

용접결함의 초음파 탐상 기술

金 東 祚*

Ultrasonic Testing Techniqne for Defects of Weldment

D. J. Kim*

1. 서 언

선체, 鋼管, 원자력 압력용기, 산업기계 구조물 등의 안전을 위하여 비파괴검사를 필요로 하는 여러 부분에 대하여, 종래 주로 방사선투과법을 이용하던 결함검사의 경향이 근래에는 초음파탐상법을 더 많이 이용하는 것으로 보인다. 이는 방사선투과 시험보다 경제성, 안전성 면에서 초음파탐상이 유리하고, 최근 탐상장치의 기술 향상으로 초음파法에 의해서도 고감도 고분해능을 실현할 수 있을 뿐 아니라 투과법을 적용하기 어려운 片面 탐상의 경우에도 초음파 반사법의 이용이 가능하기 때문인 것으로 본다.

초음파 펄스 반사법의 활용의 보편화 추세에도 불구하고, 전문적 기술교육을 받을 기회가 없어, 탐상기를 보유하고 있거나 쉽게 접할 수 있으면서도 이를 활용하지 못하는 현장 실무자를 위하여 초음파 탐상법의 기본 개념을 소개코져 한다.

우리나라와 선진 각국에서는 구체적인 부분까지 상당량을 규격(standard)으로 제정해 놓고있다. 규격의 내용을 전반적으로 언급하기는 어렵기 때

문에, 여기서는 범위를 좁혀 한 분야의 계통을 선택하여 설명코져 한다. 즉, 鋼材의 맞대기 용접부에 대하여, 斜角탐촉자에 의한 탐상법을 예시적으로 선택하고 KS B 0896 규격을 중심으로 설명하는 내용이다. 이와 관련한 내용들은, 탐상장치의 성능시험, 거리 진폭 특성곡선, 결함 및 탐상에 관한 사전준비, 결함의 탐상방법 등이며, 참고로 한국 일본 미국의 초음파 탐상시험에 관련된 규격을 열거한다.

2. 초음파 탐상장치의 성능

초음파 탐상장치는 초음파 펄스를 송·수신하는 전기장치, 탐촉자, 브라운관 등을 조립한 것이다. 탐상시험을 하기 앞서 탐상장치의 성능을 시험하는 것은 당연한 일로서, 주로 증폭직선성, 시간축 직선성, 분해능, 감도여유 그리고 동작안정성 등을 중요 사항으로 들 수 있다. 이들 성능시험에 관한 항목들은 세계적으로 거의 공통적인 사항들로서 각국은 규격으로 제정해 두고 있다.

성능시험에 대하여 우리나라의 규격(KS B

* 正會員, 釜山工業大學

0817)을 중심으로, 일본(JIS Z 2344), 미국(ASTM E 317)의 규격을 비교하여 요약한다.

2.1. KS B 0817(한국)

(1) 증폭직선성

부속서1에 증폭직선성의 측정방법 및 분류방법이 규정되어 있다. 이 규격의 적용범위는, 펄스 반사식 초음파 탐상기(A스코우프 표시인것)에 대해서, 증폭부 및 브라운관의 입력에 대한 출력의 직선성에 관한 측정 및 등급분류에 대하여 규정한다고 되어있다. 규격의 내용을 간추리면 다음과 같다.

(a) 입사면과 밀면이 평행한 임의의 시험편을 반사원으로 하고 수직탐촉자를 접촉매질로 직접 접촉시킨다.

(b) 調整度는 리젝션 "O" 또는 "OFF"로 한다.

(c) 감쇠기 또는 탐촉자 위치를 조정하여, 에코우높이가 풀 스케일의 100%가 되도록 맞춘다. 이때, 감쇠기는 다시 30dB 이상의 감쇠가 주어지는 상태 이어야한다.

(d) 감쇠량을 2dB 스텝으로 증가시켜, 그 때의 에코우높이를 %로 읽는다. 이것을 26dB까지 계속한다. 측정결과를 표1의 양식으로 정리한다. 그리고 30dB까지 감쇠를 주었을 때, 에코우의 존재가 명확하게 인정되는가의 여부를 판정한다.

표1 증폭 직선성 측정 데이터의 기록표

감쇠량 dB	에코우 높이의 이상값 %	측정값 %	편 차 %	에코우의 소멸
0	100.0			-
2	79.4			-
4	63.1			-
6	50.1			-
.	.			
.	.			
24	6.3			-
26	5.0			-
30				

(e) 직선성은 에코우높이의 理想值를 기준으로 하여, 측정값과 기준값과의 +의 최대 편차와 -의 최대 편차의 합을 풀 스케일의 %로 표시한 수치 d로서 판정한다.

즉, $d = (d(+) + d(-))\%$

여기에서, $d(+)$: 측정값으로 +방향 최대 편

차의 절대값

$d(-)$: 측정값으로 -방향 최대 편

차의 절대값

(f) 등급분류 표2와 같이 한다.

표2 증폭 직선성의 등급분류 표시

등급 판정항목	1 급	2 급	급 외
d	6%이하	8%이하	규정하지
에코우의 소멸	30 dB에서 소멸하지 않음	26 dB에서 소멸하지 않음	없음

(2) 시간축직선성

부속서2에 시간축직선성의 측정방법을 규정해 두고 있다.

(a) 시험 주파수는 원칙적으로 5MHz로, 조정도는 리젝션을 "O" 또는 "OFF"로 하고 감도는 적어도 B_6 에코우가 세로축 눈금판의 50%이상 이 되도록 조정한다.

(b) 입사면과 밀면이 평행이고, 또한 원칙적으로 그 간격이 측정범위의 $\frac{1}{5}$ 인 표준시험편을 사용한다. 예컨데, 측정범위가 200mm인 경우에는 KS B 0827에 규정하는 STB G V2를 사용한다. 탐촉자는 직접접촉 수직탐촉자로 한다.

(c) 그림1에서와 같이, 저면에코우를 $B_1 \sim B_6$ 으로 하고 B_1, B_6 에코우의 발생위치를 0.50에 일치 하도록 시간축을 조정한다.

(d) B_2, B_3, B_4, B_5 에코우에 대해서, 그 발생

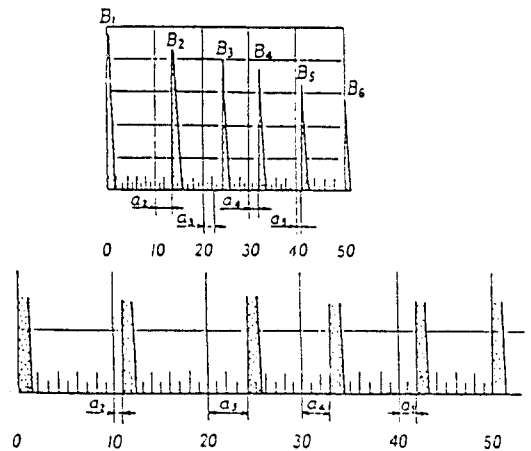


그림 1 시간축 직선성 측정을 위한 에코우위치의 편차

점으로부터 눈금 10, 20, 30, 40까지의 편차 a_2 , a_3 , a_4 , a_5 를, 폴 스케일을 50눈금으로 하여, 적어도 1눈금의 $\frac{1}{2}$ 까지 읽고 표를 작성한다.

(e) 측정으로 얻어진 각 에코우의 발생 위치까지의 편차 중 최대 편차를 a_{max} 로 하여, 다음 식으로 직선성을 평가한다.

$$L = |a_{max}| \times 2\%$$

(3) 분해능

부속서3에 펄스반사식 초음파 탐상기의 원거리 분해능을 규정하고 있다.

(a) 탐촉자는 직접접촉 수직탐촉자, 표준시험편은 KS B 0829에 규정하는 STB AI을 사용한다.

(b) 그림2에 표시한 위치에 탐촉자를 놓고, A·B·C 3개의 에코우를 브라운관 위에 나타낸다. 다음에 탐촉자를 좌우로 움직여, 아래의 ①, 또는 ②와 같이 그 중 2개의 에코우높이를 같게 간추린다. 조정도는 적당하게 선정하고, 측정시의 조정도를 기록한다. 이 경우, 리젝션은 "O" 또는 "OFF"로 한다.

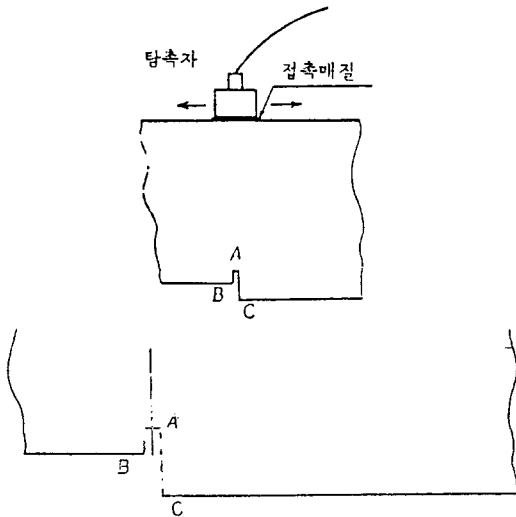


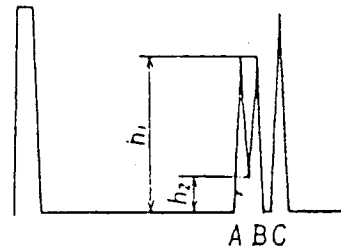
그림 2 STB-A1 시험편에서의 탐촉자 위치

① X의 측정 ; 그림3(a)에 표시한 것과 같이 A에 의한 에코우와 B에 의한 에코우의 높이를 같게 간추리고, 그 상태에서의 높이와 폴 깊이와의 비 h_1/h_2 의 값을 감쇠기에서 읽는다. 그 값을 XdB로 한다. 즉, h_1 이 100%일 때의 h_2 의 높이로 h_1 을 다시 조정했을 때의 이득조정기의 dB값

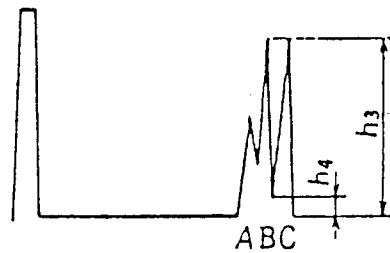
과의 차이를 XdB로 한다.

② Y의 측정 ; 그림3(b)에 표시한 것과 같이 B에 의한 에코우와 C에 의한 에코우의 높이와 폴 깊이와의 비 h_3/h_4 의 값을 감쇠기에서 읽는다. 그 값을 YdB로 한다.

(c) 측정된 X 및 Y의 값에 따라 4종류로 등급을 분류한다. A급은 $X \geq 30\text{dB}$, B급은 $Y \geq 30\text{dB}$, C급은 $Y \geq 10\text{dB}$, D급은 $Y < 10\text{dB}$ 로 한다.



(a) X의 측정



(b) Y의 측정

그림 3 분해능 측정을 위한 에코우의 높이 조정

(4) 감도여유값

탐상기에 있어서 특정의 표준결함용, 일정 레벨에서 검출 가능한 수신감도로부터 최대 수신감도까지의 여유의 정도를 나타내는 값을 감도 여유값이라 한다. 부속서4에 초음파 탐상기의 감도 여유값의 측정방법을 규정하고 있다. 여기서는 표준탐촉자를 사용하여 탐상기의 송·수신계의 기기의 차 또는 경년변화를 알기 위한 감도 여유값으로 측정방법을 제한하고 있다.

(a) 가능한 한 안정되어 있고, 또한 경년변화가 적은 수직탐촉자를 표준탐촉자로서 선정한다. 표준시험편은 KS B 0827에 규정하는 STB-G 가운데 V15-5, 6을 사용한다.

(b) 탐상기의 조정도는, 펄스 너비를 최소가

되게 하고 리젝션은 "O" 또는 "OFF"로 한다.

(c) 감쇠기를 조작해서 V15-5, 6의 에코우높이 또는 사용한 시험편의 에코우높이가 눈금판의 50%가 되게 한다. 이 때, 감쇠기의 조작량 dB값을 감도 여유값으로 한다.

2.2. JIS Z 2344(일본)

(1) 증폭직선성

(a) 試驗片은 JIS Z 2345에 規定한 STB-G V15 씨리즈 가운데서 적당한 것을 선택한다. 탐촉자는 직접접촉 수직 또는 경사각 탐촉자로 한다.

(b) 펄스 에너지를 조정할 수 있는 것은 펄스 에너지를 최소로 하고 리젝션은 "O" 또는 "OFF"로 한다.

(c) 에코우높이의 조정은 특별히 지정하지 않지만, 표준 구멍의 에코우높이를 표시기의 풀 스케일 100%에 조정하는 것을 권장한다.

(d) 조정기의 계인을 2dB 스텝씩 28dB까지 변화시켜 에코우높이를 표시기 눈금의 백분율(%)로 읽어 기록한다.

(e) 입력 에코우높이에 정비례하는 이상적인 출력 에코우높이와 감쇠량의 조정으로 얻어진 측정값을 비교하여, 正의 최대 오차와 負의 최대 오차를 기록 표시한다.

일본의 규격이 증폭직선성에 대하여는 상세하게 규정하지 않고 있다. 그 이유는, 최근 탐상기의 증폭기 부분이 반도체로 되고 있고 經年에 의한 特性의 劣化가 거의 일어나지 않는다고 보기 때문인 것 같다. 즉, 계인 조정기의 사용회수에 따라 접점부분의 먼지 제거나 접점 불량점검으로 증폭직선성을 양호하게 유지할 수 있다고 보기 때문에 자세한 규정을 규격으로 정해 두지 않고 있다.

(2) 시간축직선성

(a) 시험 주파수는 5MHz, 리젝션은 "O" 또는 "OFF"로 한다. 調度는 에코우 모양이 분명히 관측되는 調度로 한다.

(b) 탐촉자는 직접접촉 수직탐촉자, 시험편은 RB-D 10mm, STB-N1 및 STB-G V5를 사용한다.

(c) 제2회 저면 에코우높이를 표시기상에서 80%되게 하고 에코우의 시간축 위치는 10에 맞춘다.

다. 다음에 제5회 저면 에코우높이를 80%, 시간축의 40눈금에 맞춘다. 이들 조정작업을 반복하여 제2, 5회 저면 에코우가 양립할 수 있도록 시간축을 설정한다.

(d) 이 상태에서 B₁, B₃, B₄, B₅ 및 B₆ 각각의 에코우높이를 세로축 80%에 맞추고 그 때의 시간축 눈금을 읽는다.

(e) 표시기의 시간축 눈금과 각 에코우 위치를 읽은 값과의 최대 편차를, 시간축 눈금의 풀 스케일을 100으로 한 백분율(%)로 시간축직선성을 표시한다.

(3) 분해능

부속서1의 3.6과 3.7에 근거리 분해능과 원거리 분해능을 규정하고 있다. 경사각 탐촉자의 경우는 원거리 분해능만을 규정한다.

(a) 실제의 탐상에 사용하는 탐촉자로서 수직 또는 경사각 탐촉자로 한다. 시험편은, 수직 탐촉자의 경우 RB-RA 또는 RB-RB 및 RB-RC로 하고 사각탐촉자일 경우 RB-RD로 한다.

(b) 對比시험편 RB-RA 또는 RB-RD의 경우, 2개의 段差로 부터의 에코우높이가 같게 되도록 탐촉자의 위치를 조정한 후 表示器의 풀 스케일의 100%로 계인을 조정한다. 대비시험편 RB-RB 또는 RB-RC의 경우, 결함으로 부터의 에코우높이가 가장 크게 되도록 탐촉자의 위치를 조정한 후 표시기의 풀 스케일 100%로 조정한다.

(c) RB-RA 또는 RB-RD의 경우, 2개의 段差로 부터의 에코우의 골 레벨이 풀 스케일의 3% 또는 -30dB 이하가 되는 段差를 구하여 원거리 분해능이라 한다. RB-RB의 경우, 欠陥 에코우와 底面 에코우의 골의 레벨이 풀 스케일의 3% 또는 -30dB 이하가 되는 欠陥을 구하여 원거리 분해능이라 한다. RB-RC의 경우, 欠陥 에코우와 底面 에코우의 골의 레벨이 풀 스케일의 3% 또는 -30dB 이하가 되는 欠陥을 구하여 원거리 분해능이라 한다.

(d) 분해능의 표시는, 탐상면과 欠陥사이의 거리 또는 段差를 밀리메타(mm) 단위로 나타낸다.

(4) 감도여유

부속서1의 3.2.2에 명시되어 있으며 한국의 규격내용과 같다.

2.3. ASTM E 317(미국)

(1) 증폭직선성

이 규격에는 증폭직선성에 관한 두 가지 방법을 규정하고 있다. METHOD A와 METHOD B가 있는데, 후자는 較正된 바깥볼이 감쇠기를 사용하는 것으로서 專用測定器를 필요로 하기 때문에, 여기서는 METHOD A만을 소개한다.

(a) 시험편은 그림4에 나타낸 시험편(ASM E 317 Fig.1)에 대하여 직접접촉 또는 水浸垂直探觸子로 한다.

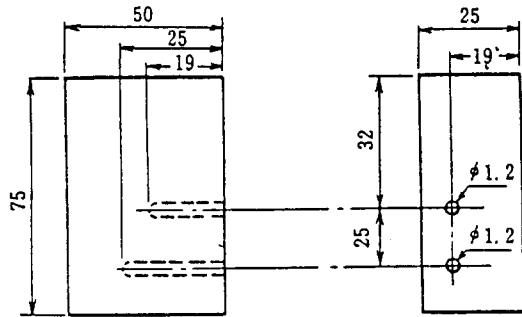


그림 4 증폭직선성 측정에 사용되는 시험편

(b) 조정도는 리젝션 "O" 또는 "OFF"로 한다.

(c) 먼저, 규정된 시험편의 2개의 인공결함으로부터 2개의 에코우(H_A 와 H_B)를 $H_A=60\%$, $H_B=30\%$ 되게 탐촉자의 위치와 게인조정기를 조정한다. 이 때 게인조정기는 6dB이상 게인을 높일 수 있을 것과 20dB이상 게인을 낮출 수 있을 것, 다음은 H의 높이를 10%에서 100%까지 증가되도록 게인조정기를 조정한다.

(d) H_A 의 높이를 10%에서 100%까지 증가시키면서 적당한 스텝마다 H_H 의 높이와 H_B 의 높이를 읽는다.

(e) 측정한 에코우높이 H_A 와 H_B 는 그림5의 양식으로 그래프로 나타내거나, 표로 작성한다.

(2) 시간축직선성

(a) 조정도, 탐촉자, 시험편은 증폭직선성을 시험할 때와 같다.

(b) 표시기 중에 非于涉 저면에코우가 11개 나타나도록 측정범위를 조정한다. 그리고, 시간축 눈금 20%와 80% 위치에 에코우높이 50%의 제3 저면에코우(B_3)와 제9 저면에코우(B_9)의 발생점

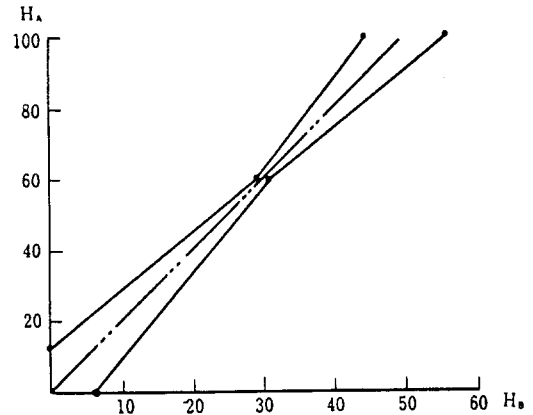


그림 5 증폭직선성 측정을 위한 그래프

이 일치하도록 조정한다.

(c) 이 상태에서 $B_1 \sim B_{11}$ (B_3 , B_9 제외)의 에코우 높이를 각각 50%에 조정하여 그 때의 에코우 시간축 위치를 읽어, 理想值와의 차이를 그래프 또는 표로 나타낸다.

(3) 분해능

(a) 탐촉자는 직접접촉 또는 水浸의 수직탐촉자, 시험편은 ASTM E 317 Fig.6에 표시한 시험편, ASTM E 127의 알루미늄합금 표준시험편, ASTM E 428 鋼標準試驗片, 그 외 試驗體와 같은 材料로 만든 시험편으로 한다.

(b) 게인의 조정도는 결함으로부터의 에코우높이가 표시기 눈금의 80%이상 이 되도록 조정한다.

(c) 근거리 분해능의 측정은, 탐상기의 감도를 조정하여 인공결함으로부터 에코우높이를 표시기의 80%되게 하고 표면에코우와 결함에코우의 끝의 레벨이 20%이하가 되어주는 인공결함의 위치를 구한다.

(d) 원거리 분해능의 측정은, 裏면에코우와 결함에코우의 끝의 레벨이 20%이하가 되는 인공결함의 위치를 구한다.

(e) 각각의 분해능은 결함의 직경 및 결함의 表面 또는 裏面으로부터의 거리로 표시한다.

(4) 감도와 雜音

(a) 탐촉자는 직접접촉 또는 수침탐촉자로 한다.

(b) 시험편은 ASTM E 127의 알루미늄합금의 표준시험편 중에서 시험주파수에 따라 선택한다.

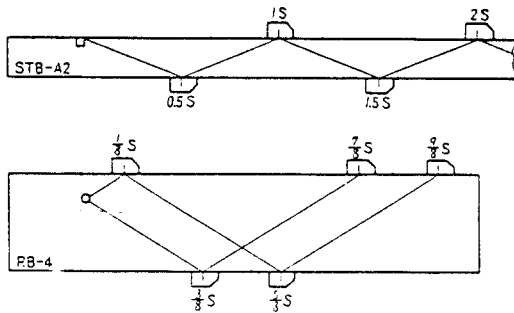


그림 6 에코우높이 구분선 작성을 위한 탐촉자 위치

(c) 탐상기의 감도는 가능한 한 최대에 가깝게 놓고, 표시기 중의 탐상도형의 베이스 라인의 잡음이 탐상영역 안에서 20%이하로, 결함에코우는 60% 이상이 되어주는 가장 작은 인공결함을 찾는다.

(d) 기록은 잡음레벨, 에코우높이를 기록한다.

3. 탐상감도 조정용 에코우높이 구분선

같은 크기의 결함에 대한 표시기의 에코우높이가 탐상거리에 따라 각각 다르게 나타날 것이므로 결함을 평가하기 위하여, 거리 진폭 특성곡선을 사용하여 에코우높이 구분선을 작성하는 것은 초음파 탐상의 필수적 작업이다. KS B 0896의 6.5에 구분선의 작성에 관하여 규정하고 있다. 이는 JIS Z 3060의 내용과 거의 같다.

3.1. 에코우높이 구분선

에코우높이 구분선의 작성에는, 경사각탐상의 경우와 수직탐상의 경우, DAC 회로를 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우, 표준시험편으로 STB-A2를 사용하는 경우와 RB-4 중의 어느 하나를 선택하는 경우 등 여러가지 경우가 있는데, 여기서는 경사각탐상, DAC회로를 사용하지 않는 경우, STB-A2시험편을 사용하는 경우에 대하여 요약한다.

(a) 결함을 평가하기 위하여 에코우높이를 몇 개의 영역으로 구분한다. 이를 위하여 에코우높이 구분선은 거리 진폭특성곡선을 사용하여 작성한다.

(b) STB-A2시험편을 이용하는 경우는 $\phi 4 \times 4$ mm의 표준구멍을 사용하여 에코우높이 구분선을

작성한다.

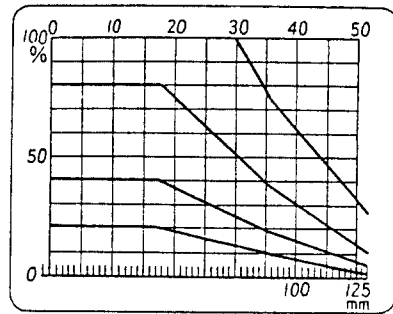
(c) 에코우높이 구분선은 원칙적으로 실제로 사용하는 탐촉자를 사용하여, 눈금판 또는 보조눈금판에 기입한다. 이를 교정눈금판이라 한다.

(d) 그림6에 예시한 각각의 위치에 탐촉자를 놓고, 눈금판 또는 보조눈금판에 있어서의 각각의 에코우높이의 피크 위치에 플로트한다.

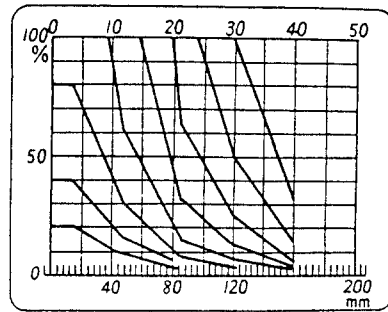
(e) 일정한 감도에서 플로트한 각 점을 선분으로 연결하여, 하나의 거리 진폭 특성곡선으로 한다.

(f) 교정눈금판에는 3개 이상의 거리 진폭 특성곡선을 기입한다. 인접하는 특성곡선 작성시의 감도 차는 6dB로 한다.

(g) STB-A2를 사용하는 경우, 0.5스킵 거리 이내의 범위는 0.5스킵의 에코우높이로 한다(그림 7참조). 다만, 진동자 치수가 20mm×20mm이고 45°의 탐촉자 일 경우는, 1스킵 거리 이내의 범위를 1스킵점의 에코우높이로 한다.



(a) 5Z10×10A70, 測定範圍 125 mm, STB-A2



(b) 5Z10×10A45, 測定範圍 200 mm, RB-4 (T=50 mm)

그림 7 에코우높이 구분선 작성의 예

3.2. H선, M선, 및 L선

경사각탐촉자법의 경우 앞서 작성한 에코우높이 구분선 중, 목적에 따라 적어도 하위에서 3번째 이상의 선을 선택하여 H선으로 하고, 이를 감도 조정 기준선으로 한다. H선은 원칙적으로 결함에 코우의 평가에 사용되는 비임행정 범위로써, 그 높이가 40%이하가 안되는 선으로 한다. H선보다 6dB낮은 에코우높이 구분선을 M선으로 하고, 12 dB낮은 에코우높이 구분선을 L선으로 한다. 이러한 구분선의 명칭은 결함 검출 레벨의 지정에 유용하며 결함 지시길이의 측정 등에 활용된다.

3.3. 탐상감도

공칭굴절각 60° 또는 70° 를 사용하는 경우 $\phi 4 \times 4\text{mm}$ 의 표준구멍의 에코우높이가 H선에 맞도록 계인을 조정하여 이를 탐상감도로 한다. 굴절각 45° 를 사용하는 경우는 $\phi 4 \times 4\text{mm}$ 의 표준구멍의 에코우높이가 H선에 맞도록 계인을 조정한 후 감도를 6dB높여, 이것을 탐상감도로 한다.

4. 용접부의 탐상시험

용접의 종류에 따라 탐상시험의 방법이 다르겠으나, 여기서는 판재의 맞대기 용접부에 대하여 알아본다.

4.1. 탐상시험을 하기 위한 준비

용접부의 탐상시험을 하는데는, 앞서 열거한 탐상장치의 성능시험 및 에코우높이 구분선의 작성뿐만 아니라, 용접부에 관한 여러가지 정보를 사전에 조사해야 한다. 즉 용접방법 및 시공의 상세, 開先의 형상과 루트면의 형상 등의 정보에 따라 용접결함이 발생하기 쉬운 위치, 결함의 종류, 결함의 크기 및 방향을 예상하고 탐상시험에서 누락되는 일이 없도록 주사방법을 선택해야 한다. 그리고 초음파의 전파에 영향을 주는 모재 및 용착금속의 성질, 열처리 실시 여부 등을 파악하고 있어야 한다.

4.2. 주사법 및 용어의 뜻

결함을 빠짐 없이 찾아내고 평가하기 위해서는 여러가지 주사법을 응용해야 하기 때문에 주사법의 내용과 활용에 관해 알아야 한다. KS B 0896

과 JIS Z 3060 부속서1에, 경사각탐촉자의 주사법에 관련한 그림과 용어의 뜻을 규정하고 있다. 여기서는, 간단히 그림8에 주사모양과 그 명칭을 나타낸다.

4.3. 탐상방법

(a) 맞대기 이음의 탐상시험에는, 경사각탐촉자를 사용하는 것이 일반적이다. 1 탐촉자 경사각 탐상법을 적용하는 경우, 탐상하는 면과 탐상의 방법은 표3(JIS Z 3060부속서1 표2)에 의한다.

(b) 사용하는 탐촉자의 굴절각은 판 두께에 따라 선택한다. 판 두께 40mm이하의 경우는 굴절각 70°, 40mm~60mm의 경우는 70° 또는 60°, 60mm~100mm의 경우는 70° 또는 60°를 45°의 탐촉자와 병행해서 사용하고, 한쪽 면에서 탐상하면 된다(그림9 참조). 판 두께 100mm이상의 경우는, 굴절각은 앞의 경우와 같은 탐촉자로 하고 양쪽면 양쪽에서 직사법으로 탐상한다(그림9 참조)

(c) 欠陥의 傾向에 따라서는 결함에코우가 나타나지 않는 경우가 있기 때문에 그림9에 표시한 것과 같이, 초음파 비임(beam)의 방향이 2방향 이상인 주사로 탐상한다.

4.4. 탐상시험

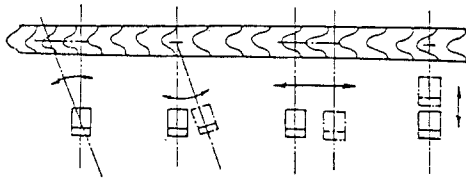
(a) 경사각 1 탐촉자를 사용하는 경우, 본문 3.2(KS B 0896 5.8)에 규정한 감도보다 약간 높게 탐상감도를 조정하여, 이상부를 검출한다.

M검출레벨의 경우는 교정눈금판의 M선을 초과하는 에코우를 검출하고, L검출레벨의 경우는 교정눈금판의 L선을 초과하는 에코우를 검출한다. 2 탐촉자법의 경우는 눈금판의 20%를 초과하는 에코우를 검출한다.

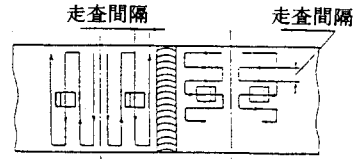
(b) 최대 에코우높이를 표시하는 위치에 탐촉자를 놓고, 탐촉자의 위치 및 방향, 비임행정, 용접부의 상황 등으로 미루어 이상부가 결함인가 아닌가를 판정하여 결함부의 표면에 표시를 한다.

(c) (a)의 탐상을 거친탐상이라 하며 거친탐상에서 마아크된 곳을 대상으로 하는 탐상을 정밀탐상이라 한다. 이 때는, 본문 3.2에 규정한 탐상감도에 계인을 조정한다.

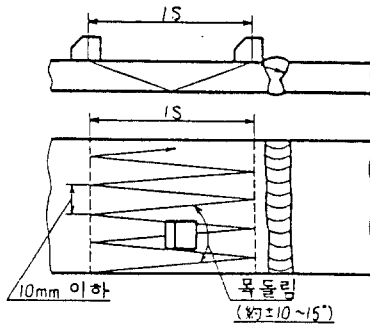
(d) 최대 에코우높이를 표시하는 위치 및 방향에 탐촉자를 놓고, 그 최대 에코우높이가 교정눈금판의 어느 영역에 있는가를 읽는다.



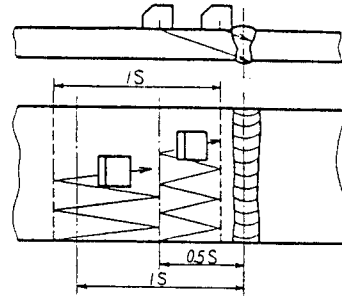
(a) 목돌림주사 진자주사 좌우주사 전후주사



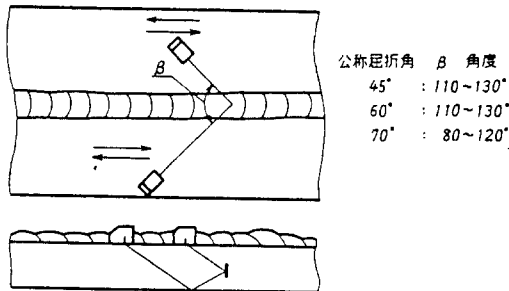
(b) 횡방향주사와 종방향주사



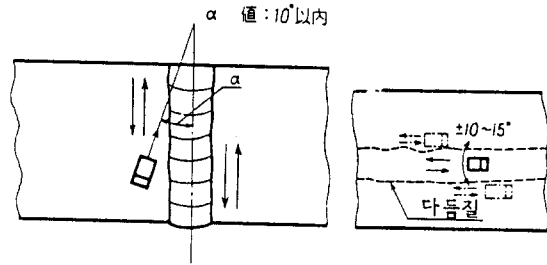
(c) 지그재그주사



(d) 주사범위를 분할한 지그재그주사



(e) 두갈래주사



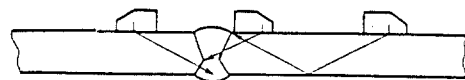
(f) 경사 평행주사

(g) 용접선상주사

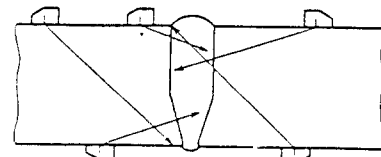
그림 8 주사방법의 모양과 명칭

표3 탐상면 및 탐상의 방법

이음의 형상	관두께 mm	탐 상 면	탐상의 방법
맞대기 이음	100 이하	편면 양측	직사법 및 1회반사법
	100 이상	양면 양측	직 사 법
T 이음 각 이음	60 이하	편면 편측	직사법 및 1회반사법
	60 이상	양면 편측	직 사 법



(a) 관두께 100mm 이하의 경우



(b) 관두께 100mm 이상의 경우

그림 9 관두께에 따른 탐상의 방법

(e) 최대 에코우높이가 표시하는 탐촉자 용접부 거리에서 좌우주사를 한다. 이 때 약간의 전후주사를 하지만 목돌림주사는 하지 않는다. 또, M, L 어느 검출레벨에 있어서도, 에코우높이가 L선을 초과하는 범위의 이동거리를 1mm의 단위로 측정하여 결함지시길이로 한다. 다만, 판 두께가 75mm 이상으로서 주파수 2MHz, 진동자 치수 20×20mm 탐촉자를 사용하는 경우에는, 최대에코우의 $\frac{1}{2}$ 을 초과하는 범위의 탐촉자 이동거리를 측정하여 결함지시길이로 한다.

(f) 결함의 위치는 표면으로부터의 깊이와 탐촉자로부터의 거리로 표시한다. 이 위치는 그림10에서 보는 바와 같이 비임행정의 기하학적 형상으로부터 계산하여 추정한다. 탐촉자를 용접부로부터 0.5스킵 내지 1스킵 범위에서 이동시켜, 최고 에코우높이의 위치를 찾아 마아크하고 이 점과 결함 바로 위에 상당하는 탐상면상의 점까지의 거리를 탐촉자·결함거리라 한다. 그리고 비임의 경사각을 알고 있으므로 탐촉자·결함거리에 따른 결함의 깊이도 알 수 있다.

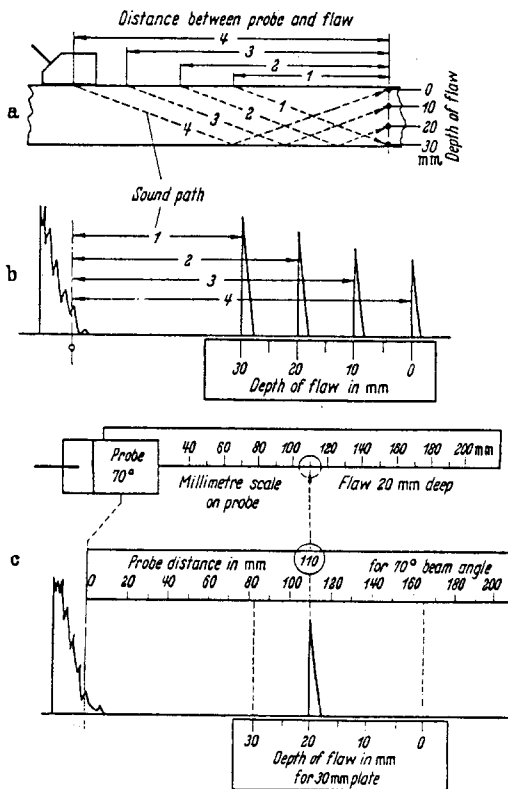


그림 10 결함 깊이와 탐촉자-결함거리의 측정

5. 초음파 탐상 관련 각국의 규격

(1) 한국규격(KS)

- B 0056-77 용접부 비파괴시험 기호
- B 0817-86 금속재료의 펄스반사법에 따른 초음파 탐상시험 방법
- B 0827-86 초음파 탐상용 G형 감도 표준시험편
- B 0828-75 강판 초음파 탐상용 N1형 감도 표준시험편
- B 0829-81 초음파 탐상용 A1형 표준시험편
- B 0830-81 초음파 경사각 탐상용 A2형 감도 표준시험편
- B 0831-81 초음파 경사각 탐상용 A3형 표준시험편
- B 0888-88 배관용접부의 비파괴검사 방법
- B 0896-77 강 용접부의 초음파 탐상시험 방법 및 시험결과의 등급분류 방법
- B 0897-77 알루미늄 용접부의 초음파 경사각 탐상시험 방법 및 시험결과의 등급분류 방법
- D 0040-84 건축용 강관의 초음파 탐상시험에 따른 등급분류와 판정기준
- D 0233-77 압력용기용 강관의 초음파 탐상검사
- D 0250-79 강관의 초음파 탐상검사 방법
- D 0252-84 아크용접 강관의 초음파 탐상검사
- D 6820 펄스반사법 초음파 진단장치의 성능 측정 방법 통칙

(2) 일본규격(JIS)

- Z 2344-87 금속재료의 펄스반사법에 의한 초음파 탐상시험 방법 통칙
- Z 2345-87 초음파 탐상용 표준시험편
- Z 2355-87 초음파 펄스반사법에 의한 두께 측정 방법
- Z 3050-87 파이프라인 용접부의 비파괴검사 방법
- Z 3060-88 강 용접부의 초음파 탐상시험 방법 및 시험결과의 등급분류 방법
- Z 3080-81 알루미늄용접부의 초음파 경사각 탐상 방법 및 시험결과의 등급분류 방법
- Z 3081-83 알루미늄판 용접부의 초음파경사각 탐상 방법 및 시험결과의 등급분류

	방법	한 등급분류와 판정기준
G 0582-78	강관의 초음파 탐상시험 방법	G 0601-82 크래드강의 시험방법
G 0584-83	아-크 용접관 초음파 탐상시험 방법	H 4751-81 지르코늄 합금관 초음파 탐상시험 방법
G 0587-87	탄소강 및 저합금강 단강품의 초음파 탐상시험 방법 및 시험결과의 등급분류 방법	기타, 일본에는 국가규격 외에 단체규격이 있다. 즉, 일본비파과검사 협회규격, 일본용접협회 규격, 경금속용접구조협회규격, 日本鑄鍛鋼會規格, 일본건축학회規準, 일본고압력기술협회규격 등이다.
G 0801-74	압력용기용 강관의 초음파 탐상시험 방법	
G 0901-83	건축용 강관의 초음파 탐상시험에 의	

(3) 미국 재료시험협회 규격 (ASTM)

ASTM E 1002-86	Leaks Using Ultrasonics
ASTM E 1065-85	Evaluating Characteristics of Search Units
ASTM E 664-78	Measurement of the Apparent Attenuation of Longitudinal Ultrasonic Waves by Immersion Method
ASTM E 317-85	Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Testing Systems Without the Use of Electronic Measurement Instruments
ASTM E 127-82	Fabricating and Checking Aluminum Alloy Ultrasonic Standard Reference Blocks
ASTM E 428-71	Fabrication and Control of Steel Reference Blocks in Ultrasonic Inspection
ASTM E 1001-84	Detection and Evaluation of the Discontinuities by the Immersed Pulse-Echo Ultrasonic Method Using Longitudinal Waves
ASTM E 214-68	Immersed Ultrasonic Examination by the Reflection Method Using Pulsed Longitudinal Waves
ASTM E 588-86	Detection of Large Inclusions in Bearing Quality Steel by the Ultrasonic Method
ASTM E 587-82	Ultrasonic Angle-Beam Examination by the Contact Method
ASTM E 164-81	Ultrasonic Contact Examination of Weldments
ASTM E 273-83	Ultrasonic Examination of Longitudinal Welded Pipe and Tubing
ASTM E 213-85	Ultrasonic Examination of Metal Pipe and Tubing
ASTM E 797-81	Ultrasonic Pulse-Echo Contact Measuring Thickness by manual
ASTM E 114-85	Ultrasonic Pulse-Echo Straight-Beam Testing by the Contact Method
ASTM E 804-81	Ultrasonic Test System by Extrapolation Between Flat Bottom Holes Size
ASTM E 494-75	Ultrasonic Velocity in Materials, Measuring
ASTM E 500-86	Terminology Relating to : Ultrasonic Testing
ASTM A 388-84	Practice for Ultrasonic Examination of Heavy Steel Forging,
ASTM A 418-77	Method for Ultrasonic Inspection of Turbine and Generator Steel Rotor Forgings
ASTM A 435-82	Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Steel Plates for Pressure Vessel
ASTM A 503-75	Specification for Ultrasonic Examination of Large Forged Crankshafts
ASTM A 531-74	Practice for Ultrasonic Inspection of Turbine-Generator Steel Retaining Rings
ASTM A 577-82	Specification for Ultrasonic Angle-Beam Examination of Steel Plates
ASTM A 578-85	Specification for Straight-Beam Ultrasonic Examination of Plain and Clad Steel

	Plates for Special Applications
ASTM A 609-83	Specification for Steel Castings, Carbon and Low-Alloy. Ultrasonic Examination There of
ASTM A 745-84	Practice for Ultrasonic Examination of Austenitic Steel Forgings
ASTM B 548-82	Method and Specification for Ultrasonic Inspection of Aluminum-Alloy Plate for Pressure Vessels
ASTM B 594-82	Method for Ultrasonic Inspection of Aluminum-Alloy Products for Aerospace Applications
ASTM C 597-83	Test Method for Pulse Velocity Through Concrete
ASTM D 2845-83	Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock
ASTM F 600-78	Practice for Non-destructive Ultrasonic Evaluation of Socket and Butt Joints on Thermoplastic Piping

기타, 美國에는, 미국 용접협회 규격, 미국 석
유학회 규격, 미국 軍用 규격, 미국 자동차기술협
회 규격 등이 있다.

의 규격이 참고가 되리라 믿는다.

參考文獻

6. 결 언

초음파 탐상시험에 의해 결함의 정확한 형상을
알기는 어렵다. 本文에서는 맞대기 이음에 관한,
비교적 탐상이 용이한 경우에 대하여 알아 보았지
만 보다 복잡한 형상에 대한 탐상에 있어서는 초
음파 이론과 더불어 많은 탐상의 경험을 필요로
한다.

표준시험편의 형상과 치수, 탐상방법, 평가 및
등급분류 등 보다 구체적인 사항에 대해서는 각국

- 1) Annual Book of ASTM Standards: Metals
test methods and analytical procedues, Vol.
03.03, Section 3(1985).
- 2) J.Krautkramer: Ultrasonic testing of
materials, New York, (1977).
- 3) 日本學術振興會: 超音波探傷法, 日刊工業新聞
社,(1974).
- 4) 日本非破壞檢査協會: 超音波探傷試驗規格要
覽, 關西廣濟堂, (1988).