)	超音波探傷器	附 130
(解説 A-5252-1)	探触子	附 130
(解説 A-5272-1)	予備測定	附 130
(解説 A-5273-1)	TOFD 法による測定	附 130
(解説 A-5310-1)	適用範囲	附 133
(解説 A-5322-1)	探触子	附 134
(解説 A-5422-1)	探触子	附 134
(解説 A-5510-1)	適用範囲	附 135
(解説 A-5522-1)	探触子	附 136
(解説 A-5610-1)	適用範囲	附 136
(解説 A-5622-1)	探触子	附 137
(解説 A-5730-1)	解析	附 137

#### A-6000 フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領

(解説 A-6110-1)	試験部に対する要求事項	附 142
(解説 A-6251-1)	超音波探傷器	附 142
(解説 A-6252-1)	入射点及び屈折角の測定	附 142
(解説 A-6272-1)	予備測定	附 142
(解説 A-6273-1)	フェーズドアレイ技術による測定	附 142
(解説 A-6400-1)	記録及び解析	附 143

## 附属書 B 解 説

### B-1000 総 則

- (解説 B-1300-1) エコー高さの表示を任意に設定する目的 ..... 附 145
- (解説 B-1400-1) 走査装置の区分 ..... 附 145

### B-2000 性能確認方法及び判定基準

- (解説 B-2310-1) 位置決め単体作動精度確認の目的 ..... 附 146
- (解説 B-2320-1) 判定基準の設定 ..... 附 146
- (解説 B-2510-1) 探触子保持機能の確認方法 ..... 附 147
- (解説 B-2611-1) モックアップの仕様 ..... 附 147
- (解説 B-2612-1) 再現精度の確認 ..... 附 147
- (解説 B-2620-1) 判定基準の根拠 ..... 附 147
- (解説 B-2720-1) データ収録機能 判定基準 ..... 附 147

### B-3000 性能確認を行う時期及び程度

- (解説 B-3100-1) 製作時試験を行う時期 ..... 附 149
- (解説 B-3100-2) 従来から使用している装置の製作時試験 ..... 附 149
- (解説 B-3200-1) 使用前点検の考え方 ..... 附 149
- (解説 B-3400-1) 位置決め精度の確認について ..... 附 149
- (解説 B-3400-2) 性能確認を行う時期 ..... 附 149

## 附属書 C 解 説

### C-1000 総 則

- (解説 C-1300-1) 従来手法との組み合わせ ..... 附 150
- (解説 C-1400-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷法を適用する手順の  
区分..... 附 150

### C-2000 従来手法に準じた方法

- (解説 C-2220-1) フェーズドアレイ超音波探傷器の直線性の確認 ..... 附 155
- (解説 C-2320-1) 走査の重なり ..... 附 155
- (解説 C-2320-2) フェーズドアレイの電子的な走査速度 ..... 附 155
- (解説 C-2500-1) 従来手法に準じた手法での欠陥長さ測定方法 ..... 附 156

### C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

- (解説 C-3320-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷法の探傷有効範囲の  
確認..... 附 157
- (解説 C-3323-1) 走査の重なり ..... 附 157
- (解説 C-3400-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷法の探傷有効範囲と  
走査範囲の関係..... 附 157
- (解説 C-3500-1) 欠陥長さ測定方法 ..... 附 158

### C-4000 検出能力を実証する方法

- (解説 C-4130-1) 妥当性確認方法の原則 ..... 附 159
- (解説 C-4322-1) 人工欠陥の形状 ..... 附 159
- (解説 C-4322-2) 長さ測定の実証に用いる人工欠陥 ..... 附 159
- (解説 C-4420-1) 探傷条件の範囲 ..... 附 160
- (解説 C-4510-1) 適用可否の判断 ..... 附 160
- (解説 C-4520-1) 欠陥長さ測定の評定基準 ..... 附 160

## 附属書 D 解 説

### D-1000 総 則

- (解説 D-1100-1) 本附属書の目的 ..... 附 161
- (解説 D-1200-1) 適用範囲 ..... 附 161
- (解説 D-1310-1) フェーズドアレイ技術の炉心シュラウドへの適用 ..... 附 162

### D-2000 使用機材

- (解説 D-2200-1) 超音波周波数の選定 ..... 附 163
- (解説 D-2200-2) 超音波モードの選定 ..... 附 163
- (解説 D-2310-1) ノッチの深さの設定根拠について ..... 附 163
- (解説 D-2310-2) ノッチの位置 ..... 附 163

### D-3000 探傷方法

- (解説 D-3120-1) 適用制限 ..... 附 164

# 第1章 総 則

## 1000 総 則

本章は、本規程の目的、適用範囲、使用される用語・略語及び関連規格の定義を示す。

## 1100 目 的

本規程は、維持規格に用いる超音波探傷試験についてその要領を示すもので、各々の章、附属書の規定事項は表-1100-1のとおりである。(解説-1100-1~4)

また、本規程は、パルス反射法を使用する超音波探傷試験について定めたものであり、その他の超音波探傷試験技術は、その方法がパルス反射法により得られるものと同様以上の試験結果が得られるものであれば、前記方法に代えて使用してもよい。

表-1100-1 各章、各附属書の規定内容

構成	表題	概要
第1章	総則	本規程全体に関連する事項
第2章	一般事項	欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定に関する共通事項
第3章	容器の超音波探傷試験要領	容器に対する、欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定要領
第4章	配管の超音波探傷試験要領	配管に対する、欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定要領
附属書A	欠陥深さ寸法測定要領	第3章、第4章にしたがって検出された欠陥に対する、欠陥深さ測定要領
附属書B	超音波自動探傷装置への要求性能	本規程に則り、自動で超音波探傷試験を行う場合の超音波探傷装置に対する追加要求事項
附属書C	フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法	フェーズドアレイ技術を用いて、欠陥検出をする場合の探傷要領(附属書Cで記載されていない部分は、対象部位によって第3章、第4章、附属書Dに従う)
附属書D	炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領	炉心シュラウドの目視試験(MVT-1)の代替としての超音波探傷試験要領

## 1200 適用範囲

本規程は、軽水型原子力発電所用機器のうち、クラス1機器及びクラス2機器の供用期間中検査（供用前検査を含む）に適用する。

なお、上記以外の部位で本規程が適用できると判断される場合は、これを準用してもよい。

## 1300 用語及び略語の定義並びに関連規格

### 1310 用語及び略語

- (1) 試験評価員：試験結果を評価する技術者をいう。
- (2) 試験員：試験を行う技術者をいい、試験補助員（無資格者）は含まない。
- (3) 校正用反射体：基準感度の調整をするため、対比試験片に機械加工等によって設けた反射体をいう。（具体的には、横穴、ノッチ、平底穴等が用いられる。）
- (4) 反射源：超音波探傷器の表示器に表示された指示の成因と考えられる材料及び溶接継手中の欠陥、形状及び金属組織を総じていう。
- (5) エコー：反射源（校正用反射体を含む）からの反射波のことをいう。
- (6) エコー高さ：反射源（校正用反射体を含む）から得られた表示器上のエコーの高さをいう。
- (7) DAC 曲線：校正用反射体のビーム路程によるエコー高さの変化を示す曲線（距離振幅補正曲線）のことをいう。
- (8) 最大エコー高さ：探触子を走査したとき、反射源（校正用反射体を含む）から得られるエコー高さの最大値のことをいう。
- (9) DAC%：DAC 曲線（距離振幅補正曲線）に対するエコー高さのパーセント値のことをいう。
- (10) DAC 回路：距離によるエコー高さの低下を電子的に補正する回路（距離振幅補正回路）のことをいう。
- (11) 探傷面：試験部において探触子を走査する面のことをいう。
- (12) 2次クリーピング波法：2次クリーピング波法とは、試験体内部を伝ばする超音波が探傷面の反対側（底面）で反射する時に発生する2次クリーピング波を利用して、探傷面の反対側に存在する欠陥の有無に関する確認及び欠陥長さ測定を行う方法をいう。
- (13) 記録レベル：指示を記録するために定めた反射源の最大エコー高さのしきい値（距離振幅補正曲線に対するパーセント：DAC%）をいう。
- (14) シーニング加工部：突合せ溶接継手において、内面の食い違いを無くする目的で継手の両側を構成する材料又は部品の内面を機械加工等により切削し、厚さを薄くした範囲をいう。
- (15) ISI：In-Service Inspection（供用期間中検査）の略。供用期間中に設備の非



破壊試験及び漏えい試験を行い、設備の経年変化を確認する行為をいう。

- (16) PSI：Pre-Service Inspection（供用前検査）の略。供用期間中検査の体積試験または表面試験結果と比較するために、発電所の最初の運転開始前又は供用期間中における補修・取替後の運転開始までに、設備の基本データを採取する行為をいう。
- (17) UTS：平成4年度から15年度上期に発電設備技術検査協会が、それを引き継いで平成15年度下期から平成16年度に(独)原子力安全基盤機構が実施した、「原子力発電施設検査技術実証事業」のうち「超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認」(Ultrasonic Test & Evaluation for Maintenance Standards)の略。
- (18) PLR 配管サイジング精度確性試験：発電設備技術検査協会が平成14年度から15年度に実施した「超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確性試験」の略。
- (19) NSA：平成15年度から平成17年度に(独)原子力安全基盤機構が実施した「低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証」(Nondestructive Inspection Technologies for Low-carbon Stainless Steel Integrity Assessment)の略。
- (20) NNW：平成14年度から15年度上期に発電設備技術検査協会が、平成15年度下期から平成16年度まで(独)原子力安全基盤機構が実施した「炉内構造物等特殊材料溶接部検査技術調査」、および平成17年度から20年度まで同機構が実施した「ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証」(Nondestructive Inspection Technologies on the Ni Alloy Welded Joint)の略。
- (21) NDIS：一般社団法人 日本非破壊検査協会規格(Standard of the Japanese Society for Non-Destructive Inspection)の略。
- (22) フェーズドアレイ技術：小さい振動子を複数並べた探触子を用い、個々の振動子に電圧を与えるタイミングを変えることにより、超音波ビームの屈折角、入射点位置、焦点深さ等を電子的に制御する技術

## 1320 関連規格

本規程の関連規格を以下に示す。(解説-1320-1)

- (1) 溶接規格：日本機械学会発電用原子力設備規格溶接規格
- (2) 維持規格：日本機械学会発電用原子力設備規格維持規格
- (3) 設計・建設規格：日本機械学会発電用原子力設備規格設計・建設規格
- (4) JIS Z 2305：非破壊試験—技術者の資格及び認証（2001年版）または非破壊試験技術者の資格及び認証（2013年版）
- (5) JIS Z 2345：超音波探傷試験用標準試験片（2000年版）
- (6) JIS Z 2350：超音波探触子の性能測定方法（2002年版）

- (7) JIS Z 2352 : 超音波探傷装置の性能測定方法 (2010 年版)
- (8) JIS Z 3060 : 鋼溶接部の超音波探傷試験方法 (2015 年版)
- (9) NDIS 0603 : 超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証 (2015 年版)
- (10) NDIS 2418 : 端部エコー法によるきず高さの測定方法 (2005 年版)
- (11) NDIS 2423 : TOFD 法によるきず高さの測定方法 (2001 年版)
- (12) ISO 9712 : Non destructive testing-Qualification and certification of NDT personnel (2012)
- (13) ANSI/ASNT CP-189 : Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel (2011)
- (14) ASME Sec. V : ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE SECTION V (2015)
- (15) ASME Sec. XI : ASME BOILER & PRESSURE VESSEL CODE SECTION XI (2015)

#### 1400 記 号

T : 試験部の厚さ又は対比試験片の厚さ。

垂直法の基準感度の設定において、対比試験片の横穴の位置を示すために用いる。例えば、探触子を走査する面（探傷面）から、試験片厚さの 4 分の 1 深さに位置する横穴を  $T/4$  で示す。

S : 探傷面と裏面が平行な材料の斜角法において、探傷面から入射した超音波は斜め方向に伝ばし、裏面で全反射し、再び探傷面に到達する。この探傷面での超音波の到達点を 1 スキップ点といい、1S で略記する。斜角法の基準感度の設定において、対比試験片の横穴の位置又はその横穴からのエコー高さが最大となる探触子位置を示すために用いる。例えば、探傷面から、試験片厚さの 4 分の 1 深さに位置する横穴を  $(1/8)S$  で示す。

$\theta_n$  : 探触子の公称屈折角。

$\theta_t$  : 探触子の実測屈折角。

#### 1500 規程の改定

本規程の改定は、定期的に、又は必要があると認められた時に行うものとする。改定は、(一社)日本電気協会の構造分科会及び供用期間中検査検討会が審議、検討を行うものとする。(解説-1500-1)

## 第2章 一般事項

### 2000 一般事項

本章は、容器及び配管の超音波探傷試験における試験要領の一般事項を示す。

#### 2010 事前確認

本規程を用いる場合、欠陥評価を行う上で、予め欠陥検出精度及び欠陥寸法測定誤差を確認する。

欠陥寸法測定誤差のうち、欠陥深さ寸法測定誤差に関しては、附属書 A「欠陥深さ寸法測定要領」で示す手法のうち適用したものについて確認し、記録として残す。(解説-2010-1)

#### 2100 試験部に対する要求事項

本項は、超音波探傷試験を適用する試験部に対する要求事項を示す。

#### 2110 試験部の識別

##### (1) 基準位置

試験においては、溶接継手の中心および方位が識別できるように表示を行う。ただし自動探傷装置のように位置決め機構がある場合は除く。

##### (2) 基準位置の記録

溶接継手の中心および方位は、恒久的な基準位置（ポンチマークあるいは隣接構造物等の基準となるもの）からの距離などを基に記録する。

##### (3) 過去の記録との整合

過去に基準位置の記録がされている場合には、原則としてそれに従って溶接継手の中心および方位を表示する。

#### 2120 試験部の表面状態

探触子を走査する範囲の表面は、清浄で、かつ滑らかであるものとする。ただし、表面に固着したスケール又は塗料のある場合でも、表面が滑らかで、はく離するおそれがなく、かつ超音波の伝ぱを妨げるおそれがないものは取り除かなくてもよい。

また、溶接部の余盛などは、探触子の走査に支障のない程度に滑らかに仕上げること。(解説-2120-1)

#### 2200 試験評価員及び試験員

(1) 試験評価員は、下記の規格・基準のいずれかに従って所定の認定機関によりレ

レベル 2 以上の有資格者, 又はこれらと同等の技術レベルを有する者で供用期間中検査について試験員として経験を有する者とする。(解説-2200-1)

- a. JIS Z 2305
  - b. ANSI/ASNT CP-189
  - c. ASME Sec. XI, Appendix VII
  - d. ISO 9712
- (2) 試験員は, 前項に掲げる規格・基準のいずれかに従って所定の認定機関によりレベル 1 以上の有資格者, 又はこれらと同等以上の技術レベルを有する者とする。(解説-2200-1)
- (3) 欠陥深さ寸法測定における試験評価員及び試験員については, 附属書 A「欠陥深さ寸法測定要領」に示すところによる。

## 2300 使用機材

本項は, 超音波探傷試験に使用する機材について示す。

### 2310 超音波探傷器

パルス反射式の超音波探傷器を用いる。

### 2320 探触子

- (1) 探触子は, 使用する探傷器の仕様に適合するものとする。
- (2) 探触子は, 一振動子型, 又は多振動子型を用いる。
- (3) 超音波の伝ばを良くするために, くさび(探触子シュー)を用いてもよい。この場合, 探傷中に使用するくさびをつけて校正を行う。
- (4) 周波数は, 0.4~15MHz, 超音波のモードは横波又は縦波とし, 2520(2)項で規定する基準感度が得られるものを選択する。(解説-2320-1)
- (5) 屈折角及び振動子の大きさは, 試験部の形状及び寸法に対して適合しており, 超音波が十分透過するものを選択する。

### 2330 接触媒質

水, 油, グリセリン, ひまし油等超音波の伝ば性がよく, 試験部に対して有害でないものを使用する。

### 2340 対比試験片

本項は, 突合せ溶接継手の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

ただし, 従来から使用している対比試験片であって, 本規程(改定版を含む)の発行以前に製作され使用してきているもの, 又は使用にあたって技術上問題ないと評価

されるものについては、本規程に従わなくてもよい。(解説-2340-1)

#### 2341 対比試験片の材料

- (1) 対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。(解説-2341-1)
- (2) 試験部がクラッドされている場合において、走査をクラッド側から行う場合は、対比試験片にも試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。
- (3) 異種金属溶接継手の探傷に用いる対比試験片の材料は、走査を行う側の材料と超音波特性が同等なものとする。走査を異種金属溶接継手の両側から行う場合は、各々超音波特性が同等な材料の組合せとする。
- (4) 厚さが 51 mm 以上のフェライト鋼の対比試験片には、試験部に要求されているのと同等の熱処理を行い、その試験片に溶接継手があるものについては、溶接後熱処理を行う。(解説-2341-2)
- (5) 対比試験片の表面状態は、探傷面と同程度とする。
- (6) 対比試験片に用いる材料には、底面反射波よりも大きな反射波がないものとする。

#### 2342 垂直法及び斜角法の校正用反射体

- (1) 校正用反射体の形状  
対比試験片に設ける校正用反射体は、原則として探傷面に平行に加工した横穴とする。ただし、縦波斜角探傷の場合には、横穴に加えてノッチとする。(解説-2342-1, 解説-2342-2)
- (2) 曲率を持つ対比試験片の反射体  
管などの曲率を持つ対比試験片に設ける垂直法及び斜角法の周方向探傷用反射体は、管軸方向に加工する。斜角法の軸方向探傷用反射体は、管周方向に加工する。

#### 2343 対比試験片の形状

- (1) 対比試験片の厚さ、穴の位置及び穴径  
試験部の厚さと対比試験片の厚さとの関係、対比試験片に設ける横穴の位置及び穴径は、表-2343-1 に従う。対比試験片の横穴の最も近い端面からの距離及び横穴の長さは、40 mm 以上とする。(解説-2342-2)
- (2) 対比試験片の曲率(解説-2343-1)
  - a. 探触子が接触する面の曲率半径が 254mm を超える場合  
探触子が接触する面の曲率半径が 254mm を超える場合に用いる対比試験片は、接触部と同じ曲率を持つもの、接触部の 0.7~1.1 倍の曲率半径を持つもの

の又は平らなものとする。

- b. 探触子が接触する面の曲率半径が 254mm 以下の場合

探触子が接触する面の曲率半径が 254mm 以下の場合に用いる対比試験片は、接触部と同じ曲率又は接触部の 0.7～1.1 倍の曲率半径を持つものとする。

- c. 平らな対比試験片を用いる場合の探触子の公称振動子寸法（長方形探触子の場合には短い辺の寸法）は接触媒質に応じて、次の値以下とする。

接触媒質	公称振動子寸法 (mm)
水又は油等液状のもの	$6.37 \sqrt{R/f}$
グリセリン等のり状のもの	$8.84 \sqrt{R/f}$

ここでRは、試験部の探触子が接触する面の曲率半径(mm), fは周波数(MHz)とする。なお、2342 項及び 2343 項に基づく対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-2343-1 に示す。

#### 2350 自動探傷装置

探触子の走査を自動で行うような自動探傷装置は、附属書 B に従って、予め基本性能等を確認した上で使用する。（解説-2350-1）

#### 2400 超音波探傷装置の校正

本項は、超音波探傷装置の校正方法および頻度について示す。

#### 2410 超音波探傷器

- (1) 増幅直線性

探傷器の増幅直線性は、JIS Z 2352 の 6.2.2 に従って測定し、 $\pm 3\%f_s$  以内とする。

- (2) 時間軸直線性

探傷器の時間軸直線性は、JIS Z 2352 の 6.1.1 に従って測定し、 $\pm 1\%f_s$  以内とする。

- (3) 直線性の確認

探傷器の増幅及び時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する探傷の 12 カ月以内に確認されていること。

## 2420 探触子

### (1) 入射点の測定

入射点の測定は、JIS Z 2345 に規定する標準試験片あるいは幾何学的に入射点の測定が可能な試験片を用いて行い、1 mm 以下の値で測定する。(解説-2420-1)

### (2) 屈折角の測定

屈折角の測定は、JIS Z 2345 に規定する標準試験片を用いて  $0.5^\circ$  以下の角度まで読み取る。これらの試験片と試験部の材料とで超音波の音速が異なる場合は、計算により補正するか、又は音速が同等な材料で製作した、幾何学的に屈折角の測定が可能な試験片を用いて確認する。(解説-2420-2)

### (3) 測定頻度

探触子の入射点及び屈折角は、試験開始時に測定する。(解説-2420-3)

## 2500 時間軸及び基準感度の調整

本項は、超音波探傷器の時間軸及び基準感度の調整方法及び頻度について示す。

## 2510 一般事項

(1) 時間軸及び基準感度の調整は、試験開始時及び探傷システム(探傷器, 探触子, くさび, 接触媒質, ケーブル, 部品等)の組合せが変わるごとに行う。(解説-2510-1)

(2) 時間軸及び基準感度の確認は、試験の終了時及び試験員が交替した時(自動探傷の場合を除く)に行う。

一連の探傷の途中で試験員の交代をする場合で、事前に複数の試験員で時間軸及び基準感度の調整を行い同一の感度校正結果となった場合には、試験員が交代するときの時間軸及び基準感度の確認は要しない。この場合の試験終了時の確認は全ての試験員で確認する必要はなく、代表 1 名でよい。(解説-2510-2, 解説-2510-3)

(3) 探傷の途中で時間軸および基準感度の確認は校正確認用シミュレータ(シミュレータ)を用いて行ってもよい。シミュレータを用いた確認についても対比試験片を用いた確認と同等に扱う。(解説-2510-4)

(4) 探傷器の設定条件を電子的に記憶/呼び出しできるような機能(メモリー機能)を有した超音波探傷器(一般的にはデジタル探傷器)の場合には、複数の探傷条件を記憶させておき、探傷時に呼び出して探傷することができる。呼び出し時にはシミュレータ等を用いて確認するか、メモリー番号(ファイル名)の照合ができるようにしておく。(解説-2510-5)



## 2520 調整方法

### (1) 時間軸の調整

- a. 時間軸の調整は、JIS Z 2345 に規定する標準試験片又は試験部の材料と超音波特性（主として音速及び減衰）の同等な材料で作られた既知の寸法を有する半円形等の試験片を用いて行う。時間軸の全幅は、試験に必要なビーム路程を含む必要最小限とする。
- b. 2510(2)項及び(3)項による時間軸の確認の結果、DAC 曲線上のいずれかの点が、時間軸の全幅の 3%を超えてずれていた場合、最後に 2510(2)項及び(3)項で確認された時点以降の試験は無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験すること。

### (2) 基準感度の調整

- a. 基準感度の調整は、以下により行う。（解説-2520-1）
  - (a) 基準感度の調整は、第 3 章及び第 4 章の規定に従って行う。この場合、調整を行う対比試験片の面（表面又は裏面）は、探傷面（外面又は内面）に相当する面とする。
  - (b) 次章以降の規定で「表示器上 80%(あるいは 50%)」とあるものは、表示器上  $80\pm 5\%$  あるいは  $50\pm 3\%$  の範囲とする。（解説-2520-2, 解説-2520-3）
  - (c) 試験終了時における基準感度の確認は、対比試験片を用いる。
  - (d) 探傷器の直線性に影響を及ぼすリジェクション機能は用いない。
  - (e) 自動又は半自動の探傷装置で DAC 回路を備えている場合には、試験に必要な時間軸上にわたって基準感度を調整したのち、使用する。（解説-2520-4）
  - (f) 配管や容器の内部に水等がある場合での探傷であっても、感度校正時の対比試験片はこれを模擬することを要しない。（解説-2520-5）
  - (g) 二振動子垂直探触子を使用する場合には、音響隔離面を対比試験片の横穴の軸方向に対して直交させるようにして感度校正を行うことを原則とする。（解説-2520-6）
- b. 2510(2)項及び(3)項による基準感度の確認の結果、DAC 曲線上のいずれかの点が振幅の 20%又は 2 dB を超える変動があった場合には以下とする。
  - (a) 感度が下がっていた場合  
最後に基準感度が確認された以降の試験は無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。
  - (b) 感度が上がっていた場合  
新たな調整を行い、最後に基準感度が確認された以降に記録が必要な反射波を検出していた位置に対して再試験する。このとき、感度の変化量を考慮した再評価を行った上で、形状エコー又は金属組織エコーと判断される部分については再試験は必要としない。（解説-2520-7）



## 2600 探触子の走査

本項は、超音波探触子の走査方法及び走査範囲について示す。

### 2610 走査方法

- (1) 探触子の走査の重なりは、振動子寸法の 50%以上にする。ただし、探触子のビームの拡がり considering、-6dB のビームの重なりが保たれている場合には、この限りでない。(解説-2610-1)
- (2) 探触子の走査速度は、150mm/s 以下で行う。なお、全ての A スコープを記録するような自動探傷装置については、速度の影響を受けない範囲でこれを超過してもよい。(解説-2610-2)
- (3) 走査は、基準感度の 2 倍以上（自動又は半自動探傷装置を用いる場合を除く）の感度で行う。指示を記録する場合は、基準感度で走査を行う。ただし、ノイズや形状エコー等が観測され、識別が困難になると判断される場合には基準感度で探傷してもよい。(解説-2610-3)
- (4) 自動探傷の場合には、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響が無いように確実に行われていることを確認する。

### 2620 走査範囲

維持規格で規定した試験体積に超音波が透過するように行う。

例えば、胴と管台、胴とフランジ、管台とセーフエンド、管とエルボ又は弁、母管と管台等の溶接継手で構造上探傷できない場合は、実質的に有効な探傷できる最大範囲を走査し、試験する。(解説-2620-1)

## 2700 記録要領及び欠陥寸法測定

本項は、記録要領及び欠陥寸法測定について示す。

### 2710 記録要領

本項は、記録、採取の手順、及び試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析について示す。

#### 2711 記録、採取手順

- (1) 以前の検査で DAC20%を超えるエコーが検出され、欠陥と分類されている場合は、エコー高さに関係なく、基準感度で探傷し、(3)項の要領で記録する。(解説-2711-1)
- (2) その他のエコーは、エコー高さが DAC20%を超える場合、基準感度で探傷し、(3)項の要領で記録する。ただし、エコーの出現に再現性がなく、雑エコーと特

定できるもの（表-2712-1「UT 指示エコーの分類」による）についてはこの限りではない。

(3) 手動探傷の場合

手動探傷を行った場合の記録要領は次のとおりとする。(解説-2711-2, 解説-2711-3)

a. 最大エコー高さ

反射源からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、探傷器の表示器上のエコー高さを DAC%で読み取る。エコー高さを表示器目盛で読み取った場合は、計算又は線図により DAC%を求める。

b. 探触子と基準点（又は線）との距離

反射源からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、溶接長手方向基準点及び溶接中心基準点（又は線）と探触子の入射点との距離を測定し、記録する。

c. ビーム路程

反射源からのエコー高さが最大となるビーム路程を読み取る。

d. 指示長さ

反射源からのエコー高さが最大となる位置を中心に探触子を左右に移動させ、そのエコー高さが連続して記録レベルを超える範囲を探触子の移動距離で測定し、記録する。

さらに、反射源からの最大エコー高さが DAC100%を超える場合は、その範囲を探触子の移動距離で測定し、記録する。

e. 配管の周継手に対して手動探傷を供用期間中検査として行う場合であって、DAC20%を超える裏波部エコー、及び内面側の柱状晶伝搬エコーが連続して検出された場合は、30°ごとにエコー高さを記録する。

また、30°ごとの記録点間の最大エコー高さが、前後の記録点のエコー高さをを超える場合は、その最大エコー高さも記録する。

なお、配管の長手継手の場合は、前記 30°を 100 mmと置き換えて同様に記録する。

f. 容器についても前記 e. 項に従いエコー高さを記録する。

g. ボルトの場合であって、対比試験片を用いない探傷方法の場合には、底面エコーが探傷器の表示器目盛の 20%以下になる範囲を記録する。

h. ボルトのネジ部からのエコーなど定常的に検出され、明確に形状エコーと判断できるものについては、その代表例と検出範囲を記録する。

(4) 自動探傷（半自動探傷）の場合

全ての A スコープ及び位置信号（情報）を記録し、かつ再現可能な場合にはエコー高さ、指示長さ等の数値記録に代えて色調（カラー階調及び白黒濃淡表

示を含む) で示す記録とすることができる。

## 2712 試験結果に基づく反射源の位置及び種類の解析

### (1) 反射源の位置の解析

ビーム路程, 屈折角, 試験部の厚さ等から, 図-2712-1 に例示する方法等により, 反射源の位置の解析を行う。(解説-2712-1)

### (2) 反射源の種類解析

超音波探傷試験で検出されたエコーについて, その反射源が欠陥に基づくものか, 試験部の金属組織的变化又は形状に起因するものかを判断するために, 解析を行う。表-2712-1 以外のエコー名称を用いる場合には, その定義を明確にしておく。(解説表-2712-1)

- a. 表面形状 (例えば溶接裏波部形状) によるエコーであると判断された場合には形状エコーと, 材料の金属組織的变化 (例えば溶接金属と母材との境界部) によるエコーであると判断された場合には, 金属組織エコーと評価する。
- b. 形状エコー又は金属組織エコーと判断する手段は次のとおり。
  - (a) 通常の試験要領によって反射源が存在する範囲を評価する。
  - (b) 反射源の座標をプロットし位置関係を確認する。反射源の位置及び裏波部やテーパ移行部等表面の不連続位置を図示した断面図を用意する。
  - (c) 製作図又は溶接開先図と照合して確認する。
  - (d) 反射源を分類するに当たり, 表-2712-1 を用いる。
- c. これらの代わりに他の非破壊検査手法を用いて指示が形状又は金属組織によるものであることを判断してもよい。(例えば他の屈折角, 放射線透過試験, 内面又は外面の形状計測)

## 2720 欠陥寸法測定

供用期間中検査において超音波探傷試験を行った結果, 反射源が欠陥に基づくものについては, 2710 項に示す記録要領に従って超音波探傷試験の結果を記録するとともに, 維持規格等で必要とされる場合には欠陥寸法測定を行う。(解説-2720-1)

この場合において, 垂直法で検出されるような探傷面に平行な面状の反射源の寸法測定は探触子の記録レベルを超える指示長さ(移動距離)による。また探傷面に直交する面状の反射源の寸法測定は長さについては探触子の記録レベルを超える指示長さ(移動距離)による測定, 深さ寸法測定は附属書 A による方法とする。ただし, クラッド付き管台内面の丸みの部分及びオーステナイト系ステンレス鋼, 異種金属溶接継手部(バタリング部に検出された欠陥に限る)の欠陥長さ測定については, これによらず保守的と考えられる評価方法による。(解説-2720-2)

## 2730 試験結果の評価

超音波探傷試験により検出されたエコーのうち、欠陥エコーは維持規格に従って評価する。

また、試験結果を評価する場合、必要に応じて追加の探傷を行う。(解説-2730-1)

## 2800 試験記録

超音波探傷試験を行った後、次の事項を記録する。また全ての A スコープを記録し、かつ再現可能な場合にはエコー高さ、指示長さ等の記録を残すことを要しない。(解説-2800-1)

### (1) 試験条件

- a. 発電所名
- b. 試験箇所名 (溶接継手番号)
- c. 試験年月日と試験評価員及び試験員 (資格)
- d. 適用手法
- e. 校正記録
  - (a) 使用機材  
超音波探傷器, 探触子, 接触媒質, 対比試験片
  - (b) 探触子の入射点, 屈折角
  - (c) 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
  - (d) 校正日時
- f. 測定方向
- g. 探触子の走査面 (容器の場合)
- h. 探傷感度
- i. 試験要領書番号
- j. 探傷不可能範囲および走査不可能範囲 (解説-2800-2)
- k. 自動測定の場合は以下を加えて記録しなければならない。
  - (a) ゲート設定範囲
  - (b) 探触子走査間隔
  - (c) 測定範囲

### (2) 試験結果

2711 項に従い採取した記録及び 2712 項に基づく反射源の位置及び種類の解析結果

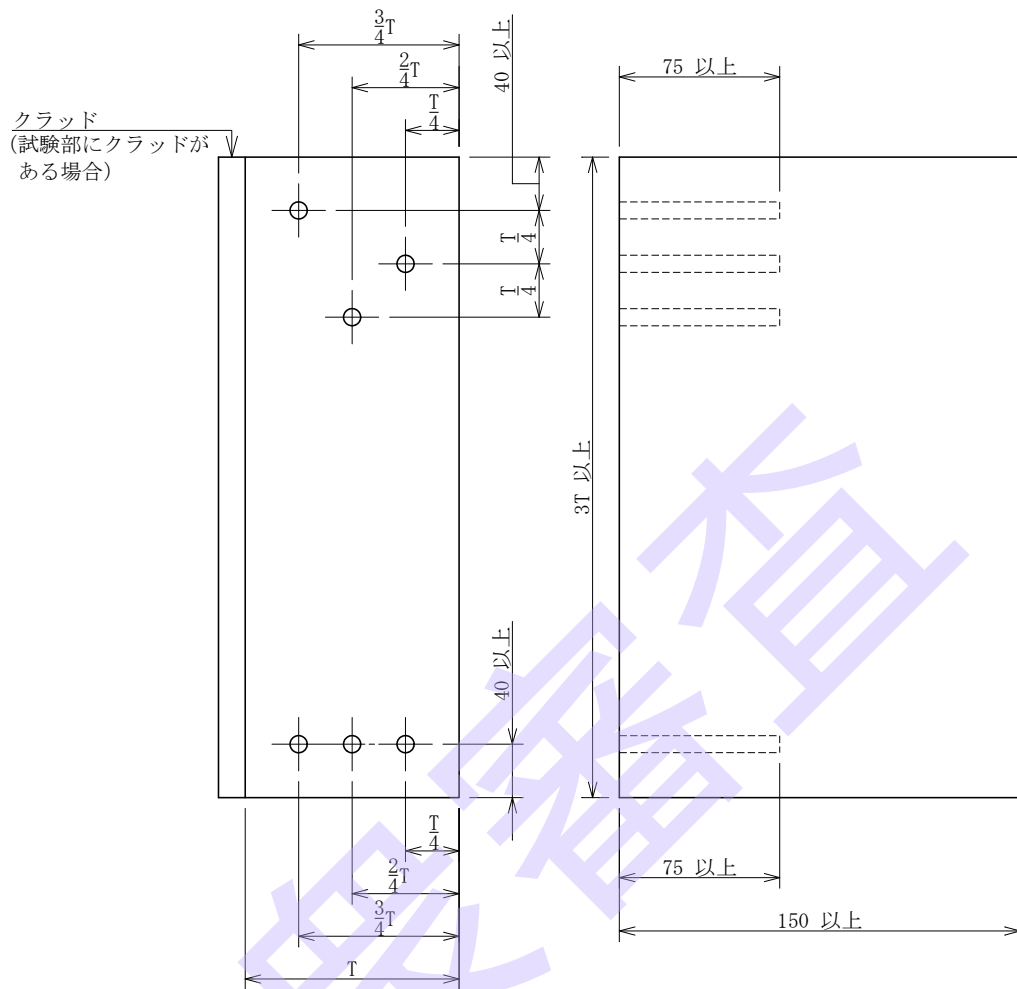
表-2343-1 対比試験片の厚さ、穴の位置及び穴径

試験部の厚さの区分 (mm)	対比試験片の厚さ T(mm)	穴の位置 (mm)	穴 径 d(mm)
25 以下	試験部の厚さ又は 19	$T/2$	2.4
25 を超え 51 以下	試験部の厚さ又は 38	$3/4 T$ 又は $T/4$	3.2
51 を超え 102 以下	試験部の厚さ又は 76	$3/4 T$ 又は $T/4$	4.8
102 を超え 152 以下	試験部の厚さ又は 127	$3/4 T$ 又は $T/4$	6.4
152 を超え 203 以下	試験部の厚さ又は 178	$3/4 T$ 又は $T/4$	8.0
203 を超え 254 以下	試験部の厚さ又は 229	$3/4 T$ 又は $T/4$	9.6

(備考)

1. 曲率を持つ試験片であって厚さが 25mm を超える場合の横穴は、試験片の外表面及び内表面からそれぞれ $T/4$ の位置に設ける。
2. 試験部の厚さ：溶接継手の場合は、溶接部の厚さの実測値、シーニング加工部の図面寸法、接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
3. 試験部の厚さが 254mm を超える場合の対比試験片の厚さは、試験部の厚さとし、穴の位置は、 $3/4 T$  又は  $T/4$  とする。

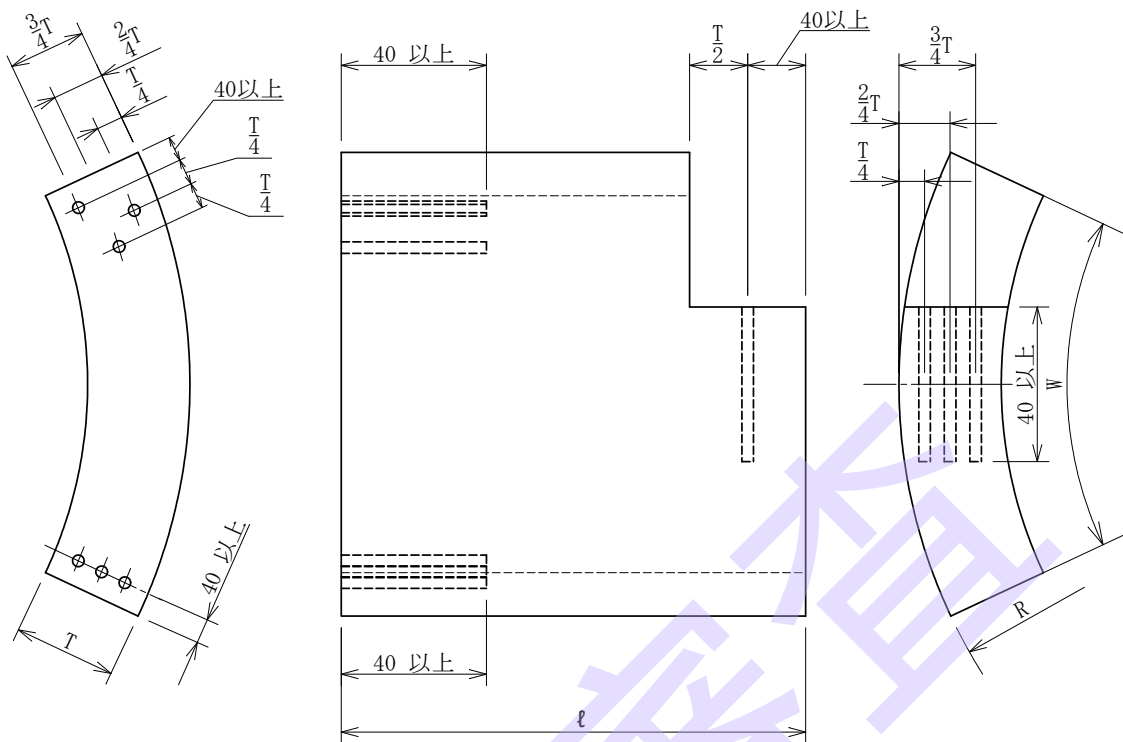
また、試験部の厚さ 254mm に対し板厚の増加量が 51mm 以下の場合、校正用反射体の穴径は、11.2mm とし、それ以降については、板厚の増加量が 51mm を超える毎に 11.2mm に 1.6mm を加えて決定する。



(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2.  $T$  は試験片の厚さとする。
3. 横穴に加えて、参考用としてノッチ等の反射体を追加して設けてもよい。ただし、横穴を用いた基準感度の校正に支障のない位置に配置する。
4. 曲率を有する対比試験片の周方向に設ける横穴は、校正に使用する位置(長さの約 $1/2$ となる位置)で所定の深さとなるようにする。

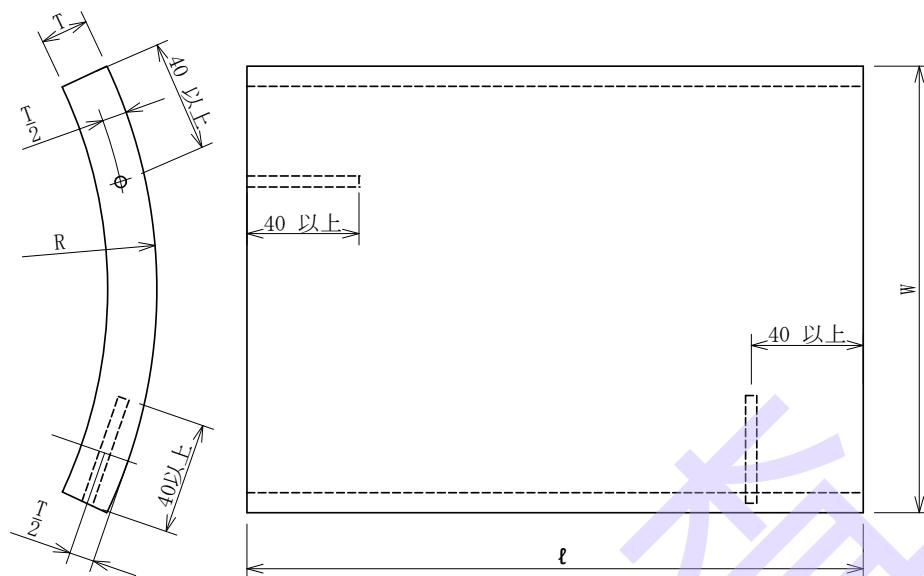
図-2343-1(1) 突合せ溶接継手の対比試験片の例  
(試験片の厚さが 51mm を超える場合)



(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. T は試験片の厚さとする。
3. R は、接触部の半径の 0.7～1.1 倍までの値とする。接触部の半径が 254mm を超える場合は、平らな試験片としてもよい。
4.  $l$ , W は試験に必要な長さとする。
5. 横穴に加えて、参考用としてノッチ等の反射体を追加して設けてもよい。ただし、横穴を用いた基準感度の校正に支障のない位置に配置する。
6. 曲率を有する対比試験片の周方向に設ける横穴は、校正に使用する位置(長さの約 $1/2$ となる位置)で所定の深さとなるようにする。

図-2343-1(2) 突合せ溶接継手の対比試験片の例  
(試験片の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)

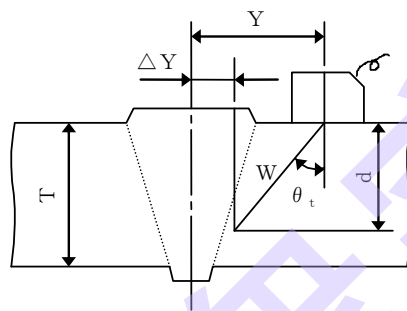
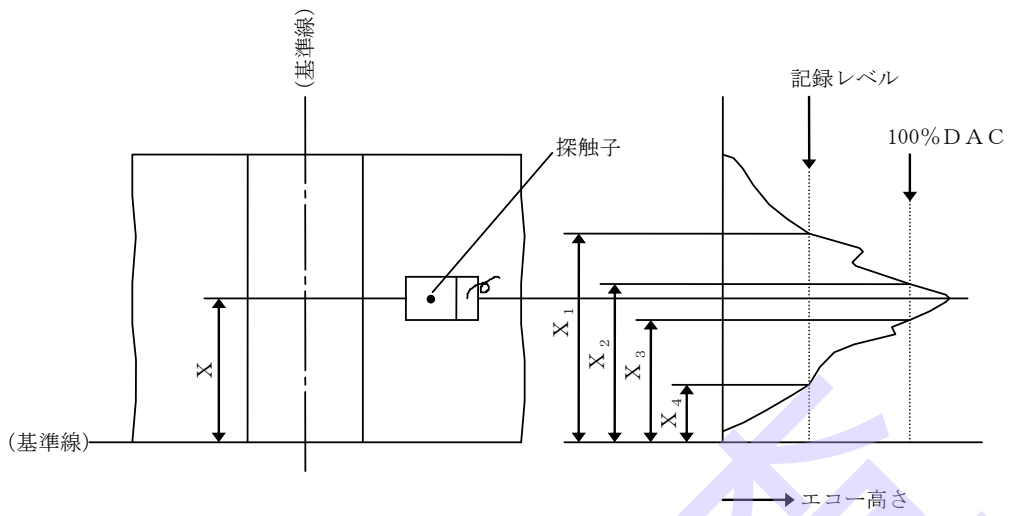


(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. T は試験片の厚さとする。
3. R は、接触部の半径の 0.7～1.1 倍までの値とする。接触部の半径が 254mm を超える場合は、平らな試験片としてもよい。
4.  $l$  , W は試験に必要な長さとする。
5. 横穴に加えて、参考用としてノッチ等の反射体を追加して設けてもよい。ただし、横穴を用いた基準感度の校正に支障のない位置に配置する。
6. 曲率を有する対比試験片の周方向に設ける横穴は、校正に使用する位置(長さの約 $1/2$ となる位置)で所定の深さとなるようにする。

図-2343-1(3) 突合せ溶接継手の対比試験片の例  
(試験片の厚さが 25mm 以下の場合)





X : 探触子の左右方向の基準線  
(又は点) からの距離  
Y : 探触子の前後方向の基準線  
(又は点) からの距離  
W : ビーム路程

$(X_1 - X_4)$  } 指示長さ  
 $(X_2 - X_3)$  }

d 及び  $\Delta Y$  の値は、次式により求めるか、作図によって求める。

$$d = W \cdot \cos \theta_t \quad (\text{直射法 (0.5 スキップ) による場合})$$

$$\text{又は, } d = 2T - W \cdot \cos \theta_t \quad (\text{一回反射法 (1 スキップ) による場合})$$

$$\Delta Y = Y - W \cdot \sin \theta_t$$

図-2712-1 反射源の位置解析例

表-2712-1 UT 指示エコーの分類（解説表-2712-1）

区分1	区分2	備考
A 形状エコー	a テーパー部エコー (シーニング部エコー)	
	b 裏波部エコー	
	c 表面エコー (モード変換エコー)	モード変換エコーは、反射によって超音波モードの変換があると考えられる場合に限る
	d 内表面エコー	
	e 底面エコー	記録対象外
	f 側面エコー	記録対象外
	g 端面エコー	記録対象外
	h 遅れエコー	記録対象外
B 金属組織エコー	a 溶接部エコー	
	b 林状エコー	
	c 境界面エコー	
	d 柱状晶伝搬エコー	
C 雑エコー	a クサビエコー	記録対象外
	b 残留エコー (ゴーストエコー)	記録対象外
	c 電気ノイズエコー	記録対象外
	d 水エコー (カプラントエコー)	記録対象外
D 要記録エコー	a 不連続部エコー	検出された反射源が RT フィルム等で判別可能な場合、溶接欠陥の分類に従って判定してもよい
	b 欠陥エコー	

(補足)

1. 括弧内のエコー名称を使用してもよい。
2. 明確に記録対象外に分類されるエコーと判断できる場合には、記録を要しない。

## 第3章 容器の超音波探傷試験要領

### 3000 容器の超音波探傷試験要領

本章は、容器に対する超音波探傷試験要領を示す。

#### 3100 適用範囲

本項は、クラス1及びクラス2容器のフェライト鋼突合せ溶接継手及び公称厚さが51mm以下のオーステナイト系ステンレス鋼突合せ溶接継手、管台内面の丸みの部分、フランジネジ穴のネジ部及びボルトの超音波探傷試験における試験要領について示す。本項に規定がなく第4章に規定のある探傷方法については、第4章の超音波探傷試験要領を準用する。(解説-3100-1)

なお、ボルトの試験要領は、ポンプ、配管及び弁のボルトに準用する。(解説-3100-2)

#### 3200 容器の突合せ溶接継手

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験要領について示す。

#### 3210 探傷方法一般

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験の一般事項を示す。

#### 3211 一般

- (1) 容器の突合せ溶接継手の試験は、垂直法及び斜角法により行う。斜角法の公称屈折角は、 $45^{\circ}$ 及び $60^{\circ}$ の2角度とするが、2つの公称屈折角あるいは試験対象部への入射角の差が少なくとも $10^{\circ}$ 以上ある場合は、他の角度の組合せを用いることができる。

なお、試験部の厚さが51mm以下の突合せ溶接継手の斜角法の公称屈折角は、原則として $45^{\circ}$ の1角度とするが、試験部の厚さなどの幾何学的形状のため $45^{\circ}$ が適さない場合は、他の屈折角を用いてもよい。

また、斜角探傷で検出した指示が、欠陥であるかどうか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、あるいは周波数、周波数帯域、焦点の有無、2次クリーピング波法による試験、フェーズドアレイ技術、板厚方向に深さのある反射源か否かを確認するための深さ測定等を追加して行うことができる。(解説-3211-1, 解説-4221-3, 解説-4221-4) なお、他の屈折角等による追加の確認探傷は、欠陥かどうか疑わしいか否かにかかわらず行ってもよい。

- (2) 次の試験を行う場合、他の屈折角を用いてもよい。
  - a. 胴とフランジの溶接継手で、フランジシート面から試験する場合。

- b. 管台の突合せ溶接継手を容器の内面から試験する場合。
  - c. 支持部材取り付け溶接継手を試験する場合。
  - d. 2段テーパ部を試験する場合。
- (3) 厚さが 51mm を超える容器の突合せ溶接継手を、内面のクラッド面から試験する場合は、 $45^\circ$  と  $60^\circ$  に加え  $70^\circ$  (送信側  $70^\circ$  , 受信側  $50^\circ$  の前後分割も含む) の縦波斜角法も行う。ただし、 $70^\circ$  で試験を行う場合の試験体積は、容器内面のクラッドと母材との境界部から母材側に 25mm の範囲に限ってよいものとする。

### 3220 垂直法による探傷方法

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、垂直法に関する試験要領を示す。

#### 3221 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超える場合) (図-3200-1)

- (1) 対比試験片の  $T/4$  ,  $2/4 T$  (設けられている場合) ,  $3/4 T$  位置にある横穴からの最大エコー高さのうち、最も高いもののエコー高さを表示器の全目盛の 80% に調整し、そのままの感度で他の位置にある横穴からの最大エコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。(解説-2520-1)
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。(解説-2520-2)

#### 3222 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-3200-2)

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (2) このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 3223 探触子の走査範囲

探触子の走査は、維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-3200-10, 図-3200-11)

### 3230 斜角法による探傷方法

本項は、容器の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、斜角法に関する試験要領を示す。

### 3231 基準感度の設定 (試験部の厚さが 51mm を超える場合) (図-3200-3)

- (1) 対比試験片の  $T/4$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(1/8)S] に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で (3/8)S のエコー高さを求める。
- (2) 対比試験片の (2/8)S のエコー高さ ( $2/4$ T 位置に横穴が設けられている場合) あるいは、(3/8)S のエコー高さが (1/8)S のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他のスキップのエコー高さを求める。(解説-3231-1)
- (3) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (4) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (5) 試験部にクラッドが施されている場合も、上記(1)～(4)項と同様に基準感度の設定を行う。

### 3232 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)

(図-3200-4, 図-3200-5)

- (1) 対比試験片の  $3/4$ T 位置の横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(3/8)S] に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で (5/8)S, (7/8)S, 可能ならば (1/8)S, (9/8)S でのエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (4) 探触子を接触させる面の反対面にクラッドが施されている場合等で、0.5S 以下で試験する場合には、 $T/4$ ,  $2/4$ T (設けられている場合),  $3/4$ T 位置の横穴からのエコー高さのうち最も高いエコー高さ [(1/8)S がとれない場合は、(2/8)S 又は (3/8)S の高い方のエコー高さ] を表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他のエコー高さを求め DAC 曲線とする。また、(1/8)S, (2/8)S, (3/8)S のうち一点しかとれない場合は、これを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

なお、DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

**3233 基準感度の設定** (試験部の厚さが 25 mm 以下の場合) (図-3200-6, 図-3200-7)

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(6/8)S] に探触子を置き, そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し, そのままの感度で (10/8)S, 可能なら (2/8)S でのエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び, 必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は, 必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (4) 探触子を接触させる面の反対面にクラッドが施されている場合, 又は縦波探触子を使用する場合等で, 0.5S 以下で試験する場合には, (2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し, そのままの感度で他のエコー高さを求め DAC 曲線とする。

また, (6/8)S がとれない場合は, (2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し, 必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

なお, DAC 回路を使用する場合は, 必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

**3234 基準感度の設定** (容器内面のクラッド面から  $70^\circ$  の縦波斜角法を用いて試験する場合) (図-3200-8)

- (1) 横穴を設けた対比試験片を用いて基準感度を設定する場合 (図-3200-8(1))
  - a. 対比試験片のクラッド面から 6 mm あるいはクラッドと母材との境界部に位置する直径 3.2mm の横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き, そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
  - b. 次に最大 13 mm ずつ深さの異なる最低 2 個の直径 3.2 mm の横穴からの最大エコー高さを表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように DAC 回路を使用して感度を調整する。
  - c. a. 項及び b. 項で校正した曲線を容器内面から 25mm 深さの範囲を満足するのに必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (2) ノッチを設けた対比試験片を用いて基準感度を設定する場合 (図-3200-8(2))

ノッチを設けた対比試験片で, ノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き, そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整し, このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

- (3) (1)項又は(2)項以外でも、本規程の発行以前の供用前検査又は供用期間中検査で適用していた対比試験片を用いて感度の調整を行ってもよい。

### 3235 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、超音波ビームが溶接線に対して直角方向及び平行方向に伝ばするように行う。(図-3200-9)
- (2) 溶接線に対して直角方向に探触子を走査する場合は、溶接線の両側（接合される両母材側）から超音波ビームを溶接線側に向けて行う。
- (3) 溶接線に対して平行方向に探触子を走査する場合は、超音波ビームが両方向から対向するように行う。
- (4) 試験部の幾何学的形状等のため溶接線の両側（接合される両母材側）からの探触子の走査が不可能な場合には、可能な側からの走査を行う。

### 3236 探触子の走査範囲

- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-3200-10, 図-3200-11)
- (2) 試験範囲のうち溶接金属については、対向する2方向のいずれの方向からも超音波が伝ばするよう探触子を走査する。  
また、母材及び熱影響部については、少なくとも1方向から超音波が伝ばするよう探触子を走査する。
- (3) 試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を拡げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。
- (4) (2)項の規定が満足できない場合は、2800項に従い、走査不可能範囲及び探傷不可能範囲を記録する。

### 3300 胴とフランジとの溶接継手

本項は、胴とフランジとの溶接継手に対する超音波探傷試験要領について示す。

### 3310 対比試験片

本項は、胴とフランジとの溶接継手の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

- (1) 校正用反射体  
対比試験片に設ける校正用反射体は、探傷面に平行に加工した横穴とする。
- (2) 対比試験片の形状
- a. フランジシート面から試験を行う場合



対比試験片の探傷面から横穴までの寸法は、フランジシート面から試験部までの超音波の伝ば距離に相当するものとする。

横穴の径は、胴体とフランジの溶接継手の厚さを、表-2343-1の試験部の厚さの区分として求めた穴径とする。

対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3300-1に示す。

b. 容器の外側から試験を行う場合

容器の外側から試験を行う場合の対比試験片の形状は、2343項「対比試験片の形状」を満足するようにする。

### 3320 探傷方法

胴とフランジとの溶接継手は、フランジシート面又は容器の外側から試験を行う。

(1) フランジシート面から試験を行う場合

垂直法又は屈折角が $20^\circ$ 以下の斜角法により試験を行う。

a. 基準感度の設定 (図-3300-2)

(a) 対比試験片の横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。

(b) 探傷面からの距離が異なる横穴が設けられている場合は、最も大きいエコー高さを表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からの最大エコー高さを求める。それぞれの横穴からの最大エコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。

(c) DAC回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の80%又は50%になるように感度を調整する。

b. 探触子の走査範囲

探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

(2) 容器の外側から試験を行う場合

容器の突合せ溶接継手の探傷方法を適用して、容器の外側から試験を行う場合は、3200項に基づき試験をする。

### 3400 管台内面の丸みの部分

本項は、管台内面の丸みの部分に対する超音波探傷試験要領について示す。

### 3410 対比試験片

本項は、管台内面の丸みの部分の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。



(1) 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体は、管台内面の丸みの部分を代表する位置に加工したノッチとする。

(2) 対比試験片の形状

対比試験片の探触子を当てる位置からノッチまでの寸法は、探触子を当てる位置から内面の丸みまでの超音波の伝ば距離に相当するものとする。ノッチの深さは、管台が取り付けられている胴又は鏡の母材厚の3%以下(クラッド厚さを除く)とする。

- a. 容器の外側から試験する場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3400-1に示す。
- b. 容器の内側から試験する場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3400-2に示す。

### 3420 探傷方法

管台内面の丸みの部分は、斜角法により容器の外側又は内側から試験を行う。試験部への超音波の入射方向は、胴又は鏡の内径と管台の内径とが丸みで交わる部分を管台の内径にそって結んだ円(以下「管台のコーナ円」という)に対して接線方向又は法線方向のいずれかとする。斜角法の屈折角は、対比試験片に設けられたノッチが検出でき、かつ、超音波が試験範囲に伝ばできるものとする。(解説-3420-1, 解説-3420-2)

(1) 基準感度の設定 (図-3400-3)

- a. 対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。
- b. 探傷面からの距離が異なるノッチが設けられている場合には、管台ごとに定めたノッチからの最大エコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他のノッチからの最大エコー高さを求める。それぞれのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。
- c. DAC回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。
- d. 容器の内側から試験する場合は、対比試験片のノッチからのエコー高さが表示器の全目盛の50%になるように感度を調整する(図-3400-4)。

(2) 探触子の走査方向

- a. 管台のコーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合には、探触子を胴、鏡又は管台の外側に置き、超音波が管台のコーナ円の中心軸に向かうように走査する。
- b. 管台のコーナ円の接線方向に超音波を入射させて試験する場合には、探触子

を管台のコーナ円に対して時計廻り及び反時計廻りに超音波が向かうように走査する。

(3) 探触子の走査範囲

探触子の走査は、維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

### 3500 フランジネジ穴のネジ部

本項は、フランジネジ穴のネジ部に対する超音波探傷試験要領について示す。

#### 3510 対比試験片

本項は、フランジネジ穴のネジ部の超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

(1) 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体は、探傷面に平行に加工した横穴又はネジ底に加工したノッチとする。

(2) 対比試験片の形状

対比試験片の長さは、試験部の必要な時間軸範囲にわたって DAC 曲線が得られる長さとする。横穴を設ける試験片の穴径は、試験範囲の最大寸法を表-2343-1 の試験部の厚さの区分として求めた穴径以下とする。また、ノッチを設ける試験片には、試験部と同等のネジを有し、ノッチの深さは、ネジ底から 3.2mm 以下とする。対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3500-1 に示す。

#### 3520 探傷方法

フランジネジ穴のネジ部は、垂直法によりフランジ面から試験を行う。

(1) 基準感度の設定 (図-3500-2)

対比試験片の横穴又はノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他の位置にある横穴又はノッチからの最大エコー高さを求める。これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

(2) 探触子の走査範囲

探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

## 3600 ボルト

本項は、ボルトに対する超音波探傷試験要領について示す。

### 3610 対比試験片

本項は、ボルトの超音波探傷試験に使用する対比試験片について示す。

#### (1) 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体は、探傷面に垂直に加工した平底穴又はネジ底に加工したノッチとする。

#### (2) 対比試験片の形状

ボルトを試験する場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-3600-1 に示す。

### 3620 探傷方法

ボルトは、端面から垂直法又は検査穴から斜角法により試験する。(解説-3620-1)

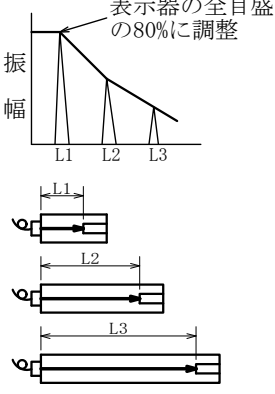
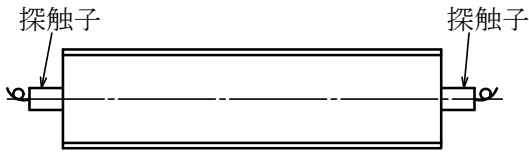
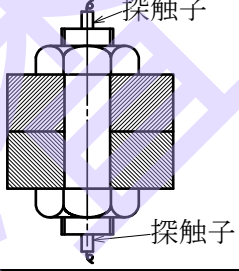
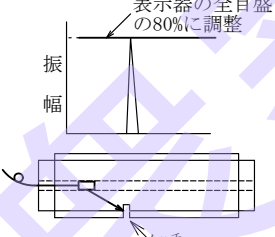
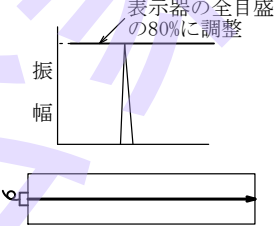
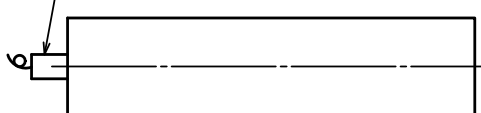
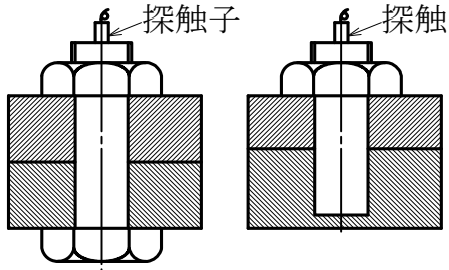
#### (1) 基準感度の設定 (表-3600-1)

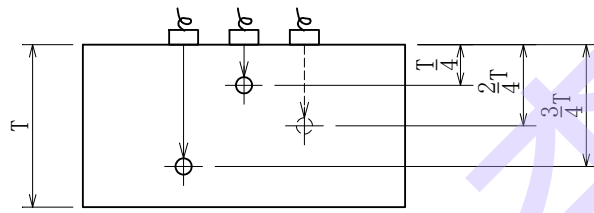
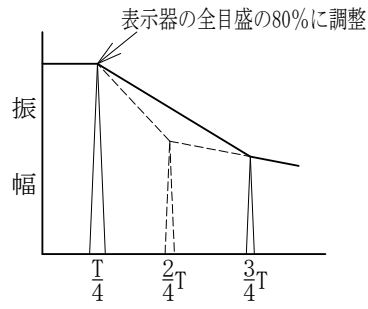
- a. 対比試験片を使用し垂直法により試験する場合は、平底穴を設けた対比試験片で平底穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。そのままの感度で他の平底穴からの最大エコー高さを求め、各平底穴からの最大エコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。
- b. 対比試験片を使用せず垂直法により試験する場合は、探触子をボルト端面に当てたとき健全部における反対側端面からのエコー高さ(第一底面反射波)を表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。
- c. 斜角法により試験する場合は、ノッチを設けた対比試験片でノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整する。このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。

#### (2) 探触子の走査範囲

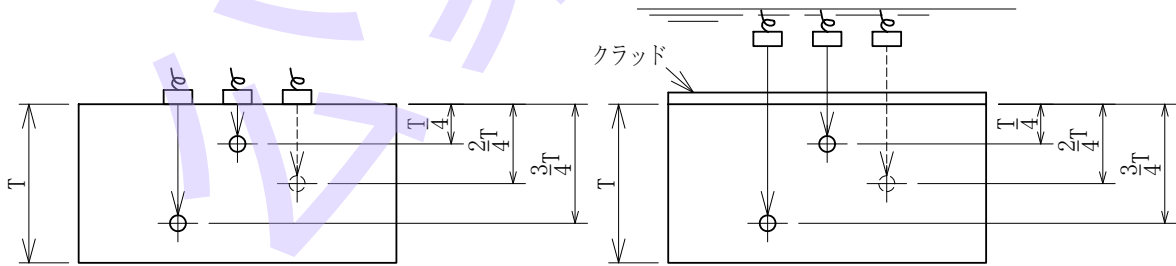
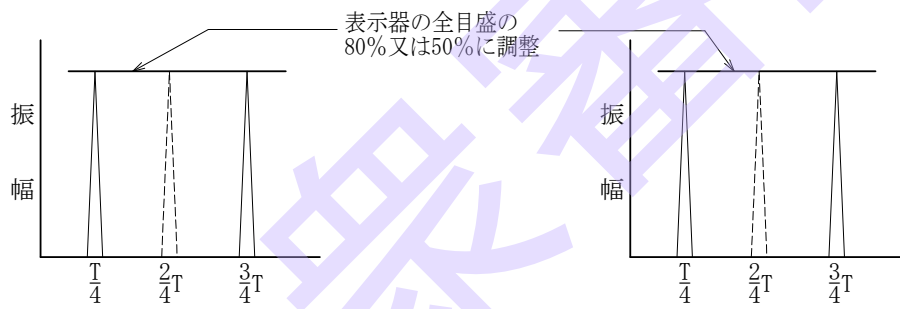
探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。

表-3600-1 ボルトの探傷方法，基準感度の設定

探傷方法	試験片	基準感度の設定方法	ボルトの形状及び探傷要領
試験片方式	垂直法 試験体端面から探傷		<p>ボルトの形状及び探傷要領 ボルトの両側から探傷する</p> <p>【ボルトが取り外された状態】</p>  <p>【ボルトがフランジに取り付けられた状態】</p> 
	斜角法 ボルト穴から探傷		/
底面エコー方式	垂直法 試験体端面から探傷		<p>ボルトの片側から探傷する</p> <p>【ボルトが取り外された状態】</p>  <p>【ボルトがフランジに取り付けられた状態】</p> <p>a. 両端解放の場合    b. 片側埋込の場合</p> 



(1) DAC回路を使用しない場合



(i) 直接接触法 (局部水浸法を含む)

(ii) 水浸法

(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $2/4T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-3200-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが25mmを超える場合)

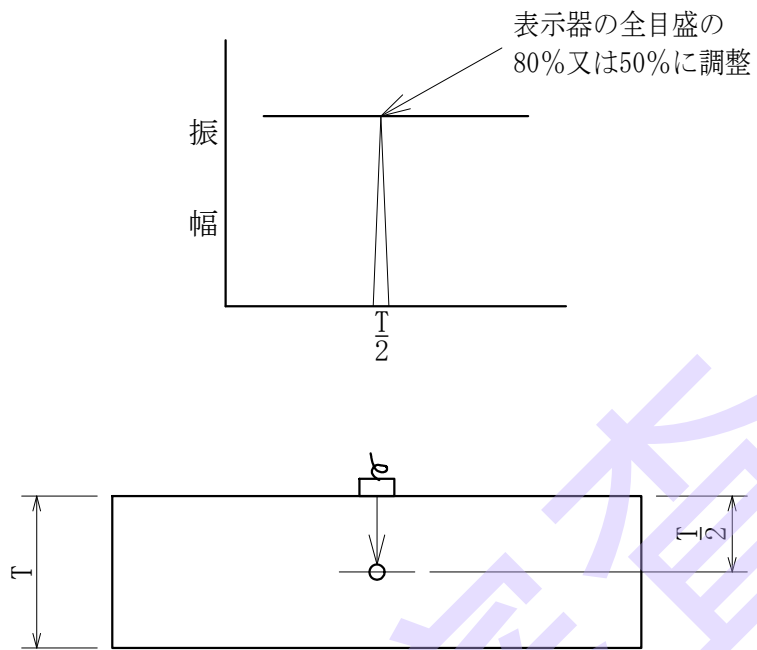
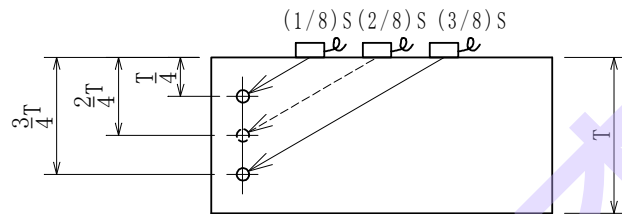
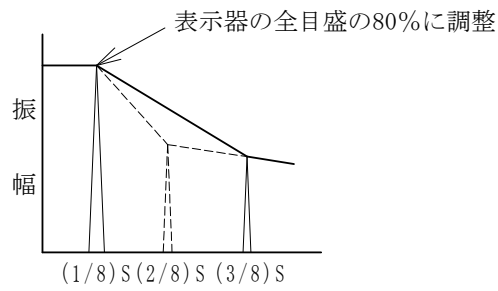
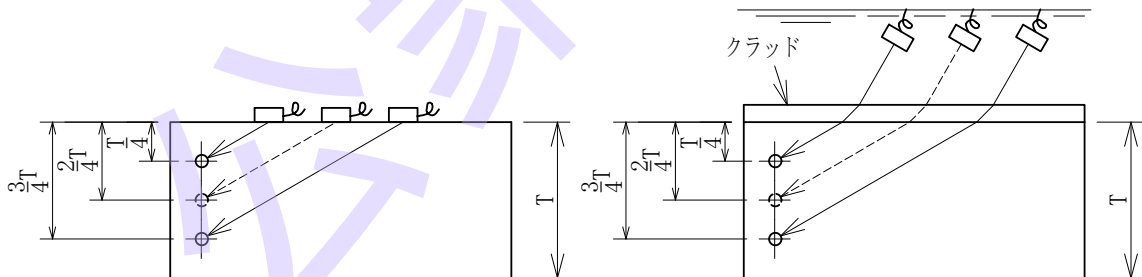
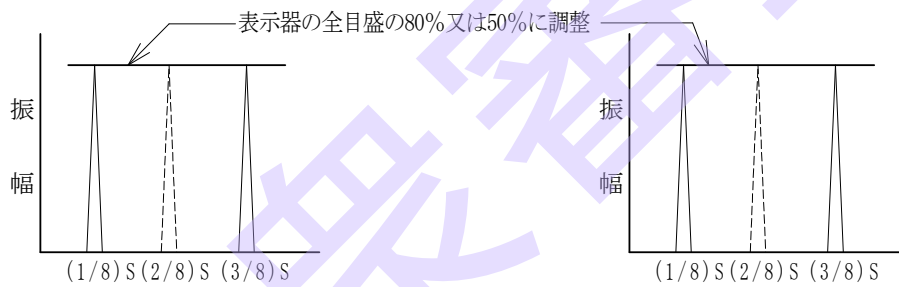


図-3200-2 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)



(1) DAC 回路を使用しない場合



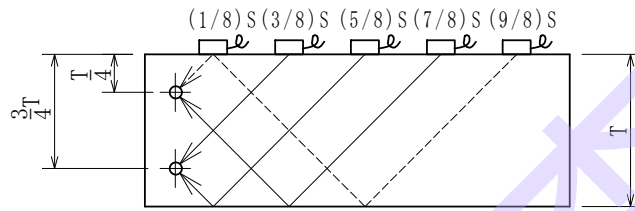
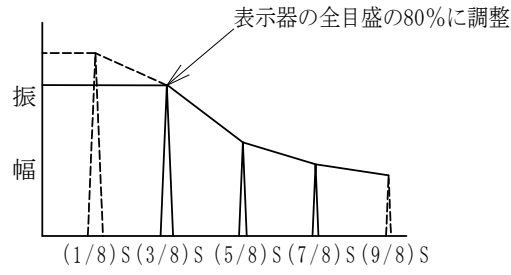
(i) 直接接触法

(ii) 水浸法

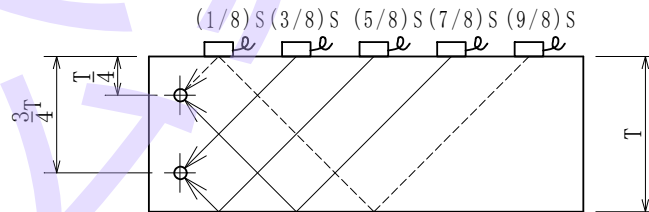
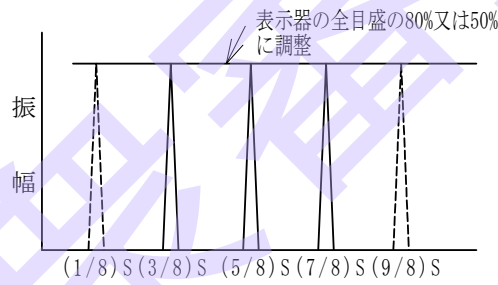
(2) DAC 回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-3200-3 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 51mm を超える場合)



(1) DAC 回路を使用しない場合

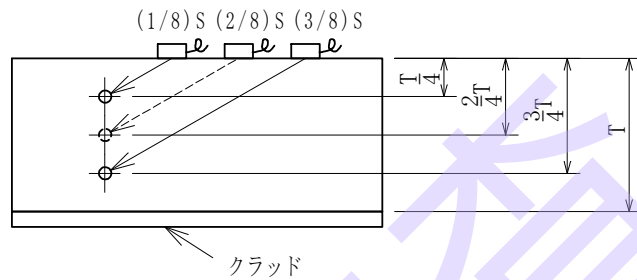
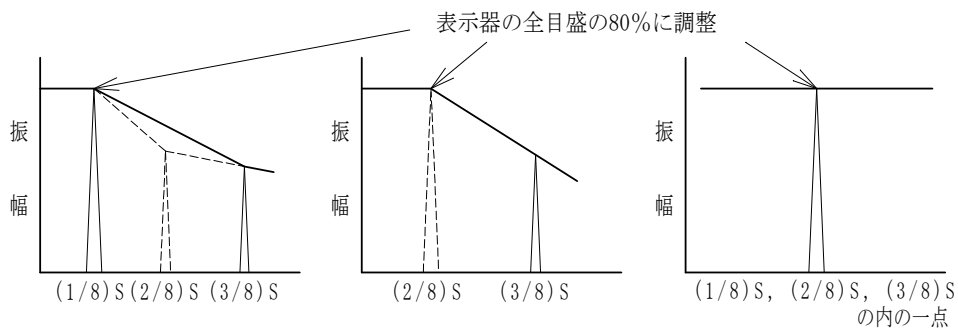


(2) DAC 回路を使用する場合

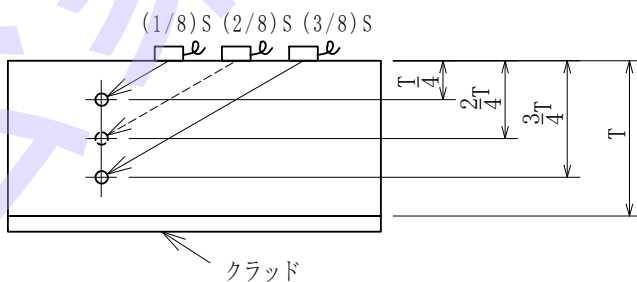
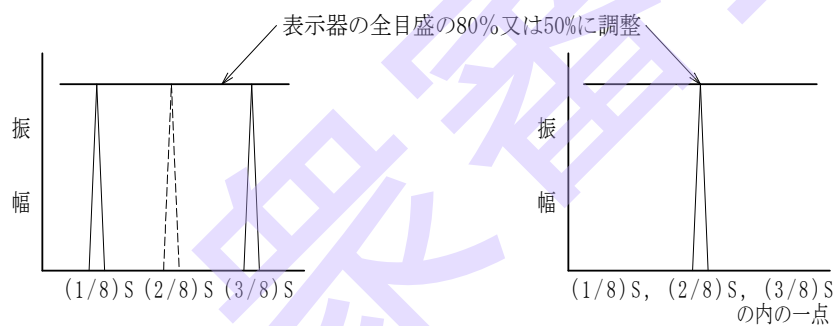
(備考) 破線は、(1/8)S, (9/8)S からのエコーが得られる場合とする。

図-3200-4 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)





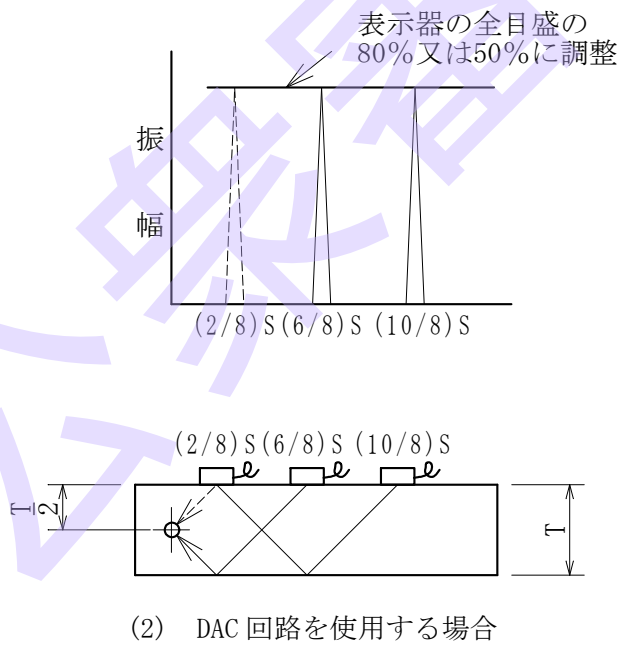
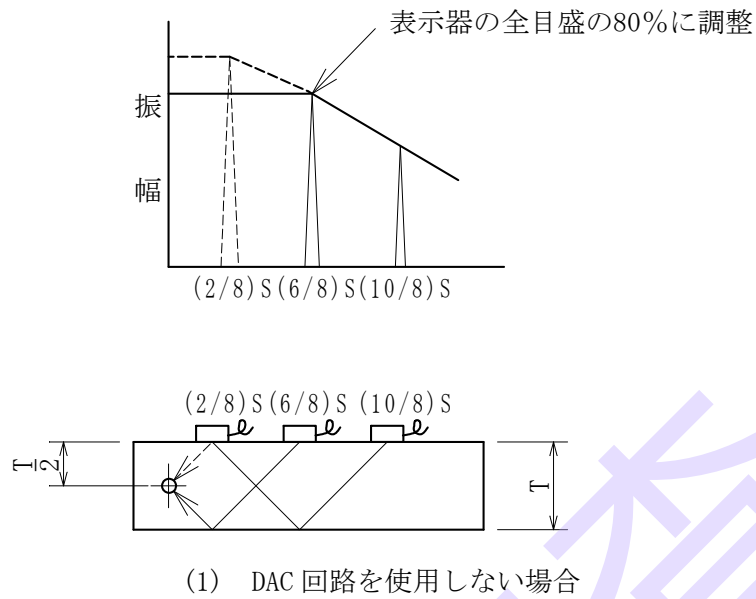
(1) DAC回路を使用しない場合



(2) DAC回路を使用する場合

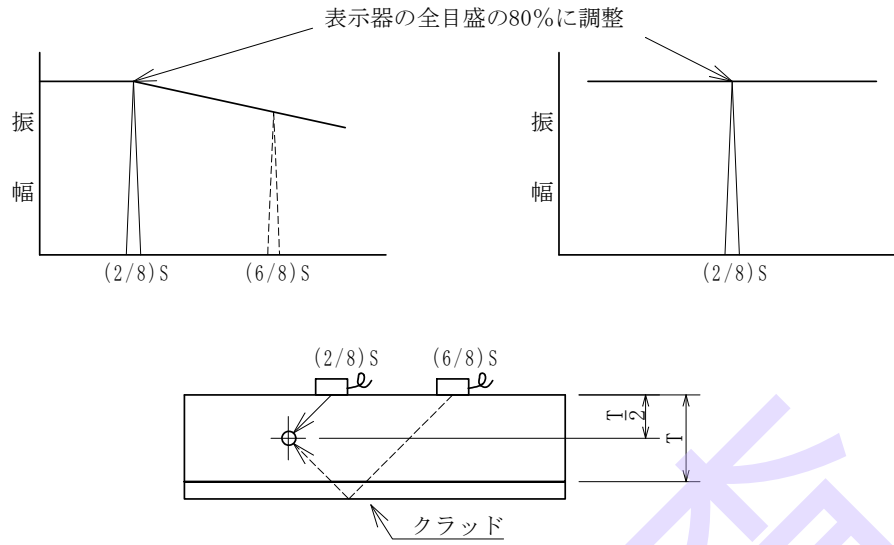
(備考) 破線は、 $2/4 T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-3200-5 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)

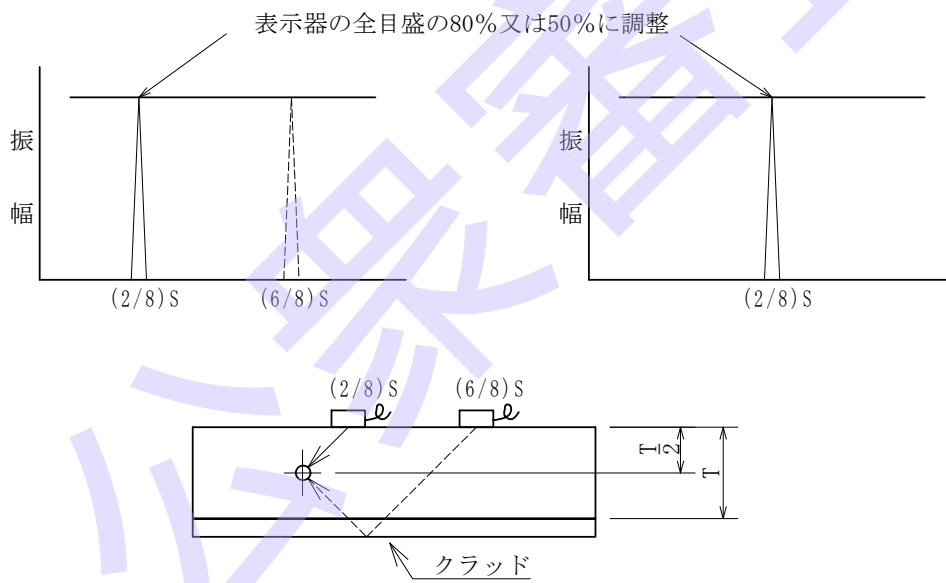


(備考) 破線は、(2/8)S からのエコーが得られる場合とする。

図-3200-6 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)



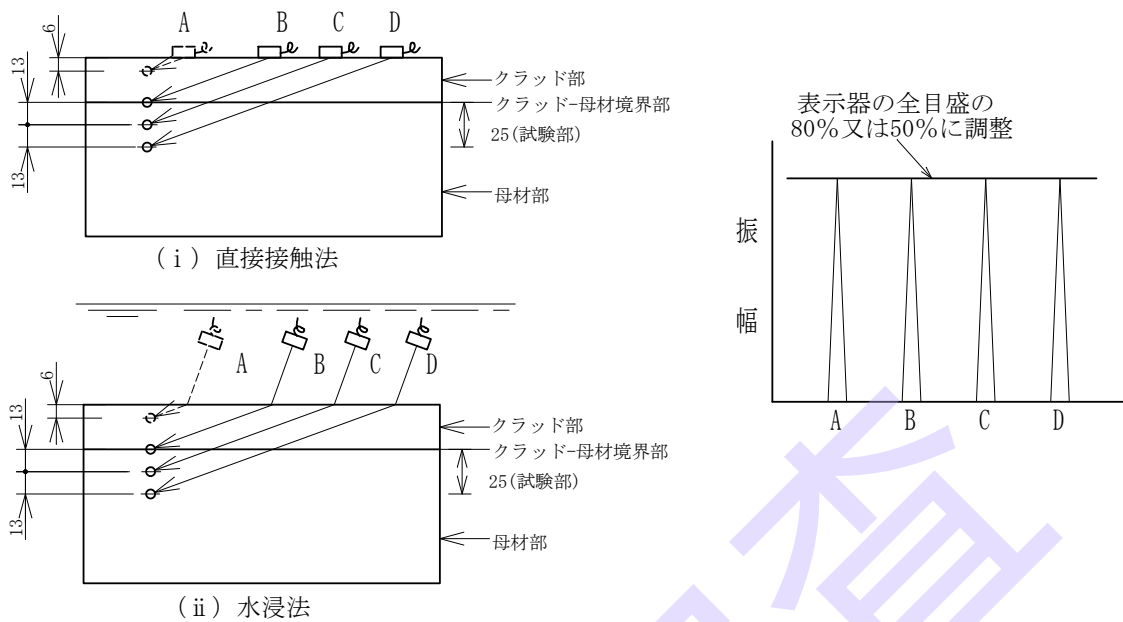
(1) DAC 回路を使用しない場合



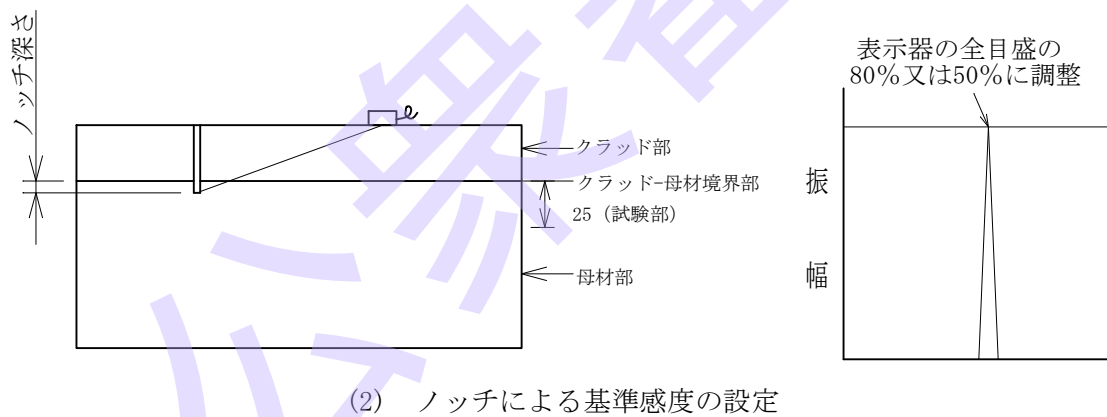
(2) DAC 回路を使用する場合

(備考) 破線は、(6/8)S からのエコーが得られる場合とする。

図-3200-7 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)



(1) 横穴による基準感度の設定 (DAC回路を使用する場合)

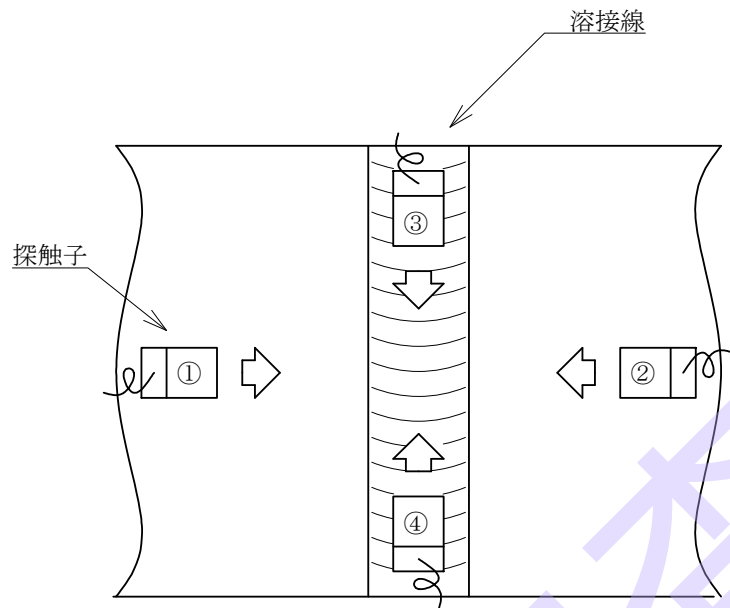


(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. ノッチの深さは、クラッドを貫通して母材側に胴の厚さの3%以下とする。

図-3200-8 突合せ溶接継手の基準感度の設定

(容器内面のクラッド面から  $70^\circ$  の縦波斜角法を用いて試験する場合)

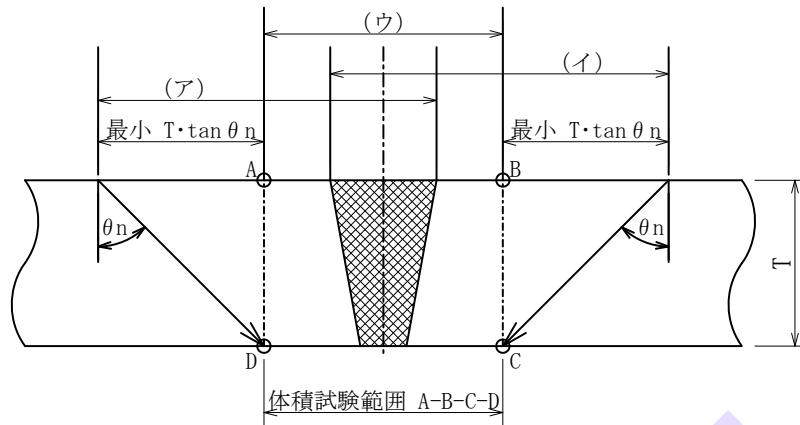


①②：溶接線に対して直角方向の走査

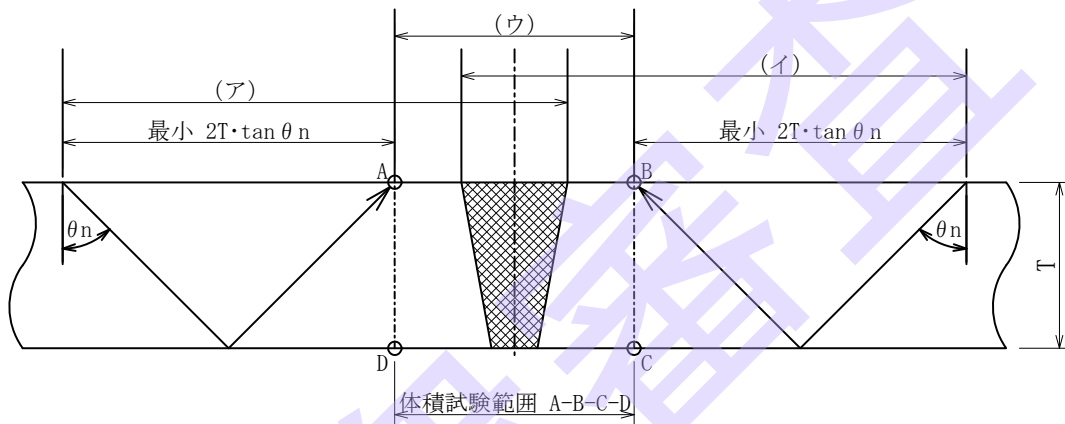
③④：溶接線に対して平行方向の走査

⇨：超音波ビームの方向

図-3200-9 突合せ溶接継手に対する走査方向



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

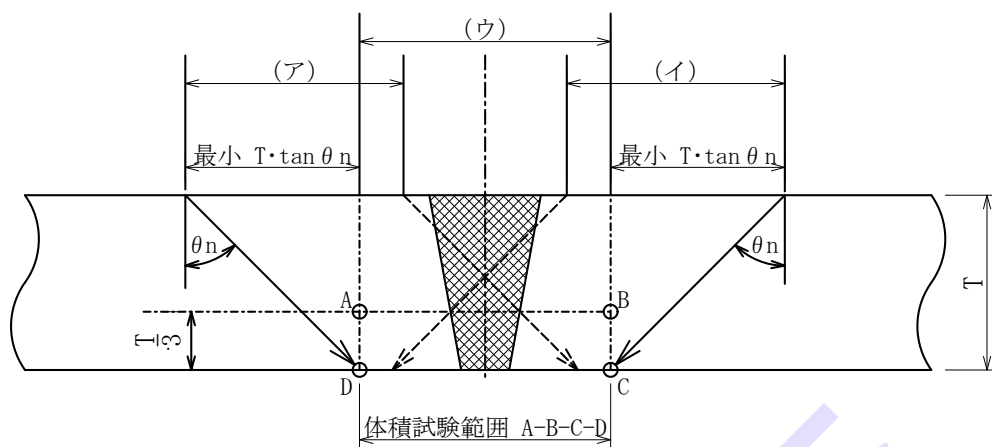


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

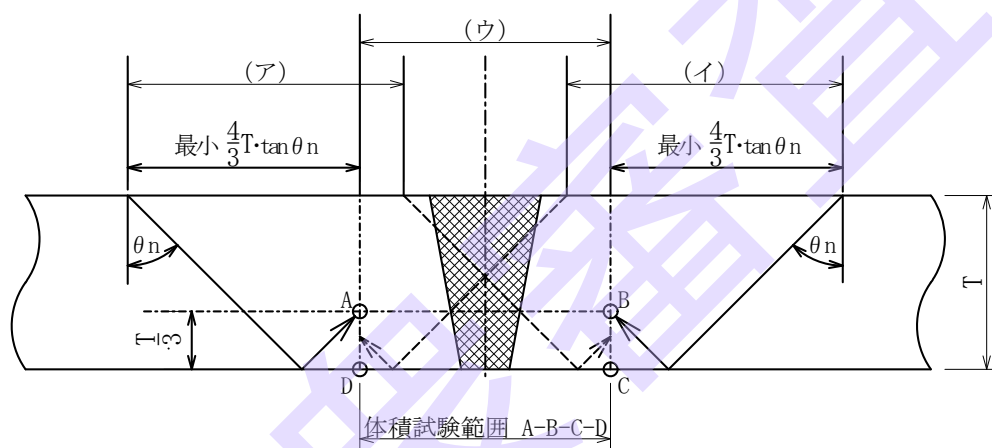
(備考)

1. (ア), (イ) は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ) は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. T は, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さの何れを用いてもよい。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合の T は, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合の T はクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

図-3200-10 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さが T の場合)



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

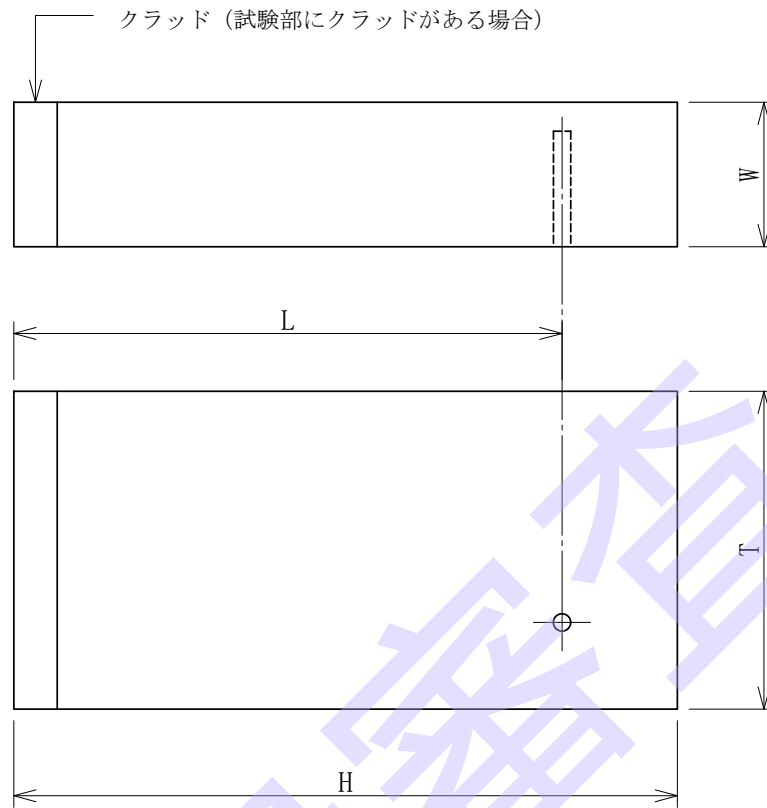


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

(備考)

1. (ア), (イ) は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ) は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. T は, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合の T は, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合の T はクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

図-3200-11 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さが  $T/3$  の場合)



(備考)

1.  $T$  は、胴とフランジの溶接部の厚さ以上とする。
2.  $L$  は、フランジシート面から溶接部の代表的な位置までの寸法と同じとする。
3. 横穴の径は、胴とフランジの溶接部の厚さを表-2343-1 の試験部の厚さの区分として求めた穴径とする。
4. 横穴の深さは、40mm 以上で試験に必要な長さとする。
5.  $W$ ,  $H$  は、試験に必要な長さとする。
6. 横穴は、試験範囲の他の位置に複数個設けてもよい。

図-3300-1 胴とフランジとの溶接継手の対比試験片の例



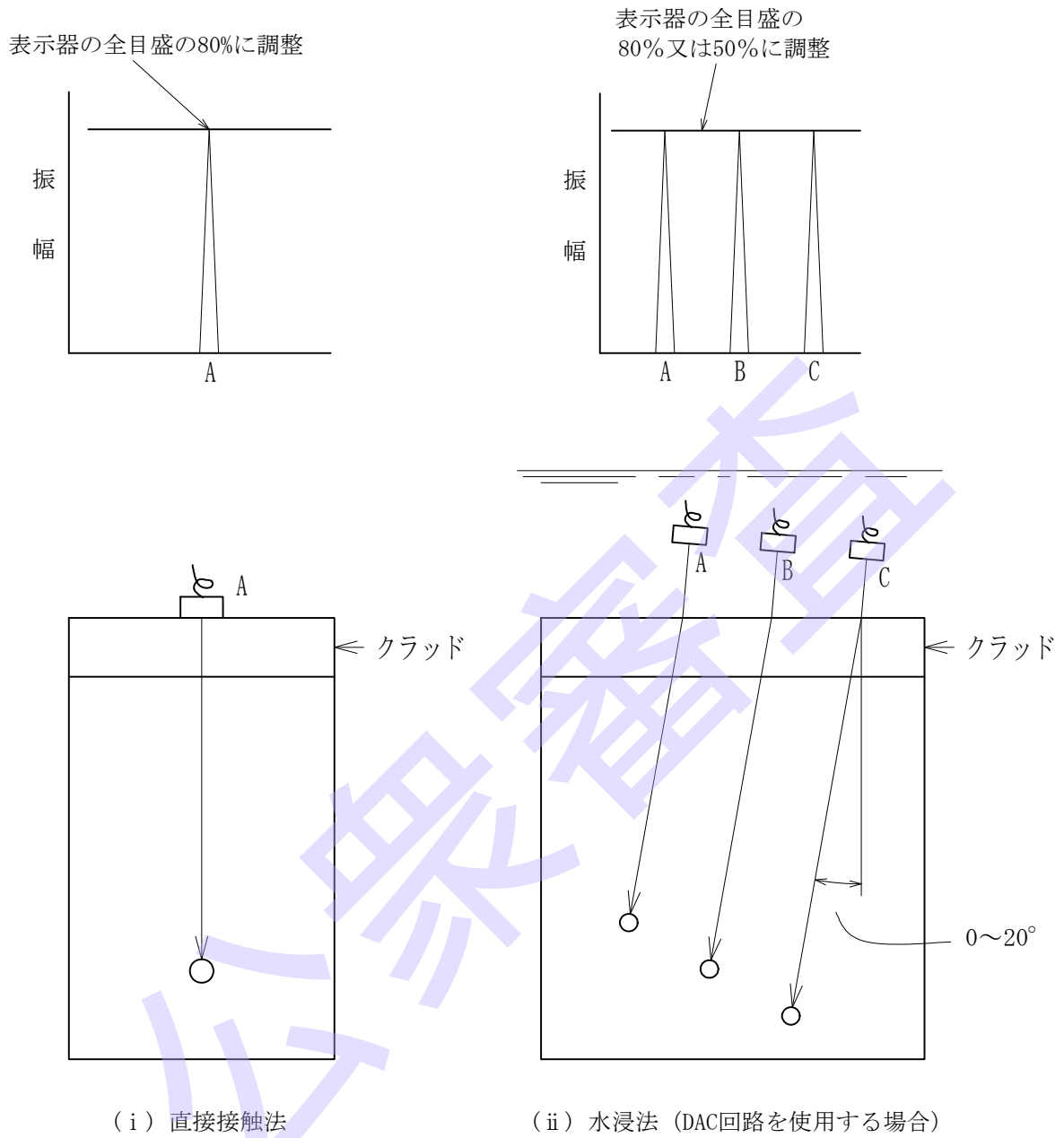
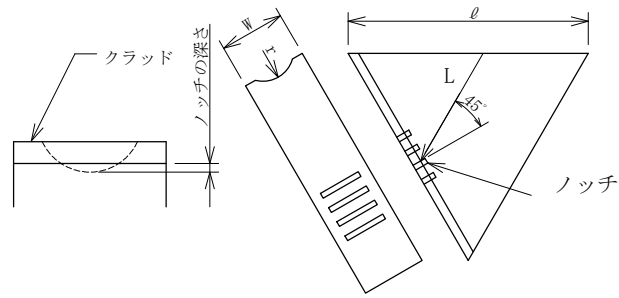
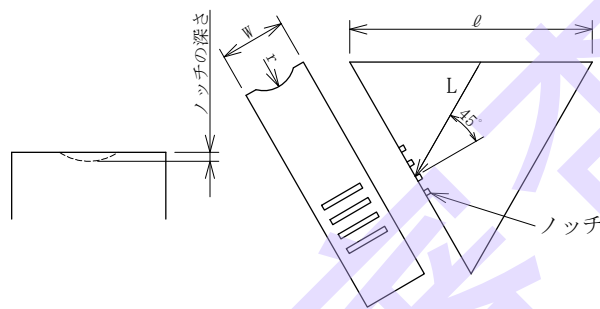


図-3300-2 胴とフランジとの溶接継手の基準感度の設定



(1) 容器の外表面から試験する場合(クラッドが施されている場合)

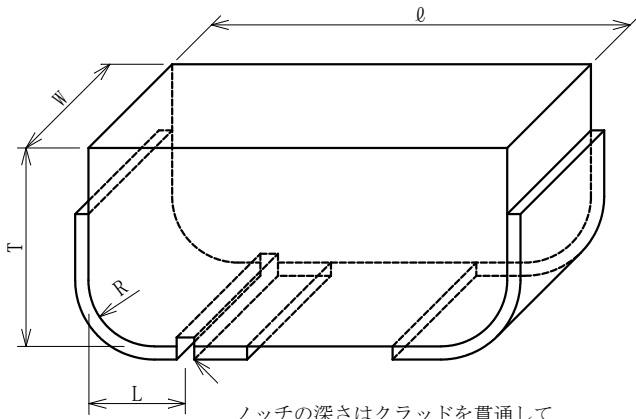


(2) 容器の外表面から試験する場合(クラッドが施されていない場合)

(備考)

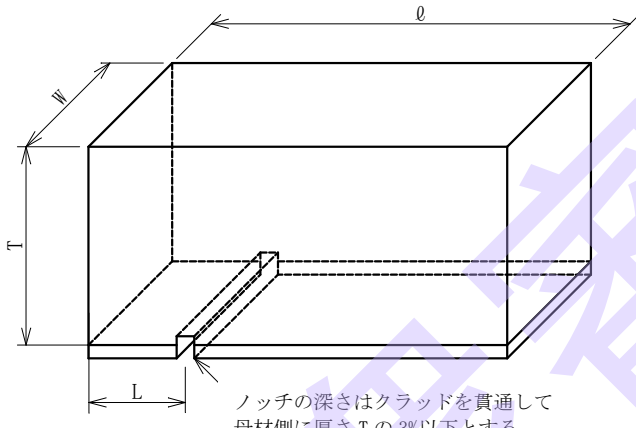
1.  $r$  は、探触子を走査する面の半径と同等とする。
2.  $l$ ,  $L$ ,  $W$  は、試験に必要な長さとする。
3. ノッチの深さは、クラッドを貫通して母材側に胴又は鏡の厚さの 3%以下とする。

図-3400-1(1) 管台内面の丸みの部分の対比試験片の例 (容器の外表面から試験する場合)



ノッチの深さはクラッドを貫通して母材側に厚さTの3%以下とする。

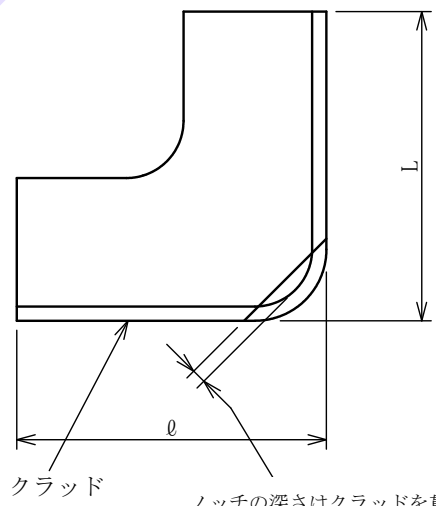
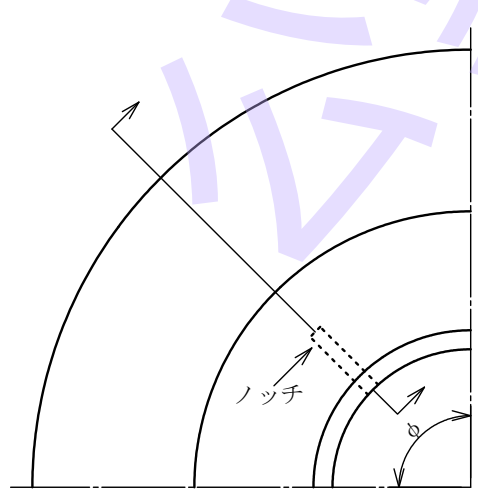
- (備考)
1. Tは、接触部の厚さを代表する二種類以上の寸法とする。
  2. Rは、内面の丸みを代表する半径とする。
  3. W, L, lは、試験に必要な長さとする。



ノッチの深さはクラッドを貫通して母材側に厚さTの3%以下とする。

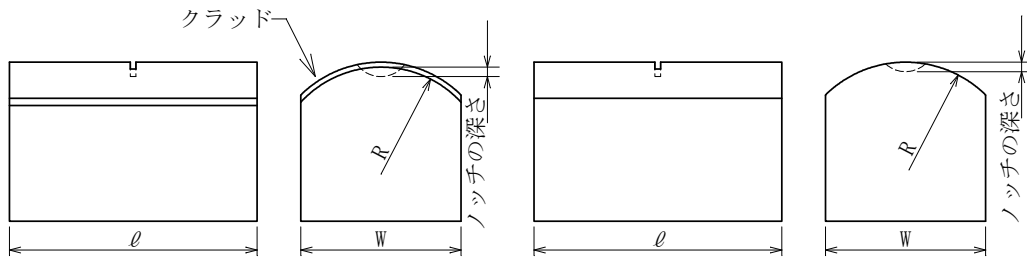
- (備考)
1. Tは、接触部の厚さを代表する二種類以上の寸法とする。
  2. W, L, lは、試験に必要な長さとする。

(3) 管台コーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合



ノッチの深さはクラッドを貫通して母材側に胴又は鏡の厚さの3%以下とする。

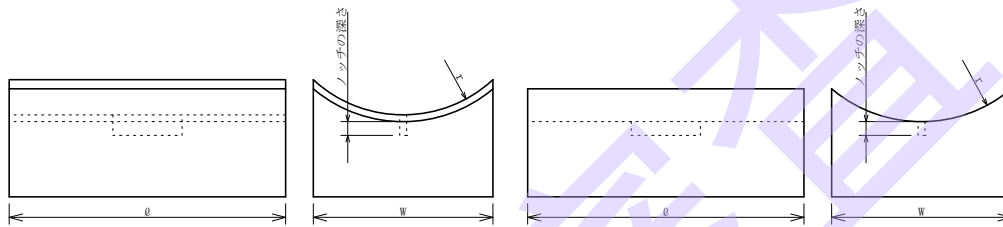
- (4) 対比試験片の代替例 (管台コーナ円の接線方向に超音波を入射させて試験する場合)  
 図-3400-1 (2) 管台内面の丸みの部分の対比試験片の例 (容器の外面から試験する場合)



クラッドが施されている場合

クラッドが施されていない場合

(1) 容器の内面から試験する場合（内面の丸みの部分）

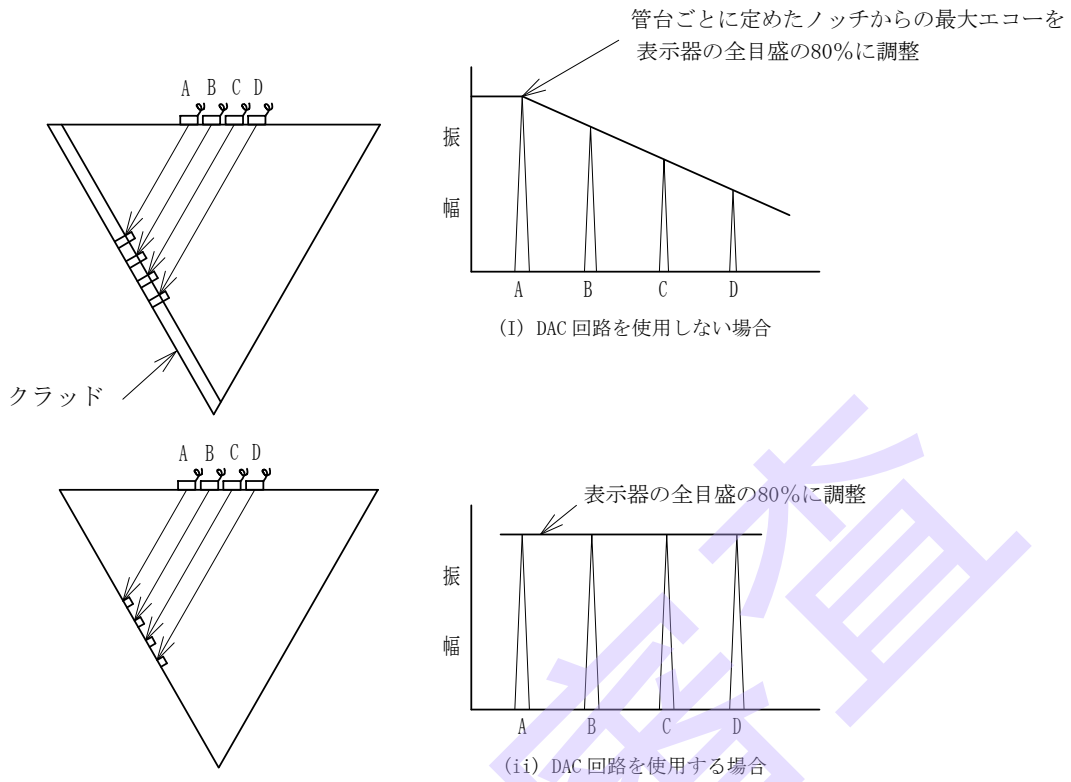


(2) 容器の内面から試験する場合（内面の丸みにつながる管内面の部分）

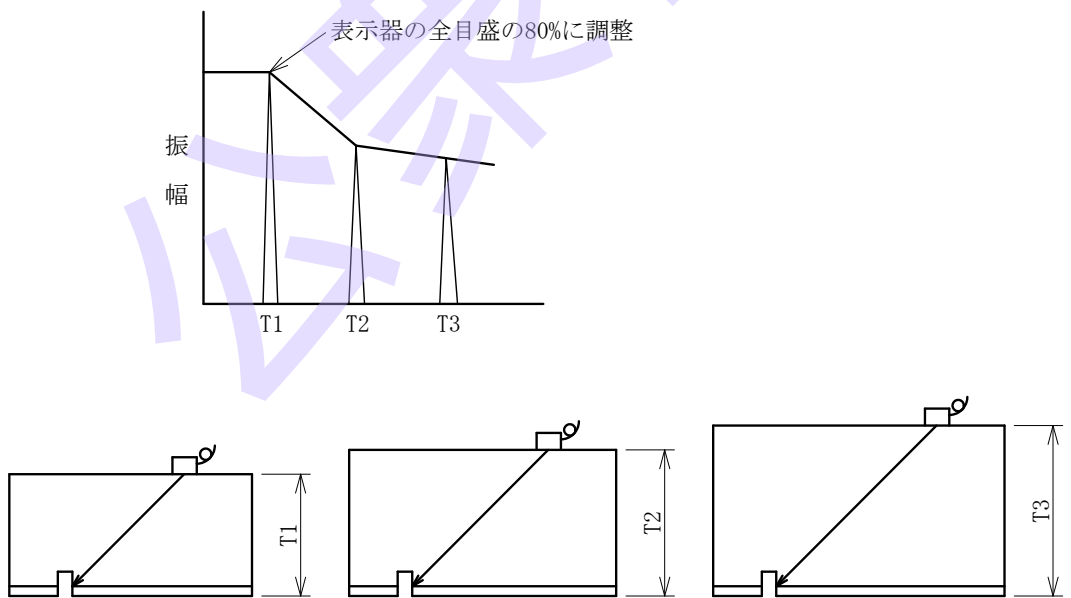
(備考)

1.  $R$  は、試験する管台内面の丸みの半径と同等とする。  
 $r$  は、探触子を走査する面の半径と同等とする。
2.  $\ell$ ,  $W$  は、試験に必要な長さとする。
3. ノッチの深さは、クラッドを貫通して母材側に胴又は鏡の厚さの 3%以下とする。

図-3400-2 管台内面の丸みの部分の対比試験片の例（容器の内面から試験する場合）

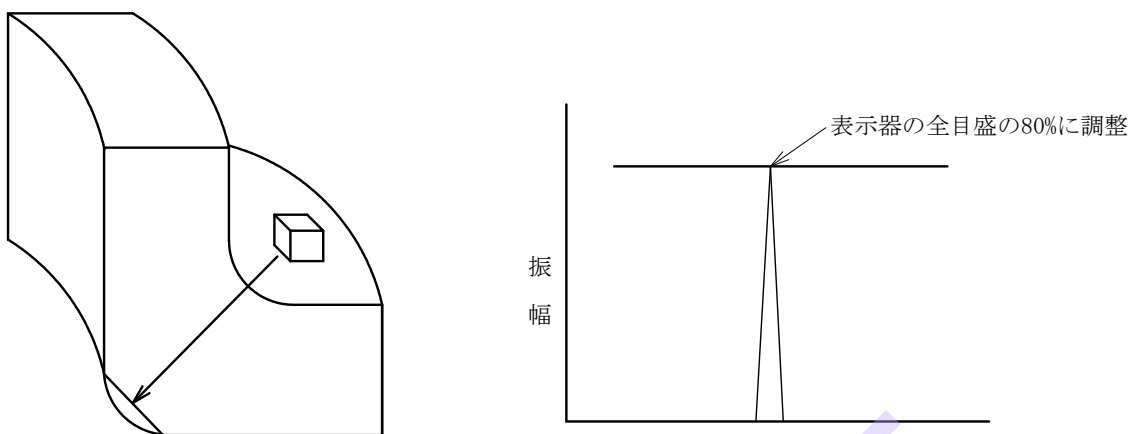


(1) 容器の外側から試験する場合



(2) 管台コーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合

図-3400-3(1) 管台内面の丸みの部分の基準感度の設定 (容器の外側から試験する場合)



(備考)

1. 試験片の断面形状, 厚さ, 丸みの半径は試験する管台と同等とする。
2.  $L$ ,  $\theta$ ,  $\phi$  は試験に必要な長さ, 角度とする。
3. ノッチの断面形状は, 円弧又は直線とする。

(3) 代替の対比試験片を用いる場合

図-3400-3(2) 管台内面の丸みの部分の基準感度の設定 (容器の外面から試験する場合)

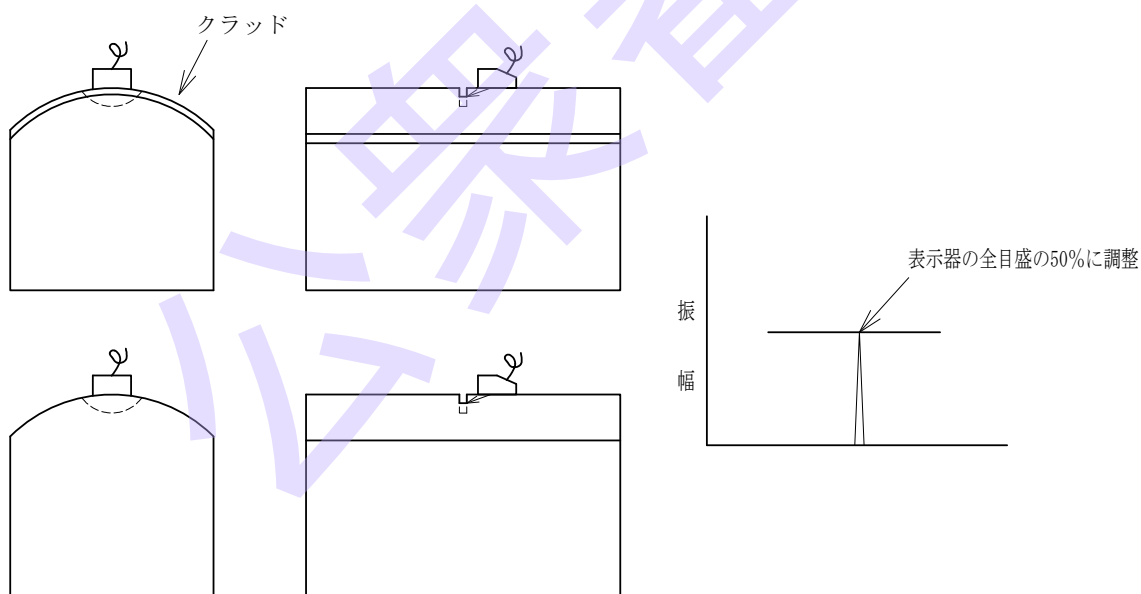
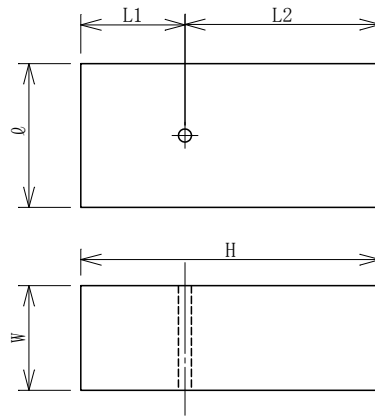


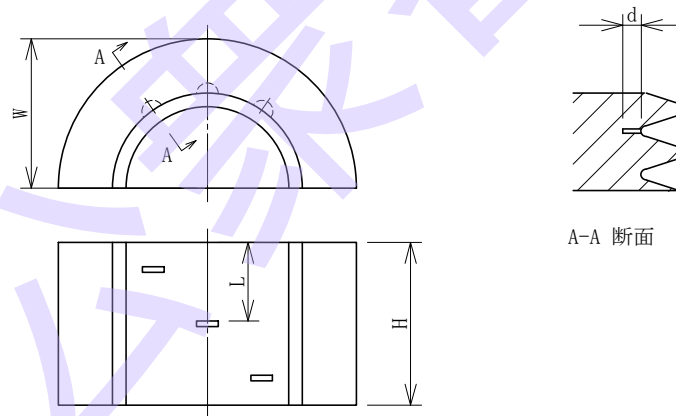
図-3400-4 管台内面の丸みの部分の基準感度の設定 (容器の内面から試験する場合)



(1) 横穴を設けたもの

(備考)

1. H は、試験範囲の最大寸法以上とする。L1, L2 は、試験範囲を代表する2種類の寸法とする。
2. 横穴の径は、試験範囲の最大寸法を表-2343-1の接触部の厚さの区分として求めた穴径以下とする。
3. 横穴の深さは、40mm以上で試験に必要な深さとする。
4. 横穴は、試験範囲の他の位置に複数個設けてもよい。
5. W, l は、試験に必要な長さとする。



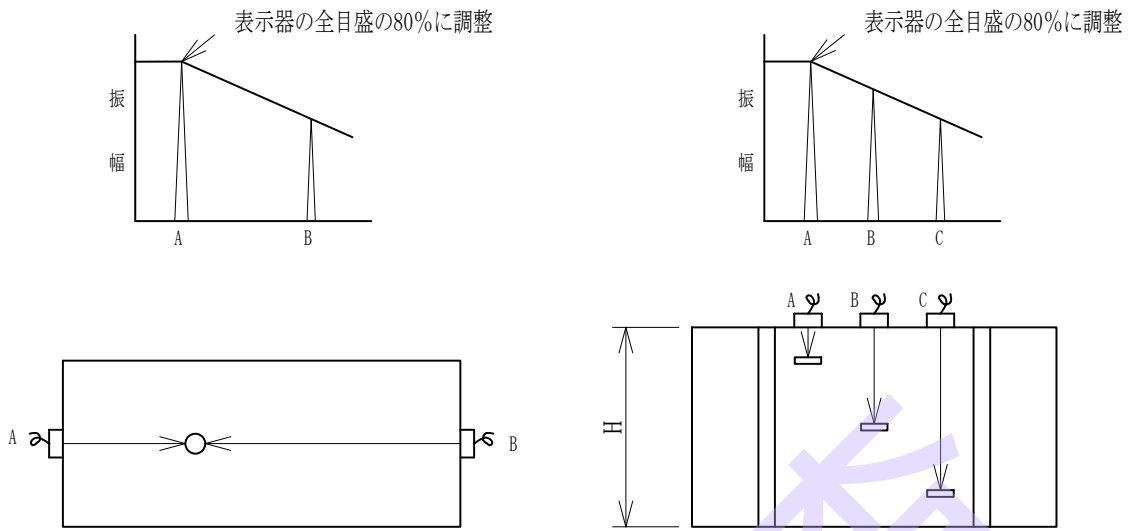
A-A 断面

(2) ネジ底にノッチを設けたもの

(備考)

1. ネジの山径, 谷径, ピッチ, ネジ山角度は、試験部のネジと同等のものとする。
2. H は、試験部のネジの深さと等しい長さとする。
3. ノッチの深さ d は、3.2mm 以下、ノッチ断面形状は、円弧又は直線とする。
4. L は、接触部からネジの終端までの距離を代表する2種類以上の寸法とする。
5. H, W は、試験に必要な寸法とする。

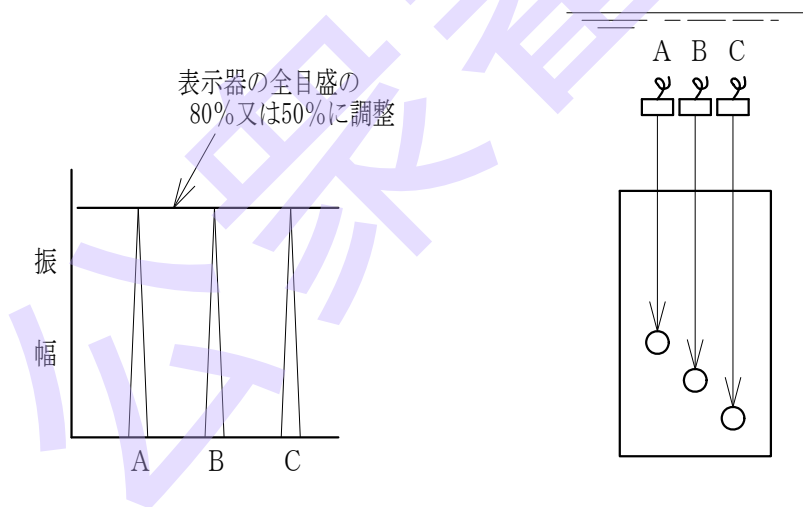
図-3500-1 フランジネジ穴のネジ部の対比試験片の例



(i) 横穴を設けた対比試験片による場合

(ii) ノッチを設けた対比試験片による場合

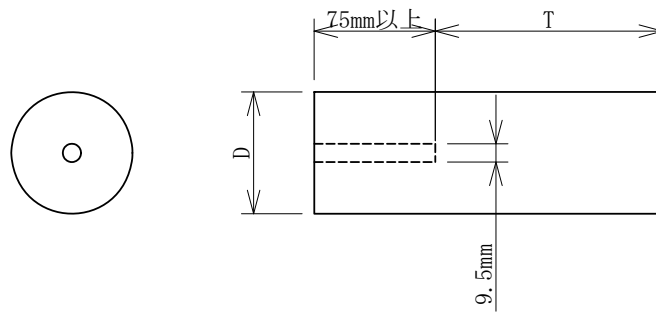
(1) 直接接触法



(2) 水浸法 (DAC回路を使用する場合)

図-3500-2 フランジネジ穴のネジ部の基準感度の設定

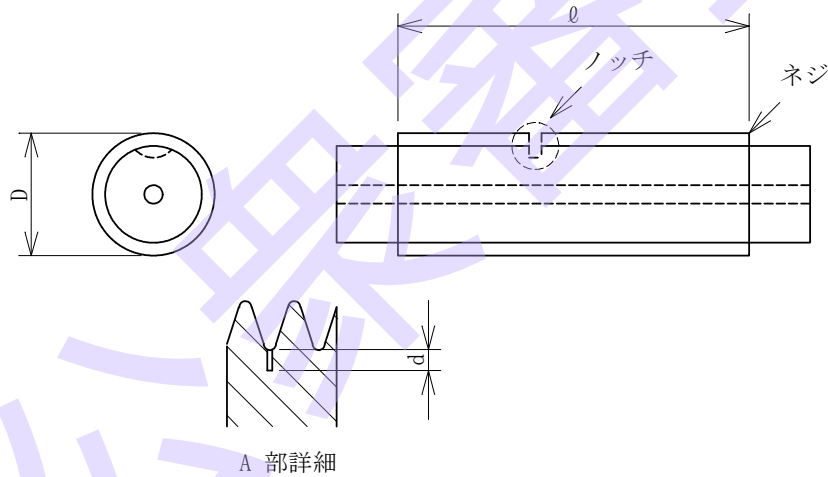




(1) 平底穴を設けたもの

(備考)

1. Tは、それぞれ 75mm、試験される材料の $\frac{1}{4}$ の長さ及び試験される材料の $\frac{1}{2}$ の長さとする。
2. Dは、試験される材料の径と同等とする。



(2) ネジ底にノッチを設けたもの

(備考)

1. Dは、試験部のネジの山径と同等とする。
2. ネジの山径、谷径、ピッチ、ネジ山角度は、試験部のネジと同等のものとする。
3. ノッチの深さ d は、3.2mm 以下、ノッチ断面形状は、円弧又は直線とする。
4. ノッチの位置は、試験に支障のない位置とする。
5. lは、試験に必要な長さとする。

図-3600-1 ボルトの対比試験片の例

## 第4章 配管の超音波探傷試験要領

### 4000 配管の超音波探傷試験要領

本章は、配管の超音波探傷試験要領を示す。

#### 4100 適用範囲

クラス1及びクラス2の管の溶接継手、及び容器管台とセーフエンド溶接継手で、公称厚さが6mm以上150mm以下の突合せ溶接継手の超音波探傷試験における試験要領について示す。

なお、ボルトの試験要領は、3600項を準用する。

#### 4200 配管の突合せ溶接継手

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験要領について示す。なお、容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手については4300項、オーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手については4400項、オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷については4500項による。

#### 4210 対比試験片

対比試験片は以下に特に定める項目以外は2340項による。

#### 4211 縦波斜角法の校正用反射体

縦波斜角法による場合(オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を除く)には、横穴に加えてノッチを使用し、深さは板厚の10%以内、長さは40mm以上とする。

#### 4212 2次クリーニング波法の対比試験片の形状

2次クリーニング波法で用いる対比試験片は以下のいずれかとする。ただし、従来から継続して使用している対比試験片がある場合にはこれを使用してもよい。

なお、基準とするノッチの深さは試験部の厚さの5%以下又は1.0mm、長さは使用する振動子寸法以上の長さを持つものとする。

- (1) 4210項で規定する対比試験片に、基準ノッチを設けたもの。
- (2) 平板試験片に基準ノッチを設けたもの。この場合の対比試験片の形状及び反射体配置の例を図-4212-1に示す。(解説-4212-1)

#### 4220 探傷方法一般

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験の一般事項を示す。

#### 4221 一般

配管の突合せ溶接継手の試験は、垂直法及び斜角法により行う。ただし、垂直法については、過去に、現在の校正方法・記録レベルが同一の条件で探傷した ISI 等の客観的記録があり、要記録エコーが記録されていない部位については斜角法のみとする。(解説-4221-1)

斜角法の公称屈折角は、原則として  $45^\circ$  とするが、試験部の厚さなどの幾何学的形状のため  $45^\circ$  が適さない場合には、他の屈折角を用いてもよい。(解説-4221-2)

また、斜角探傷で検出した指示が、欠陥であるかどうか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、あるいは周波数、周波数帯域、焦点の有無、2次クリーピング波法による試験、フェーズドアレイ技術、板厚方向に深さのある反射源か否かを確認するための深さ測定等を追加して行うことができる。(解説-3211-1, 解説-4221-3, 解説-4221-4)

なお、他の屈折角等による追加の確認探傷は、欠陥かどうか疑わしいか否かにかかわらず行ってもよい。

#### 4230 垂直法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、垂直法に関する試験要領を示す。

#### 4231 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超える場合) (図-4200-1)

- (1) 対比試験片の  $T/4$ ,  $2/4 T$  (設けられている場合),  $3/4 T$  位置にある横穴からの最大エコー高さのうち、最も高いもののエコー高さを表示器の全目盛の 80% に調整し、そのままの感度で他の位置にある横穴からの最大エコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。(解説-2520-1)
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。(解説-2520-2)

#### 4232 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-4200-2)

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度

を調整する。

- (2) このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 4233 探触子の走査範囲

探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験の範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-4200-9, 図-4200-10)

#### 4240 横波斜角法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、横波斜角法に関する試験要領を示す。

#### 4241 基準感度の設定 (試験部の厚さが 51mm を超える場合) (図-4200-3)

- (1) 対比試験片の  $T/4$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置  $[(1/8)S]$  に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で  $(3/8)S$  のエコー高さを求める。
- (2) 対比試験片の  $(2/8)S$  のエコー高さ  $(2/4 T)$  位置に横穴が設けられている場合あるいは、 $(3/8)S$  のエコー高さが  $(1/8)S$  のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他のスキップのエコー高さを求める。(解説-3231-1)
- (3) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (4) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。

#### 4242 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合) (図-4200-4, 図-4200-5)

- (1) 対比試験片の  $3/4 T$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置  $[(3/8)S]$  に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で  $(5/8)S$ ,  $(7/8)S$ , 可能なら  $(1/8)S$ ,  $(9/8)S$  でのエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% 又は 50% になるように感度を調整する。
- (4) 探触子を接触させる面の反対面にクラッドが施されている場合等で、 $0.5S$  以

下で試験する場合には、 $T/4$ 、 $2/4T$ 、 $3/4T$  位置の横穴からのエコー高さのうち最も高いエコー高さ[(1/8)S がとれない場合は、(2/8)S 又は(3/8)S の高い方のエコー高さ]を表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他のエコー高さを求め、DAC 曲線とする。

また、(1/8)S、(2/8)S、(3/8)S のうち 1 点しかとれない場合は、これを表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。なお、DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。

#### 4243 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-4200-6, 図-4200-7)

- (1) 対比試験片の $T/2$ 位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 [(6/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で(10/8)S、可能なら(2/8)S のエコー高さを求める。
- (2) これらのエコー高さを線で結び、必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。
- (4) 探触子を接触させる面の反対面に クラッドが施されている場合で、0.5S 以下で試験する場合には、(2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で(6/8)S のエコー高さを求め、DAC 曲線とする。

また、(6/8)S がとれない場合は、(2/8)S のエコー高さを表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。なお、DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。

#### 4244 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、超音波ビームが溶接線に対して直角方向及び平行方向に伝ばするように行う。(図-4200-8) (解説-4244-1)
- (2) 溶接線に対して直角方向に探触子を走査する場合は、溶接線の両側 (接合される両母材側) から超音波ビームを溶接線側に向けて行う。
- (3) 溶接線に対して平行方向に探触子を走査する場合は、超音波ビームが両方向から対向するように行う。
- (4) 試験部の幾何学的形状等のため、溶接線の両側 (接合される両母材側) からの探触子の走査が不可能な場合には、可能な側からの走査を行う。(解説

#### 4245 探触子の走査範囲

- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-4200-9, 図-4200-10)
- (2) 試験範囲のうち溶接金属については、対向する 2 方向のいずれの方向からも超音波が伝ばするように探触子を走査する。また、母材及び熱影響部については、少なくとも一方向から超音波が伝ばするように探触子を走査する。
- (3) 試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を拡げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。
- (4) (2)項の規定が満足できない場合は、2800 項に従い、走査不可能範囲及び探傷不可能範囲を記録する。また、(2)項の規程が満足できず 4500 項のオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を適用した場合については、4500 項に従い探傷不可能範囲及び走査範囲を記録する。

#### 4250 縦波斜角法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、縦波斜角法に関する試験要領を示す。(解説-4250-1) ここで DAC 回路を使用する場合には、全ての A スコープを記録する探傷装置を使用する。

#### 4251 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25 mm を超える場合) (図-4251-1)

- (1) 対比試験片の、 $T/4$  [(1/8)S],  $2/4$  T [(2/8)S],  $3/4$  T [(3/8)S] 位置にある横穴からのエコー高さのうち、最大となるエコーを検出する位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整する。そのままの感度で他のエコー高さを求める。これらのエコー高さを線で結び、(3/8)S に相当する時間軸範囲にわたって延長する。エコー高さが取れない場合や  $2/4$  T 横穴がない場合などは、その間を直線で結ぶか、水平に延長する。
- (2) そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置 [(4/8)S] に探触子を置き、(3/8)S 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。この場合であって、DAC20%の線が周辺のノイズレベル以下になる場合には、識別可能なエコーを記録レベルとする。
- (3) DAC 回路を使用する場合は、上記(1)項に従って調整した後、必要な時間軸範囲にわたって表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整する。そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さを最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さと DAC100%との差異(補正值: dB)を記録する。探傷し、内



在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 曲線を用いた評価、内面開口欠陥からのエコーと判断した場合には補正値を加算した DAC 評価とする。

#### 4252 基準感度の設定 (試験部の厚さが 25mm 以下の場合) (図-4252-1)

- (1) 対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置  $[(2/8)S]$  に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、対象部の板厚の  $2/3 T$  に相当する時間軸範囲まで水平に延長し、DAC 曲線とする。
- (2) そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置  $[(4/8)S]$  に探触子を置き、そのエコー高さを  $2/3 T$  から必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。この場合であって、DAC20%の線が周辺のノイズレベル以下になる場合には、識別可能なエコーを記録レベルとする。
- (3) 全ての A スコープを記録する探傷装置を使用する場合には、対比試験片の  $T/2$  位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置  $[(2/8)S]$  に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、必要な時間軸範囲にわたって DAC 曲線とする。そのままの感度で対比試験片のノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さ と DAC 曲線との差異(補正値: dB)を記録する。探傷し、内在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 線を用いた評価、内面開口欠陥からのエコーと判断した場合には補正値を加算した DAC 値評価とする。
- (4)  $(2/8)S$  のエコーがとれない場合は、ノッチからのエコー高さが最大となる位置  $[(4/8)S]$  に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% となるように感度を調整する。必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 4253 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、超音波ビームが溶接線に対して直角方向及び平行方向に伝ばするように行う。(図-4200-8)
- (2) 溶接線に対して直角方向に探触子を走査する場合は、溶接線の両側(接合される両母材側)から超音波ビームを溶接線側に向けて行う。
- (3) 溶接線に対して平行方向に探触子を走査する場合は、超音波ビームが両方向から対向するように行う。
- (4) 試験部の幾何学的形状等のため、溶接線の両側(接合される両母材側)からの探触子の走査が不可能な場合には、可能な側からの走査を行う。

#### 4254 探触子の走査範囲

- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求する試験範囲全体に超音波が伝ばするように行う。(図-4200-9, 図-4200-10)
- (2) 試験範囲のうち溶接金属については、原則として、対向する2方向のいずれの方向からも超音波が伝ばするように探触子を走査する。また、母材及び熱影響部については、少なくとも1方向から超音波が伝ばするように探触子を走査する。
- (3) 試験部の幾何学的形状等の理由により、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を広げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。

なお、探傷不可能範囲がある場合に、これを低減することを目的に反対側からの探傷範囲を拡大する場合は、対象配管の内面部分の探傷不可能範囲を低減できる範囲とする。

- (4) (2)項の規定が満足できない場合は、2800項に従い、走査不可能範囲及び探傷不可能範囲を記録する。また、(2)項の規程が満足できず4500項のオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を適用した場合については、4500項に従い探傷不可能範囲及び走査範囲を記録する。

#### 4260 2次クリーピング波法による探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、4221項で規定する2次クリーピング波法に対する試験要領を示す。なお、2次クリーピング波による探傷は4230項、4240項で規定する垂直及び斜角法と異なる部分が多いため2320項、2420項、2500項及び2600項に代えて以下を適用する。ただし、従来から継続して適用している手法がある場合にはこれを使用することができる。(解説-4260-1, 解説-4221-3)

#### 4261 探触子

使用する探触子は、縦波60～90°の範囲の屈折角を有するものとし、管内面で2次クリーピング波を発生するような屈折角を選定する。なお、幾何学形状等の影響により他の屈折角が2次クリーピング波の発生に適している場合には、その屈折角を用いる。

#### 4262 時間軸の調整

表示器の時間軸は、探傷に必要な範囲に調整する。(解説-4262-1)



#### 4263 基準感度の設定 (図-4263-1)

4212 項に示す試験片に設けた、基準ノッチからのエコーを表示器の全目盛の 80% になるような感度に調整する。

なお、基準感度で検査対象継手の健全部(斜角探傷で明らかに疑わしい指示が検出されない部分)を探傷し、表示器の全目盛の 10%を超えるエコーが観察される場合には、これらのエコーを表示器の全目盛の 10%以下となるように感度を再調整し、探傷感度とする。この場合には斜角探傷で DAC20%を超えるエコーが検出されない部分あるいは明らかに疑わしいエコーではないと判断される部位とする。

基準感度と探傷感度が異なる場合には、それぞれの設定感度を記録する。

また、斜角探傷において全周にわたって指示が検出される場合は、検査対象継手の健全部の代わりに 2342 項及び 2343 項、又は 4212(1) 項に規定する対比試験片の溶接部で校正用反射体又は参考反射体のない部分を用いて探傷感度を設定する(解説-4263-1)。この場合で、全周に多数の反射源がある可能性を否定できない場合にあっては、2610(3) 項によらず、探傷感度を一定の値に固定して探傷を行うこと。

#### 4264 探触子の走査方向

探傷の方向は、超音波ビームが欠陥の長さ方向と直角になる方向のみとする。また、溶接部を介した方向からの探傷は要しない。(解説-4264-1)

#### 4265 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、斜角探傷で検出された指示の範囲(DAC20%を超える指示範囲)にわたって走査する。

なお、ビーム方向の走査範囲は 2 次クリーピング波が観察できる範囲とする。(解説-4265-1)

#### 4266 記 録

記録は 2710 項に示す要領に準じて必要事項を記録する。ただし、ビーム路程については記録を要しない。また、反射源の位置及び種類の解析も要しない。ただし、記録レベルは表示器全目盛りの 10%を超えるエコーとし、指示長さ測定方法として 2 次クリーピング波法を用いる場合は、記録レベルを超える長さを記録する。(解説-4266-1)

#### 4267 評 価

2 次クリーピング波法は、斜角法で欠陥かどうか疑わしい指示が検出された場合に確認のため用いる手法であるため、必ず他の検査手法と組み合わせて総合的に評価を行う。

また、欠陥長さについては斜角法の DAC20%指示長さ及び2次クリーニング波法の表示器の全目盛りの10%を超える指示長さのいずれか長い方とすることを原則とする。ただし、2次クリーニング波法により斜角法の測定誤差が改善されるような場合にあつては、2次クリーニング波法の指示長さを採用してもよい。(解説-4267-1)

#### 4270 フェーズドアレイ技術を用いた探傷方法

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、欠陥であるかどうか疑わしい指示が検出された場合に確認のために行うフェーズドアレイ技術を用いた試験要領を示す。欠陥検出を目的としたフェーズドアレイ技術を用いた探傷方法は附属書Cによる。なお、フェーズドアレイ技術を使用する場合には、配管内表面開口あるいは内面近傍の欠陥の確認のために行う。

フェーズドアレイ技術を用いた探傷を行う場合には、フェーズドアレイ探傷装置を用い、画像表示等が可能なものとする。フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材等の性能等については、独自に設定してもよい。(解説-4270-1)

#### 4271 基準感度の設定 (セクタ走査の場合) (図-4271-1)

対比試験片の1mmノッチからのエコー[(4/8)S]高さを記録する。記録する範囲は評価に使用する最大屈折角、最小屈折角および5度毎に記録するものとし、使用する装置の表示可能範囲で適切に設定する。

#### 4272 基準感度の設定 (リニア走査の場合) (図-4272-1)

対比試験片の1mmノッチからのエコー[(4/8)S]高さを記録する。記録する範囲は評価に使用するエレメント範囲のいずれかとする。また別途エレメント範囲によるエコー高さの差異が±2dBの範囲内にあることを確認するか、補正する方法を定めて、補正する。

#### 4273 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、斜角探傷で検出された指示の範囲(DAC20%を超える指示範囲)にわたって走査する。

#### 4274 記 録

記録は2710項に示す要領に準じて必要事項を記録する。探傷画像(採取したデータを合成処理したデータ等)によりエコー高さ等がある程度記録されている場合には、数値による記録を要しない。

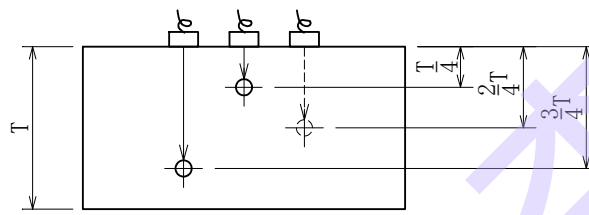
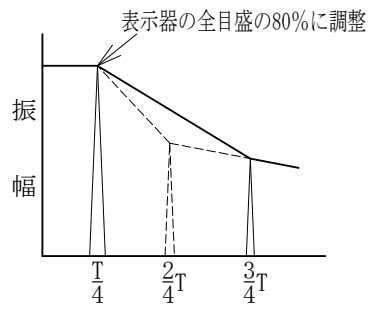
なお、指示長さについては、以下による。

- (1) 最大エコー高さが基準ノッチのエコー高さの 80%以上の場合  
基準ノッチからのエコーの 20%の指示長さとする。
- (2) 最大エコー高さが基準ノッチのエコー高さの 80%未満の場合  
最大エコー高さの-12dB の指示範囲とする。

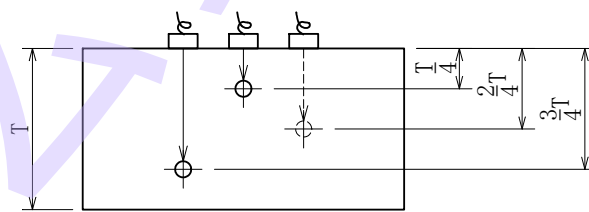
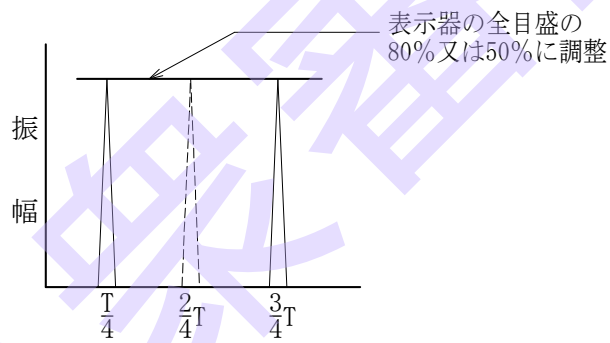
#### 4275 評 価

フェーズドアレイ技術を用いた探傷法の結果は、他の検査手法と組み合わせて総合的に評価を行う。

また、欠陥長さについては斜角法の DAC20%指示長さ及び 2 次クリーピング波法の表示器の全目盛の 10%を超える指示長さのいずれか長い方とすることを原則としているが、フェーズドアレイ技術を用いた探傷も行った場合は、これらの手法の結果のうち、最も長い長さとする。



(1) DAC回路を使用しない場合



(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4200-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが25mmを超える場合)

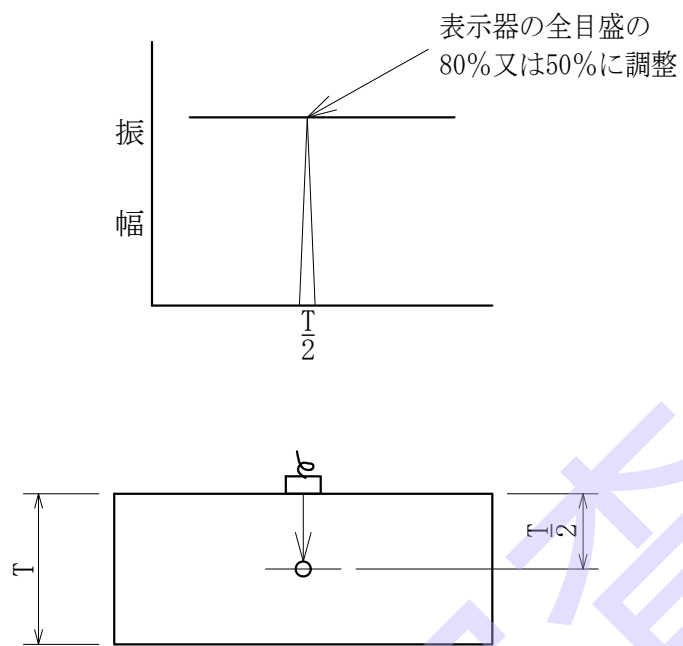
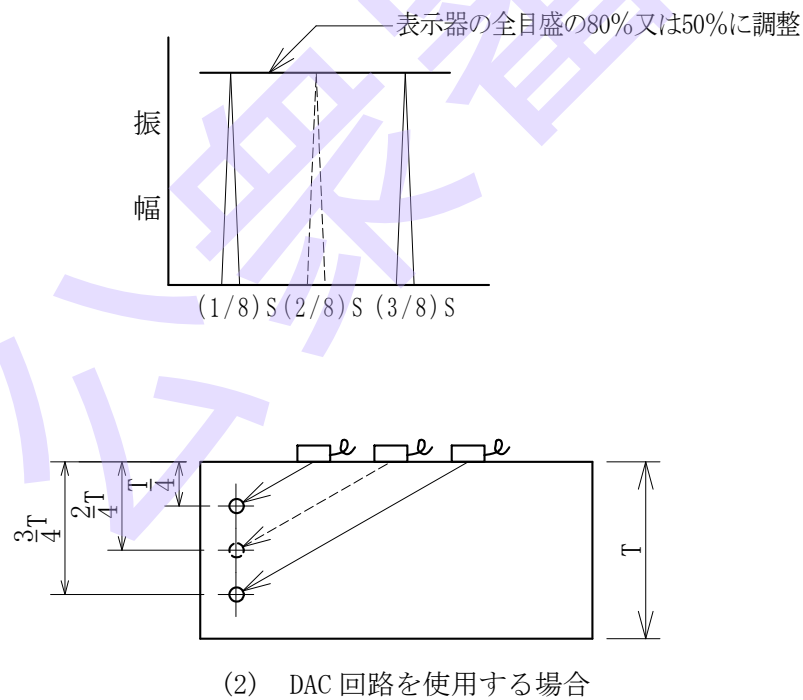
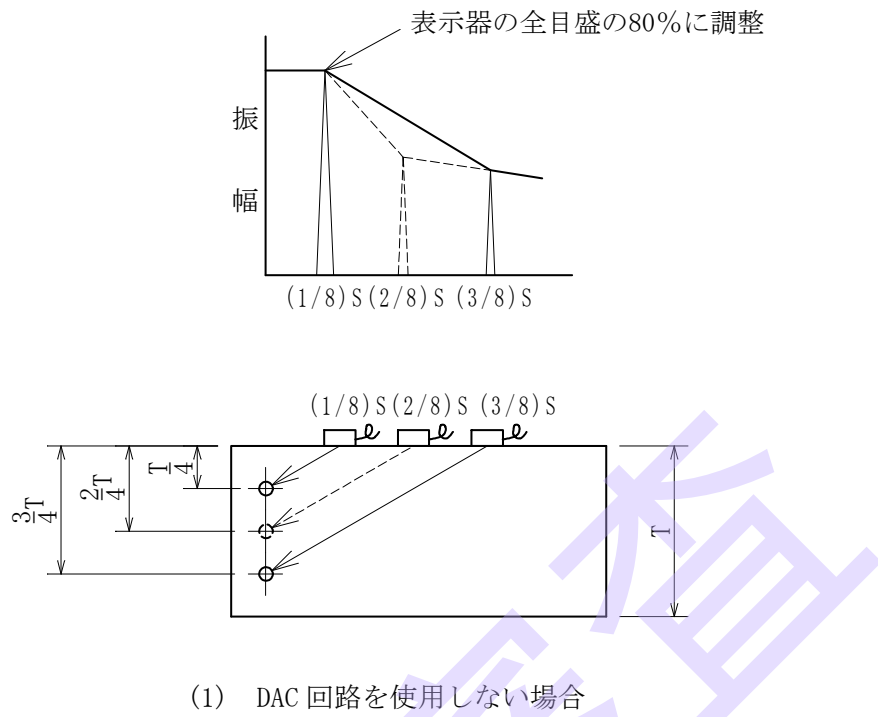
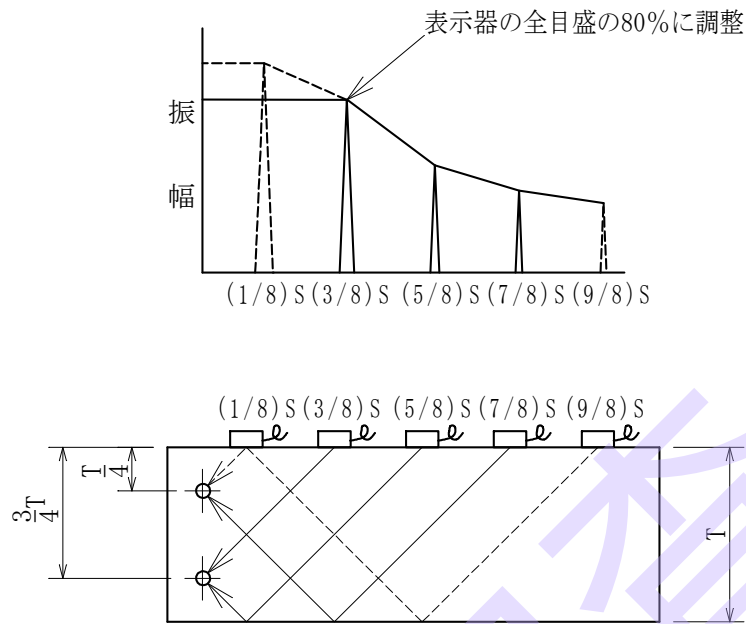


図-4200-2 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(垂直法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)

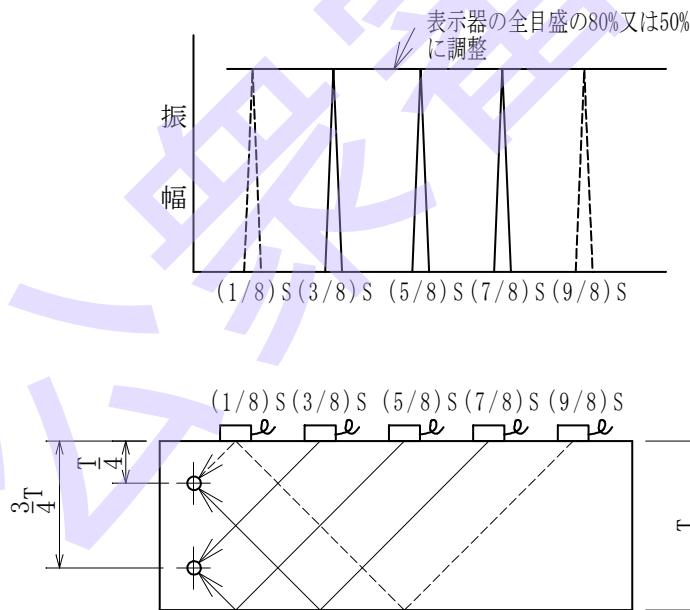


(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4200-3 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが51mmを超える場合)



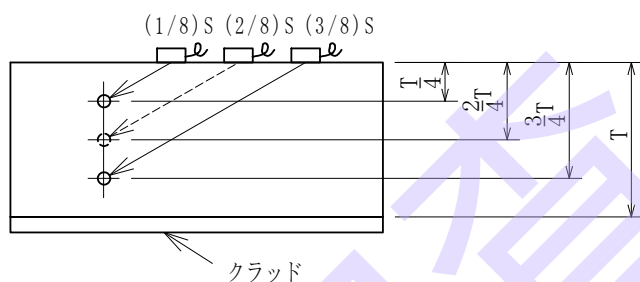
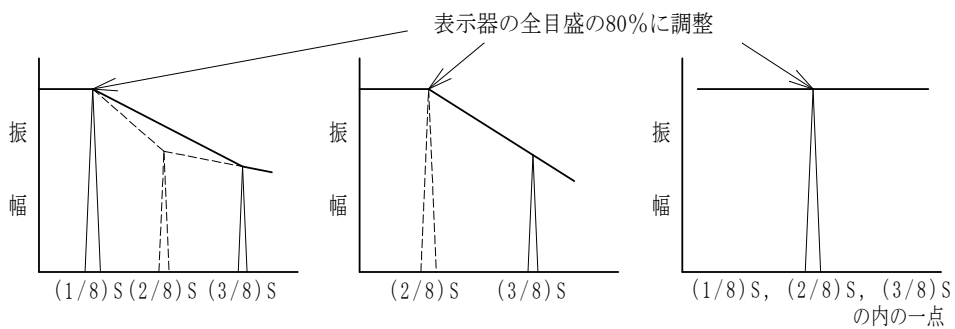
(1) DAC 回路を使用しない場合



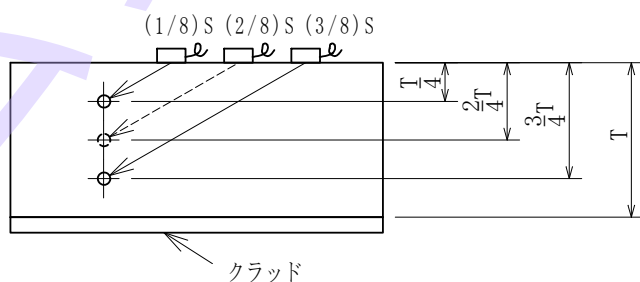
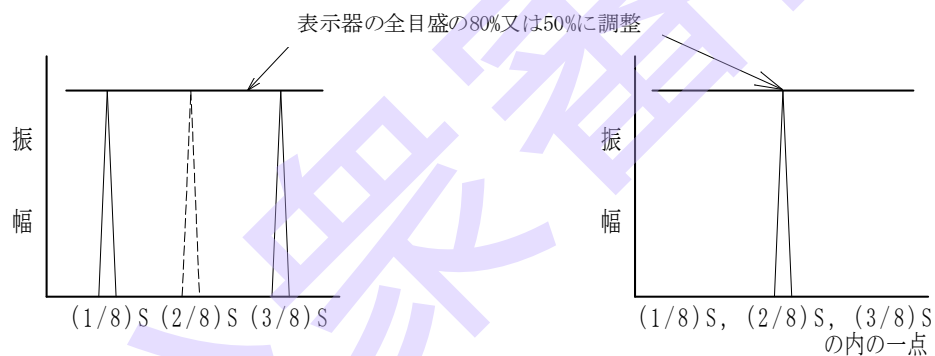
(2) DAC 回路を使用する場合

(備考) 破線は、(1/8)S 又は(9/8)S からのエコーが得られる場合とする。

図-4200-4 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm を超え 51mm 以下の場合)



(1) DAC回路を使用しない場合

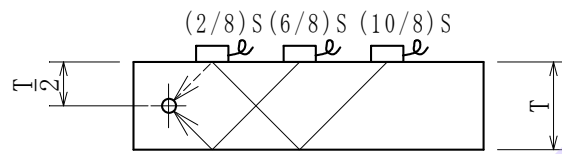
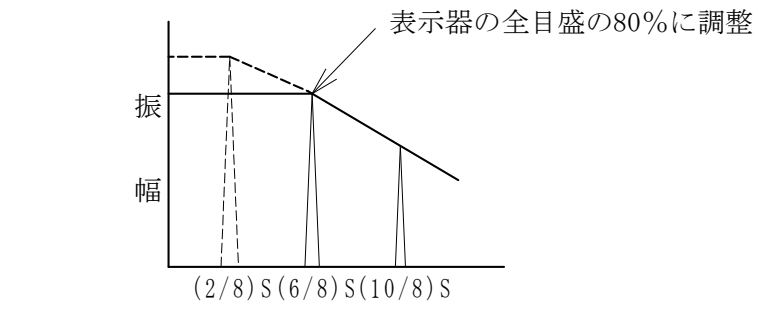


(2) DAC回路を使用する場合

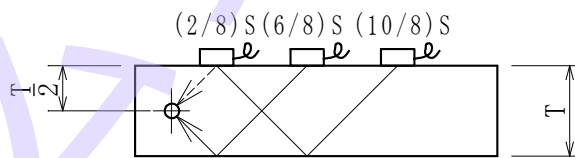
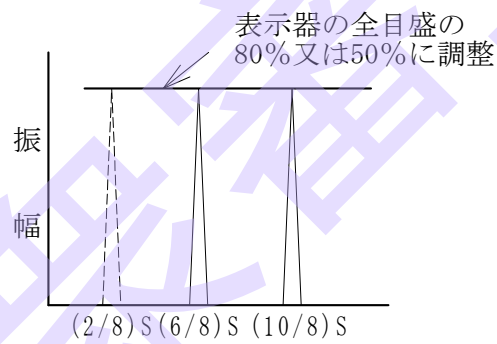
(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4200-5 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが25mmを超え51mm以下の場合)





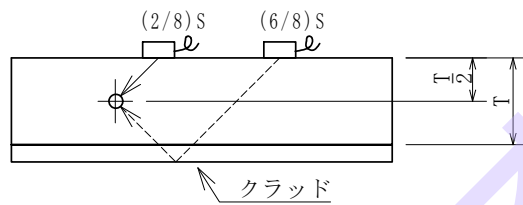
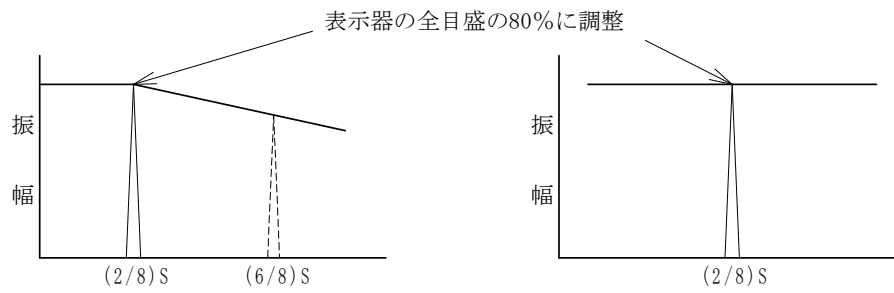
(1) DAC回路を使用しない場合



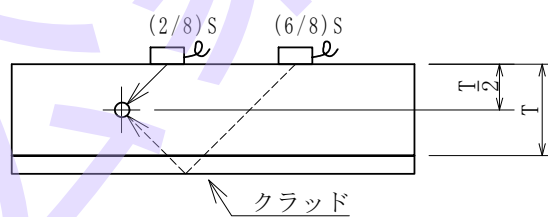
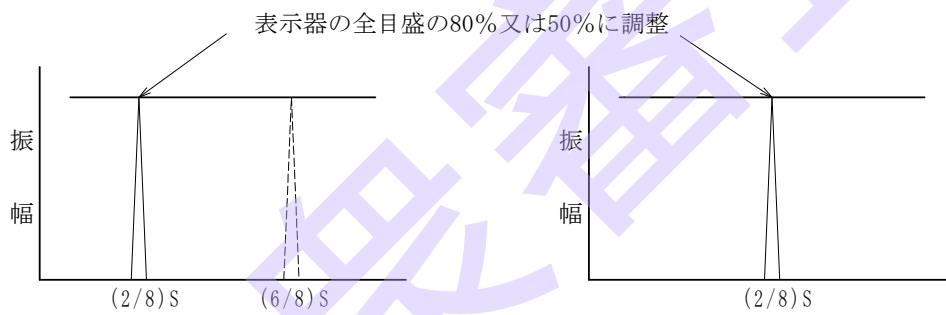
(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、(2/8)Sからのエコーが得られる場合とする。

図-4200-6 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが25mm以下の場合)



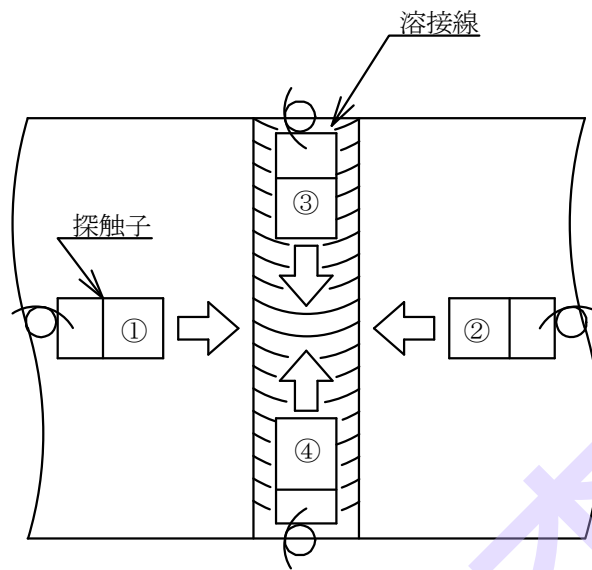
(1) DAC 回路を使用しない場合



(2) DAC 回路を使用する場合

(備考) 破線は、(6/8)S からのエコーが得られる場合とする。

図-4200-7 クラッドが施された突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(斜角法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)

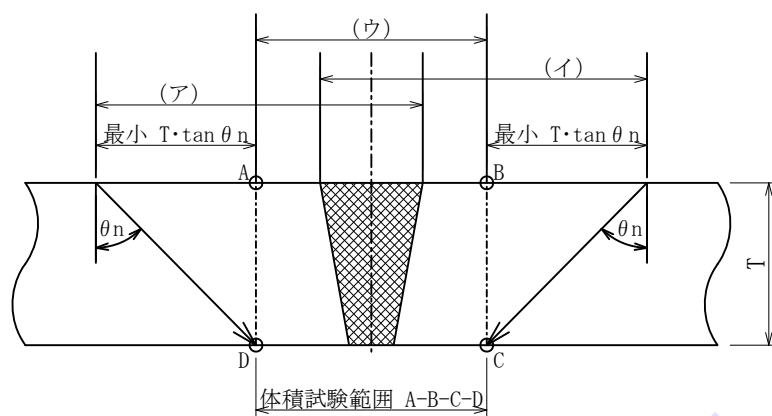


①②：溶接線に対して直角方向の走査

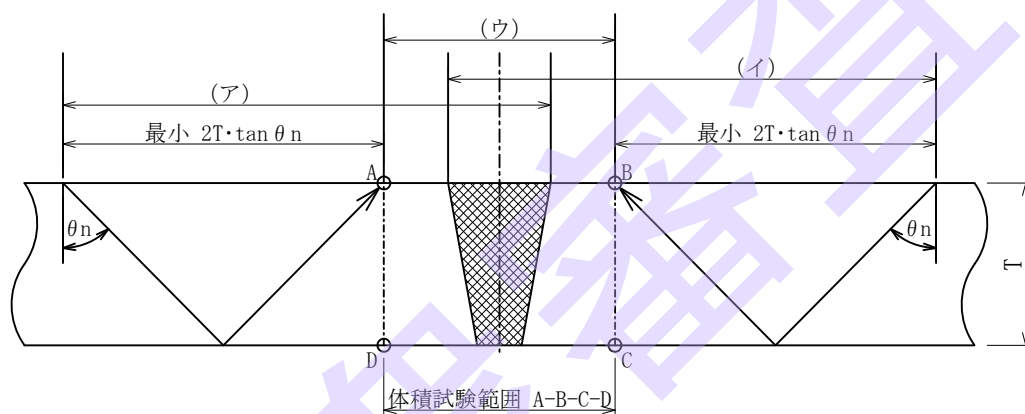
③④：溶接線に平行方向の走査

⇨：超音波ビームの方向

図-4200-8 突合せ溶接継手に対する探触子の走査方向



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

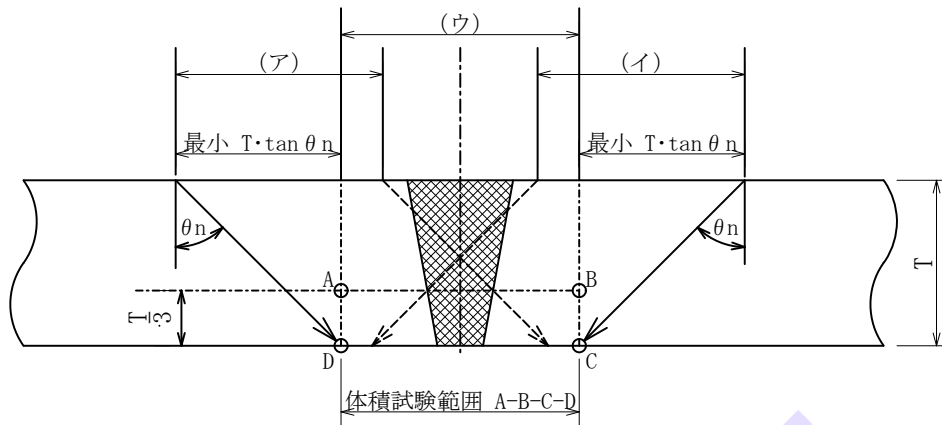


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

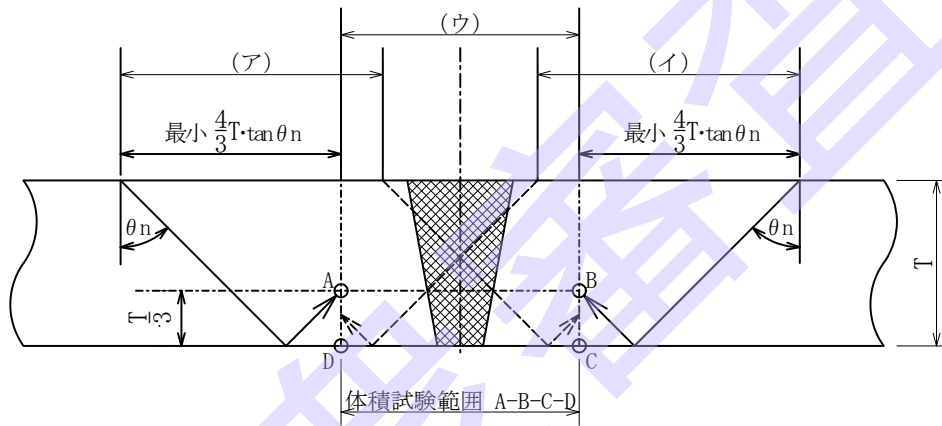
(備考)

1. (ア), (イ)は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ)は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. Tは, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合のTは, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合のTはクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

図-4200-9 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さがTの場合)



(1) 直射法 (0.5 スキップ) で試験する場合

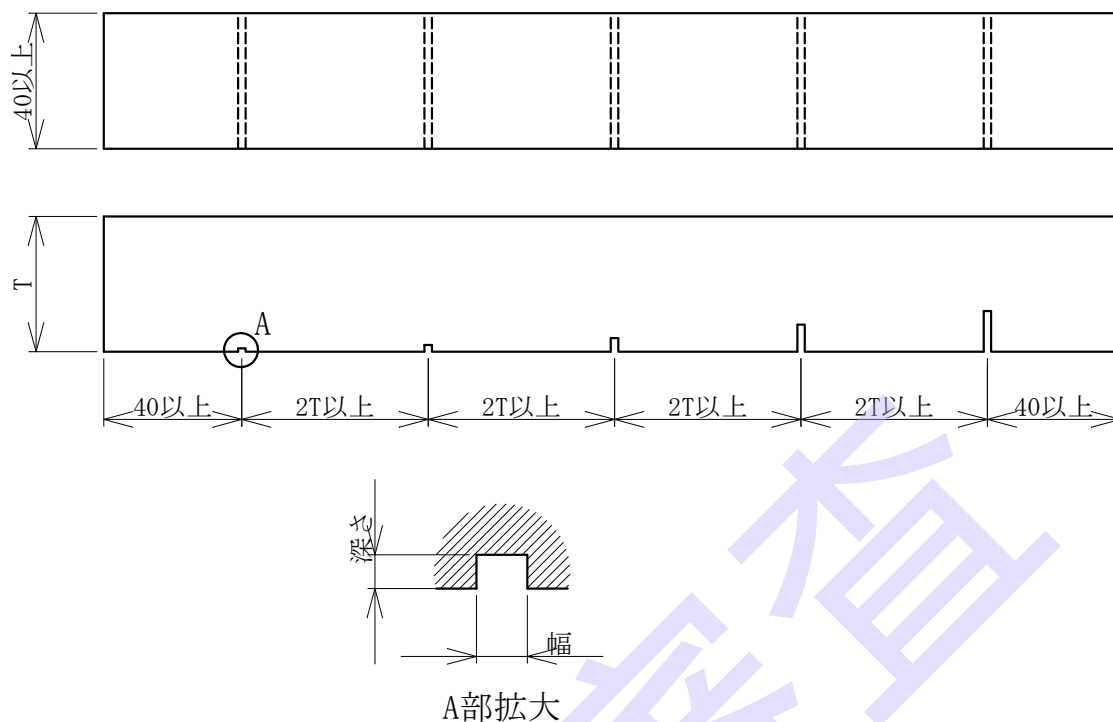


(2) 一回反射法 (1 スキップ) で試験する場合

(備考)

1. (ア), (イ)は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (ウ)は, 垂直法及び斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. 溶接の余盛が削除されていないものについては, 図に示す走査範囲から余盛が探触子の正常な接触を妨げる範囲を除いてよいものとする。
4. Tは, 溶接継手の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれかとする。
5. 内面にクラッドが施されている場合で, 直射法で試験する場合のTは, クラッドの厚さを除いた母材の厚さとする。ただし, 内面から走査する場合のTはクラッド厚さを含むものとする。
6. 試験範囲は, 維持規格による。

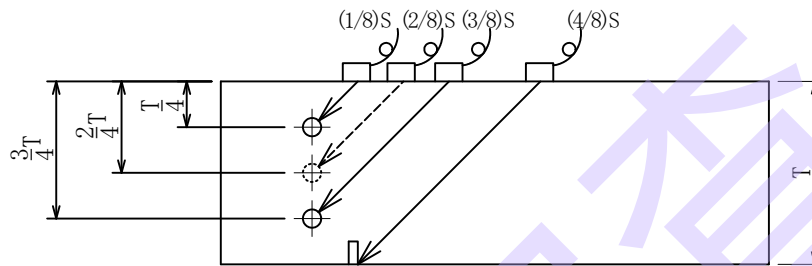
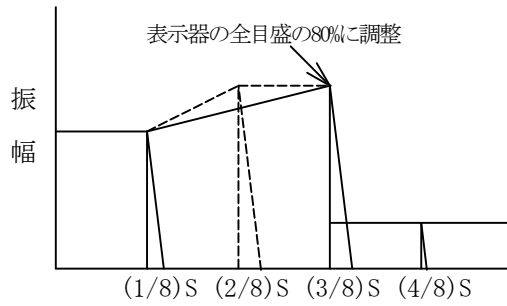
図-4200-10 突合せ溶接継手に対する走査範囲  
(体積試験範囲の厚さが $T/3$ の場合)



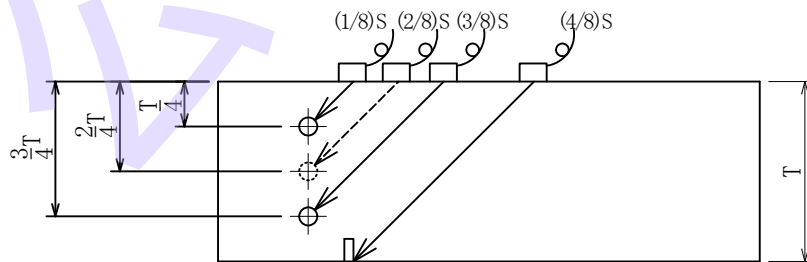
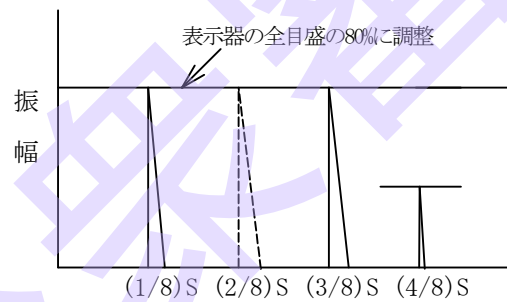
(備考)

1. 寸法の単位は、mm とする。
2. 2次クリーピング波法の感度調整に用いる基準ノッチは、深さ板厚の5%以下、又は1.0mm、長さは使用する振動子寸法以上の長さを持つものとする。また、深さの加工精度は±10%以内とする。
3. 基準ノッチ以外の参考として用いるノッチ深さの加工精度は公称値の±15%、又は±0.05mmのいずれか大きい方とする。
4. Tは表-2343-1に示すものとする。

図-4212-1 平板の対比試験片の例



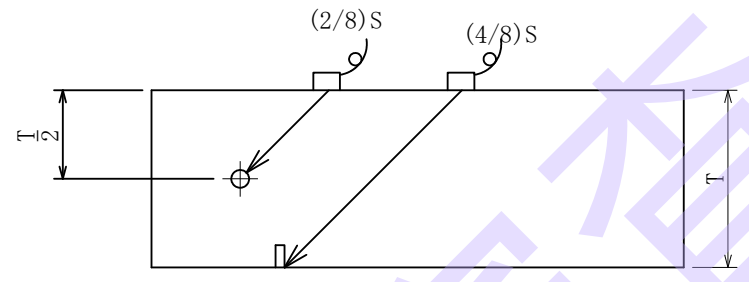
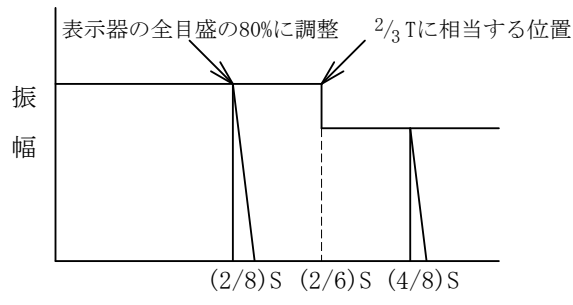
(1) DAC 回路を使用しない場合



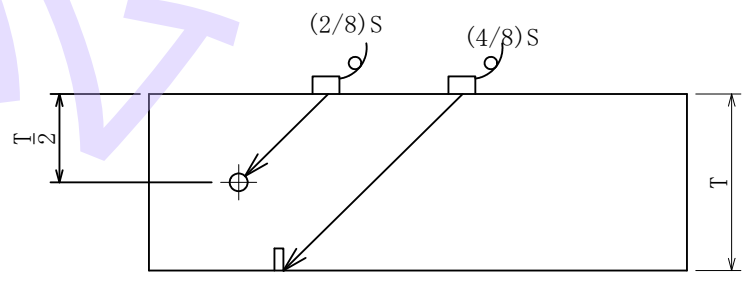
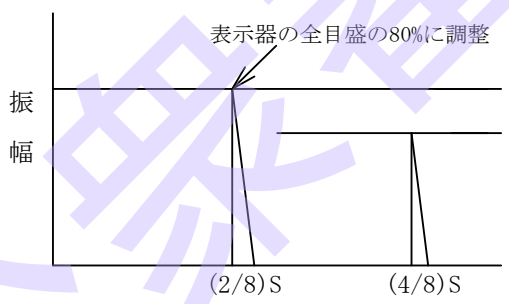
(2) DAC 回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $2/4 T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4251-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(縦波斜角法で試験部の厚さが 25mm を超える場合)



(1) DAC回路を使用しない場合



(2) 全てのAスコープを記録する探傷装置を使用する場合

図-4252-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
(縦波斜角法で試験部の厚さが 25mm 以下の場合)



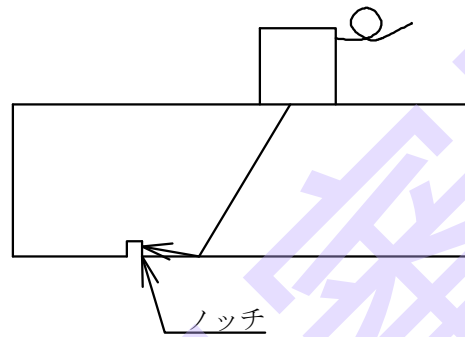
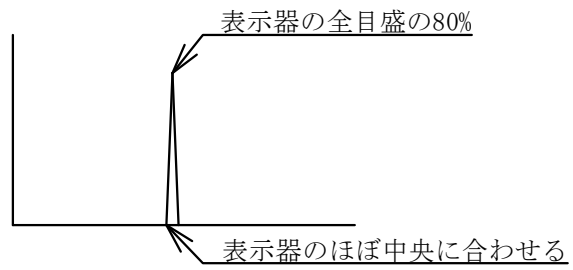


図-4263-1 基準感度の設定方法

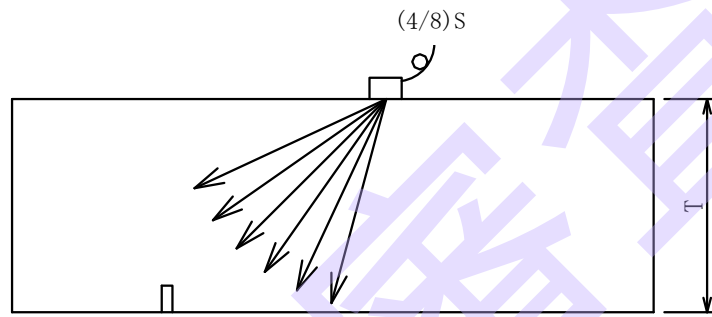
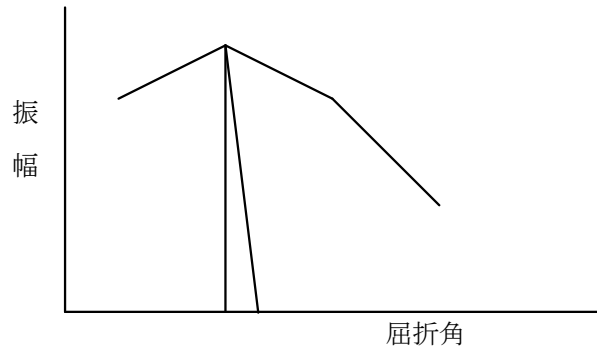


図-4271-1 基準感度の設定  
(フェーズドアレイ技術を用いた探傷法 セクタ走査の場合)

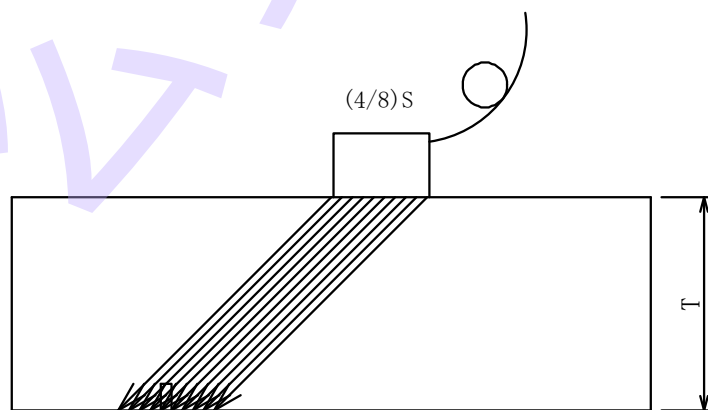


図-4272-1 基準感度の設定  
(フェーズドアレイ技術を用いた探傷法 リニア走査の場合)

#### 4300 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手

本項は、容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、縦波斜角法の試験要領について示す。(解説-4300-1)

ただし、本項に記載なき事項については、本文第2章及び第4章の規定に準じる。

#### 4310 探触子

屈折角が縦波 35～70° の範囲の探触子を使用する。なお、幾何学形状等の影響により他の屈折角が適している場合には、その屈折角を用いてもよい。(解説-4310-1)

#### 4320 対比試験片

対比試験片は、以下に定める項目以外は 2340 項に準じる。

- (1) 対比試験片は、校正用反射体としてノッチを設ける。ノッチの深さは試験部厚さの 10%を目標とし、長さは少なくとも使用する探触子の振動子幅以上とする。(解説-4320-1)
- (2) 周方向探傷(溶接線に平行方向の走査)を行う場合、探触子が接触する面の曲率半径が 254mm を超える場合であっても、原則として対比試験片の曲率は、接触部と同じ曲率のもの又は接触部の曲率半径の 0.7～1.1 倍のものとする。(解説-4320-2)

#### 4330 探傷方法

容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手は、管外面又は内面から試験する。

#### 4331 基準感度の設定

- (1) 管外面から試験を行う場合 (図-4331-1)

屈折角 35～70° の範囲の斜角法により、横穴及びノッチを用いて基準感度を設定し、試験する。

  - a. 対比試験片の  $T/4$  (試験部の厚さが 25mm 以下の場合には、 $T/2$ ) 位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置  $[(1/8)S$ 、試験部の厚さが 25mm 以下の場合には、 $(2/8)S]$  に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求める。
  - b. 試験部の厚さが 25mm を超える場合であって、対比試験片の、 $T/2$  位置に横穴が設けられている場合、あるいは、 $(3/8)S$  のエコー高さが  $(1/8)S$  のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の 80% になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求め、これ

らのエコー高さを直線で結ぶ。

- c. そのままの感度で、対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置 $[(4/8)S]$ に探触子を置き、 $[(3/8)S]$ 、試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $(2/8)S$ 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長して DAC 曲線とする。
- d. DAC 回路を使用する場合は、上記 a. 項及び b. 項に従って調整した後、必要な時間軸範囲にわたって表示器全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。そのままの感度で対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置 $[(4/8)S]$ に探触子を置き、そのエコー高さと DAC100%との差異(補正值: dB)を記録する。探傷の結果、内在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 曲線を用いた評価、内面開口欠陥からのエコーと判断した場合には補正值を加算した DAC 評価とする。

(2) 管内面から試験を行う場合 (図-4331-2)

屈折角  $35\sim 70^\circ$  の範囲の斜角法により、横穴及びノッチを用いて基準感度を設定し、各々試験する。

a. 横穴による基準感度の設定

(a) 対比試験片の $T/4$ (試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $T/2$ )位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 $[(1/8)S]$ 、試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $(2/8)S$ に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求める。

(b) 試験部の厚さが 25mm を超える場合であって、対比試験片の $T/2$ 位置に横穴が設けられている場合、あるいは、 $(3/8)S$ のエコー高さが $(1/8)S$ のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器全目盛の 80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求め、これらのエコー高さを直線で結ぶ。更に $[(3/8)S]$ 、試験部の厚さが 25mm 以下の場合、 $(2/6)S$ 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長し DAC 曲線とする。

(c) DAC 回路を使用する場合は、必要な時間軸範囲にわたって表示器全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。

b. ノッチによる基準感度の設定(内表面近傍の欠陥検出を対象)

対比試験片の内表面ノッチからのエコー高さが最大となる位置に探触子を置き、そのエコー高さが表示器全目盛の 80%又は 50%になるよう感度を調整し、このエコー高さを内面から 25mm 深さあるいは維持規格で要求する試験範囲のうち、いずれか小さい方を満足するのに必要な時間軸範囲にわたって水平に延長して DAC 曲線とする。

#### 4340 走査方法

走査方法は 2610 項によるものとするが、手動探傷を行う場合であって、外面から内表面近傍の欠陥検出を対象とする場合、走査(探傷感度)は、4331(1)a.～c. 項で求めた基準感度+ $\alpha$  dB とする。ここで、 $\alpha$  は任意とするが、表示器のノイズレベルを考慮し、可能な限り感度を上げる。

(1) 探触子の走査方向

探触子の走査方向は、4253 項によるものとする。

(2) 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、直射法 (0.5 スキップ) にて 4254 項を満足するように走査する。

#### 4350 記 録

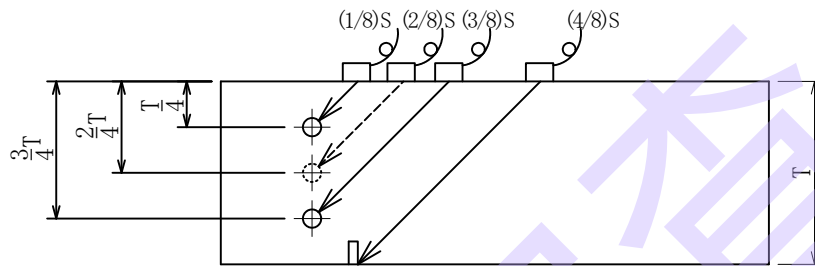
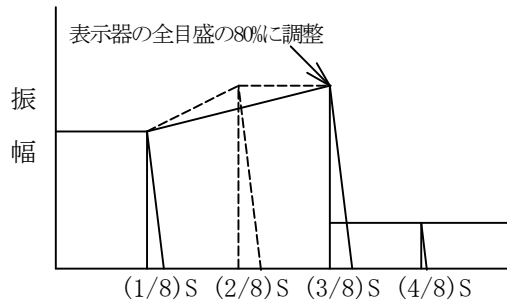
対比試験片の横穴で作成した DAC 曲線による探傷の場合は、記録は 2710 項に示す要領に準じて必要事項を記録する。

内表面近傍の欠陥検出を対象とする探傷の場合は、ノイズレベルを超えて検出された指示について、全ての指示を記録すること。指示長さの測定方法は指示が検出不可となる範囲の長さを記録する。

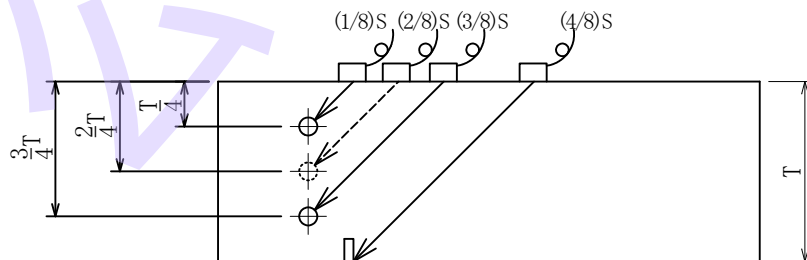
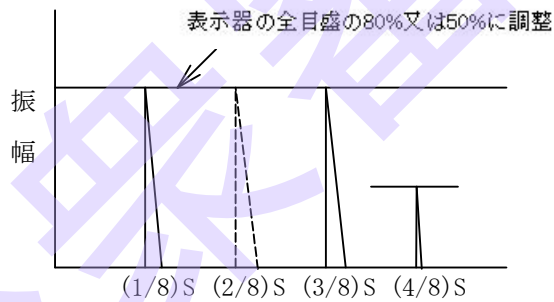
ここでノイズレベルを超えて検出された指示とは、健全部の探傷波形と比較して概ね 2 倍以上の信号 (SN 比 2 以上) とするが、それ以下であっても反射源として識別可能なものについては記録対象とする。

#### 4360 評 価

内表面近傍の欠陥検出を対象とする探傷において、対向する 2 方向から指示が検出されている場合は、指示長さの長い方を欠陥長さとすることを原則とする。



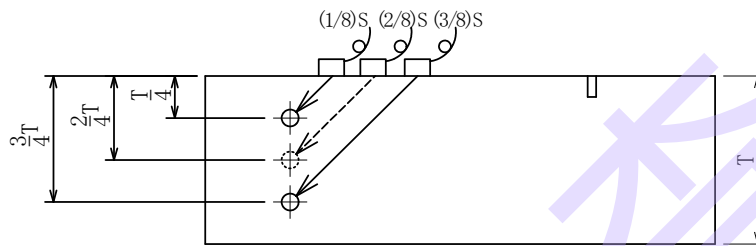
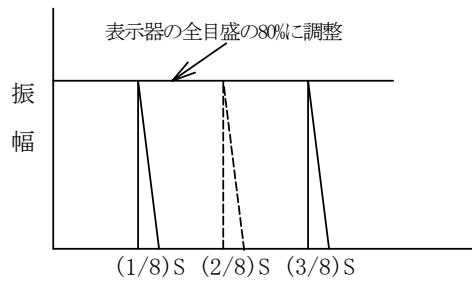
(1) DAC 回路を使用しない場合



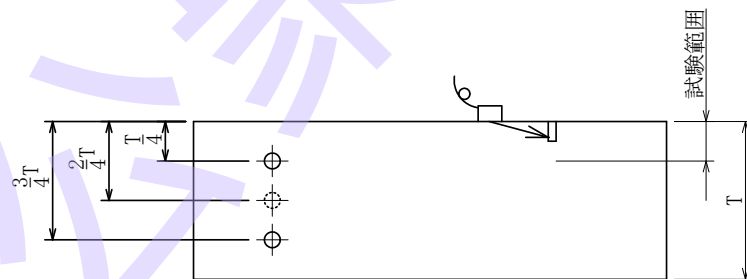
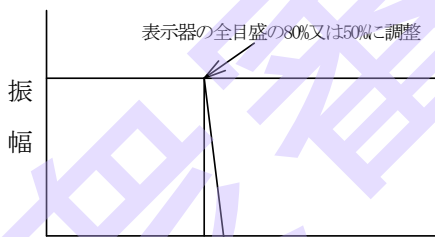
(2) DAC 回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4331-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定 (管外面から試験する場合)  
(試験部の厚さが 25mm を超える場合)



(1) 横穴による基準感度の設定 (DAC 回路を使用する場合)



(2) ノッチによる基準感度の設定

(備考)

1. 破線は、 $2/4$  T位置の横穴が設けられている場合とする。
2. 試験範囲は、内面から 25mm 深さあるいは維持規格で要求される試験範囲の内、いずれか小さい方とする。

図-4331-2 突合せ溶接継手の基準感度の設定 (管内面から試験する場合)  
(縦波斜角法で試験部の厚さが 25mm を超える場合)

#### 4400 オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手

本項は、オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、縦波斜角法の試験要領について示す。ただし、本項に記載なき事項については、本文第2章及び4章の規定に準じる。

#### 4410 探触子

屈折角が縦波 35°～50° の範囲の探触子を使用する。なお、幾何学形状等の影響により他の屈折角が適している場合には、その屈折角を用いてもよい。(解説-4310-1)

#### 4420 対比試験片

対比試験片は、以下に定める項目以外は2340項に準じる。

- (1) 対比試験片は、校正用反射体としてノッチを設ける。ノッチの深さは試験部厚さの10%を目標とし、長さは少なくとも使用する探触子の振動子幅以上とする。(解説-4420-1)
- (2) 周方向探傷(溶接線に平行方向の走査)を行う場合、探触子が接触する面の曲率半径が254mmを超える場合であっても、原則として対比試験片の曲率は、接触部と同じ曲率のもの又は接触部の曲率半径の0.7～1.1倍のものとする。(解説-4320-2)

#### 4430 探傷方法

オーステナイト系ステンレス鋳鋼配管突合せ溶接継手は、横穴及びノッチを用いて基準感度を設定し、管外面から試験する。

#### 4431 基準感度の設定 (図-4431-1)

- (1) 対比試験片の $T/4$ (試験部の厚さが25mm以下の場合、 $T/2$ )位置にある横穴からのエコー高さが最大となる位置 $[(1/8)S]$ 、試験部の厚さが25mm以下の場合、 $(2/8)S$ に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求める。
- (2) 試験部の厚さが25mmを超える場合であって、対比試験片の $T/2$ 位置に横穴が設けられている場合、あるいは、 $(3/8)S$ のエコー高さが $(1/8)S$ のエコー高さより高い場合は、その最も高いエコーを表示器の全目盛の80%になるように感度を調整し、そのままの感度で他の横穴からのエコー高さを求め、これらのエコー高さを直線で結ぶ。
- (3) そのままの感度で、対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置 $[(4/8)S]$ に探触子を置き、 $[(3/8)S]$ 、試験部の厚さが25mm以下の場合、 $(2/6)S$ 以降の必要な時間軸範囲にわたって延長してDAC曲線とする。



- (4) DAC回路を使用する場合は、上記 a. 項及び b. 項に従って調整した後、必要な時間軸範囲にわたって表示器全目盛の 80%又は 50%になるように感度を調整する。そのままの感度で対比試験片の内表面にあるノッチからのエコー高さが最大となる位置[(4/8)S]に探触子を置き、そのエコー高さと DAC100%との差異(補正值：dB)を記録する。探傷の結果、内在反射源によるエコーと判断した場合には通常の DAC 曲線を用いた評価、内面開口欠陥からのエコーと判断した場合には補正值を加算した DAC 評価とする。

#### 4440 走査方法

走査方法は 2610 項によるものとするが、手動探傷を行う場合であって、外面から内表面近傍の欠陥検出を対象とする場合、走査(探傷感度)は、4431 (1)～(3)項で求めた基準感度+ $\alpha$  dB とすること。ここで、 $\alpha$  は任意とするが、表示器のノイズレベルを考慮し、可能な限り感度を上げる。

- (1) 探触子の走査方向

探触子の走査方向は、4253 項によるものとする。

- (2) 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、直射法(0.5 スキップ)にて 4254 項を満足するように走査する。

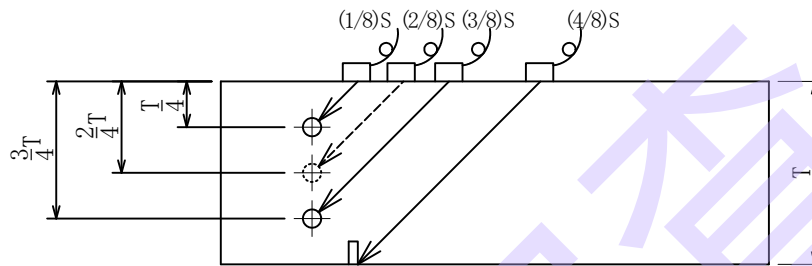
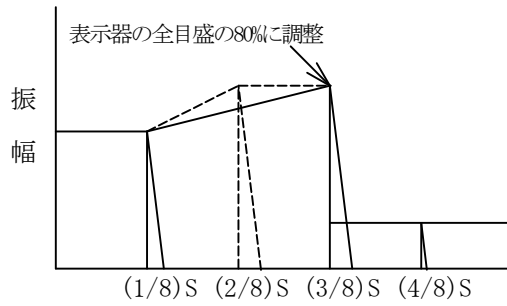
#### 4450 記 録

対比試験片の横穴で作成した DAC 曲線による探傷の場合は、記録は 2710 項に示す要領に準じて必要事項を記録する。

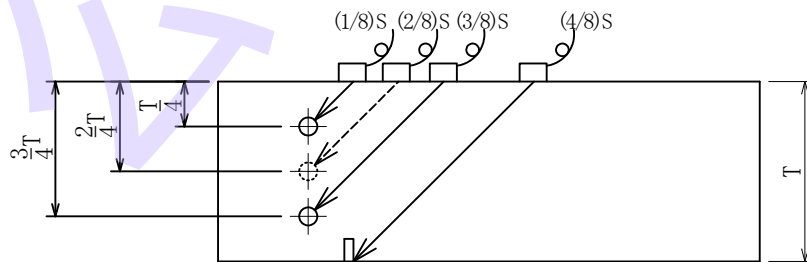
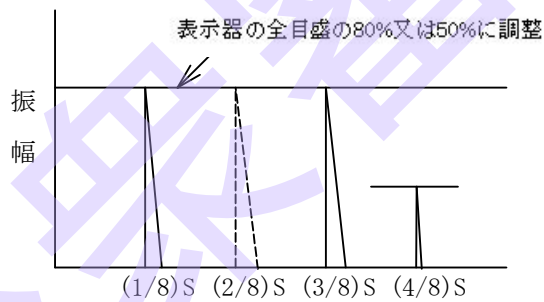
内表面近傍の欠陥検出を対象とする探傷の場合は、ノイズレベルを超えて検出された指示について、全ての指示を記録すること。指示長さの測定方法は指示が検出不可となる範囲の長さを記録する。

#### 4460 評 価

内表面近傍の欠陥検出を対象とする探傷において、対向する 2 方向から指示を検出されている場合は、指示長さの長い方を欠陥長さとすることを原則とする。



(1) DAC回路を使用しない場合



(2) DAC回路を使用する場合

(備考) 破線は、 $\frac{2}{4}T$ 位置の横穴が設けられている場合とする。

図-4431-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定 (管外面から試験する場合)  
(試験部の厚さが25mmを超える場合)

#### 4500 オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷

本項は、配管の突合せ溶接継手に対する超音波探傷試験のうち、試験部の厚さが40mm以下でオーステナイト系ステンレス鋼母材側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させ、超音波入射側の反対側の母材の内表面を試験することを目的とした場合の試験要領を示す。なお、本項に記載なき事項については、第2章及び第4章の規定に準じる。(解説-4500-1)

#### 4510 探触子

探触子は以下に定める項目以外は2320項に準じる。(解説-4510-1)

- (1) 周波数は1~3MHzとし、広帯域型又はコンポジット型を用いる。
- (2) 公称屈折角は、45°、60°又は70°を標準とするが、45~70°の範囲で選定してもよい。
- (3) フェーズドアレイ技術(セクタ走査)を用いる場合、屈折角は少なくとも35~70°の範囲を含めて設定するものとする。

フェーズドアレイ技術(リニア走査)を用いる場合、屈折角は(2)項に準じる。

#### 4520 対比試験片

対比試験片は、以下に定める項目以外は2340項に準じ、次に掲げるいずれかのものを使用する。

- (1) 対比試験片には、縦波を用いる場合はノッチを、横波を用いる場合は横穴を設ける。ノッチの深さは1mmとし、その加工精度は、ノッチの深さの±10%とする。ノッチの長さは少なくとも使用する振動子幅以上とする。なお、ここでいう横穴とは、本文の2340項で規定する横穴を指す。(解説-4520-1)

- (2) RB-SDH

横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に深さの異なる位置に設ける。

#### 4530 探傷方法

- (1) 縦波による探傷を標準とする。なお、縦波による探傷に加えて横波による探傷を行ってもよい。(解説-4530-1)
- (2) 少なくとも2つ以上の異なる探傷条件(超音波のモード、周波数、屈折角等が異なるもの)で探傷を行う。(解説-4530-2)

#### 4540 時間軸の調整及び基準感度の設定

##### 4541 時間軸の調整

- (1) フェーズドアレイ技術を用いる場合

JIS Z 2345 に規定する標準試験片かこれと同等の試験片，若しくは 4520 項で規定する対比試験片を用いて調整を行う。

時間軸は，表示画面上で，表面から試験部底面までが直射法(0.5 スキップ)で観察できる範囲で適宜設定する。この時，4520 項に規定する対比試験片に設けた校正用反射体を用いて，時間軸調整に誤りがないことを確認する。なお，セクタ走査については評価に用いる屈折角振り幅のうち最大，最小及び中心の三角度で確認する。

- (2) フェーズドアレイ技術以外を用いる場合  
2520 項に準じる。

#### 4542 基準感度の設定

- (1) 横波を用いる場合  
試験部の厚さに応じて 4241 項，4242 項又は 4243 項に準じる。
- (2) 縦波を用いる場合 (図-4542-1)  
対比試験片の深さ 1mm ノッチからのエコー[(4/8)S]高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を設定する。
- (3) フェーズドアレイ技術 (セクタ走査) を用いる場合  
対比試験片の深さ 1mm ノッチからのエコー[(4/8)S]高さが，評価に用いる最大及び最小屈折角の範囲の任意の一屈折角で表示器の全目盛の 80%になるように感度を設定する。そのままの感度で，評価に用いる最大及び最小屈折角の範囲で少なくとも 5° ごとにエコー高さを記録する。
- (4) フェーズドアレイ技術 (リニア走査) を用いる場合  
対比試験片の深さ 1mm ノッチからのエコー[(4/8)S]高さが表示器の全目盛の 80%になるように感度を設定する。基準感度を確認する範囲は評価に用いるエレメント範囲とする。また，別途エレメント範囲によるエコー高さの差異が±2dB の範囲内にあることを確認するか，補正する方法を定めて補正する。

#### 4550 走査方法

走査方法は，自動 (又は半自動) 探傷とし，以下に定める項目以外及び横波を用いる探傷は 2610 項に準じる。(解説-4550-1)

- (1) 探傷感度  
4542 項で求めた基準感度 +  $\alpha$  dB とする。ここで， $\alpha$  は任意とするが，表示器のノイズレベルを考慮した上で，可能な限り感度を上げる。
- (2) 探触子の走査方向  
探触子の走査は，4254 項に準じるものとするが，超音波ビームの方向は溶接線に対して直角方向のみとする。(解説-4550-2)

(3) 探触子の走査範囲

探触子の走査範囲は、4240 項に準じた横波斜角法による探傷において、探傷不可能範囲の配管内面部分について探傷が可能な範囲とする。

#### 4560 記 録

欠陥指示長さを除き、2710 項に示す要領に準じて、要記録エコーに対する必要事項を記録する。なお、すべての A スコープ及び位置信号を記録し、かつ再現可能な場合には、エコー高さ、指示長さ等の数値記録に代えて色調（カラー階調及び白黒濃淡表示を含む）で示す記録とすることができる。（解説-4560-1）

- (1) 欠陥指示長さは、反射源からのエコー高さが最大となる位置を中心に探触子を欠陥指示長さ方向に対し平行方向に移動させ、そのエコーが消失しない範囲を探触子の移動距離で測定し、記録する。

#### 4570 評 価

複数の探傷条件による試験結果を用いて総合的に判定を行う。なお、欠陥長さについては、複数の探傷条件による探傷結果のうち、最も長い指示長さとする。

（解説-4570-1）

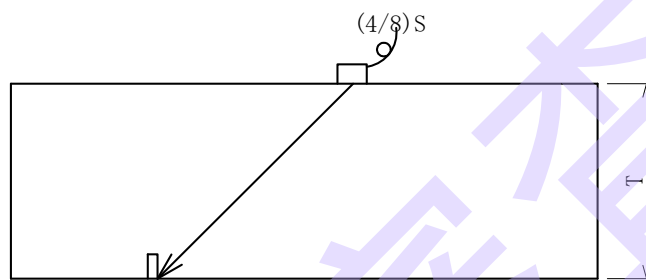
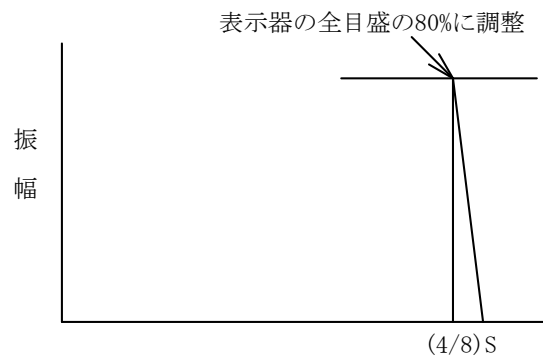


図-4542-1 突合せ溶接継手の基準感度の設定  
 (縦波でオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を行う場合)

[解 説]

公衆衛生

## 第1章 総 則

### (解説-1100-1) 超音波自動探傷装置への要求性能

超音波自動探傷装置を用いる場合の、装置に要求される機能や性能、その確認方法、判定基準などが今までは明確に定められていなかった。このため、附属書Bとして追加規定した。

附属書Bは、本附属書発行後に製作された装置を想定した規定である。しかし、従来から使用してきている装置についても、適用が可能な部分については準用することが望ましい。

### (解説-1100-2) フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出手法

フェーズドアレイ技術は、従来の超音波探傷手法とは異なる部分も多い。このため、附属書Cとして追加規定した。

### (解説-1100-3) 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として適用する超音波探傷試験の要領

炉心シュラウド溶接部については、目視試験(MVT-1)で点検するが、目視試験が困難な場合に渦電流探傷試験あるいは超音波探傷試験の適用が認められており、超音波探傷試験を適用する場合の要領について定めた。規程本文では体積検査として行う超音波探傷試験を対象としていることに対して、本要領は表面試験の代替としての扱いであり、試験対象範囲や感度が異なることから、附属書Dとして追加規定した。

### (解説-1100-4) 各章、附属書の適用範囲

本規程における対象箇所と目的によって適用される章、附属書の関係は解説表-1100-1のとおりである。附属書B及び附属書Cは代替規定であり、適用する場合には他の章、附属書の記載に代えて適用される。



解説表-1100-1 適用される章，附属書

対象箇所・目的		第1章	第2章	第3章	第4章	附属書A	附属書B	附属書C	附属書D
容器	欠陥検出・長さサイジング	○	○	○	—	—	※1	※2	—
	欠陥深さサイジング	○	○	—	—	○	※1	—	—
配管	欠陥検出・長さサイジング	○	○	—	○	—	※1	※2	—
	欠陥深さサイジング	○	○	—	—	○	※1	—	—
炉心 シュラウド	欠陥検出・長さサイジング	○	○	—	—	—	※1	※2	○

○：適用

—：適用外

※1：超音波自動探傷装置を用いる場合にのみ適用される

※2：フェーズドアレイ技術を用いる場合にのみ適用される

**(解説-1320-1) 関連規格**

本規程が引用する規格については引用する年度を指定し，本規程が引用される規格については，引用元の判断によるものとして年度を記載しないものとした。

**(解説-1500-1) 質疑応答の位置づけ**

質疑応答は，本規程と同様に（一社）日本電気協会の構造分科会及び供用期間中検査検討会で審議，検討のうえ発行されるもので，本規程の改定後，最新の知見によって，補足説明した方がよい内容について，本規程の次回改定までの間，運用に反映していくことを目的としている。

## 第2章 一般事項

### (解説-2010-1) 事前確認

欠陥評価を行う上で、適用する手法の能力[欠陥検出精度及び欠陥寸法測定誤差(欠陥長さ及び欠陥深さ)]を確認しておくものとした。

適用する手法と試験対象部位との組合せで、UTS、PLR 配管サイジング精度確性試験及びNSAでの成果と同等の精度が得られるものと判断されれば、UTS、PLR 配管サイジング精度確性試験及びNSAの成果を活用することができる。またNDIS 0603あるいは米国ASME等のPD資格試験に合格したもの(探傷装置、手順書、試験員の組合せ)であれば、PD合格基準の値を活用することができる。

### (解説-2120-1) 表面の仕上げ

プラント新設あるいは既設プラントの改造工事時など新たに溶接施工する部位は、溶接部の余盛などは走査に支障のないように平滑に仕上げをすることを要求した。

なお既設の溶接部で、斜角探傷で配管内面の探傷が十分可能である場合などは、溶接余盛を除去する改造工事を要求しているものではない。

### (解説-2200-1) 試験評価員及び試験員

試験評価員は、供用期間中検査について試験員として経験を有し、必要な資格を保有している者である必要がある。また、試験評価員及び試験員は、試験を行うために教育、訓練を受け、原子力発電所に関する一般的な知識を有することが望ましい。

試験評価員、試験員及び試験補助員(無資格者)の実施可能な業務の例は以下である。(実際の運用ではこれに準じて解釈する)

なお、試験補助員(無資格者)が実施可能な作業は、探傷試験の結果に影響を与える作業も含まれるため、何れの作業であっても試験員の監督下で行われる。

無資格者であっても可能な作業：試験面の処理(ミガキ等)、基準線のマーキング、データメモ、記録作成、後処理、機材の整備(探傷器の清掃、対比試験片の清掃・錆落とし等)、自動探傷の場合の装置設置・調整・操作(感度校正に関する部分を除く)

試験員：機材の点検・性能確認実施、感度校正、探傷、探傷時のエコーの判定、記録作成、規定に基づくエコーの分類

試験評価員：機材の点検・性能確認結果の承認、規定によらないエコーの分類、検査結果の承認

なお、探傷要領書・手順書の承認、本規程の記載範囲を超える代替手法を採用する場合などの判断は、該当する非破壊検査手法のレベル3の資格保有者が行うものであ

ると JIS Z 2305 で記載されている。

### (解説-2320-1) 超音波モードの選定

斜角探傷の場合の超音波モード(横波/縦波等)の選定は、原則として解説表-2320-1に示す考え方で選択することが望ましい。このとき、過去のPSI又はISIで使用していた超音波モードと異なるモードで探傷を行った場合で、要記録エコーが検出された場合には、過去の探傷で使用した超音波モードでも確認を行うことが望ましい。

解説表-2320-1 超音波モードの選定例

対象箇所		超音波モード
低合金鋼，炭素鋼等の超音波の伝ば性の良いもの		横波
オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手等の減衰の大きいもので溶接継手の両側から探傷可能な場合		横波*1
オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手等の減衰の大きいもので、片側からのみ探傷可能で、探傷不可能範囲を低減するために溶接線を透過した探傷を行う場合	通常の探傷範囲	横波
	溶接線を透過した探傷を行う範囲	縦波*2
オーステナイト系ステンレス鋼等の超音波の減衰の大きい材料の探傷を行う場合*3		縦波
ニッケル基合金溶接継手の探傷を行う場合*3	周方向探傷	縦波
	軸方向探傷	横波*4

\*1：厚肉部など超音波の減衰が著しいものは縦波を用いてもよい。

\*2：内表面近傍のみを検出対象とする。

\*3：UTS, NNW で検出性が確認されているのは、オーステナイト系ステンレス鋼管(遠铸件, 静铸件)及びニッケル基合金溶接継手である。

\*4：縦波を用いてもよい。

### (解説-2340-1) 対比試験片

供用期間中検査における超音波探傷試験は、設備の供用中に発生する欠陥を検出するために行われることから、供用前検査及び供用期間中検査時に用いた対比試験片で基準感度を調整し、同一方法で試験して、その結果を比較することにより、欠陥の発生又は進展を確認する必要がある。

したがって、図示した形状・寸法と異なる試験片であっても、それが供用前検査又は以前の供用期間中検査時に用いられていたものであれば、継続して、その試験片を用いて試験することが望ましい。

技術上問題ないと評価されるものの例として、以下のように感度校正結果に有意な差がないと評価される場合や、感度校正が保守側(探傷器設定感度が高くなる)となる場合が挙げられる。

- (1) 端面から校正用横穴の距離が40mmよりも短いですが、使用する探触子を考慮すると横穴からのエコーを検出する位置で端面の影響を受けないと判断される場合。
- (2) 校正用横穴の長さが40mmよりも短いですが、使用する探触子を考慮すると、穴長さの影響が基準エコー高さに影響を与えないと判断される場合。
- (3) 試験部の厚さ25mm以下の穴径は2.4mmであるが、試験部の厚さによっては、保守側に2.4mm未満である場合。

#### (解説-2341-1) 対比試験片に用いる材料

“同等”とは材質が同じでなくても超音波の伝ば性（主として減衰）が同等であればよい。例えば、オーステナイト系ステンレス鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼及びフェライト系ステンレス鋼の母材はそれぞれ同等とみなす。

また、本対比試験片については規格名称又は規格番号等の正確な材質を確認する必要はなく、オーステナイト系ステンレス鋼あるいはフェライト鋼のような材料区分が確認できるものであれば使用できる。

#### (解説-2341-2) 対比試験片の溶接部

一般的に同一材料の継手に対する対比試験片に溶接部を設けることは必ずしも必要としない。しかし、裏波エコーや溶接部エコーの確認を目的として、明らかに健全な溶接部を設けることは有効である。この場合は、試験対象と同等の溶接部を設けることが望ましい。

特に、異材継手部は健全部でも溶接部エコー等が検出されることから、対比試験片に実機と同等の溶接部を設けることが望ましい。

#### (解説-2342-1) 突合せ溶接継手用対比試験片の校正用反射体

米国ではASME Section XIの1974年版で、校正用反射体として横穴を規定していたが、1977年版から角ノッチ反射体（約10% T深さ）に変更された。しかし、1984年になってNUREG-1061 (US.NRC 報告書) が発行され、角ノッチは、横穴に比べて探傷感度が低くなる場合があり（横波45°斜角法のコーナ反射で、試験部の厚さ10mmで約-6dB）、SCC等の検出には横穴を用いるか、角ノッチを用いる場合には感度補正するよう勧告を出した。日本ではUTS、NSA及びNNWの成果から、縦波斜角探傷の場合にはノッチあるいはノッチを模擬した段差を有する対比試験片を用いることが有効であることが報告されている。

なお、参考用として、横穴以外の反射体を設ける場合は、横穴を用いて行う基準感度の調整に支障をきたすことがないように配置する。この配置が困難な場合には、新たな対比試験片を製作し、横穴以外の反射体を加工する。

#### (解説-2342-2) 対比試験片の製作

対比試験片の製作公差については、以下の基準を準用する。

- (1) 対比試験片の厚さ

試験部（実機）の製作公差を準用する。

試験部の厚さが連続的に変化する場合や異なる厚さの部材を接合している場合などは、感度校正が保守側となる（探傷器の設定感度が高くなる）ような条件の対比試験片とすることが望ましい。

(2) 校正用反射体（横穴）の加工位置及び穴径

ASME Sec.V, Subsection A Article 4, Nonmandatory Appendix Jでは、加工位置については、 $\pm 1/8$  インチ、穴径については、 $\pm 1/32$  インチを製作公差としている。この値は、超音波の減衰及び反射率を考慮すると妥当と考えられるため、本規程では、加工位置の製作公差は、対比試験片製作後の実測厚さを基準として $\pm 3$  mm、穴径の製作公差については、 $\pm 0.5$  mm として製作することが望ましい。

(解説-2343-1) 対比試験片の曲率の有無

対比試験片の曲率要否を判断する曲率は、試験対象部の実測値、シーニング加工部の図面寸法、接合される母材の公称径のいずれかを用いる。

(解説-2350-1) 自動探傷装置を使用する場合の原則

自動探傷装置は、予め基本性能等を附属書 B に従って確認することとした。これは探傷時に試験体積の検査が行われるように、その作動誤差を考慮してより広い範囲を走査するなどの対処をすることを意図したものである。

(解説-2420-1) 探触子の入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片

入射点及び屈折角を測定する際に用いる試験片は、JIS Z 2345 を標準とするが、特殊な探触子を適用する場合は、探触子の入射点、屈折角の測定及び時間軸の調整が可能な形状の試験片を用意し、測定及び調整に適用してもよい。

(解説-2420-2) 探触子の屈折角の選定

斜角探傷の場合、公称屈折角と実測屈折角は完全に一致する必要はない。探触子の屈折角は対象物の特性（音速）や探触子のシュー（くさび）の磨耗などの影響を受け、変化するが、実際には探傷能力にはほとんど影響を与えない。具体的には炭素鋼に対し、公称屈折角が $45^\circ$ の探触子を使用する場合、探触子の屈折角は、JIS Z 3060 によると、実測屈折角と STB 屈折角との差異は $\pm 2^\circ$ の範囲内と規定されているが、オーステナイト系ステンレス鋼中の実際の屈折角は音響特性（音速差）の影響を受けるため、炭素鋼の屈折角に対して $3^\circ$ ずれ、概ね $5^\circ$ 程度の差が生じ得る。しかしながら欠陥検出性上問題ない程度であるため、そのまま試験を行っても差し支えない。

一般的に横波 $45^\circ$ を使用する場合には、コーナ部での反射効率は約 $33\sim 57^\circ$ の範囲で一定であり、縦波の場合にも $20\sim 70^\circ$ の範囲でほぼ一定である。このことから、公称屈折角と実測屈折角が大きく異なっても問題ないと考えられる。



#### (解説-2420-3) 探触子の入射点及び屈折角の測定頻度

探触子の入射点及び屈折角は、時間軸及び基準感度の確認を通じて変化の有無を知ることができる。したがって、探触子の入射点及び屈折角の確認は、試験開始前に要求することとし、以降は要求しないこととした。

#### (解説-2510-1) 探傷システムの再調整

時間軸及び基準感度の再調整は、時間軸及び基準感度に影響を与えない部品については不要である。また、予め時間軸及び基準感度に関して等価であることが証明される場合に限り、探傷システムの組合せを変えてよい。

#### (解説-2510-2) 複数の試験員で探傷装置を共有する場合

試験員が途中で交代する場合でも、事前に各々の試験員が調整状態を確認している場合には交代時の確認は特に要しないものとした。例えば、被ばく線量等の問題で、複数の試験員で一連の探傷作業を分担するような場合には、探傷開始前に複数の試験員で時間軸及び探傷感度の調整を確認し、同一の感度調整結果になった場合には、その複数の試験員で1台の探傷器を共有していると考えることができ、交代時の時間軸及び基準感度の確認は必要としない。また、探傷後の確認は探傷中の探傷装置の故障・劣化・誤操作の有無を確認するものであり、個々の試験員全てが行う必要がないことから、代表者による確認でよいものとした。なお、1つの検査対象部を複数名で探傷する場合でも、通常の試験員の交代(前の探傷者の探傷終了時の感度確認、次の探傷者の感度調整)を行う場合にはこの限りではない。

なお、自動探傷の場合、探触子の押し付けが機械的に行われていることから、試験員の交替時の再調整は不要とした。

#### (解説-2510-3) 探傷システムの調整及び確認

これまで探傷の途中において時間軸及び基準感度の確認を定めたのは、連続的に行った試験の結果が全て無効にならないことを配慮して規定しているものであり、手動探傷の場合には、管理区域への1日当たりの入域時間等と整合させた経緯がある。

調整から確認までの時間は、調整した値が規定値より変化していたときに、最後に確認された時点以降の試験について再試験を行わなければならない量に関係することになり、その間隔は試験を行う側の判断で定めるものとした。

#### (解説-2510-4) 確認時のシミュレータの使用

確認作業を容易にするため、探傷中の感度確認及び時間軸確認にシミュレータを用いてもよいこととしている。まず、探傷開始前に対比試験片で基準感度の調整を行ったのち別途準備されたシミュレータ(中間感度校正用試験片)からの反射波の高さ及び路程を確認しておく。その後の探傷中における確認は、最初のシミュレータによる確認時との感度差及び路程差で確認する。

シミュレータは、対比試験片に近い反射エコーが得られるものであれば、対比試験

片と異なる反射源や形状，材質を用いても問題ない。

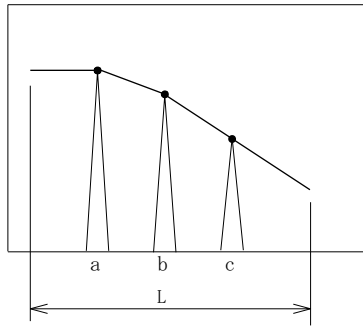
#### (解説-2510-5) メモリー機能を有した探傷器

1台の探傷器で複数の探傷条件を記憶/呼出しをすることができる探傷器が一般的になってきているが，それを使用する場合について新たに規定した。

メモリーの呼出時に，誤ったメモリー番号を呼び出してしまふなどの誤操作を制限するために，シミュレータによる確認又は妥当な管理を行うこととした。

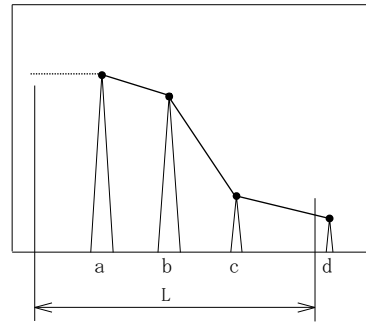
#### (解説-2520-1) DAC 曲線の作成方法

DAC 曲線の作成に当たっては，規定された探触子位置でプロットされたエコー高さのうちビーム路程が最小のものと最大のものと間は原則として各点を直線で結ぶものとする。これを必要な時間軸範囲にわたって延長する方法を解説図-2520-1～解説図-2520-4 に示す (L は必要な時間軸，a, b, c は規定された探触子位置でのビーム路程を示す)。必要な時間軸範囲の記録レベルが，表示器の全目盛の 5%未満となる部分が生じた場合にあつては，時間軸範囲を分割して，分割された範囲ごとに表示器の全目盛の 5%以上になるように感度を調整して DAC 曲線を作成することができる。この場合，各時間軸範囲において基準となるエコーの表示器の目盛上の設定値及びその時の探傷器の設定感度を記録する。



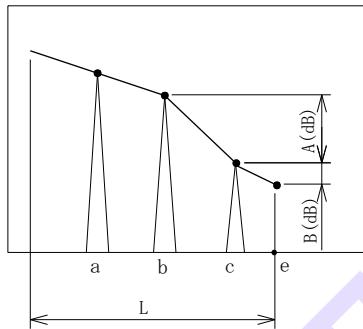
解説図-2520-1 隣合った2点を直線で結びそれを更に延長する方法

注) Lの始点並びに終点における記録レベルが、表示器上5%以上になる場合とする。



解説図-2520-2 規定外の探触子位置で更にエコー高さを求める方法

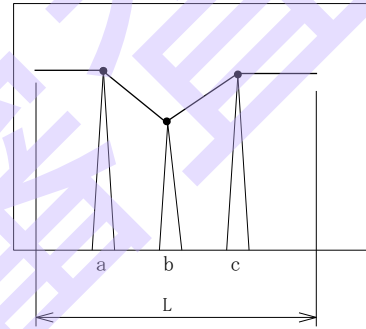
注) dのエコー高さを求めることが可能な場合であって、Lの終点における記録レベルが表示器上5%以上になる場合とする。なお、始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。



解説図-2520-3 減衰量を求めて延長する方法

$$B = \frac{A}{(c-b)} \times (e-c)$$

注) 解説図-2520-2のエコー高さを求めることが不可能若しくは不適切な場合であって、右の関係式から求めたLの終点における記録レベルが表示器上5%以上になる場合とする。なお、始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。



解説図-2520-4 水平に延長する方法

注) 解説図-2520-1～解説図-2520-3でエコー高さを求めることが不可能若しくは不適切な場合とする。始点側にあっても同様な考え方で延長してもよい。

(解説-2520-2) DAC回路を使用して基準感度を調整する時の表示器の目盛上のエコー高さについて

DAC回路を使用する場合、ASME Sec.V, Subsection A Article 4, Nonmandatory Appendix B and Cでは、表示器の全目盛の40～80%に調整することを規定している。使用する探傷器の増幅直線性が確認されていれば、そのエコー高さを表示器の全目盛の40～80%に調整しても問題はない。ただし本規定では、現行の使用実績を考慮して80%又は50%とした。

(解説-2520-3) DAC回路を使用した場合の感度調整

DAC回路を使用した探傷を行う場合は、DAC回路を使用した状態で、表示器上80% (又は50%)に調整するもので、DAC回路を使用しない状態のエコー高さの確認は必要としない。



#### (解説-2520-4) 手動探傷と DAC 回路の使用

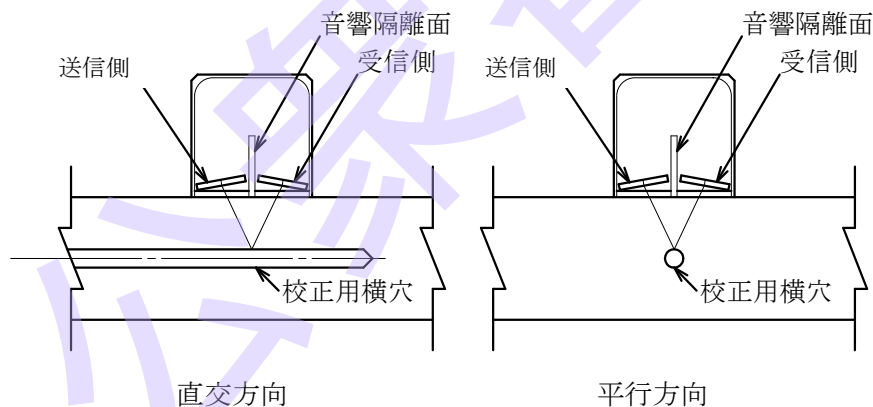
DAC 回路の性能が、基準感度の調整により確認されていれば、その使用は自動探傷に限定しているものではない。

#### (解説-2520-5) 対比試験片の超音波伝搬経路上の媒質

対比試験片の超音波反射面や、校正穴、ノッチの内部等が、水や油等で満たされている場合と空気などで満たされている場合とで、超音波の伝搬効率は多少の影響を受けるが、特に留意すべき差異はない。以前に行った PSI や ISI で行った感度校正と同等の方法で校正を行うことが適切である。

#### (解説-2520-6) 二振動子垂直探触子を使用する場合の感度校正の方法

二振動子垂直探触子を使用し、横穴を用いて基準感度校正した場合には、音響隔離面の向きによってエコー高さが大きく変化する。一般的には横穴の方向と音響隔離面の方向を直交させた方が基準エコー高さは低くなる（探傷器の設定感度が高くなる）ことから、直交させた感度校正を行うことを原則とした。ただし、従来から音響隔離面を平行にした校正を行っていることが感度校正記録や探傷要領書等で明らかな場合や、DAC 曲線の傾きなどから証明できる場合は、従来と同様に平行にした校正を行うことが望ましい。



解説図-2520-5 二振動子垂直探触子を使用する場合

#### (解説-2520-7) 感度が上がっていた場合の再試験

ISI は、供用中に発生又は進展する亀裂等の欠陥の有無を確認し、経年劣化の兆候を把握することにある。

したがって、欠陥からのエコーについては、規定された基準感度の変動範囲内で評価するために再試験を行うことを求めている。一方で反射源位置の解析あるいは過去の記録 (PSI, 以前の ISI) との比較等から形状又は金属組織からのエコーと判断された部分については、再試験の必要性はないものとしている。

ただし、形状又は金属組織からのエコーと判断された部分が、以降の ISI で「有意な

指示」であるか否かの判断を行う場合に、過去のエコー高さ (DAC%) の情報を用いることがあるので、20%又は2dBを超えて上がっていた場合は、経緯を記録しておく観点から基準感度の変化量について記録しておくことが望ましい。

#### (解説-2610-1) 手動探傷の場合の探触子の重なり及び走査速度

手動探傷の場合には探触子の重なり (50%以上) 及び走査速度 (150mm/s 以下) を測定しながら探傷することは現実的ではない。探触子の重なりは接触媒質上の探触子走査の軌跡から探傷者がある程度確認ができること、2 倍感度で走査しエコーが検出された場合には連続的にエコーピークを「探す」ことができることから、探触子の 50%程度の重なりがあるように走査することで問題ない。走査速度については、150mm/s を超えるような走査では探傷器の波形の識別ができないことから、通常の探傷速度であれば 150mm/s 以下であると言える。

#### (解説-2610-2) 探触子の走査速度

探触子の走査速度の制限は、試験員が超音波探傷器の波形を観察する上で瞬間的なエコーを見逃す可能性を考慮した。このことから全ての A スコープを記録し保存する自動探傷装置を使用する場合には、走査速度の制限を超えてもよいものとした。

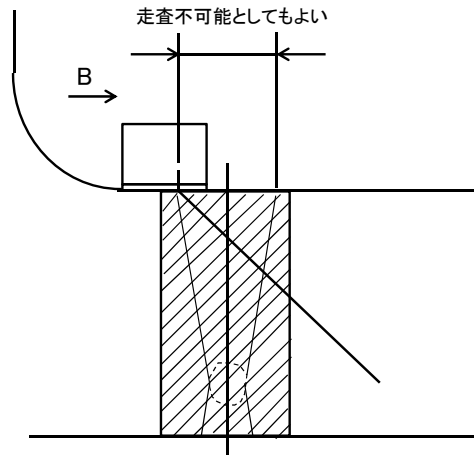
ここで速度の影響を受けない範囲とは、モックアップ試験体等で、実証的に速度の影響がないことが確認できた範囲と考えられる。

#### (解説-2610-3) 自動又は半自動探傷装置を用いる場合の走査感度

手動探傷では探傷器の表示器に表示された反射波を試験員が目で認識し易いようにするため、探傷器の感度を基準感度の 2 倍以上に高めて走査を行うのが一般的である。自動又は半自動探傷装置を用いる場合は、データが自動収録され、反射波の高さは装置に内蔵された DAC 回路によって自動的に距離振幅補正されることから、基準感度のままで走査を行ってもよい。

#### (解説-2620-1) 実質的に有効な探傷ができない場合の走査不可能の考え方

ほとんど走査ができず、実質的に有効な探傷ができないような場合には、探傷不可能範囲として扱ってもよいとしている。これは解説図-2620-1 のような形状において B 側からの探傷で試験体積の内表面に超音波が到達せず、実質的に有効な探傷ができていないと考えることができる。このような場合にあっては、試験員の被ばくを考慮し、B 側からは走査不可能としてもよい。



解説図-2620-1 実質的に有効な探傷ができない場合の例

**(解説-2711-1) 欠陥からのエコーの取り扱い**

過去の供用前検査又は供用期間中検査の超音波探傷試験において、欠陥と判定された反射源については、継続監視していくことが重要である。そこで、過去の検査で欠陥と判定された反射源については、その後の検査で DAC20%を下回るエコーが検出された場合においても、記録することを規定した。なお、この規定は ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section XI, Division 1 Appendix III, Ultrasonic Examination of Vessels not Greater than 2 Inches (51mm) in Thickness III-4511 の規定とも一致している。

なお、過去に欠陥と判定されていない反射源からのエコーについては DAC20%以下のものを記録することを要求しているものではない。

**(解説-2711-2) 金属組織からのエコー及び全般的に確認される形状エコーの取り扱い**

記録レベルを超える指示の記録採取において、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部を対象とした場合のように、試験部の金属組織に起因することが明らかな場合等で、再現性のないものについては、代表例について記録を採取することでよい。

同様にボルトのネジ部からのエコーのように、明らかに形状エコーと判断され、かつ試験範囲全体にわたって検出されるエコーについても、代表例及びその出現範囲の記録を採取することでよいものとした。

**(解説-2711-3) 探傷記録の電子データ化**

手動探傷においては欠陥を見逃すことなく、かつ欠陥であるかどうか疑わしい指示が検出された際には複数の試験員、試験評価員によって評価・判定が行えるよう、正確で再現性のある記録を採取する必要がある。よって、手動探傷は十分な経験と訓練された試験員が行っている。また適用可能な部位については記録を電子データとして残す自動探傷（半自動探傷）を目指すことが望ましい。

#### (解説-2712-1) 反射源の位置の解析

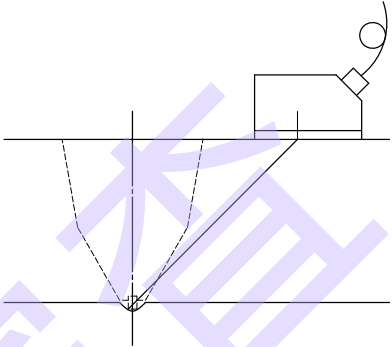
反射源位置の作図において、その後行う反射源の種類分類に支障をきたすと判断される場合は、以下の手順に従うことが望ましい。

- (1) 表面形状が反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、くし型ゲージ(シェイプゲージ)等により表面形状を考慮した上で、反射源位置の解析を行うことが望ましい。
- (2) 溶接継手中心が不明確で反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、斜角法又は垂直法を用いて溶接継手中心を求めることが望ましい。
- (3) 内面形状変化がある場合で、反射源の種類分類に影響を与えると判断される場合は、詳細板厚測定を行うことが望ましい。このとき、オーステナイト系ステンレス鋼の詳細板厚測定を行う場合は、反射源の種類に必要な範囲にわたり、概ね2.5mm 間隔での測定が望ましい。

解説表-2712-1 エコー分類(1/23)

A-a	
区分1：A 形状エコー	区分2：a テーパー部エコー
エコーの説明	エコー名表記：テーパー部エコー シーニング部エコー
<p>シーニング加工等の部分で配管内面にあるテーパー部とシーニング加工部，あるいはテーパー部と原配管との移行部分（テーパー移行部），テーパー面から反射されるエコー。一般的に最近のプラントではISI性を考慮し，45°斜角探傷を行う場合にはテーパー部は試験範囲外になるように設計されているが，古いプラントや設計上やむをえずシーニング部分を短くした場合などは記録される。</p>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法：斜角探傷</li> <li>・対象物：シーニング加工のあるもの（材質問わず）</li> <li>・作図：反射源位置がテーパー（テーパー移行部，テーパー面等）からと特定できる。</li> <li>・特徴：周方向に連続性があり，通常はほぼ全周にわたって記録される。エコーは比較的明瞭で，エコー高さも高い場合がある。</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作図時にはテーパー部の位置を設計図面で確認すると共に，疑義のある場合などは必要に応じて垂直探傷等でテーパー部の位置を確認する。</li> <li>・JEAG4207-2004では，テーパー面エコー及びテーパー移行部エコーと分類していたが，区分は困難であることからテーパー部エコーとした。</li> </ul>

解説表-2712-1 エコー分類(2/23)

A-b	
区分1：A 形状エコー	区分2：b 裏波部エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：裏波部エコー
<p>溶接部裏波形状から反射されるエコー。裏波のある配管溶接部で一般的に記録される。 (裏波を除去してある容器などでは記録されない)</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 溶接裏波のあるもの</li> <li>・作 図： 反射源位置が裏波形状部からと特定できる。</li> <li>・特 徴： 周方向に連続性があり，通常はほぼ全周にわたって記録される。エコー高さは様々で，非常に高いエコーが記録される場合もある。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・作図時には溶接中心の位置を注意して特定する。 (必要に応じて，外面ポンチマーク以外にも垂直探傷，斜角探傷の結果から溶接中心を特定する)</li> <li>・オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合，柱状晶伝搬エコーとの区別は明確ではなく，作図で裏波形状になるものを裏波部エコーとしている。</li> </ul>	

A-c①	
区分1:A 形状エコー	区分2:c 表面エコー
エコーの説明	エコー名表記: 表面エコー モード変換エコー
<p>探傷面と反対面にあるシーニング加工部にあるテーパ部あるいは裏波部等で反射され、外表面が反射源となるエコー。シーニング部分の反射で、横波から縦波へのモード変換を伴う場合にはモード変換エコーとなる。一般的に最近のプラントではISI性を考慮し、45°斜角探傷を行う場合にはテーパ部は試験範囲外になるように設計されているが、古いプラントや設計上ややむをえずシーニング部分を短くした場合などは記録される。(60°斜角探傷など、Y距離の長い探傷を行った場合には、テーパ部が試験範囲内になる)</p>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: シーニング加工のあるもの、裏波形状のあるもの(配管等)</li> <li>・作図: テーパ面や裏波部で反射し、外表面に到達する。</li> <li>・特徴: 周方向に連続性があり、通常はほぼ全周にわたって記録される。外表面のダンピングによる確認で特定できる。</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・テーパ面でのモード変換のある場合とない場合を想定して作図検討を行う。テーパ部の位置を設計図面で確認すると共に、必要に応じて垂直探傷等でテーパ部の位置を確認する。</li> <li>・ダンピングによる確認を行う。</li> <li>・接触媒質が集まっていると高いエコーが得られることがある。</li> </ul>

A-c②	
区分1: A 形状エコー	区分2: c 表面エコー
エコーの説明	エコー名表記: 表面エコー モード変換エコー
<p>探傷面と反対面にあるシーニング加工部にあるテーパ部あるいは裏波部等で反射され、反射時に横波→縦波へのモード変換をおこし、外表面が反射源となるエコー。一般的に最近のプラントではISI性を考慮し、45°斜角探傷を行う場合にはテーパ部は試験範囲外になるように設計されているが、古いプラントや設計上やむをえずシーニング部分を短くした場合などは記録される。(60°斜角探傷など、Y距離の長い探傷を行った場合には、テーパ部が試験範囲内になる)</p>	
特徴/判別方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: シーニング加工のあるもの、裏波形状のあるもの(配管等)</li> <li>・作図: テーパ面で反射し、縦波へのモード変換を考慮すると外表面に達する。モード変換を考慮しないで作図すると、対象物内部に作図される。</li> <li>・特徴: 周方向に連続性があり、通常はほぼ全周にわたって記録される。外表面のダンピングによる確認で特定できる。ビームがほぼ垂直に面にあたるため、エコー高さは非常に高い場合が多い。</li> </ul>	
備考	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・テーパ面でのモード変換のある場合とない場合を想定して作図検討を行う。テーパ部の位置を設計図面で確認すると共に、必要に応じて垂直探傷等でテーパ部の位置を確認する。</li> <li>・ダンピングによる確認を行う。</li> <li>・接触媒質が集まっていると高いエコーが得られることがある。</li> <li>・JEA4207-2004ではモード変換エコーとしていたが、反射源としては表面エコーと同等であることから、表面エコーに統一した。</li> </ul>	

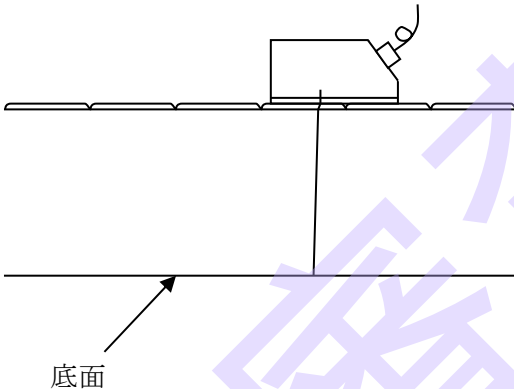


解説表-2712-1 エコー分類(5/23)

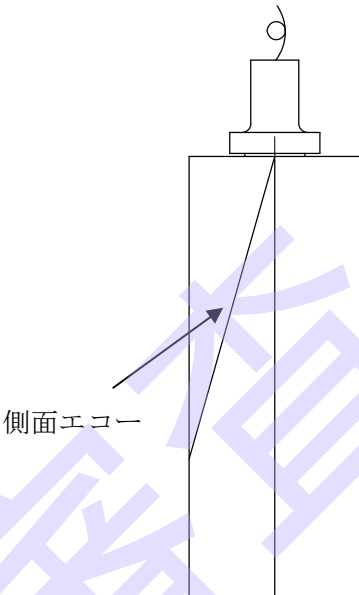
A-d	
区分 1 : A 形状エコー	区分 2 : d 内表面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記 : 内表面エコー
<p>内面の小さな形状変化によって得られるエコー。一般的にエコー高さは低い。一般的に記録される。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : 斜角探傷</li> <li>・対象物 : 全て</li> <li>・作 図 : 反射源位置が内表面に作図される。</li> <li>・特 徴 : エコー高さは比較的低い。他の手法等で確認し、深さのある反射源（欠陥エコー）とは異なる探傷結果が得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・内表面からの欠陥エコーとの識別を行う必要がある。単一の探傷手法だけでは判断せず、過去の記録や複数の手法（例えば、詳細板厚測定や2次クリーピング波法、深さ測定手法など）から総合的に評価する必要がある。</li> </ul>	

A-e①	
区分1:A 形状エコー	区分2:e 底面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>一般的に垂直探傷で，探傷面の反対面からの反射エコー。探傷面と反対面が平行でない場合にはエコーが得られない。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 垂直探傷</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： 一般的に作図は行わなくとも板厚値として特定可能。</li> <li>・特 徴： ほぼ常にエコーが得られる。多重反射によるエコーでも確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

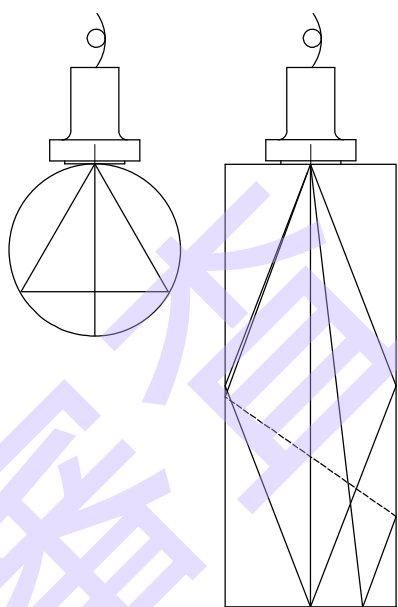
解説表-2712-1 エコー分類(7/23)

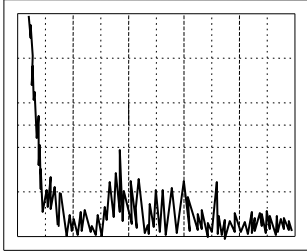
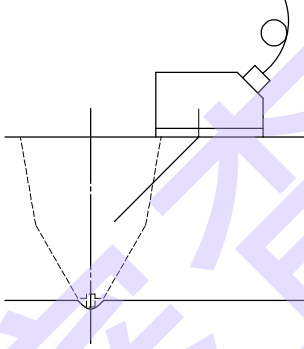
A-e②	
区分1:A 形状エコー	区分2:e 底面エコー
エコーの説明	エコー名表記：“記録対象外”
<p>斜角探傷で探触子走査面にクラッド部がある場合。クラッド部と母材部との境界の急激な金属組織変化等により斜角探傷で入射された超音波の一部が屈折されて底面方向に垂直に反射されたエコー。</p>	
	
特徴/判別方法	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷</li> <li>・対象物： 試験探傷面にクラッド部があるもの</li> <li>・作 図： 通常の作図では反射源が試験体内部になる。</li> <li>・特 徴： <ul style="list-style-type: none"> <li>・他の探傷方向,屈折角で同じ反射源位置からの反射エコーがない。</li> <li>・ビーム路程が, 横波音速における試験体板厚にほぼ相当する。</li> <li>・探触子を前後走査しても, ビーム路程の変動がない。</li> </ul> </li> </ul>	
備 考	
—	

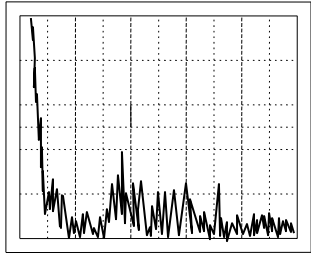
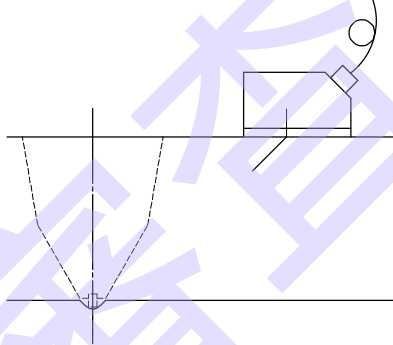
解説表-2712-1 エコー分類(8/23)

A-f	
区分 1 : A 形状エコー	区分 2 : f 側面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記 : “記録対象外”
<p>一般的に垂直探傷で試験対象部の側面(探傷面及び底面を除いた面)からのエコー。側面近くを探傷した場合に得られることがある。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : 垂直探傷</li> <li>・対象物 : 一般的にボルト等の側面の影響を無視できないほど接近している場合の探傷を行ったときに多い</li> <li>・作 図 : ビームの広がりを考慮すると側面に作図される。</li> <li>・特 徴 : 一般的に作図は実施しなくとも端面との位置関係で特定可能。側面に接近するとほぼ常にエコーが得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ビームの広がりを考慮する場合には、理論式や文献等を参考に現実の範囲で作図する。</li> </ul>	

A-g	
区分 1 : A 形状エコー	区分 2 : g 端面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記 : “記録対象外”
<p>一般的に斜角探傷等で, 対象物の端面のエコーが得られる場合。通常は試験体積外になる。ISI ではノズル胴溶接部等の探傷でノズルの内面コーナ部等を検出することが多く, この場合には"コーナエコー"あるいは"コーナからのエコー"と表現することが多い。</p> <p>屈折角が大きい探触子では, 試験体の端面そのものを検出する場合もある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : 斜角探傷</li> <li>・対象物 : 試験体端面が試験体積の近くにあるもの</li> <li>・作 図 : 試験体端面に作図される。</li> <li>・特 徴 : 明確なエコーとして得られる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

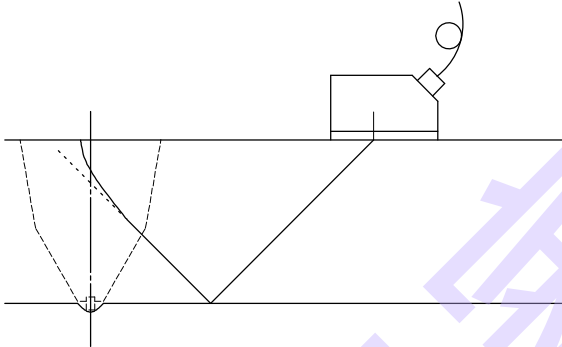
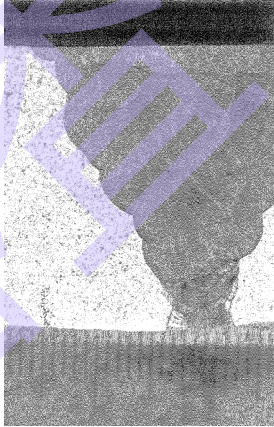
A-h	
区分 1 : A 形状エコー	区分 2 : h 遅れエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>垂直探傷等でボルト等の探傷を行う場合や、幅の狭い試験体の探傷を行う場合に見られることが多い。</p> <p>また柱状のものを側面から探傷する場合にも見られる。探触子のビームの広がりにより、試験体の側面に超音波があたり、反射、モード変換により複雑なエコーを示す。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 垂直探傷，斜角探傷</li> <li>・対象物： ボルトのような長さの長いものや柱状のものを探傷した場合が多い</li> <li>・作 図： 伝搬経路をそれぞれ考慮し，ビーム路程の確認を行っていく。</li> <li>・特 徴： はっきりしたエコーが得られる。第 1 回底面エコー以降に出現する例がほとんど。対比試験片で確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・伝搬経路（モード変換含む）を想定して路程を計算する。</li> </ul>	

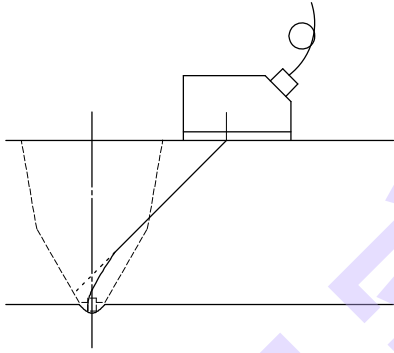

B-a	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: a 溶接部エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 溶接部エコー
<p>溶接金属中の金属組織内の結晶粒界や柱状晶組織からの反射エコー。結晶組織のその微細な組織の境界部や柱状晶組織の境界面からのエコーであるため、明確な反射源はない。波形も林状エコーと呼ばれる複数のピークのある波形を示すが、鋭いエコーを示すこともある。エコー高さはあまり高くない。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: 溶接部 (オーステナイト系ステンレス鋼溶接部で顕著)</li> <li>・作 図: 作図により溶接金属内に反射源が作図される。</li> <li>・特 徴: 一般的に林状エコーと呼ばれる不明瞭なエコー形状を示す。エコー高さはあまり高くない。特定の屈折角でのみ検出されることが多い。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかな林状エコー形状の場合には記録対象外</li> <li>・従来の粒界エコー, 柱状晶エコー, 溶接部エコーを各々区分することは困難であり, 明瞭な判断はできない。オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合には柱状晶組織となっていることが知られているので, 比較的是っきりしたエコーは柱状晶エコーとして記録している。</li> <li>・バタリングエコー, クラッドエコー等も溶接部からのエコーとして統一した。</li> </ul>	

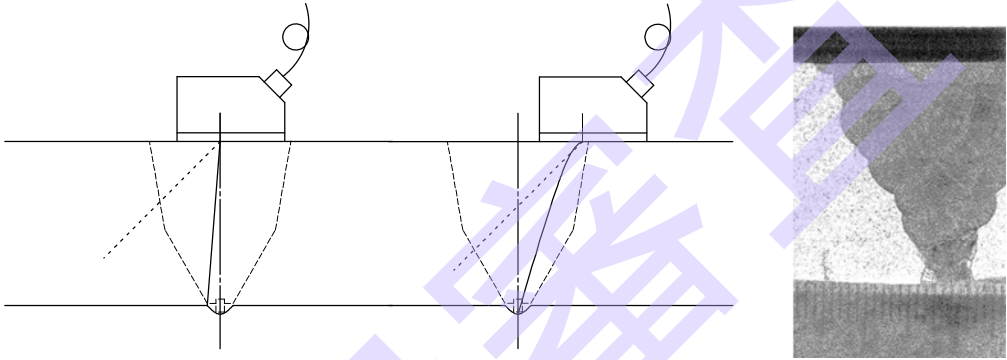
B-b	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: b 林状エコー
エコーの説明	エコー名表記: 林状エコー 又は金属組織エコー
<p>溶接金属ではない母材の金属組織からの反射エコー。材質の不均質によるその境界部からのエコーであるため、明確な反射源はない。波形も林状エコーと呼ばれる複数のピークのある波形を示す。エコー高さはあまり高くない。溶接部に反射源が作図される場合には溶接部エコーとなる。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: 母材部</li> <li>・作図: 作図により母材に反射源が作図される。</li> <li>・特徴: 一般的に林状エコーと呼ばれる不明瞭なエコー形状を示す。エコー高さはあまり高くない。特定の屈折角でのみ検出されることが多い。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。</li> </ul>
備考	<ul style="list-style-type: none"> <li>・明らかな林状エコー形状の場合には記録対象外</li> </ul>



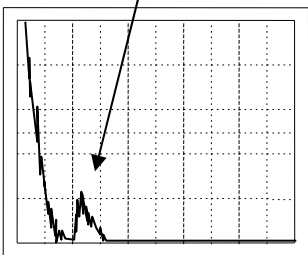
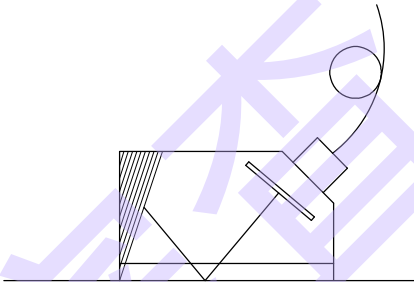
B-c	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: c 境界面エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 境界面エコー 又は金属組織エコー
<p>溶接金属と母材部の境界面からのエコー。超音波特性の違いによりエコーとして得られる。母材と溶接金属で違う材質を使用している場合には比較的明確に測定できるが、同系統の材料の場合には不明瞭なエコーとなる。高感度で探傷を行うと境界面がわかる場合がある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷, 垂直探傷</li> <li>・対象物: 溶接部</li> <li>・作図: 作図により溶接金属と母材の境界部に反射源が作図される。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さはあまり高くない。不連続部ではないため、放射線透過試験では陰影はなく、掘削しても何もない。境界部に存在する融合不良の場合には鋭いエコーが得られ、反対からの探傷でも検出する。</li> </ul>
<b>備考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・境界部の融合不良の場合には反対面からの探傷でも検出する。 またエコーも鋭い形状をしている。</li> <li>・溶接境界面エコー, バタリング境界面エコー, クラッド境界面エコー等の区分は重要ではないので, 統一した。</li> </ul>

B-d①	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース1&gt;</p> <p>一回反射法(1スキップ)での探傷の範囲で超音波が偏向し、外表面で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる場合がある。</p>	
 	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により溶接金属外表面近傍に反射源が作図され、偏向を考慮すると外表面になる。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。外面のダンピングで確認できる。周方向の連続性がある。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・狭開先溶接部の場合に、顕著に表れる。</li> </ul>	

B-d②	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース2&gt;</p> <p>直射法(0.5スキップ)での探傷の範囲で超音波が偏向し、裏波形状部(及び近傍)で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる。裏波形状がなくとも内面にほぼ垂直に反射するため、同様のエコーが得られる。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により裏波形状部近傍に反射源が作図され、偏向を考慮すると裏波部(あるいはその周囲)になる。</li> <li>・特徴: 一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。周方向の連続性がある。他の屈折角での確認などが有効</li> </ul>	
<b>備考</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・オーステナイト系ステンレス鋼溶接部の場合、裏波部エコーとの区別は明確ではなく、作図で裏波形状になるものは裏波エコー、偏向を考慮して裏波形状にあたるものを柱状晶伝搬エコーとしている。</li> </ul>	

B-d③	
区分1: B 金属組織エコー	区分2: d 柱状晶伝搬エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: 柱状晶伝搬エコー
<p>オーステナイト系ステンレス鋼溶接部等の柱状晶組織(写真)によって、超音波の伝搬経路が偏向する。超音波は柱状晶組織の成長方向に偏向していく。これによって得られるエコーをいう。</p> <p>&lt;ケース3&gt;</p> <p>探触子が溶接部の中心付近にある場合に、溶接金属で超音波が偏向し、内表面で反射されるエコー。面反射エコーのため、非常に高いエコーが得られる場合がある。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: オーステナイト系ステンレス鋼溶接部</li> <li>・作図: 作図により金属内部に反射源が作図され、偏向を考慮すると内表面になる。一般的にエコー高さは高く、明確なエコーとなる。</li> <li>・特徴: 周方向の連続性がある。反対側からの探傷や垂直探傷では検出されない。</li> </ul>	
<b>備考</b>	
—	

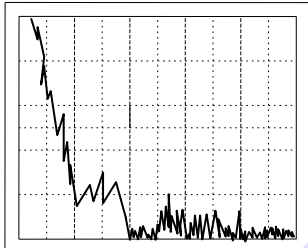
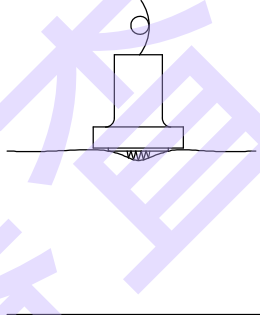
解説表-2712-1 エコー分類(17/23)

C-a	
区分1: C 雑エコー	区分2: a クサビエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>斜角探傷などで使用するクサビ（シュー，ウエッジともいう）内で反射されるエコーをいう。通常は発信パルスに連なって観測される。探触子を対象物から離しても定常的にエコーが観測される。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 斜角探傷（垂直探傷でもシューを用いる場合にはある）</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： ー</li> <li>・特 徴： 定常的に観測され，探触子を対象物に接触させなくとも観測される。</li> </ul>
<b>備 考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ダンピング性能のあまりよくない探触子の場合には特に表れる。</li> </ul>

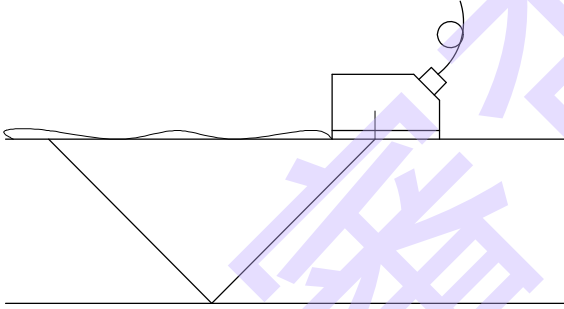
C-b	
区分 1 : C 雑エコー	区分 2 : b 残留エコー (ゴーストエコー)
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記 : “記録対象外”
<p>繰り返し周波数 (1 秒間に発生させる超音波パルス数) が高すぎる場合に, 1 回前に発振したパルスの残像が出現する。対象物の超音波透過性が良い場合に観測される例がある。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : 垂直探傷 (斜角探傷でも形状によってはありうる)</li> <li>・対象物 : 超音波の透過性の良いもの</li> <li>・作 図 : —</li> <li>・特 徴 : 繰り返し周波数を変更できる探傷器であれば, 繰り返し周波数を変化させることで確認できる。エコーは一定に得られ, 底面エコー等と同じ動きをする。</li> </ul>
<b>備 考</b>	—

解説表-2712-1 エコー分類(19/23)

C-c	
区分1:C 雑エコー	区分2:c 電気ノイズエコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：“記録対象外”
<p>外乱による電気ノイズが記録されたもの。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法： 全ての探傷方法</li> <li>・対象物： 全て</li> <li>・作 図： ー</li> <li>・特 徴： 鋭いピークが表れ，再現性がない。自動探傷で記録される場合には，前後の スキャンとで連続性が全く無いことで確認できる。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

C-d①	
区分1: C 雑エコー	区分2: d 水エコー (カプラントエコー)
エコーの説明	エコー名表記: “記録対象外”
<p>表面の凹凸により探触子接触面と探傷面との間に接触媒質の層ができる。その層で超音波が多重反射したもの。表面が平滑である場合にはあまり見られないが、凹凸のある面からの探傷の場合には大きいエコーが得られることがある。特に垂直探傷で顕著である。</p> <p>自動探傷等で記録された場合には、水エコー又はカプラントエコーと表記する。接触媒質として水を使用している場合には水エコー、その他の場合にはカプラントエコー等（グリセリンエコーなど、カプラントと同等の用語でも可）と表記する。</p>	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
特徴/判別方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 垂直探傷, 斜角探傷</li> <li>・対象物: 表面凹凸の大きい対象物</li> <li>・作 図: —</li> <li>・特 徴: 発信エコーが部分的に長く, 高いエコー高さになる。手動探傷の場合には, 探触子の接触状況を考慮することで確認できる。</li> </ul>
備 考	—



C-d②	
区分1: C 雑エコー	区分2: d 水エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記: “記録対象外”
<p>探傷面に塗布した接触媒質により, 1回反射のエコーが得られるもの。探触子の走査により接触媒質が部分的に盛り上がっている場合などに現れることが多い。表面のダンピングで容易に確認できる。</p> <p>また, 手動探傷の場合にはエコー源と思われる接触媒質を除去するとエコーが消失することでも確認できる。自動探傷で記録された場合には, 水エコー又はカプラントエコーと表記する。接触媒質として水を使用している場合には水エコー, その他の場合にはカプラントエコー等(グリセリンエコーなど, カプラントと同等の用語でも可)と表記する。</p>	
	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法: 斜角探傷</li> <li>・対象物: —</li> <li>・作 図: 外表面(探傷面)に作図される。</li> <li>・特 徴: ダンピングで容易に確認できる。再現性は乏しく, 接触媒質を除去するとエコーも消失する。外表面側の柱状晶伝搬エコーと異なり, 再現性がない。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

解説表-2712-1 エコー分類 (22/23)

D-a	
区分 1 : D 要記録エコー	区分 2 : a 不連続部エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記：不連続部エコー 又は非金属介在物など (その他特定できた場合)
<p>他のいずれのエコーにも分類されず，反射源が不連続部であると推定されるもの。 適用規格によって不合格と判定される場合には，「欠陥エコー」とする。 一般的に複数の探傷方法や他の非破壊検査手法の結果と合わせて総合的に判断する。単一の超音波探傷手法でのみの判断は行わない。 探傷結果を他の評価規定（維持規格等）に照合して判定を行うにあたり，対象の反射源を以下の3種類に分類しても良い。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・面状欠陥</li> <li>・ラミネーション欠陥</li> <li>・線状欠陥</li> </ul>	
<b>特徴/判別方法</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法：－</li> <li>・対象物：－</li> <li>・作 図：欠陥の発生する可能性のある部分に作図される。</li> <li>・特 徴：複数の手法によって，その部分に欠陥のあることを示唆する結果が得られる。 また推定される反射源が，予想される欠陥形状と合致する。</li> </ul>
<b>備 考</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・判定により不合格となった場合には「欠陥エコー」とする。</li> </ul>

解説表-2712-1 エコー分類 (23/23)

D-b	
区分 1 : D 要記録エコー	区分 2 : b 欠陥エコー
<b>エコーの説明</b>	エコー名表記 : 欠陥エコー
<p>反射源が不連続部で、適用規格によって不合格と判定されるもの。</p> <p>判定が行われていない場合には、「不連続部エコー」の表記による。</p> <p>一般的に複数の探傷方法や他の非破壊検査手法の結果と合わせて総合的に判断する。単一の超音波探傷手法でのみの判断は行わない。</p> <p>超音波探傷試験記録のみで記録を取り扱う場合には、不合格であるかの判定ができない場合があるので、その場合には「要記録エコー」と記載し、その他の亀裂進展評価等を含めた記録とする場合には「欠陥エコー」と記載する。</p>	
<b>特徴/判別方法</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方法 : —</li> <li>・対象物 : —</li> <li>・作 図 : 欠陥の発生する可能性のある部分に作図される。</li> <li>・特 徴 : 複数の手法によって、その部分に欠陥のあることを示唆する結果が得られる。また推定される反射源が、予想される欠陥形状と合致する。適用規格によって不合格と判定される。</li> </ul>	
<b>備 考</b>	
—	

#### (解説-2720-1) 欠陥寸法測定を行う場合

供用期間中検査において、進展性のある反射源等の有意な欠陥と判断される場合には、欠陥長さ及び深さを測定し、評価することが維持規格で求められている。

進展性の有無は、機器の製造時の記録、過去のトラブル事例、欠陥指示の反射源位置、超音波探傷試験による検出性等の実証試験データ、他の非破壊試験方法による補足試験結果（屈折角度、走査間隔等を変えた超音波探傷試験、他の手法による非破壊試験等）等を参考に、供用期間中における欠陥の発生、進展によって生じた変化であるかが総合的に判断される。

なお、UTS では、解説表-2720-1 に示す結果が得られており、統計学上は $2\sigma$ の範囲に約96%のデータが含まれる。

維持規格では、欠陥エコー（維持規格では欠陥指示）が溶接部にある場合で、その位置などから溶接施工時に溶接部の内部に生じたものと判断され、溶接部の判定基準である溶接規格に適合するものについては、欠陥深さ寸法測定は求められていない。ただし、欠陥が表面にある場合などで、割れか否かの判断が付かない場合には欠陥深さ寸法測定を行う。

解説表-2720-1 UTS で測定した標準偏差 (1σ) の値

対象部位	最大 エコー高さ (dB)	X 方向位置 (mm)	Y 方向位置 (mm)	DAC20% 指示長さ (mm)
直管炭素鋼及び 平板炭素鋼クラッドなし試験体 *1	2.3	6.8	3	4.9
平板炭素鋼クラッド付試験体 (外面探傷) *2	4.2	10.3	9.2	20.6
直管オーステナイト系ステンレス鋼 疲労亀裂付与試験体 *3	3.0	10.9	2.4	7.0
直管オーステナイト系ステンレス鋼 SCC 付与試験体 *3	3.2	11.3	2.5	9.1
ノズルクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {ノズル外面 R 部探傷}	3.0	8.0	13.9	*6
ノズルコーナクラッド付試験体 (ノズルコーナ部) {鏡部外面探傷} *4	(8.5)	8.8	4.5	*6
ノズルセーフエンド異材継手試験体 (外面探傷) *5	6.4	7.9	3.7	13.1
主冷却配管 (オーステナイト系ステンレス鋳鋼) *4	(6.7)	(91.7)	(14.6)	*6

(注記)

探傷時間に制限はなく、一般の作業服を着用し、検査員が探傷し易い状態で試験を行った。

手動探傷で行い、5 チームが共通の機材（探傷器、探触子等）を使用し、ほぼ同時期に行った。

\*1: ノズルクラッドなし疲労亀裂付与試験体の胴ノズル部を含む。なお、統計値は横波 45° を示す。

\*2: ノズルクラッド付疲労亀裂付与試験体の胴ノズル部及び容器胴 UCC 模擬試験体を含む。なお統計値は横波 45° を示す。

\*3: ノズルセーフエンド試験体のセーフエンド側（オーステナイト系ステンレス鋼）に付与された欠陥を含む

\*4: ノズルクラッド付試験体（ノズルコーナ部）（鏡外面探傷）及び主冷却配管（オーステナイト系ステンレス鋳鋼）の手動探傷のチーム数は 3 チームであり、一部の項目はデータ数が 5 個未満となることから、標準偏差は算出せず、最大値-最小値の最大値を括弧内に記載した。

\*5: ノズルセーフエンド試験体のバターニング部に付与された欠陥が対象。統計値は縦波探触子の値を示す。

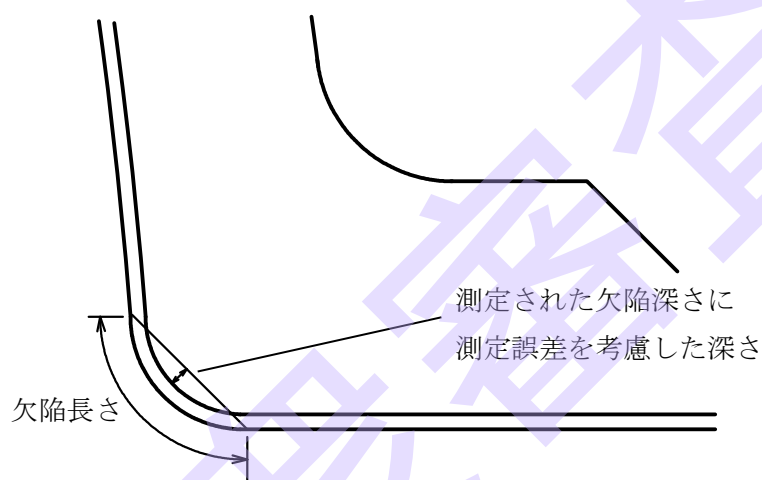
\*6: クラッドノズルコーナ部及び主冷却配管の指示長さの測定は統計値として削除した。

### (解説-2720-2) 欠陥長さ寸法の測定方法

欠陥長さ寸法を測定する場合には、原則として DAC20%指示長さとすることで実際の欠陥長さに対して保守的に評価することができる。ただし、UTS の結果から、クラッド付きノズルコーナ部 (外面 R からの探傷、鏡部外面探傷)、異材継手バタリング部 (外面探傷)、オーステナイト系ステンレス鋳鋼の場合には過小評価する可能性がある。例えばクラッド付ノズルコーナ部については、以下の考え方を参考として、保守的な評価を行うことが必要である。

#### ・クラッド付きノズルコーナ部：

欠陥の深さ測定を行い、その計測誤差を勘案した上で、想定される欠陥形状から欠陥長さを推定する。



解説図-2720-1 クラッド付きノズルコーナ部の欠陥長さ測定例

### (解説-2730-1) 追加の探傷

維持規格で試験結果を評価する上で、溶接規格又は設計・建設規格を引用し、判定しているものがある。この場合には各々の規格に従った追加の探傷が必要な場合がある。評価を行う上での代表的な例を以下に示す。

#### ラミネーション欠陥を検出した例

- (1) ラミネーション欠陥であることの確認: 垂直探傷にて指示範囲の両端に対して反射源深さを測定し、その傾きが探傷面に対して  $10^\circ$  以内であることを確認する。
- (2) 対象が鋳造品である場合  
設計・建設規格で定める対比試験片で感度校正を再度調整するか、実施した探傷との感度差を計算し、エコー高さを評価する。
- (3) 対象が鍛造品である場合 (管もこれに含む)  
底面エコー方式による探傷を行い、底面エコー高さが表示器の 5% 以下になる部分の有無を確認する。(設計・建設規格)
- (4) 対象が板である場合 (板から製造された管、容器等を含む)

底面エコー方式による探傷を行い底面エコーの消失の有無を確認する。(設計・建設規格)

なお、これらの時に各々の規格で要求されている探傷器等の性能試験(増幅直線性、時間軸直線性)については、本規格での要求を満たすことで代用できる。

#### (解説-2800-1) 試験記録

試験記録の各項目はすべてを1枚の用紙に記録する必要はないが、各々の記録単位において、それぞれの項目が特定できることが必要である。複数枚にまたがる記録の場合には、個々の記録の識別番号や通し番号によって特定することが必要である。

#### (解説-2800-2) 探傷及び走査不可能範囲の考え方

要求されている試験範囲に対して十分な走査ができない場合は、走査不可能範囲と探傷不可能範囲を記録することを求めている。一般的には図示し、その作図では超音波ビームの偏向などの考慮は必要ない。ここで各々の考え方を以下に示す。

##### ・走査不可能範囲

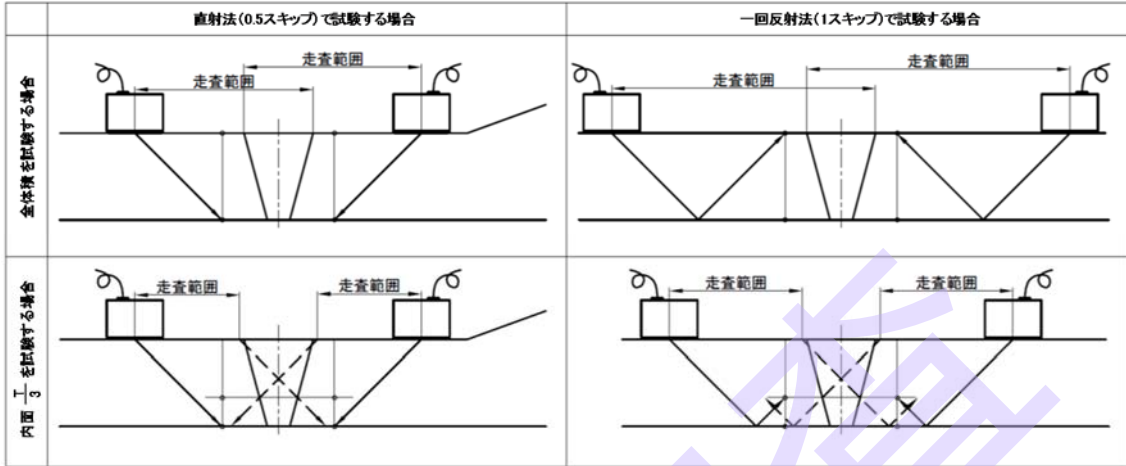
走査範囲内で、幾何学的形状等の理由により探触子が走査できない範囲を示す。

##### ・探傷不可能範囲 (解説表-2800-1)

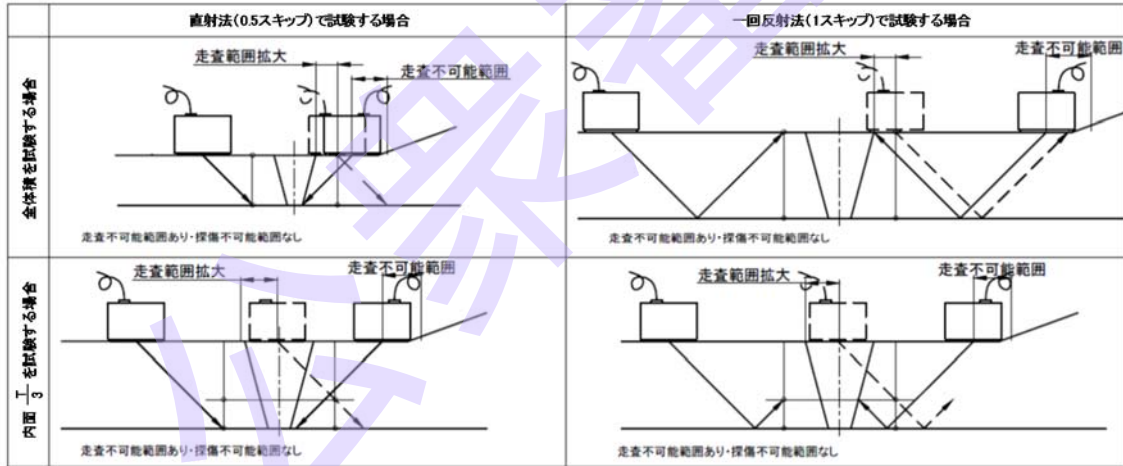
- (1) 炭素鋼, 低合金鋼等の溶接部で音波の透過性が良いもの  
3236 項, 4245 項又は 4254 項に従い探傷が不可能な範囲。
- (2) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いもの  
溶接金属内までは有効とみなすが、溶接金属を透過した探傷は無効とする。
- (3) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いものに対し、溶接線を透過した探傷をする場合  
4500 項に従い探傷した場合については、溶接金属を透過した内表面を有効として記録する。

解説表-2800-1(1) 走査範囲と探傷不可能範囲

- (1) 炭素鋼, 低合金鋼等の溶接部で音波の透過性が良いもの  
 a. 走査不可能範囲無し



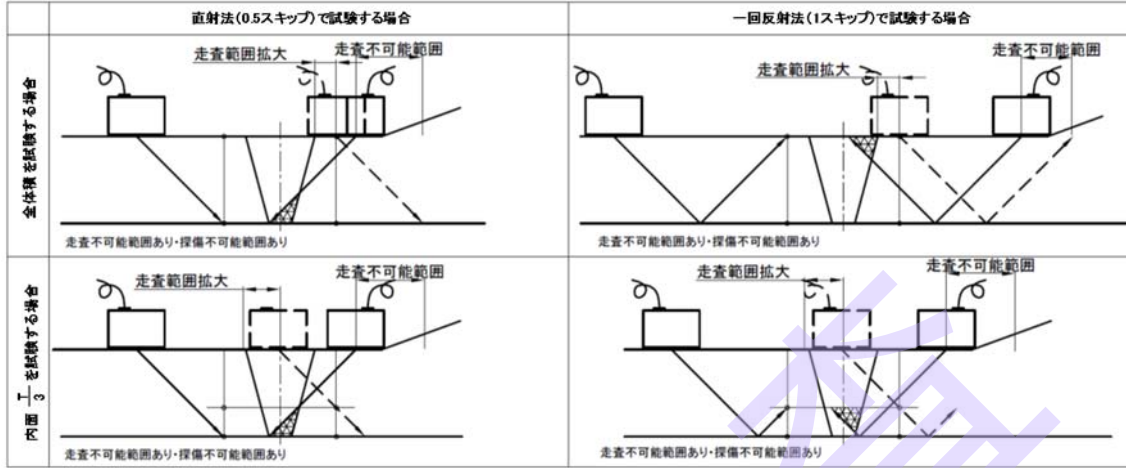
- b. 走査不可能範囲がある為, その反対側からの走査範囲を拡げて探傷不可能範囲を削除した例



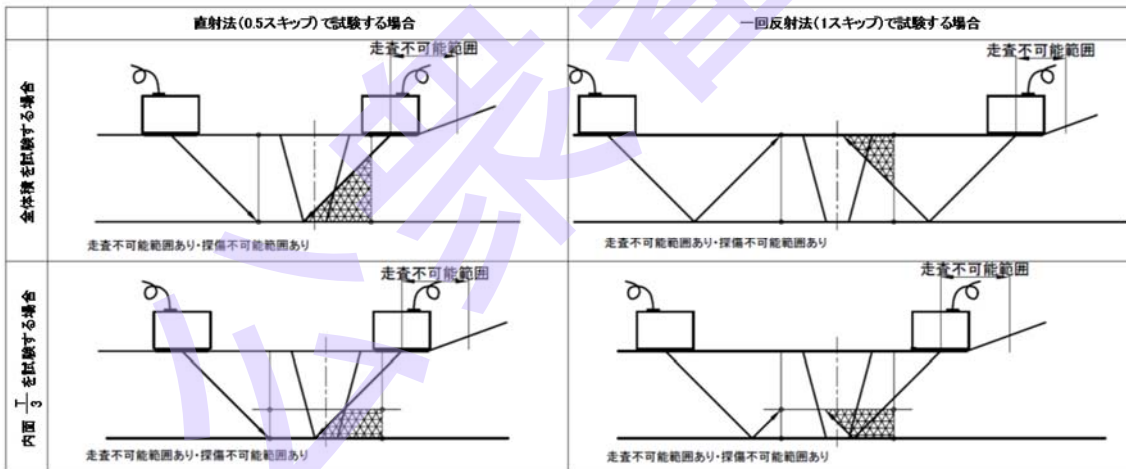


解説表-2800-1(2) 走査範囲と探傷不可能範囲

- c. 走査不可能範囲がある為、その反対側からの走査範囲を広げて母材の探傷不可能範囲を削減した例(両側から探傷が必要な溶接金属内に探傷不可能範囲が残る)



- (2) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いもの  
走査不可能範囲があり、溶接金属を透過したビームは無効とし探傷不可能範囲として作図した例



解説表-2800-1 (3) 走査範囲と探傷不可能範囲

- (3) オーステナイト系ステンレス鋼等の溶接部で超音波透過性が悪いものに対し、4500 項に従い溶接線を透過させた探傷を行った場合の例  
探傷不可能範囲図に溶接部を透過した探傷が実施されたことを追記する。

	直射法(0.5スキップ)で試験する場合	一回反射法(1スキップ)で試験する場合
全体探を試験する場合	<p>A側 B側</p> <p>走査不可能範囲</p> <p>A側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接部を透過しB側内表面の探傷を実施</p>	
内面 $\frac{1}{3}$ を試験する場合	<p>A側 B側</p> <p>走査不可能範囲</p> <p>A側からオーステナイト系ステンレス鋼溶接部を透過しB側内表面の探傷を実施</p>	

## 第3章 容器の超音波探傷試験要領

### (解説-3100-1) オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手

オーステナイト系ステンレス鋼製容器の溶接継手の試験要領において、本章に規定されていない2次クリーニング波法や縦波斜角法などによる探傷を行う場合には、第4章の配管の超音波探傷要領を準用する。

### (解説-3100-2) ボルトの定義

本規程でいうボルトとは、軽水型原子力発電所用機器のうち、クラス1機器及びクラス2機器においてボルトとして使用するもので、スタッドを含むものとする。

### (解説-3211-1) 突合せ溶接継手に適用する斜角法の屈折角

突合せ溶接継手の斜角法の屈折角を $45^\circ$ の1角度としたのは、屈折角 $45^\circ$ が材料又は溶接継手の表面から発生し板厚方向に進展する欠陥の検出性が他の角度に比較して高いことによる。これは(財)原子力工学試験センター[後の(財)原子力発電技術機構]が昭和56～57年に行った供用期間中検査実証試験の報告でも表面に開口した疲労欠陥、SCCの検出感度は屈折角 $60^\circ$ と $70^\circ$ に比べ $45^\circ$ が高いことが示されている。なお、容器で厚さが51mmを超えるものにあつては、検出精度を上げるため、2角度で行うことを要求した。このとき、2角度の差は公称屈折角を基準に考えるが、厚さ(t)と径(D)の比(t/D)が大きい試験部の場合には、公称屈折角から計算される試験部内表面への入射角を基準に $10^\circ$ 以上の角度差とすることが望ましい。

### (解説-3231-1) 0.5S以上(一回反射)の試験を行う場合のDAC曲線

0.5S以上のビーム路程についても試験する場合には、更に(5/8)S、(6/8)S( $2/4$ T位置の横穴が設けられている場合)、(7/8)S及び(9/8)S[(9/8)Sからの反射波が得られる場合]のエコー高さを求めてプロットする。

### (解説-3420-1) 容器の外側から管台内面の丸みの部分を試験する場合の対比試験片

容器の外側から管台の内面の丸みの部分を試験する場合、超音波を丸みの部分に伝ばさせる方法として管台のコーナ円の法線方向から超音波を入射させる方法と接線方向から超音波を入射させる方法とがあり、そのいずれの方法を用いて試験してもよい。管台のコーナ円の法線方向から超音波を入射させる場合の対比試験片のノッチは、管台のコーナ円の接線方向に設けられ、管台のコーナ円の接線方向から超音波を入射させる場合には、法線方向のノッチが設けられる。したがって、使用する対比試験片は、超音波を入射させる方向と対応したものとする。

**(解説-3420-2) 管台内面の丸みの部分を試験する斜角法の屈折角**

管台のコーナ円の法線方向に超音波を入射させて試験する場合については、屈折角度の異なる2種類以上の探触子で胴及び管台の外表面を走査し、それらを組合せることによって試験範囲全体がカバーできるような屈折角を選定しなければならない。管台のコーナ円の接線方向に超音波を入射させて試験する場合には、探触子位置と試験部との幾何学的位置関係からノッチからのエコーが十分検出できる屈折角を選定する。

**(解説-3620-1) ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角**

ボルトの検査穴から斜角法で試験する場合の屈折角は、ネジ底に加工したノッチからのエコーとネジの山、谷からのエコーとの間で有意差が出る屈折角を選定する。

一般的には、 $40\sim 70^\circ$  の角度を用いる。

## 第4章 配管の超音波探傷試験要領

### (解説-4212-1) 2次クリーピング波法の校正用反射体

2次クリーピング波の性質を考慮し、校正用反射体はノッチとした。深さについては、設計・建設規格の管における場合の標準試験片の校正用反射体を参考に設定した。

また、附属書の解説A-1200項で述べている超音波探傷試験によるPLR配管サイジング精度確性試験では、深さ1mmノッチが適用されていることから、これを使用してもよいこととした。

なお、維持規格に規定されている評価不要欠陥寸法によると、板厚が10～50mmの範囲での最小評価不要欠陥寸法が1.5～2.0mm（板厚比で15～4%T）となる。

また、従来から継続して使用している対比試験片等がある場合には、検査結果の継続性を考慮し、その試験体を使用してもよいこととした。

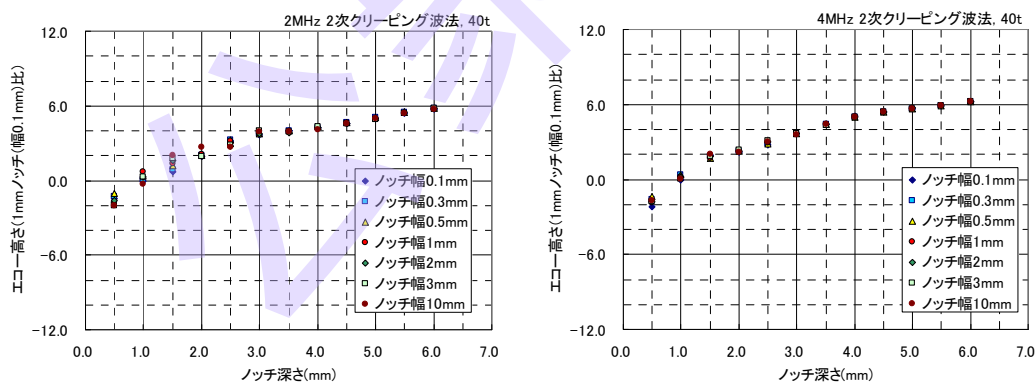
なお、以下のとおり二次元有限要素法を用いたシミュレーション解析により、周波数が2MHz及び4MHzの2次クリーピング波法について、次のことが確認されている。

#### (1) ノッチ深さについて

厚さ40mmの試験片に対しては、本規定によればノッチ深さは2mm(5%)又は1mmである。ノッチ深さを0.5～6.0mmと変えて解析した結果を解説図-4212-1に示すが、2mmと1mmの差は2dB程度である。

#### (2) ノッチ幅について

同様にノッチ幅を0.1～10mmと変えて解析した結果についても0.1～10mmの範囲で1dB程度である。



(a) 周波数2MHzにおける解析結果

(b) 周波数4MHzにおける解析結果

### 解説図-4212-1 2次クリーピング波法におけるノッチからのエコー高さの解析結果

(解析条件：オーステナイト系ステンレス鋼母材、厚さ40mm)

出典：古川，古村；ノッチを用いた斜角UT法の基準感度校正に関する検討

(社)日本保全学会 第四回学術講演会要旨集 平成19年7月2日，3日

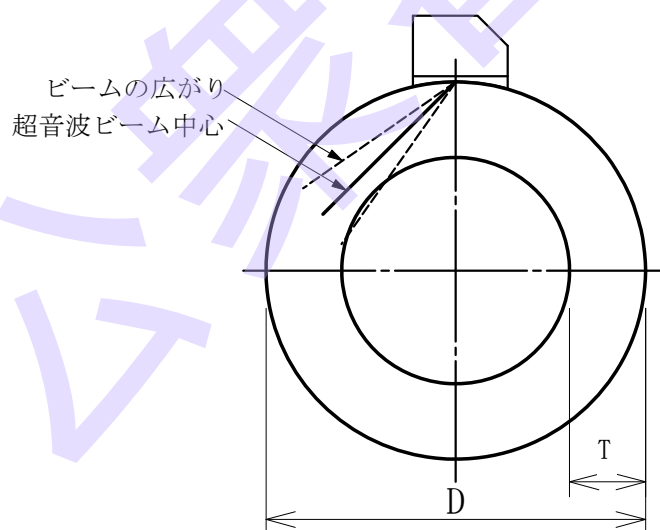
### (解説-4221-1) 探傷方法の一般

垂直法では、運転に伴って発生が予想される亀裂状の反射源についての検出能力は非常に低く、探傷の位置付けとして斜角探傷の妨害となる大きなラミネーション状の反射源の有無を確認するものである。このため現在の規定に照合して同等と考えられる探傷記録がある場合には垂直探傷を要求しないものとした。このときの記録については、ISI のように試験員の他にその試験内容・手順等を客観的に確認していることが必要である。実際に ISI やそれに準ずる試験として行っている場合の他、PSI であっても第三者確認等を行っている場合はこれに含むものとする。なお、この場合であっても要記録エコーの記録されている部位（溶接継手ではなく検出された反射源）については追跡監視を行う必要がある。

### (解説-4221-2) 周方向探傷の場合

配管周方向探傷等の場合には、厚さ(T)と径(D)の比(T/D)によって45°斜角探傷では内表面にビーム中心軸での探傷ができない場合がある。このような場合には、小さい屈折角（例えば屈折角35°）を用いた探傷を行うか、ビームの広がりを見積り、内表面部分の探傷が可能であることを確認する。

なお、超音波の減衰の大きい溶接継手の周方向探傷を行う場合には、管内表面に45°程度で入射する屈折角を選択することが望ましい。



解説図-4221-2 周方向探傷の超音波ビームの広がり

### (解説-4221-3) 斜角法において欠陥であるかどうか疑わしい指示

斜角法による探傷を行い、DAC20%を超える指示が得られた場合は、2712 項に基づき、反射源の位置及び種類の解析を行い、「表-2712-1 UT 指示エコーの分類」で示すように分類する。これらの分類の結果から、明らかに形状エコー、金属組織エコー、雑エコー又は不連続部エコーと判断できる場合とそうでない場合がある。後者は、不連続

部エコーである可能性を否定できないことから、このような場合の指示を“欠陥であるかどうか疑わしい指示”という。

欠陥であるかどうか疑わしい指示は、45°以外の他の屈折角あるいは振動モードを用いた探傷方法で反射源の確認を行うことになる。2次クリーピング波法も欠陥であるかどうか疑わしい指示の特定に用いる一つの手法である。

2次クリーピング波法は、その原理から管内面の板厚方向に進展した開口亀裂状の欠陥に反応することから、管内面で裏波部の形状に起因するエコー、溶接金属組織からのエコーと欠陥との判断に不確かさが残る指示について主に用いることになる。

#### [補足] 2次クリーピング波法の用途

DAC20%を超える指示のうち、主に次のような場合は、2次クリーピング波法による確認探傷は適していない。

- (1) 反射源の位置及び種類の解析から、管表面側又は板厚方向の内部に反射源がある場合
- (2) 反射源の位置及び種類の解析から、テーパエコー等で形状に起因することが明らかな場合
- (3) 反射源の位置及び種類の解析から、雑エコーと判断されるもの
- (4) PSIで記録されていた指示のISIにおける再現（位置の誤差、エコー高さの変動及び指示長さの変動がUTSの結果等から想定し得る範囲にある場合）
- (5) 以前のISIで、既に要記録エコー（不連続部エコー）として分類されているもの

また、炭素鋼配管の場合は、以下により、2次クリーピング波法を用いなくても反射源の特定が容易であると考えられる。

- (1) オーステナイト系ステンレス鋼と異なり、溶接部を介した方向からの探傷も容易である。したがって直交する2方向から反射源位置の照合を図ることが可能であり、オーステナイト系ステンレス鋼のような反射源位置の解析上の不確かさが生じない。
- (2) オーステナイト系ステンレス鋼と異なり、音響異方性がないこと、金属組織ノイズの発生が少ないことから欠陥の識別上の阻害因子が少ない。
- (3) 炭素鋼の場合、一般に5MHzの高い周波数を用いることから、裏波部等の形状と近接していても、これらと分離できることが多い。
- (4) (1)～(3)項を総合して、オーステナイト系ステンレス鋼と比較して欠陥であるか否かの特定は容易である。

なお、UTSの成果では、炭素鋼配管の疲労亀裂に対する検出性は、2次クリーピング波法を用いなくても、維持規格で定める評価不要欠陥寸法以上の欠陥に対して100%の検出率を達成している。

したがって、2次クリーピング波法は、オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接部の内面近傍で検出されるDAC20%を超える指示で、過去の記録（PSI、以前のISI）にない指示あるいは反射源の位置の解析上で不確かさ（位置の誤差）があると判断された指示に主に用いるのがよい。



#### (解説-4221-4) 欠陥であるかどうか疑わしい指示に対する追加の探傷方法

欠陥であるかどうか疑わしい指示について、追加で行う探傷方法には以下がある。

- ・2次クリーピング波法：内面開口欠陥に対して有効
- ・他の屈折角で探傷：反射源の面情報
- ・縦波斜角法：金属組織等のエコーの識別
- ・端部エコーの確認：亀裂状反射源の有無
- ・高分解能探触子による探傷：反射源の分離確認
- ・フェーズドアレイ技術：反射源の相対位置の画像表示、深さの有無の確認など

これらの探傷方法を状況に応じて評価員が選択し、評価を行う。

#### (解説-4244-1) 小口径の場合の周方向走査の注意事項

小口径配管において、周方向に探触子を走査する場合（周継手溶接線に対して平行方向の走査）は、探触子を安定して走査させる必要がある。シューに適切なR加工を行うか、治具等により探触子を安定させるなどの工夫を行うことが望ましい。

#### (解説-4244-2) 片側からの探傷の場合

幾何学的形状等のため、溶接線の両側（接合される両母材側）からの探傷が不可能で可能な側からの探傷を行うような場合で、減衰の大きな溶接継手（オーステナイト系ステンレス鋼等）を介した探傷をする場合には、縦波斜角法を行うことが望ましい。

#### (解説-4250-1) 縦波斜角法の基準感度の設定

縦波斜角法を用いた場合で、横穴のような反射源を用いて校正を行った場合には、亀裂状の反射源のコーナ部の反射エコー強度が低下する。供用期間中検査で主に対象とする表面近傍の亀裂状の反射源に対してはノッチを用いた評価とした。

#### (解説-4260-1) 2次クリーピング波の特異性

2次クリーピング波法では超音波の送信から受信までの間にモード変換により発生した縦波（2次クリーピング波）によるエコーの有無により管内面における欠陥（開口亀裂）の有無を評価するため、通常の垂直法及び斜角法とは異なる部分が多い。従って、共通事項である2320項、2420項、2500項及び2600項に代えて2次クリーピング波のみに適用する個別規定を設けた。

#### (解説-4262-1) 2次クリーピング波の場合の時間軸調整

2次クリーピング波法では、本来の2次クリーピング波の他に様々なエコーが得られる場合がある。これらのエコーは有用な場合もあるが、判断に迷うこともある。校正時にはノッチからのエコーで調整した後に、対象部により近い板厚の試験片の端面などを利用して、どの位置に2次クリーピング波が得られるかを確認してから探傷を行うとわかりやすい。



一般的には縦波探触子を用いて、板厚の4倍以上の時間軸に設定し、そのままの状態でクリーピング波探触子に付け替えて、ノッチからのエコーが画面の中央付近( $1/3 \sim 2/3$ の範囲)になっていることを確認する。

#### (解説-4263-1) 2次クリーピング波の基準感度設定

2次クリーピング波法を長さ測定に用いる場合を考慮して基準感度の設定を要求した。

また、健全部(斜角探傷で疑わしい指示が検出されない部分)においても裏波形状等によりエコーが検出される場合があるため、その場合は記録レベル(表示器の全目盛の10%)以下になるように感度を下げることとした。感度を下げた後は、他の複数の健全部で確認することが望ましい。

なお、斜角探傷で全周にわたり指示があるような場合は、各プラントで準備されている対比試験片(2340項及び4210項で規定する対比試験片)に設けた溶接継手を利用し横穴等の校正用反射体又は参考反射体による影響を受けない部分を用いるか、又は探傷する溶接継手と同様な溶接施工条件で溶接された継手の健全部で確認することが望ましい。

従来から適用している校正方法がある場合には、継続性を考慮しその手法を用いることができることとした。

#### (解説-4264-1) 探傷の方向

探傷は斜角法で欠陥が検出された方向、すなわち欠陥長さ方向に対して超音波の伝ば方向が直角になる方向で、かつ母材側からの探傷のみとした。なお、2次クリーピング波法による確認は配管周方向の欠陥に対して適用する。なお、配管軸方向の欠陥に対してはその有効性が確認される範囲で使用することができる。

#### (解説-4265-1) 超音波ビーム方向の走査範囲

2次クリーピング波法では、クリーピング波を使うことや超音波の伝ば経路の中にモード変換が含まれることから、作図により幾何学的位置関係を把握することが困難である。このため、超音波ビーム方向の走査範囲は以下のいずれかとするのが望ましい。

- ・個別に2次クリーピング波が観測できる範囲を確認して、設定する。
- ・溶接線中心から2T程度離れた箇所から溶接線中心までとする。

通常は、欠陥が溶接熱影響部にある場合、溶接中心からT程度離れた位置で指示エコーが検出されることから、溶接中心から2T程度までを走査範囲とすれば十分と考えられる。

#### (解説-4266-1) 記録レベル

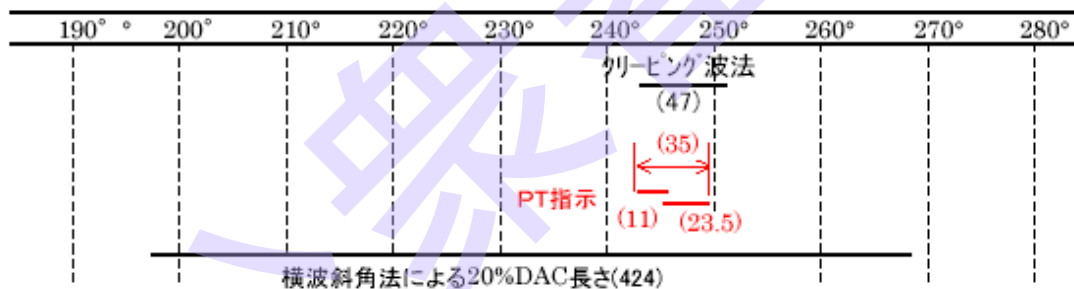
2次クリーピング波法を欠陥長さ測定の方法として使用する場合を考慮して記録レベルを定めた。4263項に従って基準感度を設定した場合、溶接部の裏波形状等に起因

する形状エコーが概ね表示器の全目盛の 10%以下となることから、記録レベルは表示器の全目盛の 10%とした。

なお、原子力安全・保安院 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会（第 6 回：平成 15 年 2 月 26 日開催）においても、一部の例外を除き、2 次クリーニング波法の記録レベル（表示器の全目盛の 10%）を超える指示長さは斜角法の DAC20%を超える指示長さとはほぼ同等の結果になることが報告されている。

**(解説-4267-1) 欠陥の長さ評価**

斜角法による DAC20%指示長さと 2 次クリーニング波法による記録レベル（表示器の全目盛の 10%）を超える指示長さが異なる場合には、安全側に評価するという観点から何れか長い方を採用することを原則とした。ただし、原子力安全・保安院 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会（第 6 回：平成 15 年 2 月 26 日開催）において 2 次クリーニング波法により斜角法の DAC20%指示長さの測定誤差が改善される場合があることが報告されていることから、2 次クリーニング波法記録レベルを超える指示長さが、斜角法の DAC20%指示長さ 비해、著しく短い場合、又は斜角法の DAC20%指示範囲内に、複数の 2 次クリーニング波法の記録レベルを超える指示範囲が得られた場合等は、2 次クリーニング波の指示長さを採用してもよいこととした。（解説図-4267-1 参照）



解説図-4267-1 斜角法、2 次クリーニング波法の指示範囲と PT 指示範囲との比較

出典：原子力安全・保安院 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会（第 6 回）資料（資料 6-1, p11, 図 13）

**(解説-4270-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材**

フェーズドアレイ技術を用いた探傷で使用する機材等については、従来の手法と異なる部分が多いため、独自に設定してもよいこととした。

**(解説-4300-1) 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手**

本項における容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手とは、解説表-4300-1 に示すようにニッケル基合金溶接金属を用いた異種金属に対する突合せ溶接継手をいう。

解説表-4300-1 異種金属突合せ溶接継手の母材と溶接金属の組合せ

区分	ニッケル基合金突合せ溶接継手		
母材 1	炭素鋼又は 低合金鋼	炭素鋼又は 低合金鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼
溶接金属	ニッケル基合金	ニッケル基合金	ニッケル基合金
母材 2	オーステナイト系 ステンレス鋼	ニッケル基合金	ニッケル基合金

(解説-4310-1) 周方向探傷を行う場合の屈折角

斜角法による探傷では一般的には横波 45°を用いた探傷を原則とするが、オーステナイト系ステンレス鋼やノズルセーフエンド部のような異材継手部(バタリング部)については外面から探傷する場合、縦波 45°を用いることが望ましい。また、このとき周方向探傷の場合には管内面における入射角が 45°に伝ばするような屈折角を選択することが望ましい。

(解説-4320-1) 校正用反射体(ノッチ)

NNW において、容器管台とセーフエンドとの異種金属溶接付き試験体に付与されたノッチの検出可能な最小深さを解説表-4320-1 に示す。これによれば、一部を除き試験部厚さの 10% のノッチが検出可能であることから、NNW の成果を反映し、内表面近傍の欠陥(開口亀裂) 検出を対象とした感度校正にはこれを用いることとした。ここで目標とした意図は、解説表-4320-1 に示すとおり、検出可能なノッチの最小深さが試験部厚さの 10%を超えるものがあり、これらについては、解説表-4320-1 の値に準じたノッチ深さになるためである。

解説表-4320-1 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手における  
検出可能な最小ノッチ (EDM スリット) 深さ (NNW)

区分	試験部位	試験部の厚さ; t (mm)	超音波モード及び屈折角	探傷面	欠陥種類	ノッチ付与面 (方向)	検出可能な最小ノッチ深さ mm (試験部厚さ; t の%)
容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手	PWR 原子炉容器出口管台セーフエンド溶接継手	87.7	縦波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	8.8mm (10%)
			縦波 45°, 36°			内面 (軸)	8.8mm (10%)
			縦波 70°	内面		内面 (周)	8.8mm (10%)
			縦波 70°			内面 (軸)	8.8mm (10%)
	BWR 原子炉再循環水入口管台セーフエンド溶接継手	31.5	横波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	3.2mm (10%)
			縦波 45°, 60°			内面 (軸)	7.9mm (25%)
	PWR 加圧器サージ管台セーフエンド溶接継手	46.0	横波 45°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	4.8mm (10%)
			縦波 35°, 45°, 60°			内面 (軸)	
	PWR 加圧器安全弁管台セーフエンド溶接継手	29.6	縦波 45°, 60°	外面	EDM スリット*	内面 (周)	3.0mm (10%)
			縦波 45°, 35°			内面 (軸)	7.4mm (25%)

(注記) \* 溶接金属内に付与

出典：原子力安全基盤機構，“平成 17 年度 ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その 1)”平成 18 年 7 月

#### (解説-4320-2) 試験体の曲率

探触子が接触する面の曲率半径が 254mm を超える場合であっても、原則として曲率を有した対比試験片を使用することを求めている。その理由は、曲率を有する部位の周方向探傷においては、内面の反射源からのエコーは平板の場合に比べてビーム路程が長くなり、反射源位置を誤認するが生じるためであり、異種金属溶接継手に縦波斜角法を適用する場合は、接触部と同じ曲率のもの又は接触部の曲率半径の 0.7～1.1 倍のものを使用することが望ましいものとした。

#### (解説-4420-1) 校正用反射体 (ノッチ)

UTS においてオーステナイト系ステンレス鋼溶接継手付き試験体に付与されたノッチの検出可能な最小深さを解説表-4420-1 に示す。これによれば、一部を除き試験部厚さの 10% のノッチが検出可能であることから、UTS の成果を反映し、内表面近傍の欠陥 (開口亀裂) 検出を対象とした感度校正にはこれを用いることとした。

ここで目標とした意図は、解説表-4420-1 に示すとおり、検出可能なノッチの最小

深さが試験部厚さの10%を超えるものがあり、これらについては、解説表-4420-1の値に準じたノッチ深さになるためである。

解説表-4420-1 オーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手における  
検出可能な最小ノッチ (EDM スリット) 深さ (UTS)

区分	試験部位	試験部の厚さ ; t (mm)	超音波モード及び屈折角	探傷面	欠陥種類	ノッチ付与面 (方向)	検出可能な最小ノッチ深さ mm (試験部厚さ ; t の%)
オーステナイト系ステンレス鋼継手	オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手	77.8	縦波 45°, 36°	外面	EDMスリット*	内面 (周)	12.1mm (15.5%t) (遠铸件側からの探傷) 9.1mm (11.6%t) (静铸件側からの探傷)

(注記) \* 熱影響部 (HAZ) に付与

出典：原子力安全基盤機構，”平成16年度 原子力発電施設検査技術実証事業に関する報告書 (超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度の確認に関するもの) [総括版]”  
平成17年4月

(解説-4500-1) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷は、下記に示す2つの電力共同研究 (以下、共研と称す) の成果を反映したものであり、実証された探傷条件に基づいて規定した。共研で実証した配管の突合せ溶接継手の母材と溶接金属の組み合わせを解説表-4500-1に示す。

- (1) 「ステンレス鋼溶接金属を透過した UT (検出) 確認試験研究の成果」  
: 保全学 Vol.9・No.3・2010, 日本保全学会
- (2) 「ステンレス鋼溶接金属を透過した超音波探傷性能の確認結果 (第2報)」  
: 保全学 Vol.14・No.2・2015, 日本保全学会

解説表-4500-1 適用する母材と溶接金属の組合せ

区分	超音波入射側母材	溶接金属	超音波透過側母材
組み合わせ1	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼
組み合わせ2	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼	オーステナイト系 ステンレス鋼

本試験は配管の内表面に生じた欠陥を検出することが目的であることから、試験範囲は内表面に限定することとした。

試験部の厚さの範囲については、ASME Sec. XI Appendix VIII Supplement 2において、実証しようとする手順書の最小厚さ+2.5mm及び最大厚さ-13mmの試験体を含む4

種類の試験体を使用することとしていること、一方で国内実績として板厚の10%程度の範囲においてUT特性は同等とみなされていること、対比試験片の代表厚さの規定等を考慮し、共研で使用した試験体の厚さ(最大35mm)を参考に40mm以下とした。

(解説-4510-1) 探触子

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷は、溶接金属部での超音波の減衰によるSN比の低下を考慮し、実証試験で実績のある1~3MHzとした。

共研で用いられた探触子の仕様例を解説表-4510-1~解説表-4510-4に示す。

解説表-4510-1 探触子の仕様例 (オーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接継手の場合)

探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		公称屈折角 (°)	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	45	2	13×6 <sup>*1</sup> (F20) <sup>*2</sup>	25
○	—			20×10 <sup>*1</sup> (F25) <sup>*2</sup>	35
○	—			10×18 <sup>*1</sup>	25, 35
○	—		3	10×5 <sup>*1</sup>	10
○	—	60	1.5	8×14 <sup>*1</sup>	10
○	—			15×25 <sup>*1</sup>	25, 35
○	—		2	20×10 <sup>*1</sup>	12.7, 18.2
○	—		15×10 <sup>*1</sup> (F20) <sup>*2</sup>	25	
○	—		29×15 <sup>*1</sup>	28.6, 33.3	
○	—		15×10 <sup>*1</sup> (F30) <sup>*2</sup>	35	
—	○	—	2.25	φ12.7	10
—	○	70	2	φ15	12.7, 18.2
—	○		2	φ25	28.6, 33.3

\*1: 送受信分割型, 片側のみの寸法を示す

\*2: 括弧内は焦点深さを示す

解説表-4510-2 探触子の仕様例(オーステナイト系ステンレス鋼とオーステナイト系ステンレス鋳鋼の溶接継手において、オーステナイト系ステンレス鋼側から超音波を入射させる場合)

探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		公称屈折角 (°)	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	70	2	20×10*	12.7 , 18.2
○	—			29×15*	28.6 , 33.3
—	○		1	φ 15	12.7
—	○			φ 20	18.2
—	○			φ 25	28.6
—	○			φ 30	33.3

\* : 送受信分割型, 片側のみの寸法を示す

解説表-4510-3 フェーズドアレイ探触子の仕様例  
(オーステナイト系ステンレス鋼同士の溶接継手の場合)

フェーズドアレイ探触子				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		電子走査 方法	周波数 (MHz)		振動子寸法 (mm)
縦	横				
○	—	セクタ	1.5	40×20*	10 , 25 , 35
○	—		2	40×20*	28.6 , 33.3
○	—			24×13	35
○	—		3	19.2×10	10 , 25
○	—			32×16*	12.7 , 18.2
—	○		1.5	16×11.8	10

\* : 送受信分割型, 片側のみの寸法を示す



**解説表-4510-4 フェーズドアレイ探触子の仕様例**

(オーステナイト系ステンレス鋼とオーステナイト系ステンレス鋳鋼の溶接継手において、オーステナイト系ステンレス鋼側から超音波を入射させる場合)

フェーズドアレイ探触子 (全て送受信分割型)				実証した 試験部の厚さ (mm)	
波モード		電子走査 方法	周波数 (MHz)		振動子寸法* (mm)
縦	横				
○	—	セクタ	2	40×20	28.6 , 33.3
○	—	セクタ	3	32×16	12.7 , 18.2

\*: 片側のみの寸法を示す

**(解説-4520-1) 対比試験片**

共研では、対比試験片の校正用反射体は、縦波の場合、深さ1mmのノッチを用いて基準感度を設定し、横波の場合は横穴を用いて設定していることから、これを反映した。

**(解説-4530-1) 横波を用いた探傷の扱い**

共研では、横波によるオーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷においても一部の条件で検出性は良好であることが確認されているが、DAC%エコー高さは低い傾向にある。また、一般的には、横波よりも縦波の方が溶接部における音波の透過性が高いことが知られている。このため、縦波による探傷に加えて横波による探傷を行ってもよいこととした。

**(解説-4530-2) オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる場合の探傷条件**

共研では、複数 (少なくとも2つ以上) の試験条件における結果を総合的に判断することを推奨していることから、これを反映した。

なお、フェーズドアレイ技術 (セクタ走査) は、屈折角を複数設定できることから、一つの設定で複数の屈折角のデータを確認することができる。このため、フェーズドアレイ技術 (セクタ走査) で10°以上の異なる屈折角範囲で評価を行う場合には、2つ以上の異なる探傷条件とみなすことができる。

**(解説-4550-1) 走査方法**

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷では、エコーを画像化することによる評価が有効であることが確認されている。従って、自動探傷やエンコーダー等を用いて連続的にデータを収録できるような走査を行うこととした。

**(解説-4550-2) 探触子の走査方向**

共研では、実機損傷事例を基に、溶接線に対し平行方向に長さをもつ割れの検出性について実証試験を行っていることから、超音波ビームの方向は溶接線に対して直角方向のみに限定した。



#### (解説-4560-1) 記 録

本探傷の目的は、オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させ、超音波入射側とは反対側の母材の内表面を確認することが目的であり、具体的には内表面に開口している欠陥の有無を確認することである。

一般に確認される裏波部エコーや表面エコー等は、横波斜角法による探傷で確認される。したがって、本探傷で要求する記録は、要記録エコーと分類されるエコーに対してのみとした。ただし、要記録エコーと分類されるエコー以外のエコーも記録することを制限しているものではない。

#### (解説-4570-1) 評 価

オーステナイト系ステンレス鋼溶接金属部を透過させる探傷を行った場合、溶接金属等に起因するエコーが多数検出されるのが一般的である。このため、複数の探傷条件の結果を総合し、かつ探傷画像（採取したデータを合成処理したデータ等）を用いる等により、総合的に判定を行うことを要求した。

[附属書 A 欠陥深さ寸法測定要領]

品質検査

## A-1000 総 則

### A-1000 総 則

#### A-1100 目 的

本附属書は、超音波探傷試験による欠陥深さ寸法測定に適用可能な要領を示す。ただし、これ以外の方法であって、欠陥評価の保守性を考慮して十分な精度を有すると認められた方法により、欠陥深さ寸法測定を行ってもよい。(解説 A-1100-1)

また、欠陥深さ寸法測定は、複数の手法又は複数の測定条件で行い、総合的に評価する。(解説 A-1100-2)

#### A-1200 適用範囲

配管(容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手を含む。)及び容器(管台内面の丸みの部分を含む。)の突合せ溶接継手に適用する。具体的な適用部位は A-1220 項による。

なお、上記以外の部位で本附属書が適用できると判断される場合は、これを準用してもよい。(解説 A-1200-1)

#### A-1210 適用手法

モード変換波法、タンデム法、端部エコー法、TOFD 法及びフェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領について示す。(解説 A-1210-1)

#### A-1220 適用部位

A-1210 項に示す手法は、それぞれ次に掲げる部位に適用できる。(解説 A-1220-1)

##### A-1221 モード変換波法

- (1) 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のフェライト鋼配管及び容器(クラッドなし)の突合せ溶接継手
- (2) 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

##### A-1222 タンデム法

- (1) 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のフェライト鋼配管及び容器(クラッドなし)の突合せ溶接継手
- (2) 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

#### A-1223 端部エコー法

- (1) 試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼配管及び容器の突合せ溶接継手
- (2) 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手
- (3) クラッドを施した容器の突合せ溶接継手で曲率半径が 254mm を超えるもの
- (4) 容器管台内面丸みの部分を管台内面側から測定する場合であって、探触子が接触する面の直径が 698.5mm(管台内径)、管台内面の丸みの部分の曲率半径が 133mm のもの
- (5) 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手(バタリング部)
  - a. 外面側から測定する場合、試験部の厚さが 22.1mm 以上 75.5mm 以下で外径が 149mm 以上 850mm 以下のもの
  - b. 容器内面側から測定する場合、試験部の厚さ(試験範囲)は、内面から母材側へ 12mm とし、探触子が接触する面の曲率半径が 254mm を超えるもの

#### A-1224 TOFD 法

- (1) 試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼配管及び容器の突合せ溶接継手
- (2) 試験部の厚さが 20mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

なお、試験部の厚さが 20mm を超える場合は、適用性を確認した上で、本附属書の規定を適用してもよい。
- (3) クラッドを施した容器の突合せ溶接継手で曲率半径が 254mm を超えるもの
- (4) 容器管台内面の丸みの部分
  - a. 管台外面側から測定する場合、探触子が接触する面(管台外面 R 部)の直径(管台肩の外径)が 199mm 以上及び外面 R 部の曲率半径が 40mm 以上のもの
  - b. 管台内面側から測定する場合、探触子が接触する面の直径(管台内径)が 698.5mm、管台内面の丸みの部分の曲率半径が 133mm のもの
- (5) 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手(バタリング部)を容器内面側から測定する場合であって、試験部の厚さ(試験範囲)は、内面から母材側へ 12mm とし、探触子が接触する面の曲率半径が 254mm を超えるもの

#### A-1225 フェーズドアレイ技術

フェーズドアレイ技術によるセクタ及びリニア走査方式を用いて端部エコー法を行う場合、又はフェーズドアレイ TOFD 法を行う場合は、次の部位に適用できる。

- (1) 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のフェライト鋼配管及び容器(クラッドなし)の突合せ溶接継手
- (2) 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

- (3) 試験部の厚さが51mmを超える配管及び容器、クラッドを施した容器の突合せ溶接継手に適用する場合は、適用性を確認した上で、本附属書の規定に準ずることができる。

#### A-1230 対象とする欠陥

配管内面又は容器内面の開口欠陥を対象とする。ただし、オーステナイト系ステンレス鋼配管及び容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手(バタリング部)で溶接線に対し直角方向に長さを有するものは、溶接金属を通過して超音波を伝はさせる場合がある。このため、欠陥の位置に応じて、本附属書の適用可否を判断する。(解説 A-1230-1)

#### A-1300 試験評価員及び試験員 (解説 A-1300-1)

- (1) 試験評価員は、下記に掲げるいずれかの規格・基準において、認定機関により認定されたレベル2以上の有資格者又はこれらと同等の技術レベルを有する者とする。
  - a. JIS Z 2305
  - b. ANSI/ASNT CP-189
  - c. ASME Sec. XI, Appendix VIII
  - d. ISO 9712
- (2) 試験員は、前項に掲げるいずれかの規格・基準において、認定機関により認定されたレベル2以上の有資格者又はこれらと同等の技術レベルを有する者とする。ただし、試験補助員は除く。

#### A-1310 教育及び訓練

欠陥深さ寸法測定を行う試験評価員及び試験員は、原子力発電所用機器の超音波探傷試験に関する経験を有した者であって、A-1311～A-1315項に定める教育及び訓練が適切に行われていることが確認された者とする。(解説 A-1310-1)

#### A-1311 教育及び訓練の内容

試験評価員及び試験員は、適用手法及び適用範囲について、次に掲げる教育及び訓練を受ける。

- (1) 適用手法に関する原理、取扱方法及び試験結果の解読方法の習得
- (2) 測定対象に関する知見(材料、溶接方法、形状、想定される欠陥の種類及び形態等)及び測定対象の超音波特性に関する知見の習得
- (3) 原子力発電所用機器に適用される超音波探傷試験に関する規格及び基準の内容の習得
- (4) 測定対象に想定される欠陥又はこれと同等な性状を模擬した欠陥を有し、かつ、測定対象と類似形状の試験体を使用した実技訓練(解説 A-1311-1)  
なお、試験評価員の実技訓練は、測定データの解析により代替することができる。
- (5) 上記(1)～(4)項の教育及び訓練に対する成果の確認(解説 A-1311-2)

#### A-1312 技量の維持

試験評価員及び試験員は、欠陥深さ寸法測定に関する技量を維持するため、A-1311 項に示す教育及び訓練を毎年受け、その成果を確認する。ただし、A-1311 項に示す教育及び訓練の(1)～(3)項のうち、その最新の知見又は内容が前回の教育及び訓練における内容と同じものについては、その受講を省略してもよい。(解説 A-1312-1)

#### A-1313 教育及び訓練の記録

少なくとも次の項目を含め、教育及び訓練に関する記録として保存する。

- (1) 実施年月日及び期間
- (2) 教育及び訓練を受けた者の氏名並びに資格
- (3) 教育及び訓練の実施者並びに責任者
- (4) 教育及び訓練内容 (A-1311 項に定めるもの)
- (5) 実技訓練に用いた模擬試験体の形状、寸法、材質、模擬欠陥の種類 (ノッチ、疲労亀裂、SCC 等) (ブラインド試験に用いる模擬試験体の場合を除く)
- (6) 教育及び訓練の成果に関する確認結果
- (7) 技量維持プログラムの実施状況

(解説 A-1313-1)

#### A-1314 免除規定

国内及び海外で、供用期間中検査 (又は供用前検査) における欠陥深さ寸法測定に関して、同等と考えられる訓練等を行い、認証されている者は、A-1311～A-1313 項の定めによらず、その証明書を提示することでよい。(解説 A-1314-1)

#### A-1400 用語の定義

- (1) モード変換波法

超音波の振動様式をモードと呼び、代表的なモードには、横波、縦波、表面波などがある。

超音波が隣接した二つの媒質の境界面や欠陥等で反射や屈折する際に、条件によって振動の様式が変わる場合がある。この現象をモード変換という。

モード変換波法は、図-A-1400-1 で示すように屈折角が  $90^\circ$  に近い状態で伝ばする縦波 (1次クリーピング波という)、同時に発生している屈折角約  $30^\circ$  の横波が裏面で反射する際にモード変換した縦波 (2次クリーピング波) に着目して、以下の波の出現性から概略の欠陥深さを把握する方法である。(解説 A-1400-1)

- a. 屈折角約  $30^\circ$  の横波→内面でモード変換した縦波→欠陥部でモード変換した横波がエコーとして受信される場合 (図-A-1400-1 a の場合)
- b. 屈折角約  $30^\circ$  の横波→内面でモード変換した縦波→欠陥部で反射して、そのままエコーとして受信される場合 (図-A-1400-1 b の場合)

- c. 屈折角が  $90^\circ$  に近い縦波が欠陥部で反射してそのままエコーとして受信される場合 (図-A-1400-1 c の場合)

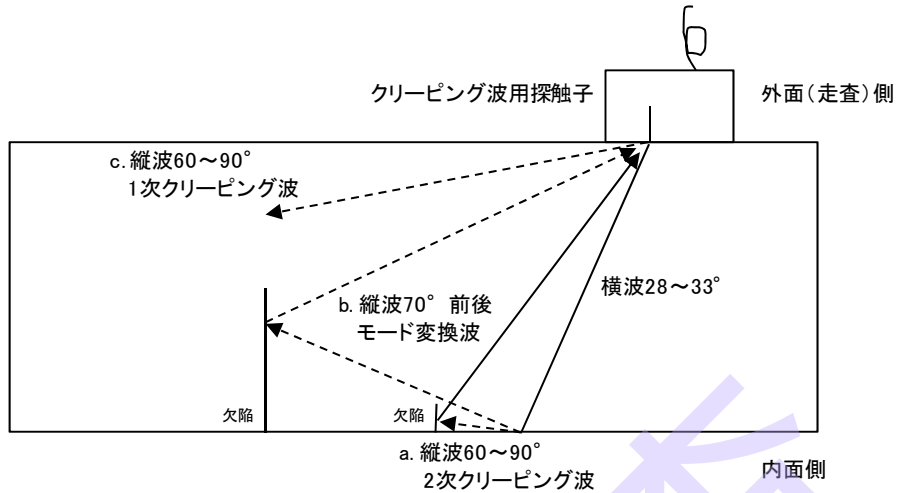


図-A-1400-1 モード変換波法

(2) タンデム法

通常、同じ屈折角をもち、超音波ビームを走査面上で同じ方向に向けた2個又は2個以上の探触子を必要とする探傷(走査)方法をいう。オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手で欠陥が SCC と推定され、モード変換波が検出された場合には本手法を適用し、以下の手順にて大まかな欠陥深さを把握するのに有効である。(図-A-1400-2)

- 送信側探触子で欠陥からの最大エコーを捉えた後、 $T/2$ 分溶接部側に移動し固定する。この時の、溶接中心から送信側探触子入射点までの距離を( $Y_R$ )位置とする。
- 次に、受信側探触子を前後走査して、欠陥からの最大エコーを求める。この時の、溶接中心から受信側探触子入射点までの距離を( $Y_T$ )位置とする。  
 $Y_T - Y_R$  を求めて欠陥高さの把握を行う。

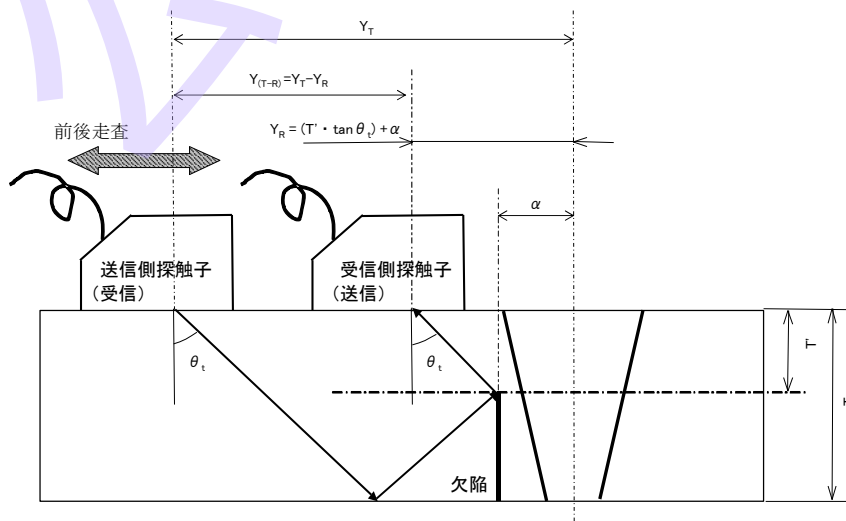
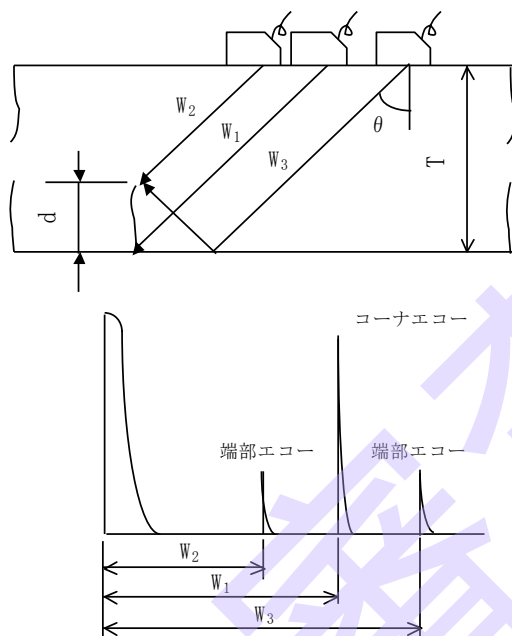


図-A-1400-2 タンデム法

### (3) 端部エコー法

超音波ビームの中心軸が欠陥端部に入射した時、エコー高さがピークを示すことがあり、このエコーを端部エコーと呼ぶ。このエコーが得られた時のビーム路程を求め、幾何学的な計算により欠陥深さ寸法を求める方法をいう。(図-A-1400-3)



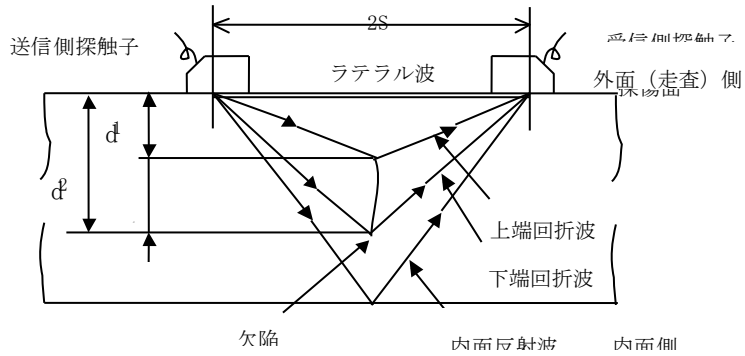
- ・欠陥深さの算出 (直射法)  
 $d = (W_1 - W_2) \cdot \cos \theta$  又は  $d = T - W_2 \cdot \cos \theta$
- ・欠陥深さの算出 (1回反射法)  
 $d = (W_3 - W_1) \cdot \cos \theta$  又は  $d = W_3 \cdot \cos \theta - T$

図-A-1400-3 端部エコー法

### (4) TOFD 法

TOFD 法とは、Time of Flight Diffraction Technique の略称であり、送信側探触子と受信側探触子とを一定距離だけ隔てて対向させ、図-A-1400-4 に示すように表面を伝ばしてくる信号 (ラテラル波) と、裏面に当たって反射してくる信号とを同時に受信する。もし、試験体内部に欠陥があれば、欠陥端部での回折波も同時に受信される。これらの信号の伝ば時間差から、欠陥の位置及び欠陥深さを求める方法をいう。(図-A-1400-4)





- ・ 欠陥深さの算出 (直射法)  
(欠陥をはさんで等距離に送受信探触子を配置している場合)

$$d = d_2 - d_1 = [ (C \cdot t_2 / 2)^2 - S^2 ]^{1/2} - [ (C \cdot t_1 / 2)^2 - S^2 ]^{1/2}$$

ここで

C : 試験体の音速

t<sub>1</sub> : 欠陥上端からの回折波伝ば時間

t<sub>2</sub> : 欠陥下端からの回折波伝ば時間

2S : 探触子間隔 (送受信探触子の入射点間距離)

図-A-1400-4 TOFD 法

(5) フェーズドアレイ技術

幅の狭い振動子を複数並べた探触子を用い、個々の振動子に電圧をかけるタイミングを変えることにより、電子的に超音波ビームの方向を変えたり（垂直あるいは斜角）ビームの太さ（焦点）を変えて探傷又は欠陥深さを測定する技術をいう。

欠陥深さ寸法測定を行う場合に用いる主な電子走査方法を以下に示す。

a. セクタ走査

図-A-1400-5 に示すように、個々の振動子を電子走査により扇形にビームを振らせるもの。

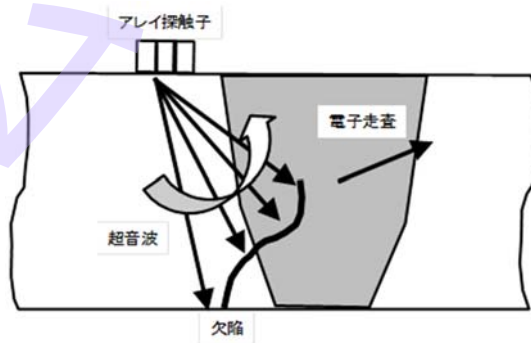


図-A-1400-5 セクタ走査

b. リニア走査

図-A-1400-6 に示すように、個々の振動子を端から順次電子走査により切り替えてゆき、超音波を平行に移動させるもの。

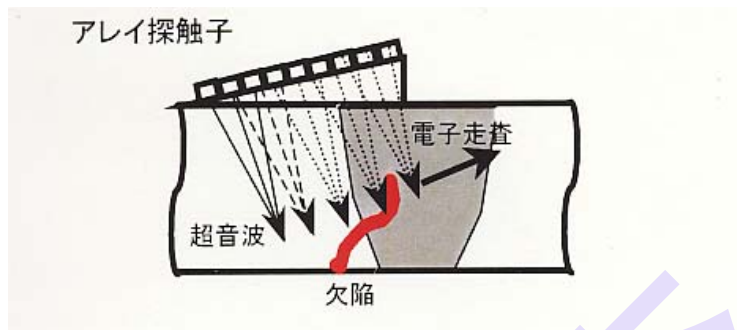


図-A-1400-6 リニア走査

c. フェーズドアレイ TOFD 法

図-A-1400-7 に示すように、探触子の送信側、受信側を独立させ、振動子を電子走査させるもの。

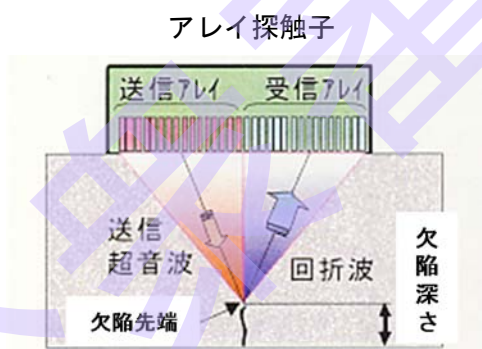


図-A-1400-7 フェーズドアレイ TOFD 法

(6) 広帯域集束型探触子

a. 広帯域型探触子

波数が3波以下の短い超音波パルスを発生する探触子を言う。通常用いる探触子と比較して、周波数帯域幅が広いので広帯域型探触子と呼ばれ、分解能が高く、SN比もよいと言われている。

b. 集束型探触子

超音波ビームをある範囲で狭くする（集束させる又は焦点を持たせる）ことで、その範囲にある欠陥からの反射波の強度を高める探触子をいう。広帯域集束型探触子とは、上記 a. 項を組み合わせた探触子をいう。

(7) アレイ探触子

多数個の振動子を配列し，各振動子を励振するパルス電圧の位相を変えることによって試験体中の超音波ビームを設定することができるようにした探触子をいう。振動子の配列，形状等によりリニアアレイ，デュアルアレイ，マトリックスアレイ，リングアレイ，アークアレイ探触子等がある。

(8) 探傷用対比試験片

本附属書でいう探傷用対比試験片とは，2340 項で規定する探傷（欠陥検出）を目的とした対比試験片をいう。

(9) RB-SDH

RB-SDH 試験片は，JIS Z 2350 附属書 1 で規定しているもので，垂直探触子のビーム特性測定及び斜角探触子の縦断面ビーム特性測定に用いる横穴対比試験片をいう。

品質検査

## A-2000 モード変換波法による欠陥深さ測定要領

### A-2000 モード変換波法による欠陥深さ測定要領

本項は、試験部の厚さが 10 mm 以上 51 mm 以下のフェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）、並びに試験部の厚さが 10 mm 以上 51 mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手を対象としたモード変換波法による欠陥深さ測定に適用可能な要領について示す。（解説 A-2000-1）

### A-2100 目 的

本手法は、モード変換波の有無及びその波形パターンにより概略の欠陥深さを把握し、端部エコー法等による欠陥深さ寸法測定のための補助情報を得ることを目的とする。

### A-2200 一般事項

#### A-2210 試験部の表面状態

探触子を走査する面は、走査の妨げになるものがなく、可能な限り、余盛が削除されかつ試験面と探触子が十分接触し、超音波を試験部内に安定して伝ばできる平滑な状態とする。

#### A-2220 試験時期

モード変換波法を適用する場合は、端部エコー法等に先立ち行う。

### A-2300 使用機材

#### A-2310 超音波探傷器

- (1) パルス反射式超音波探傷器を用いる。
- (2) デジタル式、アナログ式のいずれを用いてもよい。

#### A-2320 探 触 子

探触子は、公称屈折角が縦波 60～90°（横波 28～33°）の範囲の屈折角を有するものとする。

なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いる。（解説 A-2320-1）

#### A-2330 接触媒質

水、油、グリセリン、ひまし油等超音波の伝ば性がよく、試験部に対して有害でないものを使用する。

#### A-2340 対比試験片

対比試験片は、探傷用対比試験片に A-2343 項を満足する校正用反射体を設けたもの又は A-2341～A-2343 項を満足する対比試験片とする。

探傷用対比試験片を用いる場合は、本文中の基準感度の設定に支障がない位置に校正用反射体を設けるものとする。

また、本文中の図-2343-1 で示す参考用ノッチを校正用反射体として用いてもよい。

なお、欠陥かどうか疑わしい指示の確認として 2 次クリーピング波法を適用し、一連の動作としてモード変換波法を行う場合は、4212 項に従った対比試験片を用いてもよい。

#### A-2341 材 質

対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。

#### A-2342 形状及び寸法

##### (1) 厚さ

対比試験片の厚さは、試験部の厚さと同等の厚さとする。

##### (2) 形状

対比試験片は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の 0.7～1.1 倍の曲率半径とする。

#### A-2343 校正用反射体

次のような校正用反射体を設けるものとする。（解説 A-2343-1）

- (1) 校正用反射体の種類は、ノッチとし、基準感度の調整に用いるノッチの深さは、試験部の厚さの 5%以下とする。ただし、試験部の厚さの 5%が 1mm 未満の場合は 1mm とすることができる。
- (2) モード変換波の有無及び出現パターンを確認するために、少なくとも対比試験片の厚さの 20～30%深さを有するノッチを設けるものとする。この他に 1 次クリーピング波あるいは横波 1 回反射波の確認のために深い(厚さの 70%程度以上) ノッチを設けてもよい。

#### A-2400 超音波探傷装置の校正

##### A-2410 超音波探傷器

- (1) モード変換波法で用いる超音波探傷器は、時間軸直線性に関して、JIS Z 2352 に従って測定し、 $\pm 1\%fs$  以内でなければならない。
- (2) 時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する測定の 12 カ月以内に確認されていること。

## A-2500 時間軸及び基準感度の調整

### A-2510 一般事項

- (1) 時間軸及び基準感度の調整は、試験開始時及び探傷システム（探傷器、探触子、くさび、接触媒質、ケーブル、部品等）の組合せが変わるごとに行う。
- (2) 時間軸及び基準感度の確認は、試験の終了時及び試験員が交替した時（自動探傷の場合は除く）に行う。

### A-2520 時間軸の調整

- (1) 時間軸の調整は、JIS Z 2345 に規定する標準試験片又は試験部の材料と超音波特性（主として音速）が同等な材料で作られた既知の寸法を有する半円形等の試験片を用いて行う。
- (2) 時間軸の調整を行う試験片と試験部の音速が異なる場合は、音速補正を行う。
- (3) 表示器の時間軸は測定に必要な範囲に調整する。

### A-2530 基準感度の調整

基準感度の調整は、以下により行う。

- (1) 基準感度調整用のノッチからの2次クリーピング波が表示器の全目盛の80%になるように調整する。
- (2) A-2510(2)項による基準感度の確認の結果、振幅の20%又は2 dB以上下がっていた場合、あるいは2 dBを超えて上がっていた場合は、再試験の要否を判断する。ただし、明らかな装置（超音波探傷器、探触子及びケーブル）の故障で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。（解説 A-2530-1）

## A-2600 測定

### A-2610 欠陥位置のマーキング

2710 項で得られた反射源位置及び欠陥指示長さ範囲（DAC20%指示長さ又は2次クリーピング波法での指示長さ）を試験部位の表面にマーキングする。

なお、自動探傷の位置情報で欠陥位置が確認できる場合は除く。

### A-2620 モード変換波法による測定

- (1) 探傷感度  
基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$ は、通常 0, +6, +12……) とし、モード変換波が検出しやすく、また、ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の走査
  - a. 超音波ビームが欠陥の長さ方向に対して直角となる方向から伝ばするよう
  - b. 原則として、欠陥が位置する側の母材から走査する。

- c. 2次クリーニング波のエコー高さが最大となる位置から探触子を前後走査させ、モード変換波の有無及び出現パターンを確認する。また、欠陥指示長さ全体にわたり、前後走査を伴いながら左右走査を行う。
- d. 探触子の走査速度は、150 mm/秒以下とする。
- e. 自動探傷で行う場合は、上記 a. ～d. 項を満足するように走査方向、走査範囲、走査パターン及び走査速度を定める。
- f. 自動探傷で行う場合は、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響がないように確実に行われていることを確認する。

(解説 A-2620-1)

## A-2700 記録及び解析

### A-2710 記録, 採取手順

モード変換波法を用いた場合は、以下を記録する。

- (1) モード変換波の有無
- (2) モード変換波が認められた場合は、モード変換波のエコー高さが最大となる探触子位置又はその出現範囲を記録する。
- (3) 1次クリーニング波又は横波1回反射波が認められた場合は、エコー高さが最大となる探触子位置又はその出現範囲を記録する。

(解説 A-2710-1)

### A-2720 採取データの保存

モード変換波法のデータは、測定結果の再評価及び第三者の確認が行えるように MA スコープ, VTR 等による波形の録画又は自動探傷による波形の収録等で保存する。

### A-2730 解 析

モード変換波の出現有無及びその出現パターンから欠陥深さを大まかに把握する。

(解説 A-2730-1)

### A-2740 試験記録

次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。

- (1) 試験条件
  - a. 発電所名称
  - b. 試験箇所名称 (溶接継手番号及び欠陥番号)
  - c. 試験年月日と試験評価員及び試験員 (資格)
  - d. 適用手法
  - e. 校正記録
    - (a) 使用機材  
超音波探傷器, 探触子, 対比試験片, 接触媒質

- (b) 探触子の入射点, 屈折角 (必要な場合)
  - (c) 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
  - (d) 校正日時
  - f. 走査方向
  - g. 探傷感度
  - h. 試験要領書番号
  - i. 自動 (又は半自動) 探傷で行う場合は, a. ~h. 項に以下を加えて記録する。
    - (a) 走査パターン
    - (b) 走査範囲 (測定範囲)
- (2) 試験結果
- a. モード変換波の有無
  - b. モード変換波のエコー高さが最大となる探触子位置又は出現範囲 (モード変換波が認められた場合)
  - c. 1次クリーニング波のエコー高さが最大となる探触子位置又は出現範囲 (1次クリーニング波が認められた場合)
  - d. 横波 1 回反射波のエコー高さが最大となる探触子位置又は出現範囲 (横波 1 回反射波が認められた場合)
  - e. 大まかな欠陥深さ (大, 中, 小の区分)
  - f. 波形図 (波形写真又は録画等)
- (3) 測定データ (A-2720 項に基づき保存する採取データ)



## A-3000 タンデム法による欠陥深さ測定要領

### A-3000 タンデム法による欠陥深さ測定要領

本項は、試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のフェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）、並びに試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手を対象としたタンデム法による欠陥深さ測定に適用可能な要領について示す。（解説 A-3000-1）

#### A-3100 目 的

本手法は、概略の欠陥深さを把握し、端部エコー法等による欠陥深さ寸法測定のための補助情報を得ることを目的とする。

#### A-3200 一般事項

##### A-3210 試験部の表面状態

探触子を走査する面は、走査の妨げになるものがなく、可能な限り、余盛が削除されかつ試験面と探触子が十分接触し、超音波を試験部内に安定して伝ばできる平滑な状態とする。

##### A-3220 試験時期

タンデム法を適用する場合は、端部エコー法等に先立ち行う。

#### A-3300 使用機材

##### A-3310 超音波探傷器

- (1) パルス反射式超音波探傷器を用いる。
- (2) デジタル式、アナログ式のいずれを用いてもよい。

##### A-3320 探 触 子

探触子は、公称屈折角  $45^\circ$  の横波斜角探触子とする。

なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いる。

##### A-3330 接触媒質

水、油、グリセリン、ひまし油等超音波の伝ば性がよく、試験部に対して有害でないものを使用する。

##### A-3340 対比試験片

タンデム法の対比試験片は、予め探触子間距離と欠陥深さの相関性を確認する。

#### A-3341 材 質

対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。

#### A-3342 形状及び寸法

(1) 厚さ

対比試験片の厚さは、試験部の厚さと同等の厚さとする。

(2) 形状

対比試験片は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の0.7～1.1倍の曲率半径とする。

#### A-3343 校正用反射体

(1) 探触子間距離と欠陥深さの相関性を確認するため、校正用反射体を設ける。

(2) 校正用反射体の種類はノッチとし、ノッチの深さは、試験部の厚さの50%以上とする。

#### A-3400 超音波探傷装置の校正

##### A-3410 超音波探傷器

(1) タンデム法で用いる超音波探傷器は、時間軸直線性に関して、JIS Z 2352に従って測定し、 $\pm 1\%fs$  以内でなければならない。

(2) 時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する測定の12カ月以内に確認されていること。

#### A-3500 時間軸及び基準感度の調整

##### A-3510 一般事項

(1) 時間軸及び基準感度の調整は、試験開始時及び探傷システム（探傷器、探触子、くさび、接触媒質、ケーブル、部品等）の組合せが変わるごとに行う。

(2) 時間軸及び基準感度の確認は、試験の終了時及び試験員が交替した時（自動探傷の場合は除く）に行う。

##### A-3520 時間軸の調整

時間軸の調整は、JIS Z 2345に規定する標準試験片、対比試験片又は試験部の底面（対象とする欠陥のない部分で底面が極力平行であること）を用いて、エコー高さが最大となるように送信側探触子と受信側探触子間の距離を調整し、超音波探傷器の表示器上で確認し易い位置にエコーが現れるようにする。

なお、標準試験片又は対比試験片を用いる場合は試験部の厚さと同等以上とする。

##### A-3530 基準感度の調整

基準感度の調整は、以下により行う。

- (1) JIS Z 2345 に規定する標準試験片，対比試験片又は試験部の底面（対象とする欠陥のない部分で底面が極力平行であること）を用いて，試験片上に送信側及び受信側探触子が向き合うように配置（V字配置）させ，最大エコーを得る。
- (2) この時の最大エコー高さが表示器上 80%になるよう感度を調整し，この時の感度を基準感度とする。（解説 A-3530-1）

## A-3600 測定

### A-3610 欠陥位置のマーキング

欠陥が試験部の厚さ方向に真っ直ぐ（垂直）伸びたものと仮定して，探傷試験の結果から試験部位の表面に欠陥位置をマーキングする。

### A-3620 タンデム法による測定

- (1) 探傷感度  
基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は，通常 0, +6, +12……) とし，欠陥からの反射波が検出し易く，ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の配置及び走査
  - a. 受信側探触子の配置
    - (a) 深さ方向に設定する交点位置，使用する探触子の実測屈折角から受信側探触子の位置を決定する。
    - (b) 溶接線中心から受信側探触子の位置までの距離を求める。
    - (c) (b) 項の位置に受信側探触子を固定する。
  - b. 送信側探触子の配置及び走査  
受信側探触子を固定した後，送信側探触子を受信側探触子の後側（欠陥から遠ざかる方向）に配置し前後走査を行う。この時欠陥からのエコーが最大となる送信側探触子の位置を読み取る。  
また，送信側探触子と受信側探触子の距離を求める。この場合，受信側探触子と送信側探触子の位置が入れ替わる配置でも構わない。

## A-3700 記録及び解析

### A-3710 記録，採取手順

タンデム法を用いた場合は，以下を記録する。

- (1) 欠陥からのエコーの有無
- (2) 欠陥からのエコーが認められた場合は，そのエコー高さが最大となる送信側探触子位置及び受信側探触子位置を記録する。

### A-3720 採取データの保存

タンデム法のデータは，測定結果の再評価及び第三者の確認が行えるように波形写真又は MA スコープ，VTR 等による波形の録画により保存する。

### A-3730 解 析

欠陥からのエコーの有無及び予め確認した探触子間距離と欠陥深さの相関性から欠陥深さを大まかに把握する。

### A-3740 試験記録

次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。

- (1) 試験条件
  - a. 発電所名称
  - b. 試験箇所名称（溶接継手番号及び欠陥番号）
  - c. 試験年月日と試験評価員及び試験員（資格）
  - d. 適用手法
  - e. 校正記録
    - (a) 使用機材  
超音波探傷器，探触子，対比試験片，接触媒質
    - (b) 探触子の入射点，屈折角（必要な場合）
    - (c) 基準感度の探傷器の目盛
    - (d) 校正日時
  - f. 走査方向
  - g. 探傷感度
  - h. 試験要領書番号
- (2) 試験結果
  - a. 欠陥からのエコーの有無
  - b. 欠陥からのエコーのエコー高さが最大となる探触子位置  
（欠陥からのエコーが認められた場合）
  - c. 大まかな欠陥深さ（大，中，小の区分）
  - d. 波形図（波形写真又は録画等）
- (3) 測定データ（A-3720 項に基づき保存する採取データ）

## A-4000 端部エコー法による欠陥深さ寸法測定要領

### A-4000 端部エコー法による欠陥深さ寸法測定要領

本項は、試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼配管及び容器の突合せ溶接継手、試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手、管台内面の丸みの部分及び容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手（バターニング部）を対象とした端部エコー法による欠陥深さ寸法測定に適用可能な要領について示す。

### A-4100 一般事項

#### A-4110 関連規格

- (1) JIS Z 3060
- (2) NDIS 2418

#### A-4120 試験部の表面状態

探触子を走査する面は、走査の妨げになるものがなく、可能な限り、余盛が削除されかつ試験面と探触子が十分接触し、超音波を試験部内に安定して伝ばできる平滑な状態とする。（解説 A-4120-1）

### A-4200 フェライト鋼系配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手

#### A-4210 適用手法

原則として、横波斜角端部エコー法とする。（解説 A-4210-1）

### A-4220 使用機材

#### A-4221 超音波探傷器

- (1) パルス反射式超音波探傷器を用いる。
- (2) デジタル式、アナログ式のいずれを用いてもよい。

#### A-4222 探触子

- (1) 探触子は、広帯域型探触子とする。また、広帯域集束型探触子を用いる場合は、試験部の厚さ、A-4272 項で規定する予備測定あるいは他の手法による測定結果を考慮して、適切な集束範囲のものを選定する。
- (2) 試験周波数は、2～10MHz を標準とする。
- (3) 屈折角は、45° を標準とし、他の屈折角を 45° と合わせて用いてもよい。  
なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いることができる。
- (4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。

- (5) くさび（探触子シュー）は原則として加工しない。試験部の曲率に適合するようくさびを加工する場合は、くさび加工後において探触子の性能測定（入射点及び屈折角）を行う。また、集束型探触子でくさびを加工した場合は、入射点及び屈折角の測定の他に集束範囲の確認を行う。
- (6) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。
- (解説 A-4222-1)

#### A-4230 接触媒質

水、油、グリセリン、ひまし油等超音波の伝ば性がよく、試験部に対して有害でないものを使用する。

#### A-4240 対比試験片

##### A-4241 材 質

対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。

##### A-4242 対比試験片の種類

対比試験片は、次に掲げるいずれかのものを使用する。

- (1) ノッチ付き対比試験片
- 厚さは、試験部の厚さと同等の厚さとする。
  - 深さの異なる2個以上のノッチを設ける。
  - 探触子を走査する反対面にノッチを設ける。
  - 形状は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の0.7～1.1倍の曲率半径を持つものとする。
  - 2340項で規定する探傷用対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
  - ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。
- (2) RB-SDH
- 横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に深さの異なる位置に設けるものとする。
- (3) 探傷用対比試験片
- 2340項で規定する対比試験片に設けられた横穴を用いてもよい。
- (解説 A-4242-1)

#### A-4250 超音波探傷装置の校正

##### A-4251 超音波探傷器

- (1) 端部エコー法で用いる超音波探傷器は、時間軸直線性に関して、JIS Z 2352に従って測定し、 $\pm 1\%f_s$ 以内でなければならない。

- (2) 時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する測定の12カ月以内に確認されていること。

#### A-4252 探触子

(1) 非集束型探触子

a. 入射点の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片を用いて、1mm以下の単位で測定する。ただし、測定ができない場合は、探触子の入射点の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に適用してもよい。

b. 屈折角の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片又はこれと類似形状の試験片を用いて0.5°以下の単位まで読み取る。ただし、測定ができない場合は、探触子の屈折角の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に適用してもよい。

(2) 集束型探触子

入射点及び屈折角の測定は、A-4242(2)項で規定する対比試験片RB-SDHを用いて、それぞれ0.5mm以下の単位、0.5°以下の単位で求める。測定方法は、A-4110(1)項又は(2)項に従うものとする。

(3) 測定頻度

探触子の入射点及び屈折角の測定は、試験開始時に測定する。

(解説 A-4252-1)

#### A-4260 時間軸及び基準感度の調整

##### A-4261 一般事項

- (1) 時間軸及び基準感度の調整は、試験開始時及び探傷システム（探傷器、探触子、くさび、接触媒質、ケーブル、部品等）の組合せが変わるごとに行う。
- (2) 時間軸及び基準感度の確認は、試験の終了時及び試験員が交替した時（自動探傷で行う場合は除く）に行う。ただし、自動探傷のような場合で定期的に確認する機能が設けられているものは、試験終了時に試験開始時と同様の手順で確認すればよい。

(解説 A-4261-1)

##### A-4262 時間軸の調整

- (1) 時間軸の調整は、JIS Z 2345 に規定する標準試験片又は試験部の材料と超音波特性（主として音速）の同等な材料で作られた既知の寸法を有する半円形等の試験片を用いて行う。
- (2) 時間軸の全幅は、少なくとも試験部全体積を直射法（0.5スキップ）で確認するのに必要な範囲とする。一回反射法（1スキップ）で測定を行う場合は、適宜、観察に必要な時間軸範囲に調整する。



- (3) 試験員がビーム路程を直接読み取るような場合は、試験部全体積をカバーできるように時間軸の全幅を調整して、端部エコーを確認した後、端部エコーが測定し易いように時間軸を拡大する。
- (4) 時間軸の調整が正しく行われていることを A-4242 項で示す対比試験片のいずれかで確認を行う。
- (5) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する調整方法を用いてもよい。
- (6) A-4261(2) 項による時間軸の確認は、変動幅が欠陥深さ算出値への影響を考慮した変動幅以内であることを確認する。影響があると判断された場合は、その試験を無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。  
(解説 A-4262-1)

#### A-4263 基準感度の調整

- (1) 基準感度の調整は、A-4242 項で示す対比試験片のいずれかを用いて行う。ただし、適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する調整方法を用いてもよい。
- (2) A-4261(2) 項による基準感度の確認の結果、振幅の 20% 又は 2dB 以上下がっていた場合、あるいは 2dB を超えて上がっていた場合は、再試験の要否を判断する。ただし、明らかな装置（超音波探傷器、探触子及びケーブル）の故障で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。  
(解説 A-4263-1)

#### A-4270 測定

##### A-4271 欠陥位置のマーキング

2710 項で得られた反射源位置及び指示長さ範囲（DAC20% 指示長さ又は 2 次クリーピング波法での指示長さ）を試験部位の表面にマーキングするものとする。なお、自動探傷の位置情報で欠陥位置が確認できる場合は除く。  
(解説 A-4271-1)

##### A-4272 予備測定

端部エコー法による欠陥深さ寸法測定に先立ち、次に掲げる確認を行うことが望ましい。

- (1) A-2000 項で定めるモード変換波法の実施
- (2) 2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定
  - a. エコー高さ (DAC%) の確認
  - b. エコー高さ分布、欠陥の傾き有無等の確認
  - c. 斜角 45° の一回反射法（1 スキップ）でのエコー有無の確認
  - d. 必要に応じ、他の屈折角による確認



(解説 A-4272-1)

### A-4273 端部エコー法による測定

(1) 探傷感度

基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。

(2) 探触子の走査

- a. 超音波ビームが欠陥の長さ方向に対して直角となる方向から伝ばするように行う。この場合、必要に応じて首振り走査を行う。
- b. 原則として、欠陥が位置する側の母材から走査する。また、必要に応じて直交する反対の側から行う。
- c. 欠陥開口部を起点として、欠陥先端からの端部エコーが捉えられる範囲にわたって探触子を前後走査する。
- d. 探触子の走査速度は、150mm/秒以下でかつ端部エコーの特定に支障がない程度とする。
- e. 自動探傷で行う場合は、上記 a. ~d. 項を満足するように走査方向、走査範囲、走査パターン、走査速度及びデータ採取ピッチを定める。
- f. 自動探傷で行う場合は、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響がないように確実に行われていることを確認する。

(3) 測定点数

欠陥の最深部を特定するに当たり、次の手順で測定する。

- a. 2710 項の規定に基づき採取した最大エコー高さ位置、欠陥指示長さの中央近傍位置について測定する。ただし、最大エコー高さ位置と欠陥指示長さの中央位置が近接している場合は、どちらか一方の測定でよい。
- b. 上記 a. 項の位置及びこれをはさむ両側の任意の位置を含めて 3 点程度の測定を行い、最深部を特定する。ただし、端部エコーが得られない場合はこの限りでない。
- c. エコー高さ分布から複数の山谷が顕著に確認できている場合は、各山の位置で測定することが望ましい。
- d. 自動探傷で行う場合は、2710 項の規定にしたがって採取した結果から、欠陥範囲を十分満足するように走査し、最深部を特定する。
- e. 欠陥指示長さが長い場合（例えば、 $30^\circ$  以上にわたる場合等）は、個別に測定点を定める。

(解説 A-4273-1)

## A-4300 オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

### A-4310 適用手法

横波斜角端部エコー法を標準とする。ただし、欠陥の先端がボンド部又は溶接金属内に進展する恐れのある場合は、横波斜角端部エコー法に加えて縦波斜角端部エコー法を用いる。(解説 A-4310-1)

### A-4320 使用機材

#### A-4321 超音波探傷器

A-4221 項に準じる。

#### A-4322 探触子

- (1) 探触子は、広帯域型探触子とする。また、広帯域集束型探触子を用いる場合は、試験部の厚さ、A-4272 項で規定する予備測定あるいは他の手法による測定結果を考慮して、適切な集束範囲のものを選定する。
- (2) 試験周波数は、1.5～5MHz を標準とする。ただし、厚さが 10 mm 程度の薄肉の場合は、10MHz を用いてもよい。
- (3) 屈折角は、45° を標準とし、他の屈折角を 45° と合わせて用いてもよい。  
なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いることができる。
- (4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (5) くさび(探触子シュー)は原則として加工しない。試験部の曲率に適合するようにくさびを加工する場合は、くさび加工後において探触子の性能測定(入射点及び屈折角)を行う。また、集束型探触子でくさびを加工した場合は、入射点及び屈折角の測定の他に集束範囲の確認を行う。
- (6) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。  
(解説 A-4322-1)

#### A-4330 接触媒質

A-4230 項に準じる。

#### A-4340 対比試験片

##### A-4341 材 質

A-4241 項に準じる。

##### A-4342 対比試験片の種類

A-4242 項に準じる。

## A-4350 超音波探傷装置の校正

### A-4351 超音波探傷器

A-4251 項に準じる。

### A-4352 探 触 子

#### (1) 非集束型探触子

##### a. 入射点の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片を用いて、1mm 以下の単位で測定する。ただし、測定ができない場合は、探触子の入射点の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に適用してもよい。

##### b. 屈折角の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片を用いて  $0.5^\circ$  以下の単位まで読み取り、音速の補正を行うか、又は試験部と超音波特性が同等な材料で、探触子の屈折角の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に適用してもよい。

#### (2) 集束型探触子

入射点及び屈折角の測定は、A-4242(2)項で規定する対比試験片 RB-SDH を用いて、それぞれ 0.5mm 以下の単位、 $0.5^\circ$  以下の単位で求めるものとする。測定方法は、A-4110(1)項又は(2)項に従うものとする。

#### (3) 測定頻度

測定頻度は A-4252(3)項に従う。

(解説 A-4252-1)

## A-4360 時間軸及び基準感度の調整

### A-4361 一般事項

A-4261 項に準じる。

### A-4362 時間軸の調整

A-4262 項に準じる。ただし、JIS Z 2345 に規定する標準試験片で調整する場合は、音速の違いを補正する。

### A-4363 基準感度の調整

A-4263 項に準じる。

## A-4370 測 定

### A-4371 欠陥位置のマーキング

A-4271 項に準じる。

### A-4372 予備測定

A-4272 項に準じる。

#### A-4373 端部エコー法による測定

A-4273 項に準じる。

#### A-4400 クラッドを施した容器の突合せ溶接継手

##### A-4410 適用手法

縦波斜角端部エコー法を標準とし、必要に応じて横波斜角端部エコー法を併用する。

(解説 A-4410-1)

##### A-4420 使用機材

##### A-4421 超音波探傷器

A-4221 項に準じる。

##### A-4422 探触子

- (1) 探触子は、広帯域集束型探触子とする。
- (2) 試験周波数は、2～5MHz を標準とする。
- (3) 容器の外側から測定する場合は、屈折角  $45^\circ$  を標準とする。  
なお、幾何学的形状等の影響により他の屈折角が適している場合は、その屈折角を用いることができる。
- (4) 容器の内側から測定する場合は、縦波  $70^\circ$  (送信側  $70^\circ$  , 受信側  $50^\circ$  の前後二分割型を含む) を用いる。ただし、集束型 (二分割型) を用いる場合、集束範囲を予め把握して適用可能範囲を決めておく必要がある。集束範囲から外れる位置を想定した場合は、異なる屈折角あるいは異なる集束範囲を有する探触子を用いる。
- (5) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (6) くさび (探触子シュー) は原則として加工しない。試験部の曲率に適合するようにくさびを加工する場合は、くさび加工後において探触子の性能測定 (入射点及び屈折角) を行う。また、集束型探触子でくさび加工した場合は、入射点及び屈折角の測定の外に集束範囲の確認を行う。
- (7) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

(解説 A-4422-1)

##### A-4430 接触媒質

A-4230 項に準じる。

## A-4440 対比試験片

### A-4441 材 質

A-4241 項に準じる。ただし、クラッドが施されている側（容器内面側）から測定を行う場合は、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。

### A-4442 対比試験片の種類

A-4242 項に準じる。ただし、容器内面側から測定する場合は、次に掲げるノッチ付き対比試験片とする。

- (1) 厚さは、容器内面から母材側 50mm の範囲まで観察することを考慮した厚さとしてよい。
  - (2) 深さの異なる 2 個以上のノッチを設ける。
  - (3) 探触子を走査する側の面にノッチを設ける。
  - (4) 形状は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の 0.7～1.1 倍の曲率半径とする。
  - (5) 2340 項で規定する対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
  - (6) ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。
- (解説 A-4442-1)

## A-4450 超音波探傷装置の校正

### A-4451 超音波探傷器

A-4251 項に準じる。

### A-4452 探 触 子

A-4252 項に準じる。

## A-4460 時間軸及び基準感度の調整

### A-4461 一般事項

A-4261 項に準じる。

### A-4462 時間軸の調整

A-4262 項に準じる。ただし、容器内面側から測定する場合の時間軸の全幅は、容器内面側から母材側 50mm の範囲を直射法（0.5 スキップ）で確認するのに必要な範囲に調整する。

### A-4463 基準感度の調整

A-4263 項に準じる。ただし、容器内面側から測定する場合は、ノッチ付き対比試験片を用いて調整する。この場合、ノッチが開口している側から探触子を走査して調整する。

## A-4470 測 定

### A-4471 欠陥位置のマーキング

手動探傷で行う場合は、反射源位置及び指示長さ範囲（DAC20%指示長さ又は2次クリーニング波法での指示長さ）を試験部位の表面にマーキングする。

（解説 A-4471-1）

### A-4472 予備測定

端部エコー法による欠陥深さ寸法測定に先立ち、次に掲げる項目について、2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定を行うことが望ましい。

- (1) エコー高さ (DAC%) の確認
- (2) エコー高さ分布、欠陥の傾き有無等の確認

（解説 A-4472-1）

### A-4473 端部エコー法による測定

A-4273 項に準じる。

## A-4500 容器管台内面の丸みの部分

### A-4510 適用範囲

容器管台内面の丸みの部分に対して容器管台内面の丸みの部分から欠陥深さ寸法測定を行う場合に適用する。（解説 A-4510-1）

### A-4520 使用機材

#### A-4521 超音波探傷器

A-4221 項に準じる。

#### A-4522 探 触 子

- (1) 探触子は、狭帯域前後分割型縦波斜角探触子とする。
- (2) 試験周波数は、3MHz を標準とする。
- (3) 公称屈折角  
送信側 70° と受信側 50° の組み合わせ又は送信側 50° と受信側 40° の組み合わせ。（解説 A-4522-1）
- (4) 振動子寸法 : 9.5mm×9.5mm

### A-4530 接触媒質

A-4230 項に準じる。

## A-4540 対比試験片

### A-4541 材 質

A-4241 項に準じる。ただし、クラッドが施されている内面側から測定を行うため、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。

### A-4542 対比試験片の種類

次に掲げるノッチ付き対比試験片とする。

- (1) 厚さは、容器内面から母材側 50mm の範囲まで観察することを考慮した厚さとしてよい。(解説 A-4542-1)
- (2) 深さの異なる 2 個以上のノッチを設ける。
- (3) 探触子を走査する側の面にノッチを設ける。
- (4) 形状は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の 0.7~1.1 倍の曲率半径とする。
- (5) 2340 項で規定する対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
- (6) ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。

## A-4550 超音波探傷装置の校正

### A-4551 超音波探傷器

A-4251 項に準じる。

### A-4552 探 触 子

入射点及び屈折角の測定は、A-4242(2)項で規定する対比試験片 RB-SDH を用いて、それぞれ 0.5 mm 以下の単位、 $0.5^\circ$  以下の単位で求める。

測定方法は、A-4110(1)項又は(2)項に従う。測定頻度は A-4252(3)項に従う。(解説 A-4252-1)

## A-4560 時間軸及び基準感度の調整

### A-4561 一般事項

A-4261 項に準じる。

### A-4562 時間軸の調整

- (1) 容器管台内面の丸みの部分から母材側 25mm の範囲を直射法 (0.5 スキップ) で確認するのに必要な範囲に調整する。
- (2) 確認後、端部エコーの検出範囲により、可能な限り時間軸を拡大する。(最小時間軸 : 25mm)

### A-4563 基準感度の調整

A-4542 項に準じたノッチ付き対比試験片を用いて調整する。

なお、ノッチが開口している側から探触子を走査して調整する。

## A-4570 測定

### A-4571 欠陥位置の確認

自動探傷装置の位置情報で欠陥位置を確認する。（解説 A-4571-1）

### A-4572 予備測定

端部エコー法による欠陥深さ寸法測定に先立ち、次に掲げる項目について、2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定を行うことが望ましい。

- (1) エコー高さ (DAC%) の確認
- (2) エコー高さ分布、欠陥の傾き有無等の確認

（解説 A-4572-1）

### A-4573 端部エコー法による測定

- (1) 探傷感度  
基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の走査
  - a. 超音波ビームが欠陥の長さ方向に対して直角となる 2 方向から伝ばするように行う。
  - b. 内面から母材側 25mm の範囲がカバーできるように走査する。
  - c. 欠陥開口部を起点として、欠陥先端からの端部エコーが捉えられる範囲にわたって探触子を前後走査する。また、欠陥指示長さ全体にわたり、前後走査を伴いながら左右走査を行う。
  - d. 探触子の走査速度は、150mm/秒以下で、かつ端部エコーの特定に支障がない程度とする。
  - e. 自動探傷で行う場合は、上記 a. ~d. 項を満足するように走査方向、走査範囲、走査パターン、走査速度及びデータ採取ピッチを定める。
  - f. 自動探傷で行う場合は、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響がないように確実に行われていることを確認する。
- (3) 測定点数  
欠陥の最深部を特定するに当たり、次の手順で測定する。
  - a. 2710 項の規定に基づき採取した最大エコー高さ位置、欠陥指示長さの中央近傍位置について測定すること。ただし、最大エコー高さ位置と欠陥指示長さの中央位置が近接している場合は、どちらか一方の測定でよい。
  - b. 上記 a. 項の位置及びこれをはさむ両側の任意の位置を含めて 3 点以上の測定を行い、最深部を特定すること。ただし、端部エコーが得られない場合はこの限りでない。



- c. エコー高さ分布から複数の山谷が顕著に確認できている場合は、各山の位置で測定することが望ましい。
- d. 自動探傷で行う場合は、2710 項の規定に従って採取した結果から、欠陥範囲を十分満足するように走査し、最深部を特定する。（解説 A-4573-1）

## A-4600 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）

### A-4610 適用範囲

容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手のうち、バタリング部に対して外面側又は内面側から欠陥深さ寸法測定を行う場合に適用する。

（解説 A-4610-1）

### A-4620 使用機材

#### A-4621 超音波探傷器

A-4221 項に準じる。

#### A-4622 探触子

- (1) 探触子は、外面側から測定する場合は狭帯域又は広帯域左右分割型縦波探触子とし、内面側から測定する場合は狭帯域前後分割型縦波探触子とする。
- (2) 試験周波数は、外面側から測定する場合は 2 MHz、内面側から測定する場合は 3MHz を標準とする。
- (3) 屈折角は、外面側から測定する場合は公称屈折角 45° 又は 55° を標準とし、内面側から測定する場合は公称屈折角で送信側 70°、受信側 50° を標準とする。
- (4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (5) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

（解説 A-4622-1）

### A-4630 接触媒質

A-4230 項に準じる。

### A-4640 対比試験片

#### A-4641 材質

A-4241 項に準じる。ただし、クラッドが施されている側（内面側）から測定を行う場合は、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。

#### A-4642 対比試験片の種類

A-4242 項に準じる。ただし、内面側からの測定の場合は、次に掲げるノッチ付き対比試験片とする。

- (1) 厚さは、容器内面から母材側 50mm の範囲まで観察することを考慮した厚さとしてよい。
  - (2) 深さの異なる 2 個以上のノッチを設ける。
  - (3) 探触子を走査する側の面にノッチを設ける。
  - (4) 形状は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の 0.7～1.1 倍の曲率半径とする。
  - (5) 2340 項で規定する対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
  - (6) ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。
- (解説 A-4642-1)

#### A-4650 超音波探傷装置の校正

##### A-4651 超音波探傷器

A-4251 項に準じる。

##### A-4652 探触子

入射点及び屈折角の測定は、A-4242(2) 項で規定する対比試験片 RB-SDH を用いて、それぞれ 0.5mm 以下の単位、 $0.5^\circ$  以下の単位で求める。

測定方法は、A-4110(1) 項又は(2) 項に従う。測定頻度は A-4252(3) 項に従う。

(解説 A-4252-1)

#### A-4660 時間軸及び基準感度の調整

##### A-4661 一般事項

A-4261 項に準じる。

##### A-4662 時間軸の調整

- (1) 外面側から測定する場合
  - a. 時間軸の全幅は、少なくとも試験部全体積を直射法 (0.5 スキップ) で確認するのに必要な範囲とする。一回反射法 (1 スキップ) で測定を行う場合は、適宜、観察に必要な時間軸範囲に調整する。
  - b. 全体積確認後、端部エコーの検出範囲により、可能な限り時間軸を拡大する。(最小時間軸 : 25mm)
- (2) 内面側から測定する場合
  - a. 内面から母材側 50mm の範囲を確認するのに必要な時間軸範囲とする。
  - b. 確認後、端部エコーの検出範囲により、可能な限り時間軸を拡大する。(最小時間軸 : 25mm)

#### A-4663 基準感度の調整

A-4263 項に準じる。ただし、内面側から測定する場合は、ノッチ付き対比試験片を用いて調整する。この場合、ノッチが開口している側から探触子を走査して調整する。

#### A-4670 測定

##### A-4671 欠陥位置のマーキング

手動探傷で行う場合は、反射源位置及び指示長さ範囲（DAC20%指示長さ又は2次クリーニング波法での指示長さ）を試験部位の表面にマーキングする。

（解説 A-4671-1）

##### A-4672 予備測定

端部エコー法による欠陥深さ寸法測定に先立ち、次に掲げる項目について、2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定を行うことが望ましい。

- (1) エコー高さ (DAC%) の確認
- (2) エコー高さ分布、欠陥の傾き有無等の確認

（解説 A-4672-1）

##### A-4673 端部エコー法による測定

- (1) 探傷感度  
基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の走査
  - a. 超音波ビームが欠陥の長さ方向に対して直角となる 2 方向から伝ばするように行う。
  - b. 内面から母材側 25mm の範囲がカバーできるように走査する。
  - c. 欠陥開口部を起点として、欠陥先端からの端部エコーが捉えられる範囲にわたって探触子を前後走査する。また、欠陥指示長さ全体にわたり、前後走査を伴いながら左右走査を行う。
  - d. 探触子の走査速度は、150 mm/秒以下で、かつ端部エコーの特定に支障がない程度とする。
  - e. 自動探傷で行う場合は、上記 a. ~d. 項を満足するように走査方向、走査範囲、走査パターン、走査速度及びデータ採取ピッチを定める。
  - f. 自動探傷で行う場合は、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響がないように確実に行われていることを確認する。

(3) 測定点数

欠陥の最深部を特定するに当たり、次の手順で測定する。

- a. 2710 項の規定に基づき採取した最大エコー高さ位置、欠陥指示長さの中央近傍位置について測定する。ただし、最大エコー高さ位置と欠陥指示長さの中央位置が近接している場合は、どちらか一方の測定でよい。
- b. 上記 a. 項の位置及びこれをはさむ両側の任意の位置を含めて 3 点以上の測定を行い、最深部を特定する。ただし、端部エコーが得られない場合はこの限りでない。
- c. エコー高さ分布から複数の山谷が顕著に確認できている場合は、各山の位置で測定することが望ましい。
- d. 自動探傷で行う場合は、2710 項の規定に従って採取した結果から、欠陥範囲を十分満足するように走査し、最深部を特定する。（解説 A-4673-1）

#### A-4700 記録及び解析

##### A-4710 記録、採取手順

端部エコー法を用いた場合は、以下を記録する。

(1) 欠陥開口部の記録

欠陥開口部と欠陥先端部とのビーム路程差を用いて欠陥深さを求める場合は、欠陥開口部からのエコー高さが最大となる探触子位置 (X, Y) , ビーム路程を記録する。

(2) 欠陥先端部の記録

欠陥の先端部からの端部エコーを捉えた位置 (X, Y) 及びビーム路程を記録する。

##### A-4720 採取データの保存

端部エコー法のデータは、測定結果の再評価及び第三者の確認が行えるように MA スコープ、VTR 等による波形の録画又は自動探傷による波形の収録等で保存する。

##### A-4730 解析

A-4710 項に従い採取した記録に基づき解析を行う。

(解説 A-4730-1)

(1) 作図による解析

作図上で解析する場合は、以下の情報に基づき作図を行う。

- a. 使用した探触子の実測屈折角
- b. 欠陥開口部からのエコー高さが最大となる探触子位置 (X, Y) 及びビーム路程 (欠陥開口部の情報を用いる場合)
- c. 欠陥の先端部と推定されるエコーを捉えた探触子位置 (X, Y) 及びビーム路程
- d. 溶接部の施工図 (開先形状図)

- e. 試験部の厚さ
- f. 表面形状（表面形状が欠陥深さの算出に影響を及ぼすと判断された場合）
- (2) 画像に基づく解析
  - 自動探傷のように画像（A, B, C, D スコープ等）から欠陥深さを読み取ることができる場合は、専用の画像を解析結果と見なしてよい。
- (3) 欠陥深さの算出及び表示
  - 欠陥深さは、作図、計算式又は画像から求め、次のいずれかの方法によって表すものとする。
    - a. 欠陥開口部と欠陥先端部の差で表す場合
      - 開口部までの深さは、板厚記録、探傷試験時の横波  $45^\circ$  で得た欠陥開口部の深さ、横波又は縦波での端部エコー法で得た欠陥開口部の深さのいずれかとする。
    - b. 外表面又は探触子走査面からの深さで表す場合
      - 残存厚さで表してもよい。

#### A-4740 試験記録

次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。

- (1) 試験条件
  - a. 発電所名称
  - b. 試験箇所名称（溶接継手番号及び欠陥番号）
  - c. 試験年月日と試験評価員及び試験員（資格）
  - d. 適用手法
  - e. 校正記録
    - (a) 使用機材
      - 超音波探傷器、探触子、対比試験片、接触媒質
    - (b) 探触子の入射点、屈折角
    - (c) 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
    - (d) 校正日時
  - f. 測定方向
  - g. 探触子の走査面（容器の場合）
  - h. 探傷感度
  - i. 試験要領書番号
  - j. 自動（又は半自動）探傷で行う場合は、a. ～i. 項に以下を加えて記録する。
    - (a) データ採取ピッチ
    - (b) 探触子走査間隔
    - (c) 測定範囲
- (2) 試験結果
  - a. 欠陥開口部の記録（記録が必要な場合）
    - (a) 検出位置（探触子位置）

- (b) ビーム路程
  - b. 欠陥先端部の記録
    - (a) 検出位置 (探触子位置)
    - (b) ビーム路程
  - c. 欠陥深さの算出値及び断面解析図 (又は専用の出力図)
  - d. 波形写真又は専用の出力図
  - e. 欠陥プロフィール: 欠陥最深部特定にあたっての経緯 (必要に応じて)
- (3) 測定データ (A-4720 項に基づき保存する採取データ)

品質検査

## A-5000 TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領

### A-5000 TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領

本項は、試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼配管及び容器の突合せ溶接継手、試験部の厚さが 20mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手、容器管台内面の丸みの部分及び容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手を対象とした TOFD 法による欠陥深さ寸法測定に適用可能な要領について示す。（解説 A-5000-1）

### A-5100 一般事項

#### A-5110 関連規格

- (1) NDIS 2423

#### A-5120 試験部の表面状態

- (1) 探触子を走査する面は、走査の妨げになるものがなく、可能な限り、余盛が削除されかつ試験面と探触子が十分接触し、超音波を試験部内に安定して伝ばできる平滑な状態とする。
- (2) 欠陥を挟んで送信側探触子と受信側探触子一対が配置できる状態とする。

（解説 A-5120-1）

### A-5200 フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手

#### A-5210 適用範囲

試験部の厚さが 10mm 以上のフェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手に適用する。

### A-5220 使用機材

#### A-5221 超音波探傷器

TOFD 専用又は TOFD 機能付き探傷器とする。（解説 A-5221-1）

#### A-5222 探触子

- (1) 探触子は、広帯域型縦波探触子とする。  
また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。
- (2) 送信側探触子と受信側探触子は、同じ仕様のもを原則とする。
- (3) 試験周波数は、2～10MHz を標準とする。
- (4) 屈折角は、45° を標準とするが、22～60° の範囲で選定してもよい。
- (5) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (6) くさび（探触子シュー）は加工してもよいが、くさび加工後において探触子の性能測定（入射点、屈折角）を行う。

- (7) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

(解説 A-5222-1)

#### A-5230 接触媒質

水、油、グリセリン、ひまし油等超音波の伝ば性がよく、試験部に対して有害でないものを使用する。

#### A-5240 対比試験片

##### A-5241 材 質

対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。

##### A-5242 形状・寸法

- (1) 幅と長さは、校正用反射体に対して、TOFD法の走査(少なくともB-スキャン)が可能な寸法以上とする。
- (2) 厚さは、試験部の厚さと同等の厚さとする。
- (3) 形状は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の0.7~1.1倍の曲率半径とする。

##### A-5243 対比試験片の種類

対比試験片は、次に掲げるいずれかのもを使用する。(解説 A-5243-1)

- (1) ノッチ付き対比試験片
  - a. 深さの異なる2個以上のノッチを設ける。また、連続的に深さが異なる一つのノッチを用いてもよい。
  - b. 探触子を走査する反対面にノッチを設ける。
  - c. 2340項で規定する探傷用対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
  - d. ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。
- (2) RB-SDH  
横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に深さの異なる位置に設ける。
- (3) 探傷用対比試験片  
2340項で規定する対比試験片に設けられた横穴を用いてもよい。

#### A-5250 超音波探傷装置の校正

##### A-5251 超音波探傷器

- (1) TOFD法で用いる超音波探傷器は、時間軸直線性に関する測定方法を個別に定めて測定し、欠陥深さの算出に影響を及ぼさない範囲で性能を有していることを確認する。(解説 A-5251-1)



- (2) 時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する測定の前12カ月以内に確認されていること。

#### A-5252 探触子

- (1) 入射点の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片を用いて、1 mm 以下の単位で測定する。ただし、測定ができない場合は、探触子の入射点の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に適用してもよい。

- (2) 屈折角の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片又はこれと類似形状の試験片を用いて 0.5° 以下の単位まで読み取る。ただし、測定ができない場合は、探触子の屈折角の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に適用してもよい。（解説 A-5252-1）

#### A-5260 時間軸及び基準感度の調整

##### A-5261 一般事項

- (1) 時間軸及び基準感度の調整は、試験開始時及び探傷システム（探傷器、探触子、くさび、接触媒質、ケーブル、送受信探触子間隔、部品等）及びその組合せが変わるごとに行う。
- (2) 時間軸、送受信探触子間隔及び基準感度の確認は、試験の終了時及び試験員が交替した時（自動探傷の場合を除く）に行う。

##### A-5262 時間軸の調整

- (1) 時間軸の調整は、JIS Z 2345 に規定する標準試験片、試験部の材料と超音波特性（主として音速）の同等な材料で作られた試験片あるいは A-5240 項で規定する対比試験片を用いて調整を行う。
- (2) TOFD 表示画面上で、表面から試験部底面までが観察できる範囲で適宜設定する。この時、A-5240 項で規定する対比試験片に設けた校正用反射体を用いて、時間軸調整に誤りがないことを確認する。
- (3) A-5261(2)項による時間軸の確認の結果、欠陥深さ算出値への影響を考慮した変動幅範囲以内とする。影響があると判断された場合は、その試験を無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。

##### A-5263 基準感度の調整

- (1) 基準感度の調整は、A-5240 項で示す対比試験片を用いて行うことを標準とする。
- (2) 明らかな装置（超音波探傷器、探触子及びケーブル）の故障等で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。

## A-5270 測 定

### A-5271 欠陥位置のマーキング

2710 項で得る反射源位置及び指示長さ範囲 (DAC20%指示長さ又は2次クリーピング波法での指示長さ) を試験部位の表面にマーキングする。なお、自動探傷の位置情報で欠陥位置が確認できる場合は除く。(解説 A-4271-1)

### A-5272 予備測定

TOFD 法による詳細測定に先立ち、次に掲げる事項について確認を行うことが望ましい。

- (1) A-2000 項で定めるモード変換波法の実施
- (2) 2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定
  - a. エコー高さ (DAC%) の確認
  - b. エコー高さ分布、欠陥の傾き有無等の確認
  - c. 斜角  $45^\circ$  の一回反射法 (1 スキップ) でのエコー有無の確認
  - d. 必要に応じ、他の屈折角による確認

(解説 A-5272-1)

### A-5273 TOFD 法による測定

- (1) 探傷感度  
基準感度 +  $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12……) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の走査
  - a. 探触子の走査は、欠陥長さ方向に対して D-スキャン (平行走査) を行い、欠陥最深部と思われる位置について B-スキャン (直角方向走査) を行う。
  - b. 探触子の走査速度は、150 mm/秒以下でかつ TOFD 法のデータ採取に支障がない程度以下とする。
  - c. 自動探傷で行う場合は、探触子の押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響が無いように確実に行われていることを確認する。
- (3) 送信側探触子と受信側探触子の間隔  
試験部の厚さと適用する探触子の屈折角に応じて、送信側探触子と受信側探触子の間隔を適宜調整する。  
送信側探触子と受信側探触子の間隔の調整は、試験部の厚さの  $\frac{2}{3}$  から試験部厚さの範囲に交軸点を合わせることを標準とする。ただし、A-5272 項で規定する予備測定等で、深い欠陥であることが想定された場合は、交軸点を変更する。
- (4) 測定点数  
少なくとも、D-スキャンの結果から、最深部と判断される位置で測定を行う。

なお、欠陥指示長さが長い場合（例えば、 $30^\circ$  以上にわたる場合等）は、個別に測定点を定めることが望ましい。

（解説 A-5273-1）

## A-5300 オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

### A-5310 適用範囲

試験部の厚さが 20mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手に適用する。ただし、試験部の厚さが 20mm を超える配管であっても適用性を確認したうえで、適用してもよい。（解説 A-5310-1）

### A-5320 使用機材

#### A-5321 超音波探傷器

A-5221 項に準じる。

#### A-5322 探触子

- (1) 探触子は、広帯域（又はコンポジット）型縦波探触子とする。  
また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。
- (2) 送信側探触子と受信側探触子は、同じ仕様のもを原則とする。
- (3) 試験周波数は、2～10MHz を標準とする。
- (4) 屈折角は、 $45^\circ$  を標準とするが、 $22^\circ$ ～ $60^\circ$  の範囲で選定してもよい。
- (5) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (6) くさび（探触子シュー）は加工してもよいが、くさび加工後において探触子の性能測定（入射点、屈折角）を行う。
- (7) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

（解説 A-5322-1）

#### A-5330 接触媒質

A-5230 項に準じる。

### A-5340 対比試験片

#### A-5341 材質

A-5241 項に準じる。

#### A-5342 形状・寸法

A-5242 項に準じる。

**A-5343 対比試験片の種類**

A-5243 項に準じる。

**A-5350 超音波探傷装置の校正**

**A-5351 超音波探傷器**

A-5251 項に準じる。

**A-5352 探 触 子**

(1) 入射点の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片を用いて、1mm 以下の単位で測定する。ただし、測定ができない場合は、探触子の入射点の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に適用してもよい。

(2) 屈折角の測定

JIS Z 2345 に規定する標準試験片を用いて 0.5° 以下の単位まで読み取り、音速の補正を行うか、又は試験部の材料と超音波特性が同等な材料で、探触子の屈折角の測定が可能な形状の試験片を製作し、測定に準用してもよい。

**A-5360 時間軸及び基準感度の調整**

**A-5361 一般事項**

A-5261 項に準じる。

**A-5362 時間軸の調整**

A-5262 項に準じる。

**A-5363 基準感度の調整**

A-5263 項に準じる。

**A-5370 測 定**

**A-5371 欠陥位置のマーキング**

A-5271 項に準じる。

**A-5372 予備測定**

A-5272 項に準じる。

**A-5373 TOFD 法による測定**

A-5273 項に準じる。

## A-5400 クラッドを施した容器の突合せ溶接継手

### A-5410 適用範囲

クラッドを施した容器の突合せ溶接継手において、容器の外側側又は内側側から欠陥深さ寸法測定を行う場合に適用する。

### A-5420 使用機材

#### A-5421 超音波探傷器

A-5221 項に準じる。

#### A-5422 探触子

- (1) 探触子は、広帯域型縦波探触子とする。  
また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。
- (2) 試験周波数は、2～5MHz を標準とする。
- (3) 屈折角は、45° を標準とするが、22～60° の範囲で選定してもよい。
- (4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (5) くさびは加工しない。
- (6) 容器の内側側から測定する場合は、2MHz、縦波 45～60° を標準とする。
- (7) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

(解説 A-5422-1)

#### A-5430 接触媒質

A-5230 項に準じる。

### A-5440 対比試験片

#### A-5441 材 質

A-5241 項に準じる。ただし、クラッドが施されている側（内側側）から測定を行う場合は、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。

#### A-5442 形状・寸法

A-5242 項に準じる。

#### A-5443 対比試験片の種類

A-5243 項に準じる。ただし、クラッドが施されている側（内側側）から測定を行う場合は、探触子を走査する側にノッチを設ける。

## A-5450 超音波探傷装置の校正

### A-5451 超音波探傷器

A-5251 項に準じる。

### A-5452 探触子

A-5252 項に準じる。

## A-5460 時間軸及び基準感度の調整

### A-5461 一般事項

A-5261 項に準じる。

### A-5462 時間軸の調整

A-5262 項に準じる。

### A-5463 基準感度の調整

A-5263 項に準じる。ただし、クラッドが施されている側（内面側）から測定を行う場合は、ノッチ付き対比試験片を用いて調整する。この場合、ノッチが開口している側から探触子を走査して調整する。

## A-5470 測定

### A-5471 欠陥位置のマーキング

A-5271 項に準じる。

### A-5472 予備測定

TOFD 法による欠陥深さ寸法測定に先立ち、次に掲げる項目について 2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定を行うことが望ましい。

- (1) エコー高さ (DAC%) の確認
- (2) エコー高さ分布、欠陥の傾き有無等の確認

### A-5473 TOFD 法による測定

A-5273 項に準じる。ただし、送信側探触子と受信側探触子の間隔の調整は、容器内面側から母材側 50mm の範囲で交軸点を設定することを標準とする。

## A-5500 容器管台内面の丸みの部分

### A-5510 適用範囲

容器管台内面の丸みの部分を管台の外側又は内側から行う場合に適用する。

(解説 A-5510-1)

## A-5520 使用機材

### A-5521 超音波探傷器

A-5221 項に準じる。

### A-5522 探触子

(1) 探触子は、管台外面側から測定する場合は狭帯域型、広帯域型又はコンポジット型縦波探触子とし、管台内面側から測定する場合は広帯域型又はコンポジット型縦波探触子とする。

また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。

(2) 試験周波数は、管台外面側から測定する場合は2～5MHz、管台内面側から測定する場合は5MHzを標準とする。

(3) 屈折角は、管台外面側から測定する場合は8～24.2°の範囲、管台内面側から測定する場合は45°を標準とするが、22～60°の範囲で選定してもよい。

(4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。

(5) 管台外面側から測定する場合は、管台外面R部に追従するくさび（探触子シュー）を使用する。

(6) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書に記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

(解説 A-5522-1)

### A-5530 接触媒質

A-5230 項に準じる。

### A-5540 対比試験片

#### A-5541 材 質

A-5241 項に準じる。

#### A-5542 形状・寸法

A-5242 項に準じる。

#### A-5543 対比試験片の種類

A-5243 項に準じる。ただし、管台内面側から測定する場合は、次に掲げるノッチ付き対比試験片とする。

(1) 厚さは、容器内面から母材側50mmの範囲まで観察することを考慮した厚さとしてよい。（解説 A-4542-1）

(2) 深さの異なる2個以上のノッチを設ける。

(3) 探触子を走査する側の面にノッチを設ける。

- (4) 形状は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の 0.7～1.1 倍の曲率半径とする。
- (5) 2340 項で規定する対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
- (6) ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。

#### A-5550 超音波探傷装置の校正

##### A-5551 超音波探傷器

A-5251 項に準じる。

##### A-5552 探触子

A-5252 項に準じる。

#### A-5560 時間軸及び基準感度の調整

##### A-5561 一般事項

A-5261 項に準じる。

##### A-5562 時間軸の調整

A-5262 項に準じる。ただし、以下を考慮する。

- (1) 管台外面側から測定する際は、屈折角が小さいためにラテラル波が得られない場合があることから、対象試験体の既知寸法部又は垂直探傷で確認された外面 R 部から容器管台内面の丸みの部分の距離を用いて、時間軸調整に誤りがないうことを確認する。確認後、TOFD 表示画面上で、内面から母材側 25mm までが観察できる範囲で適宜設定する。
- (2) 管台内面側から測定する場合は、TOFD 表示画面上で、内面側から母材側 25mm までが観察できる範囲で適宜設定する。このとき、対比試験片に設けられたノッチを用いて、時間軸調整に誤りのないことを確認する。

##### A-5563 基準感度の調整

A-5263 項に準じる。管台外面側から測定する場合は、試験対象部の比較的形状が安定した位置の、容器管台内面の丸みの部分を用いて基準感度を設定する。管台内面側から測定する場合は、ノッチ付き対比試験片を用いて、ノッチが開口している側から探触子を走査して基準感度を調整する。

#### A-5570 測定

##### A-5571 欠陥位置のマーキング

A-5271 項に準じる。



#### A-5572 予備測定

A-5472 項に準じる。

#### A-5573 TOFD 法による測定

A-5273 項に準じる。ただし、送信側探触子と受信側探触子の間隔の調整は、以下とする。

##### (1) 管台外面側から測定する場合

下記 a. 項又は b. 項を標準とする。

なお、下記 a. 項又は b. 項の探触子間隔で回折波が明瞭に識別できない場合は、探触子間隔を適宜調整する。

a. 交軸点を容器管台内面の丸みの部分（クラッド付きの場合は、クラッドと母材の境界）とし、容器管台の形状を二次元（欠陥を挟んで管台の形状が対称）と考え、計算又は作図により、探触子間隔を設定する。

b. TOFD 用探触子と通常の超音波探傷器を用いて、測定対象の欠陥からのエコーが最大となる送信側、受信側各々の位置を測定し、探触子間隔を設定する。

##### (2) 管台内面側から測定する場合

内面から母材側 25mm の範囲で交軸を設定することを標準とする。

#### A-5600 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手

##### A-5610 適用範囲

容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手のうち、バタリング部に対して内面側から行う場合に適用する。（解説 A-5610-1）

##### A-5620 使用機材

##### A-5621 超音波探傷器

A-5221 項に準じる。

##### A-5622 探触子

(1) 探触子は、広帯域型縦波探触子とする。

また、特殊な場合を除き、非集束型探触子とする。

(2) 試験周波数は、5MHz を標準とする。

(3) 屈折角は、45° を標準とする。

(4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。

(5) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認を得た適用範囲に限定される。

（解説 A-5622-1）

#### A-5630 接触媒質

A-5230 項に準じる。

#### A-5640 対比試験片

##### A-5641 材 質

A-5241 項に準じる。ただし、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。

##### A-5642 形状・寸法

A-5242 項に準じる。

##### A-5643 対比試験片の種類

対比試験片は、次に掲げるものとする。

- (1) 深さの異なる 2 個以上のノッチを設ける。
- (2) 探触子を走査する側の面にノッチを設ける。
- (3) 2340 項で規定する対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
- (4) ノッチの形状は、長方形又は半楕円形のいずれでもよい。

#### A-5650 超音波探傷装置の校正

##### A-5651 超音波探傷器

A-5251 項に準じる。

##### A-5652 探 触 子

A-5252 項に準じる。

#### A-5660 時間軸及び基準感度の調整

##### A-5661 一般事項

A-5261 項に準じる。

##### A-5662 時間軸の調整

A-5262 項に準じる、ただし、TOFD 表示画面上で、内面から母材側 12mm までが観察できる範囲で適宜設定する。このとき、対比試験片に設けられたノッチを用いて、時間軸調整に誤りのないことを確認する。

##### A-5663 基準感度の調整

A-5263 項に準じる。ただし、ノッチ付き対比試験片を用いて調整する。この場合、ノッチが開口している側から探触子を走査して調整する。

## A-5670 測 定

### A-5671 欠陥位置のマーキング

A-5271 項に準じる。

### A-5672 予備測定

A-5472 項に準じる。

### A-5673 TOFD 法による測定

A-5273 項に準じる。ただし、送信側探触子と受信側探触子の間隔の調整は、内面から母材側 12mm の範囲で交軸を設定することを標準とする。

## A-5700 記録及び解析

### A-5710 記録, 採取手順

TOFD 法を用いた場合は、以下を記録する。

- (1) TOFD 法データ採取範囲又は採取位置
- (2) D-スキャン画像
- (3) B-スキャン画像
- (4) RF 波形

### A-5720 採取データの保存

TOFD 法のデータは、測定結果の再評価及び第三者の確認が行えるように波形又は画像の収録等で保存する。

### A-5730 解 析

採取した記録に基づき欠陥深さを算出する。

なお、欠陥深さ寸法の算出は、B-スキャン画像から読み取ることを原則とする。

(解説 A-5730-1)

### A-5740 試験記録

次の事項を記録し、その記録と試験部とが照合できるようにする。

- (1) 試験条件
  - a. 発電所名称
  - b. 試験箇所名称 (溶接継手番号及び欠陥番号)
  - c. 試験年月日と試験評価員及び試験員 (資格)
  - d. 校正記録
    - (a) 使用機材  
超音波探傷器, 探触子, 対比試験片, 接触媒質
    - (b) 探触子の入射点, 屈折角
    - (c) 探触子間隔

- (d) 基準感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
- (e) 校正日時
- e. 測定範囲及び測定方向
- f. 探触子の走査面（容器の場合）
- g. 探傷感度
- h. 試験要領書番号
- (2) 試験結果
  - a. D-スキャン画像
  - b. B-スキャン画像
  - c. RF 波形
  - d. 欠陥深さ算出値
- (3) 測定データ（A-5720 項に基づき保存するデータ）

品質検査

## A-6000 フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領

### A-6000 フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領

本項は、試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のフェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手、試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のオーステナイト系ステンレス鋼配管を対象とした、フェーズドアレイ技術を用いた端部エコー法及び TOFD 法による欠陥深さ寸法測定に適用可能な要領について示す。

### A-6100 一般事項

#### A-6110 試験部に対する要求事項

探触子を走査する面は、走査の妨げになるものがなく、可能な限り、余盛りが削除されかつ試験面と探触子が十分接触し、超音波を試験部内に安定して伝ばできる平滑な状態とする。（解説 A-6110-1）

### A-6200 フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）の突合せ溶接継手、オーステナイト系ステンレス鋼配管の突合せ溶接継手

#### A-6210 適用手法

本項は、フェーズドアレイ装置を用いた端部エコー法及び TOFD 法の測定要領について示す。

### A-6220 使用機材

#### A-6221 超音波探傷器

パルス反射式のフェーズドアレイ専用若しくはフェーズドアレイ機能付き探傷器を用いる。

#### A-6222 探触子

- (1) 探触子は、振動子が直線状に並んでいるリニアアレイ探触子、デュアルリニアアレイ探触子、又は特別に配列してあるアレイ探触子のいずれかを用いる。
- (2) 探触子には試験部の曲率や走査方向に応じて、測定に適したくさびを使用する。
- (3) 試験周波数は、1～10MHz を標準とする。
- (4) 振動子の大きさは、試験部の形状及び寸法に適合したもので、安定した超音波の伝ばが可能なものとする。
- (5) 超音波ビームを集束させる場合の集束範囲は、試験部の厚さに相当する範囲を標準とするが、モード変換波等の情報から欠陥先端位置が集束範囲から外れると判断された場合は、想定される欠陥先端位置に集束範囲を適宜調整する。
- (6) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する探触子を用いてもよい。この場合は、確認又は認証を得た適用範囲に限定される。

#### A-6230 接触媒質

水、油、グリセリン、ひまし油等超音波の伝ば性がよく、試験部に対して有害でないものを使用する。

#### A-6240 対比試験片

##### A-6241 材 質

対比試験片に用いる材料は、試験部の材料と超音波特性が同等なものとする。

##### A-6242 対比試験片の種類

対比試験片は、次に掲げるいずれかのものを使用する。

- (1) ノッチ付き対比試験片
  - a. 厚さは、試験部の厚さと同等の厚さとする。
  - b. 深さの異なる2個以上のノッチを設ける。
  - c. 形状は、平板、接触部と同じ曲率又は接触部の0.7～1.1倍の曲率半径とする。
  - d. 2340項で規定する対比試験片にノッチを設けてもよい。この場合、本文で規定する基準感度の設定に支障のない位置に設ける。
- (2) RB-SDH  
横穴は、試験部の厚さに相当する位置を含んで、厚さ方向に深さの異なる位置に横穴を設ける。
- (3) 探傷用対比試験片  
2340項で規定する対比試験片に設けられた横穴を用いてもよい。

#### A-6250 超音波探傷装置の校正

##### A-6251 超音波探傷器

- (1) フェーズドアレイ技術を用いる場合の超音波探傷器は、時間軸直線性に関する測定方法を個別に定め測定し、欠陥深さの算出に影響を及ぼさない範囲であることを確認する。(解説 A-6251-1)
- (2) 時間軸直線性の確認は、その探傷器を使用する測定の12カ月以内に確認されていること。

##### A-6252 アレイ探触子

- (1) 入射点及び屈折角の測定  
入射点及び屈折角が可変であるため、個別に定める方法より確認を行うこと。  
(解説 A-6252-1)
- (2) 測定頻度  
上記(1)項の測定は、試験開始時に測定する。

## A-6260 時間軸及び基準感度の調整

### A-6261 一般事項

- (1) 時間軸及び基準感度の調整は、試験開始時及び探傷システム（探傷器、探触子、くさび、接触媒質、ケーブル、部品等）の組合せが変わるごとに行う。
- (2) 時間軸及び基準感度の確認は、試験の終了時及び試験員が交替した時（自動探傷で行う場合は除く）に行う。ただし、自動探傷のような場合で定期的に確認する機能が設けられているものは、試験終了時に試験開始時と同様の手順で確認すればよい。また、探傷途中の確認はシミュレータを用いて行ってもよい。

### A-6262 時間軸の調整

- (1) 時間軸の調整は、JIS Z 2345 に規定する標準試験片かこれと同等の標準試験片、若しくは A-6240 項で規定する対比試験片を用いて行う。
- (2) フェーズドアレイ表示画面上で、表面から試験部底面までが直射法(0.5 スキップ)で観察できる範囲で適宜設定する。この時、A-6240 項に規定する対比試験片に設けた校正用反射体を用いて、時間軸調整に誤りがないことを確認する。なお、セクタ走査については評価に用いる屈折角振り幅のうち最大、最小及び中心の三角度で確認する。
- (3) A-6261(2)項による時間軸の確認の結果、欠陥深さ算出への影響を及ぼす変動があると判断された場合には、その試験を無効とする。この場合は、新たな調整を行い、無効となった試験の範囲を再試験する。
- (4) 適用性の確認が得られた場合は、その要領書で記載する調整方法を用いることができる。

### A-6263 基準感度の調整

- (1) 基準感度の調整は、A-6240 項で規定する対比試験片を用いて行う。ただし、確証を受けた又は確立した調整要領に従う場合はこの限りではない。
- (2) A-6261(2)項による基準感度の確認の結果、振幅の 20%又は 2dB 以上下がっていた場合、あるいは 2dB を超えて上がっていた場合は、再試験の可否を判断する。ただし、明らかな装置(超音波探傷器、探触子及びケーブル)の故障等で再調整した場合は、無効となった試験の範囲を再試験する。  
(解説 A-4263-1)

## A-6270 測 定

### A-6271 欠陥位置のマーキング

2710 項で得られた反射源位置及び指示長さ範囲(DAC20%指示長さ又は 2 次クリーニング波法での指示長さ)をマーキングする。なお、自動探傷の位置情報で欠陥位置が確認できる場合は除く。(解説 A-4271-1)

#### A-6272 予備測定

フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定に先立ち、次に掲げる確認を行うことが望ましい。

- (1) A-2000 項で定めるモード変換波法の実施
- (2) 2710 項の規定に基づき採取した結果の確認又は再測定
  - a. エコー高さ(DAC%)の確認
  - b. エコー高さ分布、欠陥の傾き有無等の確認
  - c. 斜角 45° の一回反射法(1 スキップ)でのエコー有無の確認
  - d. 必要に応じ、他の屈折角による確認

(解説 A-6272-1)

#### A-6273 フェーズドアレイ技術による測定

- (1) 探傷感度  
基準感度+ $\alpha$  dB ( $\alpha$  は、通常 0, +6, +12, ...) とし、ノイズと識別できる範囲で設定する。
- (2) 探触子の走査
  - a. 探触子の走査は欠陥の長さ方向に対して平行又は直角方向、もしくはその両方を行うこと。
  - b. 超音波ビームの電子走査に関してはリニア走査、セクタ走査及び TOFD のいずれか若しくはそれらの組合せで行う。
  - c. 探触子の走査速度は、フェーズドアレイ技術によるデータ採取に支障がない速度とする。(解説 A-6273-1)
  - d. 自動探傷で行う場合は、探触子押付力等を調整し、探触子と試験体との音響結合がデータ評価に影響が無いように確実に行われていることを確認する。
- (3) 測定点数  
欠陥指示長さが長い場合(例えば、30° 以上にわたる場合等)は、複数の測定点を定め、測定を行う。

#### A-6300 クラッドを施した容器の突合せ溶接継手

##### A-6310 適用手法

A-6210 項に準じる。

##### A-6320 使用機材

##### A-6321 超音波探傷器

A-6221 項に準じる。

##### A-6322 探触子

A-6222 項に準じる。



#### A-6330 接触媒質

A-6230 項に準じる。

#### A-6340 対比試験片

A-6240 項に準じる。ただし、内面側から測定する場合は、A-6240 項に示すノッチ付き対比試験片とし、試験部と超音波特性が同等なクラッドを設ける。

また、その厚さは、内面側から母材側 50mm の範囲まで観察することを考慮した厚さとしてもよい。

#### A-6350 超音波探傷装置の校正

##### A-6351 超音波探傷器

A-6251 項に準じる。

##### A-6352 探触子

A-6252 項に準じる。

#### A-6360 時間軸及び基準感度の調整

##### A-6361 一般事項

A-6261 項に準じる。

##### A-6362 時間軸の調整

A-6262 項に準じる。ただし、内面側から測定する場合は、容器内面側から母材側 50mm の範囲を直射法 (0.5 スキップ) で確認するのに必要な時間軸範囲に調整する。

##### A-6363 基準感度の調整

A-6263 項に準じる。

#### A-6370 測定

##### A-6371 欠陥位置のマーキング

A-6271 項に準じる。

##### A-6372 予備測定

A-6272 項に準じる。

##### A-6373 フェーズドアレイ技術による測定

A-6273 項に準じる。

## A-6400 記録及び解析 (解説 A-6400-1)

### A-6410 記録, 採取手順

フェーズドアレイ技術を用いた場合は, 測定した複数のデータのうち最深部について, 以下のデータを採取し, 記録する。

- (1) データ採取位置 (X, Y)
- (2) リニア走査画像 (リニア走査を行った場合, あるいはセクタ走査を行い, 特定の屈折角のデータをリニア走査画像で評価した場合)
- (3) セクタ走査画像 (セクタ走査を行った場合)
- (4) TOFD 画像 (フェーズドアレイ TOFD 法を行った場合)
- (5) 上記 (2) 項及び (3) 項の元となる A スコープ波形 (A スコープに基づき欠陥深さを算出した場合)

### A-6420 採取データの保存

A-6273 項及び A-6373 項に従い採取したデータは, 測定結果の再評価及び第三者による確認が行えるように保存する。

### A-6430 解 析

A-6273 項及び A-6373 項に従い採取したデータに基づき解析を行う。なお, 欠陥深さの算出はリニア走査, セクタ走査, TOFD 画像と A スコープ波形から以下のいずれかの方法に従い行う。

- (1) リニア走査, セクタ走査, TOFD の側面図 (板厚方向の断面で超音波ビームに対して平行な画像) あるいは端面図 (板厚方向の断面で超音波ビームに対して直交する画像) から指示の種別を分析し, 開口部エコー及び端部エコーの差若しくは走査面からの端部エコーの深さを読み取り欠陥深さを算出する。
- (2) A スコープ波形から, 開口部エコー及び端部エコーの路程を読み取り位置情報とあわせて A-4730 項で規定する方法で計算若しくは作図により欠陥深さを算出する。

### A-6440 試験記録

次の事項を記録し, その記録と試験部とが照合できるようにしておく。

- (1) 試験条件
  - a. 発電所名称
  - b. 試験箇所名称 (溶接継手番号及び欠陥番号)
  - c. 試験年月日と試験評価員及び試験員 (資格)
  - d. 適用手法
  - e. 校正記録
    - (a) 使用機材  
超音波探傷器, 探触子, 対比試験片, 接触媒質
    - (b) 探触子の屈折角 (リニア走査, TOFD)

- (c) 探触子の屈折角の範囲（セクタ走査）
  - (d) 感度及び時間軸調整時の探傷器の目盛
  - (e) 校正日時
  - f. 測定方向
  - g. 探触子の走査面（容器の場合）
  - h. 探傷感度
  - i. 試験要領書番号
  - j. 自動（又は半自動）探傷で行う場合は、a.～i. 項に以下を加えて記録する。
    - (a) データ採取ピッチ
    - (b) 探触子走査間隔
    - (c) 測定範囲
- (2) 試験結果
- a. リニア走査画像（リニア走査を行った場合、あるいはセクタ走査を行い、特定の屈折角のデータをリニア走査画像で評価した場合）
  - b. セクタ走査画像（セクタ走査を行った場合）
  - c. TOFD 画像（フェーズドアレイ TOFD 法を行った場合）
  - d. A スコープ波形（A スコープに基づき欠陥深さを算出した場合）
  - e. 欠陥深さ算出値
  - f. 欠陥プロファイル：欠陥最深部特定にあたっての経緯（必要に応じて）
- (3) 測定データ（A-6420 項に基づき保存する採取データ）

[附属書 B 超音波自動探傷装置への要求性能]

公衆審査

## B-1000 総 則

### B-1000 総 則

#### B-1100 目 的

本附属書は、超音波自動探傷装置に対する要求性能及びその確認方法を示す。ただし、これ以外の方法であって、本附属書で規定する要求事項と同等以上の性能要求を有すると認められた方法により、確認を行ってもよい。

なお、本附属書で定める項目以外は、第1章及び第2章の規定によるものとする。

#### B-1200 適用範囲

軽水型原子力発電所用機器のうち、クラス1機器及びクラス2機器のISI（PSIを含む）に使用する超音波自動探傷装置に適用する。

ただし、本附属書の発行以前に製作され従来から使用してきている超音波自動探傷装置にあつては、本附属書の適用対象外とする。

なお、従来から使用している装置であっても本附属書が適用できると判断される部分は、これを準用してもよい。

#### B-1300 用語の定義

(1) 超音波自動探傷装置

超音波自動探傷器、探触子、走査装置、制御装置及びデータ処理装置から構成される探傷装置をいう。

(2) 超音波自動探傷器

走査される探触子の各々の位置において、Aスコープ及び位置信号（情報）の記録が可能な探傷器をいう。

(3) データ処理装置

探傷画像を表示又は出力する装置であつて、データ解析装置ともいう。

(4) 走査装置

1個又は複数個、送受1組又は複数組の探触子を自動で走査できる装置であつて、作動装置、デバイス、スキャナー又は案内装置ともいう。

(5) 制御装置

走査装置の動作を制御する装置をいう。

(6) 探傷画像

収録したエコー高さの表示を任意に設定でき、反射源位置及びエコー高さ又は領域を座標上に表示させた画像をいう。（解説 B-1300-1）

(7) データ収録点

走査装置上のデータを収録する位置をいう。（図-B-1300-1）

(8) データ収録ピッチ

走査装置上の連続して走査を行う方向のデータ収録間隔をいう。（図

-B-1300-1)

(9) 走査ピッチ

走査装置上の探触子の走査の間隔をいう。探触子走査間隔ともいう。(図-B-1300-1)

(10) スキャン方向走査長

走査装置上の連続して走査を行う方向の長さ(範囲)をいう。スキャン方向走査範囲ともいう。(図-B-1300-1)

(11) ステップ方向走査長

走査装置上の探触子の走査間隔方向の長さ(範囲)をいう。ステップ方向走査範囲ともいう。(図-B-1300-1)

(12) 基本探傷

第2章から第4章の規定に基づく探傷をいう。

(13) 手動探傷

試験員が直接探触子を走査させる探傷方法をいう。

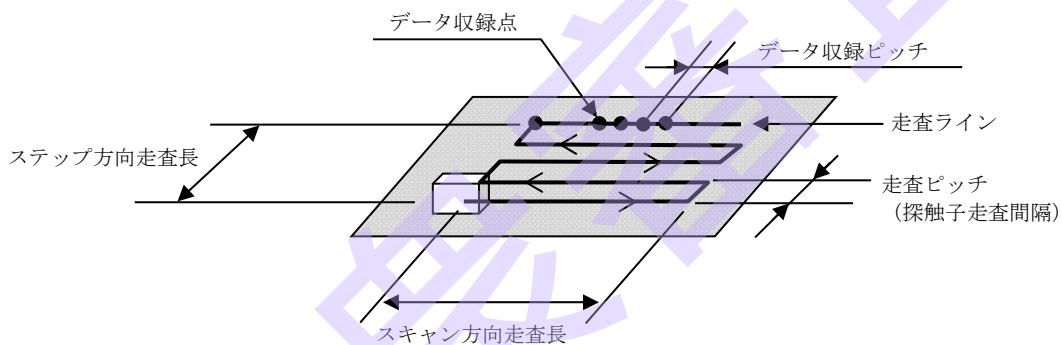


図-B-1300-1 自動探傷走査例

### B-1400 超音波自動探傷装置(走査装置)の区分

走査装置を以下に区分する。(解説 B-1400-1)

- (1) 一般走査装置：手動探傷に代わって探傷を行う走査装置
- (2) 特殊走査装置：一般的には手動探傷が困難な部位，又は複雑形状部位に対し，適用される走査装置

ここで，特殊走査装置については，要求される機能及び運用方法を考慮した装置の設計及び製作上の基本仕様を基に，予め位置決め精度及び欠陥検出再現精度の判定基準を個別に定める必要がある。

### B-1500 性能確認項目

超音波自動探傷装置の機能及び精度に対する性能確認項目は以下とする。

- (1) 外観目視：装置全体の外観及び接続部などの目視による確認
- (2) 基本動作：作動する各軸の動作状態の確認

- (3) 位置決め単体作動精度 : 探触子の走査に係る個別機器について要求される位置決め精度
- (4) 位置決め精度 : 探触子の走査を制御する各軸(走行部)又は探触子を任意の位置に作動させるための指定値と実際の作動量(位置)との差
- (5) 探触子保持機能 : 探傷面に対して、音響結合を適切に保つ機能
- (6) 欠陥検出再現精度 : 実物大模擬試験片(モックアップ)などにより、複数回繰り返して探傷を行い、検出されたエコー高さの最大値と最小値の差及びエコー高さが最大となる検出位置の最大ずれ量
- (7) データ収録機能 : データ評価に影響を及ぼすデータ異常、データ欠損がなく探触子の走査速度に追従し、データが収録できる機能

## B-2000 性能確認方法及び判定基準

### B-2000 性能確認方法及び判定基準

本項は、超音波自動探傷装置における性能確認項目について、その確認方法及び判定基準を示す。

#### B-2100 外観目視

##### B-2110 確認方法

駆動部、コネクタ、ケーブル接続部及びケーブル被覆など装置全体の外観について目視により、異常の有無を確認する。

なお、外観目視以外であって、異常の有無が確認できる方法が他にあれば、それを用いてもよい。

##### B-2120 判定基準

- (1) 駆動部の変形、干渉及び損傷がないこと。
- (2) ボルトなどの締結部に緩みがないこと。
- (3) ケーブル、コネクタなどが正しく接続、組込及び設置されていること。
- (4) ケーブル被覆に著しい損傷、剥離がないこと。
- (5) チューブ、カプラなどの接続部においてエア、水など機能に影響する著しい漏れがないこと。
- (6) その他、機能に影響する異常がないこと。

#### B-2200 基本動作

##### B-2210 確認方法

電気、エア、水などを用いて探触子の走査、位置決め及び装置固定などを行う各軸並びに駆動部を作動(シリンダの押出、収納、回転機構の運転、停止など)させ、それらの動作状態を確認する。

##### B-2220 判定基準

探触子の走査、位置決め、装置固定などに使用する各軸及び駆動部が、干渉、異音などの異常がなくスムーズに作動すること。

#### B-2300 位置決め単体作動精度

##### B-2310 確認方法

探触子の走査、位置決めを行う作動機能のうち、作動する軸(シリンダなどの単純軸を含む)及び検出器など、複数の機器で組み合わされた作動機能に対し、個別の機器毎にその作動精度を確認する。



ただし、B-2400 項により位置決め精度の確認を行う場合にあっては、本確認項目を省略してもよい。（解説 B-2310-1）

#### B-2320 判定基準

予め定めた装置仕様（設計及び製作仕様上の精度）の範囲以内であること。  
（解説 B-2320-1）

#### B-2400 位置決め精度

##### B-2410 確認方法

探触子の走査を制御する各軸（作動距離、角度などを制御する軸）については、以下により、その精度を確認する。

- (1) 図-B-2410-1 に示す直線的に距離（Y 方向）を制御する軸については、以下を確認する。
  - a. 確認範囲  
装置仕様上の最大作動量及び最大作動量の 50%の範囲とする。
  - b. 確認回数  
3 回以上とし、正（前進）方向又は逆（後進）方向のいずれかとする。
  - c. 確認手順  
作動開始位置で位置表示をリセットあるいは表示値を記録し、その後所定の走査範囲を作動するように制御装置で操作する。作動開始位置と作動終了後の位置との距離（実作動量）を測定し、作動指定値と実作動量との差を確認する。
- (2) 図-B-2410-1 に示す作動角度又は距離（X 方向）を制御する軸については、以下を確認する。
  - a. 確認範囲  
装置仕様上の最大作動量又は利用可能なモックアップでの最大の作動可能量及びその 50%の範囲とする。
  - b. 確認回数  
3 回以上とし、正転方向又は逆転方向のいずれかとする。
  - c. 確認手順  
作動開始位置で位置表示をリセットあるいは表示値を記録し、その後所定の走査範囲を作動するように制御装置で操作する。作動開始位置と作動終了後の位置との距離（実作動量）を測定し、作動指定値と実作動量との差を確認する。
- (3) 図-B-2410-2 に示す多軸構成の走査装置などについては、以下を確認する。

ただし、多軸構成の走査装置などであっても、(1) 項又は(2) 項の方法で確認を行ってもよい。

  - a. 確認範囲  
予め定めた目標位置（X, Y, Z 座標）に対して移動を行う。

- b. 確認回数  
3回以上とする。

c. 確認手順

目標位置に作動するよう制御装置で操作し、目標位置と実際の位置決め位置の差 ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ) を確認する。

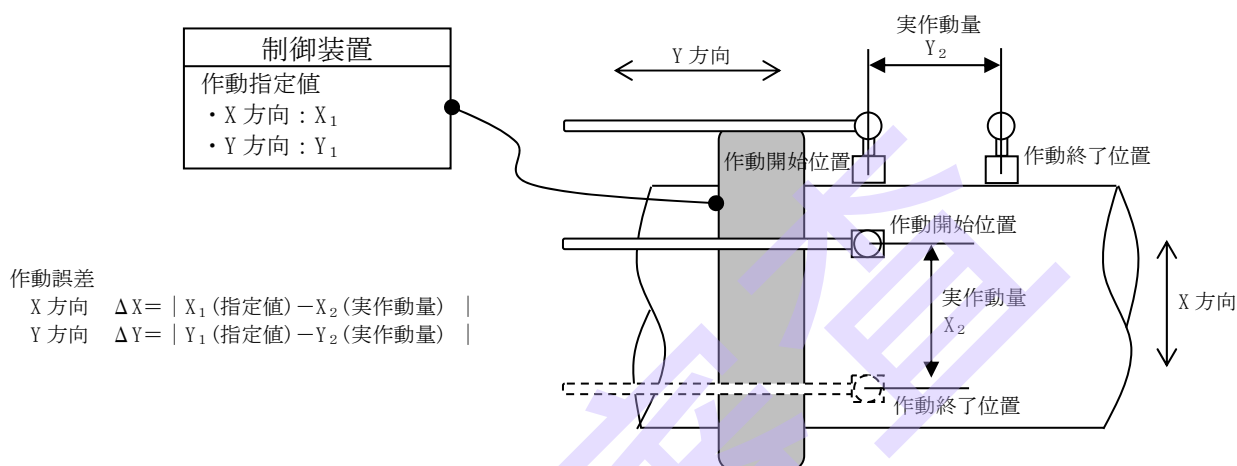


図-B-2410-1 2軸構成走査装置(配管用)の位置決め精度

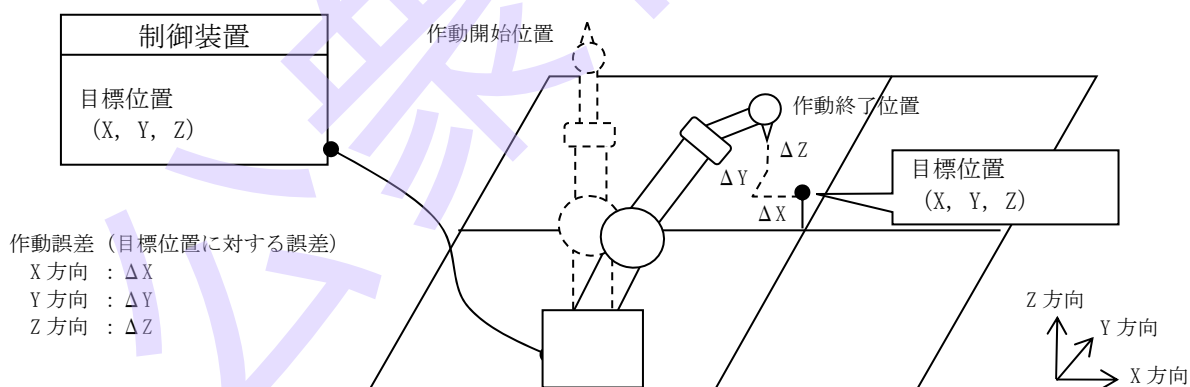


図-B-2410-2 多軸構成走査装置の位置決め精度

B-2420 判定基準

B-2410 項に従って確認した結果、探触子の走査を制御する各軸 (走行部) 又は探触子位置の指定値と実作動量 (位置) との差が以下を満足すること。

(1) 一般走査装置

基準位置からの移動量 (目標値) が、1000mm までは  $\pm 2.5\text{mm}$ 、1000mm を超える場合には、目標値の 0.25% 以内であること。また、角度については、距離に換算して目標値が上記範囲内であること。

- (2) 特殊走査装置  
予め定めた装置仕様（設計及び製作仕様上の精度）の範囲内であること。

## B-2500 探触子保持機能

### B-2510 確認方法

- (1) 試験部に対し、探触子の押付け及びその保持ができる構造となっていることを確認する。（解説 B-2510-1）
- (2) 予め確認された探触子の押し付け力が保持されていることを確認する、又はモックアップ、標準試験片、対比試験片などを用いて探触子の接触時における波形などにより確認する。
- (3) 水ギャップ方式などの場合には、水距離を一定に保つ機能を有していることを確認する。

### B-2520 判定基準

- (1) 探触子の押付け、保持を行う機能を有していること。
- (2) 探触子の押し付け力が装置仕様（設計及び製作仕様上の精度）の範囲内であること。又は、試験片を用いて探触子が接触時、波形が安定していること。
- (3) 水浸法や局部水浸法などの場合には水距離を一定に保つ機能を有していること。

## B-2600 欠陥検出再現精度

### B-2610 確認方法

モックアップに付与した人工欠陥の検出再現性について確認する。

### B-2611 モックアップの仕様

- (1) 付与欠陥：既知の大きさの欠陥とし、原則として以下のいずれかとする。
  - a. 平底穴
  - b. 横穴
  - c. ノッチ（楕円形又は矩形）
- (2) モックアップの仕様

想定される実機の形状を可能な限り模擬したものとする。ただし、実機で想定される状況と同等と判断できる場合は、モックアップ寸法の短縮、又は代表形状の選定、あるいは従来から適用しているモックアップを使用してもよい。（解説 B-2611-1）

### B-2612 試験手順

- (1) 感度校正  
実機で想定される試験と同様の感度校正を行う。

- (2) 走査装置への探触子取り付け  
超音波ビーム方向を確認し探触子を取り付ける。
- (3) 走査装置の取り付け  
モックアップに走査装置を取り付ける。
- (4) 走査条件の確認  
モックアップの欠陥を十分に試験できる走査範囲を設定する。
- (5) 基準位置への走査装置設定  
モックアップに設けている基準位置(原点)に走査装置を設定する。
- (6) 試験  
所定の範囲で走査装置を作動させ、モックアップ探傷データを収録する。
- (7) 走査装置の取り外し  
モックアップから走査装置を取り外す。
- (8) 上記(2)～(7)項の手順を3回以上繰り返す。
- (9) 再現精度の確認  
収録したデータを処理し、エコー高さ、エコーピーク検出位置の再現精度を確認する。(解説 B-2612-1)

#### B-2620 判定基準

- (1) エコー高さ  
最大値と最小値の差が、4dB 以下であること。
- (2) エコーピーク検出位置  
ステップ方向の軸上におけるエコー高さが最大となる検出位置の最大ずれ量が、B-2420 項に示す位置決め精度に探触子走査間隔幅の値を加算した寸法以下であること。  
スキャン方向の軸上におけるエコー高さが最大となる検出位置の最大ずれ量が、B-2420 項に示す位置決め精度にデータ収録ピッチの値を加算した寸法以下であること。(解説 B-2620-1)

#### B-2700 データ収録機能

##### B-2710 確認方法

B-2600 項で得られたモックアップ探傷データが欠損なく収録可能であることを確認する。

##### B-2720 判定基準

データ評価に影響を及ぼすデータ異常、データ欠損がなく探触子の走査速度に追従し、データが収録できること。(解説 B-2720-1)

## B-3000 性能確認を行う時期及び程度

### B-3000 性能確認を行う時期及び程度

本項は、超音波自動探傷装置の性能確認を行う時期及びその確認程度を示す。

#### B-3100 製作時試験

製作時試験は、装置の新規製作時及び位置決め精度に係る部分（ソフトウェアを含む）に改造を加えた場合に行う。（解説 B-3100-1， 解説 B-3100-2）

#### B-3200 使用前点検

使用前点検は、装置の故障や劣化による性能低下の有無を確認するものであり、確認は、装置を使用する探傷の 12 カ月以内に確認されていること。（解説 B-3200-1）

#### B-3300 日常点検

日常点検は、実機での探傷試験期間中における装置の故障や劣化の有無を確認するもので、一般に試験前後に行う。

#### B-3400 性能確認を行う時期

性能確認項目及びその時期を表-B-3400-1 に示す。性能確認を行う時期は、原則として表-B-3400-1 によるものとするが、確認を行う時期や試験を行うための設備や環境により、合理的な確認手法が他にあれば、本規定によらず、それを用いてもよい。（解説 B-3400-1， 解説 B-3400-2）

表-B-3400-1 性能確認を行う時期

性能確認項目	製作時試験	使用前点検	日常点検
外観目視	○	○	○
基本動作	○	○	○
位置決め単体作動精度	○	○	—
位置決め精度	○	○*1	—
探触子保持機能	○	○	—
欠陥検出再現精度	○	—	—
データ収録機能	○	—	—

\*1：確認範囲は走査に使用する範囲に限定してもよい。

また、確認が困難な場合には、位置決め単体作動精度の確認で代替できる。

[附属書C フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法]

品質検査

## C-1000 総 則

### C-1000 総 則

#### C-1100 目 的

本附属書は、従来手法に代えて、フェーズドアレイ技術を用いた超音波探傷試験を適用する場合の欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定方法について示す。

他の技術に対して、欠陥検出能力を確認する手順として本附属書が適用可能であると判断される場合には、これを準用してもよい。

#### C-1200 用語の定義並びに関連規格

##### C-1210 用語の定義

本附属書で用いる用語は、1310項に加え、以下による。

- (1) 従来手法：第1章、第2章、第3章及び第4章で示す一般的なパルス反射法による超音波探傷試験を指し、一般的には、一振動子型又は二振動子型の探触子を用いた探傷方法

##### C-1220 関連規格

本附属書での関連規格は、1320項に加え、以下による。

- (1) JIS Z 2351：超音波探傷器の電気的性能測定方法(2011年版)

#### C-1300 適用方法

試験対象箇所に対して、フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法と従来手法を組み合わせ適用してもよい。(解説 C-1300-1)

この場合、軸方向欠陥、周方向欠陥の各々について欠陥検出性が確保されるように探傷を行うこと。

また、欠陥長さ測定についてもフェーズドアレイ技術を用いた方法、従来手法のいずれを用いてもよい。

#### C-1400 適用区分

フェーズドアレイ技術を用いた探傷法を適用する場合の適用方法を、以下の3つに区分する。(解説 C-1400-1)

- (1) 従来手法と同等の手順・判定及び考え方を用いて行う方法  
C-2000項で定める手順に従う。
- (2) 従来手法とは若干異なるが、校正用試験片等により同等以上の欠陥検出能力があることを、校正によって確認した上で行う方法  
C-3000項で定める手順に従う。
- (3) 従来手法による超音波探傷試験方法に代えて、同等以上の試験結果が得られる手法であると予め確認した上で適用する方法

C-4000 項で定める手順に従い，予め確認した上で適用する。

**C-1500 試験評価員及び試験員**

- (1) 試験評価員は，2200 項を満足することに加えて，使用するフェーズドアレイ技術について知識を有する者とする。
- (2) 試験員は，2200 項を満足することに加えて，使用するフェーズドアレイ技術及び使用する装置についての知識を有する者とする。

ハルビク



## C-2000 従来手法に準じた方法

### C-2000 従来手法に準じた方法

#### C-2100 一般事項

本項は、従来手法と同等の手順・判定及び考え方により、フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定方法を適用する場合の要領について示す。なお、C-2000 項で記載のない規定については、第 1 章、第 2 章、第 3 章及び第 4 章を適用する。

#### C-2200 探傷装置

##### C-2210 フェーズドアレイ超音波探傷器

パルス反射式の超音波探傷器でフェーズドアレイ機能を有するものとする。

##### C-2220 フェーズドアレイ超音波探傷器の性能試験

フェーズドアレイ探傷器の性能試験については、実際の使用を考慮した上で、2410 項を準用する。(解説 C-2220-1)

##### C-2230 フェーズドアレイ探触子

###### (1) セクタ走査を用いる場合

評価に使用する屈折角については 2420 項を適用する。セクタ走査で 3 つ以上の屈折角を評価に用いる場合には、評価に用いる最大、最小、中間の 3 つ以上の屈折角について、屈折角、入射点等の確認を行う。

###### (2) リニア走査を用いる場合

評価に用いるリニア走査範囲について、2420 項を適用する。リニア走査を行う、その両端及び中間の 3 つ以上で、屈折角、入射点等の確認を行う。

#### C-2300 探傷方法一般

適用する探触子の屈折角、周波数、対比試験片及び感度校正方法については、第 2 章、第 3 章及び第 4 章の規定を適用する。

##### C-2310 感度校正方法

第 2 章、第 3 章及び第 4 章で示す基準感度の設定方法に従い、DAC 曲線等を設定する。この場合において、対比試験片等については第 2 章、第 3 章及び第 4 章の規定に合致したものであること。

##### C-2320 走査方法

(1) 探触子の走査の重なりは、機械的な走査を行う場合には振動子寸法の 50%以上にする。電子的な走査（リニア走査等）の場合にあっても各々のビーム間で励振

した振動子の大きさの 50%以上が重複するように行う。

ただし、これらの場合でも探触子のビームの広がり considering、-6dB のビームの重なりが保たれている場合には、この限りではない。(解説 C-2320-1)

- (2) 探触子の機械的な走査速度については、2610(2)項に従うものとするが、電子的な走査であって、全ての A スコープを記録する場合は、この限りではない。(解説 C-2320-2)

#### C-2400 走査範囲

- (1) 維持規格で規定する試験体積に超音波が透過するように走査を行う。例えば、胴と管台、胴とフランジ、管台とセーフエンド、管とエルボ又は弁、管と管台等の溶接継手で構造上探傷できない場合は、実質的に有効な探傷ができる最大範囲を走査し、試験する。
- (2) リニア走査等によって、探触子の走査に代えて、電子的に入射点を変更し、探傷を行う場合にあっても、上記(1)項と同様に試験体積に超音波が透過するように行う。
- (3) セクタ走査等によって、探触子の走査に代えて、電子的に屈折角等を変更し、探傷を行う場合にあっても、評価に用いる屈折角において、上記(1)項に示す範囲に超音波が透過するように行う。

#### C-2500 評価及び記録

2710 項に従い、検出されたエコーの分類及び評価を行う。また検出されたエコーについて記録する。欠陥が検出された場合の欠陥長さについても、第 2 章、第 3 章及び第 4 章 (4270 項を除く)の規定を適用する。(解説 C-2500-1)

## C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

### C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

#### C-3100 一般事項

本項は、従来手法とは若干異なるが、校正用試験片等により同等以上の欠陥検出能力があることを、校正によって確認した上でフェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定方法を適用する場合の要領を示す。

なお、C-3000 項で記載のない規定については、第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章及び C-2000 項を適用する。

#### C-3200 探傷装置

C-2200 項の規定を適用する。

#### C-3300 探傷方法一般

適用する探触子の周波数及び対比試験片については、第 2 章、第 3 章及び第 4 章の規定を適用する。

#### C-3310 基準感度の設定

第 2 章、第 3 章及び第 4 章で規定する対比試験片等を用いて、探傷器の感度設定を行う。感度設定は任意に行ってもよいが、再現（再確認）可能な要領であること。

#### C-3320 探傷有効範囲の確認

適用する探傷方法（設定条件）及びエコー高さしきい値は、その有効範囲を以下の手順において探傷前に確認する。（解説 C-3320-1）

#### C-3321 対比試験片

探傷有効範囲の確認に使用する試験片は、第 2 章、第 3 章および第 4 章で示す対比試験片とする。このときに、縦波斜角法に使用するノッチを付与した対比試験片を用いる。

なお、フェーズドアレイ技術を用いた探傷法を行うにあたって、技術的に妥当であることが明らかな場合は、対比試験片の寸法等についての要求事項を逸脱してもよい。

#### C-3322 探傷有効範囲の確認方法

適用する探傷方法（設定条件）およびエコー高さしきい値において、付与された人工欠陥（校正用反射体）が検出される範囲を確認する。

このとき、探触子位置と校正用反射体の位置関係を記録しておくこと。表示画面で探触子位置との関係が自動演算されるような装置の場合には、その妥当性を

確認しておくこと。

セクタ走査を用いる場合には、付与された人工欠陥が検出可能な範囲が探傷有効範囲となる。実際の探傷におけるエコー高さしきい値は校正用反射体からのエコー高さの20%となるため、ノイズレベル等を考慮した上で検出可能であることを確認する。

#### C-3323 走査方法

- (1) 機械的な走査を行う場合には、探触子の走査の重なりを振動子寸法の50%以上にする。

電子的な走査（リニア走査等）の場合にあつては、各々のビーム間で励振した振動子の大きさの50%以上が重複するように行い、セクタ走査等で行う場合には、評価に用いるビーム路程の範囲内で、ビームが50%以上重複するよう行う。

ただし、探触子のビームの広がり considering、 $-6\text{dB}$  のビームの重なりが保たれている場合には、この限りではない。（解説 C-2320-1, 解説 C-3323-1）

- (2) 探触子の機械的な走査速度については、2610(2)項に従うものとするが、電子的な走査であつて、全てのAスコープを記録する場合は、この限りではない。（解説 C-2320-2）

#### C-3400 走査範囲

維持規格で規定する試験体積に超音波が透過するように行う。セクタ走査等によって、探触子の走査に代えて、電子的に屈折角等を操作し、探傷を行う場合にあつては、探傷に先立ってその探傷有効範囲を確認した上で走査範囲及び走査方法を設定することができる。（解説 C-3400-1）

#### C-3500 評価及び記録

2710項に準じて、検出されたエコーの分類及び評価を行う。また検出されたエコーについて記録する。

欠陥が検出された場合の欠陥長さについては、以下による。（解説 C-3500-1）

- (1) 最大エコー高さがノッチのエコー高さの80%以上の場合  
基準ノッチからのエコーの20%の欠陥長さとする。
- (2) 最大エコー高さがノッチのエコー高さの80%未満の場合  
最大エコー高さの $-12\text{dB}$ の指示範囲とする。

## C-4000 検出能力を実証する方法

### C-4000 検出能力を実証する方法

#### C-4100 一般事項

##### C-4110 基本事項

本項は、C-2000 項、C-3000 項以外の探傷要領を設定し、その要領に従って探傷を行おうとする場合に、その探傷要領が妥当であることを実証することで探傷要領の妥当性を証明する場合に適用する。

なお、C-4000 項で記載がなく、かつ個々の要領書にも記載のない項目については、第 1 章、第 2 章、第 3 及び第 4 章を適用する。

##### C-4120 適用手法

本項は、フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定方法に対して、その妥当性を確認する手順について適用する。なお、その方法は、要領書に定めるものであり、適用できる範囲、使用する装置、試験評価員及び試験員の資格及び試験方法と結果の評価方法について明確に規定されているものとする。

また、本規定をフェーズドアレイ技術以外の欠陥検出及び欠陥長さ寸法測定方法について適用する場合には、その妥当性を確認した上で準用する。

##### C-4130 妥当性確認方法の原則

妥当性の確認方法は、以下のいずれかによる。(解説 C-4130-1)

- (1) 本項に従い、実際に検出能力があることを実証する方法
- (2) 従来手法以外の探傷方法であるが、論理的、あるいは数値解析、文献等により従来手法と同等以上の検出能力があることを証明する方法
- (3) 上記(1)項及び(2)項の組み合わせによる方法

#### C-4200 要領書

##### C-4210 要領書の記載事項

要領書には以下の事項を記載する。これらの記載内容は、試験員の判断によって選択可能となる部分は出来る限りないものとし、試験部位によって一意的に定められる。

下記に示す適用範囲等、幅を持って指定する部分については、その範囲(幅)を明確に記載する。

- (1) 適用範囲
- (2) 試験部の区分(試験部、材質、試験部の厚さ、曲率、その他(特殊形状など))
- (3) 試験評価員及び試験員
- (4) 超音波探傷装置
  - a. 超音波探傷器(メーカー、型式等)

- b. 超音波探触子(メーカー, 型式等)
  - c. 探傷ケーブル
  - d. 接触媒質
  - e. その他 (ソフトウェア等を用いる場合など)
- (5) 感度校正方法
  - (6) 探傷手順
  - (7) 判定方法 (具体的な例または明確なフロー等)
  - (8) 欠陥長さ測定方法 (欠陥長さ測定にも用いる場合)

## C-4300 確認事項

### C-4310 試験部の区分

試験部の区分は以下による。

- (1) 試験部
  - ・溶接部 (熱影響部を含む)
  - ・母材部
  - ・異種金属溶接部
  - ・オーステナイト系ステンレス鋼
- (2) 材質

材質区分については、溶接規格の母材の区分による。この場合であって、P-1, P-3, P-4, P-5 は同等とみなしてよい。
- (3) 試験部の厚さ

試験部の厚さは 表-2343-1 に掲げる区分によるものとする。25mm 以下の最小厚さについては、要領書で予め定められた厚さとする。
- (4) 曲率

曲率は、実証した試験片の曲率半径の 0.7~1.1 倍の範囲で有効とする。
- (5) その他

試験部の内面クラッドの有無等の音響伝搬性に影響のあるもの

### C-4320 確認方法

#### C-4321 試験片

使用する試験片は、実証しようとする要領書のうち、対象とする試験部範囲の最大及び最小のものについて用意する。

また、溶接部 (熱影響部を含む)、異種金属溶接部を対象とする場合には、実機相当の溶接部を設けた試験片とする。

#### C-4322 人工欠陥

試験片に付与する人工欠陥は、以下の条件を満たすものとする。

- (1) 欠陥種類  
疲労亀裂, SCC 又はこれらと同等の反射効率を持つ反射源とする。(SCC は, その損傷が想定される場合に限る。(解説 C-4322-1))
- (2) 大きさ  
維持規格で定める評価不要欠陥寸法以下の深さ及び長さとする。欠陥長さ測定の実証に用いる場合には, 上記に加えて, 長さの異なる複数の試験体を用意する。このときの追加する欠陥は評価不要欠陥寸法を超える深さ及び長さであること。またこのときの欠陥種類はノッチであってもよい。(解説 C-4322-2)
- (3) 方向  
溶接線に平行方向及び直角方向とする。ただし, 要領書で, 想定する欠陥方向を限定している場合には, その付与方向のみでよい。
- (4) 数量  
各試験体, 付与方向, 欠陥種類毎に各 1 個以上を用意する。共用可能な場合には, 共用してもよい。

#### C-4400 確認手順

##### C-4410 事前準備

確認試験の実施に先立ち, 以下の事項について確認する。

- (1) 要領書の記載内容  
C-4210 項に示す内容が記載されており, かつ具体的であることを確認する。
- (2) 試験片  
C-4320 項に示す内容にしたがって準備されていることを, 試験片の外観及び製造記録等から確認する。
- (3) 使用機材等  
確認に使用する機材が, 要領書に記載されているものと合致していることを確認する。また, 型式等で機器が特定できないような場合やその代替機を用いる場合には, C-4600 項の許容範囲内にあることを, 記録等から確認する。

##### C-4420 確認試験

準備された試験片において, 人工欠陥が付与された範囲及び人工欠陥が付与されていない範囲を, 明確にした上で, 要領書に従って探傷を行う。

このとき, 要領書に探傷条件等, 範囲(幅)を持って指定している項目については, その探傷条件の範囲で各々確認を行う。(解説 C-4420-1)

また, 探触子の走査を手動で行う要領の場合には, 同一手順で 3 回のデータ採取を行う。

#### C-4500 適用可否の判断

##### C-4510 欠陥検出の判定基準

付与された人工欠陥が, 要領書で記載した条件で検出できること。



また探傷要領のうち、範囲をもって規定している項目については、その範囲の上限及び下限で同様に検出可能であること。手動で行う場合には、3回の試験で同様に検出可能であること。(解説 C-4510-1)

#### C-4520 欠陥長さ測定の判定基準

付与された人工欠陥の長さ(開口部長さ)が、要領書で指定した条件により測定可能であり、その長さ測定精度が UTS 等の成果と同等以上であること。

また、UTS 等の成果と比べて保守的な評価となる場合にもこれを用いてもよい。  
(解説 C-4520-1)

#### C-4600 超音波探傷装置の同等性

##### C-4610 超音波探傷器の同等性

以下のいずれかに合致する場合には、それらの超音波探傷器は同等とする。

- (1) メーカー、型式が同一であること
- (2) 以下の電氣的性能が各々の許容範囲内であること
  - a. 送信パルスの振幅  
送信パルスの振幅は、JIS Z 2351 に従って測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。
  - b. 送信パルスの立ち上がり時間  
送信パルスの立ち上がり時間は、JIS Z 2351 に従って測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。
  - c. 送信パルスの幅  
送信パルスの幅は、JIS Z 2351 に従って測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。
  - d. 高周波増幅回路  
高周波増幅回路の中心周波数は、JIS Z 2351 に従って測定し、 $\pm 10\%$ 以内であること。  
帯域幅は、JIS Z 2351 に準じて測定し、最大感度から 6dB 低下する周波数の上下限值が $\pm 0.2\text{MHz}$  以内であること。

##### C-4620 超音波探触子の同等性

以下のいずれかに合致する場合には、それらの超音波探触子は同等とする。

- (1) メーカー、型式、振動子の大きさ及び公称周波数が同一であること
- (2) 以下の性能が各々の許容範囲内であること
  - a. 伝搬モード  
伝搬モードは、同じであること。
  - b. 周波数応答性  
周波数応答性を JIS Z 2350 に従って測定し、中心周波数が、 $\pm 10\%$ 以内であること。
  - c. 時間領域応答性



時間領域応答性を JIS Z 2350 に従って測定し、サイクル数が、 $\pm 0.5$  であること。

d. 屈折角

屈折角の実測値が $\pm 3^\circ$ 以内であること。

品質検査

[附属書D 炉心シュラウドに対する目視試験の代替試験として  
適用する超音波探傷試験の要領]

目録

## D-1000 総 則

### D-1000 総 則

#### D-1100 目 的

本附属書は、目視試験（MVT-1）の代替試験として超音波探傷試験により炉心シュラウドの表面欠陥の検出及び長さ寸法測定を行う際の要領を示す。（解説 D-1100-1）

#### D-1200 適用範囲

炉心シュラウドの溶接継手に適用する。（解説 D-1200-1）

#### D-1300 一般事項

本附属書で定める項目以外は、第 1 章、第 2 章の規定によるものとする。

##### D-1310 探傷方法一般（解説 D-1310-1）

シュラウドの溶接継手の試験は、垂直法又は斜角法により行う。斜角法の公称屈折角は、原則  $45^\circ$  とする。対象部の幾何学的形状等を考慮して、適切な探傷方法及び屈折角を選択する。（解説-3211-1）

検出した指示が、欠陥であるかどうか疑わしい場合は、他の屈折角や振動モード、あるいは周波数、周波数帯域、焦点の有無、フェーズドアレイ技術、板厚方向に深さのある反射源か否かを確認するための深さ測定等を追加して行うことができる。（解説-4221-3）

なお、他の屈折角等による追加の確認探傷は、欠陥かどうか疑わしいか否かにかかわらず行ってもよい。

## D-2000 使用機材

### D-2000 使用機材

本項は、超音波探傷試験に使用する機材について示す。

#### D-2100 超音波探傷器

パルス反射式の超音波探傷器を用いる。

#### D-2200 探触子

周波数は、0.4～15MHz、超音波のモードは横波又は縦波とし、D-3100 項で規定する基準感度が設定できるものを選択する。（解説 D-2200-1、解説 D-2200-2）

#### D-2300 対比試験片

対比試験片は以下に定める項目以外は 2340 項による。

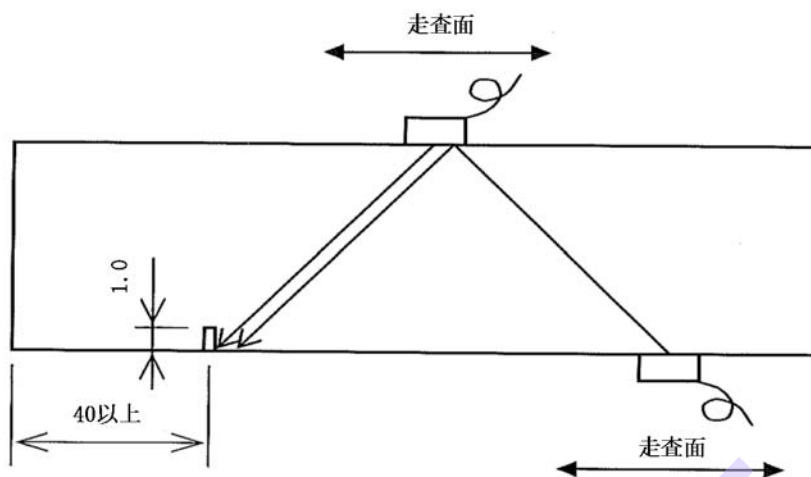
##### D-2310 校正用反射体

対比試験片に設ける校正用反射体は、原則としてノッチとし、深さは 1.0mm、最も近い端面からの距離及び長さは 40mm 以上とする。（解説 D-2310-1）

試験範囲の側面を走査面とする場合（図-D-2320-2）、ノッチは実探傷における最大ビーム路程以上となる位置に設ける。（解説 D-2310-2）

##### D-2320 対比試験片の形状

対比試験片の厚さは、溶接部の厚さの実測値、接合される母材の公称厚さのいずれかとする。対比試験片の例を図-D-2320-1、図-D-2320-2 に示す。

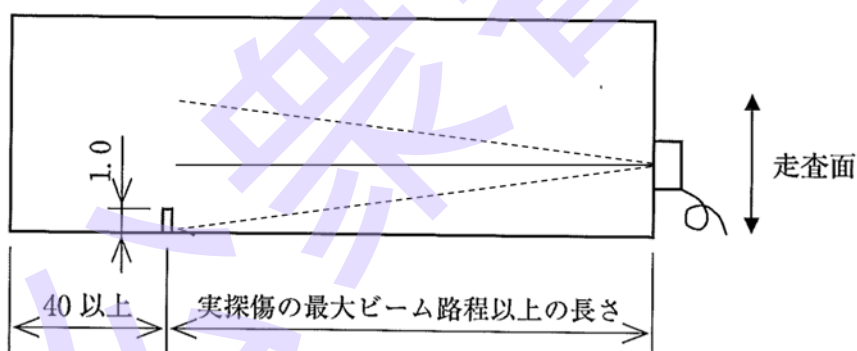


(備考)

1. 寸法の単位は, mm とする。
2. ノッチの長さは 40mm 以上とする。  
また, 深さの加工精度は±10%以内とする。

図-D-2320-1 対比試験片の例

(試験範囲の反対側又は試験範囲側の面を走査面とする場合)



(備考)

1. 寸法の単位は, mm とする。
2. ノッチの長さは 40mm 以上とする。  
また, 深さの加工精度は±10%以内とする。
3. 本図は垂直法の場合を示しており, 破線はビームの広がりを示している。

図-D-2320-2 対比試験片の例

(試験範囲の側面を走査面とする場合)

## D-3000 探傷方法

### D-3000 探傷方法

#### D-3100 基準感度の設定

##### D-3110 基準感度の設定

ノッチを設けた対比試験片で、ノッチからのエコー高さが最大となる位置[斜角法の場合は(4/8)S、又は、(8/8)Sの位置に相当]に探触子を置き、そのエコー高さが表示器の全目盛の80%又は50%になるように感度を調整し、このエコー高さを必要な時間軸範囲にわたって水平に延長してDAC曲線とする。(図-D-3100-1～図-D-3100-3)

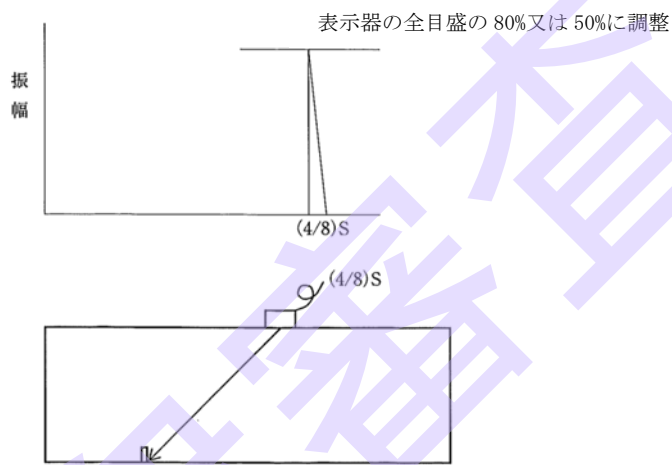


図-D-3100-1 直射法 (0.5 スキップ) による場合の基準感度の設定

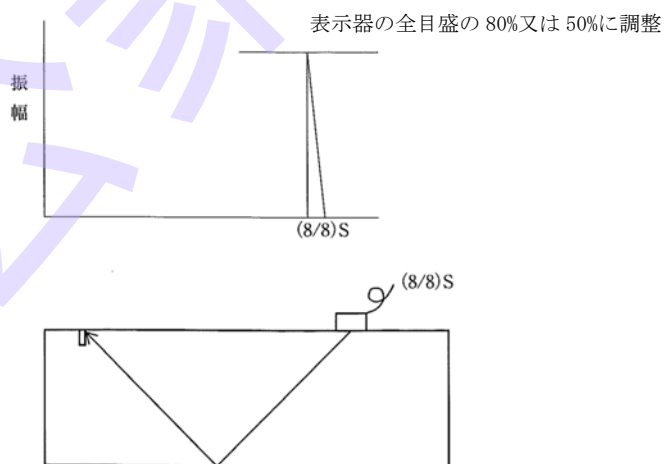


図-D-3100-2 一回反射法 (1 スキップ) による場合の基準感度の設定

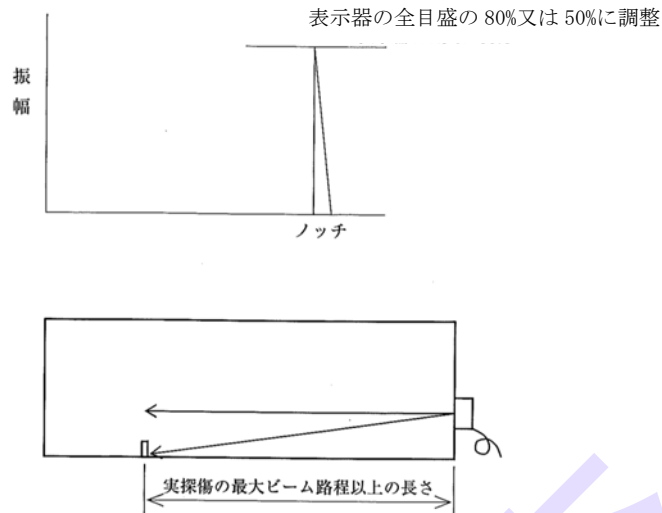


図-D-3100-3 試験範囲の側面を走査面とする探傷を行う場合の基準感度の設定

#### D-3120 適用制限

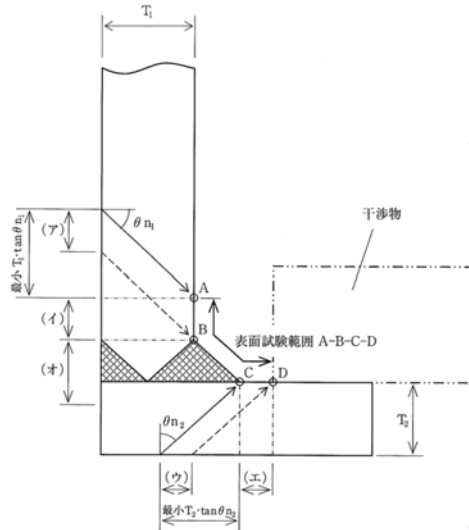
対比試験片に設けたノッチが検出できない場合、その探傷法は使用してはならない。（解説 D-3120-1）

#### D-3200 探触子の走査方向

- (1) 探触子の走査は、想定される欠陥の長さ方向に対して超音波ビームが直角方向に伝ばするように行う。
- (2) 試験部の幾何学的形状等のため、(1)項の走査が不可能な場合には、可能な方向からの走査を行う。

#### D-3300 探触子の走査範囲

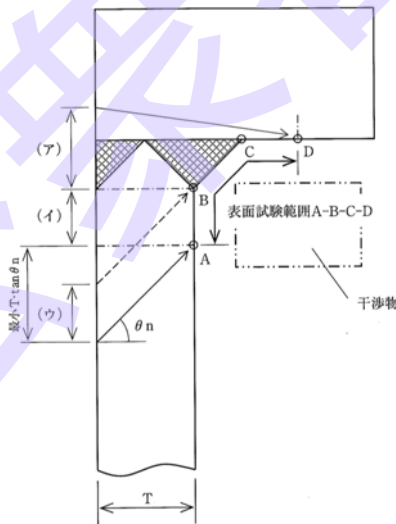
- (1) 探触子の走査は、可能な限り維持規格で要求される試験範囲に超音波が伝ばするように行う。（図-D-3300-1，図-D-3300-2）
- (2) 試験部の幾何学的形状等の理由により、(1)項の規定が満足できない場合は、2800項に従い、探傷不可能範囲を記録する。このとき、ある方向から十分な探傷ができない場合には、その反対側からの範囲を広げて、探傷不可能範囲を低減するような走査を行う。



(備考)

1. (ア), (ウ) は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
2. (イ), (エ) は, 斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. (オ) は, 垂直法又は斜角法でC-Dを探傷可能な走査範囲とする。
4. 表面試験範囲A-B-C-Dは, 維持規格による。

図-D-3300-1 走査範囲の例



(備考)

1. (ア) は, 垂直法又は斜角法でC-Dを探傷可能な走査範囲とする。
2. (イ) は, 斜角法による溶接線に平行方向の走査範囲とする。
3. (ウ) は, 斜角法による溶接線に直角方向の走査範囲とする。
4. 表面試験範囲A-B-C-Dは, 維持規格による。

図-D-3300-2 走査範囲の例



## D-4000 記録要領及び欠陥寸法測定

### D-4000 記録要領及び欠陥寸法測定

以下に定める項目以外は 2700 項による。

#### D-4100 試験記録

DAC20%を超える欠陥又は不連続部エコーが検出された場合は、2710 項の要領で記録する。

#### D-4200 欠陥長さ寸法測定

超音波探傷試験を行った結果、反射源が欠陥に基づくものについては、2710 項に示す記録要領に従って超音波探傷試験の結果を記録するとともに、欠陥長さ寸法測定を行う。（解説-2720-1）

この場合において、欠陥長さ寸法は記録レベルを超える指示長さとする。

[附属書 A 解 説]

公衆衛生

## A-1000 総 則

### (解説 A-1100-1) PD 認証を取得した試験技術者、探傷装置及び手順書を用いて欠陥深さ寸法測定を行う場合

NDIS 0603 (以下 PD 認証と略す) の附属書によって認証された範囲については、PD 認証による欠陥深さ寸法測定を行うことが望ましい。

### (解説 A-1100-2) 欠陥深さ寸法測定の原則

欠陥の深さは、浅いものから深いものまで想定して、欠陥先端を厚さ方向全体にわたり確認する。このために複数の手法の組合せ又は複数の測定条件で総合評価することを要求した。

適用する手法の組合せ等については、適用部位、想定される欠陥等に応じて個別に定めることとなるが、UTS、PLR 配管サイジング精度確性試験及び NSA においては、次のような手法の組合せが用いられており、これらを参考にしてもよい。

モード変換波法が適用可能な部位については、欠陥深さ寸法測定に際し、モード変換波法により欠陥深さをあらかじめ推定するものとする。ただし、PD 認証又は海外で欠陥深さ寸法測定の認証を取得した手法、探傷装置及び有資格者により欠陥深さ寸法測定を行う場合は、モード変換波法による欠陥深さの推定を省略することができる。

[適用する手法の組合せの例]

- (1) モード変換波法、タンデム法及び端部エコー法又は TOFD 法との組合せ
- (2) 端部エコー法 (縦波, 横波, 複数の屈折角の組合せ)
- (3) フェーズドアレイ技術 (焦点, 屈折角等に関する任意の複数条件)
- (4) TOFD 法 (複数の交軸の組合せ)
- (5) フェーズドアレイ技術と端部エコー法の組合せ

### (解説 A-1200-1) 適用範囲

#### (1) 適用範囲

本附属書の適用範囲は、配管及び容器の突合せ溶接継手であり、下記 a. ~c. 項の範囲及びこれと同等な欠陥深さ寸法測定要領が適用可能と判断した。

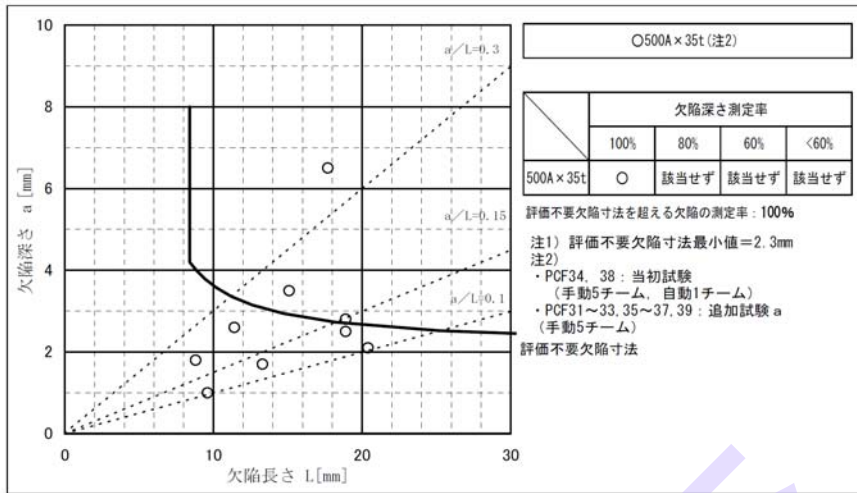
また、その他の部位 (例えば、シュラウド等の炉内構造物) への適用についても本附属書の適用が可能と判断されれば用いてもよいこととした。

a. 原子力発電施設検査技術に関する試験研究事業の内、UTS における成果であって、(a) ~ (e) 項に示す範囲を対象とした。

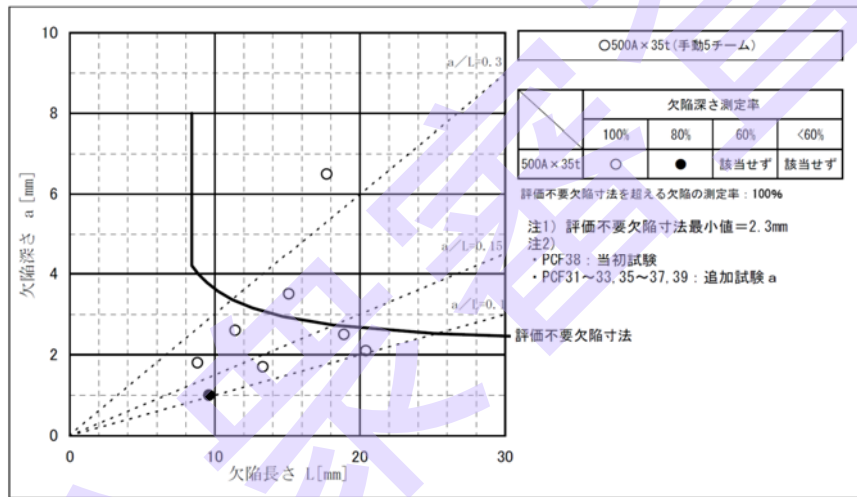
#### (a) オーステナイト系ステンレス鋼配管

試験部の厚さが 10 mm 以上 50 mm 以下の配管で溶接線平行方向に付与した疲労亀裂及び SCC を対象としたもの

- (b) フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）  
試験部の厚さが 10 mm 以上 50 mm 以下の配管及び 80mm, 160mm の容器で溶接線平行方向の疲労亀裂を対象としたもの
  - (c) 容器（クラッドあり）  
試験部の厚さが 77 mm 以上 253 mm 以下のクラッドを施した部位で溶接線平行方向の疲労亀裂を対象としたもの
  - (d) 容器管台内面の丸みの部分  
試験部の厚さ（試験範囲）は内面から母材側へ 25mm とし、容器管台内面の丸みの部分のコーナ円に対して法線方向の疲労亀裂を対象としたもの
  - (e) 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手（バターリング部）  
22.1mm 以上 75.5mm 以下（外面走査），内面から母材側 12mm（内面走査）とし、溶接線バターリング部に平行方向の疲労亀裂若しくは SCC を対象としたもの
- b. 発電設備技術検査協会が行った PLR 配管サイジング精度確性試験の成果  
オーステナイト系ステンレス鋼(SUS316L 材)で、試験部の厚さが 19.8 mm, 23.9 mm 及び 36.4 mm の範囲を対象としたもの
- c. NSA における成果  
オーステナイト系ステンレス鋼配管(SUS316L 材)で、試験部の厚さが 18.9 mm, 23.1 mm 及び 37.5mm の範囲を対象としたもの
- (2) 欠陥深さ寸法測定に関する測定限界及び測定精度  
超音波探傷試験による欠陥深さ寸法測定では、測定限界及び測定誤差が存在する。ここでは、欠陥深さ寸法測定に関する測定限界及び本附属書を用いることで期待できる測定精度について示す。ただし、測定限界及び測定精度は、標準偏差等の統計処理で示されており、保証値ではない。
- a. 測定限界  
欠陥深さ寸法測定の測定限界に関しては、解説図-A-1200-1～解説図-A-1200-3 で示すように、フェライト鋼配管では約 2mm，オーステナイト系ステンレス鋼配管では約 4mm，クラッドを施した容器では母材側に約 6 mm 進展した場合、測定率が 100%に達するようになる。



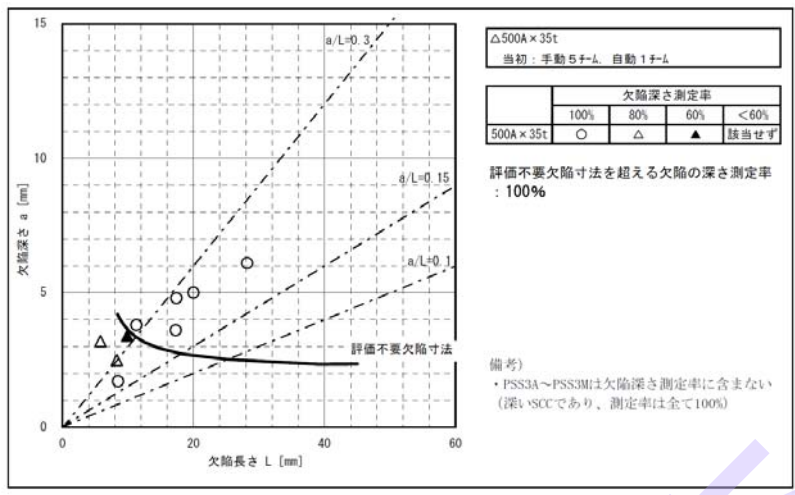
(a) 端部エコー法



(b) TOFD 法

解説図-A-1200-1 欠陥深さ寸法測定率

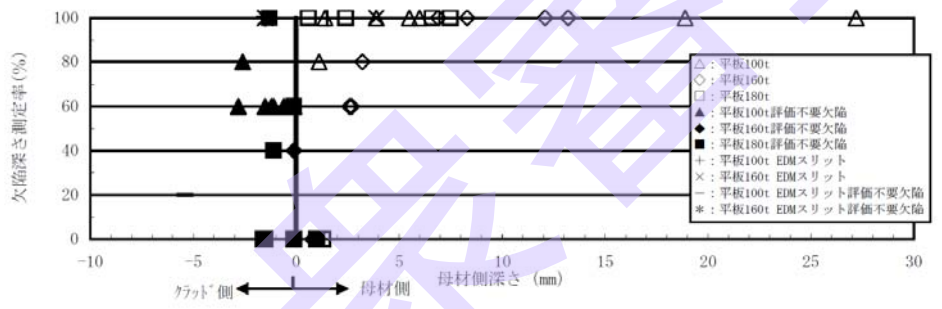
[フェライト鋼配管溶接継手(厚さ 35 mm：疲労亀裂)：UTS 成果]



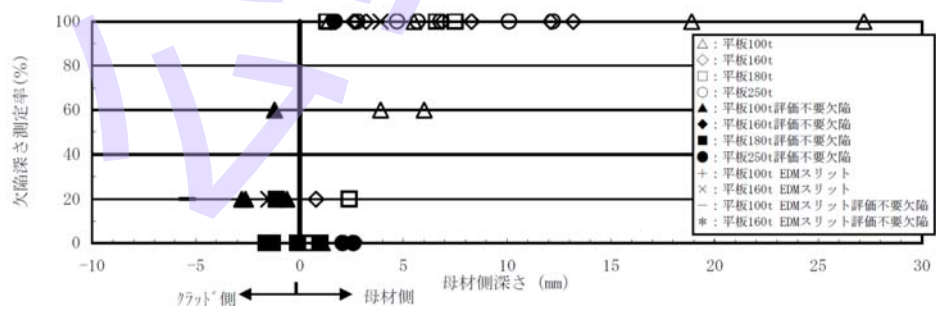
◇ : 測定率 100%   ◆ : 測定率 80%   ▲ : 測定率 : 60%

解説図-A-1200-2 欠陥深さ寸法測定率 (端部エコー法)

[オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接継手(厚さ 35 mm : SCC) : UTS 成果]



(a) 端部エコー法 (注1)



(b) TOFD 法 (注2)

注1: 平板 250t は測定対象外。

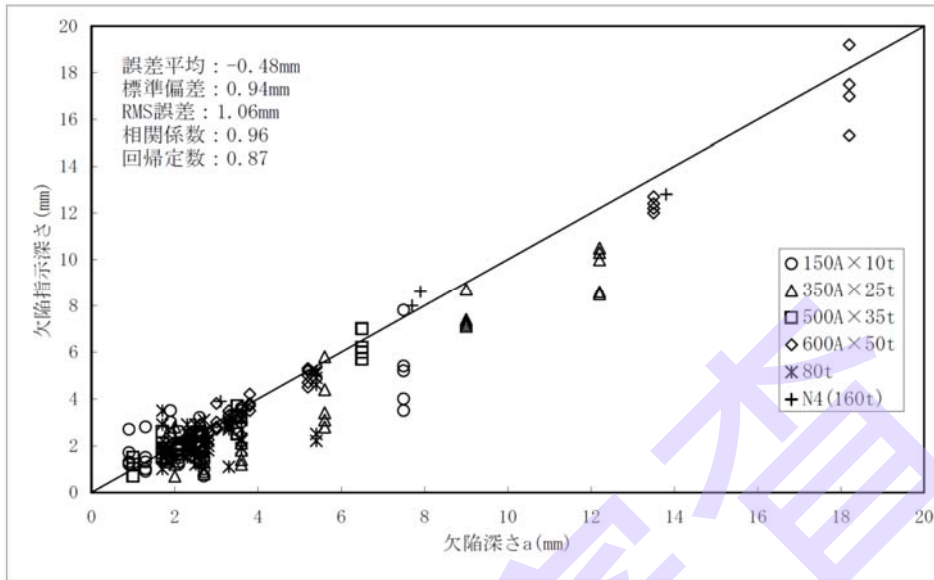
注2: 平板 250t は1 チーム(1 回)の測定のため、測定可を測定率 100%とし、測定不可を 0%として取り扱った。

解説図-A-1200-3 欠陥深さ寸法測定率

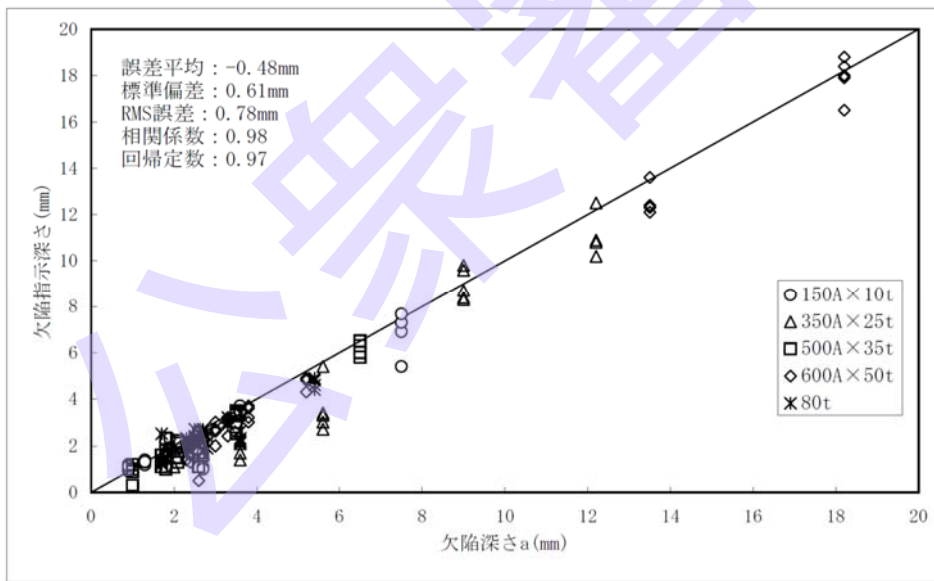
[クラッドを施した容器胴溶接継手 (厚さ 100 ~250 mm : 疲労亀裂) : UTS 成果]

b. 測定精度

本附属書の測定要領に従えば、解説図-A-1200-4～解説図-A-1200-9 に示す測定精度が期待できる。



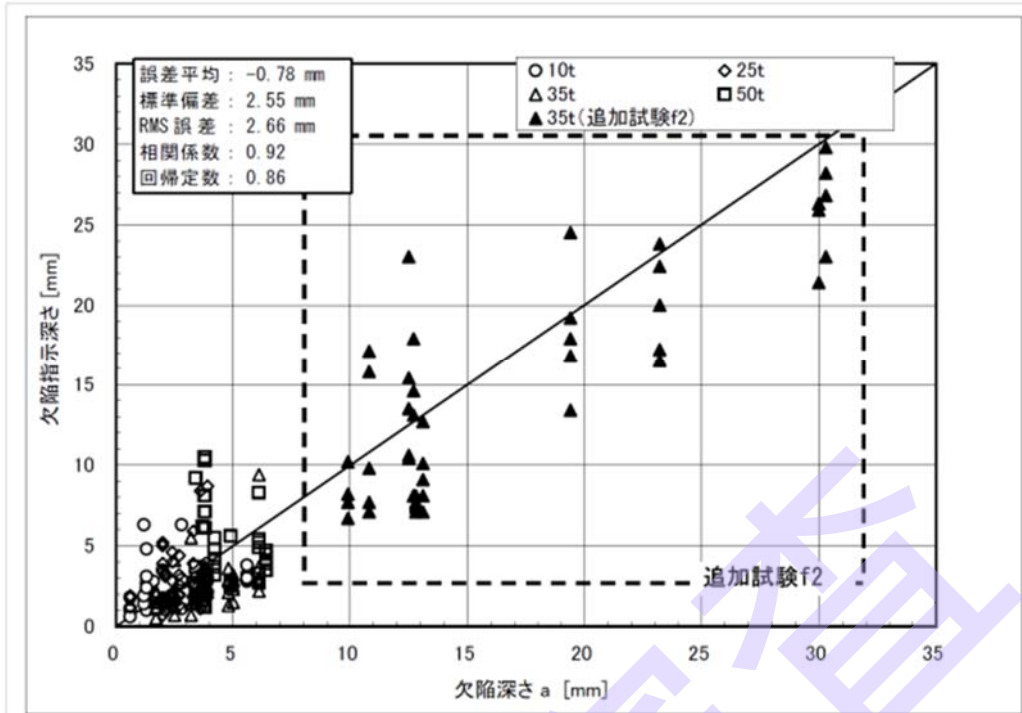
(a) 端部エコー法



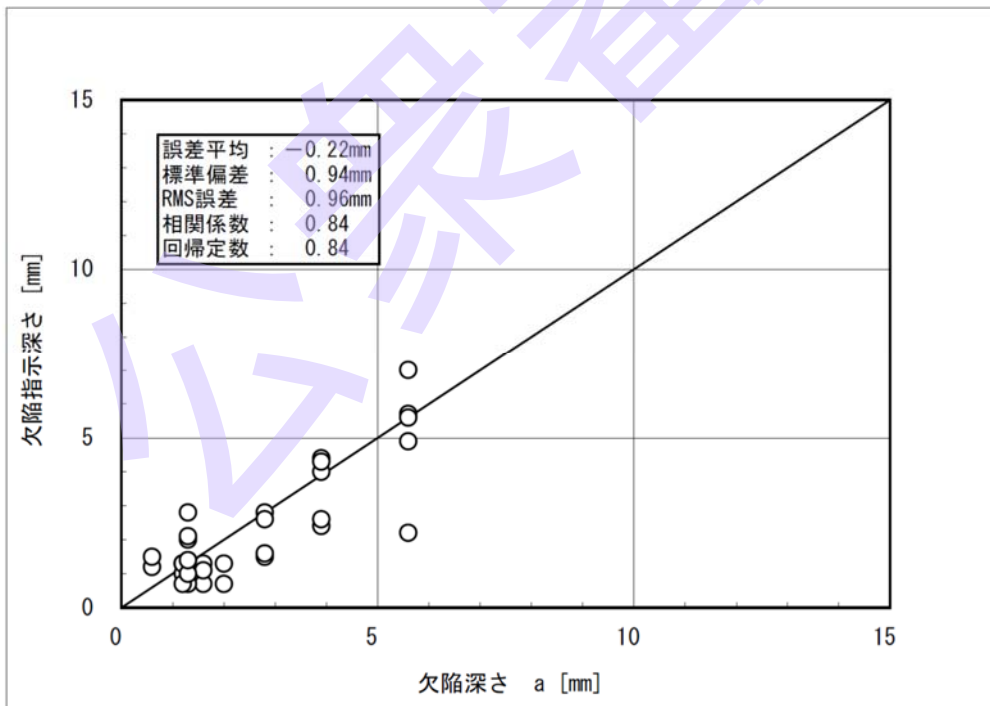
(b) TOFD 法

解説図-A-1200-4 欠陥深さ寸法測定精度

[フェライト鋼配管溶接継手 (疲労亀裂) : UTS 成果]



(a) 端部エコー法

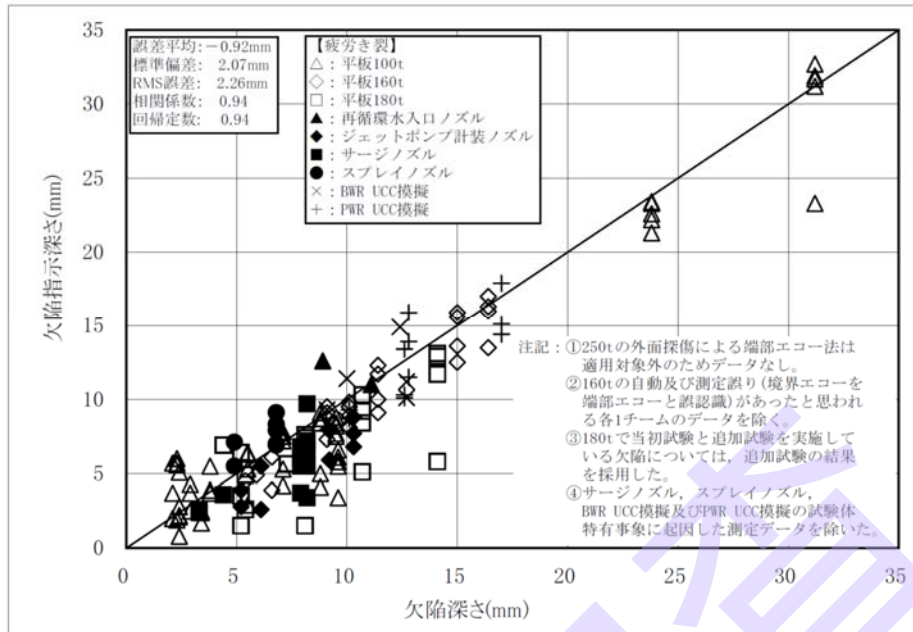


(b) TOFD 法 (厚さ 10mm)

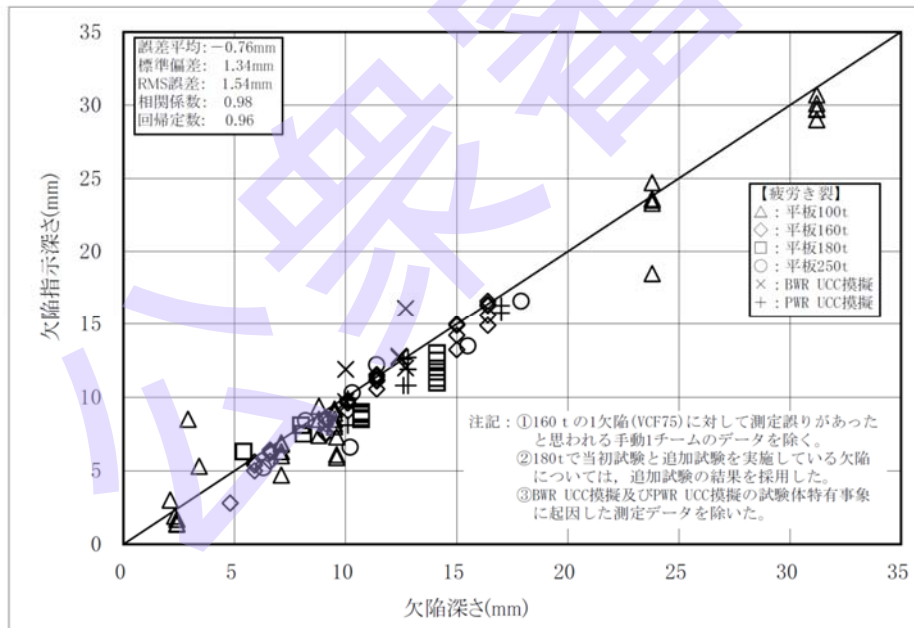
解説図-A-1200-5 欠陥深さ寸法測定精度

[オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接継手 (SCC) : UTS 成果]





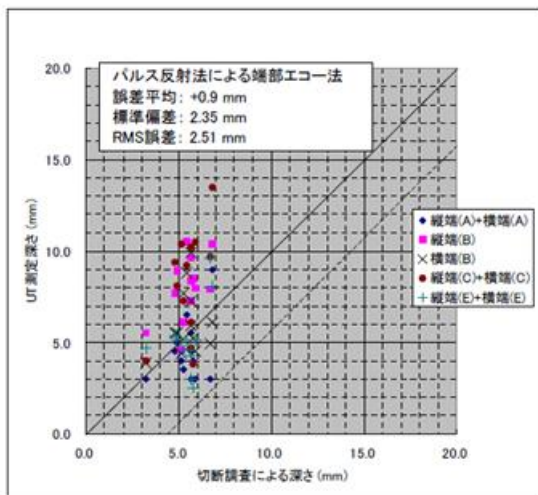
(a) 端部エコー法



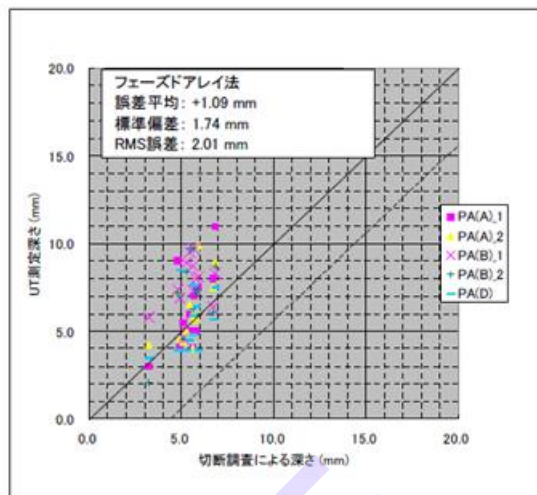
(b) TOFD 法

解説図-A-1200-6 欠陥深さ寸法測定精度

[クラッドを施した容器胴溶接継手 (厚さ 100~250mm : 疲労亀裂) : UTS 成果]

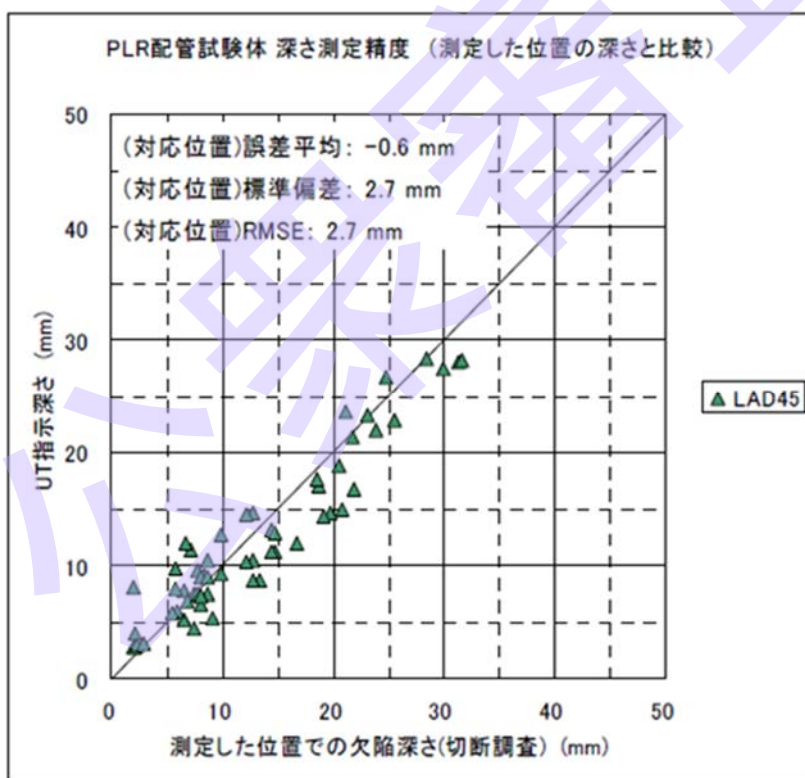


全端部エコー法試験結果



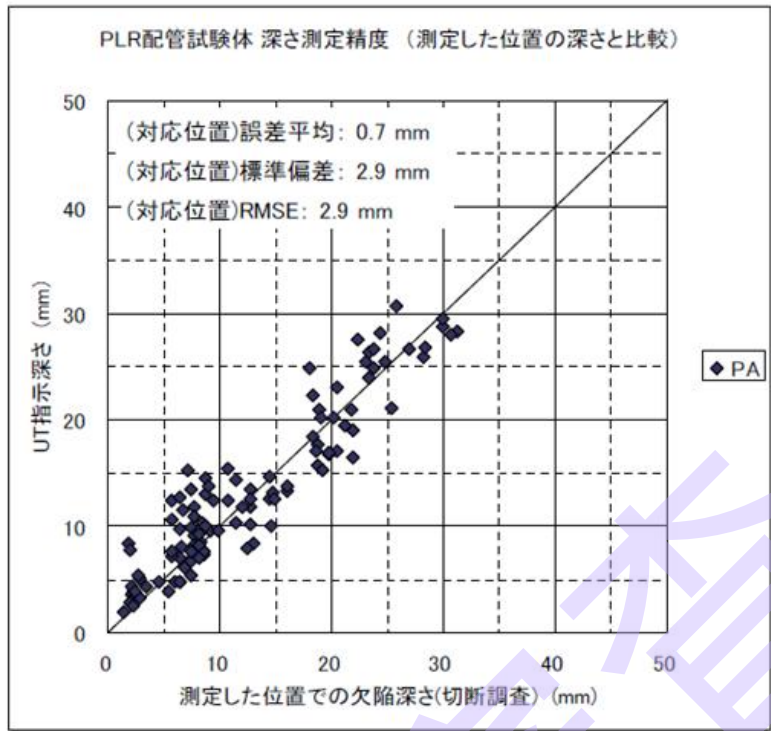
全フェーストアレイ法試験結果

解説図-A-1200-7 PLR 配管サイジング精度確性試験の結果

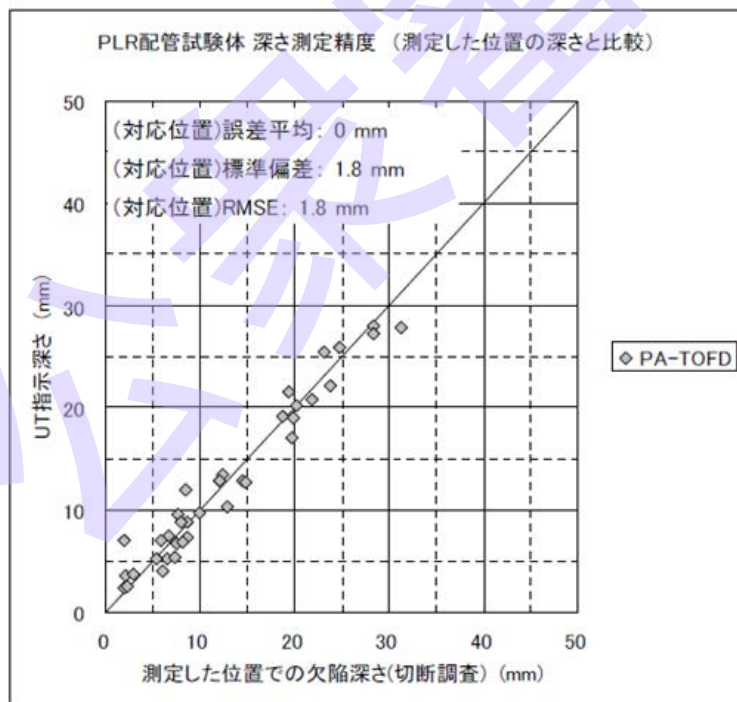


解説図-A-1200-8 欠陥深さ寸法測定精度

[オーステナイト系ステンレス鋼配管 (厚さ 18.9~37.5mm) 縦波端部エコー法 : NSA 成果]



(a) セクタ走査



(b) フェーズドアレイ TOFD 法

解説図-A-1200-9 欠陥深さ寸法測定精度

[オーステナイト系ステンレス鋼配管 (厚さ 18.9~37.5mm) フェーズドアレイ技術 : NSA 成果]

### (解説 A-1210-1) 適用手法

UTS, PLR 配管サイジング精度確性試験及び NSA で用いた手法について示すこととした。

なお, TOFD 法及びフェーズドアレイ技術は, 欠陥検出のために適用する場合がある。特に, 後者は, 欠陥検出に用いるのが一般的であるが, ここでは欠陥深さ寸法測定を目的とした手法として扱うこととした。

### (解説 A-1220-1) 適用部位

適用部位は, UTS, PLR 配管サイジング精度確性試験及び NSA の適用範囲に超音波特性を考慮している。なお, 試験部の厚さは, 本文の表-2343-1「対比試験片の厚さ, 穴の位置及び穴径」の備考で示すように溶接部の厚さの実測値, シーニング加工部の図面寸法, 接合される母材の公称厚さのいずれを用いてもよい。

- (1) モード変換波法は, フェライト鋼配管, オーステナイト系ステンレス鋼配管ともに試験部の厚さが 50 mm までの適用性が確認されており, 同じ適用性が得られると判断されるフェライト鋼容器(クラッドなし)の突合せ溶接継手も適用部位に含めた。

なお, 試験部の厚さの上限値は, 3211 項及び 4221 項の規定と整合を図り, 51mm とした。

- (2) タンデム法は, オーステナイト系ステンレス鋼配管の試験部の厚さが 35mm の場合の深い SCC に対する欠陥深さの予備判定手法に有効であることが確認されており, UTS 成果を反映し, 適用部位はモード変換波法と同様, 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下のフェライト鋼配管及びオーステナイト系ステンレス鋼配管に加え, これとほぼ同等の結果が得られると判断される, 試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下の容器(クラッドなし)を含めた。
- (3) 端部エコー法及び TOFD 法に関して, UTS では, 口径(呼び径)150A 以上の配管と平板を対象とした試験を行っているが, ここでは, 適用範囲を材質と厚さで分類することとし, 口径(呼び径)の制約を設けないこととした。

#### a. 口径(呼び径)

超音波を安定して試験部内に伝ばさせるには, 走査面の口径を考慮する必要があるが, 国内 ISI で超音波探傷試験の対象となる部位の口径は 100A 以上であることから, 2320 項に規定する試験部の形状及び寸法に適合した探触子を用いることで対処できるものと判断した。

#### b. 材質

フェライト鋼とオーステナイト系ステンレス鋼では, 超音波特性が異なり, オーステナイト系ステンレス鋼では, 材料に起因したノイズが欠陥先端部からのエコー識別性に影響する場合は考えられる。

また、クラッドが施されているような場合、クラッド境界面で発生する反射エコーが、欠陥先端部からのエコー識別性に影響を及ぼすことも考えられる。したがって、試験対象部位の材質に応じて、それぞれ試験方法を考慮する必要がある。

c. 厚さ

試験部の厚さの上限に関しては、下記のとおり、フェライト鋼配管及び容器を除き、UTS で確認が得られた範囲とした。

(a) フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）は、UTS で試験部の厚さ 10 mm から 80 mm までの試験を行っている。ただし、フェライト鋼容器の場合は、クラッドを施した状態で試験部の厚さ 77 mm 以上 253mm 以下の範囲に対して試験を行っており、これと同等の測定精度が期待できる。

なお、UTS では、容器胴の長手継手を平板で模擬しており、次のような場合も、超音波探傷試験上同等な特性（材質、厚さ、クラッドの有無を勘案）と判断されることから適用範囲に含めた。

- ① 曲率半径が 254 mm を超える場合
- ② 胴の周継手
- ③ 継手タイプが鏡板とフランジ、管板と鏡板、管台と容器等の場合

(b) オーステナイト系ステンレス鋼配管の場合は、フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）と比較して、超音波の透過性が劣るため、試験部の厚さが端部エコーの識別性に影響するものと考えられる。したがって、UTS で確認が得られた範囲とした。

(c) 容器管台内面の丸みの部分の場合、UTS で確認が得られた次の範囲とした。

- ① 管台外面側から測定する場合、内面から母材側へ 25mm
- ② 管台内面側から測定する場合、内面から母材側へ 25mm

(d) 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手（バタリング部）の場合、UTS で確認が得られた次の範囲とした。

- ① 外面側から測定する場合、試験部の厚さが 22.1mm 以上 75.5mm 以下
- ② 内面側から測定する場合、内面から母材側 12mm

(4) フェーズドアレイ技術は、PLR 配管サイジング精度確性試験を通じて、オーステナイト系ステンレス鋼配管（試験部の厚さが 19.8mm、23.9mm 及び 36.4mm の範囲）について確認が得られており、NSA においても同等の試験部の厚さについて確認が得られている。

また、UTS において、試験部の厚さが 35mm の場合の深い SCC について、有効性が確認できている。この成果から、適用部位を次のように定めた。

a. フェライト鋼配管及び容器（クラッドなし）は、オーステナイト系ステンレス鋼と比較して、欠陥深さ寸法測定が容易になると判断されるため、適用部位に含めた。



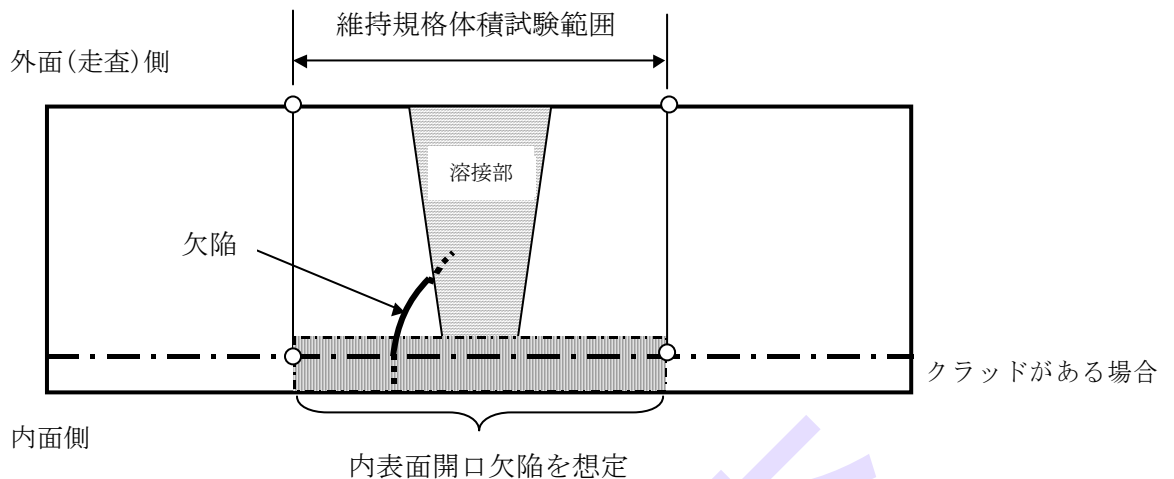
- b. オーステナイト系ステンレス鋼配管で試験部の厚さが10mm以上51mm以下の範囲であれば、PLR 配管サイジング精度確性試験及びNSA の試験要領を準用できるものと判断した。
  - c. クラッドを施した容器の突合せ溶接継手の場合、厚肉であること、クラッドが存在する等から、直ちに本附属書を用いることはできないと判断した。したがって、フェーズドアレイ技術を適用する場合は、適用性を予め確認することとした。
- (5) フェライト鋼とオーステナイト系ステンレス鋼の異種金属溶接継手については、各々の材料についてUTS、PLR 配管サイジング精度確性試験における適用範囲を考慮し、適用できるものとした。

#### (解説 A-1230-1) 対象とする欠陥

UTS では、熱影響部でかつ溶接線に対して平行方向の内面開口欠陥（疲労亀裂及びSCC）に限定して試験を行っているが、本附属書では、下記理由により、熱影響部、平行方向等の制約を設けず、内面開口欠陥を対象とする。

- (1) 配管の場合、UTS では、維持規格で要求される体積試験範囲（解説図-A-1230-1）内の代表的な位置（裏波部及び溶接金属境界に近接した位置）に付与した欠陥（亀裂）を対象としているが、母材部及び溶接線に対して直角方向に長さを有する欠陥は、UTS の場合と比較しても、欠陥先端部からのエコーの識別性が同等以上（裏波部のような形状エコーの発生頻度が低く、平行方向欠陥より識別し易い）と判断されるため、対象に含めた。
- (2) 容器の場合、欠陥の長さが溶接線に対して平行方向の場合と直角方向の場合で差異は生じないものと判断し、欠陥の長さ方向は定めないこととした。
- (3) ただし、オーステナイト系ステンレス鋼配管で溶接線に対して直角方向に長さを有する欠陥は、溶接金属を通過して超音波を伝ばさせなければならない場合があり、欠陥の発生位置によっては、必ずしも平行方向に長さを有する欠陥と同じ扱いはできない。

UTS、PLR 配管サイジング精度確性試験及びNSA とともに溶接線に対して直角方向の欠陥に対する試験は行っていない。したがって、溶接線に対して直角方向に長さを有する欠陥の場合は、発生位置を勘案して（溶接金属を通過することによる超音波探傷試験性への影響）、本附属書の適用可否を判断することとした。



解説図-A-1230-1 対象とする欠陥

**(解説 A-1300-1) 試験評価員及び試験員の資格**

欠陥深さ寸法測定に関わる試験評価員、試験員及び試験補助員(無資格者)の実施可能な業務は以下を基準とする。なお、ここに記載なき事項は 2200 項の規定に従えばよい。(実際の運用ではこれに準じて解釈する。)

- (1) 試験評価員：測定手法の確立，測定要領の承認，規格及び仕様書の解釈，欠陥深さの評価
- (2) 試験員：測定機器の調整及び校正，測定(実施することが認められた手法)，測定結果の解析，欠陥深さの報告
- (3) 試験補助員：記録(試験員が採取するデータの記録)，自動探傷で採取したデータの処理(判断するものは除く)

**(解説 A-1310-1) 教育及び訓練**

欠陥深さ寸法測定は、原子力プラントの運転継続可否に直接関わるもので、測定値に信頼性が求められる。

また、技術的に特殊な手順を踏むことから、原子力発電所用機器の超音波探傷試験に関する経験を有し、試験に必要な技量(技術、知識)を習得するための教育及び訓練を予め受けた者であることを要求した。

**(解説 A-1311-1) 試験体の欠陥と形状**

- (1) 想定される欠陥又はこれと同等な性状を模擬した欠陥を付与した試験体での訓練と類似形状の試験体での訓練を求めた。前者と後者の双方の要件を満足する試験体で訓練する場合は、前者と後者を切り離し、それぞれの要件を満たした試験体で

- 各々 訓練してもよい。よって類似形状の試験体に関しては、必ずしも、想定される欠陥又はこれと同等な性状を模擬した欠陥を付与したものでなくてもよい。
- (2) 類似形状とは、試験体の厚さ及び曲率の観点から超音波上同等に扱える形状をいい、例えば、以下のことを参考にして代表させることができる。
- a. 試験部の厚さは、2343(1)項の対比試験片の厚さに関する規定
  - b. 曲率は、2343(2)項の対比試験片の曲率に関する規定

#### (解説 A-1311-2) 教育及び訓練に対する成果の確認

教育及び訓練の成果の確認は、試験評価員及び試験員が、欠陥評価の保守性を考慮し十分な精度で欠陥深さ寸法測定が行えるかどうかを確認することを目的としている。例えば、PLR 配管サイジング精度確性試験では、測定誤差の下限値が UTS で得られた平均値 $-2\sigma$  ( $\sigma$  は標準偏差)の絶対値である 4.4mm を下回らないことが精度がよいことの基準としている。因みに NDIS 0603 附属書 A では、超音波探傷試験で測定した SCC 深さと真とする深さに対して 4.4mm を下回る結果が 1 つでもあってはならないことと、超音波探傷試験で測定した SCC 深さと真とする深さの RMSE (Root Mean Square Error) は 3.2mm を超えてはならないことの 2 項目を合格基準として規定している。

#### (解説 A-1312-1) 技量の維持

米国では、連邦規則 10CFR. 50.55a Codes and Standards. (b) (2) (xiv) 項により、ASME Sec. XI Appendix VIII の Performance Demonstration の認定を受けた者は、欠陥を付与した試験体による 8 時間の実地訓練を毎年受ける義務が課せられている。

#### (解説 A-1313-1) 教育及び訓練の記録

欠陥深さ寸法測定に従事する者が、教育及び訓練を通じて所定の水準に達していることを確認できるよう、教育及び訓練の記録、保存を要求した。

なお、実技訓練はブラインド試験以外の実技も考えられ、その場合はどのような情報を与えて訓練を行っているかは重要な管理項目であることから、ブラインド試験以外の場合について、模擬試験体の情報の記録、保存を要求することとした。

また、(7) 技量維持プログラムの実施状況については、A-1312 項において毎年の教育及び訓練を義務づけていることから、実施状況の記録、保存を要求することとした。

#### (解説 A-1314-1) 免除規定

国内では NDIS 0603 が制定されている。

また、海外では、ISI における超音波探傷試験の認証制度が導入され実績を積んでいる。したがって、本規定と同等の教育及び訓練を受けている場合にはこれによることができることとした。例えば、本規定と同等以上のものと考えられる ASME Sec. XI



Appendix VIIIあるいはENIQ(European Network for Inspection Qualification)のガイドランスに従って認証されている場合などは、これに該当する。

**(解説 A-1400-1) 用語の定義 (モード変換波法)**

送信された超音波が欠陥部で反射して受信されるまでの3つの経路 (①1次クリーピング, ②2次クリーピング, ③横波→縦波→縦波モード変換) に着目し, 総合的に判断する手法を総称して, 本附属書では, モード変換波法と定義した。厳密に言えば, 1次クリーピング波はモード変換波ではない。

また, 2次クリーピング波のみに着目した場合は, 4260項で示すように2次クリーピング波法と定義される。

品質検査

## A-2000 モード変換波法による欠陥深さ測定要領

### (解説 A-2000-1) モード変換波法による欠陥深さ測定要領

モード変換波法の効果が確認されている範囲（フェライト鋼配管及びオーステナイト系ステンレス鋼配管で、試験部の厚さが 10mm 以上 50mm 以下）及びこれとほぼ同等の結果が得られると判断される試験部の厚さが 10mm 以上 51mm 以下の容器（クラッドなし）を含めた。

なお、PLR 配管サイジング精度確性試験においてもモード変換波法による効果が報告されている。ここで、試験部の厚さの上限値は、3211 項と整合を図り、51mm とした。

### (解説 A-2320-1) 探触子

本手法は、正しくクリーピング波が発生する探触子を選定することが必須条件であり、4261 項と同じ要求とした。

### (解説 A-2343-1) 校正用反射体

校正用反射体は、4212 項で規定する 2 次クリーピング波法用対比試験片と共用することのできる基準感度設定用の反射体とモード変換波の出現パターンが確認できる反射体を最小限の要求事項とした。

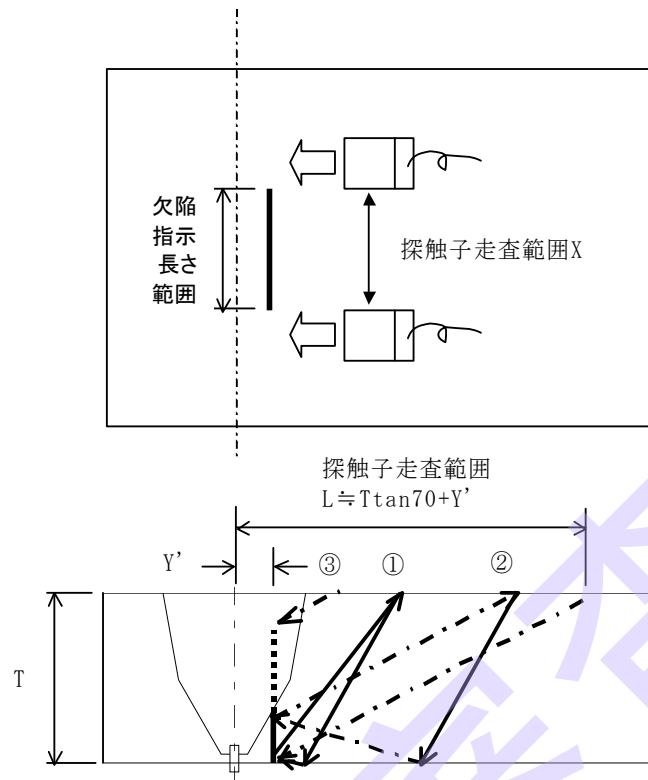
### (解説 A-2530-1) 基準感度の調整

モード変換波法は、エコー高さで欠陥深さを直接評価するものではない。したがって、明らかな装置の故障による再試験の要求を除き、感度の変動による再試験の要否は、個別の判断に委ねることとした。

### (解説 A-2620-1) モード変換波法による測定

モード変換波法の場合は、欠陥指示長さ範囲にわたって、前後走査を伴いながら走査を行う。モード変換波法での探触子の走査例を解説図-A-2620-1 に示す。

- (1) 2 次クリーピング波が最大となる位置（図中①）から後（欠陥から遠ざかる方向）に探触子を走査させて、モード変換波の出現性を確認する。（図中②）。
- (2) モード変換波が出現した場合は、深い欠陥である可能性を考慮して、モード変換波を検出した位置から探触子を前進させて、1 次クリーピング波（図中③）又は横波 1 回反射波の出現を確認する。



超音波の伝ば経路

- ① 2次クリーピング波：横波→縦波→横波
- ② モード変換波：横波→縦波→縦波
- ③ 1次クリーピング波：縦波→縦波

解説図-A-2620-1 モード変換波法における探触子の走査範囲（例）

(解説 A-2710-1) 記録, 採取手順

モード変換波法は、出現性の確認が主体であり、出現位置又は出現範囲（溶接線方向又は欠陥長さ方向の範囲）を把握しておけばよい。

(解説 A-2730-1) 解 析

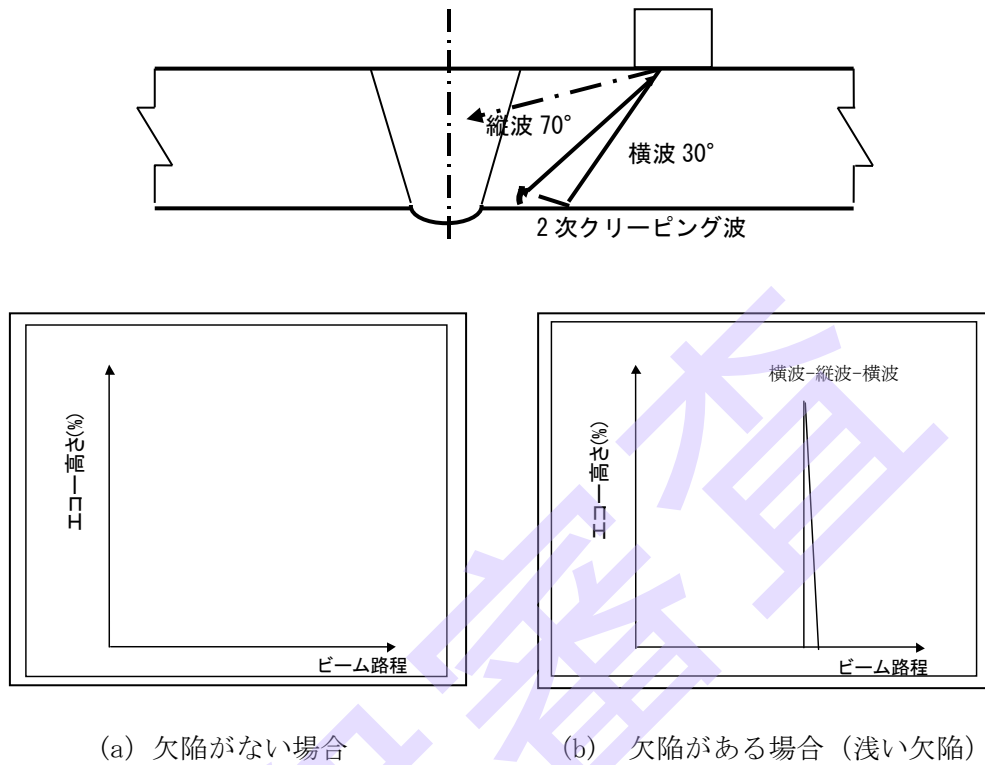
モード変換波法で欠陥を大まかに把握する方法を以下に示す。

(1) 欠陥の有無の確認及び浅い欠陥（区分 I）

2次クリーピング波の有無により欠陥の有無を確認（裏波等の形状、金属組織エコーと欠陥との識別）する。（解説図-A-2730-1 参照）

欠陥が存在しない場合は、解説図-A-2730-1(a)のように2次クリーピング波は出現しない。一方、板厚方向に寸法を有する欠陥が存在する場合、同図(b)のように2次クリーピング波（横波→縦波→横波の伝ば経路）が検出されるようになる。ただし、実際の配管溶接部を対象とした試験では、溶接部の裏波形状に起

因した2次クリーピング波が検出される場合がある。4260項に基づいて探傷を行った場合、裏波形状に起因したエコーの高さは、表示器の全目盛の10%を超えて出現することもある。



解説図-A-2730-1 モード変換波法（2次クリーピング波法）による欠陥区分（I）

(2) 中間の欠陥の場合（区分Ⅱ）

試験部の厚さの20～25%程度まで進展した欠陥の場合、解説図-A-2730-1で示す2次クリーピング波のほかに解説図-A-2730-2で示すようなモード変換波（横波—縦波—縦波の伝ば経路）が出現することがある。

このモード変換波は、2次クリーピング波のエコー高さが最大となる探触子位置で、2次クリーピング波のビーム路程の約0.75倍の位置で出現することがあり、この位置から探触子を遠ざける方向に走査すると緩やかな円弧を描くようにエコーが推移する傾向が認められる。

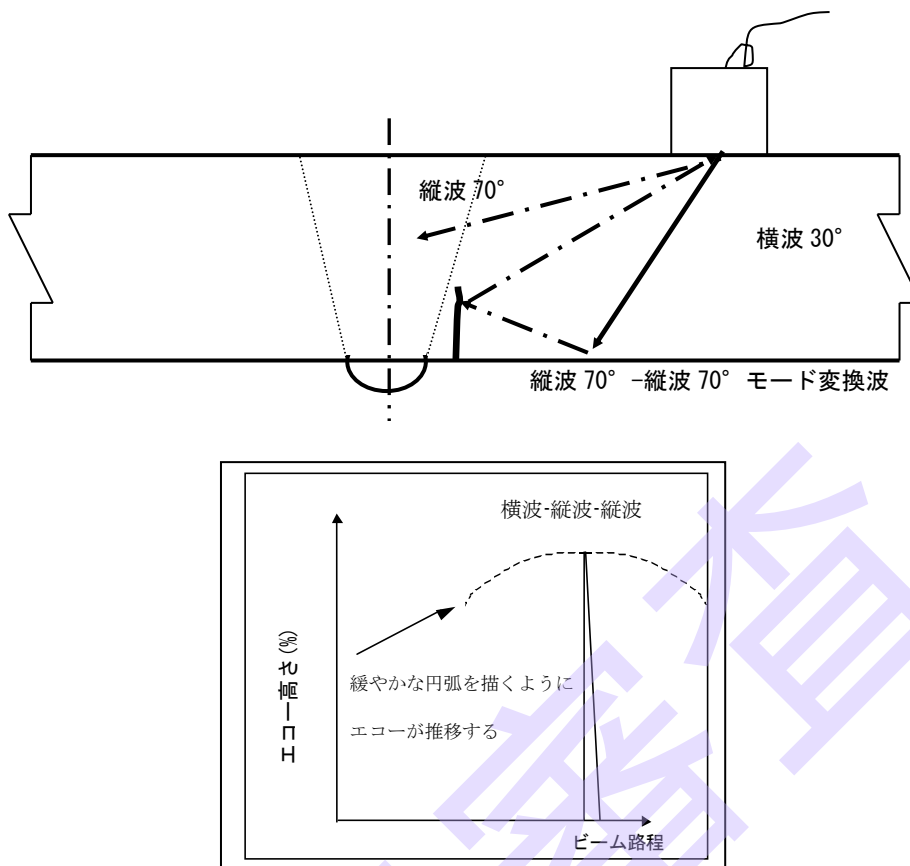


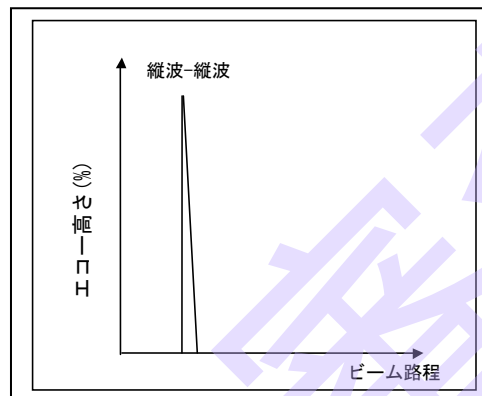
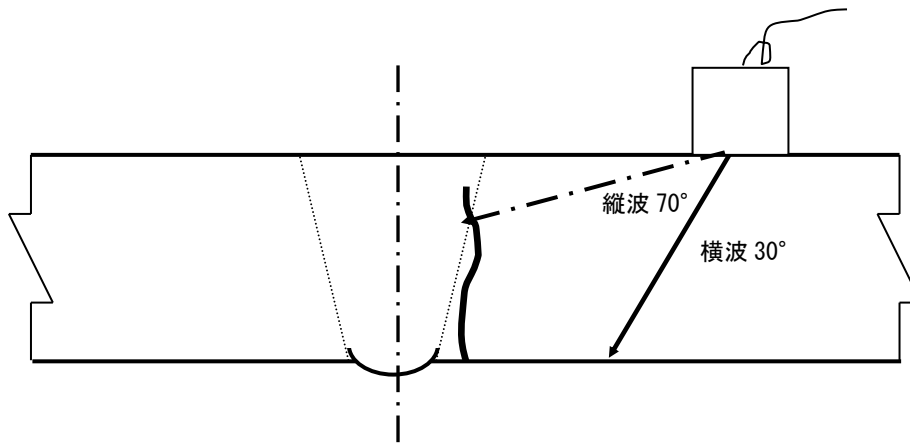
図-A-2730-2 モード変換波法による欠陥区分 (II)

(3) 深い欠陥の場合 (区分III)

試験部の表面 (探触子の走査面) から 13mm 程度の深さ位置まで欠陥先端が到達した場合, (1)項, (2)項に加えて解説図-A-2730-3 で示すように縦波 70° (又は 1 次クリーピング波) で直接欠陥を捉えることがある。

この場合, 縦波→縦波の伝ば経路となることから, 非常に深い欠陥であれば, 超音波探傷器の表示器上では, 最も伝ば時間の早い位置でエコーが出現する。この出現位置が送信パルス側に近づけば近づくほど, 非常に深い欠陥と判断される。

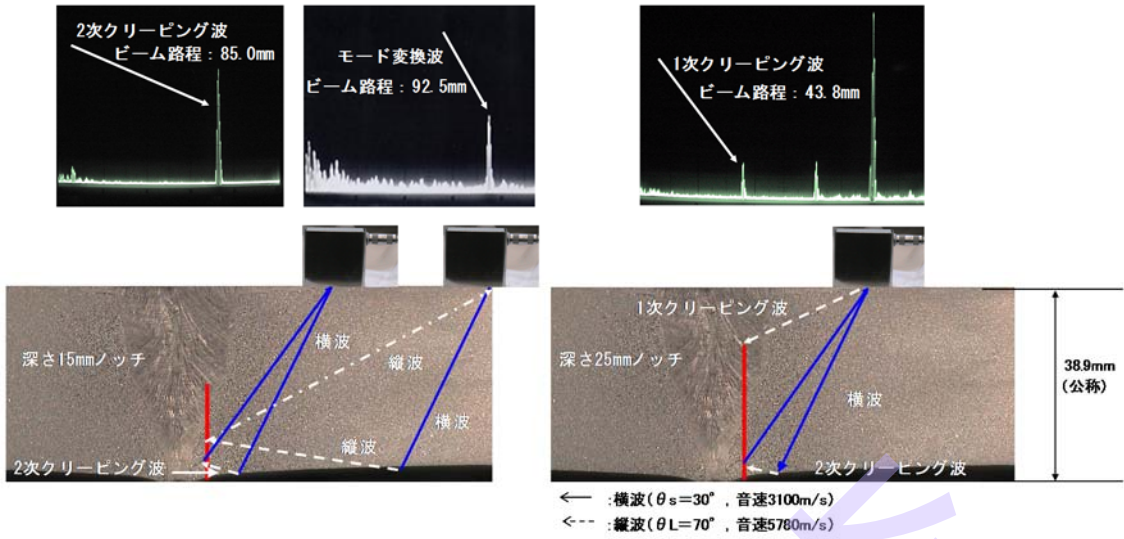
なお, この場合, 欠陥先端部ではなく欠陥が進展していく過程で生じている段付き部を捉え, これを先端部と誤って判断することがあるので, 注意を要する。



解説図-A-2730-3 モード変換波法による欠陥区分 (Ⅲ)

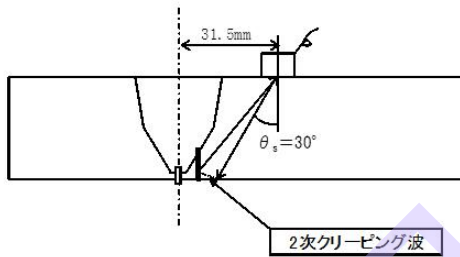
(4) モード変換波法の例

前記(2)項及び(3)項の例として、人工欠陥を対象としたモード変換波法の測定結果を解説図-A-2730-4に示す。



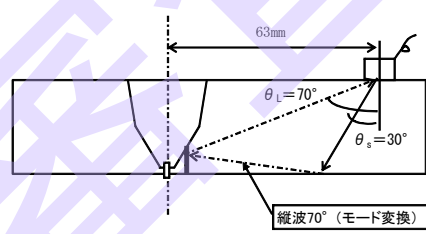
(a) 中間の欠陥の場合 (区分Ⅱ)

(b) 深い欠陥の場合 (区分Ⅲ)



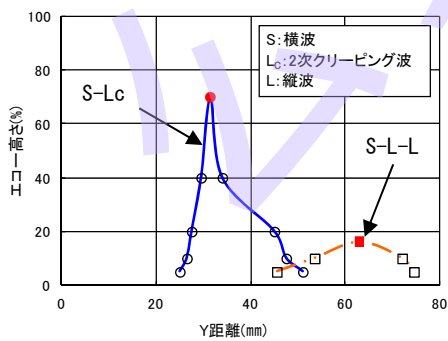
横波 $30^\circ$ : 44.9mm  $\rightarrow$  83.9mm [縦波換算:  $44.9 \times (5780/3100)$ ]  
 2次クリーピング波: 40mm  
 TOTAL: 87.9mm (縦波時間軸上の解析)

(c) 2次クリーピング波の解析例 (区分Ⅰ)

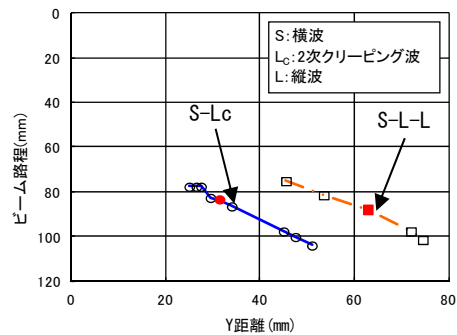


横波 $30^\circ$ : 44.9mm  $\rightarrow$  83.9mm (縦波換算)  
 縦波 $70^\circ$  (モード変換): 40.5mm  
 縦波 $70^\circ$  (モード変換): 65.4mm  
 TOTAL: 94.9mm (縦波時間軸上の解析)

(d) モード変換波の解析例 (区分Ⅱ)



(e) Y距離とエコー高さの関係



(f) Y距離とビーム路程の関係

解説図-A-2730-4 モード変換波法による測定例  
 (オーステナイト系ステンレス鋼: 人工欠陥での例)

## A-3000 タンデム法による欠陥深さ測定要領

### (解説 A-3000-1) タンデム法による欠陥深さ測定要領

本項による、タンデム法による欠陥深さ測定は、モード変換波法を補完する手法であり、試験部の厚さの 20%程度から表層近傍に達する深い欠陥の深さ測定において有効である。したがって、モード変換波法の効果が確認されている範囲（フェライト鋼配管及びオーステナイト系ステンレス鋼配管で、試験部の厚さが 10 mm 以上 51 mm 以下）及びこれとほぼ同等の結果が得られると判断される厚さ 51mm 以下の容器（クラッドなし）を含めた。

### (解説 A-3530-1) 基準感度の調整

タンデム法は、エコー高さで欠陥深さを直接評価するものではない。したがって、明らかな装置の故障による再試験の要求を除き、感度の変動による再試験の要否は、個別の判断に委ねることとした。



## A-4000 端部エコー法による欠陥深さ寸法測定要領

### (解説 A-4120-1) 試験部に対する要求事項

端部エコー法は、欠陥先端の極めて微弱な信号を扱うことから、超音波を安定して試験部に伝ばさせることが前提となる。したがって、欠陥深さ寸法測定が要求される部位において超音波の伝ば上、支障が生じる場合は、探触子を走査する範囲を支障のない程度に仕上げてもよい主旨とした。

### (解説 A-4210-1) 適用手法

フェライト鋼の場合、金属組織によるノイズも低く端部エコーが比較的容易に識別できる部位であり、溶接部内についても横波で十分測定できる。

また、UTS において横波で信頼性の高い結果が得られていることから、試験員が取扱いに馴染んでいる横波斜角端部エコー法とした。

### (解説 A-4222-1) 探触子

- (1) 端部エコー法での測定精度、測定限界を高めるためには、高分解能、高 SN 比及び高感度（欠陥先端からのエコー強度を十分確保する）の性能を有する探触子を適用することが必要である。このために広帯域型探触子を要求することとした。
- (2) 金属組織ノイズの少ないフェライト鋼の場合、分解能を高めることを目的として、4～10MHz を用いることが一般的である。しかし、広帯域型探触子であれば、2MHz でも高い分解能を得ることが可能と判断し、適用範囲に含むこととした。
- (3) 公称屈折角は、UTS の結果から公称 45° を標準とするが、実際に発生する欠陥の形態によっては、他の屈折角を用いたほうが識別性に優れる場合が想定される。  
また、複数の条件で確認を行うことが望ましい場合等がある。したがって、他の屈折角を用いてもよいこととした。  
なお、PLR 配管サイジング精度確性試験では、屈折角 30 ～70° の範囲で複数個の探触子を用いて測定している例もあり、フェライト鋼でもこの考えが踏襲できるものと判断した。
- (4) 曲率の小さい配管の場合、試験部と探触子の接触性を考慮して、振動子寸法又はくさびの形状を選定することが必要となる。
- (5) UTS で用いられた探触子の主な仕様例を解説表-A-4222-1 に示す。

解説表-A-4222-1 端部エコー法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t	500A×35t	600A×50t	80t
型式	広帯域 (コンポジット素子を含む) 集束型				
振動モード	横波				
周波数 (MHz)	5, 10				2, 5
公称屈折角 (°)	45				
振動子径 (mm)	6	10~15	10~15	15~20	20~25
集束範囲 (mm)	3~22	7~50	18~67	22~87	34~117
くさび	平坦				

(6) 適用性の確認が得られたものは、本附属書の規定にかかわらず、用いてもよいこととした。

なお、ASME Code Section XI App. VIII等の認定制度で認定されたもの、PLR 配管サイジング精度確性試験、NSA 又はこれと同等の試験を通じて確認されたものは、ここに含まれる。

#### (解説 A-4242-1) 対比試験片

端部エコー法は、欠陥先端までの伝ば時間を知ることが目的であり、欠陥深さをエコー高さで直接評価するものではない。探傷用対比試験片と位置付けが異なり、端部エコー法用の対比試験片は、時間軸の校正が正しく行えることを目的として、深さの異なる校正用反射体を設けることを要求することとした。

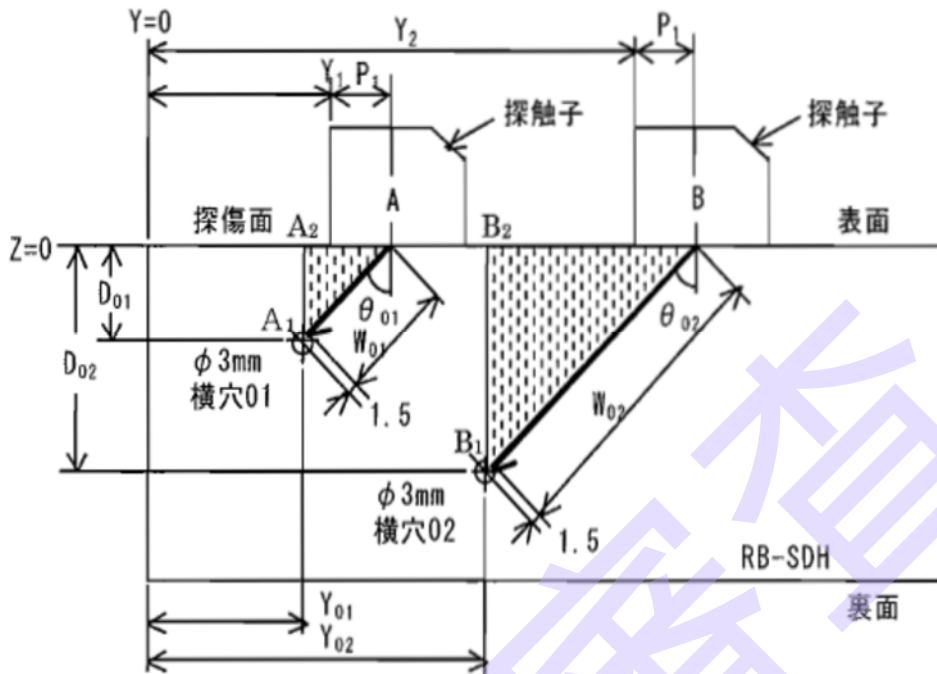
また、各プラントで用意されている本文で規定する探傷用対比試験片を効率的に用いることができることとした。

#### (解説 A-4252-1) 探触子

(1) 集束型探触子は、深さ方向で探触子の性能 (屈折角等) が異なる。したがって、NDIS 2418 の規定に準じ対比試験片 RB-SDH を用いた測定方法を取り入れた。

(2) JIS Z 3060 附属書 8 又は NDIS 2418 の解説において、一振動子集束斜角探触子及び二振動子斜角探触子を用いる場合の入射点及び屈折角の測定に対し以下のような記載があるため、入射点及び屈折角の測定は、対比試験片 RB-SDH を用いて、それぞれ 0.5 mm 以下の単位、0.5° 以下の単位で求めなければならないこととした。RB-SDH を用いた測定の場合には入射点は 0.1mm、屈折角は 0.1° 単位で算出することができるが、 $Y_1$ 、 $Y_2$  や  $W_{01}$ 、 $W_{02}$  の読み取り精度を考慮するとあまり意味はなく、

実際は入射点で 0.5mm, 屈折角で 0.5° 程度の計測誤差を持つものと考えられる。  
 (解説図-A-4252-1)



出典：NDIS 2418 端部エコー法によるきず高さの測定方法 解説図 7

解説図-A-4252-1 RB-SDH を用いた入射点, 屈折角の測定

- (3) 探触子の入射点及び屈折角は, 時間軸及び基準感度の確認を通じて変化の有無を知ることができる。したがって, 探触子の入射点及び屈折角の確認は, 試験開始前に要求することとし, 以降は要求しないこととした。

(解説 A-4261-1) 一般事項

- (1) 自動探傷装置は, 自動的に時間軸及び基準感度等の校正チェックを行う機能が設けられている場合があり, このような場合は, 個別に頻度を定めてもよいものとした。
- (2) 試験開始前, 終了時の確認は, 定められた対比試験片, 標準試験片等を用いなければならないが, 測定途中の確認においては, 2510(3)項の規定に従い, シミュレータで代用してもよいものとした。

(解説 A-4262-1) 時間軸の調整

- (1) 端部エコー法は, 時間軸上での読み取りが重要である。試験部の厚さ方向全体を確認する時間軸範囲で直接試験員が読み取るような場合は, 読み取り誤差が欠陥深

さ寸法測定値に影響することがある。したがって、時間軸を 50mm 又は 25mm 等に拡大して詳細に読み取ることを要求することとした。ただし、デジタル探傷器でビーム路程が自動的に表示される場合は必要ない。なお、これに先立ち、必ず試験部の厚さ方向全体にわたり端部エコーの所在を確認しなければならないことを合わせて要求した。

- (2) 適用性の確認が得られたものは、本附属書の規定にかかわらず、認定された要領に従ってもよいものとした。
- (3) 時間軸の変動は、2520 項で全幅の 3%までを許容している。しかし、端部エコー法の場合は、この変動が直接欠陥深さ寸法測定に影響を及ぼすことがある。例えば、屈折角  $45^\circ$  で時間軸 100mm に設定して 3%変動した場合、深さに換算して 2mm 程度の変動となる。したがって、設定した時間軸、屈折角等から個別に欠陥深さ寸法測定値への影響を考慮することを要求した。

#### (解説 A-4263-1) 基準感度の調整

- (1) 適用性の確認が得られたものは、本附属書の規定にかかわらず、認定された要領に従ってもよいものとした。
- (2) 端部エコー法は、エコー高さで欠陥深さを直接評価するものではない。したがって、明らかな装置の故障による再試験の要求を除き、感度の変動による再試験の要否は個別の判断に委ねることとした。この再試験の要否は、本文との整合の観点から 2dB 又は 20%の変動が一つの目安となる。

#### (解説 A-4271-1) 欠陥位置のマーキング

欠陥深さ寸法測定は、探傷結果に基づき欠陥と判断された後に行われるもので、本文 2710 項等の規定に基づき得られた情報は極めて重要であり、欠陥の位置情報を明確にしておくことは、測定精度向上（被ばく低減等の試験効率にも繋がる）に大きく貢献するものである。

#### (解説 A-4272-1) 予備測定

詳細な欠陥深さ寸法測定にあたっては、A-2000 項で規定したモード変換波法の他に事前に情報として得る検出情報（DAC%，指示長さ等）が、総合判断にあたって重要なものとなることから、深さ寸法測定前の事前確認を予備測定として位置付けた。ただし、例えば、フェーズドアレイ技術のように検出と欠陥深さ寸法測定を兼ねることができ、また任意に試験条件を変えられることができる方法は、必ずしもこの規定に沿わなくてもよい場合がある。したがって、ここでは望ましいとした。

#### (解説 A-4273-1) 端部エコー法による測定

- (1) 探触子の走査速度は、端部エコーの特定に支障のないようにする。自動探傷でのデータ採取も含め、探傷時より遅い速度で行う。

- (2) 手動探傷で行う場合、欠陥プロファイルの作成を義務付けるものではないが、最深部を特定するにあたっての手順が必要であり、明確にした。
- (3) 一方で、自動探傷で行う場合は、欠陥指示範囲全体にわたるデータを採取することで最深部の特定は可能である。

**(解説 A-4310-1) 適用手法**

横波端部エコー法を標準としたが、オーステナイト系ステンレス鋼配管(SUS316L材)で欠陥の先端が溶接金属内に進展する場合があることが判明したことから、このような場合には、横波に比べ超音波の透過性が優れる縦波も用いることとした。

**(解説 A-4322-1) 探触子**

- (1) 適用する探触子の考え方はフェライト鋼と共通であるが、オーステナイト系ステンレス鋼はフェライト鋼に比べ超音波の減衰が大きいいため、1.5～5MHzを標準とした。
- (2) UTS及びPLR配管サイジング精度確性試験で用いられた探触子の主な仕様例を解説表-A-4322-1及び解説表-A-4322-2に示す。

**解説表-A-4322-1 端部エコー法用探触子一覧 (UTSで用いられた主な仕様例)**

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t	500A×35t	600A×50t
型式	広帯域 (コンポジット素子を含む) 集束型			
振動モード	横波及び縦波			
周波数(MHz)	5, 10	5		
公称屈折角(°)	45			
振動子径(mm)	6～10	13～15		20
集束範囲(mm)	3～22	13～50	22～67	26～89
くさび	平坦			

**解説表-A-4322-2 端部エコー法用探触子一覧**  
(PLR 配管サイジング精度確性試験で用いられた主な仕様例)

口径及び 試験部の 厚さ	300A×19.8t, 400A×23.9t, 600A×36.4t
A社	2～5MHz 横波 45° (35～55°), 縦波 45° (35～55°) 広帯域集束型
B社	同上
C社	縦波 60° 集束型, 横波 45°
D社	2～4MHz 横波 30～60°, 縦波 45～70° 広帯域集束型 (自動) 1.5～5MHz 横波 45～70°, 2～5MHz 縦波 45～70° 広帯域集束型 (手動)
備考	(1) 判明した範囲で整理した。 (2) アレイ探触子を用いたチーム等は除いた。

**(解説 A-4410-1) 適用手法**

クラッドを施した容器は、クラッドと母材の境界から母材（低合金鋼）側へ進展した欠陥の測定が対象となるが、欠陥先端特定にあたり、クラッドと母材の境界からのエコーが阻害要因となる。UTS においては、縦波探触子と横波探触子を併用して測定が行われたが、縦波探触子の結果を主体とした報告であり、縦波の有効性が見出されている。したがって、本規定では、クラッドが存在するような部位において縦波を必須とすることとした。

**(解説 A-4422-1) 探触子**

- (1) 端部エコー法の屈折角は、公称屈折角 45° を標準とするが、容器内面側（欠陥開口側）からの測定にあたっては、UTS の成果に基づき、縦波 70°（送信側 70°，受信側 50° の前後二分割型を含む）を用いることとした。
- (2) くさびの加工については、本節が曲率半径 254mm を超える部位が対象となっていることからほぼ平板として扱えるため、原則として不要とした。
- (3) UTS で用いられた探触子の主な仕様例を解説表-A-4422-1 に示す。

解説表-A-4422-1 端部エコー法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)

試験部の厚さ	100t	160t	180t
型式	狭帯域 (又は広帯域) 集束型		
振動モード	縦波及び横波		
周波数(MHz)	5		5 , 2.25
公称屈折角 (°)	45		
振動子径(mm)	25~50		
集束範囲(mm)	93~189 (一例)		
くさび	平坦		

(解説 A-4442-1) 対比試験片の種類

容器内面側からの測定は、欠陥開口側からの測定となり、試験部の厚さを必要としない。その他は、解説 A-4242-1 項に準ずる。

(解説 A-4471-1) 欠陥位置のマーキング

容器は、自動探傷が広範囲に普及している。したがって、手動探傷で行う場合に限り、マーキングが必要である旨の表現とした。

(解説 A-4472-1) 予備測定

モード変換波法は、試験部の厚さが 51mm を超え、また、クラッドが存在する部位での効果が明らかにされていないことから、予備測定から除外した。

(解説 A-4510-1) 適用範囲

容器管台内面の丸みの部分に対して容器管台内面の丸みの部分から欠陥深さ寸法測定を行う場合の適用範囲は、UTS で確認されている以下とする。ただし、ここで規定された寸法以外でも、探触子の走査、接触状態及び超音波特性が、測定に支障を及ぼさず、UTS と同様の測定精度が得られることを事前に確認できれば、適用可能である。(解説図-A-4510-1)

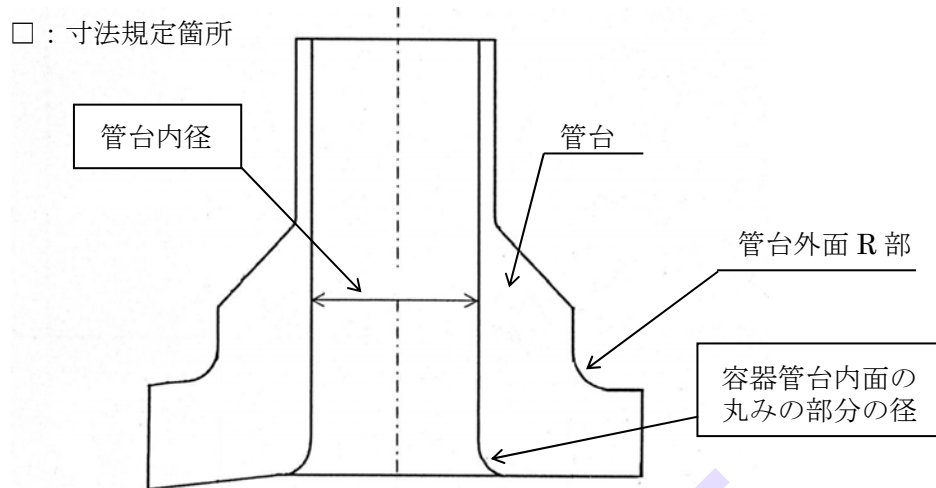
(1) 管台の寸法

- a. 探触子が接触する面 (容器管台内面の丸みの部分) の径(管台内径) :  
698.5mm, 容器管台内面の丸みの部分の径 : 133mm
- b. 試験部の厚さ (試験範囲) : 内面から母材側 25mm

(2) 対象欠陥

管台コーナ円に対し法線方向の開口欠陥 (UTS では疲労亀裂を想定)





解説図-A-4510-1 容器管台内面の丸みの部分からの測定

#### (解説 A-4522-1) 探触子

UTS の PWR RPV 入口ノズル試験体の容器管台内面の丸みの部分に対する欠陥サイジング試験において、容器管台内面の丸みの部分からの端部エコー法は、対象欠陥のうち最も深い EDM ノッチ（深さ 31.6mm）が過小評価となった。その原因の一つとして、使用探触子（3C9.5×9.5LAD70-50）の集束範囲が浅いため、欠陥先端からの回折波の識別性が低下したことが確認された。

そこで、集束範囲の深い探触子（3C9.5×9.5LAD50-40）で確認したところ、欠陥先端からの回折波が明瞭に識別できた。このため、端部エコー法の測定値が集束範囲（今回の探触子は深さ 15mm 程度）を超える場合は、集束範囲の深い探触子で再度測定を行うこととした。

#### (解説 A-4542-1) 対比試験片の種類

容器管台内面の丸みの部分からの測定は、欠陥開口側からの測定となり、試験部の厚さを必要としない。

#### (解説 A-4571-1) 欠陥位置の確認

PWR の容器管台内面の丸みの部分では自動探傷が行われているため、自動探傷に特化した表現とした。

#### (解説 A-4572-1) 予備測定

欠陥指示長さ方向全体にわたり走査し、下記の点のエコー高さを求め、エコー高さの分布を測定する。

- (1) DAC20%, DAC50%, DAC100%
- (2) 最大エコー高さ
- (3) エコー高さ分布が二山以上になる場合は、各山のエコー高さ



なお、検出性記録において、明らかにエコー高さの分布が一山と確認できる場合は省略することができる。

#### (解説 A-4573-1) 端部エコー法による測定

- (1) 探触子の走査速度は、端部エコーの特定に支障のないようにする。自動でのデータ採取も含め、探傷時より遅い速度で行う。
- (2) 自動探傷で行う場合は、欠陥指示範囲全体にわたるデータを採取することで最深部の特定が可能である。

#### (解説 A-4610-1) 適用範囲

容器管台とセーフエンドの異種金属の突合せ溶接継手のうち、バタリング部に対して外面側又は内面側から欠陥深さ寸法測定を行う場合の適用範囲は、UTS で確認されている以下とする。ただし、ここで規定された寸法以外でも、探触子の走査、接触状態及び超音波特性が、測定に支障を及ぼさず、UTS と同様の測定精度が得られることを事前に確認できれば、適用可能である。

- (1) 管台の寸法
  - a. 外面側からの測定
    - (a) 外 径:149~850mm
    - (b) 試験部の厚さ:22.1mm 以上 75.5mm 以下
  - b. 内面側からの測定
    - (a) 探触子が接触する面の曲率半径:254mm を超える曲率半径
    - (b) 試験部の厚さ(試験範囲):内面から母材側 12mm
- (2) バタリング部材質  
オーステナイト系ステンレス鋼又はニッケル基合金
- (3) 対象欠陥  
溶接線に平行なバタリング部内表面開口欠陥。(UTS では疲労亀裂及び SCC を想定)

#### (解説 A-4622-1) 探触子

UTS で用いられた探触子の主な仕様例を解説表-A-4622-1 に示す。

解説表-A-4622-1 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手に対する  
端部エコー法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)

	外面側からの測定	内面側からの測定
形 式	狭帯域又は広帯域左右分割型	狭帯域前後分割型
振動モード	縦 波	
周波数 (MHz)	2	3
公称屈折角 (° )	45 又は 55	送信側 : 70 受信側 : 50
振動子寸法 (mm)	20 (15 , 30) × 10 (15)	9.5 × 9.5
備 考	対象欠陥 : 溶接線に平行なバタリング部内表面開口欠陥。 (疲労亀裂及び SCC を想定)	

(解説 A-4642-1) 対比試験片の種類

容器内面側からの測定は、欠陥開口側からの測定となり、試験部の厚さを必要としない。その他は、解説 A-4242-1 項に準じる。

(解説 A-4671-1) 欠陥位置のマーキング

容器は、自動探傷が広範囲に普及している。したがって、手動探傷で行う場合に限り、マーキングが必要である旨の表現とした。

(解説 A-4672-1) 予備測定

- (1) 外面側から測定する場合は、首振り走査を行い、溶接線に対する欠陥の傾きを確認する。
- (2) 欠陥指示長さ方向全体にわたり走査し、下記の点のエコー高さを求め、エコー高さの分布を測定する。
  - a. DAC20%, DAC50%, DAC100%
  - b. 最大エコー高さ
  - c. エコー高さ分布が二山以上になる場合は、各山のエコー高さ

なお、検出性記録において、明らかにエコー高さの分布が一山と確認できる場合は省略することができる。

(解説 A-4673-1) 端部エコー法による測定

- (1) 探触子の走査速度は、端部エコーの特定に支障のないようにする。自動探傷でのデータ採取も含め、探傷時より遅い速度で行う。
- (2) 手動探傷で行う場合、欠陥プロファイルの作成を義務付けるものではないが、最深部を特定するにあたっての手順が必要であり、明確にした。

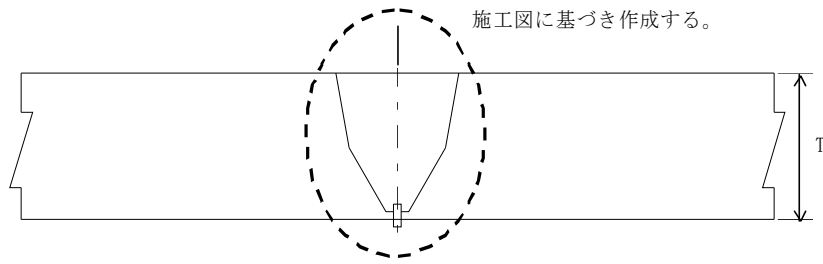
- (3) 一方で、自動探傷で行う場合は、欠陥指示範囲全体にわたるデータを採取することで最深部の特定は可能である。

#### (解説 A-4730-1) 解 析

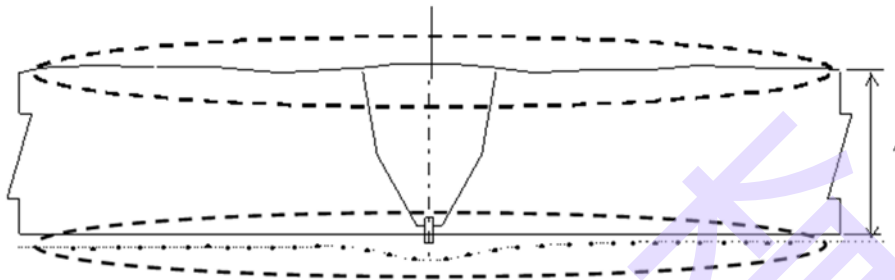
##### (1) 作図による解析

手動による端部エコー法は、測定結果に従った作図による解析を行い、欠陥深さを計算式から求めるか、あるいは作図から直接読み取ることが多い。以下に作図による解析手順の一例を示す。

- a. 施工図に記載されている溶接部の開先形状を確認し、作図する。  
(解説図-A-4730-1(a)参照)
- b. 試験部の厚さを確認する(実際に測定する、あるいは既存の測定値を使用する)。また、影響があると判断された場合は、表面形状をくし型ゲージで型取りし断面形状図に反映する。(解説図-A-4730-1(b)参照)
- c. ISIの基準線と溶接線のずれの有無(概略)を確認する。  
確認方法の一例を下記に示す。
  - (a) 板厚分布、垂直探傷での底面エコーの出現性から推定する。
  - (b) 直交する2方向からの裏波部エコーの交差点から推定する。
  - (c) ずれが認められた場合、ずれ量を考慮して断面解析図を作成してもよい。
- d. a.～c.項に基づき試験部の断面形状図を作成し、この図に測定結果(屈折角、ビーム路程及び基準線から探触子入射点までの距離)を重ね合わせる。  
(解説図-A-4730-1(c)参照)
- e. 欠陥深さは、解析図から読み取るか、計算式で求めるかのいずれかとする。

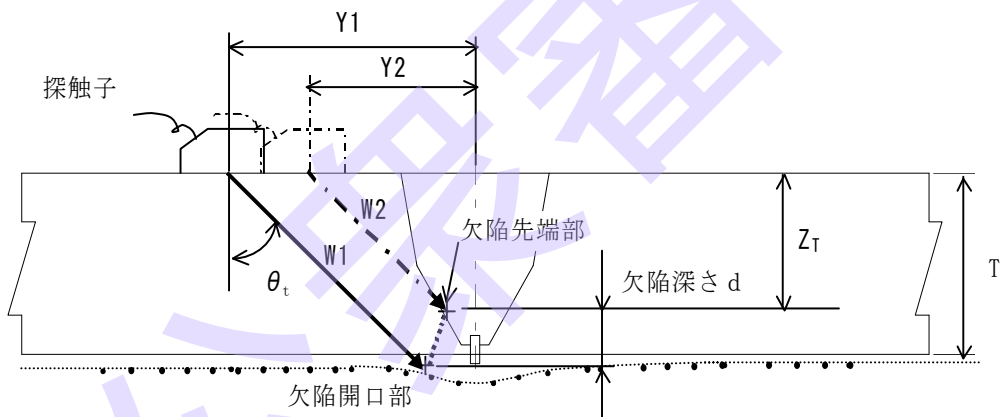


(a) 施工図による開先形状図の作成



解析上影響があると判断された場合は、表面形状を反映する

(b) 上記開先形状図への実測板厚及び表面形状反映



(測定結果の反映：ここでは表面形状の影響がない場合として示した)

$\theta_t$  : 屈折角 (実測屈折角)       $Z_r$  : 探触子を走査する面からの深さ

[欠陥開口部の情報]

Y1: 欠陥開口部からの最大エコー高さを得た探触子位置と溶接中心(基準線)までの距離 (mm)

W1: 欠陥開口部までのビーム路程 (mm)

[欠陥先端部の情報]

Y2: 欠陥先端部からのエコーを得た探触子位置と溶接中心(基準線)までの距離 (mm)

W2: 欠陥先端部までのビーム路程 (mm)

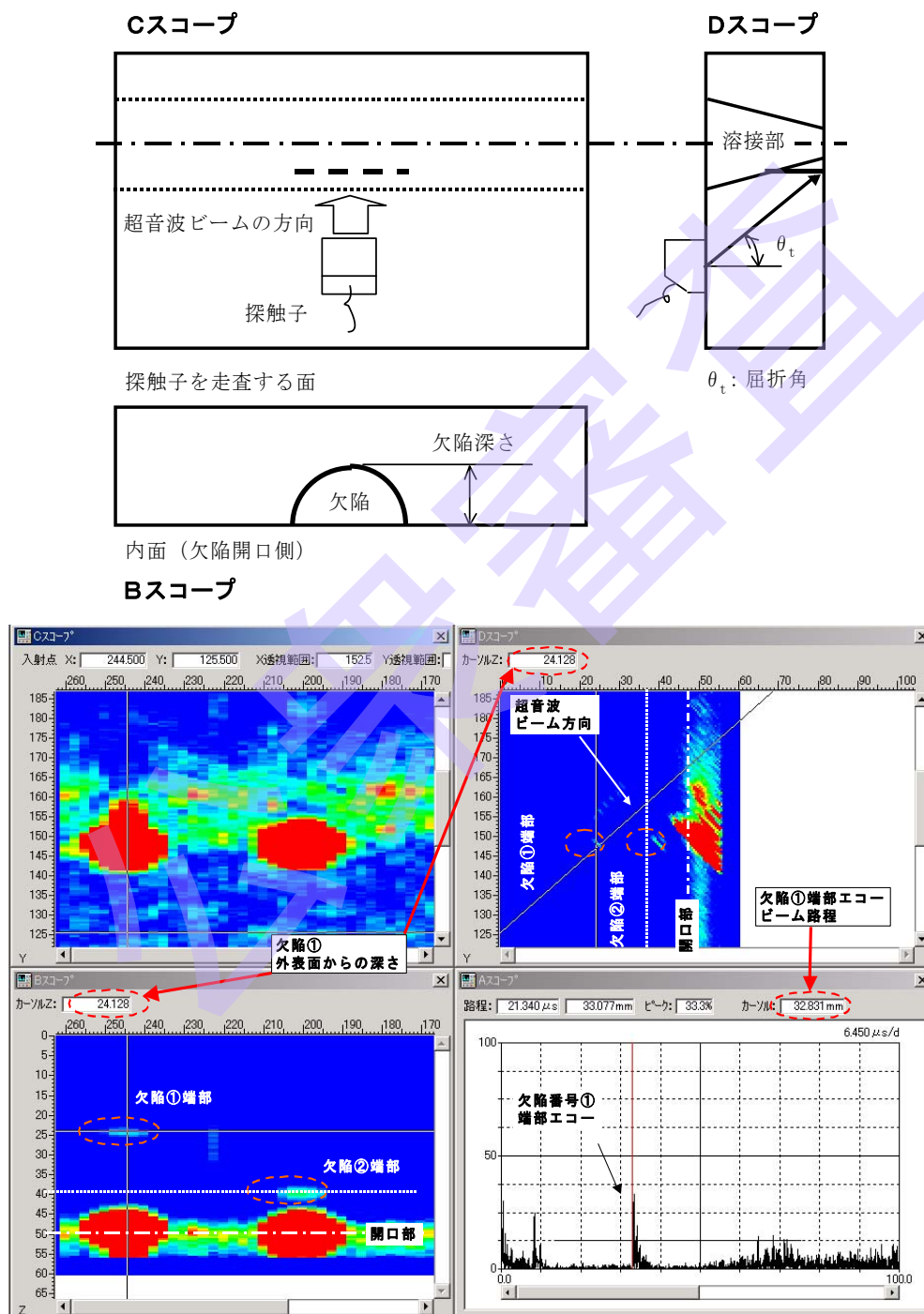
(c) 断面解析図への端部エコー法測定結果の反映

解説図-A-4730-1 作図に基づく解析手順 (例)

(2) 専用画像データによる解析

端部エコー法を自動探傷で行う場合、採取したデータを専用の機能で処理して解析することが一般的である。したがって、上記(1)項の方法以外に専用の出力画像 (A, B, C, D スコープ) データから欠陥深さを求めることができる。

なお、自動探傷で得られる専用画像データの例を解説図-A-4730-2 に示す。



解説図-A-4730-2 自動探傷結果の画像例

### (3) 欠陥深さの算出

上記(1)項及び(2)項の手順で解析を行った後、次のいずれかの方法で欠陥深さを求める。

なお、算出式の記号は、解説図-A-4730-1(c)に基づく。

- a. 欠陥開口部と欠陥先端部との伝ば時間の差から欠陥深さ  $d$  を算出

$$d = (W1 - W2) \cdot \cos \theta t$$

- b. 板厚測定記録 ( $T1$ : 欠陥開口部近傍の板厚) を用いて欠陥深さ  $d$  を算出

$$d = T1 - W2 \cdot \cos \theta t$$

- c. 探触子を走査する面から欠陥先端部までの深さ ( $Z_T$ ) で表す場合

$$Z_T = W2 \cdot \cos \theta t$$

- d. 解析図 (作図) から直読する場合

### (4) 留意事項

端部エコー法による欠陥深さ寸法測定にあたっての留意事項を下記に示す。

- a. 測定誤差

解説 A-1200-1 で示したように、本附属書の測定要領に従うことにより UTS, PLR 配管サイジング精度確性試験及び NSA で得た精度が期待できる。一方で、常に測定誤差の発生を見込んでおく必要がある。

- (a) 欠陥性状に起因するもの

- i. 欠陥の段付き部

欠陥が板厚方向に進展していく過程で生じる段付き部 (又は屈曲点) が反射源となり、これを欠陥先端部からの端部エコーと判断して測定する場合がある。

- ii. 欠陥の傾き

欠陥が進展していく過程で、全体的に溶接部側に傾く場合もある。このような傾きの影響で、端部エコーの識別性が低下することがある。

- iii. 欠陥先端位置

オーステナイト系ステンレス鋼溶接継手 (ボンド部及び溶接金属内) のように金属組織ノイズが発生し易い位置に、欠陥先端が存在した場合、端部エコーの識別性の低下とともに金属組織ノイズを端部エコーとして判断を誤る可能性がある。

これは、クラッドを施した容器の場合も同様で、クラッド境界面近傍で発生する金属組織ノイズを端部エコーとして判断を誤る可能性がある。

- iv. 欠陥先端位置における欠陥の間隙

欠陥の間隙が非常に狭くなると超音波が透過し易くなり、真の先端エコーが捉え難くなる場合がある。

(b) 手法による誤差

i. 屈折角の誤差

屈折角の測定誤差，試験部表面形状（凹凸）の影響による誤差が挙げられる。

ii. ビーム路程読み取り精度による誤差

欠陥先端あるいは欠陥開口部までのビーム路程（伝ば時間）の読み取り誤差が挙げられる。

iii. 超音波ビーム路程の拡がり

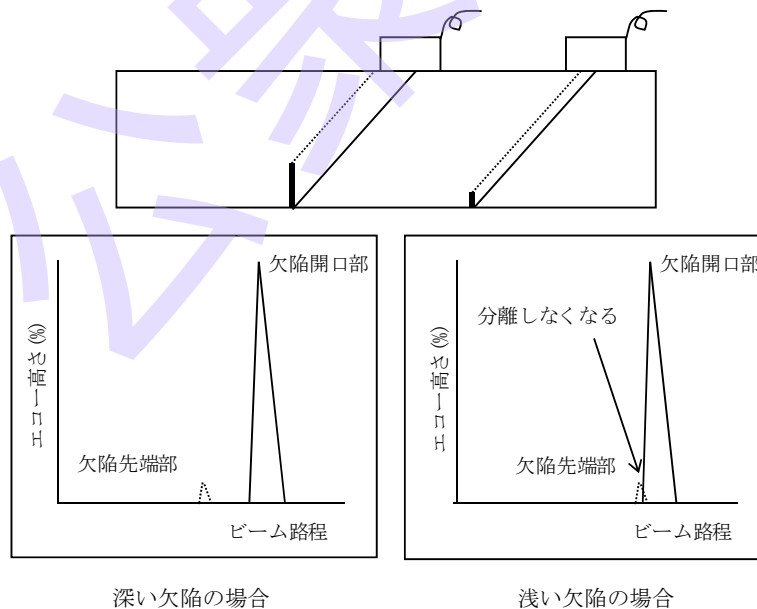
超音波ビームの拡がり，測定した屈折角と欠陥先端を捉えた時の屈折角が異なる場合がある。

b. 測定限界

欠陥深さ寸法測定は，a. 項で示した測定誤差の他に測定限界が存在する。端部エコー法における測定限界値は，一般的に欠陥深さ 2～3mm 程度といわれている。

測定限界値は，欠陥性状，試験部の組織ノイズ等の因子により影響を受けるが，適用する探触子の周波数（波長）や解説図-A-4730-3 に示すように欠陥開口部からの反射エコーと端部エコーとの分離性も大きく影響する。

微弱な信号である端部エコーに比べて，欠陥開口部からの反射エコーは比較的大きな信号であることが多い。したがって，欠陥が浅い場合は，欠陥開口部からの反射エコーと欠陥先端からの端部エコーが分離できなくなる可能性がある。



解説図-A-4730-3 欠陥深さの測定限界に関する概念

なお、測定限界に関しては、解説 A-1200-1 で示した。

c. オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接継手を対象とした場合の留意事項

オーステナイト系ステンレス鋼配管を対象として欠陥深さ寸法測定を行う場合、欠陥先端を特定することが困難な場合がある。

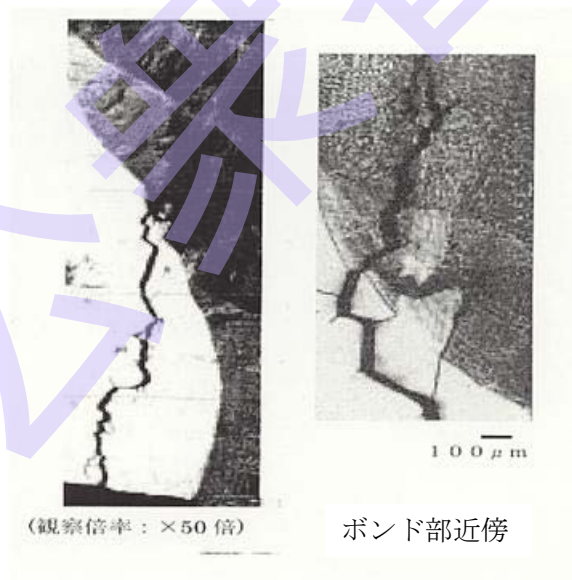
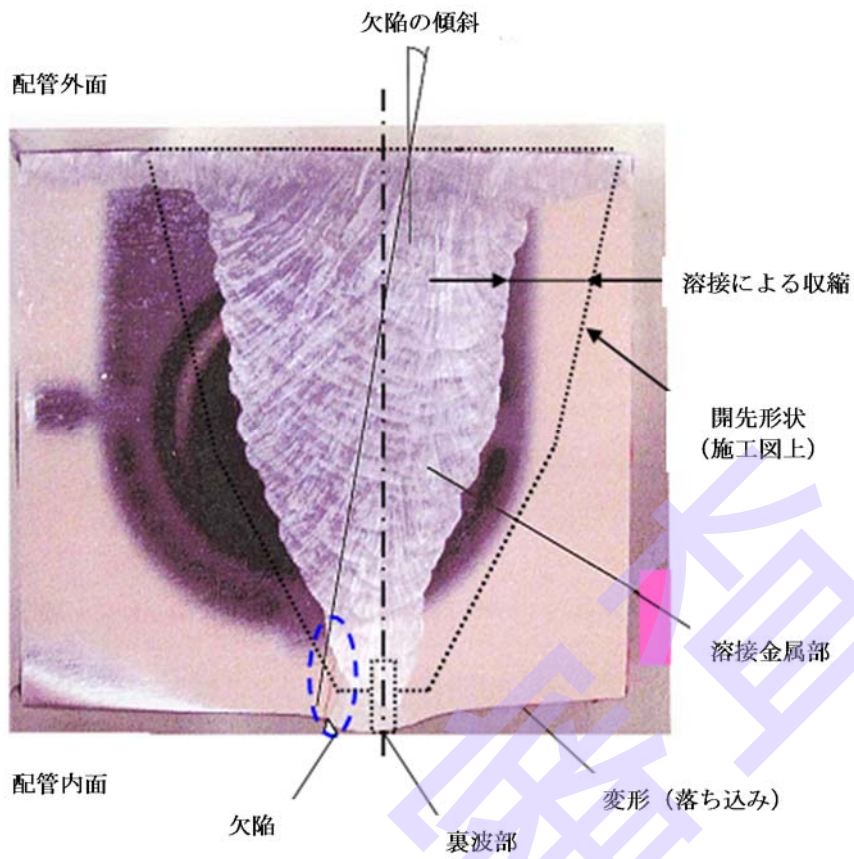
また、損傷事例があった SUS316L 材では、これまで端部エコーの特定が困難とされてきた溶接金属内に欠陥の先端が進展した例が報告されている。したがって、欠陥先端が溶接金属内に進展している可能性を考慮した対応が求められる。

手動探傷結果の解析手順の例を(1)項で示したが、更に下記事項にも注意して解析することが望ましい。

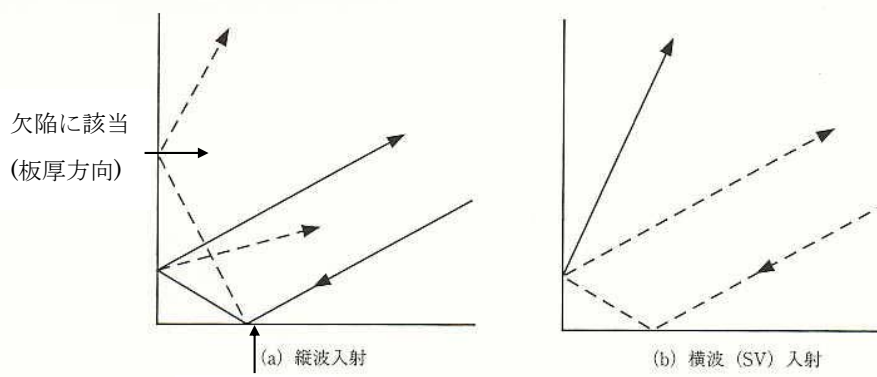
- (a) 溶接時の入熱の影響で、施工図上の溶接部形状と実際の溶接部では次のような相違が認められる。
  - i. 開先が収縮することにより、実際の溶接金属幅は、図面の開先幅より狭くなる。
  - ii. 裏波部近傍の形状に変形（落ち込み）が生じる。
- (b) 実機プラントのオーステナイト系ステンレス鋼配管（SUS316L 材）の熱影響部で生じた応力腐食割れ（SCC）は、溶接中心線側に傾いて進展することもあり、この点も考慮する必要がある。（解説図-A-4730-4 参照）
- (c) オーステナイト系ステンレス鋼配管の溶接金属内への横波端部エコー法の適用は、無効と判断することが妥当である。したがって、溶接金属内に欠陥が進展するおそれがある場合は、縦波端部エコー法を併用して測定する必要がある。
- (d) 縦波端部エコー法で、欠陥開口部と欠陥先端部との伝ば時間の差で欠陥深さを算出する場合、誤差が大きくなることがある。

これは、解説図-A-4730-5 に示すように、縦波の場合、欠陥コーナ部での反射率が著しく低下し、安定したコーナエコーが得られないことによる。





解説図-A-4730-4 オーステナイト系ステンレス鋼配管における SCC 形態 (例)  
(SCC 先端が溶接金属内に進展したケース)



内面に該当 図2.18 直角な角での反射

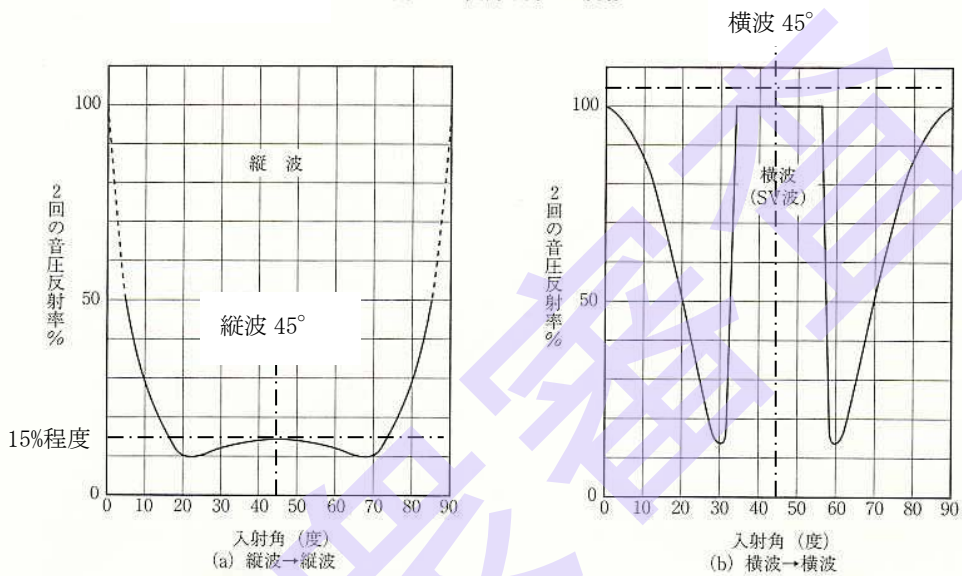


図2.19 直角な角における超音波の音圧反射率 (鋼材)

出典：超音波探傷試験Ⅲ(2001年)，P28，(社)日本非破壊検査協会

解説図-A-4730-5 欠陥開口部におけるエコー反射率 (縦波と横波の比較)

## A-5000 TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領

### (解説 A-5000-1) TOFD 法による欠陥深さ寸法測定要領

適用範囲については、UTS で確認されている範囲とした。

### (解説 A-5120-1) 試験部の表面状態

TOFD 法は、1 組の探触子（送信側探触子，受信側探触子）を対向させて配置し、欠陥をはさむようにして測定を行う。このため 1 個の探触子で行う端部エコー法と比べて、試験部の幾何学的制約を受けやすい。

また、欠陥深さ寸法測定を行う場合、欠陥長さ方向に対して直角方向に走査する必要性から、端部エコー法と同様に平滑な状態を確保する必要がある。

### (解説 A-5221-1) 超音波探傷器

TOFD 装置は、一般的に超音波自動探傷器、探触子、探触子走査装置及び画像表示装置で構成されている。

#### (1) 超音波自動探傷器

画像を構築する上で必要な超音波波形（ビーム路程，エコー高さ）を収録する機能を有している。

#### (2) 探触子

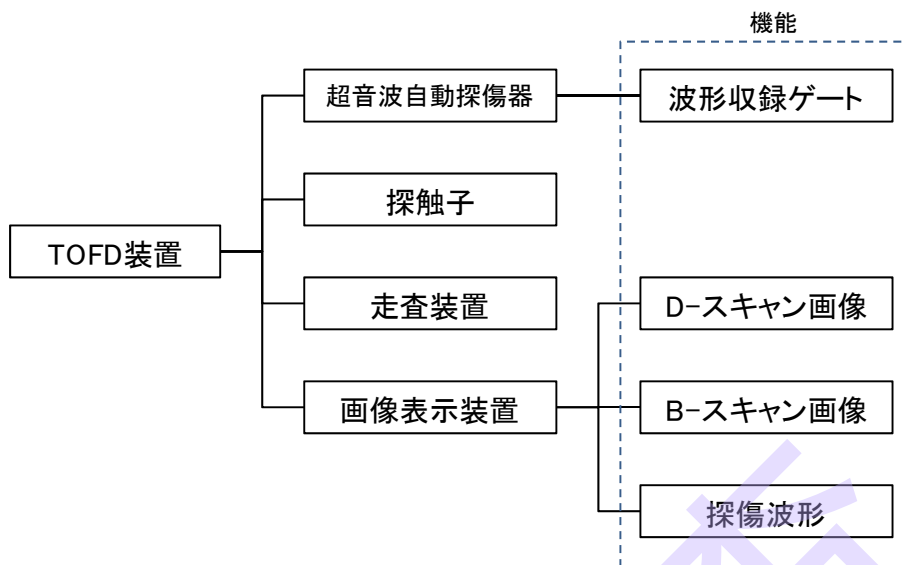
送信側及び受信側の 2 個の縦波探触子から構成する。探触子については、解説 A-5222-1 項，解説 A-5322-1 項及び解説 A-5422-1 項を参照のこと。

#### (3) 走査装置

送信側探触子及び受信側探触子について、一定の間隔を保ちながら走査できる自動駆動装置又は簡易走査装置が用いられる。

#### (4) 画像表示装置

収録した超音波データに基づき、D-スキャン画像及び B-スキャン画像が表示できる機能を有している。この場合、超音波波形の振幅に応じた階調表示が可能な機能を有している。TOFD 装置の基本構成を解説図-A-5221-1 に示す。



解説図-A-5221-1 TOFD装置の構成

(解説 A-5222-1) 探触子

- (1) TOFD法に用いる探触子においても、端部エコー法と同様に高分解能、高SN比及び高感度（欠陥先端からのエコー強度を十分確保する）の性能を有する探触子を適用することが必要である。このために広帯域型探触子を要求することとした。一方、TOFD法は、超音波ビームを拡げて広い範囲で欠陥先端を捉える方法であることから、一般的に端部エコー法のような集束型探触子是用いられていない。ただし、一定の深さに焦点を絞って測定するほうが好ましいと判断されることもあり、集束型探触子を用いてもよいこととした。
- (2) 振動子寸法、くさび形状については、試験部との接触性を考慮して個別に定めなければならない。特に曲率の小さい配管の場合は、試験部との接触性を考慮した探触子を選定することが必要となる。
- (3) UTSで用いられた探触子の主な仕様を解説表-A-5222-1に示す。

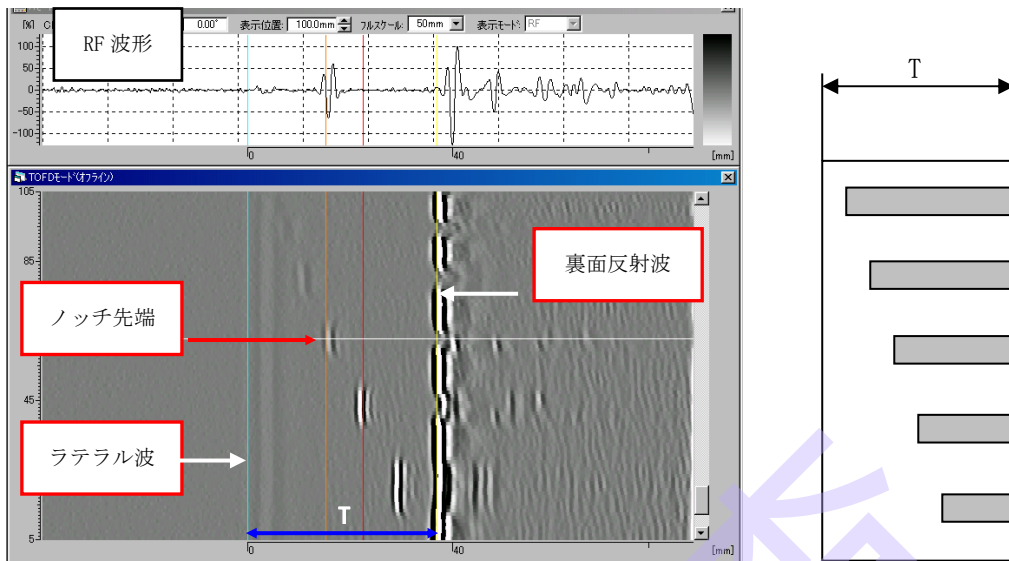
解説表-A-5222-1 TOFD 法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t	500A×35t	600A×50t	80t
型式	広帯域型				
振動モード	縦波				
周波数 (MHz)	10	5 , 10			
公称屈折角 (°)	22~45	45~60	22~60	35~51	22~51
振動子径 (mm)	5	6~12	5~12	5~20	12~20
くさび	平坦				
備考	送信側, 受信側とも同一仕様で構成				

(解説 A-5243-1) 対比試験片の種類

TOFD 法で用いる対比試験片は、端部エコー法と同様に①探傷感度の再現の手段、②測定分解能の検証、③時間軸（伝ば時間）の検証、④試験部のエコー強度分布の検証を目的としている。したがって、試験部の厚さを満足する範囲で時間軸が校正できる試験片であれば、校正用反射体は、ノッチあるいは横穴のいずれでもよいこととした。ただし、校正用反射体が送信側-受信側探触子の間隔の中心になるように対向させて配置できる幅、長さを有したものが条件となる。対比試験片の一例を解説図-A-5243-1～解説図-A-5243-3 に示す。

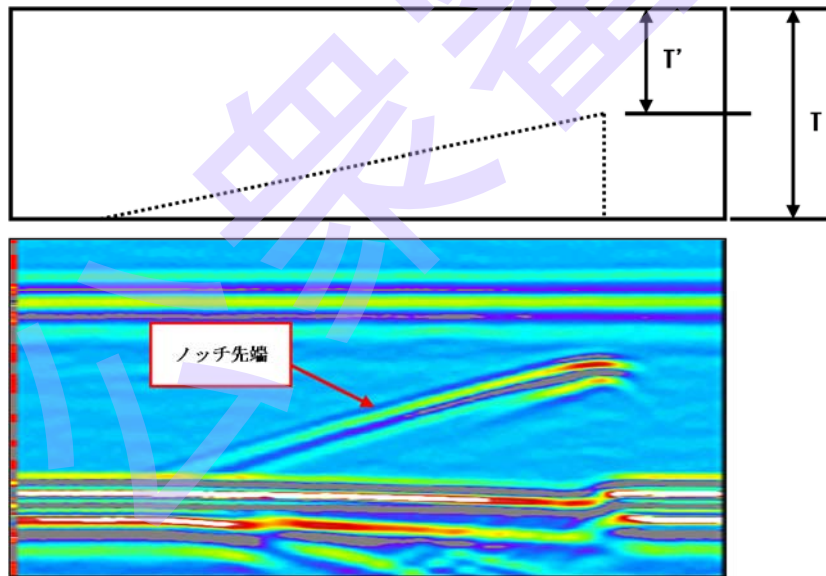
T : 試験部の厚さ以上



ノッチ (2 個以上) : 長方形又は半楕円

(a) ノッチ付き対比試験片の例 (TOFD 法画像)

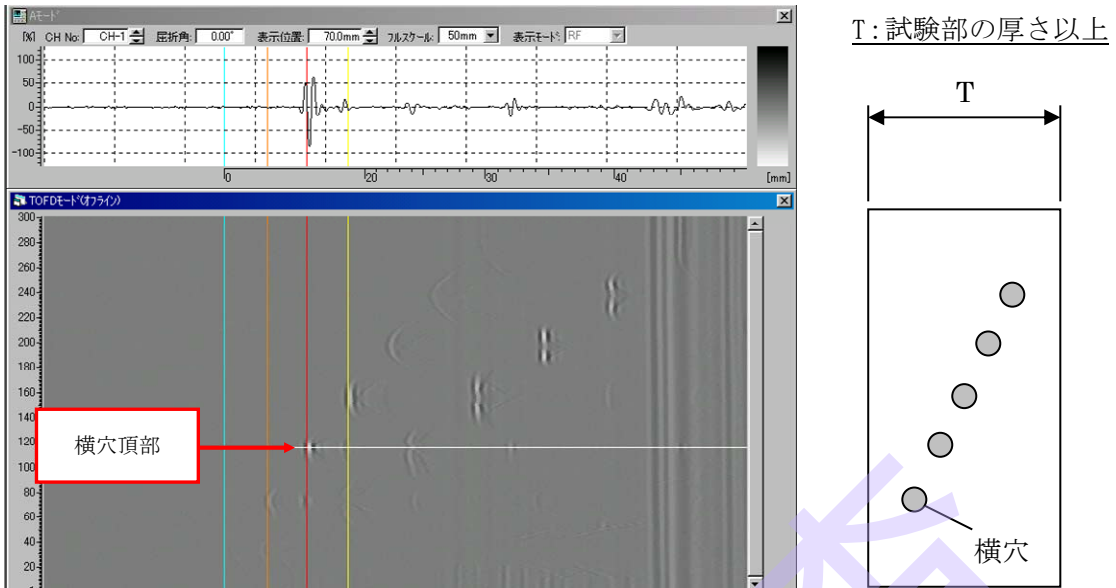
T : 試験部の厚さ以上



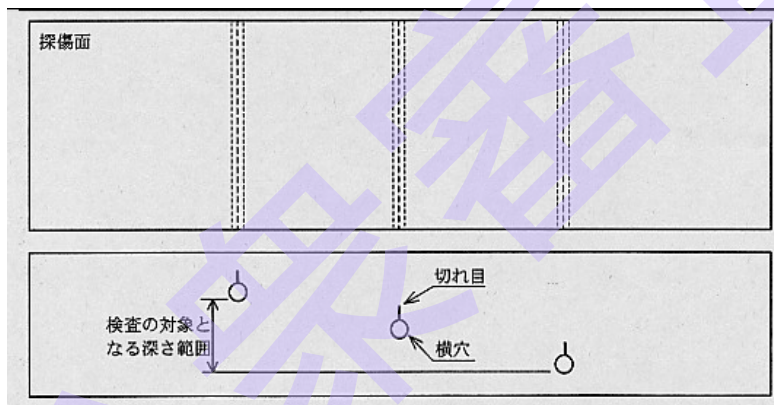
(b) ノッチ (連続) 付き対比試験片の例 (TOFD 法画像)

解説図-A-5243-1 TOFD 法用対比試験片 (ノッチ付き) の例

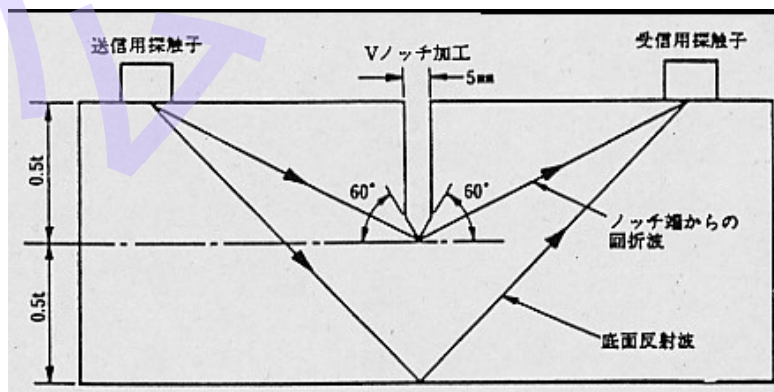




解説図-A-5243-2 TOFD 法用対比試験片（横穴：RB-SDH）の例



(a) NDIS2423-2001 附属書 1 より



(b) Vノッチ (BS 7706-1993)

解説図-A-5243-3 TOFD 法用対比試験片（その他の形状）の例

#### (解説 A-5251-1) 超音波探傷器

TOFD 法で用いる超音波探傷器の時間軸に関する測定方法は、規格等で定まっていない。TOFD 法は、送信側探触子－受信側探触子の間隔の設定ごとに同じ深さ位置でも伝ば時間が異なることから、時間軸直線性の確認は測定条件ごとに行う。通常は、実際の測定で行う校正（時間軸の調整、基準感度の調整）時に確認して、異なる深さ位置が正しく表示されればよいとしている。ただし、時間軸直線性に限らず、TOFD 装置の性能確認は必要であり、この確認方法は、装置製作メーカーに点検を委ねるか、あるいは試験実施元で個別に性能測定要領を定めて行うことになる。

#### (解説 A-5252-1) 探触子

- (1) TOFD 法は、ビームを拡げて測定するのが一般的であり、また、欠陥位置あるいは欠陥深さを求める場合、送信側探触子－受信側探触子の間隔と材料の音速設定が最も重要である。このため、端部エコー法と異なり、屈折角の厳密な測定は不要である。ただし、交軸の設定に当たり、屈折角の把握が必要であることから、測定開始前は、他の手法と同様に屈折角の測定を要求することとした。
- (2) TOFD 法で用いる探触子の入射点及び屈折角は、それ自体の変動が、欠陥深さ算出に与える影響は少ない。したがって、測定頻度は設けないこととした。

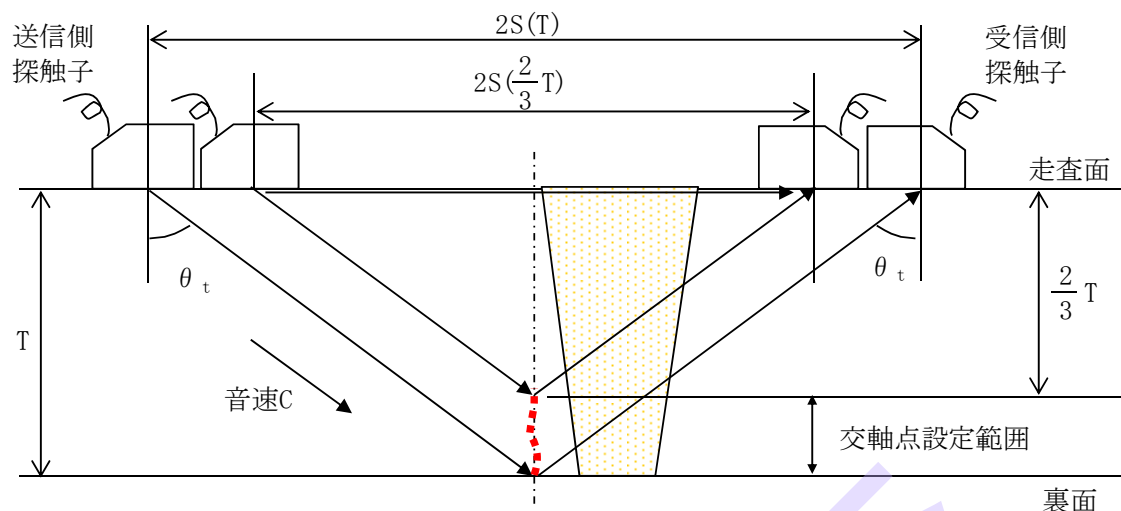
#### (解説 A-5272-1) 予備測定

TOFD 法の場合、超音波ビームを拡げて測定することから、端部エコー法と異なり、広い板厚範囲をカバーできる。しかし、屈折角が小さい場合、送信側探触子－受信側探触子の間隔で定まる交軸点から外れると感度の低下が認められるようになり、有効な測定範囲が狭くなる。このような場合には、予備測定を行うことで、欠陥先端の見逃しあるいは誤認識防止に努めることが必要である。

#### (解説 A-5273-1) TOFD 法による測定

- (1) TOFD 法の場合、探触子の屈折角と送信側－受信側探触子の間隔で超音波の強度が最も強い交軸が求まる。一般的には、試験部の厚さの $\frac{2}{3}$ から試験部厚さの位置に合うように間隔を設定する。（解説図-A-5273-1 及び解説表-A-5273-1 参照）





$2S(T)$  : 探触子間隔 (試験部の厚さに交軸点を設定した場合)  
 $2S(\frac{2}{3} T)$  : 探触子間隔 (試験部の厚さの $\frac{2}{3}$ 位置に交軸点を設定した場合)  
 $\theta$  : 屈折角  
 $2S(T) = 2T \tan \theta_t$     $2S(\frac{2}{3} T) = \frac{4}{3} T \tan \theta_t$

解説図-A-5273-1 探触子間隔の設定

解説表-A-5273-1 探触子間隔の設定値 (例)

試験部位 及び 試験部の 厚さ	公称 屈折角 (°)	設定範囲	探触子間隔(mm)		
			$\frac{2}{3} T$ 又は (T-50)	$\frac{3}{4} T$ 又は (T-25)	T
配管(10mm)	45	$\frac{2}{3} T \sim T$	13.3 (=14)	15	20
	60		23.1 (=24)	26	34.6 (=34)
配管(20mm)	45	$\frac{2}{3} T \sim T$	26.7 (=26)	30	40
	60		46.2 (=46)	52	69.3 (=70)
配管(40mm)	45	$\frac{2}{3} T \sim T$	53.3 (=54)	60	80
	60		92.4 (=92)	103.9 (=104)	138.6 (=140)
容器(100mm)	30	(T-50) ~ T	57.7 (=58)	86.6 (=86)	115.5 (=116)
	45		100	150	200
容器(160mm)	30	(T-50) ~ T	127	155.8 (=156)	184.7 (=184)
	45		220	270	320

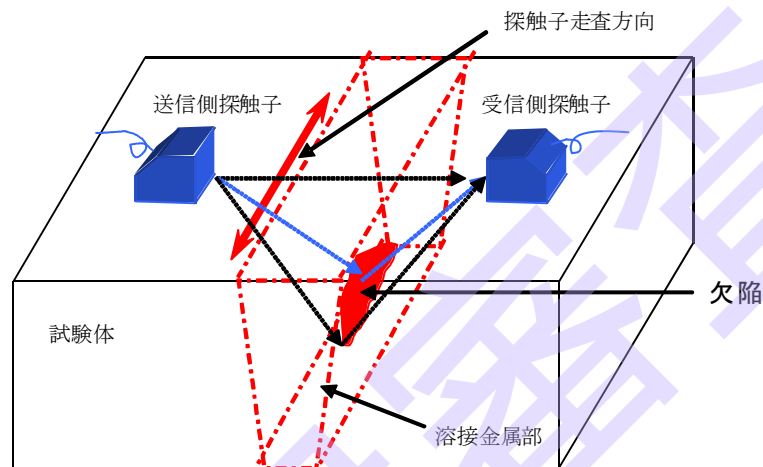
(2) TOFD 法は、予め探傷試験の結果で得た欠陥長さ範囲全体にわたり、D-スキャン走査を行う。この結果から、欠陥の最深部はほぼ特定できる。したがって、この位置でのB-スキャンで欠陥深さを測定すればよい。

なお、D-スキャン及びB-スキャンとは、次のことをいう。

a. D-スキャン

溶接線又は欠陥の長手方向（超音波ビームの方向に対して垂直の方向）に一对の探触子を走査する方法で、ラインスキャン、ノン・パラレルスキャンとも呼ばれる。

D-スキャンの概要を解説図-A-5273-2 に示す。D-スキャンは、一般的に欠陥の有無を確認するうえで最初に行う走査であり、欠陥の存在及び欠陥長さ分布の情報を得ることを主な目的としている。



解説図 A-5273-2 D-スキャンの模式図

b. B-スキャン

溶接線又は欠陥を横断する方向（超音波ビームの方向）に一对の探触子を走査する方法で、ラテラルスキャン、パラレルスキャンとも呼ばれる。

B-スキャンの概要を解説図-A-5273-3 に示す。TOFD 法では、欠陥は、探触子間の中心に位置することを前提に画像表示することから、探触子間の中心と欠陥位置にずれがある場合、走査面から欠陥までの深さ方向位置にずれが生じる（解説図-A-5273-4）。このため、精密に欠陥深さを測定する場合、探触子間の中心が必ず欠陥位置と一致するような走査が必要となる。即ち、溶接線又は欠陥を横断する方向（超音波ビームの方向）に走査することが望ましい。

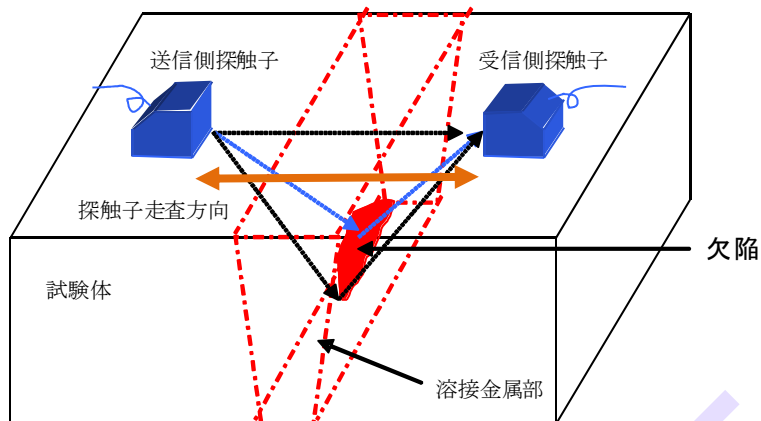
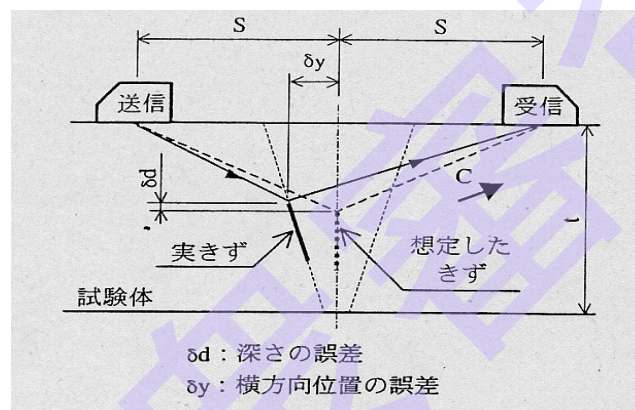


図-A-5273-3 B-スキャン模式図



解説図-A-5273-4 横方向位置の誤差

- (3) 上記(2)項で示したように、送信側探触子-受信側探触子の間隔の中心に欠陥が位置した場合、正確な欠陥深さ情報が得られる。したがって、送信側探触子と受信側探触子の間隔の中心に欠陥が位置する B-スキャンで評価することが必要となる。このため、D-スキャンにより最深部と推定した位置で、B-スキャンを行って評価しなければならない。

(解説 A-5310-1) 適用範囲

オーステナイト系ステンレス鋼溶接部に対する TOFD 法は、溶接金属部を介した探触子配置になることから、フェライト鋼と比較して欠陥先端エコーの識別性が著しく低下する。UTS では、試験部の厚さ 10mm で適用でき、一方、25mm の厚さで適用できないことが判明した。しかし、平成 14 年度以降の UTS では、TOFD 法の改良が図られ（探触子の選定等）、疲労亀裂を対象として、探触子を走査する面から 20mm 程度の位置まで亀裂先端が進展している場合は、測定可能になる結果を得た。

また、PLR 配管サイジング精度確性試験及び NSA の中で、フェーズドアレイ TOFD 法が用いられ、試験部の厚さが約 40mm でも適用できることが判明した。したがって、試験部の厚さが 20mm を超える場合であっても適用性が確認されれば用いてもよいものとした。

**(解説 A-5322-1) 探触子**

適用する探触子の考え方は、解説 A-5222-1 と同じである。

UTS で厚さ 10mm に用いた探触子と厚さ 25mm に用いた探触子の主な仕様例を解説表-A-5322-1 に示す。

また、PLR 配管サイジング確性試験で用いられたアレイ探触子（フェーズドアレイ TOFD 法）の仕様例を解説表-A-5322-2 に示す。

**解説表-A-5322-1 TOFD 法用探触子一覧（UTS で用いられた主な仕様例）**

口径及び 試験部の厚さ	150A×10t	350A×25t
型式	広帯域(又はコンポジット)型	
振動モード	縦波	
周波数(MHz)	5, 10	2, 25, 5
公称屈折角 (°)	22.5~60	30, 45, 60, 60(集束)
振動子径 (mm)	6	6~13
備考	(1)対象：10t は SCC と疲労亀裂，25t は，疲労亀裂と人工ノッチ (2)25t では，5MHz 縦波 30° と他の角度を組合せて行う。	

**解説表-A-5322-2 TOFD 法用探触子一覧**

(PLR 配管サイジング精度確性試験で用いられた主な仕様例)

口径及び 試験部の厚さ	300A×19.8t, 400A×23.9t, 600A×36.4t
探触子	2MHz32 素子アレイ探触子

**(解説 A-5422-1) 探触子**

適用する探触子の考え方は、解説 A-5222-1 と同じである。UTS で用いた探触子の主な仕様例を解説表-A-5422-1 及び解説表-A-5422-2 に示す。

解説表-A-5422-1 TOFD 法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例：容器外面側)

試験部の厚さ	100t	160t	180t	250t
型式	広帯域型			
振動モード	縦波			
周波数(MHz)	3～5			2.25
公称屈折角(°)	22.5～60			22.5
振動子径(mm)	13～25			25

解説表-A-5422-2 TOFD 法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例：容器内面側)

試験部の厚さ	(100t, 180t, 250t 亀裂開口側)
型式	広帯域型
振動モード	縦波
周波数(MHz)	2.25, 5
公称屈折角(°)	45, 60
振動子径(mm)	13

(解説 A-5510-1) 適用範囲

容器管台内面の丸みの部分に対する管台外面側又は内面側からの測定における適用範囲は、UTS で確認されている以下とする。ただし、ここで規定された寸法以外でも、探触子の走査、接触状態及び超音波特性が、測定に支障を及ぼさず、UTS と同様の測定精度が得られることを事前に確認できれば、適用可能である。(解説図-A-5510-1)

(1) 管台の寸法

a. 管台外面側からの測定

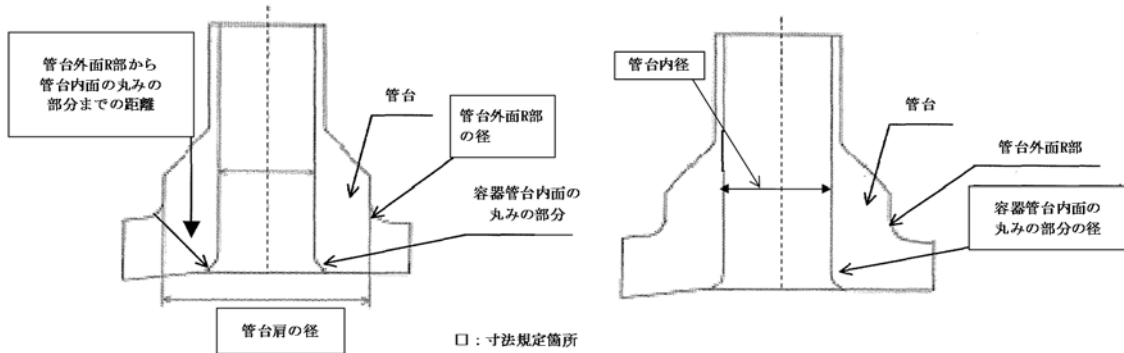
- (a) 探触子が接触する面(管台外面 R 部)の直径(管台肩の外径)が 199mm 以上及び外面 R 部の曲率半径が 40mm 以上のもの
- (b) 管台外面 R 部から容器管台内面の丸みの部分までの距離：97～326mm
- (c) 試験部の厚さ(試験範囲)：内面から母材側 25mm

b. 管台内面側からの測定

- (a) 探触子が接触する面(容器管台内面の丸みの部分)の直径(管台内径)：698.5mm, 容器管台内面の丸みの部分の曲率半径：133mm
- (b) 試験部の厚さ(試験範囲)：内面から母材側 25mm

(2) 対象欠陥

管台コーナ円に対し法線方向の開口欠陥 (UTS では疲労亀裂を想定)



管台外面 R 部からの測定

容器管台内面の丸みの部分からの測定

解説図-A-5510-1 容器管台内面の丸みの部分の測定

(解説 A-5522-1) 探触子

UTS で用いた探触子の主な仕様例を解説表-A-5522-1 に示す。

解説表-A-5522-1 容器管台内面の丸みの部分の測定に対する TOFD 法用探触子一覧  
(UTS で用いられた主な仕様例)

	管台外面側からの測定	管台内面側からの測定
型式	狭帯域又はコンポジット型	コンポジット型
振動モード	縦波	
周波数(MHz)	2~5	5
公称屈折角 (°)	8~24.2	45
振動子径 (mm)	12.7~25.4 相当	6.4
備考	対象欠陥：管台コーナ円に対し法線方向の開口欠陥（疲労亀裂を想定）	

(解説 A-5610-1) 適用範囲

容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手のうち、バタリング部に対する内面側からの測定における適用範囲は、UTS で確認されている以下とする。ただし、ここで規定された寸法以外でも、探触子の走査、接触状態及び超音波特性が、測定に支障を及ぼさず、UTS と同様の測定精度が得られることを事前に確認できれば、適用可能である。

(1) 管台の寸法

- a. 探触子が接触する面の曲率半径：254mm を超える曲率半径
- b. 試験部の厚さ（試験範囲）：内面から母材側 12mm
- c. バタリング部材質：オーステナイト系ステンレス鋼又はニッケル基合金

(2) 対象欠陥

溶接線に平行なバタリング部内表面開口欠陥 (UTS では疲労亀裂及び SCC を想定)

(解説 A-5622-1) 探 触 子

UTS で用いた探触子の主な仕様例を解説表-A-5622-1 に示す。

解説表-A-5622-1 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手の測定に対する  
TOFD 法用探触子一覧 (UTS で用いられた主な仕様例)

	内面側からの測定
型式	広帯域型
振動モード	縦波
周波数 (MHz)	5
公称屈折角 (°)	45
振動子径 (mm)	12.7
備考	対象欠陥：溶接線に平行なバタリング部内表面開口欠陥 (疲労亀裂を想定)

(解説 A-5730-1) 解 析

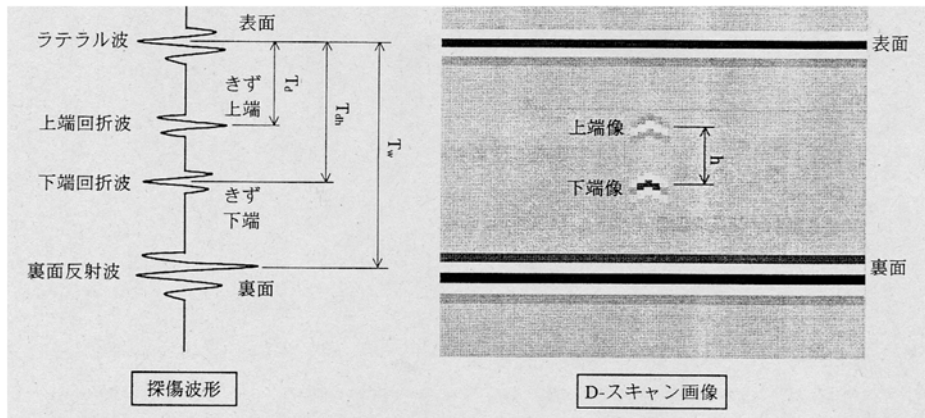
TOFD 法の結果に基づく欠陥深さ寸法測定は、TOFD 法専用の画像データから直接読み取ることができる。

TOFD 法の画像データの読み取り、考慮すべき項目及び画像データに関する一例を下記に示す。

(1) 伝ば時間の読み取り

読み取り方法としては、波形のピーク位置を読む方法、波形の立ち上がり位置を読む方法及びゼロクロス [RF 信号が+側から-側 (又は-側から+側) に移行する場合に通過するゼロ点] で読み取る等の方法が適用されており、試験の対象となる深さ位置あるいは使用する探触子の種類等によって、最適な波形の読み位置が異なることがある。解説図-A-5730-1 は、波形のピーク位置で読み取る方法を示している。



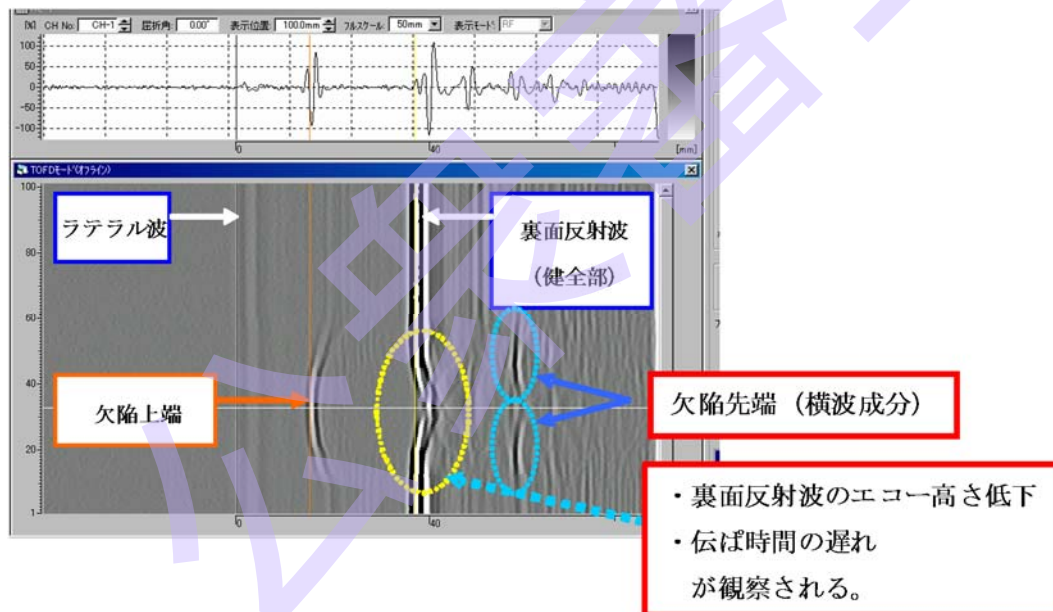


解説図-A-5730-1 伝ば時間の読み取り方法（波形のピーク位置で読み取る場合）

(2) TOFD 波形の特徴

TOFD 法では、欠陥の位置及び種類によって波形の特徴が異なる。

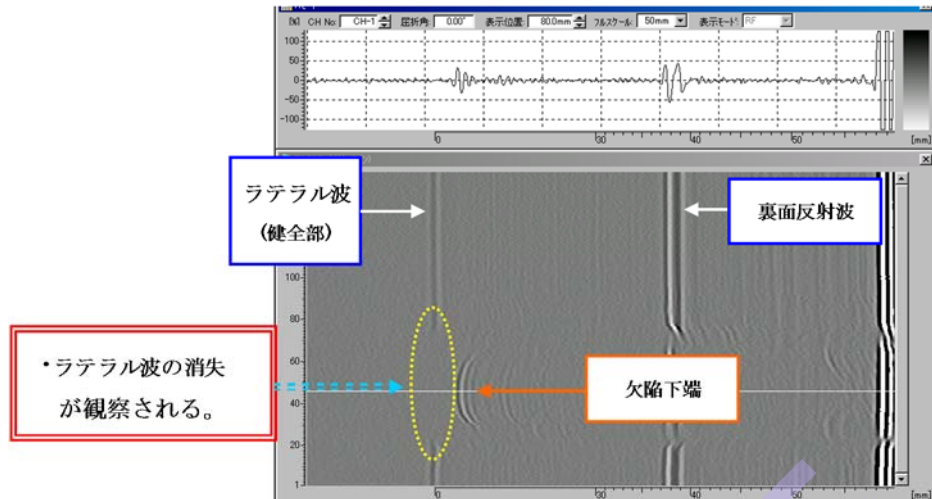
- a. 裏面開口欠陥の場合、欠陥上端からの回折波が観察されるとともに、裏面反射波のエコー高きの低下及び伝ば時間の遅れが認められる。（解説図-A-5730-2）



解説図-A-5730-2 裏面開口欠陥の場合（B-スキャン）

- b. 表面開口欠陥の場合、欠陥下端からの回折波が観察されるとともに、ラテラル波のエコー高きの低下（又は消失）が認められる。（解説図-A-5730-3）





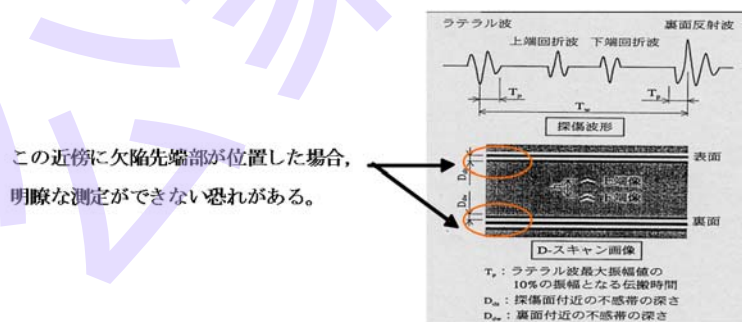
解説図-A-5730-3 表面開口欠陥の場合 (B-スキャン)

(3) TOFD 法で考慮すべき測定誤差

TOFD 法では、装置の校正、探触子の走査方法及び試験部の形状等により測定誤差が生じる。TOFD 法で考慮すべき主な誤差要因として、解説 A-5273-1 項で示した横方向位置の誤差の他に、時間計測誤差、音速の誤差、探触子間隔の誤差等がある。これらの誤差については、NDIS 2423 に記載されている。

(4) TOFD 法の不感帯

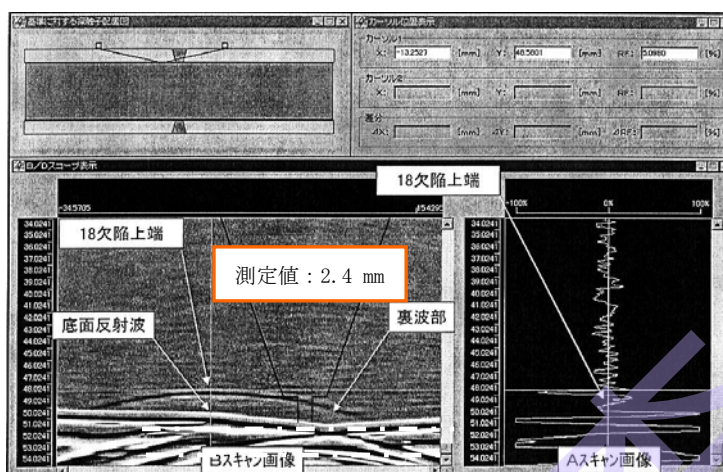
欠陥先端部が走査面側又は裏面側に近接した場合、ラテラル波又は裏面反射波と干渉して欠陥先端部の位置が明瞭に測定できない場合が生じる。これを不感帯とよび、TOFD 法の場合、表面不感帯と裏面不感帯の二つの不感帯が存在する。(解説図-A-5730-4)



解説図-A-5730-4 不感帯

(5) TOFD 画像データの例

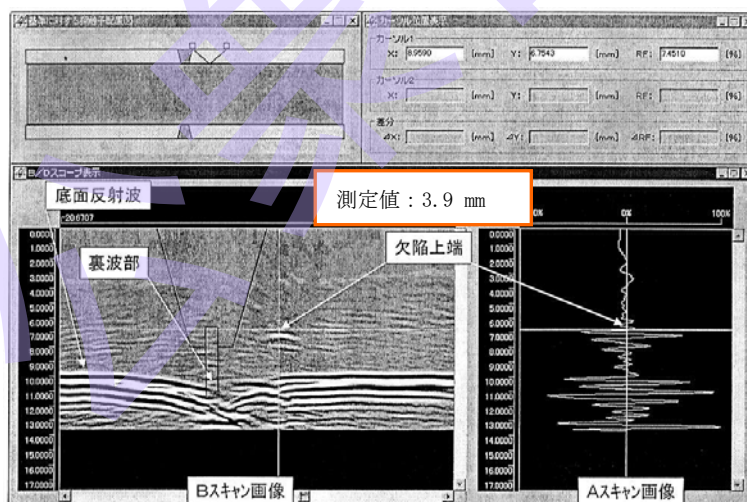
a. フェライト鋼配管 (600A×50t : 疲労亀裂) の場合



- ・探触子仕様 : B5Z6LA45 (5MHz 広帯域型縦波 45°, 振動子径 6mm)
- ・探触子間距離 : 90mm (交軸点 : 試験部の厚さ位置)
- ・欠陥寸法 : 深さ 2.4mm×長さ 14.5mm

解説図-A-5730-5 フェライト鋼配管疲労亀裂の場合 (B-スキャン)

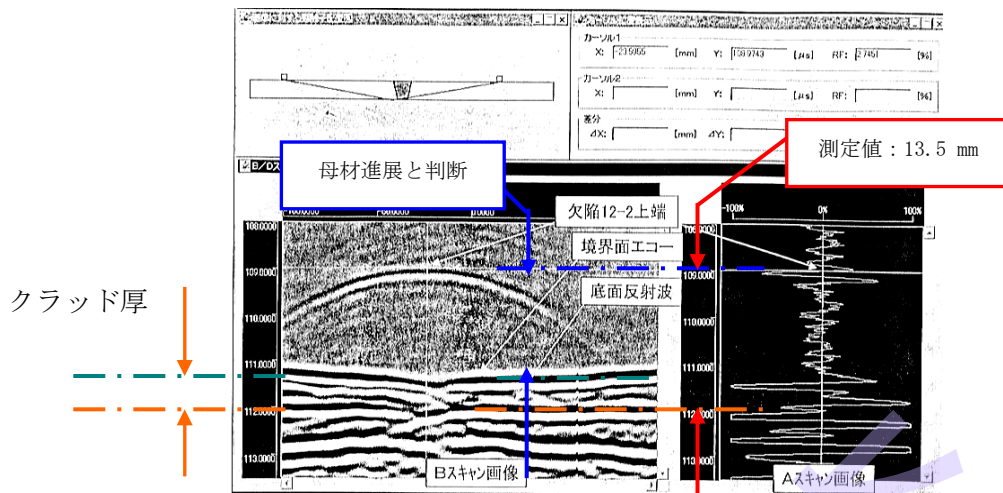
b. オーステナイト系ステンレス鋼配管 (150A×10t : 疲労亀裂) の場合



- ・探触子仕様 : B5Z6LA45 (5MHz 広帯域型縦波 45°, 振動子径 6mm)
- ・探触子間距離 : 18mm (交軸点 : 試験部の厚さ位置相当)
- ・欠陥寸法 : 深さ 3.5mm×長さ 16.2mm

解説図-A-5730-6 オーステナイト系ステンレス鋼配管疲労亀裂の場合 (B-スキャン)

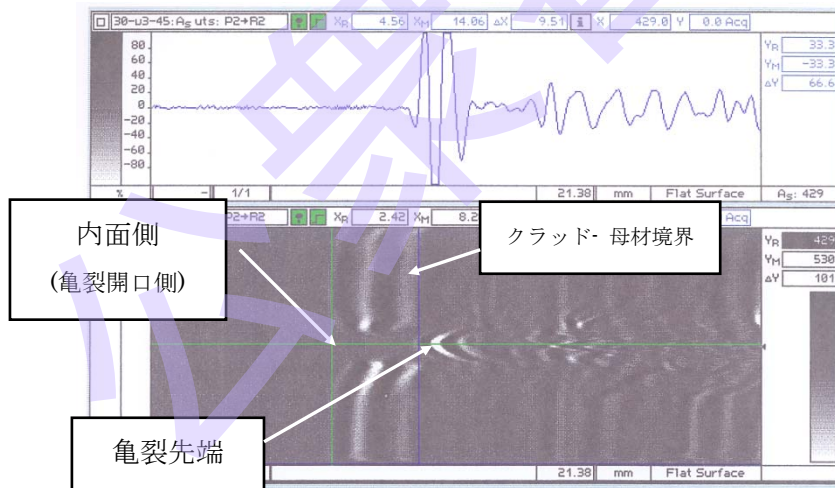
c. クラッドを施した容器(160t：疲労亀裂)の外側側走査の場合



- ・探触子仕様：B5Z12LA60（5MHz 広帯域型縦波 60°，振動子寸法径 12mm）
- ・探触子間距離：486mm（交軸点：走査面から 140mm の深さ位置）
- ・欠陥寸法：深さ 16.4mm×長さ 71.9mm

解説図-A-5730-7 クラッドを施した容器（疲労亀裂）の外側側走査の場合（B-スキャン）

d. クラッドを施した容器（160t：疲労亀裂）の内面側走査の場合



解説図-A-5730-8 クラッドを施した容器（疲労亀裂）の内面側走査の場合（B-スキャン）

## A-6000 フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定要領

### (解説 A-6110-1) 試験部に対する要求事項

フェーズドアレイ技術は、振動子の数が多いことから探触子の寸法が大きいいため試験部の幾何学的制約を受け易い。

また、接触面積が広いため、通常の一振動子型又は二振動子型探触子を用いた端部エコー法以上に平滑な表面状態が要求される。

### (解説 A-6251-1) 超音波探傷器

フェーズドアレイ装置の時間軸に関する測定方法は、規格等で定まっていない。通常は、実際の測定を行う校正（時間軸の調整，基準感度の調整）時に確認して，異なる深さ位置が正しく表示されればよいとしている。

ただし，時間軸直線性に限らず，フェーズドアレイ装置の性能確認は必要であり，この確認は，装置製作メーカーに点検を委ねるか，あるいは試験実施元で個別に性能測定要領を定めて行う。

### (解説 A-6252-1) 入射点及び屈折角の測定

フェーズドアレイ技術は，設定により入射点や屈折角，超音波ビームの焦点(集束範囲)を任意に変えられることが利点となっている。

また，条件設定によってはフェーズドアレイ装置を利用して2次クリーピング波法やTOFD法を行うことも可能である。したがって，試験実施元で個別に探傷条件(設定条件)に見合う確認要領を定め探触子が設定条件に一致した超音波を発生していることを確認する。

### (解説 A-6272-1) 予備測定

フェーズドアレイ技術は，欠陥検出を目的として利用する場合があること，又，設定により2次クリーピング波法やモード変換波法を行うことも可能であることから，他の手法で規定している予備測定は，原則として不要である。ただし，焦点(集束範囲)の設定の観点からも，フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出や2次クリーピング波法等による確認を行わない場合には，他の手法同様予備測定を行うことが望ましい。

### (解説 A-6273-1) フェーズドアレイ技術による測定

フェーズドアレイ技術による測定では，基本的に全てのデータを自動記録することから，その採取に支障がない速度であれば問題はない。

## (解説 A-6400-1) 記録及び解析

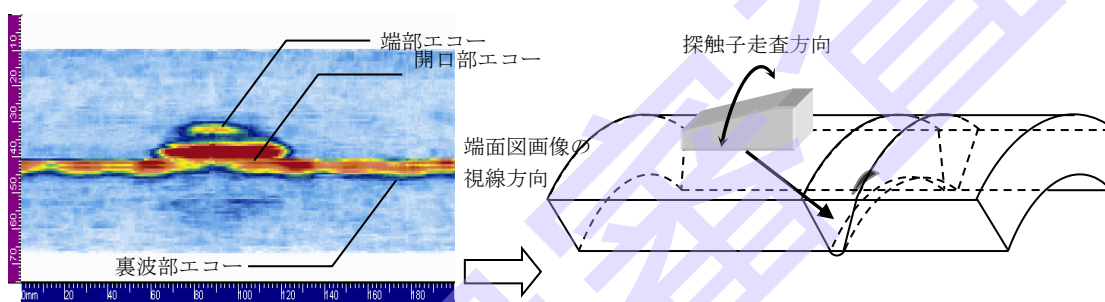
### (1) フェーズドアレイ技術による欠陥深さ寸法測定

本規程でいうフェーズドアレイ技術とは、フェーズドアレイ装置を用いて行う測定全般を指しており、欠陥深さ寸法測定に関しても、端部エコー法、TOFD 法及びモード変換波法の何れに対してもフェーズドアレイ装置を適用することが可能である。

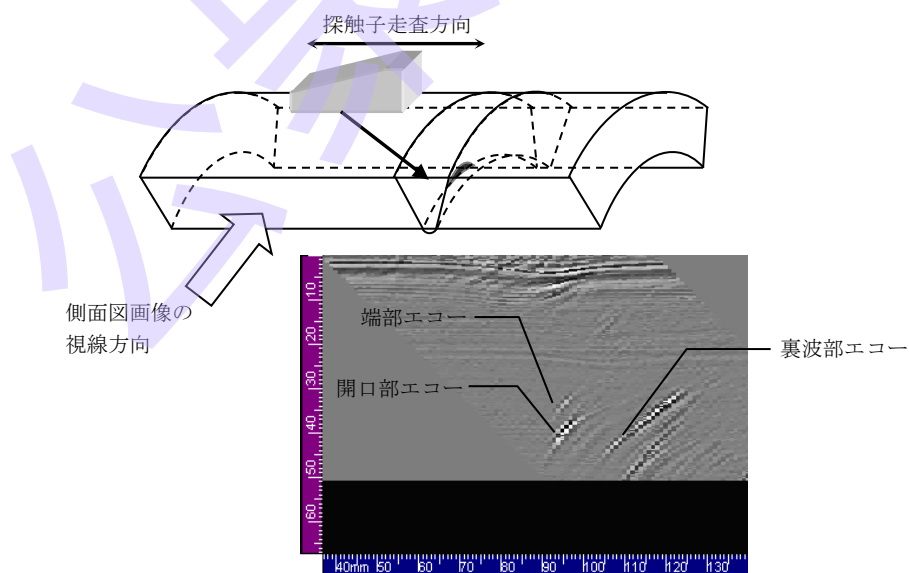
次項以降は、主としてフェーズドアレイ技術を用いた端部エコー法について解説する（TOFD 法をはじめとする端部エコー法以外の手法は A-2000 項、A-3000 項及び A-5000 項を参照すること）。

### (2) 走査方法

探触子の基本的な走査方法は、他の手法同様に溶接線に対して平行及び直角方向の二方向である。周方向走査では端面図画像(解説図 A-6400-1)を、軸方向走査では側面図画像(解説図 A-6400-2)を用いて欠陥深さを求める。



解説-A-6400-1 周方向走査時の画像の例(端面図画像)



解説-A-6400-2 軸方向走査時の画像の例(側面図画像)



### (3) フェーズドアレイ技術で考慮すべき測定誤差

フェーズドアレイ技術を用いた端部エコー法は、通常の端部エコー法と同様の測定原理であるため、解説 A-4730-1 項に示しているような留意事項がほぼそのまま当てはまる。

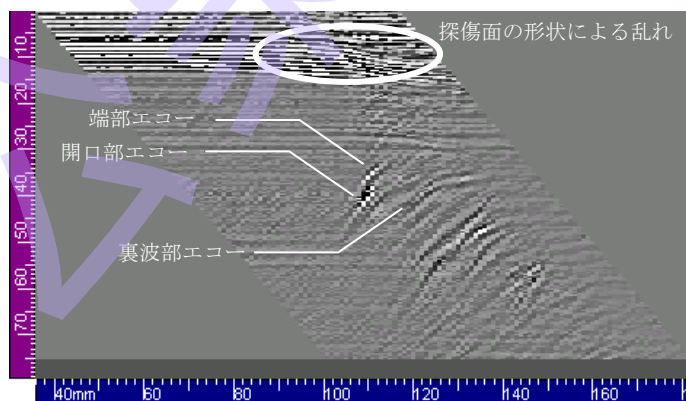
特に、走査面が平滑でない場合、フェーズドアレイ技術に用いる探触子の方が通常の端部エコー法に用いる探触子より接触面積が大きくなるため影響を受けやすくなる。即ち探触子と試験体の間に接触媒質による層が形成され装置上の屈折角と実際の屈折角に差が生じるため、開口部エコー及び端部エコーの測定される位置が変動することが起こり得る。

また、走査面からの深さにより欠陥深さを評価する方法の場合、直接的な影響があるため、エコーの測定位置に関する変動が評価に影響を与えると判断できる場合は、外面形状を採取して補正を行うことが望ましい。

### (4) データの読み取り及び画像の特徴

前述の(2)項で示したように、フェーズドアレイの画像としては端面図若しくは側面図からエコーの解析を行い、端部エコーの走査面からの深さ若しくは端部エコー及び開口部エコーの深さの差をもって欠陥深さとする。

なお、解説図 A-6400-3 に PLR 配管サイジング精度確性試験で採取されたデータの一例を示すが、実際の配管では走査面の平滑さにムラがあるため側面図上部が乱れることがある。この乱れが欠陥深さ寸法測定に影響しうるほど著しいと判断される場合は、A スコープ波形により欠陥端部からのエコーを捉え、ビーム路程を読み取り、かつ外面の形状を考慮し、解説 A-4730-1 項に従って補正を含めた解析をすることが望ましい。



- 【PLR 配管サイジング精度確証試験】データより
- ・探触子 5MHz 縦波 64 エレメント リニアアレイプローブ
  - ・走査方法 電子走査：セクタ走査、探触子走査：軸方向走査
  - ・評価に用いた屈折角 41° 成分
  - ・試験体材質・形状 オーステナイト系ステンレス配管 600A×38t(表面平滑仕上げ、裏波部あり)
  - ・対象欠陥 応力腐食割れ(配管内表面、熱影響部、円周方向)
  - ・欠陥寸法 深さ 5.79mm×長さ 14mm(欠陥深さは切断調査結果、長さは PT 結果による)

解説-A-6400-3 応力腐食割れ(SCC)の測定画像例

[附属書 B 解 説]

公衆衛生

## B-1000 総 則

### (解説 B-1300-1) エコー高さの表示を任意に設定する目的

例えば、PSI 又は過去の ISI の試験において、欠陥と判断された指示のエコー高さが、その後の ISI で DAC20%を下回った場合、収録したエコー高さ表示の設定を変更する(この場合、DAC20%以下のエコーであっても探傷画像上に表示する設定)ことにより、探傷画像上で容易に比較が可能となる。また、縦波斜角探傷において、ノイズレベルを超える指示を記録する場合、収録したエコー高さの表示を任意に設定、調整することにより、探傷画像上でノイズと検出されたエコーとの識別性向上が図れる。

### (解説 B-1400-1) 走査装置の区分

一般走査装置は、手動探傷が適用可能な部位に対し、手動探傷に代え、装置により探傷を行うもので、要求される機能及び性能は手動探傷に準じたものが要求される。

一方、特殊走査装置は、一般的に手動探傷が困難な部位に対して適用されるもので、装置を使用しなければ探傷を行うことができない場合を想定している。想定される状況としては、水中からの探傷、狭あい箇所(試験員がアクセスできない場合や、安全上好ましくないと判断される場合なども含む)、高線量部位及び汚染区域などがある。また、手動探傷であって、探触子を走査するために治具などを使用しなければ探傷ができないような複雑形状部位(例えば、管台内面の丸みの部分など)に適用される装置については、特殊走査装置の区分に含めることとした。



## B-2000 性能確認方法及び判定基準

### (解説 B-2310-1) 位置決め単体作動精度確認の目的

本確認は、探触子の走査及び位置決めを行う機能に対し、個別の機器毎に精度の確認を行い、これら機器単体の作動精度確認結果から、装置全体の位置決め精度を評価するものである。このため、B-2400 項において位置決め精度の確認を行う場合は、本項で規定する確認試験を省略できるものとした。

### (解説 B-2320-1) 判定基準の設定

判定基準は、装置全体に要求される位置決め精度を満足するために必要な機器単体の作動精度を適切に設定する。

### (解説 B-2510-1) 探触子保持機能の確認方法

探傷面と探触子との接触面の音響結合を保持する押付け力の確認方法として、ばねばかりなどによる押付け力の確認、押付け力の保持に圧縮エアを用いている場合は、エア元圧の確認、垂直探傷における底面エコーの確認などがある。

### (解説 B-2611-1) モックアップの仕様

欠陥検出再現精度の確認において、実機で想定される状況と同等と判断できる具体例を以下に示す。

#### (1) モックアップ寸法の短縮

実機で想定される作動範囲よりも短い作動量で確認をする場合にあつて、短縮した距離で装置仕様(設計及び製作仕様上の精度)が確認可能で、実機で想定される作動量に換算できる場合、又は実機で想定されるケーブルの質量などを模擬的に負荷した状態で確認が可能な場合にあつては、モックアップ寸法(長さ)を短縮してもよい。

#### (2) 代表部位の選定

複数の対象部位、サイズで共用可能な走査装置については、走査装置の設置性、走査性を考慮し、試験条件が厳しい形状又はサイズのモックアップを選定してもよい。

#### (3) その他

過去に製作した装置との性能比較の観点から、従来から性能確認に使用してきたモックアップを用いてもよい。

#### (解説 B-2612-1) 再現精度の確認

欠陥検出再現精度の確認は、複数回における ISI 時の試験を想定し、複数回装置の取付け及び取外しを行い、探傷データを収録して、そのデータの再現性が本要求事項に適合していることを確認するものとした。

ここで確認する再現性は走査範囲の設定、また ISI にて収録した探傷データと過去の ISI 及び PSI の探傷データを比較した場合で、両者に位置ずれが生じていた際の定量的な位置の補正要否を判断するための指標として用いる。

#### (解説 B-2620-1) 判定基準の根拠

B-2600 項は、装置の設置状態が変動していることを想定した場合の欠陥検出再現性の確認要件であり、設置状態により探触子走査ラインの位置変動が想定されるため、付与欠陥のエコー高さ及び指示検出位置にばらつきが生じる可能性は否定できない。

このため、ステップ方向の軸上における検出位置の再現精度については、B-2420 項 に示す位置決め精度判定基準の寸法に走査ラインの変動(探触子走査間隔の幅)を加えた値を採用した。スキャン方向の軸上における検出位置の再現精度についても、上記ステップ方向の考え方を踏襲した。

また、エコー高さの再現性については、2500 項における試験前後の感度変動の許容値(±2dB)を指標とし、最大値と最小値の変動幅(4dB)を判定基準として採用した。

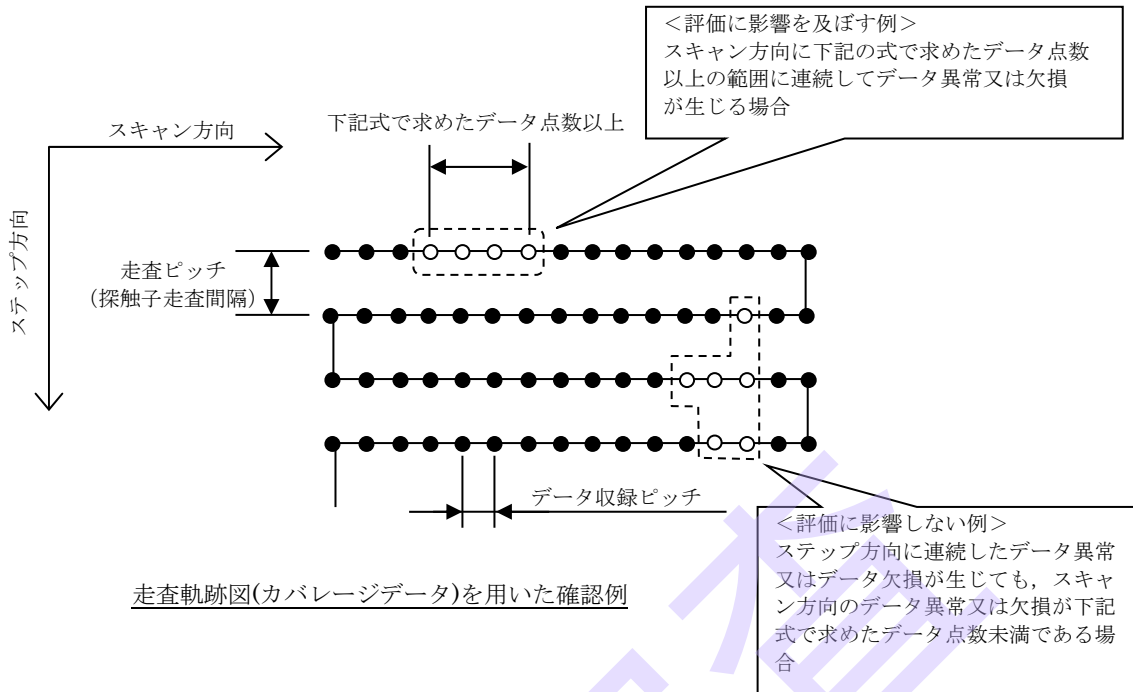
#### (解説 B-2720-1) データ収録機能 判定基準

超音波自動探傷器におけるデータ収録機能は、探触子の走査速度に関係しており、超音波自動探傷器のデータ収録処理能力を超える速度で探触子を走査し、データを収録した場合、データ欠損が生じる恐れがある。

探傷は、少なくとも振動子寸法の 50%以上ラップさせて走査を行い、データを収録することが基本条件である。よって収録したデータ上で連続的にデータ異常又は欠損が生じた長さ(=連続的に異常又は欠損したデータ点数×データ収録ピッチ(mm))が振動子の $\frac{1}{2}$ 寸法を超えてはならない(異常・欠損が生じた長さ $\leq$ 振動子 $\frac{1}{2}$ 寸法)ことが絶対条件であり、これらの考え方を解説図 B-2720-1 で示す式に示している。

このため、データ異常又は欠損が生じた場合におけるデータ収録機能の判定基準として、スキャン方向に連続し、解説図 B-2720-1 で示す式で求めたデータ点数以上の範囲にデータの異常、又は欠損が生じた場合、評価に影響を及ぼすものとした。

なお、データ異常及び欠損の確認は、走査軌跡図(カバレッジデータ)を用いて確認してもよい。



<評価に影響を及ぼすデータ欠損又はデータ異常の条件>

スキャン方向において、下記の式で求めた値(データ点数)以上に連続してデータ欠損又はデータ異常が認められた場合

$$\text{評価に影響を与えるデータ点数 (スキャン方向)} = \frac{\text{振動子} \frac{1}{2} \text{寸法}}{\text{データ収録ピッチ}}$$

解説図 B-2720-1 評価に影響を及ぼすデータ異常及び欠損範囲の考え方

## B-3000 性能確認を行う時期及び程度

### (解説 B-3100-1) 製作時試験を行う時期

性能確認項目のうちB-2300項からB-2700項に示す確認項目は、装置の新規製作時及び位置決め精度に係る部分(ソフトウェアを含む)に改造を加えた場合に行うことを要求している。

ただし、位置決め精度に係る部分であっても、同一型式、又は位置決め精度に係る仕様が同一の部品に交換を行う場合は、改造とは考えないものとした。

### (解説 B-3100-2) 従来から使用している装置の製作時試験

製作時試験は、本附属書発行以降に製作する装置を対象としており、本附属書発行以前に製作され、使用してきた装置(改造を行う場合も含む)に対して、新たに本規定による性能確認を要求しないものとした。

### (解説 B-3200-1) 使用前点検の考え方

装置は、試験の精度及び試験結果に影響を与える重要な機器であり、超音波探傷器と同等なものと考えられることから、これと同様の点検頻度(有効期限)とした。

### (解説 B-3400-1) 位置決め精度の確認について

発電所管理区域内で位置決め精度の確認を行う場合にあっては、試験を行うための設備及び環境(汚染区域など)により、確認が困難となるケースもある。

このため、確認が困難な場合にあっては、装置全体の位置決め精度の確認に相当する位置決め単体作動精度の確認によって代替できるものとした。

### (解説 B-3400-2) 性能確認を行う時期

使用中の装置の性能は使用前点検、及びその後に行う日常点検にて確認可能であることから、使用後の精度確認は不要とした。

[附属書 C 解 説]

公衆衛生

## C-1000 総 則

### (解説 C-1300-1) 従来手法との組み合わせ

フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法と従来手法との組み合わせで、対象部位の探傷を行う場合には、溶接線に直角方向の探傷のみをフェーズドアレイ技術を用いた探傷法に置き換える方法、溶接線に直角方向の探傷のうち片側探傷のみを置き換える方法、あるいは探傷不可能範囲部分にのみ適用する方法など、様々な組み合わせが考えられる。

いずれの場合でも従来手法とフェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出方法とで行う探傷範囲(試験体積)と想定欠陥方向とを明確に区別した上で試験を行うことが望ましい。

欠陥が検出された場合の長さ測定においても同様の考え方で、フェーズドアレイ技術を用いた欠陥検出を行った後に従来手法で欠陥長さを特定する方法、フェーズドアレイ技術で欠陥検出と欠陥長さを特定する方法がある。

### (解説 C-1400-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷法を適用する手順の区分

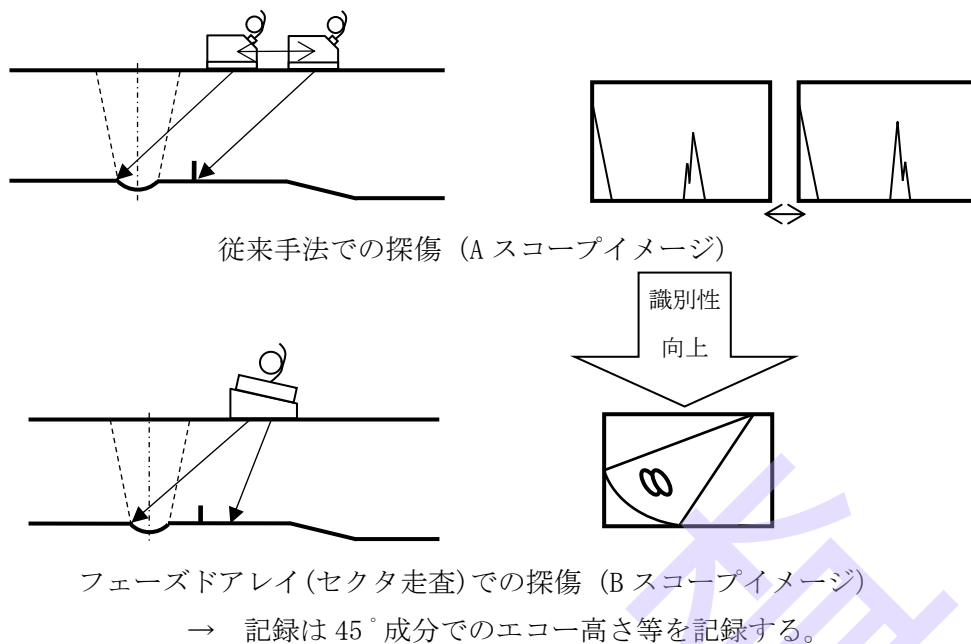
フェーズドアレイ技術を欠陥検出及び欠陥長さ測定に適用する場合に、その適用性を確認する手順を3つに分類した。各々の手順で想定する探傷方法は以下の通りである。

#### (1) 従来手法と同等の手順・判定及び考え方を用いて行う方法

従来手法に準じてフェーズドアレイ技術を適用する場合

##### 適用例①：探傷の補助情報として、フェーズドアレイ画像を用いる場合

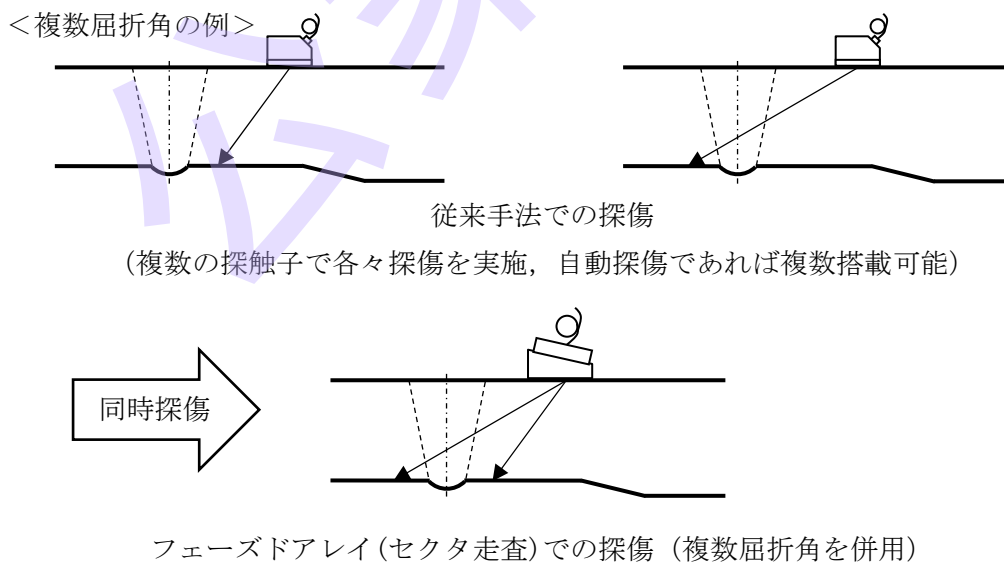
従来手法で配管溶接部等を探傷する場合のポイントは、裏波部エコーと熱影響部にある指示(一般的には割れ)の識別である。これを探傷時に画像化することで試験員の識別性を向上させる。(記録は一定の屈折角の情報のみを記録する)



解説図-C-1400-1 従来手法に準じたフェーズドアレイ適用例(1)

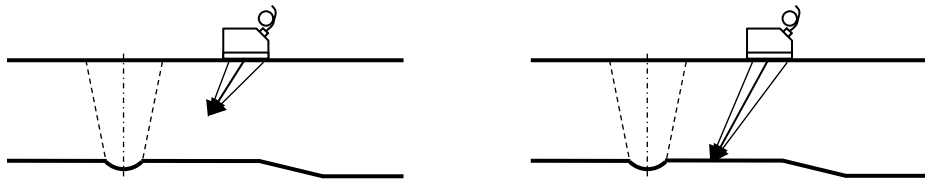
**適用例②：複数の屈折角，焦点距離の探傷を同時に行う場合**

容器等では複数屈折角の探傷を行っている。配管等でも探傷不可能範囲の低減などを目的として 45° に加えて他角度での探傷を行うこともある。焦点距離を調整した探傷を行う場合もある。これらを現状では別の探傷として行っているが、フェーズドアレイ技術を適用し、同時に行う。

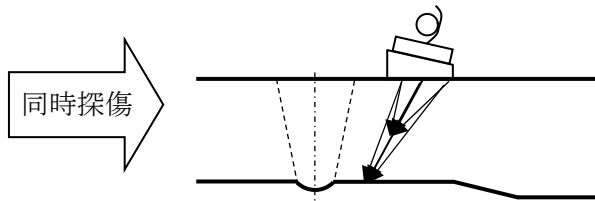


解説図-C-1400-2 従来手法に準じたフェーズドアレイ適用例(2)

<複数焦点距離の例>



固定焦点探触子での探傷

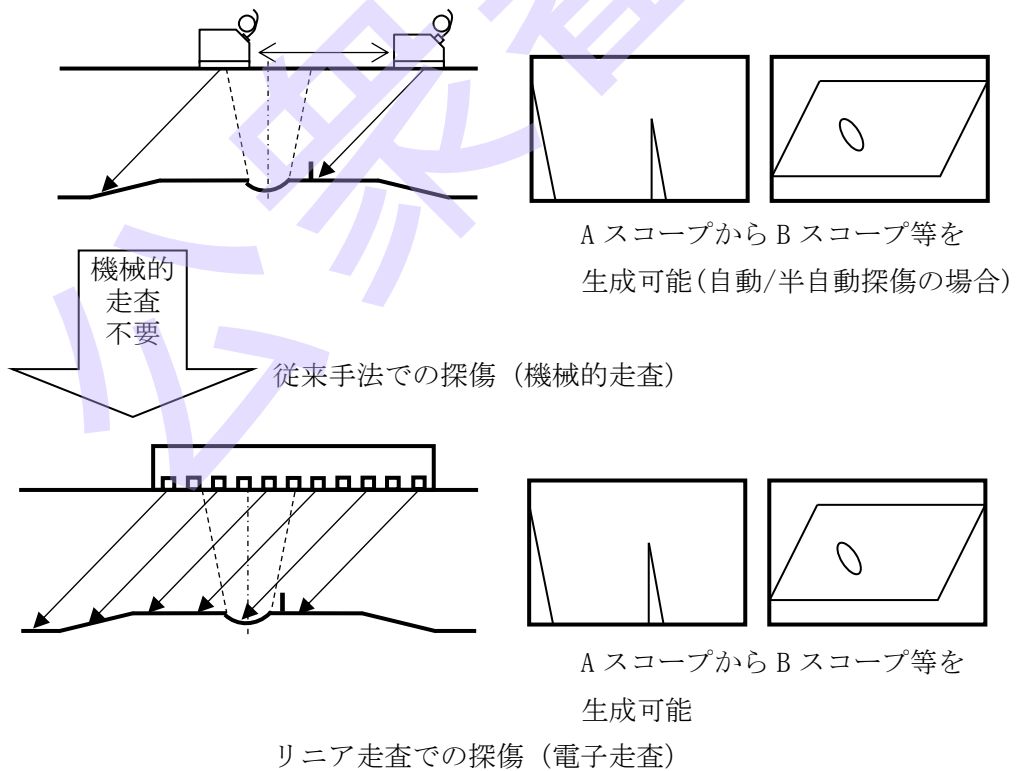


フェーズドアレイ（セクタ走査）での探傷（DAC 曲線の傾斜をゆるくすることが可能）

解説図-C-1400-3 従来手法に準じたフェーズドアレイ適用例(3)

適用例③：機械的走査の代替として電子的リニア走査を行う場合

一般的には機械的走査の代替として、電子的にリニア走査(電子走査)を行い、機械的走査を模擬している。



解説図-C-1400-4 従来手法に準じたフェーズドアレイ適用例(4)

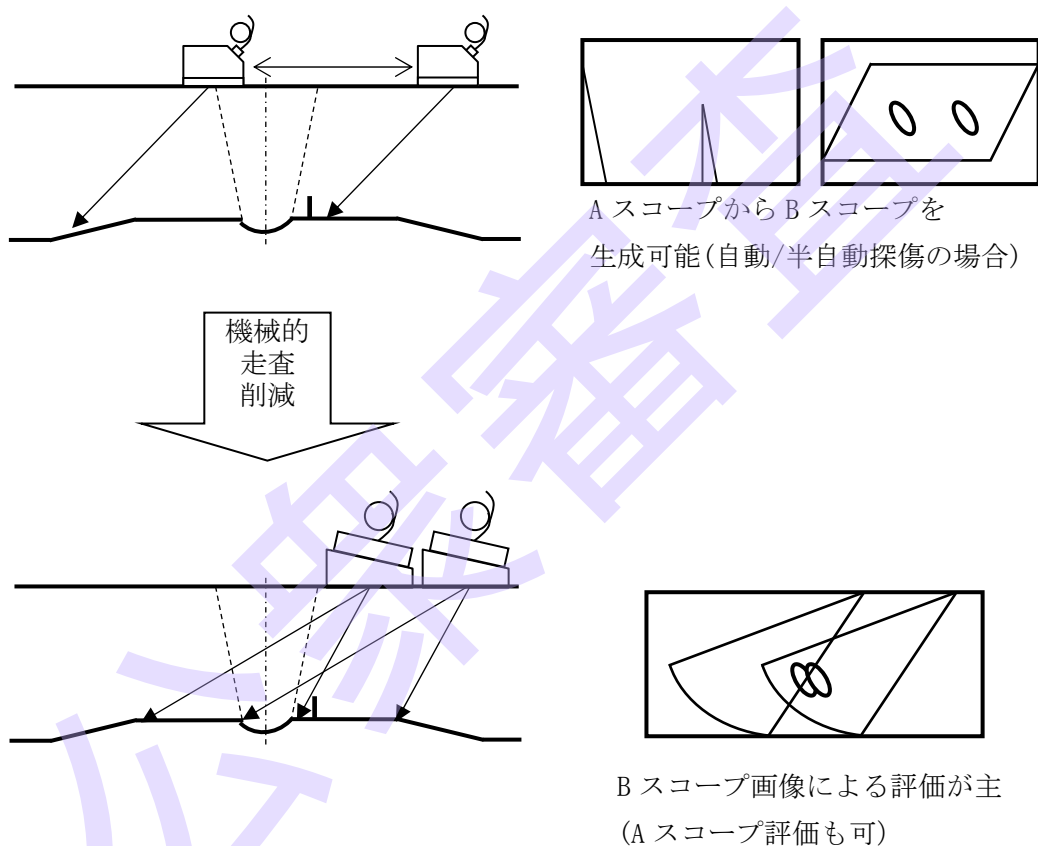


- (2) 従来手法とは若干異なるが、校正用試験片等により同等以上の欠陥検出能力があることを、校正によって確認した上で行う方法

対比試験片の校正用反射体が検出可能な手法や要領であれば、許容する。

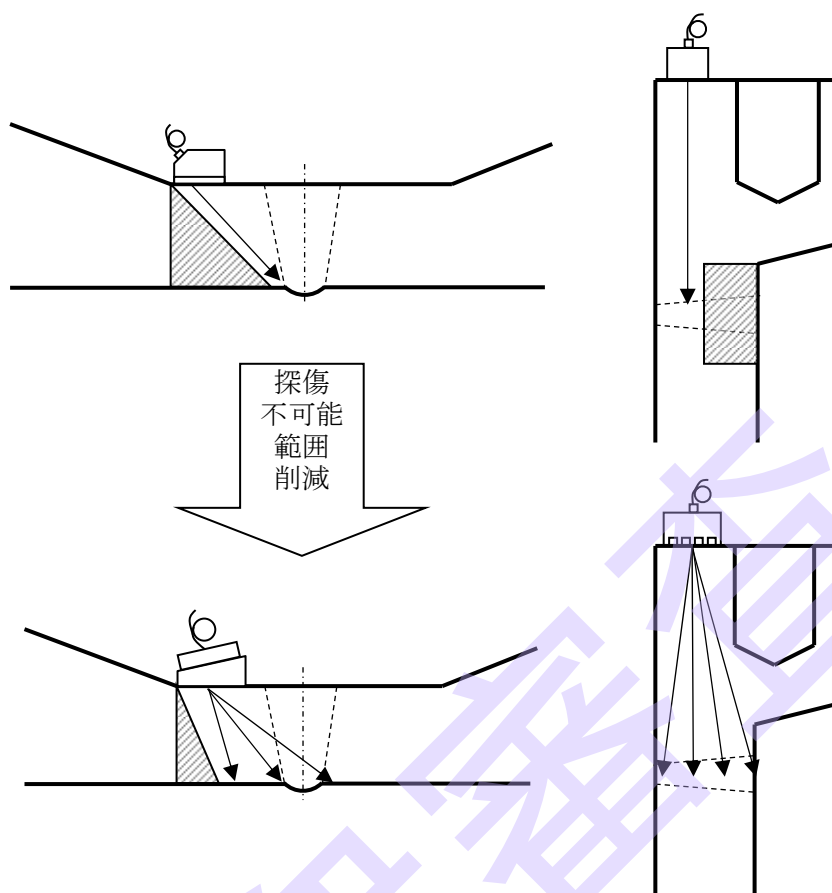
(1) 項の適用例①～③にも適用可能であり、それらに加えて従来手法で適用されていない屈折角を用いるような以下の④⑤のような例がある。

**適用例④**：セクタ走査あるいはリニア走査を行い、機械的走査を削減した探傷を行う場合



解説図-C-1400-5 校正により欠陥検出能力を確認する適用例(1)

適用例⑤：セクタ走査等を行い、複雑形状部や探傷不可能範囲の探傷を行う場合



解説図-C-1400-6 校正により欠陥検出能力を確認する適用例(2)

- (3) 従来手法による超音波探傷試験方法に代えて、同等以上の試験結果が得られる要領であると予め確認した上で適用する方法

検出能力を直接的に確認し、検出能力のある方法であれば、許容するものとする。

適用例⑥：難検査部位への適用や、UTS 等による実証データが整備されていない部位への、新検査技法の適用が可能な場合

<例>

- ・開発中あるいは今後開発される技術・手法を用いた検査
- ・オーステナイト系ステンレス鋼
- ・ニッケル基合金溶接部
- ・その他探傷不可能範囲対応など

## C-2000 従来手法に準じた方法

### (解説 C-2220-1) フェーズドアレイ超音波探傷器の直線性の確認

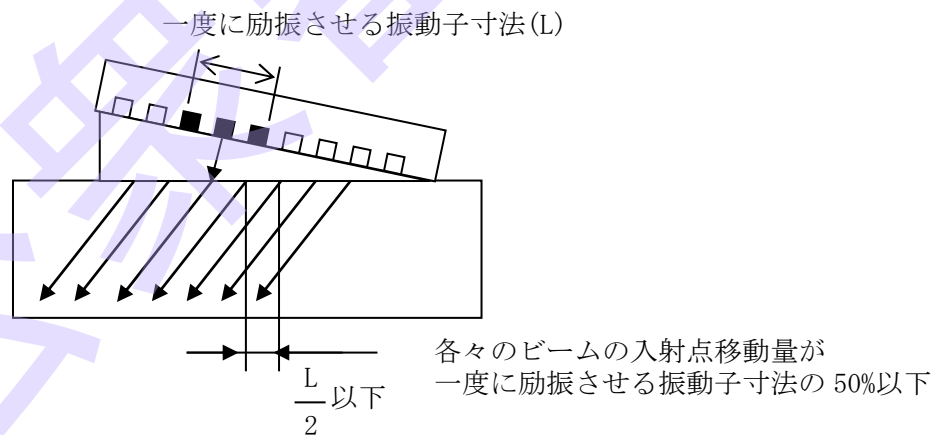
フェーズドアレイ探傷器の直線性の確認は、その使用方法を考慮して設定する。

例 1) 64 チャンネルのフェーズドアレイ探傷器であっても、その 1~32 チャンネルを用いてセクタ走査を行うような場合には、1~32 チャンネルを同時励振させて増幅直線性や時間軸直線性を確認する。

例 2) 128 チャンネルのフェーズドアレイ探傷器で 16 チャンネル同時励振のリニア走査を行うような場合には、1~16 チャンネル、17~32 チャンネル、33~48 チャンネル、・・・113~128 チャンネルというように、使用するチャンネル全てについて、同時励振の範囲で性能を確認する。

### (解説 C-2320-1) 走査の重なり

リニア走査を用いて探傷を行う場合などでは、従来手法による探傷（一般的には X-Y 方向の矩形走査）の 1 軸を電子的な走査に置き換えたものと考えられる。このため、各々のビーム間でも、同様に振動子（フェーズドアレイの場合には、一度に励振させる振動子寸法）の 50%以上の重複が求められる。



解説図-C-2320-1 リニア走査での探傷（電子走査）

### (解説 C-2320-2) フェーズドアレイの電子的な走査速度

2610 項に示す走査速度の制限及び超過を許容する場合に必要な実証は、解説-2610-2 に示すとおり探傷波形の見逃しの可能性と、探触子の接触性の低下を考慮したものである。フェーズドアレイの電子的走査で、全ての A スコープを記録するような場合は、波形の見逃し及び探触子の接触性の低下は考えられない。このため、フェーズドアレイの電子走査については、速度の制限を設けないものとした。

(解説 C-2500-1) 従来手法に準じた手法での欠陥長さ測定方法

C-2000 で示す従来手法に準じた手法では，探傷原理は従来手法と同じである。このため，欠陥長さ測定方法についても従来手法と同じとした。一方で 4270 項で定めるフェーズドアレイ技術は，主としてセクタ走査を想定しており，欠陥長さの特定方法も若干異なるため，ここでは 4270 項を除外した。

品質検査

## C-3000 校正により従来手法と同等以上であることを示す方法

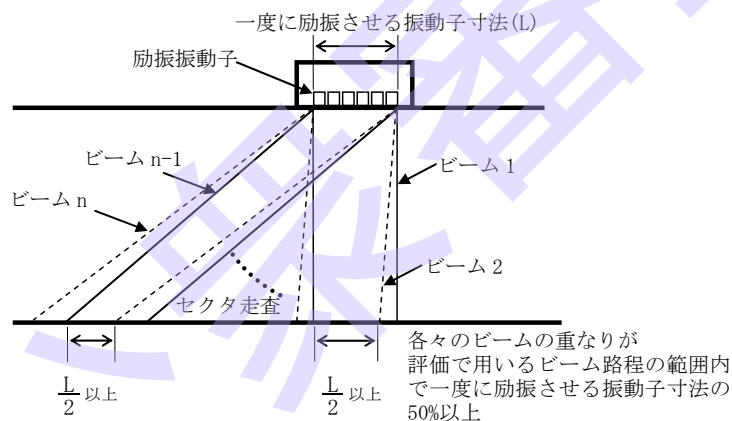
### (解説 C-3320-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷法の探傷有効範囲の確認

フェーズドアレイ技術を用いた探傷法であって、屈折角を電子的に走査する場合には、従来手法による斜角探傷とは別の考え方が必要となる。

特に、横穴を用いた感度校正で調整した場合に内面開口欠陥が過小評価になる可能性がある(垂直に近い屈折角を用いる場合など)。このため、内面開口欠陥についても十分な検出能力があることを示す必要があり、縦波斜角法で用いる内面側のノッチが検出可能であることを確認する。

### (解説 C-3323-1) 走査の重なり

セクタ走査を行う場合には評価で用いるビーム路程の範囲内で、振動子(フェーズドアレイの場合には、一度に励振させる振動子の大きさ:L)の50%以上の重複が求められる。

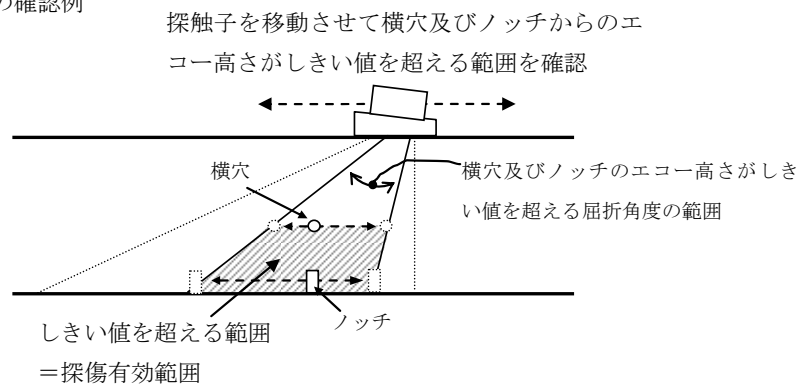


解説図-C-3323-1 セクタ走査での探傷(電子走査)

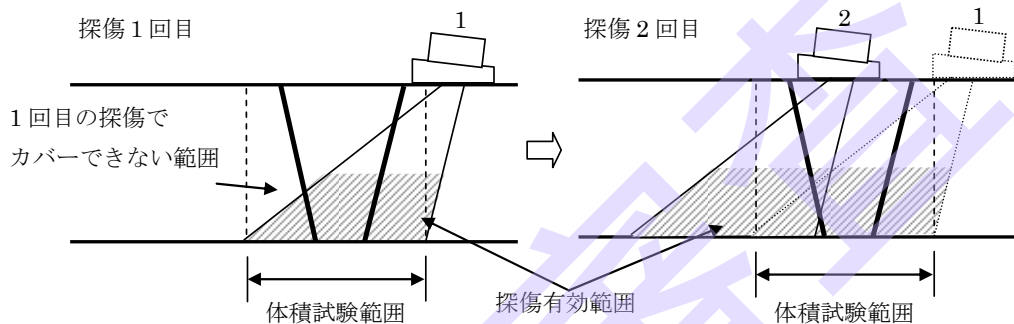
### (解説 C-3400-1) フェーズドアレイ技術を用いた探傷法の探傷有効範囲と走査範囲の関係

フェーズドアレイ技術を用いる場合には、セクタ走査やリニア走査を行うことで、ある程度の体積を探触子の機械的走査なしに探傷可能である。リニア走査の場合には通常の探傷方法の概念でその範囲を設定することが可能であるが、セクタ走査等の場合には、实际的にその探傷有効範囲を確認し、走査方法を決定する必要がある。探傷有効範囲の設定方法の例を以下に示す。

探傷有効範囲の確認例



探傷例（探触子は、溶接線に対し平行に走査）



解説図-C-3400-1 探傷有効範囲の確認例

この場合には、1 回の探傷では試験体積をカバーできないため、Y 距離を変えて 2 回以上の探傷を行う必要がある。

（表面近傍の検出性確認についても、同様に 1 スキップのビームを考慮し、探傷有効範囲を特定して走査方法を決定する。）

（解説 C-3500-1） 欠陥長さ測定方法

C-3000 項で示す方法では、従来手法とは異なる屈折角での評価が主として用いられる。このため、欠陥長さ測定方法については 4274 項の規定を採用した。

## C-4000 検出能力を実証する方法

### (解説 C-4130-1) 妥当性確認方法の原則

探傷要領の妥当性を確認する方法としては以下のように客観的な証明ができる例が考えられる。

- (1) 本項に従い、実際に検出能力があることを実証する方法  
本項に従い検出能力を試験により実証し、その結果が学術的に妥当であることが確認された場合
- (2) C-2000 項、C-3000 項以外の探傷要領であるが、論理的、あるいは数値解析、文献等により従来手法と同等以上の検出能力があることを証明する方法
  - a. 規定する探傷感度よりもより高い感度で探傷する場合などで、探傷後に規定の感度での評価も可能な場合
  - b. 検査技術の実証試験(中立委員や学識経験者を含む場で審議を受けたものなど)に基づいてその技術の使用が妥当であると評価できる場合
  - c. 試験の実施方法及び合否基準が公開されている国内外の性能実証 (PD : Performance Demonstration) 試験に合格し、その結果が UTS 等の成果と同等以上であることが証明できる場合
  - d. 上記(1)項または(2)a.～c. 項で証明された技術を改良した技術で、改良部分の妥当性が理論的に証明できる場合
- (3) 上記(1)項及び(2)項の組み合わせによる方法
  - a. 上記(2)項で証明された範囲を超えてその技術を使用するため、その部分についてのみ試験を行い、試験結果が妥当と評価できる場合
  - b. 上記(2)項で証明された技術を改良した技術で、改良していることが試験で証明できる場合

### (解説 C-4322-1) 人工欠陥の形状

疲労亀裂又は SCC と同等の反射効率を持つ反射源としてノッチを使用する場合には、半楕円(半円)形状、矩形などの形状から想定損傷に近いと考えられるものを選択する。例えば、疲労亀裂のみが想定されるような場合には半楕円形状としてもよい。

### (解説 C-4322-2) 長さ測定の実証に用いる人工欠陥

欠陥長さ測定の実証に用いる試験体は、長さ測定の妥当性を確認するために、評価不要欠陥寸法以下の欠陥と、評価不要欠陥寸法を超える欠陥の少なくとも2点で確認する。このときの大きい方の欠陥は、検出能力の確認をするものではないことから、疲労亀裂や SCC のような欠陥を模擬する必要はないものとした。

**(解説 C-4420-1) 探傷条件の範囲**

要領書で、探傷条件に幅を持って範囲を指定している場合については、その条件の範囲内で各々確認を行う必要があるとした。例えば、周波数を2～5MHzと記載している場合には、2MHz および 5MHz の各々で確認する。

**(解説 C-4510-1) 適用可否の判断**

適用可否の判断は、要領書で指定した方法に従って探傷した場合に、付与された人工欠陥が確実に検出できることが重要である。

探傷要領で範囲をもって規定している項目（例えば、周波数2～5MHz など）がある場合には、その上限と下限について実証試験を行い、同様に検出できることが必要である。

この場合に、確認試験で要領書に記載されたある特定の条件で欠陥が検出できなかった場合には、その条件を除外する要領書の改正を行った上で判断を行ってもよい。

**(解説 C-4520-1) 欠陥長さ測定の判定基準**

長さ測定にあたっては、UTS 等の成果と同等以上であることを求めることとした。この場合の同等とは、設定した条件（対象物、厚さ、材質等）に合致する UTS 等のデータの  $2\sigma$  の範囲内（解説表-2720-1）に実証データが入っているものと考えることができる。

また、欠陥長さが UTS 等の成果と比較して、保守的な評価となる場合には、これを用いてもよいものとした。この場合には過大評価となることから、従来手法で測定した欠陥長さを用いるなど、妥当な探傷方法の結果を採用することが望ましい。



[附属書 D 解 説]

公衆衛生

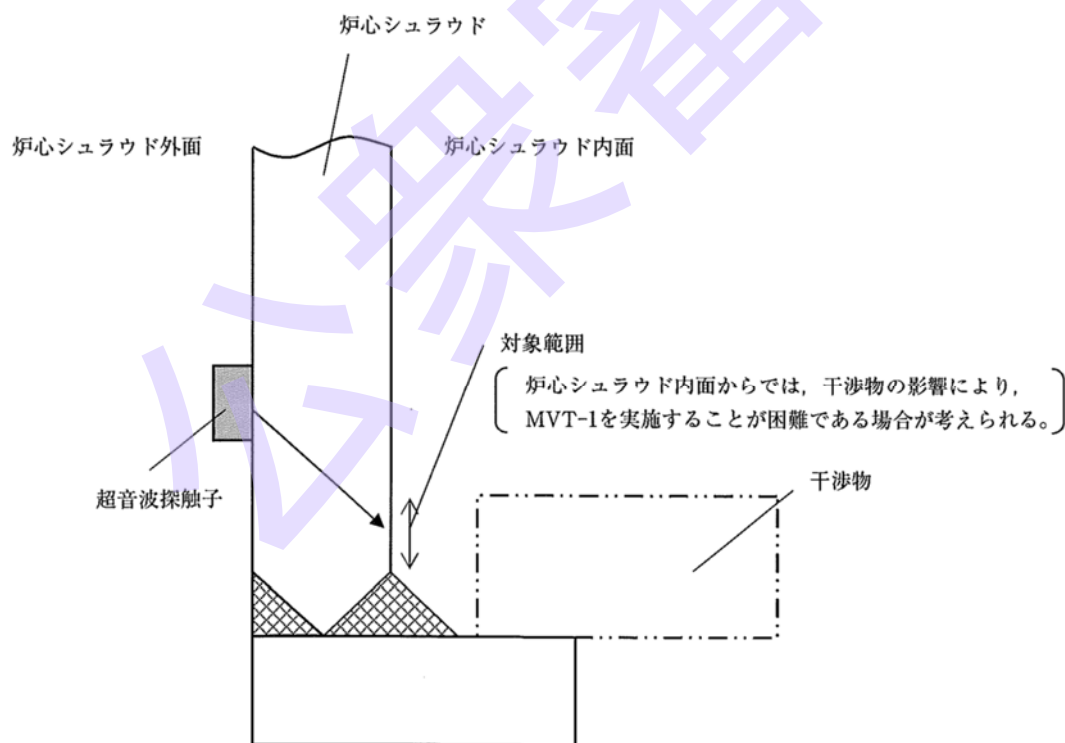
## D-1000 総 則

### (解説 D-1100-1) 本附属書の目的

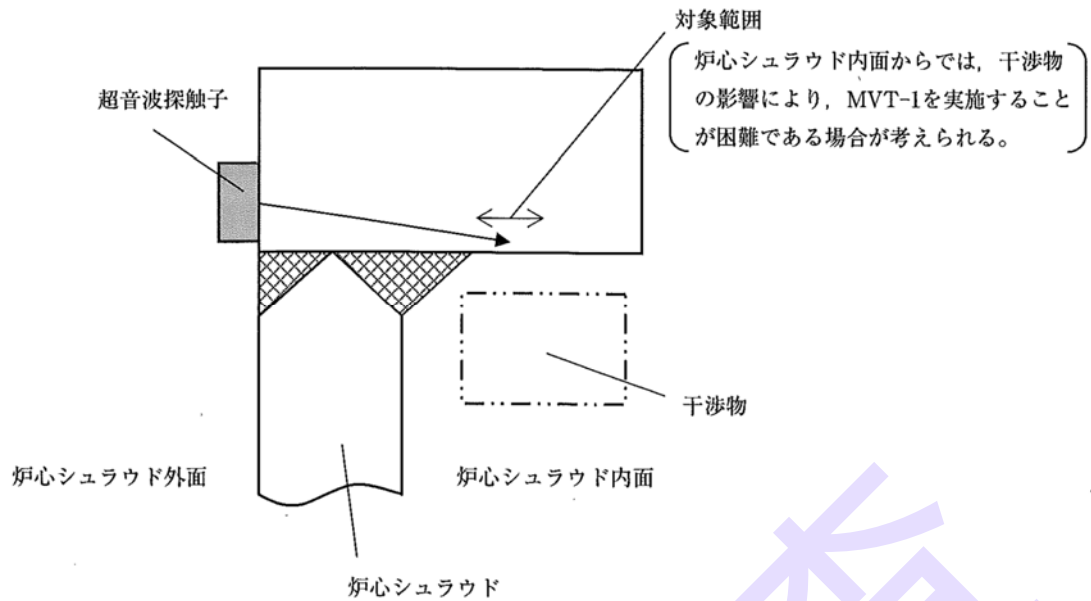
本附属書は、維持規格が規定する炉内構造物の個別検査において MVT-1 試験要求がある炉心シュラウドの溶接継手に関して、代替試験として許容されている超音波探傷試験について欠陥の検出及び長さ寸法測定を行う際の要領を示した。本附属書の適用により、接近性の制約から試験できない範囲を低減し試験範囲の拡大が期待できる。

### (解説 D-1200-1) 適用範囲

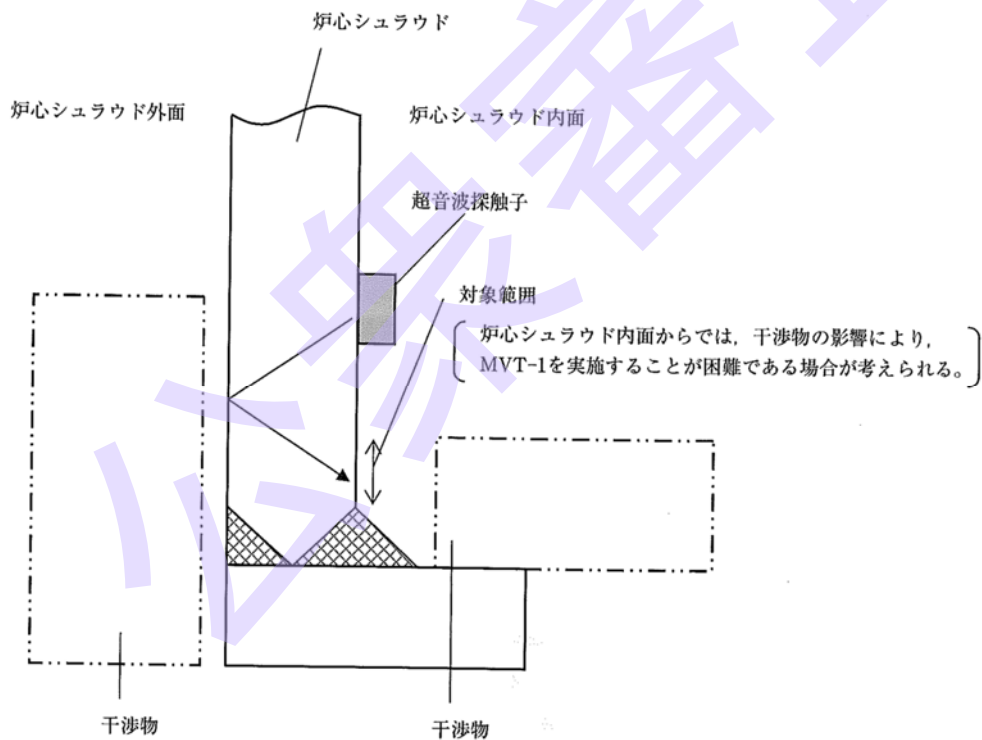
本附属書は、「MVT-1 が実施困難な部位」に対して適用されることが予想され、「MVT-1 が実施困難な部位」に対しては、超音波探傷試験であっても物理的に欠陥開口面側からの直射法 (0.5 スキップ) を行うことは困難であることが予想される。したがって、本附属書の対象範囲を、MVT-1 が実施困難な部位に対する探傷[開口面側から一回反射法 (1 スキップ) での超音波探傷試験要領]、及び、欠陥の反開口面 (裏面側) からの超音波探傷試験要領とする (解説図-D-1200-1～解説図-D-1200-3)。



解説図-D-1200-1 MVT-1 の代替試験として超音波探傷試験の適用が考えられる事例(1)



解説図-D-1200-2 MVT-1の代替試験として超音波探傷試験の適用が考えられる事例(2)



解説図-D-1200-3 MVT-1の代替試験として超音波探傷試験の適用が考えられる事例(3)

(解説 D-1310-1) フェーズドアレイ技術の炉心シュラウドへの適用

附属書Cに従ってその適用性を事前に確認できれば、フェーズドアレイ技術を炉心シュラウドの欠陥検出に適用することができる。

## D-2000 使用機材

### (解説 D-2200-1) 超音波周波数の選定

2320(4)項と同様に使用する周波数帯は0.4～15MHzとした。

なお、UTS及びNSAでは、2～5MHzの周波数で実証試験を行っている。

### (解説 D-2200-2) 超音波モードの選定

斜角探傷の場合の超音波モード(横波/縦波等)は、直射法(0.5スキップ)で試験する場合は縦波又は横波、一回反射法(1スキップ)で試験する場合は横波、母材に対する試験では縦波又は横波、溶接部に対する試験では縦波を用いることが望ましい。

### (解説 D-2310-1) ノッチの深さの設定根拠について

UTSによると、検出可能である最小欠陥は、炉心シュラウドの胴の代表的な板厚50mmの試験片の2%程度(約1mm)である。また、フェーズドアレイ技術を欠陥検出に適用する際の基準感度の調整には、1mm深さのノッチが採用されている。これらを考慮して、ノッチの深さは1mmと設定した。

### (解説 D-2310-2) ノッチの位置

炉心シュラウドのMVT-1代替試験として超音波探傷試験を用いる場合、校正用反射体は欠陥の検出性を確認するためにも用いられることから、試験範囲の側面を走査面とする場合(図-D-2320-2)のように想定される欠陥の位置によってビーム路程が異なる場合は、ノッチは実探傷における最大ビーム路程以上となる位置に設けることとした。

## D-3000 探傷方法

### (解説 D-3120-1) 適用制限

炉心シュラウドの MVT-1 代替試験として超音波探傷試験を用いる場合、校正用反射体（ノッチ）は欠陥の検出性を確認するためにも用いられることから、ノッチが検出できない場合、その探傷法は使用してはならないこととした。

品質検査

参考文献一覧(1/2)

JEAC4207-201X 引用箇所			参考文献	
箇所	項目番号	名称	著作者	名称
第2章	解説表-2320-1	超音波モードの選定例	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 平成17年度 ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成18年7月
第2章	解説-2342-1	突合せ溶接継手用対比試験片の校正用反射体	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 平成17年度 ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成18年7月 平成18年度 低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成19年4月
第2章	解説-2720-1	解説表-2720-1 UTSで測定した標準偏差(1σ)の値	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月
第2章	解説-2720-2	欠陥長さ寸法を測定する場合	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月
第4章	解説-4212-1	解説図-4212-1 2次クリーピング波法におけるノッチからのエコー高さの解析結果(解析条件: オーステナイト系ステンレス鋼母材, 厚さ40mm)	(一社)日本保全 学会	第4回 学術講演会要旨集 古川, 古村「ノッチを用いた斜角UT法の基準感度校正に関する検討」
第4章	解説-4267-1	解説図-4267-1 斜角法, 2次クリーピング波法の指示範囲とPT指示範囲との比較	原子力安全・ 保安院	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第6回) 資料6-1 p.11 図13
第4章	解説-4310-1	解説表-4310-1 容器管台とセーフエンドとの異種金属突合せ溶接継手における検出可能な最小ノッチ(EDMスリット)深さ	(独)原子力安全 基盤機構	平成17年度 ニッケル基合金溶接部の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成18年7月
第4章	解説-4410-1	解説表-4410-1 オーステナイト系ステンレス鋼配管突合せ溶接継手における検出可能な最小ノッチ(EDMスリット)深さ	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月
第4章	解説-4510	解説表-4510-1,2 探触子の仕様例 解説表-4510-3,4 アレイ探触子の仕様例	(一社)日本保全 学会	「ステンレス鋼溶接金属を透過したUT(検出)確認試験研究の成果」: 保全学 Vol.9・No.3・2010, 日本保全学会 「ステンレス鋼溶接金属を透過した超音波探傷性能の確認結果(第2報)」: 保全学 Vol.14・No.2・2015, 日本保全学会
附属書	A-1400(5)a.	図-A-1400-5 セクタ走査	(一財)発電設備 技術検査協会	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第8回) (資料8-2 p.42)
附属書	A-1400(5)b.	図-A-1400-6 リニア走査	(一財)発電設備 技術検査協会	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第8回) (資料8-2 p.42)
附属書	A-1400(5)c.	図-A-1400-7 フェーズドアレイ TOFD法	(一財)発電設備 技術検査協会	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第8回) (資料8-2 p.42)
附属書	解説 A-1200	図-A-1200-1 欠陥深さ寸法測定率[フェライト鋼配管溶接継手(厚さ35mm: 疲労き裂): UTS成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 (p.94,97)
附属書	解説 A-1200	解説図-A-1200-2 欠陥深さ寸法測定率(端部エコー法)[オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接継手(厚さ35mm: SCC): UTS成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 (p.776)
附属書	解説 A-1200	解説図-A-1200-3 欠陥深さ寸法測定率[クラッドを施した容器胴溶接継手(厚さ100~250mm: 疲労き裂): UTS成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 (p.308,310)
附属書	解説 A-1200	解説図-A-1200-4 欠陥深さ寸法測定精度[フェライト鋼配管溶接継手(疲労き裂): UTS成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 (p.106)
附属書	解説 A-1200	解説図-A-1200-5 欠陥深さ寸法測定精度[オーステナイト系ステンレス鋼配管溶接継手(SCC): UTS成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 (p.782,805)
附属書	解説 A-1200	図-A-1200-6 欠陥深さ寸法測定精度[クラッドを施した容器胴溶接継手(厚さ100~250mm: 疲労き裂): UTS成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月 (p.312)
附属書	解説 A-1200	図-A-1200-7 PLR配管サイジング精度確性試験の結果	(一財)発電設備 技術検査協会	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第8回) (資料8-2 p.43)
附属書	解説 A-1200	図-A-1200-8 欠陥深さ寸法測定精度[オーステナイト系ステンレス鋼配管(厚さ18.9~37.5mm)縦波端部エコー法: NSA成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成18年度 低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成19年4月
附属書	解説 A-1200	図-A-1200-9 欠陥深さ寸法測定精度[オーステナイト系ステンレス鋼配管(厚さ18.9~37.5mm)フェーズドアレイ技術: NSA成果]	(独)原子力安全 基盤機構	平成18年度 低炭素ステンレス鋼の非破壊検査技術実証に関する事業報告書(その1) 平成19年4月
附属書	解説 A-4222	解説表-A-4222-1 端部エコー法探触子一覧(UTSで用いられた主な仕様例)	(一財)発電設備 技術検査協会	「平成16年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版] 平成17年4月」記載内容を再整理したもの



参考文献一覧(2/2)

JEAC4207-2016 引用箇所			参考文献	
箇所	項目番号	名称	著作者	名称
附属書	解説 A-4252	解説図-A-4252-1 RB-SDHを用いた入射点, 屈折角の測定	(一社)日本非破壊検査協会	NDIS 2418:2005 端部エコー法によるきず高さの測定方法 解説図 7 (p.37)
附属書	解説 A-4322	解説表-A-4322-1 端部エコー法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(一財)発電設備技術検査協会	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-432 2	解説表-A-4322-2 端部エコー法用探触子一覧(PLR 配管サイジング精度確認試験で用いられた主な仕様例)	(一財)発電設備技術検査協会	「超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確信試験報告書」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-442 2	解説表-A-4422-1 端部エコー法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(財)発電設備技術検査協会	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-4510	解説図-A-4510-1 容器管台内面の丸みの部分からの測定	(独)原子力安全基盤機構	原子力発電施設検査技術 JNES-SS レポート(JNES-SS-0404)2005 年 3 月(p.55)
附属書	解説 A-4622	解説表-A-4622-1 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手に対する端部エコー法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-4730	解説図-A-4730-4 オーステナイト系ステンレス鋼配管における SCC 形態 (例) (SCC 先端が溶接金属内に進展したケース)	原子力安全・保安院	総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子力発電設備の健全性評価等に関する小委員会(第 5 回)(参考 5-9 p.2)
附属書	解説 A-4730	解説図-A-4730-5 欠陥開口部におけるエコー反射率(縦波と横波の比較)	(一社)日本非破壊検査協会	超音波探傷試験Ⅲ
附属書	解説 A-5221	解説図-A-5221-1 TOFD 装置の構成	(一社)日本非破壊検査協会	NDIS2423-2001 「TOFD 法によるきず高さ測定方法」
附属書	解説 A-5222	解説図-A-5222-1 TOFD 法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5243	解説図-A-5243-3 TOFD 法用対比試験片(その他の形状)	(一社)日本非破壊検査協会	NDIS2423-2001 「TOFD 法によるきず高さ測定方法」
附属書	解説 A-5273	解説図-A-5273-1 探触子間隔の設定値(例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5273	解説図-A-5273-4 横方向位置の誤差	(一社)日本非破壊検査協会	NDIS2423-2001 「TOFD 法によるきず高さ測定方法」
附属書	解説 A-5322	解説図-A-5322-1 TOFD 法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5322	解説図-A-5322-2 TOFD 法用探触子一覧(PLR 配管サイジング精度確認試験で用いられた主な仕様例)	(一財)発電設備技術検査協会	「超音波探傷試験による再循環系配管サイジング精度向上に関する確信試験報告書」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5422	解説図-A-5422-1 TOFD 法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例:容器外面側)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5422	解説図-A-5422-2 TOFD 法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例:容器内面側)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5510	解説図-A-5510-1 容器管台内面の丸みの部分の測定	(独)原子力安全基盤機構	原子力発電施設検査技術 JNES-SS レポート(JNES-SS-0404)2005 年 3 月(p.55)
附属書	解説 A-5522	解説図-A-5522-1 容器管台内面の丸みの部分の測定に対する TOFD 法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5622	解説図-A-5622-1 容器管台とセーフエンドの異種金属突合せ溶接継手の測定に対する TOFD 法用探触子一覧(UTS で用いられた主な仕様例)	(独)原子力安全基盤機構	「平成 16 年度 原子力発電設備検査技術実証事業に関する報告書(超音波探傷試験における欠陥検出性及びサイジング精度に関するもの)[総括版]平成 17 年 4 月」記載内容を再整理したもの
附属書	解説 A-5730	解説図-A-5730-1 伝ば時間の読み取り方法(波形のピーク位置で読み取る場合)	(一社)日本非破壊検査協会	NDIS2423-2001 「TOFD 法によるきず高さ測定方法」
附属書	解説 A-5730	解説図-A-5730-4 不感帯	(一社)日本非破壊検査協会	NDIS2423-2001 「TOFD 法によるきず高さ測定方法」
附属書	解説 A-5730	解説図-A-5730-5 フェライト鋼配管疲労き裂の場合(B スキャン)	(一財)発電設備技術検査協会	「平成 12 年度 実用原子力発電施設検査技術等開発に関する事業報告書」
附属書	解説 A-5730	解説図-A-5730-6 オーステナイト系ステンレス鋼配管疲労き裂の場合(B スキャン)	(一財)発電設備技術検査協会	「平成 12 年度 実用原子力発電施設検査技術等開発に関する事業報告書」
附属書	解説 A-5730	解説図-A-5730-7 クラッドを施した容器(疲労き裂)の外表面側走査の場合(B スキャン)	(一財)発電設備技術検査協会	「平成 12 年度 実用原子力発電施設検査技術等開発に関する事業報告書」