

超音波探傷에서의 感度差 測定 研究

정용무, 안희성, 이연필

韓國 에너지 研究所

(1982年 6月 17日 接受)

Study on the Sensivity Difference Measurement by Ultrasonic Testing

Yong-Moo Chung, Hee-Sung Ann, and Yun-Peel Lee

Korea Advanced Energy Research Institute

(Received; June 17, 1982)

Abstract

Experiments were performed according to ultrasonic attenuation measurement and comparison method of DAC curve to analyze the difference between PSI and 2nd ISI ultrasonic testing results.

Smaller error was found by comparison method of DAC curve, and that method was more useful practically.

1. 序 論

1981年 古里 原子力發電所 1号機의 第 2次 稼動中檢査의 일환으로 原子炉 Outlet Nozzle-to-Shell weld에 對해 遠隔 自動 超音波裝備에 依한 超音波探傷을 遂行하였다. 원래 이 部位는 1977年에 遂行된 稼動前 檢査에서 記錄할 만한 지시가 發見되어서 논란이 있었던 部位이나 本 稼動中 檢査에서는 이런 심각한 지시를 發見치 못하였으며 무시할 만한 지시 1個만을 탐지하였다. 즉 같은 檢査部位에 對한 두 檢査結果間에 상당한 차이가 發生하였으며 이런 차이가 發生한 原因을 밝히기 爲해 超音波補正試驗片의 감도 차이에 對한 實驗과 그밖의 檢査方法에 對한 고찰을 遂行하였다.

2. 稼動前 檢査와 稼動中 檢査의 比較

稼動前 檢査에 使用한 超音波補正試驗片과 稼動中 檢査에 使用한 超音波補正試驗片의 차이는 표 1과 같다."

表 1. 超音波補正試驗片의 比較

	가동전검사제작 시험편	가동중검사제작 시험편
1. 재 료	SA533 GRADE B	SA 508 CLASS II HEAT No. 218993
2.HOLE DIA	9.5mm $\phi \pm 0.1$ 관 통 형	0.375 INCH ϕ (9.5mm) ± 0.005 DRILLED 4INCH (101.6mm) DEEP
3.CLAD두께	6.4mm	6.4mm AFTER FINAL MACHINING
4.CLAD표면	400mm R의 곡면	평 면
5.HOLE배치	3 개 HOLE이 표면 에서 수직으로 일자 배치됨.	3 개 HOLE이 표면과 수평방향으로 약60mm 간격으로 배치됨.

稼動前 檢査方法과 稼動中 檢査方法 間의 차이는 표 2와 같다."

表 2. 検査方法의 比較

	가동전 검사	가동중 검사
장 비	MHI의 UT MACHINE	MODIFIED PAR
탐 상 방 식	수 침 법	직접 접촉법
기 록 방 식	C-SCAN DISPLAY	A-SCAN DISPLAY
탐 상 각 도	30° L	10° L
대 비 시험 편	UFZ 0002-01	NS-CSCL-18-KORI HT. 218993
탐 측 자	2.25MMz 직경38mm	2.5MMz 직경25mm

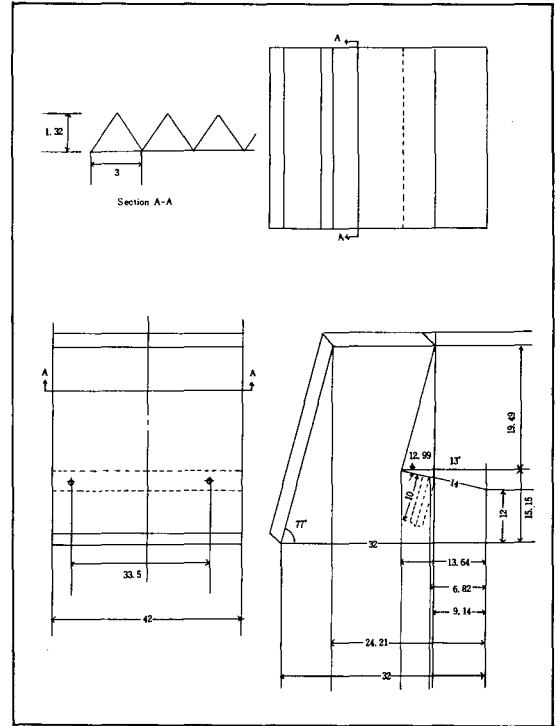
稼動前 検査에서 6° Nozzle Azimuth 位置에서 100% DAC를 넘는 지시가 35×15%로 나타났는데 이것은 稼動中 検査에서 14% DAC 지시로 나타났다. 이 두 検査間의 検査 感度는 약 20dB 정도의 차이가 난다.^{2), 3)} 稼動中 検査에 使用된 超音波補正試驗片은 SA-508 CL 2 合金鋼으로 이는 단조품이며 稼動前 検査에 使用된 超音波補正試驗片은 SA-533, GRB 合金鋼으로 주조품이다. 實際 原子炉 Nozzle 部位는 SA-508, CL 2 材質이지만 SA-533, GRB 材質 亦是 관련 code의 要求事項에는 위배되지 않는다.^{4), 5), 6), 7)} 超音波補正試驗片의 材質이 相異할때 超音波探傷 感度に 差異가 생기는 原因은 여러가지가 있겠다. 특히 결정조직이 다를때 散乱과 吸取에 따른 超音波의 減衰는 상당히 달라진다. 주조품은 단조품에 비해 結晶粒이 一般的으로 粗大하다. 이런 材質 속을 超音波가 伝送할때는 結晶粒子에 依해 超音波가 散乱되기 쉽다.^{8), 9), 10)} 原子炉 Nozzle 部位의 材料는 단조한 材料이므로 稼動前 検査時 使用한 plate 材料보다는 훨씬 음향 감쇄가 낮을 가능성이 있다. 이에 비추어 稼動前 検査時에는 규정 探傷감도 보다 훨씬 높은 감도로 탐상했을 가능성이 있다.

3. 实 験

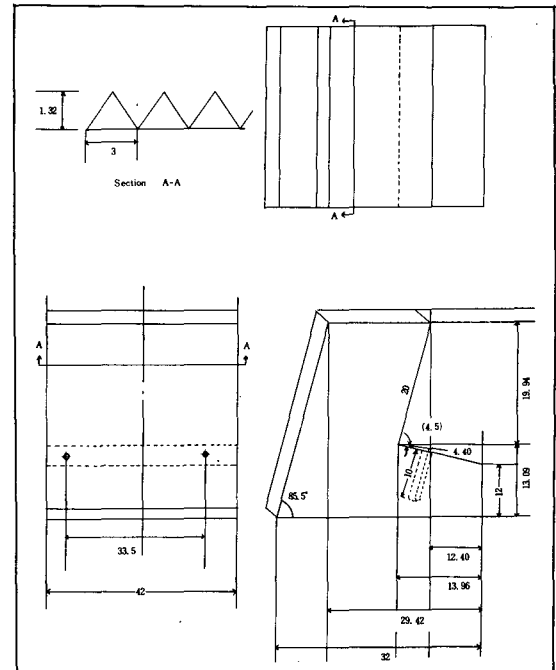
3.1 超音波探觸子 wedge의 設計 및 製作

稼動前 検査時의 대비試驗과 稼動中 検査時의 대비試驗을 再現하기 爲해 10° 중파용 wedge와 30° 중파용 wedge를 製作하였다. Wedge의 設計에는 wedge 表面에서 반사해서 wedge 内部를 돌아다니는 beam의 제거에 특별한 고려를 하여 반사 기능면은 모두 홈을 파서 beam이 소산되도록 設計하였다. 그리고 探觸子의 holder를 특별히 設計하여 어떠한 探

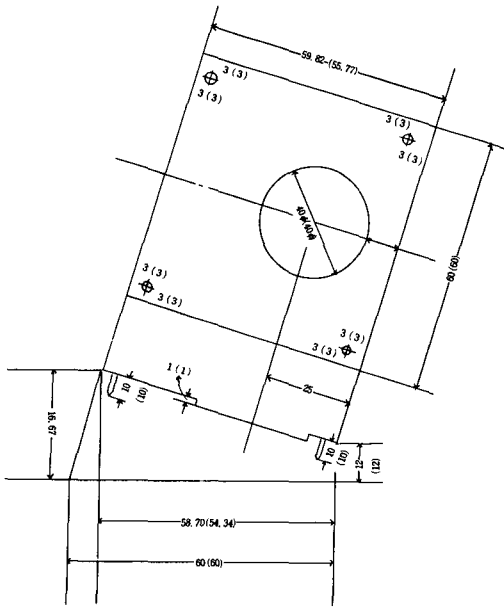
觸子라도 이에 맞도록 고안하였다. 자세한 設計圖面은 그림 1과 같다.



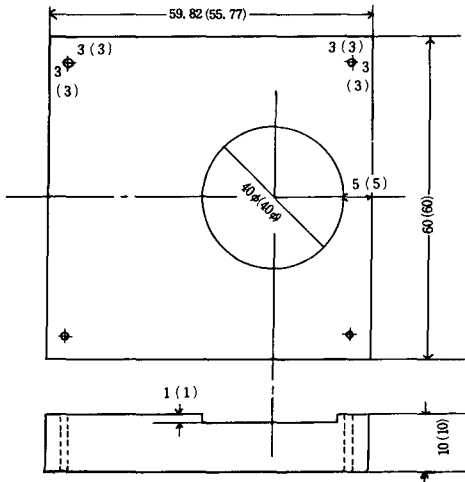
a) 10° L wave wedge



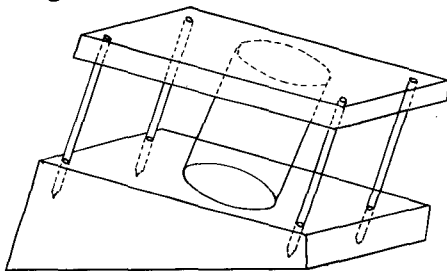
b) 30° L wave wedge



c) 원형 탐촉자를 위한 10° L wave wedge



d) 원형 탐촉자를 위한 10° L 및 30° L wave wedge of holder



e) 원형 탐촉자를 wedge에 장착시의 조립도

그림 1.超音波 탐촉자 wedge의設計

3.2 減衰實驗

本實驗을 爲해 Sonic MKI (Pulse-echo, A-scan) 探傷器를 使用하였으며 探觸子로는 Sonic 0.5×1.0" A45 (2.25MHz)와 MWB45-N 4 (8×9mm, 4MHz), 探觸매질로는 물을 使用하였다. 관련 code에서 要求하는 各種 探傷器의 性能實驗을 마친후^{4), 5), 6)} 減衰實驗을 실시 하였는데 먼저 探觸子를 探傷器에 연결한 뒤 기준 試驗片으로 거리 補正을 마친다. 그뒤 探觸子를 超音波補正試驗片에 접촉하여 調整을 실시한다. 試驗片의 1/4T hole을 CRT 上에 나타나게 한 뒤 이 에코가 最大가 되도록 調整한다. gain을 調整하여 CRT 上의 에코 높이가 80% FSH 에 오도록 調整하여 그 位置를 表示한다. 이 상태에서 1/2T hole 및 그 밖의 hole에 對해 그 에코 높이를 表示한다. 上記 方法을 超音波補正試驗片 UFZ-0002-01 및 IR-CSCL-19-KORI에 對해 똑같이 적용한다.

3.3 대비실험

本實驗을 爲해 Sonic MKI 探傷器를 使用하였으며, 探觸子는 Sonic 0° 0.5×1" (1MHz, 2.25MHz), Sonic 0° 1"Rd (1MHz), Sonic 0° 0.75"Rd (2.25MHz, 5MHz)을 使用하였고 探觸매질로는 SAE 20 oil을 使用하였다. 鋼片은 10° L wedge와 30° L를 各 探觸子에 裝착하여 超音波補正試驗片 UFZ-0002-01과 NS-CSCL-18-KORI의 各各에 對해 대비실험을 遂行하였다. 試驗方法은 減衰實驗 時의 方法과 同一하게 하였으며, 덧붙여 1/4T hole 에서 나오는 最大 에코를 50%FSH에 오도록 gain을 調整하여 나머지 1/2T 및 3/4T hole에 對해서도 같은 方法으로 遂行하였다. 稼動前檢査 時에는 約 200%의 물거리를 유지시켜 檢査하는 手続법을 使用하였으나¹⁾ 本實驗은 直接 接觸法으로 대치하였다. 그러나 手続법 적용시에 물거리에 依한 음향감쇄 效果는 대비실험시와 실제 탐상시와 同一한 조건이므로 상쇄 될 수 있다.

4. 實驗結果

4.1 減衰實驗

減衰實驗의 結果를 要約하면 表3 및 表4와 같다. 稼動中檢査試驗片인 IR-CSCL-19-KORI 試驗片에 對해 45° MWB45-N 4 超音波 探觸子의 減衰定數

는 약 0.101dB/mm 이었고 이 값을稼動前檢査試驗片인 UFZ-0002-01의 212.1mm hole 까지 연장 계산하면 약 87.9dB가 된다. 이에 반해 UFZ-0002-01 試驗片은 101dB 로써 약 13dB 정도 減衰가 심하다. 같은 方法으로 495mm hole에 對해선 116.5dB 로써 UFZ-0002-001 試驗片의 110dB에 비해 오히려 6dB 정도 減衰가 減어졌다.

表3. IR-CSCL-19-KORI 試驗片에 對한 結果

TRANSDUCER	DISTANCE (MP)	GAIN	% FSH	HOLE DIA
SONIC	37.75mm	72dB	80	6.4mm
S782403	71.83mm	72dB	40	"
45°	143.66mm	72dB	55	"
MWB45-N 4	37.75mm	70dB	80	"
45°	71.83mm	70dB	40	"
	143.66mm	70dB	28	"

表4. UFZ-0002-01 試驗片에 對한 結果

TRANSDUCER	DISTANCE (MP)	GAIN	% FSH	REFLECTOR DIA.
MWB45-N4	212.1 mm	101dB	80%	9.5 mm
45°	495 mm	101dB	30%	"

4.2 대비실험

대비실험의 結果를 要約하면 表5 및 表6과 같다. UFZ-0002-01과 NS-CSCL-18-KORI 試驗片의 1/4 T hole의 metal path가 비슷(各各 5.5"와 5.25") 하였으므로 稼動前檢査와 稼動中檢査時 使用된 같은 주파수에 對해 직접 比較가 가능하였다. 表5에 따라 14dB와 2dB의 감도 차이를 보였다. 한편 表6의 DAC 曲線의 比較를 보면 주파수 2.25MHz에 對해 12dB와 8dB의 감도 차이가 나타났다. 따라서 稼動前檢査와 稼動中檢査時의 대비실험과 가장 근접한 데이터에서 稼動前檢査時 약 10dB 정도의 감도가 높은 상태에서 試驗했음이 判정되었다.

表5. 50% FSH時 gain상태

TRANSDUCER	HOLE	UFZ 0002-01	NS-CSCL-18-KORI
0.5" × 1" 1MHZ	1/4 T	67 dB	64 dB
	1/2 T	73 dB	71 dB
	3/4 T	-	NOT APPEAR
0.5" × 1" 2.25MHZ	1/4 T	69 dB	55 dB
	1/2 T	75 dB	69 dB
	3/4 T	-	84 dB
1" Rd 1MHZ	1/4 T	72 dB	73 dB
	1/2 T	91 dB	76 dB
	3/4 T	-	88 dB
0.75" Rd 5MHZ	1/4 T	84 dB	74 dB
	1/2 T	99 dB	82 dB
	3/4 T	-	85 dB
0.75" Rd 2.25MHZ	1/4 T	74 dB	72 dB
	1/2 T	91 dB	73 dB
	3/4 T	-	83 dB

表6. 대비실험 기록 DAC 曲線 比較

TRANSDUCER	MHI UFZ 0002-01	SWRI NS-CSCL-18-KORI
0.5"×1" 1 MHZ	74 dB	70 dB
0.5"×1" 2.25MHZ	74 dB	62 dB
1"Rd 1 MHZ	77 dB	70 dB
0.75"Rd 5 MHZ	87 dB	80 dB
0.75"Rd 2.25MHZ	79 dB	71 dB

5. 結論 및 考察

減衰實驗을 통해 淸량적인 結果를 얻기는 곤란하였고 대비실험을 통하여 稼動前檢査時에 더 높은 感度로 超音波探傷을 하였다는 淸정적인 結果를 얻을 수 있었다. 超音波 感度 差異를 추정하기 위해서는 檢査方法, 使用된 裝備 및 超音波補正試驗片의 材質 등을 면밀히 檢討하여야 된다는 事實이 再 淸認되었다.

参 考 交 献

- 1) PSI Records and 2nd ISI Records
- 2) KO-RI- 1 RV PSI Ultrasonic Indication Evaluation, NUS-1846A
- 3) Audit of KO-RI- 1 Pressure Vessel Nozzle Weld, NUS-1846, Rev 1
- 4) ASME B & PV Code, Section III, 1968 Edition and 1971 Edition
- 5) ASME B & PV Code, Section XI, 1971 Edition and 1977 Edition
- 6) ASME B & PV Code Section V, 1977 Edition
- 7) US. 10CFR 50. 55a
- 8) Metals Hand book, 8 th Edition, Vol II pp 161~198 "Ultrasonic Inspection"
- 9) 超音波探傷試験 B, NDI 1968Ed
- 10) Ultrasonic Testing of Materials, 2 nd Edition PP107~118, Krautkrämer