

# 講堂音響設計



文化財管理局 管理課 營繕係長 **崔炳虎**

## 前 言

最近 建築計劃에 있어서 建物內에 設置되는 設備 機械類 등 種類나 規模의 增加에 따라 各種 設備 機械類의 騒音 振動 防止 計劃이 重要한 課題가 되었다.

1972. 8. 25 新築開館한 國立中央博物館에는 아담한 講堂이 마련되었다.

168席의 觀覽席椅子가 設置되었고, 영사막이 달린 舞台와 영사실까지 갖춘 講堂은 文化財에 관한 研究發表와 弘報, 계몽 등 各種 集會와 行事を 하리라 한다.

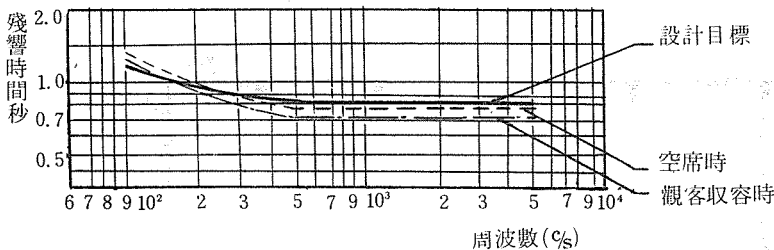
이 글은 講堂音響條件에 알맞도록 目標한 室內 殘響計算 및 遮音, 換基, 騒音處理 結果를 보고코자 한다.

## 室內音響設計

會話を 주로하는 講堂으로서 會話에 適合한 最適殘響 時間은 Berank가 추천한 體積과 殘響時間과의 關係에서 0.8초(500c/s)를 適用, [1表]와 같이 設計目標로 하였다. 殘響時間을 만족하기 위한 內裝材料의 選定 및 所要 吸音力의 計算을 [2-3表]와 같이 하였다.

室形 平行壁面을 避한 平面으로 하였고, 後壁은 反射音의 發生을 防止되도록 木製리부 및 有孔吸音板(싸랑시트包)을 使用 其他 吸音材 分散配置 原則에 따라 配置, 音의 擴散 效果를 期하도록 施工 하였다.

[1表] 殘響時間設計表



講堂諸元

바닥面積 228M<sup>2</sup>(19.6m×11.6m)  
 表面積(S) 873M<sup>2</sup>  
 體積(V) 1,098M<sup>3</sup>  
 V/ 1.25  
 收容人員 168席  
 設計目標 殘響時間(T)0.8 SEC

[[2表] 講堂內裝材料의 配置

使用 材 料 名	材 料 種 別	使用 場 所	面 積 比	비 고
비니 아스타일	反 射 材	바 닥	26%	
베니아板(6 <sup>m</sup> )	低音吸取材	客席前面壁	6%	
베니아板(3 <sup>m</sup> ) 싸랑시트+텍스보드 12 <sup>m</sup>	低音吸取材	側 壁	19%	
有孔 하드보드(6 <sup>m</sup> ) ϕ9 15p+그라스울(50 <sup>m</sup> ) 空氣層	中高音吸取材	客席后面壁	1.5%	
木製리부(開口率50%) +그라스울(25 <sup>m</sup> ) +空氣層(50 <sup>m</sup> )	中高音吸取材	客席后面壁	10.5%	
푸라스타보드(9 <sup>m</sup> ×2) 위코팅+그라스울(25 <sup>m</sup> )	反 射 材	天 井	30%	
木製리부(開口率50%) +그라스울(25 <sup>m</sup> ) +空氣層(300 <sup>m</sup> )	中高音吸取材	天 井	4.5%	
觀覽席, 觀客, 出入口			2.5%	觀覽席168

[ 3 表 ] 殘響計算表

	125%	500%	2,000%	비교
設計目標殘響時間	1.1SEC	0.8SEC	0.8SEC	
所要全吸音力(A)	147	195	195	
-2.30 log(1-a)	0.184	0.253	0.253	
平均吸音率 a	0.168	0.224	0.224	

使用材料	面積	125%		500%		2,000%		비고
		a	A	a	A	a	A	
비니 아스타일	228 <sup>85</sup>	0.03	6.87	0.05	11.44	0.04	9.15	
市木 라왕	5 <sup>20</sup>	0.05	0.26	0.05	0.26	0.05	0.26	
鉄製防音門	9 <sup>20</sup>	0.08	0.73	0.07	0.64	0.05	0.46	
合板 6 <sup>mm</sup>	51 <sup>60</sup>	0.18	9.3	0.16	8.25	0.08	4.12	
合板 3 <sup>mm</sup>	167 <sup>40</sup>	0.12	20.6	0.1	16.74	0.1	16.74	
有孔吸音板	13 <sup>23</sup>	0.3	3.97	0.68	9.0	0.8	10.6	
木製리부(壁)	93 <sup>83</sup>	0.21	19.7	0.72	67.6	0.69	64.8	
푸라스타 보도코팅	266	0.03	13.3	0.05	13.3	0.05	13.3	
木製리부(天井)	38	0.64	24.3	0.75	28.5	0.88	33.4	
觀覽席椅子(空席)	168席	0.1	16.8	0.28	47.	0.32	53.8	
觀覽席取容 168×80%	135席	0.33	44.5	0.42	56.7	0.41	55.3	

室 席 時 (T)	1.43	0.77	0.77	
觀 客 取 容 時 (T)	1.12	0.72	0.72	

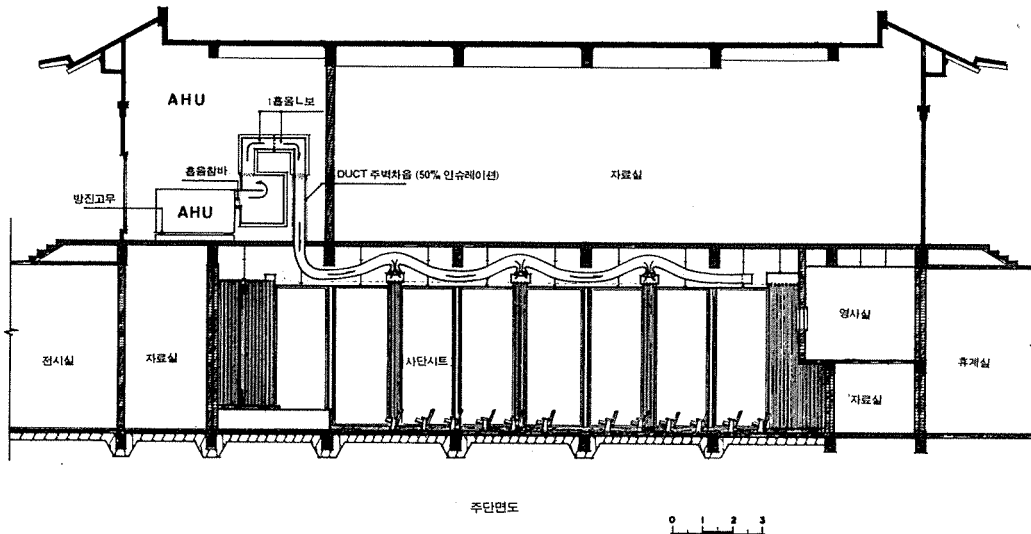
換氣騒音 및 遮音處理

講堂·舞台天井 위에 AHU(2台)機械室이 配置됨으로 遮音處理에 力點을 두지 않으면 안되게 되었다. 講堂에 傳達 되는 騒音 種類를 보면,

1. duct를 통한 送風機 騒音
2. AHU振動에서 오는 固定振動音
3. 機械室內 空氣를 통해 傳達되는 空氣振動音

등으로 구분 되었다.

duct를 통한 AHU 送風機 騒音은 [ 4 表]와 같이 計算에 의해 [ 2 圖]와 같이 吸音 에르보 施工處理로 調節하였다. 機械室內에서 露出된 duct 周壁을 통한 騒音侵入도(通常 TL=10<sup>db</sup>로 計算) 無視 못할 實情이여서 duct 周壁遮音 카바로 處理하였다.



[ 4 表 ]

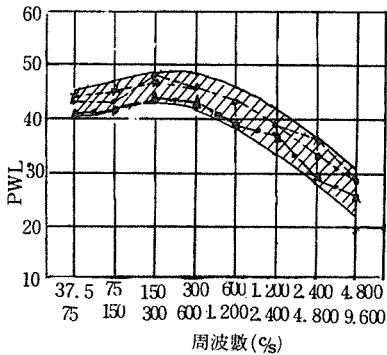
換氣騒音의 計算

室 名 講 堂	換 氣 口	送 風 機
送風機定格馬力 IP=5HP	換氣口雨量 $f=477$	$P.W.L = 90 + 10 \log_{10} IP = 97$
雨 量 $F=4300$	換氣口의 數 $n=10$	分配比係數 $Kb = 10 \log_{10} \frac{F}{f} = 9$
換氣口寸法 $S=146\text{cm}^2$	實効換氣口數 $ne=9$	容 積 $V=1098\text{m}^3$
換氣口位置 天井	室 寸 法	吸 音 力 $Sa=195\text{m}^2$
室의 종류 講堂	平均吸音率 $a=0.224$	放射係數 $Kr=18$
室 表 面 積 $S=873\text{m}^2$	許 容 雜 音 $NC-20$	
室 常 數 $R=SA/(1-a)=256$		

$ND=0 \quad ND_i = 0X = 10 \log_{10} ND; \quad ND_i = 0$

	오그다꾸반도	2 20	75	150	300	600	1.200	2.400	4.800	
1	周波數	75	150	300	600	1200	2.400	4.800	9.600	비 고
2	送風機 B. P. W. L.	95	90	86	84	76	71	66		
3	-Kb	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9		
4	其他의 雜音源의 補正	0	0	0	0	0	0	0		
5	開口反射에 의한 減衰量	-12	-8	-3	-1	0	0	0		
6	換氣口 B. P. W. L.	74	73	72	72	65	62	57		
7	許容雜音 S. P. L	54	43	35	28	23	20	17		NC-20
8	$-10 \log_{10} ne + x$	-9	-9	-9	-9	-9	-9	-9		
9	-Kr	18	18	18	18	18	18	18		
10	許容換氣雜音 B. P. W. L.	63	52	44	37	32	29	26		
11	必要한 減衰量	11	21	26	35	33	33	31		(5-9)
12	에르보 1個 減衰量	(5)	(6.5)	(7)	(12.5)	(14.5)	(15.5)	(13)		
13	에르보 2個	10	13	14	25	29	31	26		
14	참 바 1個		3.6		9.7		10			
15	다 트	0.1	0.4	1.6	4.9	6.2	5.7	5.6		2 <sup>m</sup>

[ 5 表 ]



AHU 發生騒音測定例

機械室內에 있어서 AHU 發生測定例 [ 5 表 ] 와 같이 큰 문제는 안되는 것 같다. 그러나 排風機중 國産 2HP 排風機는 騒音레벨[6表]이 높아 닥트 周壁을 통한 騒音侵入을 一次的으로 調節하기위하여 機械室 壁과 天井을 아스페스트 스프레이 (25mm 두께)로 施工, 機械 騒音을 [ 1 表 ]에 의해 [ 7 表 ] 와 같이 減少시켰다.

[ 6 表 ]

周波數	37.5	75	150	300	600	1200	2400	4800
	75	150	300	600	1200	2400	4800	9600
S P L	88	85	83	81	76	71	66	61

室內騒音減少量 =  $10 \log \frac{a_{后}}{a_{前}}$  ..... [ 1 式 ]

a = 吸音力

[ 7 表 ]

處理前吸音力500%	處理后 吸音力 500%
콘크리트 바닥 ◇ 天井 ◇ 벽 556m <sup>2</sup> × 0.03 유리창 = 16.7m <sup>2</sup>	아스페스트스프레이 411m <sup>2</sup> × 0.7 = 288m <sup>2</sup> 유리창, 바닥 기타 145m × 0.03 = 4
計 16.7m <sup>2</sup>	292
$10 \log \frac{292}{16.7} = 12.4 \text{ db}$	

AHU 固定振動音의 防止는 [ 8 表 ] 와 같이 防振 고무를 設計注文 製作하여 設置하였다.

防振고무 設置로 AHU 自体는 防振效果를 보았으나, AHU 에 連結된 暖房·冷房 파이푸는 후래 시블 파이푸 未確保로 直結됨으로 振動의 橋樑口實을 하여 事實上 AHU 防振고무效果는 低下 되었다.

[ 8 表 ]

AHU 5 号機 防振 고무의 設計

振動源 : 5HP 送風機  
 風量 4300 CFM  
 重量 : 900 kg  
 機械 바닥面積 :  $2.55\text{m} \times 1.45\text{m} = 3.7\text{M}^2$   
 4 個의 防振 고무 사용 :  $900\text{kg} \div 4 = 225\text{kg}/\text{個}$   
 時 1 個의 荷重

條件 防振系의 固有振動數를 14% 以下로 하려면

$$f = \frac{n}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta st}} \approx 4.93 \sqrt{\frac{1}{\delta st}} \text{ 에서}$$

防振 고무의 必要한 靜的 바네 定數 KS 는

$$KS < \frac{W}{\delta_a \times D} = \frac{225}{1.25 \times 1.3} = \frac{225}{1.625} = 138\text{kg/mm}$$

$\delta ST$  = 彈性體의 變位 cm

$\delta d$  1.25mm (中軟) ..... 16%

$\delta d$  = 動的 침하量

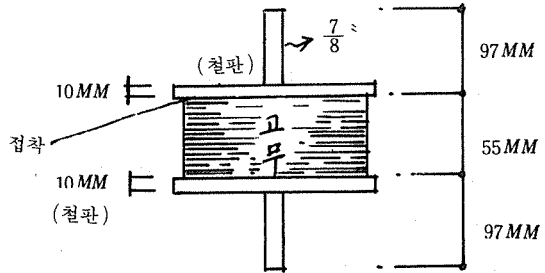
$E = 35\text{kg/cm}^2$  의 고무 (양 2 卒)

고무의 硬度 (JIS) 50-55 (中軟)

$D$  = 中軟 고무  $\frac{KD}{KS}$  관계에서 約 1.3

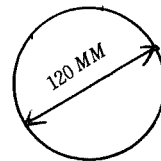
故로 아래 같은 치수로 製作

機械室에서 講堂 스타부를 통한 空氣振動音의 遮音處理는 [ 9 表 ] 와 같이 체크하고 講堂 内部 遮音 天井을 施工하였다.



防振 고무 4 個 使用

許容 荷重 730 kg



平面

[ 9 表 ]

遮音天井의 設計

室 名 講 堂

室表面積  $S = 873\text{m}^2$

吸音力  $A = 195\text{m}^2$

壁面積  $S = 46.8\text{m}^2$  (강담天井 접촉面)

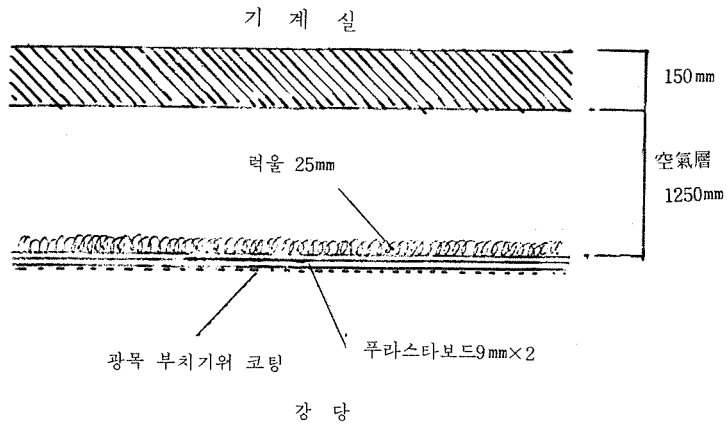
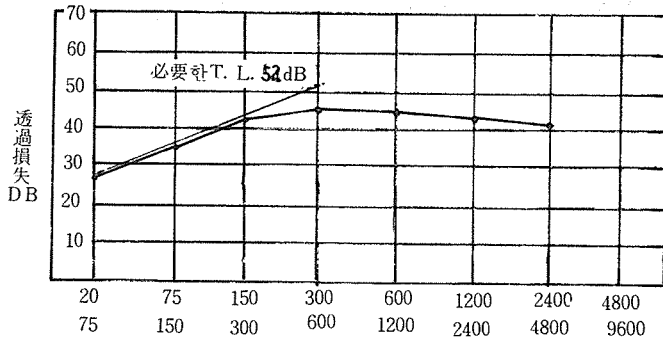
$NW = 0.5$   $ND = 0.5$

隣接部 AHU機械室

平均吸音力  $a = PWL = 90 + 10 \log 2\text{IP}$

$X = 10 \log_{10} NWND = -3$

	周 波 數	20 75	75 150	150 300	300 600	600 1200	1,200 2,400	2,400 4,800	4,800 9,600	備 考
1	人射音压 S. P. L	88	85	83	81	76	71	66	61	
2	許用雜音	57	47	38	32	28	25	22		NC-25
3	X	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3		
4	許用透過雜音 S. P. L	54	44	35	29	25	22	19		(2)+(3)
5	N. I. F.	34	41	48	52	51	49	47		(1)-(4)
6	$10 \log_{10} A/S$	6	6	6	6	6	6	6		
7	透過損失 T. L	28	35	42	46	45	43	41		(5)-(6)



**工事概要**

施行廳 文化財 管理局  
 設 計 當初設計 姜 奉 辰  
           變更設計 劉 康 烈  
           音響設計 崔 炳 虎  
 施 工 共榮土建株式會社