

초음파 감쇠율의 차가 결함판정에 주는 영향

남궁재관*

(논문접수일 2005. 1. 19, 심사완료일 2005. 2. 25)

The Effects of the Difference of Ultrasonic Damped Rate on the Judgment of Defects

Chai-Kwan Namkoong*

Abstract

In this study, on automatic ultrasonic testing system is used to detect defects of flawtest specimen. We study the effects of the difference of ultrasonic damped rate of the different materials on the judgment of defects. The results indicate that the difference of sensitivity compensating quantity is 2dB, and the judgment is correct over 90% when a specimen is judged as a defect when it exceeds third grade.

Key Words : Defects(결함), Damped Rate(감쇠율), Sensitivity(감도), Compensating Quantity(보정량), Ultrasonic(초음파), Probe(탐촉자), Flaw length(결함길이)

1. 서 론

초음파의 감쇠는 재료에 따라 달라지기 때문에, 결함탐사를 행할 재료에 이상이 있는 경우에는 V투과법을 통해 감도 보정량이 크게 되면 감도보정을 행할 필요가 있다고 여겨지지만, 재료의 이상에 관한 판단은 검사자의 경험에 맡기고 있어 명확한 기준이 없는 것이 현실이다.

본래 감도 보정이 필요한 정도로 큰 이상이 있는지의 여부는 V투과법을 행하지 않으면 알 수 없기 때문에 모든 재료에 대해 V투과법에 의한 감도보정량의 확인이 필요해지지만, 여기에는 상당히 수고가 따르므로 문제가 된다. 또한, V투과법은 평면으로 밖에 할 수가 없기 때문에 현장의 형상에 따

라서 감도보정량의 확인이 안 될 수도 있다든가, 게다가 재료에 의한 초음파의 감쇠는 하나의 판에 여러 형태로 산만하게 나타나거나, 실제로 현장에서 탐상부의 재료감쇠율을 완전히 파악하여 그것을 탐상에 반영시키는 것은 대단히 곤란하다. 이러한 이유로 실제의 재료 초음파 감쇠율에 결함탐상 결과의 영향이 있을만큼의 별 차가 없음을 확인한 이상, 재료의 초음파 감쇠율의 확인작업을 생략할 수 있으면 대단히 유리하다. 그러므로, 본 연구에서는 재료에 대한 초음파감쇠율의 산란과 그것에 수반한 감도보정에 따라 결함의 등급판정결과 등에 의한 영향을 조사 감도보정의 필요성에 대하여 검토하였다. 또한, V투과법으로는 Fig. 1에 나타냄과 같이 초음파발신용과 수신 사각탐상용 프로브를 일직선상에 있도록

* 서울산업대학교 기계설계자동화공학부 (namkoong@sunt.ac.kr)
주소 : 139-743 서울시 노원구 공릉2동 172

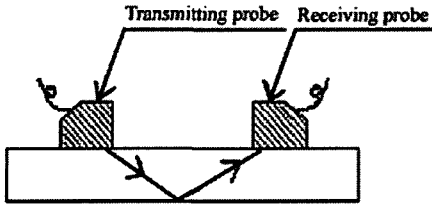


Fig. 1 V transmission method

맞추어 놓았다. 각 스킵 위치에서의 비입조정 및 에코높이를 측정하는 방법으로, 탐사를 행할 시험체와 표준시험편과의 측정값의 차로부터 감도보정량을 산출한다.

2. 시험 및 고찰

Fig. 2는 실험에 사용된 초음파 비파괴평가 계측시스템의 구성도이다. A-scan 초음파탐상기는 USD 15(Krautkramer; 35MHz), 탐촉자는 수직탐촉자(5MHz/0.5"), 종파사각탐촉자(5MHz/0.25", 78° L-Wave Wedge), 디지털 스토리지 오실로스코프(Lecroy 9374M), 접촉매질은 독일제(ZG-F)를 사용하고 일정한 압력을 가하였다. 실험방법은 탐촉자에 수신된 초음파 에코파형은 오실로스코프의 CRT상에 RF-signal로 표시하고, 오실로스코프의 디지털 스토리지 장치로부터 데이터를 수집한다. 채취한 초음파신호는 MathWorks(사) MATLAB ver. 5.2 Toolbox Wavelet을 사용하였다.

2.1 감도보정량의 산란확인(실험1)

2.1.1 실험내용

재료의 제 조건에 의한 초음파감쇠율의 차를 조사하기 위

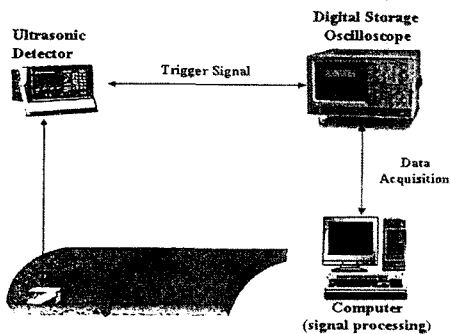


Fig. 2 Schematic diagram of UNDE measuring system

해, 재질, 룯드 등의 조건이 다른 강판을 이용해 V투과법에 의한 각각의 감도보정량을 확인하였다.

또한, 강판의 압연방향에 대한 탐상방향이 다름으로 인한 초음파 감쇠율의 차를 조사하기 위해 Fig. 3에 표시한 방향에 관해서 동일한 확인을 행하였다(데이터 확인을 위해 임의의 시험편에 관해서 탐사를 2회 실시하였다). 또한, 이번의 실험에서 탐상감도는, JIS STB-A2 표준시험편의 $\varnothing 4.0 \times 4.0$ mm 구멍에서, 에코높이가 80%로 되도록 조정된 감도를 쓰고, 이때의 반사에코높이가 20%를 넘는 것을 대상결함으로 하였다.

2.1.2 시험편

재질, 판두께, 표면처리가 다른 강판을 채택하였다. 또한, 각 시험편의 조건은 Table 1에 표시하였다.

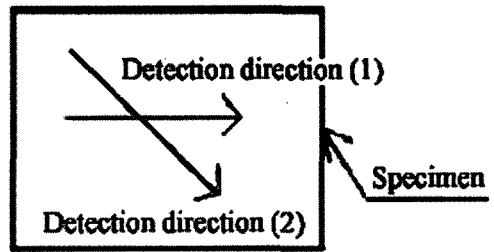


Fig. 3 Detection direction

Table 1 Material condition

No. of Specimen	Material	Thickness of plate(mm)	Surface treatment
1	SS400	19	Inorganic zinc primer
2	SS400	19	Inorganic zinc primer
3	SM490	19	Natural surface
4	SM490	19	Natural surface
5	SM570	19	Inorganic zinc primer
6	SM570	19	Inorganic zinc primer
7	SS400	22	Washy primer
8	SS400	22	Washy primer
9	SS400	22	Washy primer
10	SS400	22	Natural surface
Artificial defects	SS400	19	Mechanical surface
1-P-2	SS400	19	Natural surface
4-P-25	SS400	19	Natural surface

2.1.3 실험결과 및 고찰

실험결과를 Table 2에 표시하였다. 이번의 실험범위에서 감도보정량은 STB-A2표준시험편으로 설정한 감도를 기준감도로 하였고, 시험편의 감도는 기준감도 +1~3dB 정도로 재료차이에 따른 감도보정량의 차는 2dB 정도이다.

2.2 감도보정이 탐상결과에 주는 영향(실험 2)

2.2.1 실험내용

감도보정이 결함등급 판정결과 등에 주는 영향을 조사하기 위해, 기준감도 및 실험 1의 결과에서 얻은 감도보정량의 차 2dB를 기준감도에 적용하여 결함탐상을 행하였으며, 그것에 의한 결함지시길이, 에코높이, 등급분류 및 적부판정에 주는 영향을 조사하였다. 또한, 일본한신고속도로공단 초음파자동탐상검사요량(안)에 의거 하여 등급분류 및 적부판정을 실시하였다.

2.2.2 시험편

Fig. 4에 표시한 바와 같이 한신고속도로공단 소유의 자연 결함시험편을 채택하였다.

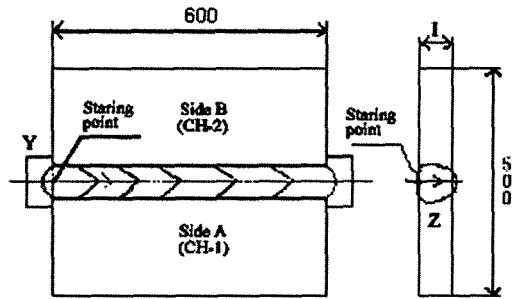


Fig. 4 Specimen of the natural defects

- ① 3-D-1 (t=12mm, V 형개선)
- ② 3-D-2 (t=12mm, V 형개선)
- ③ 4-D-18 (t=12mm, V 형개선)
- ④ 1-P-2 (t=19mm, V 형개선)
- ⑤ 4-P-25 (t=19mm, V 형개선)
- ⑥ 10-P-8 (t=22mm, V 형개선)

2.2.3 실험결과 및 고찰

기준감도로 탐상을 실시했을 때와 기준감도 +2dB 탐상을 실시했을 때에 검출되어진 결함지시 길이 및 에코높이의 비교를 Fig. 7 과 Fig. 8에, 또한 그것들의 등급분류 및 적부판정결과와의 비교를 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

- (1) 탐상감도를 +2dB로 한 경우, 결함지시 길이 및 산란량은 결함에 따라 큰 차를 보였다. 단, 이것은 결함부근에서 새로 검출된 미소결함이 동일결함으로 판정되거나(Fig. 5), 인접된 결함이 조금씩 퍼져 동일결함으로 판정되어진(Fig. 6) 것에 의해 나타난 것이 대부분으로, 개개의 결함지시길이에 관해서는 등급판정에 영향을 끼칠만한 큰 퍼짐은 거의 보이지 않았다.
- (2) 탐상감도를 +2dB로 탐상한 경우, 최고에코높이는 대부분이 30~40% 정도로 높아졌지만, 실제계산상에서 +2dB로 하면 감도는 1.26배로 되기 때문에 거의 정확한 값이다(Fig. 9).
- (3) 탐상감도를 +2dB 정확한 경우보다 적부판정에 영향을 끼친 것은 대체로 3등급 이상을 불합격으로 판정하였을 때에 검출되어진 결함수의 10% 정도이었다. 그러나, 이것들에 있어서도 개개의 결함길이로써 판정을 하면 적부판정에 영향을 주는 것은 거의 없었다(Table 3~4).

Table 2 Result of compensating quantity detection

No. of specimen	Detection direction	Compensating quantity(dB)		
		The 1st time	The 2nd time	
1	(1)	+0.53	+1.01	
	(2)	+2.03	+1.52	
2	(1)	+0.97	+0.98	
	(2)	+3.22	+1.00	
3	(1)	+1.07	+2.25	
	(2)	+2.12	+1.31	
4	(1)	+0.56	+0.54	
	(2)	+2.80	+0.98	
5	(1)	+0.50	--	
	(2)	+0.50	--	
6	(1)	+0.50	--	
	(2)	+0.50	--	
7	(1)	+0.97	--	
8	(1)	+1.03	--	
9	(1)	+1.60	+0.98	
	(2)	+2.57	+1.56	
10	(1)	+0.92	--	
	(2)	+0.96	--	
Artificial defects		(1)	+1.00	--
1-P-2	(1)	+0.99	--	
4-P-25	(1)	+1.34	--	

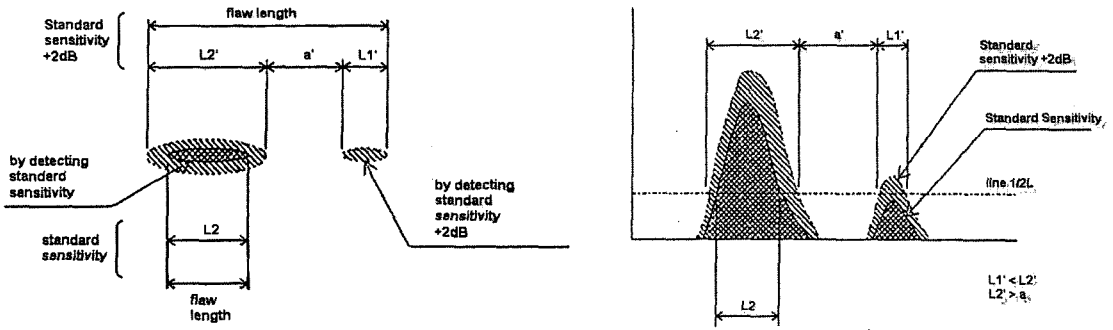


Fig. 5 Flaw length & echo height(1)

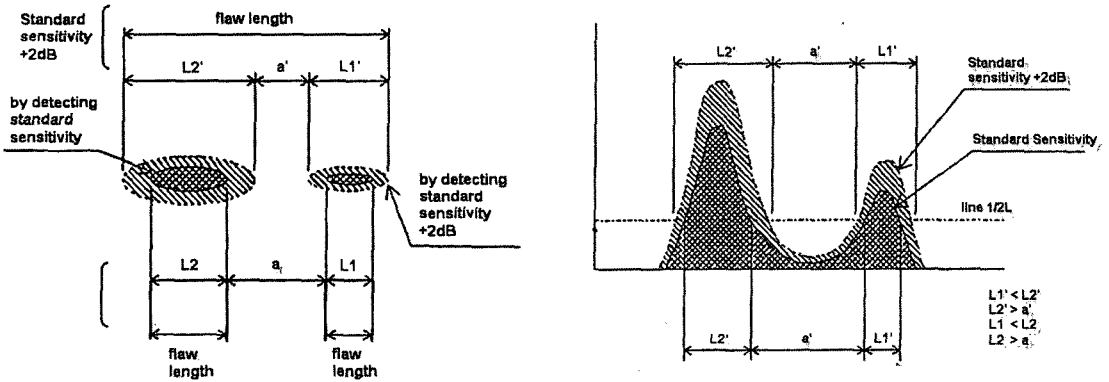


Fig. 6 Flaw length & echo height(2)

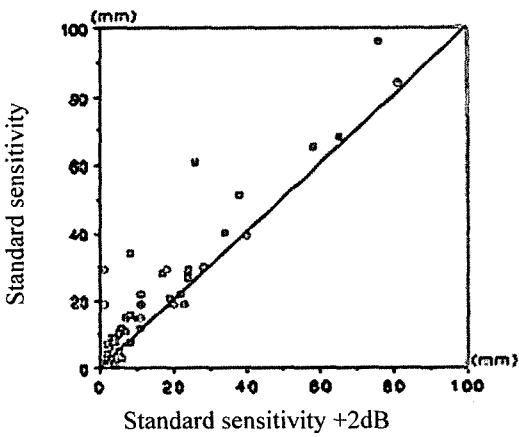


Fig. 7 Comparison between standard sensitivity and standard sensitivity +2dB of flaw length

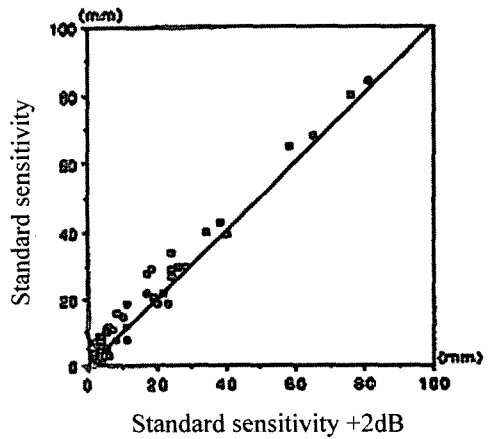


Fig. 8 Comparison between standard sensitivity and standard sensitivity +2dB of flaw length classified by each flaw

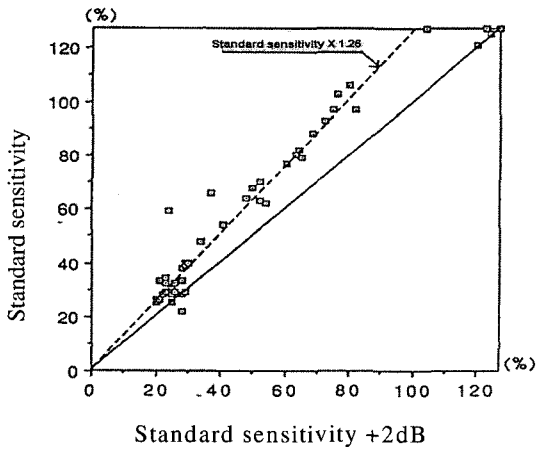


Fig. 9 Comparison between standard sensitivity and standard sensitivity +2dB of echo height

Table 3 The classification of indications and the acceptance comparison on the specimen of the defects(Standard sensitivity - standard sensitivity +2dB)

Standard sensitivity +2dB (grade)	4	1	2	1	9	N = 99 OK 98% Over 2% Under 0%
	3	3	1			
	2	2	1			
	1	79				
		1	2	3	4 (grade)	
		Standard sensitivity				

3. 결론

본 연구에서는 시험편수가 많지 않아서 투과법의 필요성을 판단하기엔 무리가 되었다. 그러나, 현 상황에서 실제의 탐상방향을 따라 감도보정량의 확인을 모두 해야 하거나, 검사중에 혹시 이상이 있다고 보아 감도보정량의 확인을 행하려면 무엇보다도 이상상태를 판단하기 위한 기준은 명확히 해 두어야 함을 알 수 있었고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

Table 4 The classification of indications and the acceptance comparison on the specimen of the defects(Standard sensitivity - standard sensitivity +2dB) classified by each flaw

Standard sensitivity +2dB (grade)	4	1	1	10	N = 99 OK 98% Over 2% Under 0%	
	3	1				
	2	2	1			
	1	81				
		1	2	3	4 (grade)	
		Standard sensitivity				

- (1) 감도보정량의 차는 2dB 정도였으며, 그것에 의한 결함의 적부판정은 3등급 이상을 불합격으로 할 경우에, 합치율이 90% 이상으로 양호하였다.
- (2) 그리고, 동일결함의 판정방법대로는 더욱 합치율이 증가하는 편이어서 거의 문제가 없음을 알았다.
- (3) 따라서, 감도보정량이 규정된 투과법에 의한 감도보정량의 확인작업은 불필요하다.

참고 문헌

- (1) Song, S. J., 1999, "Nondestructive Flaw Classification by Pattern Recognition Approach," *J. of KSNT*, Vol. 19, No. 5, pp. 378~391.
- (2) Park, M. H., 1999, "Ultrasonic Flaw Sizing Techniques," *J. of KSNT*, Vol. 19, No. 6, pp. 448~455.
- (3) Park, I. K., Park, U. S., Kim, H. M., Park, Y. W., Kang, S. C., Choi, Y. H., and Lee, J. H., 2001, "Models of Reliability Assessment of Ultrasonic Nondestructive Inspection," *J. of KSNT*, Vol. 21, No. 6, pp. 607~611.
- (4) Song, S. J. and Schmerr, L. W., 1992, "Ultrasonic Flaw Classification in Weldments Using Probabilistic Neural Networks," *J. of Non-destructive Evaluation*, Vol. 11, pp. 69~77.
- (5) Satio, S., 1993, "Recent Trend of Medical Ultrasound

- Diagnostic Equipment,” *J. of JSNDI*, Vol. 42, No. 10, pp. 551 ~ 557.
- (6) Park, U. S., Park, I. K., and Kim, C. S., 2001, “A study on the Evaluation of Material Degradation for 2.25Cr-1Mo Steel by Ultrasonic Measurements,” *Trans. of KSMTE*, Vol. 10, No. 3, pp. 61 ~ 67.
- (7) Lee, M. H., 2003, “Experimental Verification on the Stability and Sound Pressure Transmission Coefficient of Surface SH-Wave,” *Trans. of KSMTE*, Vol. 12, No. 2, pp. 23 ~ 30.
- (8) Namkoong, C. K., 2003, “An Experimental Study on Detection of Defects in Weldzone,” *Trans. of KSMTE*, Vol. 12, No. 6, pp. 56 ~ 63.