

超高壓 大電力 短絡研究設備에 대하여 (高電壓 研究試驗設備建設)

沈 文 植*

■ 차 례 ■

- 1. 研究試驗設備 計劃 基準
- 2. 高電壓 研究棟의 規模 및 構造
- 3. 高電壓 研究棟의 遮蔽
- 4. 建物 및 機器의 接地

우리 電氣工業界의 宿願事業이던 超高壓 및 大電力 研究設備가 1982.10.29日 竣工式을 마치고로서 電氣工業界의 活性化를 圖謀하게 되었다. 이 중 高電壓 試驗設備에 對하여 記述하고자 한다. 高電壓 試驗研究棟 建物과 附帶設備은 1979.10.15 着工하여 1981.4.17 竣工을 시키고 同年 9.25日 研究試驗設備 設置工事を 完了 11.27日부터 12.22日까지 A.C耐電壓 試驗設備에 對한 性能試驗을 마치고, 研究業務를 開始하기 始作하였다.

1. 研究試驗設備 計劃 基準

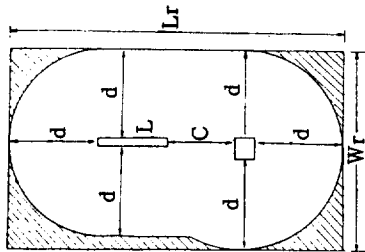
電力需要의 增大와 發電機의 大容量化에 따른 電力流通의 圓滑을 기하기 爲하여 基幹送電系統을 過去 154 Kv 에서 345 Kv (1976年부터) 超高壓으로 昇壓하여 現在에 이르고 있으며 向後 10餘年後인 1990年代後는 大單位 發電團地化等 諸般與件을 展望할때 地域需給의 不均衡이 날로 深化되어 電力의 安定供給을 위한 技術的 適合性, 經濟的 妥當性 및 國土의 效率의 利用等의 觀點에서 한 段階 높은 800Kv 級 超高壓 昇壓이 豫見되고 있다. 따라서 當研究所 高電壓 研究棟 規模 및 研究試驗設備을 次期送電系統 電壓으로 豫見되는 800Kv 級까지의 各種 絶緣耐力 및 絶緣特性試驗과 高電壓現象에 關한 諸般研究試驗이 可能하게 研究試驗設備을 갖추었다. 이들 設備을 다음에 詳細하게 紹介한다.

正 會 員 : 韓國電氣通信研究所 高電壓研究室長

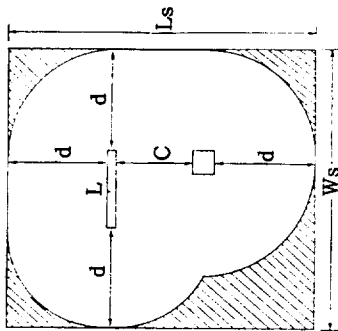
2. 高電壓 研究棟의 規模 및 構造

研究棟 規模는 Clearance에 依해 決定된다. Clearance란 絶緣離隔距離로서 高電壓試驗時 對地物에 放電을 일으키지 않는 安全距離를 말하며, 이는 여러가지 다른極, 模型과 여러 다른 種類의 電氣의 Stress에 依해 다르다. CESI (Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiana) 高電壓 研究棟內에서 G.Carrara 博士와 L.Eaffanolla 博士가 實驗한 結果, 棒과 平面極模型의 正極性 Switching impulse가 高電壓 研究棟 Clearance의 決定 Factor라는 것을 밝히고 다음식과 같은 實驗式을 誘導하였다. $V = 0.5 \sqrt{d}$ 또는 $d = (2V)^2$ 여기에서 $V =$ 電壓 (MV), $d =$ 最少 Clearance(m)이다. 800Kv 級 電力機器의 Switching impulse試驗電壓이 1,550Kv 인고로 이를 上式에 代入하면 最少 Clearance가 9.61m가 된다. 또한 高電壓研究棟의 平面치수는 試驗設備 및 被試驗品의 配置方法에 따라 2가지로 生覺할 수 있다. 첫째 그림 1(a)에 圖示한 바와같이 長方形(直四角形)이고, 둘째는 그림 1(b)에 圖示한 바와같이 正方形을 들수있다. 斜線으로 表示한 面積은 使用하지 않는 試驗設備의 備置를 위한 空間面積을 表示한다. 그림에서 보아 알 수 있듯이 長方向은 全體面積의 16%가 空間面積인 反面 正方形은 20%가 됨을 알 수 있다. 따라서 當 研究所에서 는 經濟性を 考慮 長方形으로 하고, 最少 Clearance 9.61m를 勘案하여 研究棟 規模를 그림 2와 같이 하

였고, 그의外觀은 그림 2-2과 같다. 參考로 外國 高電壓研究棟의 Clearance를 表 1에 表示하였다. 또한 表 2에 高電壓 研究棟 및 附帶設備의 諸元를 表示한다.



(a) (長方形)



(b) (正方形)

그림 1. 平面圖

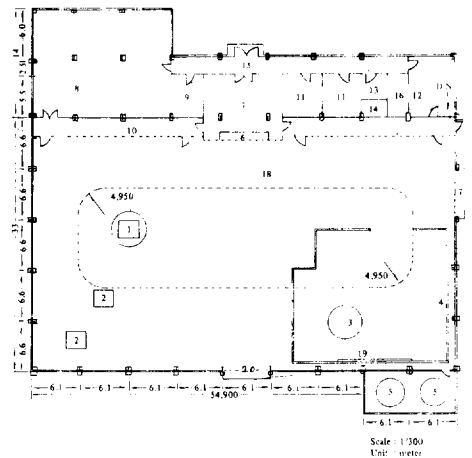
表 1. 外國 高電壓 研究棟의 clearance

研究所名	試驗設備	clearance 基準	clearance d(m)
Westinghouse	L, I 3600 KV	500KV/m	7.2
	S, I 1750 KV	250KV/m	7.0
Hipotronics	AC 100KV	150~200KV/m	5.5~7.4
	AC (corona free) 800 KV	125~150KV/m	5.3~6.4
	LI 3600 KV	400~500KV/m	7.2~9.0
Carrara's Report	S, I 1750 KV		12.5
EDF Paper	AC 1100 KV	200 KV/m	5.3
	L, I 3600 KV	500 KV/m	7.2
	S, I 1750 KV		8.5
BRITISH paper	S, I 1900 ~ 2100 KV		15

실험설비란의 약자는 아래와 같다.

L, I =Lightning impulse S, I =Switching impulse

A, C = 상용주파내전압



- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1. Impulse Generator | 11. Office |
| 2. Testing Transformers | 12. Storage |
| 3. Bushing Test Tank | 13. Toilet |
| 4. Wet Test Drains | 14. A.D. (air duct) |
| 5. Water Spray Tank | 15. Corridor |
| 6. Control Desk | 16. Battery Room |
| 7. Control Room | 17. Steel Shutter |
| 8. Elec. Equip Room | 18. Monorail |
| 9. Inst. Repair Room | 19. Water Spray Set |
| 10. Fence | 20. Two - up Door |

面配置圖

그림 2. (a) 高電壓 研究棟 平面配置圖

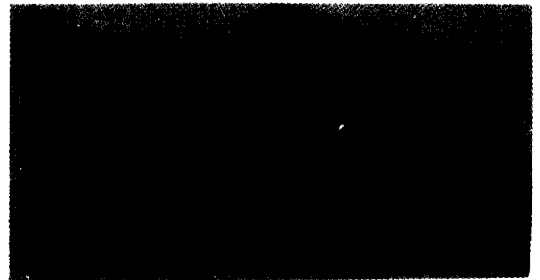


그림 2. (b) 高電壓 研究棟의 外觀

表 2. 高電壓 研究棟 및 附帶設備

設備名稱(台數)	構造 定格
高電壓研究室 (EHV HALL)	鐵筋콘크리트 鐵骨構造, 金屬板2重電磁遮蔽 面積 1812 m ² (54.9×33m), 有效 높이 25.6 m
制御室 (Control Room)	鐵筋콘크리트 鐵骨構造, 金屬板電磁遮蔽 面積 85 m ² (10×8.5m), 天井 높이 2.4 m
計測器室	鐵筋 콘크리트 鐵骨構造, 合成樹脂板 面積 33m ² (4.15×8 m), 天井 높이 2.4m

機械室 (Equipment Room)	" 面積 256 ㎡ (18.3×14m), 天井높이 3.5m
事務室 (2 室)	" 面積 29 ㎡ (5.3×5.5m), 天井높이 2.4m
蓄電池室	" 面積 15 ㎡ (3.05×5m), 天井높이 2.4m
複道	" 面積 66 ㎡ (2.5×26.35m). "
注水 pump, water storage tank 室	" 面積 67 ㎡ (12.2×5.5m), 天井높이 4m
monorail Hoist (2 台)	2 Ton, 揚程 23m
Hall 換氣裝置 (6 台)	3φ 440V 3HP, 換氣能力 25,200 ㎡/hr / 台
Hall 照明	1kw 水銀燈 × 40 個, 1kw 白熱燈 × 24 個 床面設計照度 450lx
steel shutter	電磁遮蔽構造 5.6(w)×10 m(H)
Two up door	電磁遮蔽構造 5.3(w)×7.5m(H)×2個
AHU 室	地下室, 面積 98 ㎡ (8×12.2m), 天井높이 4.15m
Air compressor	3 φ 440V, 55 kw, 壓力 7.0 kg / ㎠
高所作業用 Personnel lift truck	11Ton, 揚程 28m / 275 kg

3. 高電壓研究棟의 遮蔽

RIV (라디오 障害電壓) 및 部分放電現象을 精密測定하기 위하여 高電壓研究棟을 電磁的으로 遮蔽하여 外部에서 侵入하는 磁界나 電界에 依한 干涉을 받지 않도록 하지 않으면 안된다.

1) 遮蔽條件

NEMA-107에 依하면 RIV 試驗時 Backnoise는 被試品の RIV 許容值의 1/2 以下라야 한다고 規定하고 있다. 이 許容值은 被試品에 따라 數 μV 에서 數 10 μV 以下이므로 高電壓 研究棟內部的 Back noise level 은 最惡條件에서 5 μV ($10 \times 1/2 = 5 \mu V$) 以下로 維持하지 않으면 안된다. 이를 dB로 換算하면 14dB ($dB = 20 \log 105$)가 된다. 卽 高電壓研究棟 內部에서의 Back noise level은 14 dB보다 작아야 한다.

2) 建物遮蔽工事

(1) 壁部分 建物の 構造 및 內, 外 遮蔽壁 明細圖는 그림. 3과 같다. 그림에서 나타난 바와같이 外部壁은 0.8mm 두께의 PVC Coating 鐵板을 使用하였고, 垂直方向의 重複部分 (Overlapping) 은 100

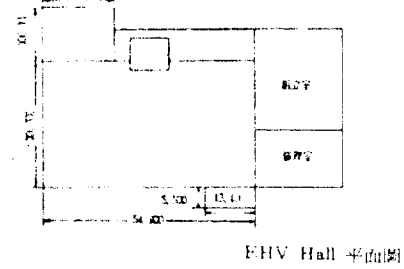
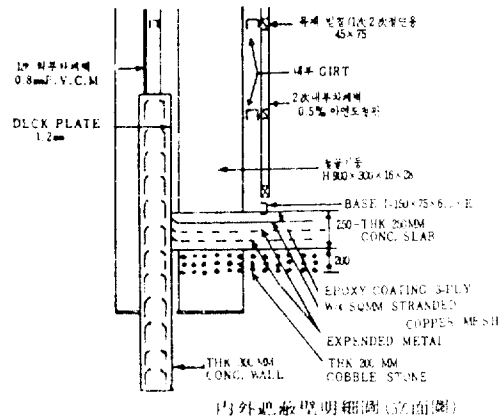
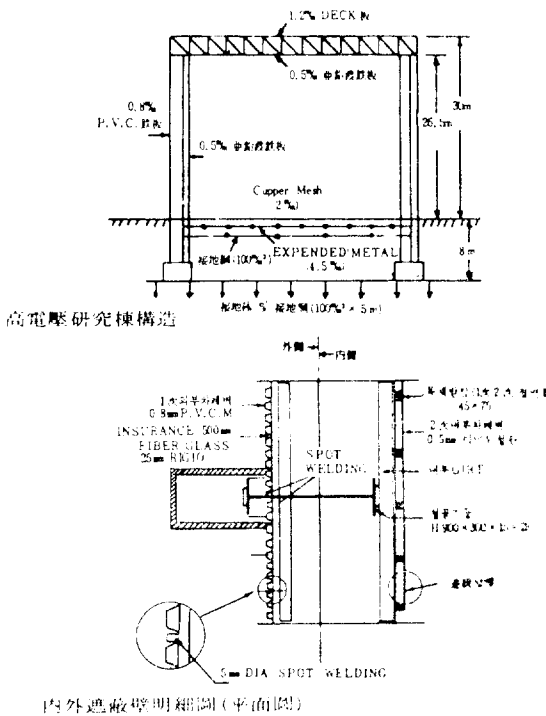


그림 3. EHV 詳細圖

mm 以上으로 하였으며 垂直方向은 30 cm 間隔마다 直徑 5 mm ϕ 의 Spot welding, 水平方向은 鐵板 1 장幅인 680 mm 間隔으로 亦是 直徑 5 mm ϕ 의 Spot welding 으로 하고, 上下 接치는 部分은 이음部分 兩側에 걸쳐 鐵片을 대고, 兩側에 2 個所씩 4 個의 Spot welding 을 하여 電氣的으로 完全히 接續시켰다.

内部壁은 0.5 mm 두께의 亞鉛鍍鐵板을 使用하여 絶緣木材 받침木으로 Column, 鐵骨等 外部壁을 보다 더 遮蔽效果를 위하여 電氣的으로 完全히 絶緣시켰고, 水平方向 接續部는 連續的으로 납땀하였고, 垂直方向의 Overlapping 은 100 mm 以上으로 하였으며, 30 cm 間隔으로 Rivet 로 固定시키고, 이에 길이 2 cm 以上 납땀 하였다.

(2) 天井 AM (Acoustic material) Board AM Board 間의 接續個所는 30 cm 마다 길이 2 cm 以上 납땀하고, Channel 과 AM board 間은 黃銅 Pith 로 固定하였다.

(3) Control room: Control room 은 完全히 0.4 mm 두께의 鐵板으로 싸서 内部壁과 連結시켜 遮蔽室로 하였다.

(4) Column 및 鐵材接續個所 Column 과 Column 間, Column 과 Truss 間, Purlin 과 Column 間은 全部 5 mm ϕ 軟銅線을 使用하여 連結個所當 電線 2 가닥씩을 溶接하여 接觸抵抗을 낮게 하였다. 또한, Truss 의 모든 他部材 接續個所(Bracing, Plate 등)는 電氣 Arc 溶接으로 個所當 2 cm 以上 溶接하여 電氣的으로 完全히 接續시켰다. 其他, girder 와 Column 間等도 電氣 Arc 溶接으로 그림 4 와 같이 하나의 金屬體로 하도록 努力하였다.

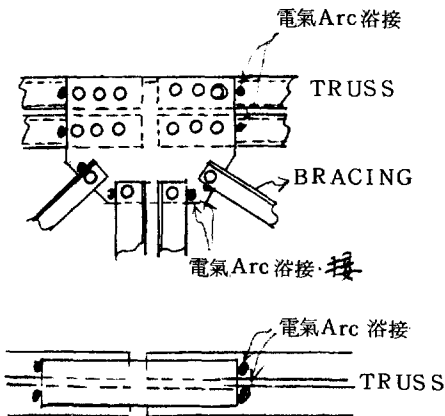
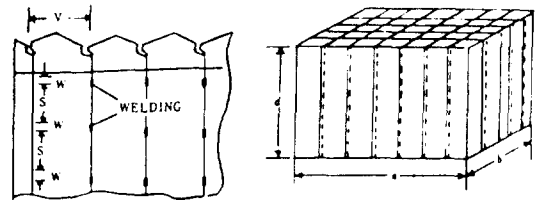


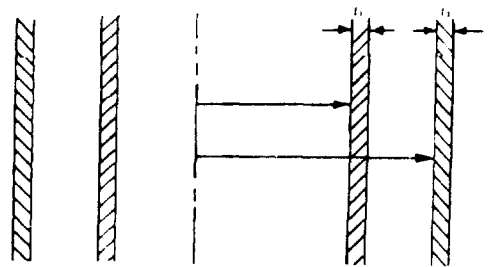
그림 4. 電氣 Arc 溶接 個所

(5) 出入口 및 換氣口 高電壓 研究室에 被試品의 搬出入口, 出入口 및 換氣口等의 設置가 必要하다. 그러나 이部分의 構造가 不完全하기 때문에 遮蔽效果를 低下시키는 主原因이 된다. 따라서 S-tell Shutter, Two up door 및 出入口間을 電磁 遮蔽構造로 하여 最大限의 遮蔽效果를 維持하도록 하였고, 換氣口는 Steel mesh 를 motor 밑에 密着시켜 外部로부터 noise 가 侵入하지 못하도록 하였다. 竣工後 遮蔽減衰效果를 測定한 結果 Two up door (5 × 15 m(H)) 部分이 50 dB ~ 60 dB 程度로 多少 낮은 狀態였다.

(6) 電源, 其他: 高電壓 研究室에 들어가는 各種電源(照明, 補助電源 및 測定計器用 電源等)은 別個의 機械室內에 遮蔽變壓器 및 noise cutout transformer를 設置하여 電源으로 부터의 noise 侵入을 防止하도록 하였고, 또한 電源配線은 內, 外部 遮蔽壁사이에 Conduit Pipe 를 통하여 配線하고 Pipe 連結部分은 5 mm ϕ 軟銅線으로 接續시켜 完全히 電氣的으로 連結시켰다. 그리고, 高電壓 研究室 및 Control room의 燈器具(水銀燈, 白熱燈, 螢光燈等)는 全部 expended steel mesh 를 取付燈으로 부터 noise 가 侵入하지 못하도록 하였다. 물 Tank 室에서 遮蔽壁을 貫通하여 Water Spray set 로 들어가는 金屬 Pipe 도 貫通부에 絶緣 Pipe 를 使用하여 外部로부터 noise 가 侵入하지 못하도록 하였다.



Intermittent welding of the panels



Double shield of coaxial cylinders

그림 5. 研究棟 構造圖

3) 高電壓 研究棟의 遮蔽效果

(1) 計算: 1975 年 IEEE에서 發表한바에 依하면 當研究所 研究棟 構造와 同一한 그림 5 와 같이 여러장의 金屬板을 溶接하여 2重遮蔽로 構成한 建物內에서의 遮蔽效果는 다음式에 의하여 計算한다.

$$S (dB) = 20 \log \frac{WL_1}{R_1} \left(\frac{\sqrt{2\delta_1}}{2t_1} \right) + 20 \log \frac{WL_2}{R_2} \left(\frac{\sqrt{2\delta_2}}{2t_2} \right) + 20 \log \left(1 - \frac{r_1^2}{r_2^2} \right)$$

위 計算式의 1項, 2項은 表皮效果를 考慮한 内部, 外部의 效果이고, 第3項은 恒常 負이며 2重遮蔽를 할 境遇 綜合遮蔽效果는 各 遮蔽效果의 合計보다 작아진다는 事實을 알수있다. 即 2重에 依한 減衰效果를 뜻한다. 여기서 r_1 과 r_2 는 2重遮蔽等 價圓筒에서 内部와 外部遮蔽의 半徑을 나타낸다. 또한 Hall의 Inductance L 은 $L = 0.004 \pi N^2 \frac{ab}{d}$ F' (μH) 로써 研究棟의 dimension을 代入하여 計算할 수 있으며 材質과는 無關하다. 그러나 抵抗 R 은 $R = R_0 \frac{2S}{\pi V} \ln \frac{2V}{W}$ (Ω) 로써 材質의 導電率과 接續方法에 따라 變化한다. 여기에서 R_0 는 溶接하지 않은 均等 enclosure의 抵抗을 表示한다. 即 다음式으로 表示된다.

$$R_0 = \frac{2(a+b)}{dt} \delta (\Omega)$$

여기서 $w = 2\pi f$ (f 는 周波數)

研究所의 諸量

$f = 900 \times 10^3$ (Hz) : 外部電界強度가 가장 높을때의 周波數

s = 溶接點間의 距離 (m) $s_1, s_2 : 0.3 m$
 v = 鐵板의 幅 (m) $v_1 = 0.86m, v_2 = 0.68 m$
 w = 溶接點의 直徑 (m) $w = 0.005 m$

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} V_s / A m$ $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$

μ_r = 材料의 非透磁率 $\mu_r = 1000$

σ = 鐵의 導電率 $\sigma = 107 / \Omega \cdot cm$

δ = skin depth : $\frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_0 \mu_r \sigma}}$

t = 鐵板의 두께 (m) $t_1 = 0.5 \times 10^{-3} m, t_2 = 0.8 \times 10^{-3} m$

a = 研究棟의 길이 (m) $a = 54.9 m$

b = " 幅 (m) $b = 33.0 m$

d = " 높이 (m) $d = 25.6$ (内部), 30 (外部)
 (m) 平均 = $27 m$

N = Turn 수

$N = 1$

Grover 가 提示한 Inductance 計算式中 F' 는

$$F' = \beta_1 r + \beta_1' r \ln \frac{1}{r} + \beta_2 r^2 + \beta_3 r^3 - \beta_5 r^5 + \dots$$

여기에서 $r = \frac{d}{a}$ $\beta_1, \beta_1', \beta_2, \dots$ 는 Stort re-ctangulon solenoid의 係數 (Page 72, Grover)

上記式에 當研究所의 諸量을 代入 計算한 結果 内部는 61 dB, 外部는 58dB 로써 綜合 104 dB 이었다. 그러나 이 計算은 幅 5 m, 높이 15 m인 Two up door 나 其他 肥弱條件을 考慮치 않은 狀態의 計算이기 때문에 實際로는 計算值보다 遮蔽效果가 작게 된다.

(2) 測定結果: 研究所 隣近放送周波數 現況은 表 3과 같으며 周波數別 電界強度를 옥외에서 測定한 結果 그림 6 및 表 4와 같다. 여기에서 보아 알듯이 最大 外部電界強度는 900 KHz에서 98.5 dB였다. 따라서 最惡條件인 900 KHz에서 電界強度를 測定한 結果로서 研究室의 遮蔽減衰效果等 高分布圖는 그림 7과 같이 研究室中

表 3. 周近放送周波數現況

放送局	周波數	出力	放送Antenna 位置
釜山KBC	891 KHz	250kw	金 海
釜山MBC	1,161 KHz	20w	釜山 광한동
釜山CBC	1,404 KHz	10w	釜山 용호동
馬山KBC	936 KHz	10w	가 포
馬山MBC	990 KHz	10w	"

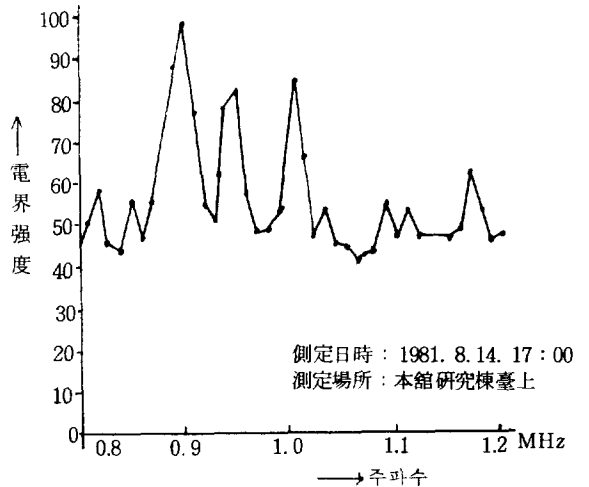


그림 6. 周波數別 電界強度

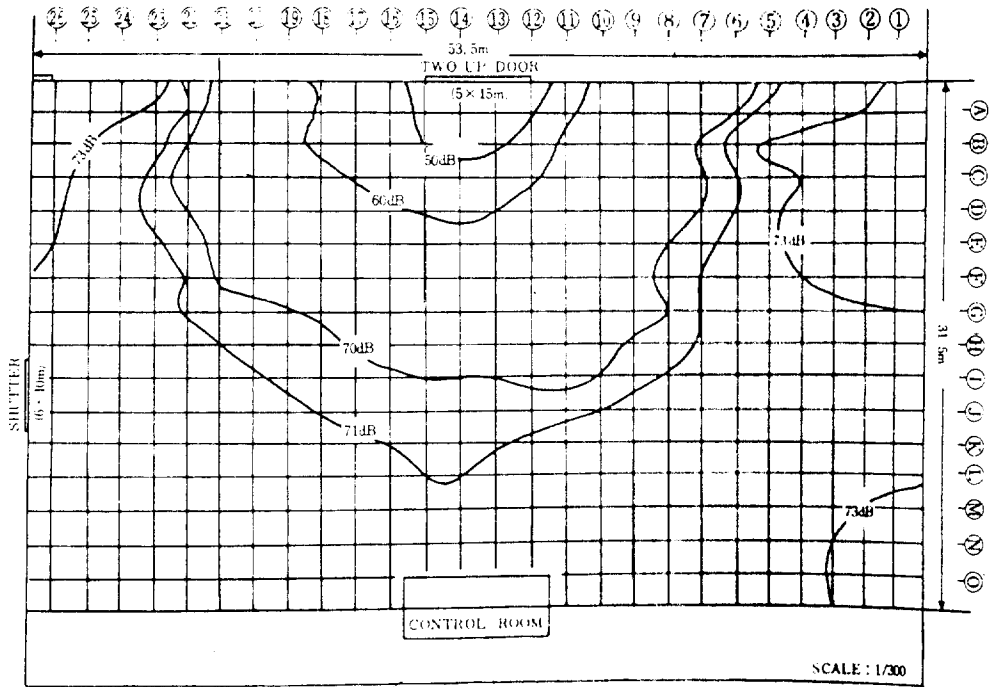


그림 7. EHV Hall 内部 遮蔽減衰效果 等高分布圖

央에서 Control room 前面 및 Corner 部分이 70 ~ 73 dB 로 滿足할만한 結果를 얻었다. 또한 實際 測定周波數인 1 MHz 에서 RIV meter 로 測定한 障害電波 Back noise 는 0.5 μ V 以下로서 -6 dB 程度로 나타났다. 表 5 에 外國研究所의 例를 表示한다.

表 4. 最大外部 電界強度

測定時間 測定地點	單位: dB						判定值
	13:30	14:30	15:30	16:30	17:30	平均	
研究棟屋上	97	100	101	102	102	100.4	98.5
測定制御棟 屋上	98.5	98.5	100	99	99	99	
短絡發電機 室 工事場	94	97	96.5	96	97	96.1	

4. 建物 및 機器의 接地

高電壓研究棟에서의 接地는 接地抵抗이 낮으면 낮을 수록 좋다. 이는 衝擊電壓發生裝置와 被試品間의 放電電流 發生時 Impedance 를 적게하여 對地的 電位上昇을 抑制시켜 精密計測裝置에 影響을 미치지

表 5. 外國研究所의 例

國名	研究所名	高電壓研究棟 Dimension (m)	建物構造	遮蔽效果 (dB)
카나다	IREQ	67.5×82× 51 (H)	鐵骨構造金屬 版 2重遮蔽	60~80
프랑스	EDF	64×64×44 (H)	"	100(1.0MHz)
미 국	Westingho- use Trafford EHV	36×54×19.5 (H)	"	70(1.0MHz)
日 本	N.G.K小牧 超高壓試驗所	40×40×30 (H)	鐵骨con'c (金鋼에 의한 2 重遮蔽)	75(730KHz)
"	日新電機(株)	32.5×40.9 ×23.5 (H)	鐵骨con'c 天井部分鐵骨 構造 2重遮蔽	80(90KHz)
한 국	KETRI	33×54× 25.4 (H)	鐵骨構造金 屬版 2重遮蔽	60~73(900 KHz)

않게함과 同時에 人蓄事故의 未然防止와 衝擊放電 電流의 歸路를 시켜주기 위한 것이다. 따라서 高電壓研究棟의 接地抵抗을 最大限 낮게 하지 않으면 안 된다. 接地工事は 大部分 콘크리트 밑 地下에 埋設 하기 때문에 만일 施工後 接地抵抗이 좋지 않다고 하

여 다시 再 施工할 수도 없기때문에 當 研究所에서는 鐵筋콘크리트 基礎를 하기 위하여 掘鑿한 地下 7 m (FL-7 m) 에 그림 8 과 같이 裸軟銅線 100 mm², 接地銅棒 14 mm ϕ × 1 m 로 grid 式 接地網을 構成하였고, 地下 1 m (FL-1 m) 에 그림 9 와 같이 裸軟銅線 100 mm², 接地銅棒 19 mm ϕ × 3 m 로 亦是 grid 式 接地網을 構成하여 裸硬銅線 100 mm² 로 上下 連結시켜 接地抵抗을 最大限 줄이도록 努力하였다. 또한 그림 10, 11 와 같이 地下 30 cm (FL-30 cm) 부터 expanded steel mesh (50 × 152 × 3.2 mm (t)) 를 2 層으로 高電壓研究棟 全바닥에 鋪設하고 콘크리트를 打設하였다. 이는 콘크리트의 補強과 더불어 遮蔽를 目的으로 한 것이다. 다시 콘크리트 바닥위에 expanded Copper mesh (33.9 × 80 × 2 mm (t)) 를 鋪設하고, 그위에 어느 場所에서든 接地가 可能하도록 接地 端子 (250 mm ϕ × 50 mm (t)) 29 個를 固定시키고, 接地端子間은 銅帶 (50 × 6 mm (t)) 로 完全 連結하여 衝擊放電電流의 歸路를 만들어 주고, 그 위에 다시 콘크리트 및 Epoxy 로 磨勘整理하여 試驗設備 移動時 Air cushion pallet 에 의거 容易하게 移動할수 있도록 바닥을 完了했다. 이

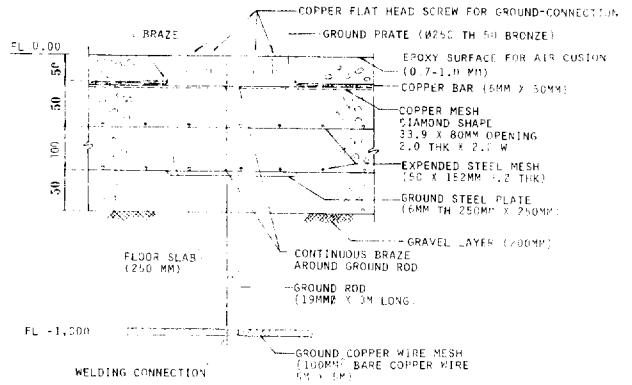


그림 10. EHV LAB. Grounding Detail (II)

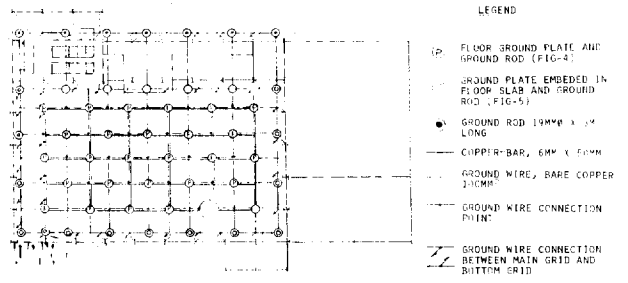


그림 11. EHV LAB. Grounding Layout (FL. 0,00 THRU. FL-1,000)

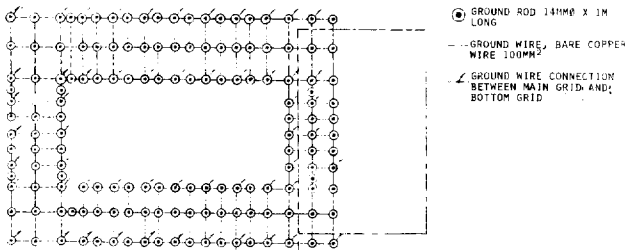


그림 8. EHV LAB. Grounding Layout (EL-7,000)

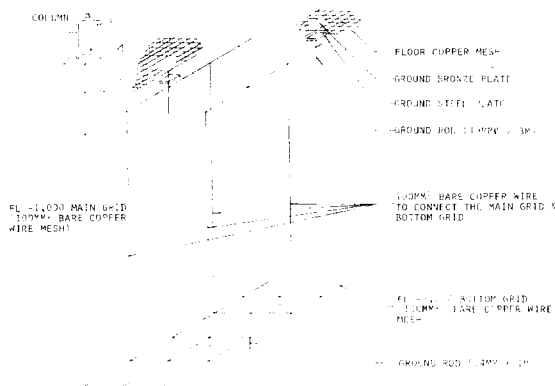


그림 9. EHV LAB Grounding Detail (I)

때의 grid 接地網 構成時의 모든 接續箇所는 Thermo-mold 로 溶接接續시켰고, expanded Copper mesh, 銅帶 및 接地端子接續은 신추 溶接棒을 使用 完全히 溶接 接續시켰다. 뿐만아니라 高電壓研究棟 바닥에 있는 諸般 Floor Junction Box, oil Bushing Tonk 및 内部壁의 걸레받침 Channel 등을 完全 接地시켜 部分放電時의 遊導體에 依한 noise 의 發生을 防止시키도록 하였다.

이런 結果 Westinghouse 社의 專問技術者가 와서 精密測定한 結果 隣接 接地端子間的 抵抗値는 그림 12 와 같이 0.1 ~ 0.23 m Ω 程度였고, 研究棟의 總等價接地抵抗은 0.37 Ω 으로 滿足할만한 結果를 얻었다.

< 다음호에 계속 >