

論 文

冷間鋼材 SKD11의 Notch效果가 AE特性에 미치는 影響

* 韓應教 * 金棋中 ** 權炯湖 ** 金在烈

1986년 10월 24일접수

AE Characteristics affecting the Notch Effect of the Cold Steel SKD11

* Han Eung Kyo * Kim Ki Choong ** Kwon Dong Ho ** Kim Jae Yeor

ABSTRACT

Acoustic Emission is not only expected as a non-destructive evaluation technique in practice but also noted as a new powerful means of evaluation of materials. AE occurs with plastic deformation and propagation of crack, and this patterns of occurrence of AE vary with materials. AE which comes from propagation of crack depends on the shapes and properties of materials. Like this AE has characteristic of material. The present work is an attempt to evaluate characteristics of carbon steel (SM55C) and Die steel (SKD11) by means of dynamic response of AE method.

NOMENCLATURE

u_i	: Displacement	L	: Length of crack
RMS	: RMS value of the signal	ΔL	: Increments of crack length
RMS_T	: Total RMS value of the measured signal	U	: Elastic energy
RMS_N	: RMS value of the background noise	E	: Young's modulus
Δt	: Average time	ΔU	: Elastic energy released corresponding to L
V(t)	: Signal function	G	: Release rate of elastic strain energy

* 漢陽大學校 教授
 ** 漢陽大學校 大學院

K	: Stress intensity factor
V_P	: Peak amplitude of the acoustic emission burst, volt
E_{AE}	: Acoustic emission energy
P	: Load(kgf)
δ	: Elongation

1. 序 論

최근 安全性 監視 및 材料 評價를 위하여 AE法이 널리 사용되고 있다. AE法은 變形에 동반하는 固體內的 彈性에너지의 變化를 檢出·把握함으로서 材料內的 動的構造 變化를 알수있는 有力한 方法이다. 따라서 AE로서 材料內的 變形 균열過程의 動的檢出에 따라 材料強度의 應用에 가장 AE의 특징이 있는것이다. 이와같이 AE法은 非破壞檢査의 한 方法으로서 또 材料評價 및 研究에 이용하는 測定手段으로서 현재 널리 이용되고 있다.

또한 AE法은 材料內的 變形, 破壞 등의 미소變化를 動的으로 또 高感度로서 檢出할수 있다는점에서 다른 測定手段에 비하여 장점을 가지고 있고, 微視的 破壞의 動的 측면을 명확하게 把握할 수 있는 唯一한 方法이라 해도 과언이 아니다. 現在까지 많은 材料에 대하여 破壞靱性, 疲勞 등 각종 材料試驗에 AE가 計測되고 있다. 材料의 破斷 시 AE計測을 통하여 材料研究에 이용하는 경우에 AE發生의 여러 Pattern의 표시인 Parameter로 R.M.S 전압 및 riging down 계수법¹⁾ Count數²⁾, 振幅分布³⁾, 波形 관찰⁴⁾, 位置표정^{5)~7)} 등을 分析, 材料評價를 하고 있다.

앞으로 균열에 관한 AE로서는 波의

Mode (縱波, 橫波, 表面波, 板波)를 測定하여 그것으로부터 材料에 관한 情報를 얻을 가능성도 研究해야 하며 변환자의 개선에 따라 周波數 해석의 定量化도 研究해야 할 문제로 남아있다.

本 論文에서는 強度, 靱성이 좋은 SKD11 및 普通 一般鋼材 SM55 C를 AE 計劃에 의하여 얻은 R·M·S電壓值 및 波形分析을 比較, 檢討하여 材料의 AE特性을 究明하였다.

2. 測定原理

어떤 Energy를 가진 時間函數인 1個의 AE波가 Energy解放과 同時에 材料中에서 發生하면, 材料表面에 附着된 AE變換子에는 그 AE波에 對應하는 1個의 AE信號가 觀測된다.

또, 材料中の 여러곳에서 어떤 時間 間隔으로 AE波가 發生되면, 各各의 AE波에 對應하는 여러 種類의 波形을 가진 AE信號가 AE波 發生의 時間 間隔과 AE變換子까지의 傳播時間과의 關係된 頻度가 觀測된다. 材料表面에 附着된 1個 또는 여러개의 AE變換子에 依하여 Oscilloscope에 觀測된 AE信號로부터 各 材料의 AE特性 및 어떠한 AE Parameter가 어떠한 時間函數로서 發生하는가를 把握할 수 있다. 이러한 AE特性을 決定하는 基本的인 Parameter로서는 Fig. 1에 表示한 바와 같은 AE信號處理 Parameter가 있다

AE信號處理 Parameter는 個個의 AE信號波形을 解析하는 것과 主로 多 Channel에 依한 計測의 2種類로 大別된다.

前者의 Parameter는 突發型 AE로서 ①

AE 事象數 ② AE Ring- Down Count ③ 振幅分布 ④ Energy ⑤ Rise Time ⑥ 持續時間(duration) ⑦ 發生時刻等이 있고, 連續型 AE에 있어서는 ⑧ 實效值 電壓을 使用하여 計測하는 方法이 있다. 實效值 電壓은 計測對象인 媒體 및 變換子에 依하여 크게 支配되고 있기 때문에 定量的인 評價 Parameter 로는 되기 어려운 面을 가지고 있지만, 本 實驗에서는 各 金屬材料에 對한 破壞進展에 따른 舉動을 波形과 周波數 成分(Rise Time, Duration)으로 各 材料 사이의 相關關係를 觀測하고자 한다.

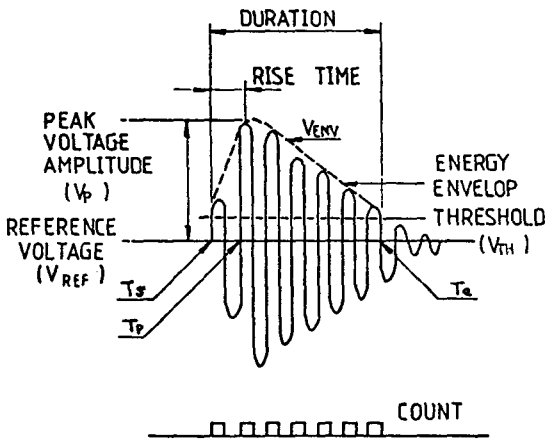


Fig. 1 Parameter of acoustic emission signal analysis

2.1 波形 및 周波數 成分

AE 信號의 波形觀察은 AE 計測의 基本으로 되어 있지만, 觀測된 AE 信號 波形은

- ① AE 檢出部의 周波數 特性
- ② 材料의 微視的 破壞機構를 評價할 때, 材料科學的 因子에 따른 것 (材料強度 및 靱性)
- ③ 材料中の AE 信號 傳播 特性 등의 여러 因子에 큰 影響을 받는다.

이와 같은 AE 波를 材料內部에 貯藏 되어 있는 變形 Energy 의 急激한 放出의 結果로 解放되는 彈性 Energy 에 依한 彈性波라고 定義한다면, 이러한 彈性波의 生成을 彈性論的으로 생각하여, 等方性 彈性體에 對한 AE 波는 基本的으로 連續體의 運動方程式을 解析함으로써 다음과 같은 式이 얻어진다.

$$\rho \cdot U_i = \sigma_{i,j} \cdot \epsilon \dots \dots \dots (1)$$

$$\rho \cdot \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \dots \dots \dots (2)$$

이와같이, 物體內에 있는 微小部分이 加速度運動하는 것을 AE 波 生成의 基本으로 한다.

2.2 AE 實效值 電壓

實效值 電壓은 AE 信號의 Energy 量을 熱電帶式 電壓計에서 單位熱 Energy 로 變換하여 그 直流 Energy 로 表示한 것이다.

時定數는 約 100 ~ 200 m/sec 로 하며, 突發型 AE 와 같은 빠른 現象을 追跡하기는 困難하지만, 가장 普遍的이고, 簡便하여 AE 發生舉動을 把握하기 쉽다.

AE 信號의 Energy 量을 AE 發生源의 能量으로 解析하고, Energy 尺度로서 AE 波의 實效值를 求하면, 다음과 같다.

$$RMS = \left[\frac{1}{\Delta t} \int_{\Delta t} V^2(t) dt \right]^{1/2} \dots \dots \dots (3)$$

- 여기서,
- V(t) : 信號函數
- Δ(t) : 平均時間

應力破壞靱性은 應力擴大係數 또는 彈性 變形 Energy 放出과 같은 線型破壞力學的 變數에 依하여 表示할 수 있다.

$$U = \frac{\pi \sigma^2 L^2}{4 E} + \text{constant} \dots\dots\dots (4)$$

균열길이 ΔL 만큼 進展할 때 對應하는 彈性 Energy 變化率은

$$\Delta U = \frac{\pi \sigma^2 L \Delta L}{2 E} \dots\dots\dots (5)$$

로 나타나고, 應力波의 균열進展에 依하여 放出된 Energy 의 一部는 AE 로 探知된다.

信號의 RMS 값이 AE 의 測定 可能한 Parameter 로서 破壞에 同半되는 AE Energy 는 균열進展의 速度가 一定하다면 다음과 같이 表示된다.

$$[RMS]^2 \propto \frac{\Delta U}{\Delta t} \propto \frac{\Delta U}{\Delta L} = G = \frac{\pi \sigma^2 L}{2 E} = \frac{K^2}{E} \dots\dots (6)$$

式(6)은 균열進展에 가해진 應力의 函數로서 균열進展中의 AE Energy 로 定義된다.

이러한 AE 信號의 Energy 變化率은 測定된 波高值 V_P 에 依하여 $E_{AE} \propto V_P^2$ 으로서 相對值를 評價하는 方法으로 많이 使用된다.

計測된 信號로 부터 實際의 電壓은

$$[RMS]^2 = [RMS_T]^2 - [RMS_n]^2$$

으로 測定된다.

3. 實 驗 裝 置

3.1 實驗機器

本 實驗에 使用된 主要機器는 다음과 같다.

(1) Universal Testing Machine

Type Sgu 30 by Sin Gang Precision Mfg.Co., Ltd.

Max. Capacity : 30 tonf

Load Ranges : 30,15,6,3 tonf

(2) AE Transducer

NF Circuit Design Block Co., Ltd.

Model : AE-904s

(3) Pre-Amplifier

NF Circuit Design Block Co., Ltd.

Model : AE-911

(4) Discriminator

NF Circuit Design Block Co., Ltd.

Model : AE-921

(5) True RMS AC Voltmeter

NF Circuit Design Block Co., Ltd.

Model : M - 170

(6) Digital Storage Oscilloscope

Hitachi Denshi Co., Ltd.

Model : VC-6015

(7) Magnetic Holder Design Block Co.,

Ltd. Model: AE-991 M

(8) Dual Counter

NF Circuit Design Block Co.,Ltd.

Model:AE - 932

(9) Pen - Recorder

Toa Electronics Co., Ltd.

Model : FBR - 252 A

(10) X-Y Recorder

NEC San-ei Instruments, Ltd.

Model : 8u 27

3.2 試 片

3.2.1 試片材料

本 實驗에 使用한 材料는 冷間壓延用金型鋼材 SKD 11 과 一般機械構造用炭素鋼 SM55 C를 選定하였으며, 材料의 化學的 組成과 機械的性質은 Table 1 과 같다.

3.2.2 試片製作

Fig. 2 에 열처리 과정에 Block dia-

Table 1. Chemical Composition and Mechanical Properties of SKD 11 and SM 55C

Kinds of Steel	Distribution	Chemical Composition (wt. %)							
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
SM55C	Carbon Steel for Construction of Machine	0.52-0.58	0.15-0.35	0.60-0.90	0.03	0.035	—	—	—
SKD 11	Metal Mold Material for Cold Rolling	1.50	0.25	0.45	—	—	12.00	1.00	0.35
Kinds of Steel	Distribution	Mechanical Properties				Heat Treatment Tem. (°C)			
		Y · P (kg/mm ²)	T · S (kg/mm ²)	El.(%)	HB	Quenching Temp.(°C)			
SM 55	Carbon Steel for Construction of Machine	≥ 40	≥ 66	≥ 15	183-225	800-898 (water)			
SKD 11	Metal Mold Material for Cold Rolling	62.0	72	23.2	212	1,000-1,050 (air) 980-1,030 (oil)			

gram 을 나타낸다.

시험片은 Fig. 3 및 Photo. 1에 나타낸 바와 같이 R-Type, F-Type, Rs-Type 의 3種類로서 各各 SKD 11 材 및 SM55 C 材의 시험片에 機械的 Notch(A : 幅×두께×길이 = 2 mm × 10 mm × 7 mm, B : 0.2 mm × 10 mm × 7 mm)를 주고, 다음과 같이 熱處理하였다.

3.3 實驗裝置 및 實驗方法

本 實驗에서는 Notch 部の 치수效果가 AE 特性에 미치는 影響을 究明하기 위하여 AE 計測 System을 利用하여 다음과 같이 實驗하였다.

Photo. 2는 AE法에 依한 實驗裝置를 나타낸 것이고, Fig. 4은 AE裝置의 基本構成을 Block Diagram으로 나타낸 것이다.

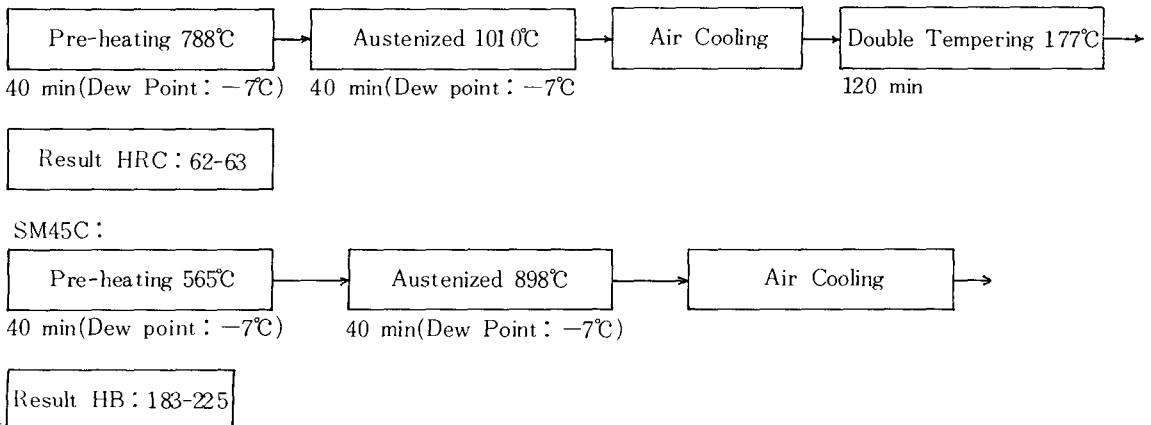


Fig. 2 Block Diagram of Heat Treatment

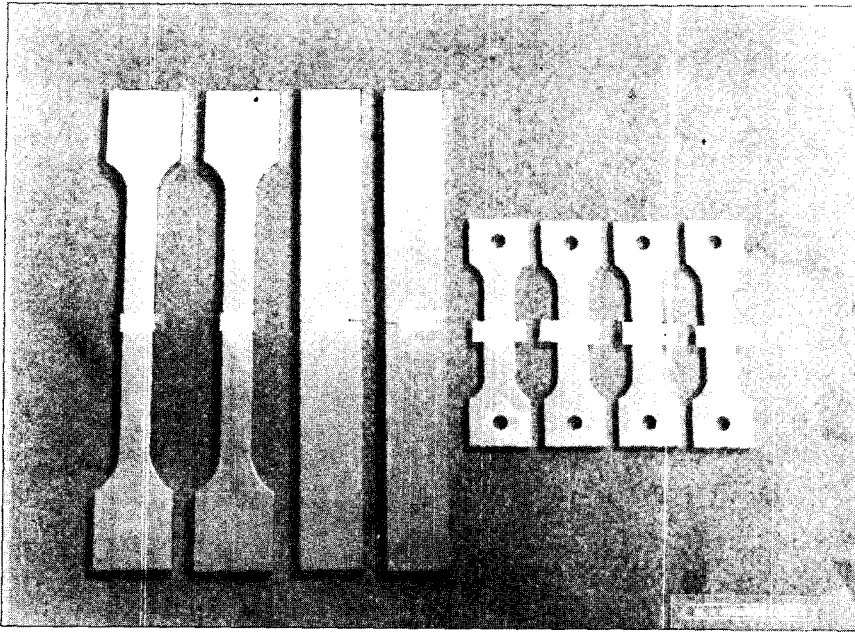


Photo. 1 Shapes of Specimens used in Experiment

AE Sensor (PZT 壓電素子: Model AE - 904s, 共振周波數 140 KHz)를 試片의 中心部에 Magnetic Holder를 利用하여 正確히 附着한 後, KS B 0802에 明示된 引張試驗方法에 따라 UTM의 最大荷重을 30 ton, 最小는 5 kg, 荷重負荷速度를 1 mm/min로 하여, 各 試片別로 材料에 破斷이 일어날 때 까지 荷重을 가하여 發生된 AE波를 計測하였다.

荷重負荷時 發生되는 AE波는 AE Sensor에서 檢出되어 Pre-Amp에서 20dB로 增幅한 後, 그 信號는 Filtering 作用과 Main-Amp 技能 및 整流作用을 하는 Discriminator로 보내져 波의 振幅을 40dB로 增幅되어 Pre-Amp에서의 增幅과 合해져 60dB로 增幅되며 100 KHz~1MHz의 Band Pass Filter를 通하여 外部로 부터의 振動, 騒音으로 인한 Noise를 除去 電波整流한 다음, 實效值電壓의 測定을 爲

한 True RMS AC Voltmeter로 보내, 그 出力을 時間의 函數로서 Pen-Recorder에 記錄함과 同時에 Digital Storage Oscilloscope로 波形觀察을 하였다. 그리고, 한편으로는 Discriminator에서 나온 AE信號를 AE計數率, 累積數 및 Event, Mode等 1 Event 當의 Parameter 計測이 可能한 AE Dual Counter로 보내 Discriminator의 Threshold Level을 調整하고, Read計測時間을 1 sec로 하여 AE Event Count Rate n 및 AE Cumulative Event Counts N 을 求하여 X-Y Recorder에 表示·記錄되도록 하였다.

4. 實驗結果 및 考察

4.1 Notch 部의 AE發生特性

Fig.5 ~ Fig.7은 Fig.3에 나타

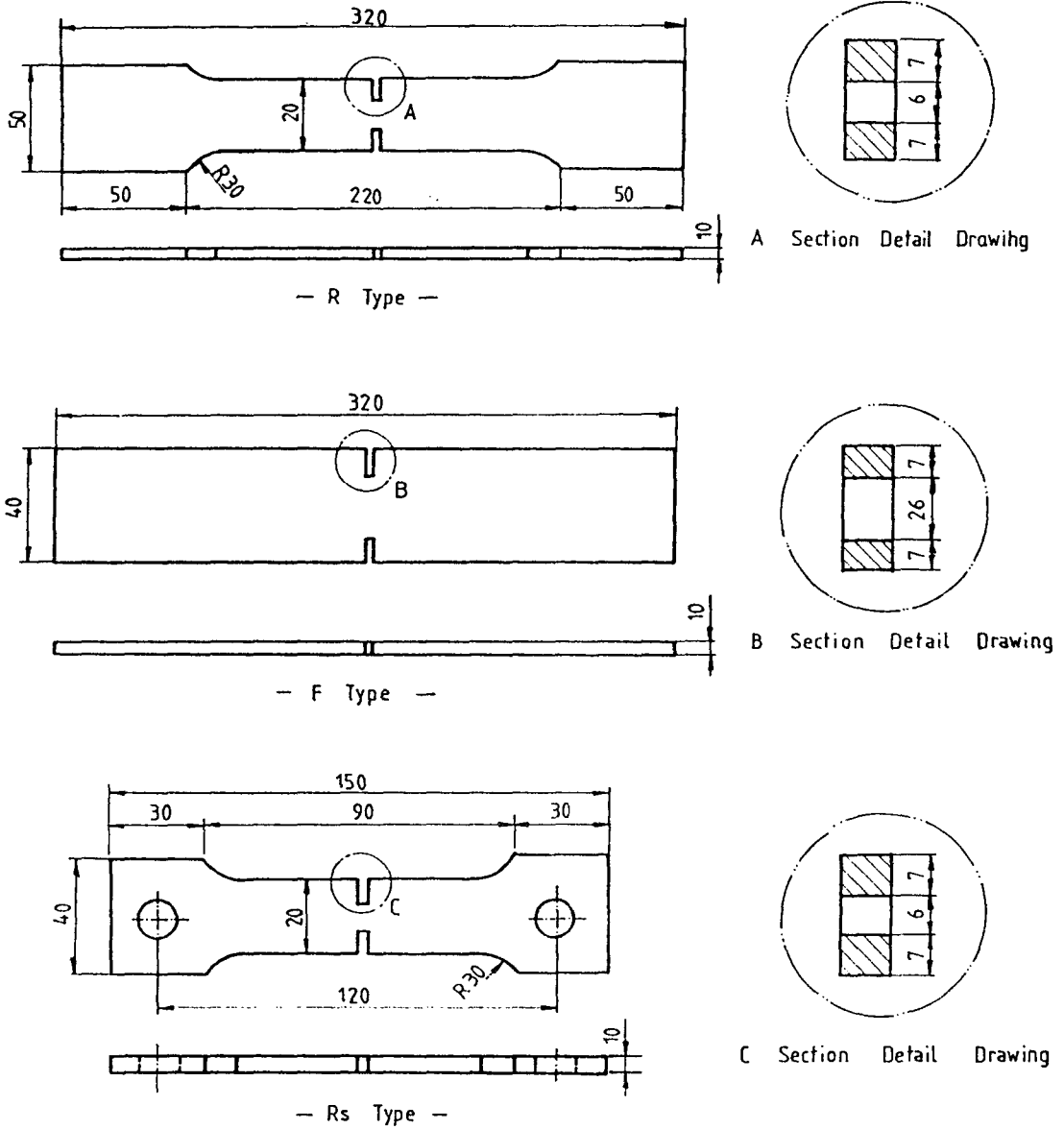


Fig. 3 Types of specimens used in tensile test(Notch = 2, 0.2)

넨 바와 같은 R-Type, F-Type, Rs-Type의 各 試驗片에 對한 材料破斷時의 RMS값, Load Time 그리고 P- δ 線圖를 나타낸 것이며, Table 2는 各 試驗片에 對한 最大荷重, 伸長量, Load Time, RMS값을 Fig.5 ~ Fig.7로 부터

얻은 結果이고, Table 3은 P- δ 線圖로 부터 破斷時의 荷重값을 나타낸 것이다.

그림 및 Table 2 3에서 Notch幅 2mm의 試驗片이 Notch幅 0.2mm의 試驗片보다 SKD11材의 境偶, R-Type에서는 約 1.65倍, F-Type 및 Rs-Type에서

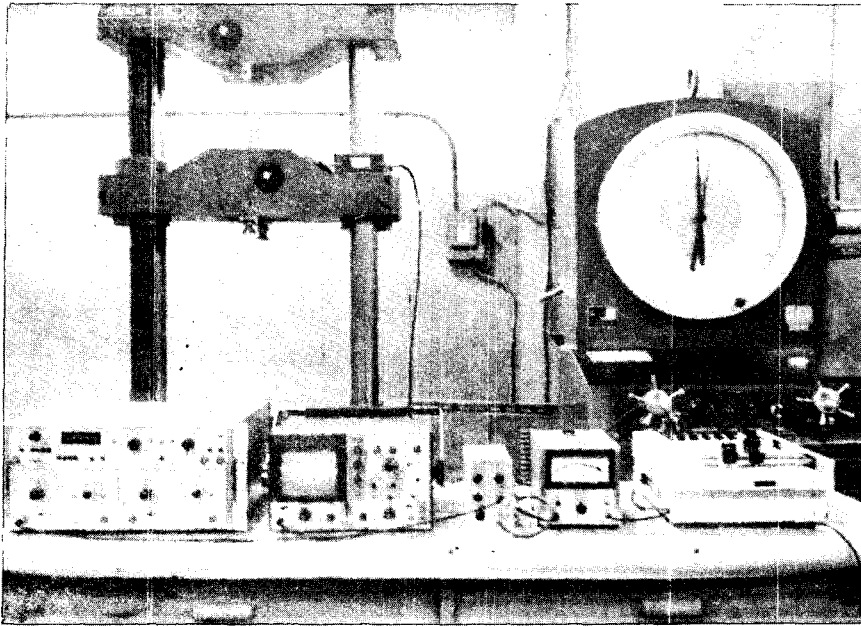


Photo. 2 Experimental Apparatus for AE measurement in Fracture Testing

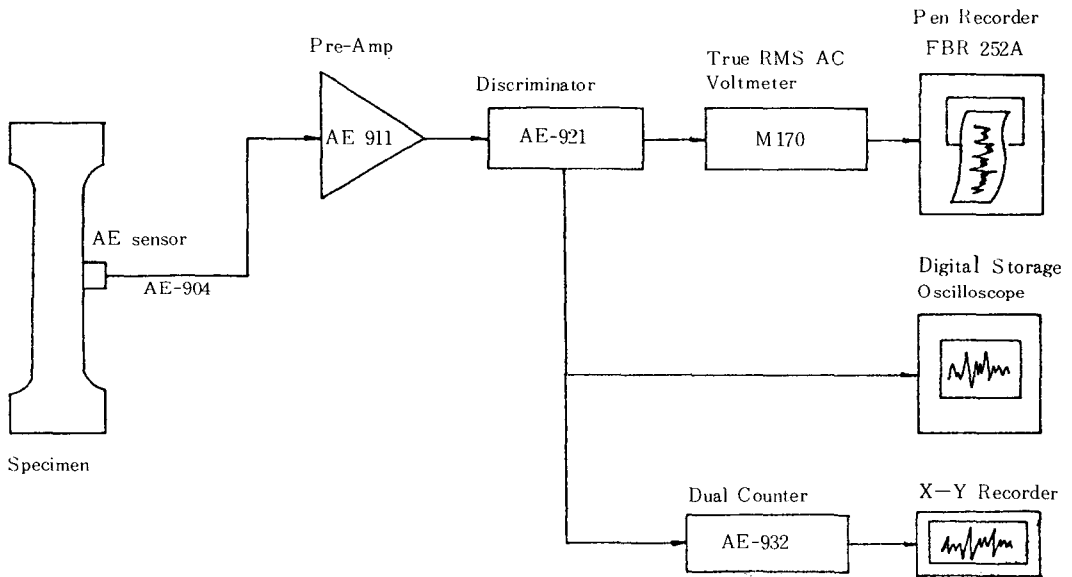


Fig. 4 Block diagram of AE measuring system

는 約 1.01 倍 程度 RMS 값이 크게 나타났으며 SM55 C 材의 境偶에는 約 1.01~1.04 倍 程度 큰 값을 보이고 있다.

그리고, 同一形狀의 試驗片일지라도 SKD 11 材가 SM55 C 材 보다 Notch 幅 2 mm의 경우에는 平均 1.84 倍, Notch 幅 0.2 mm의 경우에는 平均 約 1.25 倍 程度 큰 값을 나타내고 있으며, 破壞強度, 荷重 負荷時間 및 伸長率도 큰 값을 가지고 있다. 特히, R-Type 試驗片의 最大荷重 P_{max} 이 Rs-Type 의 最大荷重值 보다 3 倍以上 큰 값을 보이는 것은 치수效果 (Size Effect) 의 영향인 것으로 생각된다.

이러한 傾向을 Griffith 의 脆性破壞理論과 AE Energy 를 關聯시켜 생각해 보면, 熱處理된 試驗片은 脆性材料의 性質을 가지고 있으므로, 脆性を 나타내는 物質의 Crack

先端에는 강한 應力集中이 일어나고, Crack 의 先端에는 이미 理論的인 凝集強度와 같은 應力이 加해져 있는 狀態로 된다. 그러므로 Strain Energy 는 減少하게 되며, 表面 Energy 는 增加하게 되므로 균열을 傳播시키는 데 必要한 應力을 균열크기의 函數로 表示한 式 (6) $[(RMS)^2 \propto \frac{\pi \sigma^2 L}{2E}]$ 의 傾向과 一致하는 것이 된다.

따라서, Crack 의 길이를 Notch 部의 幅으로 보면, Notch 의 幅이 클 수록 AE RMS 값은 커지며 同一한 Notch 의 境偶라도 材料의 降伏強度가 높고, 破壞靱性值가 큰 材料일 수록 AE RMS 값도 커지는 것을 알 수 있다.

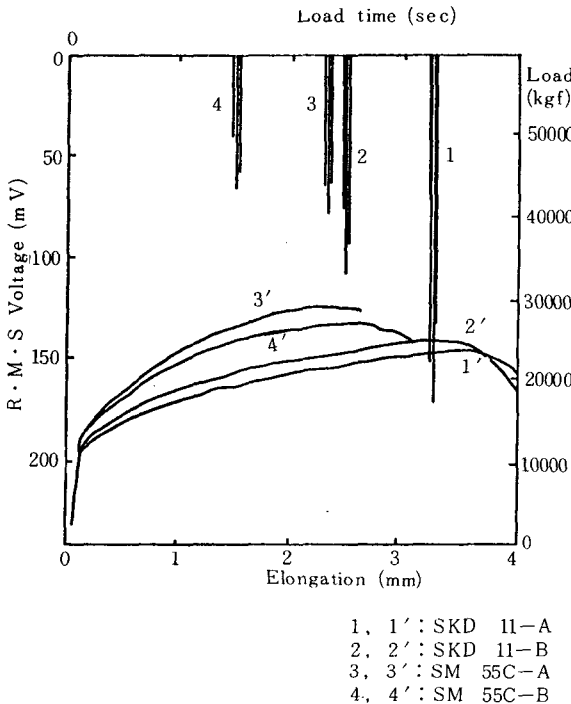


Fig. 5 Acoustic emission R·M·S during fracture testing at R Type

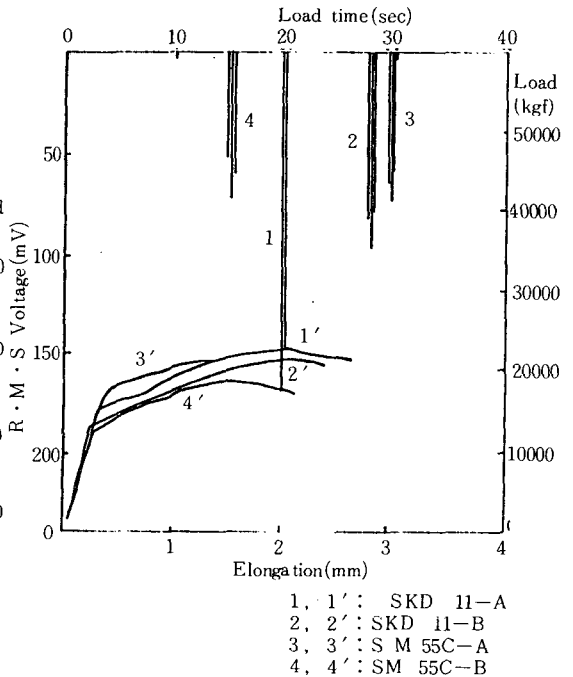


Fig. 6 Acoustic emission R·M·S during farctre testing F Type

4.2 Notch 部의 AE 波形特性

Fig.8 및 Fig.9 은 Rs-Type SKD11 材 및 Rs-Type SM55 C 材에 對한 AE

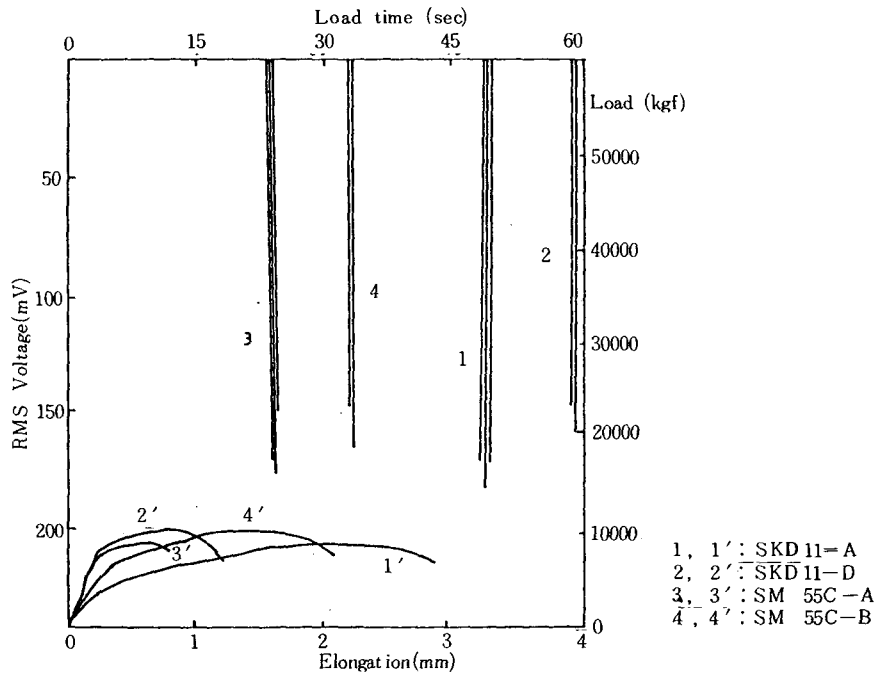


Fig. 7 Acoustic emission RMS during fracture testing at Rs Type

Table 2. Obtained Pmax, δ , RMS, LOAD Time for Specimens

Type	Specimens	P (kg)	(mm)	Load Time (sec)	AE RMS (mV)	
R-Type	SKD 11	A	23,600	3.7	32.6	169.22
		B	24,000	3.3	25.5	102.44
	SM 55 C	A	28,250	2.4	23.4	77.33
		B	26,800	2.2	15.4	76.42
F-Type	SKD 11	A	22,500	1.8	19.8	169.87
		B	21,500	2.0	24.8	96.53
	SM 55 C	A	20,700	1.2	27.9	74.67
		B	18,050	1.5	14.7	73.33
Rs-Type	SKD 11	A	8,450	2.35	48.5	180.2
		B	8,900	0.6	60.0	178.0
	SM 55C	A	8,000	0.45	24.4	170.8
		B	9,400	1.5	33.6	163.3

* A : Large Notch (2mm), B : Small Notch (0.2mm)

Table. 3 Fracture Loads by P- δ Diagram

p (kgf)	R-Type				F-Type				Rs-Type			
	SKD 11		SM 55C		SKD 11		SM 55C		SKD 11		SM 55C	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	20,768.4	19,555.6	27,060.5	23,048.4	21,900.0	20,910.8	20,400.0	17,458.2	6,035.7	7,654.1	6,880.3	7,637.5

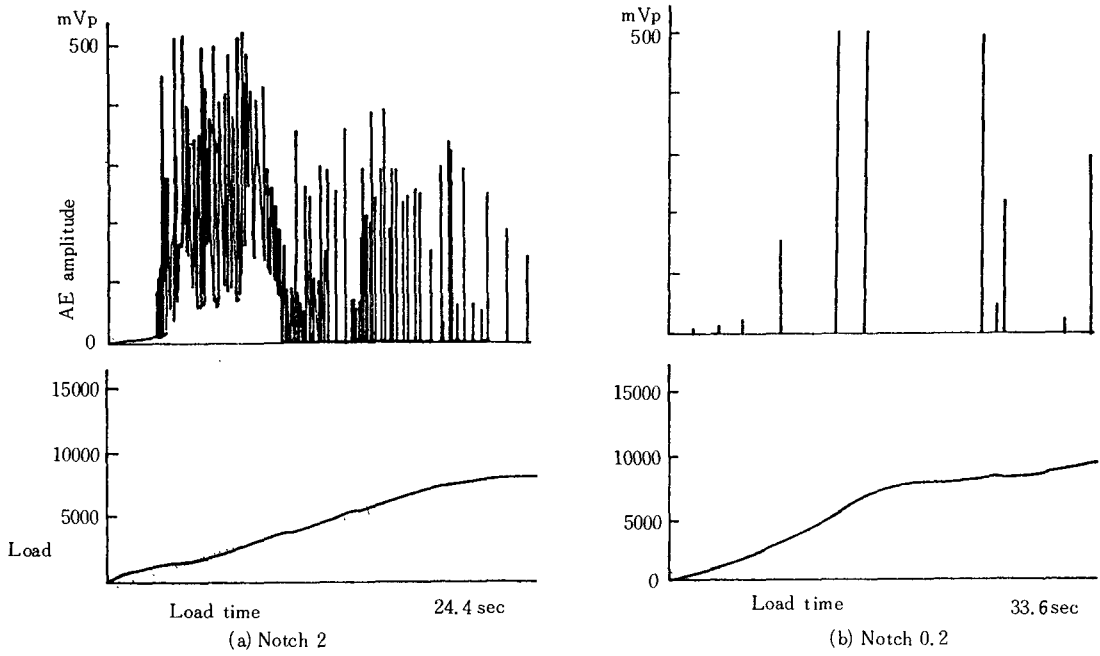


Fig. 8 Amplitude of Rs Type SKD 11

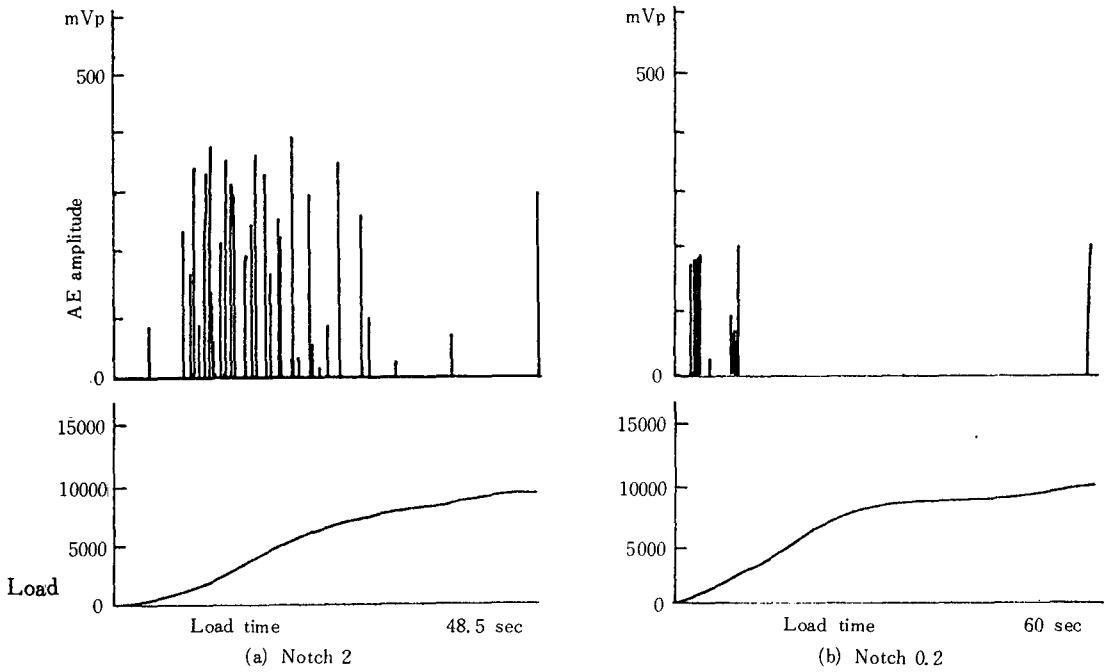


Fig. 9 Amplitude of Rs Type SM 55C

波形振幅을 負荷荷重과 負荷時間과의 關係로 計測한 結果를 나타낸 것이며, Photo.3 및 Photo. 4는 Rs-Type SKD11材와 SM55材의 破斷直前의 AE 波形을 Oscilloscope로 觀測한 것이다.

이에 依하면, 0.2 mm의 Notch幅을 가진 試驗片 보다 2 mm의 Notch幅을 가진 試驗片이 AE振幅의 發生頻度가 현저하게 높은 傾向을 보이고 있으며 同一形狀의 試驗片일 境偶라도 SKD 11材가 SM55 C材 보다 AE波의 振幅分布 및 Peak電壓도 크게 나타나고 있음을 볼 수 있다.

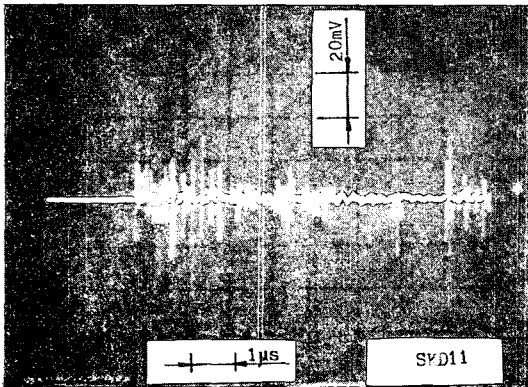
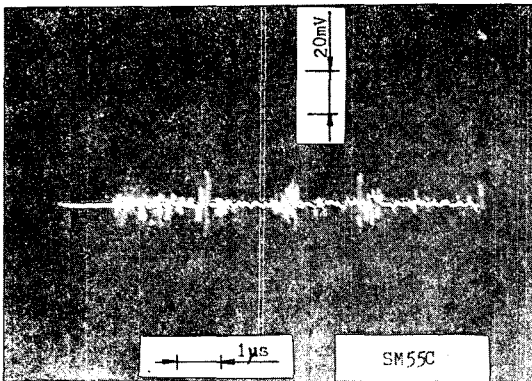


photo. 3 AE Waveform detected in Rs type SKD 11 by oscilloscope



4 AE Waveform detected in Rs type SM 550 by oscilloscope

이와같은 傾向은 Notch幅이 큰 試驗片이 Notch幅이 작은 試驗片 보다 균열先端 領域이 커, 散在되어 있는 介在物이 應力集中現象을 보다 크게 일으켜, 材料變形時에 放出되는 表面 Energy의 放出이 현저하게 나타난 結果로 보이며, 材料靱性이 우수한 SKD 11材가 SM55 C材 보다 그 현상이 더욱 크게 된데 기인한 것으로 생각된다.

따라서, AE. Peak電壓 및 AE波의 振幅分布는 Notch 部の 크기에 關係되며, 材料靱性이 우수한 SKD 11材의 Notch 效果가 一般機構造用鋼인 SM55 C材의 Notch 效果보다 AE特性에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있다.

4.3 Notch 部の AE 傳播特性

Fig.10 및 Fig.11은 F-Type SKD 11材의 Notch幅 2 mm의 試驗片과 Notch幅 0.2 mm의 試驗片의 引張試驗時 發生되는 균열進展에 따른 AE信號를 AE Event Count Rate n 및 AE Cumulative Event Counts N 과 Load Time과의 關係로 Read 計測時間을 1sec로 하여 X-Y Recorder에 表示 記錄한 것이다. 그림에서 AE Cumulative Events Counts 시 및 AE Event Count Rate n 은 0.2 mm의 Notch幅을 가진 試驗片이 2 mm의 Notch幅을 가진 試驗片에 比하여 큰 값을 나타내고 있으며, 균열進展의 傳播速度도 빨라지고 있음을 보이고 있다.

또한 AE Energy가 어느 臨界値에 到達하기 前까지 (a~b 구간)는 卽, 彈性變形 領域에서는 N 및 n 의 값이 아주 미약하게 나타나고 있고, 항복점에서의 應力降下에 依하여 塑性變形이 일어나기 始作하는 균열開始點(6點)에 이르러서는 大振幅

의 AE 發生을 볼 수 있으며, 그 後(b~c 구간)에서는 Lüders 帶의 形成, 傳播에 수반하는 AE의 不規則인 變動이 觀察된다.

그리고, 이와같은 不安定균열成長에 끝이어서 巨視的 균열成長과 더불어 N 및 n이 急激히 큰 값을 나타내며 d 點에서 破斷이 일어나 남을 알 수 있다.

이는 SKD 11 材가 比較的 大振幅의 AE 로 檢出되며, Notch 部가 작은 試片이 그 傾向이 큰 것은 Notch 部가 작을 수록 塑性領域이 커지고, 균열成長이 試驗片의 尺寸 효과에 依存하므로, 균열進展의 成長을 阻止하는 回數가 많아지게 되어 Notch 部가 큰 試驗片보다 Notch 部가 작은 試驗片이 N 및 n 값이 크게 된 것으로 生覺된다.

그러므로 不安定成長의 開始點을 材料의 항복강도로, 大振幅이 일어나는 巨視的 균열成長의 開始點을 材料의 破斷強度로 볼 수 있으며 同一條件의 境偶라도, Notch 部가 작고, 韌性이 큰 材料가 AE Cumulative

Event Counts N 및 AE Event Count Rate n 에 미치는 影響이 큰 것을 알 수 있다.

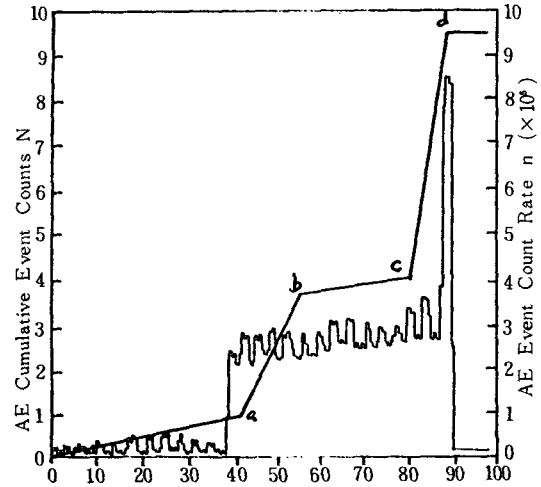


Fig. 11 Relation between AE cumulative event counts N and AE event count rate n at F.S type

5. 結 論

一般機械構造用鋼材 SM55 C와 冷間壓延用金型鋼材 SKD 11에 機械的 Notch 를 주어 AE 計測 System 을 利用하여 引張試驗 하고, 各各의 AE 特性을 比較, 檢討한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1). Notch 部의 크기에 따른 AE 發生의 頻度는 0.2 mm의 Notch 를 가진 試驗片보다 2 mm의 Notch 를 가진 試驗片이 AE 發生이 많으며, 이것은 各 材料 共通이므로 Notch 部가 클수록 AE 發生의 頻度も 높음을 알 수 있다.

2). 破斷直前의 RMS 값을 比較해 본 結果, 同一條件下에서 一般機械構造用鋼材인 SM55 C 보다 冷間壓延用金型鋼材인 SKD 11의 RMS 값이 約 20% 높게 나타났다.

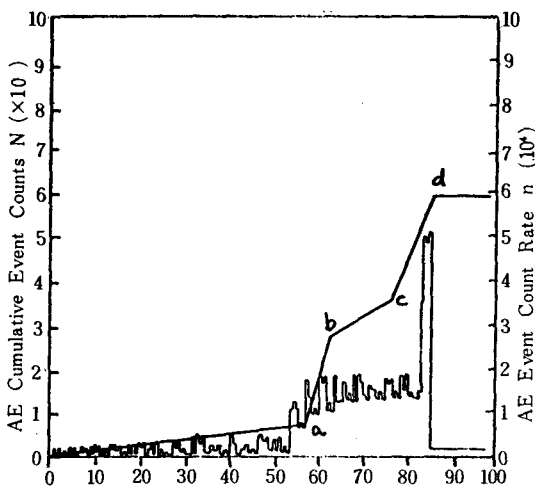


Fig. 10 Relation between AE cumulative event counts N and AE event count rate n at F.L type

3). 各試片의 균열進展舉動을 AE Event Count Rate n 및 AE Cumulative Event Counts N 으로 檢出해 본 結果 Notch 部가 작고 韌性이 큰 材料가 AE Cumulative Event Counts N 및 AE Event Count Rate n 에 미치는 影響이 큰 것을 알 수 있었다.

References

- (1) 尾上他：“壓力容器內壓破壞試驗における多チャンネルAE 標定裝置同時計測,” “TAB-AE 시스템によるAE計測,” 壓力技術(AE實驗特集), Vol.15 No.3, 1977 pp.36~41
- (2) 中島：“AEによる構造健全性評價法,” 第3回アコースティックエミッション総合コンファレンス論文集, 非破壊検査協會, 1981年10月, pp.81~86
- (3) KANNOA, et al.,: “Some Aspects of Acoustic Emission in Steel Welds,” The fifth International Acoustic Emission Symposium, Tokyo, 1980, pp.475~479
- (4) Y. OBATA, et al., “Evaluation of Weld Defects Extension in High Strength Steel Pressure Vessel by Acoustic Emission and X-Ray Inspections,” The 5th International Acoustic Emission Symposium, Tokyo, Nov.18~20, 1980, pp.566~575
- (5) Koji ISHIIHARA, Koji YAMADA: “AE Monitoring at Low Cycle Fatigue Test on Weld Joint,” The Fourth Acoustic Emission Symposium, Tokyo 1978, pp.3026~3044
- (6) 大平貴規, 岸輝雄 堀内: “非破壊検査,” 1976, p.28,292
- (7) “Acoustic Emission Monitoring of pressured Systems,” ASTM, STP 697, 1979
- (8) Gerberich, W. W., D. G. Atteridge, J. F. Lessar: Metallurgical Trans. A, 6A, 1975, p.797
- (9) 森康彦: “鋼の疲労き裂に伴る AE信號波形,” 日本大學生産工学部, 第15回學術講演會, 1982
- (10) K. Kuribayashi, T. kishi: “Progress in Acoustic Emission,” The Japaness Society for Non-Destructive Inspection, 1982, p.295
- (11) A. N. Ceranoglu, Y. H. ao: J. Appl. Mech., 48, 1981, p.125
- (12) 岸輝雄: “疲労き裂進展に伴る AE,” 東京大學宇宙航空研究所報告, 第16卷1號(c), 1980, pp.65~68
- (13) 岸輝雄: “Acoustic Emissionの金屬學(D),” 材料科學, Vol.19, No.5, 1983, pp.16~21
- (14) 昭和54年度 通商産業省工業技術院委託: “構造材料の安全性に關る標準化のための調査研究,” 研究報告書, (財) 建材試験センター, 1978.