

《解 說》

D.G.S. 線圖의 利用方法(II)

박 은 수

유양원자공업(주)

1984년 12월 4일 접수

Utilization of D.G.S. Diagram in Ultrasonic Testing(III)

3-2-1 對比反射源의 에코우의 基準높이 設定

초음파 탐상검사에서 CRT 스크린에 나타난 에코우의 높이만으로 결함의 절대 크기를 알 수는 없다. 그러므로 특정 형상의 크기를 알고 있는 人工 缺陷이나 無限平面같은 것을 基準으로 정하고, 그것과 서로 비교하여 결함의 크기를 推定하지 않으면 안된다. 그 比較의 基準이 되는 反射源을 對比 反射源이라 한다.

對比 反射源으로는 1) 초음파의 빔에 수직하고 넓은 平面形인 後面, 2) 표준시험편의 四分圓面, 3) 탐상면에 平行하게 뚫은 원통형 側面孔, 4) 탐상면에 수직하게 뚫은 원통형 垂直孔, 5) 平底孔 6) 노치형 홈 등을 들 수 있는데 D.G.S. 선도를 사용할 때에는 再現性이 좋은 後面이나 四分圓面을 많이 이용하게 된다. 그런데 D.G.S. 선도는 後面과 平底孔을 기준하여 작성한 것이므로 다른 형태의 對比 反射源을 이용할 때에는 等價 反射源의 推定을 위해 적절한 보정을 해 주어야 한다.

그림 4의 ② 위치에 탐촉자를 놓고 後面을 대비 반사원으로 할 때 탐상기의 게인을 조정하여 에코우의 높이가 CRT의 전스크린 높이의 40% (40% f.s.로 표시)가 되게 하였다면 이것이 대비 반사원 에코우의 기준 높이가 된다. 이 때 조정한 게인의 dB 눈금을 읽는다. 만약 26 dB를 나타낸다면, 이것을 基準 값으로 기억해 두고 V_0 라 한다. 그리고 그림 4의 ② 위치에서 대

비 반사원인 後面까지의 거리 a_0 가 70 mm인 것도 잊어서는 안된다.

3-2-2 결함 에코우 높이의 측정

측정범위와 평가 대상이 되는 결함의 직경을 알고 D.G.S. 선도상에서 後面과의 dB 차를 구한다. 예를들어 측정범위가 70 mm이고 직경 1.0 mm 이상인 결함을 찾아 평가 대상으로 한다면 그림 5의 D.G.S. 선도에서 횡축의 70 mm 선과 후면반사 에코우 선과 교차하는 점의 dB를 읽으면 15이고, 직경 1.0 mm의 등가 반사원 에코우 선과 교차하는 점의 dB를 읽으면 57이다. 그러므로 dB 차는 42가 얻어진다. 결함 에코우의 높이를 측정하기 위하여, 먼저 對比 反射源에서 얻은 기준값 $V_0 = 26$ dB에, 여기서 얻어진 dB 차 42를 더하여 게인의 눈금이 적어도 68 dB 이상이 되도록 조정한다. 다음 그림 4의 ① 위치에 탐촉자를 놓고 결함 에코우의 높이가 최대가 되도록 탐촉자를 움직여 고정시킨다. 그리고 게인을 조정하여 에코우의 높이가 대비 반사원 에코우의 기준 높이와 같은 40% f.s.가 되게 한다. 그때 게인의 dB 눈금이 54 dB를 가리키고 있다고 하면 이것이 결함 에코우 높이의 對比값 V_1 이 된다. 그리고 탐상면에서 결함까지의 거리도 반드시 알아두어야 한다. 이 경우 결함까지 거리 a_1 은 30 mm 이다.

여기서 한가지 더 생각해 두어야 할 것은 D.G.

S. 선도를 이용하여 결함의 크기를 측정할 수 있는 데는 한계가 있다는 점이다. 작은 결함일 경우에만 선도의 이용이 가능하다. 큰 결함과 작은 결함의 구분은 결함이 초음파의 빔 내에 포함되느냐의 여부에 따라 정한다. 같은 크기의 결함일지라도 초음파 빔의 퍼짐에 의하여 큰 결함이 되기도 하고 작은 결함이 되기도 한다. D.G.S. 선도로 결함의 크기를 정할 수 있는 것은 결함이 초음파의 빔 내에 들어오는 작은 결함일 때에만 가능하다는 것을 알아 두어야 한다. 큰 결함일 경우에는 일반적으로 탐촉자를 움직여 최대 에코우의 높이가 그것의 반으로 떨어지는 범위까지를 결함으로 보고, 탐촉자를 움직인 범위에 의해 결함의 크기를 정한다.

3-2-3 等價反射源 크기의 推定

앞에서 측정한 것을 예로 들어 等價 反射源의 크기를 推定해 본다. 먼저 대비 반사원의 基準값, V_0 와 결함의 對比값, V_1 의 差 즉 $\Delta V = V_1 - V_0$ 를 구한다. 이 경우 $\Delta V = 54 \text{ dB} - 26 \text{ dB} = 28 \text{ dB}$ 가 된다. 다음은 D.G.S. 선도에서 대비 반사원인 後面까지의 거리 a_0 와 후면반사 에코우 선이 만나는 점 즉 基準點을 정하고 그림 6 과 같이 P_0 로 표시한다. P_0 점에서 ΔV 만큼 아랫 쪽(양의 방향)으로 내려와 결함까지의 거리 a_1 과 교차하는 점 P_1 을 잡는다. 이 때 P_1 점 이 포함되는 등가 반사원의 크기 곡선에서, 等價 反射源의 크기 D_f 를 알 수 있게 된다.

이것을 그림 7의 실제 D.G.S. 선도상에 표시해 보면 검출된 결함의 크기는 직경 1.0 mm의 등가 반사원인 것을 알 수 있다. 여기서 D.G.S. 선도의 종축 눈금과 탐상장치의 계인의 눈금을 서로 혼동해서는 안된다. 선도상의 종축의 눈금은 ΔV 를 찾기 위한 참조 눈금으로 생각하면 차질이 없다. 그림 7에서 $a_0 = 70 \text{ mm}$ 와 대비 반사원인 후면 반사 에코우 곡선과의 교점인 기준점 P_0 가 정해졌을 때 선도상에서 이 점에 대한 종축 눈금

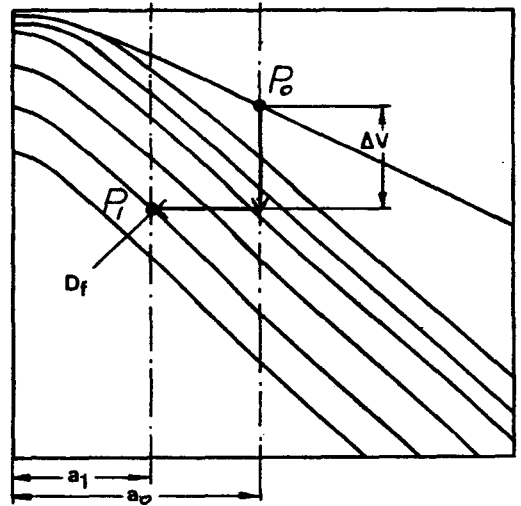


그림 6. 등가 반사원의 크기 추정

이 15 dB 임을 알 수 있다. 결함 에코우 높이가 이것에 ΔV 만큼 차이가 있으므로 선도상에서는 $15 \text{ dB} + 28 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$ 의 눈금을 찾아야 되고 이 dB의 수준과 결함까지의 거리 a_1 즉 30 mm 선과 맞닿는 점 P_1 을 구할 수 있게 된다. 그러므로 탐상과정에서 탐상기 계인의 눈금으로 읽은 값 V_0 와 V_1 을 선도상의 종축의 눈금 값으로 혼동해서는 절대로 안된다.

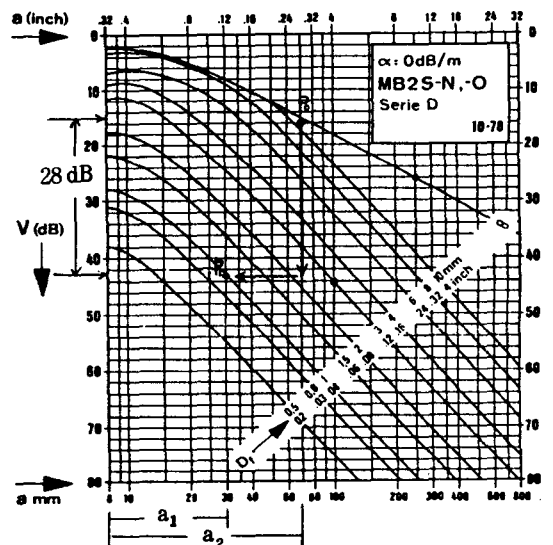


그림 7. D.G.S. 선도 (1)

내용을 다시 확인하기 위하여 다음과 같은 경우 등가 반사원의 크기를 구해보자. 두께 250 mm인 단강판을 검사하기 위해 후면 반사 에코우를 40 % f.s. 로 맞추었을 때 계인의 눈금은 20 dB였고, 100 mm 깊이에서 결함 에코우를 발견하여 40 % f.s. 로 계인을 조정했을 때 눈금은 38 dB였다. 이 결함의 등가 반사원의 크기를 그림 7의 D.G.S. 선도를 이용하여 계산해 보자. 단 이 재료 내에서 초음파의 감쇄는 없는 것으로 한다.

주어진 값에서 $\Delta V = 38 \text{ dB} - 20 \text{ dB} = 18 \text{ dB}$, $a_0 = 250 \text{ mm}$, $a_1 = 100 \text{ mm}$ 이므로 선도에서 $D_f = 3.0 \text{ mm}$ 인 것을 바로 찾을 수 있다.

만약 그림 3 과 같은 표준화된 D.G.S. 선도를 사용할 때는 D_f 대신 G 값이 얻어지므로 $D_f = D_s \cdot G$ 로 구하지 않으면 안된다. 그림 7의 선도는 특정 탐촉자와 재료에 한하여 사용되는 것이지만 그림 3 과 같은 표준화 선도는 여러 가지 경우에 적용이 가능하다. D.G.S. 선도는 재료로 진행하는 초음파의 파장과 밀접한 관계를 가지므로 파장의 변화 요인이 있으면 특정된 선도를 사용할때 주의하지 않으면 안된다.

3-2-4 감쇄량을 고려한 D_f 의 추정

초음파가 피검사 재료로 전파할때, 에너지는 흡수되거나 산란되면서 감쇄하게 된다. 감쇄식을 보면

$$P_x = P_0 \exp.(-\alpha x) \dots\dots\dots (7)$$

로 표현되고 있다. 여기서 P_0 는 초기의 음압이고 P_x 는 거리 x 만큼 진행했을 때의 음압이며, α 는 감쇄계수로서 dB/mm의 단위를 가진다. 감쇄계수는 물질의 종류에 따라 다를뿐 아니라 조직이나 입도의 변화에 의해서도 많이 달라진다. 즉 재료의 내부 성질에 따라 달라지기 때문에 D.G.S. 선도에 상에 일반화시켜 나타내기는 어렵다. 그러므로 D.G.S. 선도는 감쇄계수 α 를 뺀 것으로 가정하고 작성된 것이다. 실제 공업용 재료에서 초

음파의 감쇄는 무시할 수 없는 량이므로 올바르게 감안하여 주지 않으면 추정된 결함 크기의 오차를 더욱 확대시키게 된다. 다시말하면 앞에서 측정한 ΔV 값중에는 반사원의 크기, 반사원까지의 거리, 감쇄 및 전이에 관한 요인이 함께 포함되어 있다고 볼 수 있다. 즉

$$\Delta V = \Delta V_s + \Delta V_D + \Delta V_A + \Delta V_T \dots\dots\dots (8)$$

단 여기서 ΔV_s 는 반사원 크기 변화에 의한 dB 차, ΔV_D 는 거리 변화에 의한 dB 차, ΔV_A 는 감쇄로 인한 dB 차, ΔV_T 는 轉移로 인한 dB차이다.

지금까지 ΔV 는 ΔV_D 와 ΔV_s 에만 관계된다는 전제하에 즉 ΔV_A 는 무시하고 등가 반사원의 크기를 정했다. 일반적으로 ΔV_A 를 고려하지 않아도 될 경우가 많지만 무시할 수 없을 경우 ΔV_A 를 계산하여 결함의 크기평가에 감안해 주어야 한다. ΔV_A 는 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\Delta V_A = \alpha \cdot 2 \cdot \Delta a = \alpha \cdot 2 (a_0 - a_1) \dots\dots\dots (9)$$

ΔV_A 를 계산하자면 감쇄계수 α 를 알아야 한다. 식(9)에서 알 수 있는바와 같이 ΔV_A 는 대비 반사원과 결함과의 거리차에서 생기는 감쇄량을 의미한다. 결함까지의 거리 a_1 이 대비 반사원까지의 거리 a_0 보다 클 경우 ΔV_A 는 負(-)의 값이 되며 그 반대일 경우 正(+)의 값이 된다. 그러므로 ΔV 는 ΔV_A 의 正負에 따라 가감된다. 다시말하면 $a_0 > a_1$ 일 때 ΔV 는 커지고 D_f 는 ΔV_A 만큼 작아지게되며, $a_0 < a_1$ 일 때 D_f 는 ΔV_A 만큼 커진다.

한편 식(9)를 살펴보면 탐상장치로 ΔV_A 를 측정하면 감쇄계수 α 를 구할 수 있음을 보여주고 있다. 식(8)에서 ΔV_s 와 ΔV_T 가 뺴이 되도록 조건을 설정한 다음 ΔV 를 측정하여 ΔV_D 를 빼주면 ΔV_A 가 얻어진다. ΔV_D 는 D.G.S. 선도에서 범의 전파거리의 차이에 따른 dB 차를 구하면 된다. ΔV_A 가 구해지면 식(9)에서 α 는 쉽게 구할 수 있다. 이 식에서 Δa 에 2배해 준 것은 초음파가 실제로 진행한 거리는 Δa 를 왕복한 거리가 되기

때문이다.

예를들어 $a_0 = 100\text{ mm}$, $a_1 = 60\text{ mm}$, $\alpha = 0.075\text{ dB/mm}$ 일 때 ΔV 가 18 dB 라면 등가 반사원의 크기는 얼마인가 계산해 보자.

그림 8의 D.G.S. 선도에서 P_0 점을 정하고 그 점에서 ΔV 즉 18 dB를 옮긴 다음, a_1 와 만나는 점 P_1 을 찾아 Df 를 구하면 2.4 mm가 된다. 그런데 이 ΔV 값에는 ΔV_A 에 해당되는 값이 빠져있다. 대비 반사원이 결함보다 $\Delta a = a_0 - a_1$ 멀리 있기 때문이다.

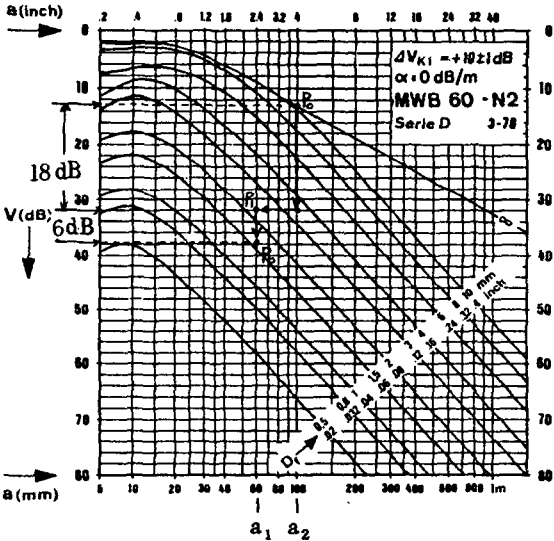


그림 8. D.G.S. 선도 (2)

다시 말하면 $\Delta V = V_1 - V_0$ 인데 여기 V_0 값 즉 기준값이 $2 \cdot (a_0 - a_1) \cdot \alpha = \Delta V_A$ 더 커진 결과가 되므로 실질적으로 ΔV 값은 그만큼 작아지게 된다. 따라서 $\Delta V_A = 2 \times (100 - 60) \times 0.075 = 6\text{ dB}$ 를 더해주시 않으면 안된다.

감쇄로 인한 차이를 수정해 주면 등가 반사원의 직경은 1.7 mm가 된다.

한가지 예를 더 들어보면, $a_0 = 25\text{ mm}$, $a_1 = 120\text{ mm}$, $\alpha = 0.063\text{ dB/mm}$ 일 때 ΔV 가 26 dB로 계산되었다면 그림 9의 D.G.S. 선도에서 감쇄량을 고려하지 않고 구한 Df 는 4.2 mm이다. 이 경우 ΔV_A 는 負의 값인 -12 dB 이므로 Df 가

실제보다 작게 평가되었고 감쇄량을 고려하여 수정하면 8.5 mm가 된다.

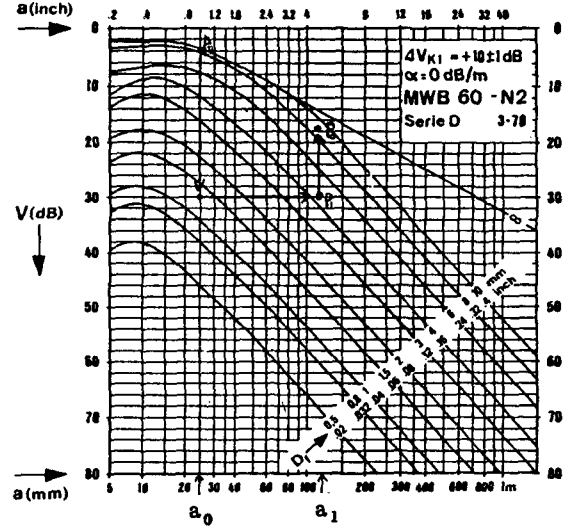


그림 9. D.G.S. 선도 (3)

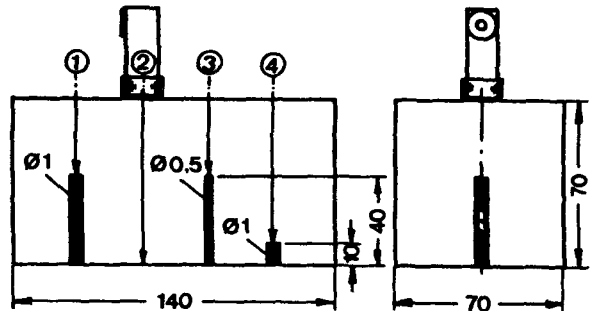


그림 4. 인공결함을 가진 시험편