

《論 文》

水壓試驗中の 圓柱型 壓力容器에 對한 AE檢査

장홍근 , 이주석 , 정성목

韓國機械研究所

1984年 9月 4日 接受

Acoustic Emission Testing of Cylindrical Reactor Pressure Vessel during Hydrotests

Hong Keun Chang , Joo Suk Lee , Sung Mok Chung

ABSTRACT

One of the cylindrical reactor vessels in petrochemical plants was examined by acoustic emission method.

The vessel was quiet in view of A.E. activity throughout the pressure range 12-44 kg. f/cm².G.

Above the pressure of 44kg. f/cm², some events were appeared lower than 30 counts.

In order to verify the events, other Nondestructive testing methods were performed and a surface crack, 10mm in length and 0.8mm in depth, was found on the outside surface of circumferential weld.

1. 序 論

Acoustic Emission(AE) 試驗은 動的인 缺陷의 成長部로 부터 發生되는 높은 周波數를 가진 應力波를 探知하는 非破壞 試驗法이다.^{5,9)} 이 試驗法은 1950年代에 獨逸의 J.Kaiser가 高性能 Microphone을 利用하여 荷重을 받고 있는 材料가 破壞의 發生以前에 이미 音響을 放出한다는 性質을 發見함으로써 開發되기 始作하였다.¹⁰⁾ 그후 美國의 Aerojet General Corp와 Lawrence Livermore Laboratory에서 AE의 根源을 動的인 缺陷이라고 생각하였으며, 이 缺陷의 根源을

計算하는 方法을 開發하였다. 電子工學의 급속한 發展과 함께 實驗室에서 研究되어 왔던 AE 試驗은 壓力容器, piping System, 航空機 胴體 그리고 FRP와 같은 새로운 材料의 試驗에 크게 活用되기 始作하였다.^{5,6)} 어떤 種類의 材料가 荷重을 받고 있을때 Potential Elastic Strain Energy는 材料의 微視的인 構造의 多樣한 變化에 따라 增加한다.

一般的으로 Strain Energy는 缺陷領域에서 局部的으로 높은 應力集中을 發生시킨다. 이러한 應力集中이 아주 크게 되면 缺陷은 成長하면서 높은 應力은 누그러지게 된다. 즉, Strain Energy 중

一部는 破壞斷面을 增加(缺陷의 成長) 시키는 데 소모하고, 一部는 應力波로 變換하여 材質을 통하여 傳播하게 되며 나머지는 材料에 殘存하게 된다. 이 應力波를 探知하여 分析하는 方法을 AE 試驗法^{5.9.13)}이라 하는데 放射線透過試驗, 超音波探傷試驗法等 從來의 非破壞試驗法이 能動的, 局部的, 靜的인 것에 비하여 AE 試驗法은 愛動的, 大局的·動的이다. 따라서 相互 補完的인 關係에 있으며 AE 試驗法을 活用함으로써 試驗의 適用範圍, 信賴性を 높일 수가 있는 것이다. 특히 壓力容器的 健全性 診斷에는 이의 利點이 크게 認定되어 活發히 研究開發이 이루어지고 있으며 널리 活用되고 있다.¹²⁾ AE Sensor(變換子)는 높은 分解能을 가진 壓電結晶體를 使用하며, 應力波를 受信하여 감쇄된 電壓의 出力을 發生한다. Sensor 出力電壓의 크기는 應力波의 強도와 密接한 關係가 있으며 出力電壓이 Threshold 값 以上으로 上昇하는 應力波의 發生을 "Event"라고 한다. 試驗中에 受信된 Event의 數와 強度를 時間 혹은 荷重에 따라 分析함으로써 試驗體(材料 또는 構造物)가 荷重下에서 어떻게 變形하는가를 추정할 수 있는 많은 情報를 얻을 수 있다. 대체로 AE 試驗中에는 한개 혹은 몇개의 Event가 發生된다. 荷重을 받고 있는 大部分의 材料들은 AE를 나타내며 특히 材料가 지금까지 받은 荷重보다 높은 荷重을 받을 때에는 거의 모두가 Acoustic Emission을 發生한다. 이렇게 상승되어 가는 荷重下에서 Event의 傾向은 材料의 不完全與否를 판단하는데 重要한 資料가 된다. 만약 荷重이 증가할 때 Event Rate가 급격히 증가한다면 이 材料는 破壞가 일어나고 있는 것으로 判斷할 수 있다. 一般적으로 壓力容器와 같은 大型 構造物에서는 AE 試驗에서 大型波壞가 급격히 일어나는 경우가 적으며 動的인 缺陷의 成長地域을 探知하는 方法으로 주로 利用된다.⁴⁾ 多數의 Sensor를 容器全域에 附着하여 Event 發生地域 및 時間을 Computer에 依하여 解析, 計算한다. 이 方法은 地震學에서 震源의 探知와 같은 原理로 몇개의 Sensor群에 到達하는 信號의 時間差에 의하여 缺陷의 發生位置를 判斷할 수 있으며 AE의 Activity와 信號의 크기에 의하여 構造物의 損傷程度를 判斷한다. 어떤 持定地域에 Event가 集中的으로 發生된 部位는 危險可能地域으로 생각할 수 있으며, 이 地域에 대하여

超音波探傷試驗 혹은 放射線透過試驗을 併行하여 缺陷의 種類, 크기를 立證함으로써 AE 試驗의 信賴性を 確認할 수 있다.^{4.5.13)}

2. AE 試驗

1) 試驗裝備

제조회사; Acoustic Emission Technology Corporation, U. S. A.

Model; AET 4900

AET 4900 System은 두 Section으로 區分되며 그 構成은 다음과 같다.

가. Data Acquisition System

a. Analog Front End(Sensors, Preamplifiers, Signal Processors)

b. Digital Front End or Front End Processor(AE Channel Modules, A/D Converter, Bin Processor Modules)

나. Host System

a. Host Processor(Main Computer)

b. System Terminal & Display

c. Disc Subsystem

d. All Other System Peripherals.

AET 4900 System의 Block Diagram을 그림 1에 圖示하였다.

2) AE Examination Procedure

가. 豫備調査 및 試驗計劃

本 試驗에 앞서 試驗對象物에 對하여 다음事項을 豫備調査하여 試驗計劃을 樹立하였다.

a. 材料特性 및 熔接部特性: 母材 및 熔接部の 化學造成, 機械의 特性, 壓力이력

b. 形狀特性: 조립된 전체의 치수, 용접선의 위치, 설치상황

c. 加壓裝置의 型式, 能力

d. 雜音狀況의 確認과 그 對策

e. 基他 事前準備 事項

나. Sensor, Preamplifier 및 Cable 設定
容器表面의 Insulation을 除去한후 Acoustic Couplant로써 粘度가 높은 Paste를 바르고 磁力이 強한 코발트 합금 Magnet를 使用하여 音波의 전달에 지장이 없도록 Sensor를 용기에 고정, 부착하였다. Preamplifier는 Sensor에서 아주 가까이 固定시켰으며, 外部 Noise 차폐가 된 特殊

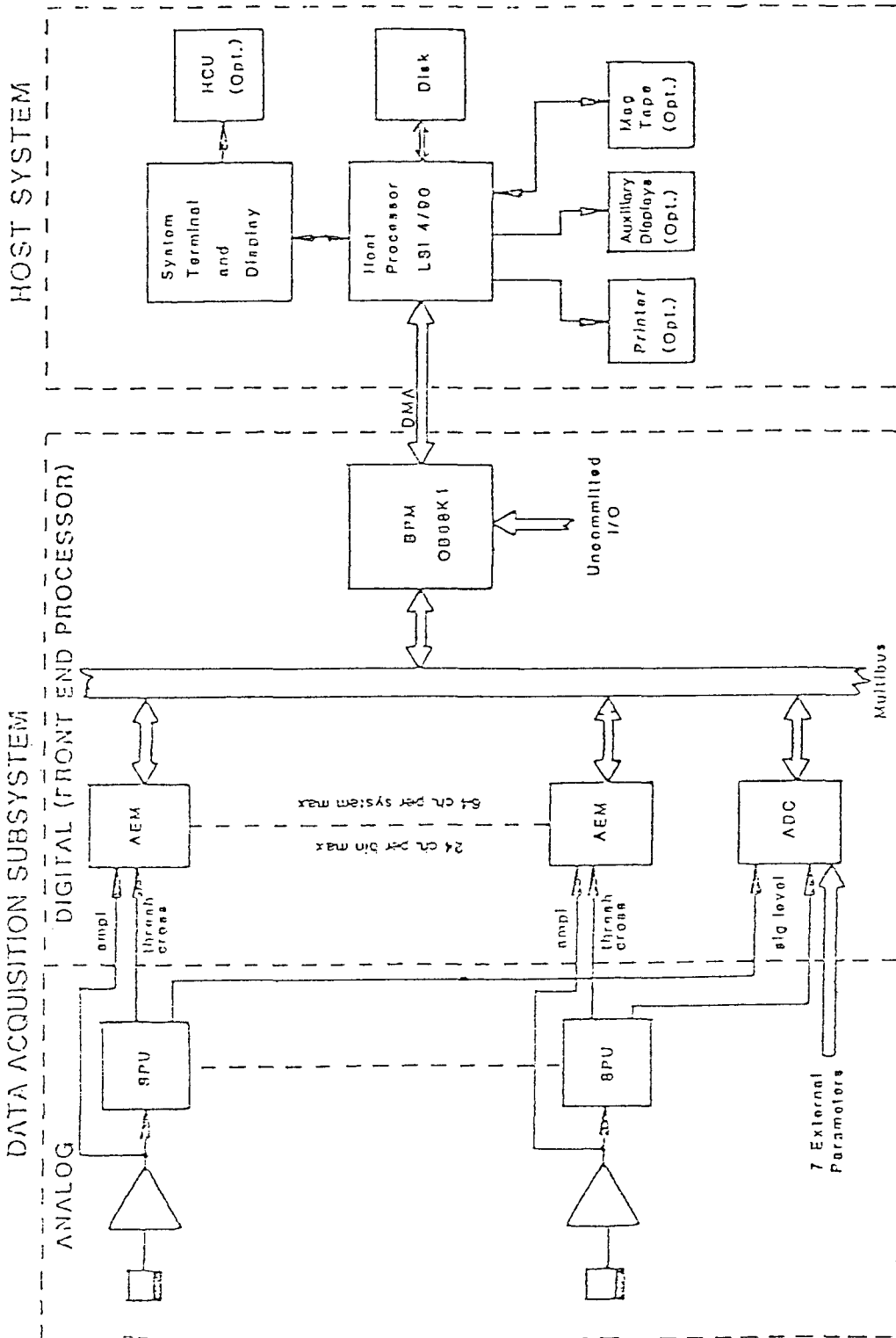
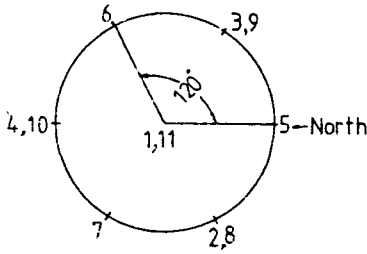
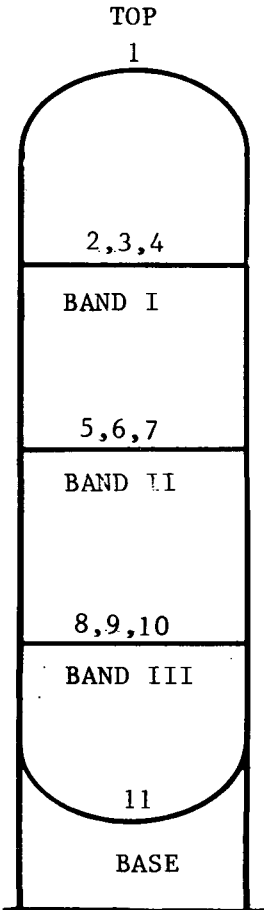


그림 1 Block Diagram of AET4900 System

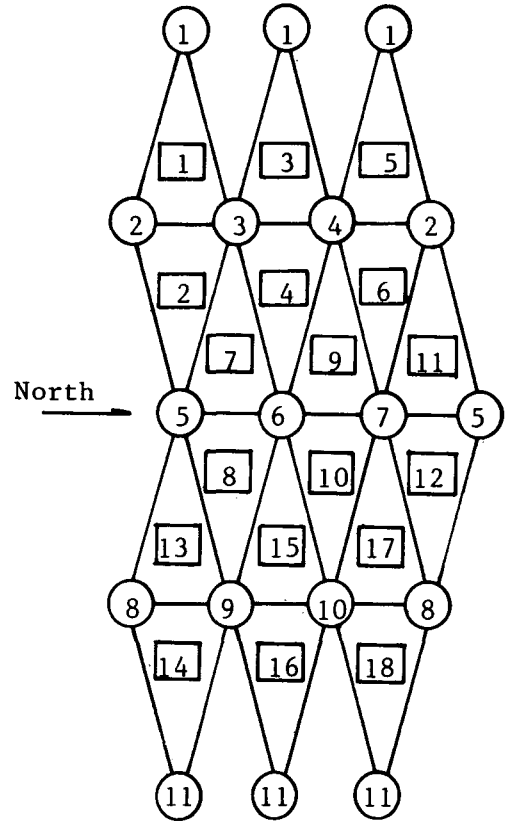
동축 Cable 를 使用하였다.



Top View



Side View



○ : Sensor No.

□ : Region No.

그림 2 Sensor Array for AET

다. AE System Set-up

容器가 位置한 인접 地點에 AE 4900 System 을 設置하고 高周波 銅軸 Cable 을 利用하여 System 과 Preamp 를 연결하였고 Sensor 와 Preamp 간은 1.8m 의 Signal Cable 을 利用하여 전 System 을 Set-up 하였다.

라. AE System Calibration

AE System 의 全 機能이 正常的으로 動作하 는가 를 確認한후 正確한 AE 根源을 探知하기 위 하여 高周波 Pulser 와 Pentel Pencil 을 使用하여 System 을 Calibration 하였다. 各 Section 의 한 Sensor 位置에서 高周波 Pulser 와 Pentel Pencil Break 을 利用하여 Delta T값을 測定하여 AE Sensor 의 感度와 位置의 妥當性을 確認하였으며 Gain 의 微細調整을 實施하였다.

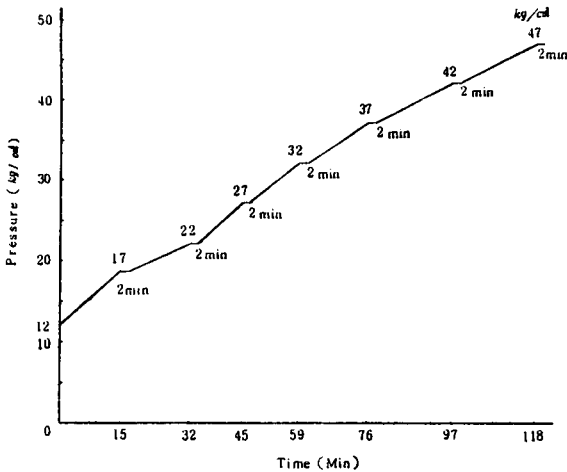


그림 3 Cumene Reactor 의 段階的 壓力上昇

마. Pressure : Zation

Reactor에 壓力媒體로 물을 채운후 加壓裝置를 作動시켜 段階的으로 그림 3과 같이 壓力을 上昇시켰다.

바. On Line Monitoring 및 水壓試驗중 AE 分析

AE System의 Calibration을 끝낸후 段階的으로 加壓하는 水壓試驗中 同時에 發生하는 AE Activity를 Monitoring하였다.

3) 試驗條件

- 試驗對象物 ; Cumene Reactor Vessel
- Material ; SB 49 (JIS G 3103)
- I.D. ; 2,400 mm Height ; 17,384 mm
- Operating Pressure ; 32 kg·f/cm² G
- Test Pressure ; 12-47 kg·f/cm² G
- AE System ; AET 4900
- NO. of Channel ; 11 Channels
- Array Conf ; guration
Geometry ; Cylindrical
Triangle Shape ; Isolateral
- Sensor Model ; AET AC -175 L
- Sensor Freq ; 175 KHz
- Filter Bandpass ; 125-250 KHz
- Gain ; 80dβ
- Threshold Voltage ; 1.0 volt
- Examination Parameter

Delta T	Min ; 0, Max ; 850
Event Duration	Min ; 0, Max ; 20,000
Ringdown Count	Min ; 0, Max ; 4,095

3. 試驗結果 및 評價

○ AE 試驗 結果 壓力이 44 kg·f/cm²·G까지 是 Event가 發生되지 않았으나 壓力이 44 kg·f/cm²·G 이상에서 Ringdown Counts 수 30 미만의 動的狀態가 낮은 Event가 發生되었다 (그림 4 참조)

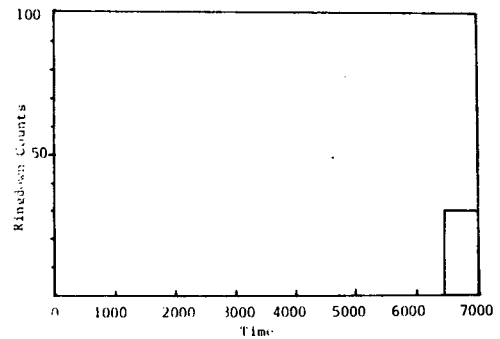


그림 4 Total Ringdown Counts vs Time in Second Seconds for Region 12

AE Events가 發生된 부위는 Region 12내의 원 주용접부상으로 確認되었다.(그림 5 참조)

○ Event가 發生한 Region 12의 熔接部에 對해 Ultrasonic Testing과 內, 外面에 Magnetic Particle Testing, Liquid Penetrant Testing의 方法을 利用하여 Proof Testing을 실시하였다.

Proof Testing 結果 外面 圓柱方向 溶接部에서 길이 10 mm, 깊이 0.8 mm의 表面 Crack이 發見되었다.

○ Proof Testing 結果 發見된 Crack은 Grinding하여 除去하였으며 除去한 後의 壁 두께 (49.5 mm)는 最少許容두께 (42.3 mm)¹⁵⁾ 보다 두꺼운 狀態이므로 本 Vessel은 現在 使用壓力下에서 계속 使用하여도 좋을 것으로 判斷된다.

✕	✕	✕		
1	1	1		
✕	✕	✕	✕	
2	3	4	2	
	✕	✕	✕	✕
	5	6	7	5
				•
✕	✕	✕	✕	
8	9	10	8	
	✕	✕	✕	
	11	11	11	

그림 5 Distribution of Events Location

参 考 文 献

- 1) ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec. VIII Div. 1, 1980
- 2) ASME Boiler & Pressure Vessel Code Sec. IX, 1980
- 3) ASME E00096, Proposed Standard for Acoustic Emission Examination during Application of Pressure, 1975
- 4) ASME E569-77, Acoustic Emission Monitoring of Structures during Controlled Stimulation, 1977.
- 5) ASTM STP. 697, Acoustic Emission Monitoring of Pressurized System, 1979
- 6) H.L.Dunegan & W.F. Hartmann, Advances in Acoustic Emission, p. 274-289

- 7) The 5th International Acoustic Emission Symposium, TOKYO, JAPAN, p.75-77, 91-101, 1980
- 8) Progress in Acoustic Emission, The 6th International Acoustic Emission Symposium, TOKYO, JAPAN, p.510-520
- 9) M.P.Kelly & A.A. Pollock, AE Monitoring of Petrochemical Vessels without taking them out of Service.
- 10) M.P.Kelly AE Monitoring of Natural and Artificial Defects in the KEMA Vessel, 1974
- 11) NDIS 2409-79 Acoustic Emission Testing of Pressure Vessel during Pressure Test.
- 12) NDIS 2412-80 Acoustic Emission Testing of Spherical Pressure Vessel made of High Tensile Strength Steel & Classification of Test Results.
- 13) H. K. Chang, J.S.Lee, K.S.Cho. Acoustic Emission Testing for Propane Storage Sphere (BSI 149-227 E.C 1982)
- 14) H.K.Chang, J.S.Lee, B.U.Park, K.M.Kim. 0-7Unit P-V501 (Reactor Vessel) 및 OP-E 501A (Heat Exchanger) 에 對한 Acoustic Emission Examination (BSP 012-286 C, 1983)
- 15) JIS B8243, 1981
- 16) H.K. Chang, J.S.Lee, K.M. Kim Butadien 貯藏用 T101 球型 Tank에 對한 Acoustic Emission Examination (BST 13-301. C, 1983)
- 17) H. K. Chang, J.S.Lee, K.S. Cho, S.M. Chung, U.H. Kim. Propylene Storage (U-FB-105), Propylene Slop (U-FB-106) 및 C₄ Storage (U-FB-110 B) 球型 Tank의 Acoustic Emission Examining, 1984