

〈技術論文〉

國立劇場大音響堂의 音響解析

李 炳 昊*

(1978年 10月 30日 接受)

An Acoustical Analysis of Our National Theatre

Byung - Ho Lee

Abstract

An acoustical rating for the occupied hall of our National Theatre is presented for symphony orchestra and opera by theoretical estimation of various acoustical qualities from the basis of measured reverberation times in its vacant state.

The result is that by serious poverty of liveness a romantic music, typical symphony orchestra and even classical music are very difficult to be performed and only a baroque music is scarcely allowable to be performed in this hall. As for opera, wagnerians are difficult and italians are performable to some extent.

Some discussions are given for which defects are more serious in this hall and some possible acoustical corrections are also suggested for its better performance.

I. 緒 論

經濟·社會發展에 따라 國際音樂團의 訪韓演奏가 잦아지는 現在, 우리 나라에는 그들이 演奏하는 水準 높은 音樂을 受容할 만한 音樂堂이 없는 實情이다. 1967年에 着工하여 1973年 10月 17日 奉納式을 가질 때까지 6年の 歲月이 걸려서 完成된 이 國立劇場은 外觀上 建築美는 다른 나라의 音樂堂의 그것과 比較해서 別 遜色이 없으나, 音樂堂 内部의 音響特性이 極히 不良하여 한 번 演奏해 본 音樂團은 두 번 다시 그곳에서 演奏를 頑強히 忌避하는 形便이다.

優先 우리 國立劇場의 大音樂堂만이라도 이 를 改善補完함으로써 國際音樂團의 訪韓演奏에

* 正會員, 韓國科學院

어느 程度 滿足스럽게 提供할 수 있게 되기를 希望하고, 同時에 이 音響建築界에 새로운 刺戟과 紀元을 마련코자 本研究는 우리 나라에서 最初로 試圖해 보았다.

原來 音樂堂의 音響測定은 滿堂의 聽衆과 樂團의 參席下에 이루어져야하나, 普通 音源으로 使用하는 拳銃發射(空砲)때문에 理解性 많은 聽衆들의 事前諒解를 얻은 特別 試驗音樂會가 아니고는 거의 不可能하므로 不得已 1977年 4月 15日 國立劇場側의 協調下에 空席音樂堂의 音響을 測定한 바 있다. 主要한 參加者는 尹張燮(서울工大 音響建築專門) 金東振教授(慶熙大學校音大學長 音樂家) 金貞泰君(한국과학원 音響專攻 碩士) 金容擲技士(國立劇場音響課長) 車日環教授(延世大電氣科 音響學專門) 等이며, white noise 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000

Hz, 2000 Hz, 4000 Hz 에 대한 各反響時間을 처음으로 測定했다.

測定에 使用된 機器는

音源 : 空砲拳銃

Microphone (B & K)

Frequency Spectrometer (B & K)

Graphic Level Recorder (B & K)

등이었다. pick-up 用 Microphone 의 位置는 一層, Balcony 밑의 部分을 除外한 나머지 聽衆席 맨 가운데 點 C-67 席에 잡았다. 拳銃發射 音源의 位置는 指揮者의 位置보다도, 오히려 約 100 名의 樂團이 登場하는 舞臺의 中央點에 잡았다.

이리하여 測定한 反響時間은 空席時의 것이므로, 이를 基礎로 해서 滿員時의 反響時間을 算出했다. 實은 國立劇場의 建築이 끝나고, 內裝이 一次完成되었을 때 音響修正을 위하여 6 個月 乃至 1 年半가량의 修正期間을 잡아, 여러번 試驗音樂會를 열어, 미리 諒解를 구한 滿堂의 聽衆 앞에서 修正試驗을 해가며 最終音響處理를 完成했어야 했는데* 그 當時 當局者는 그렇게 하지 못했고, 단지 電子音響室과 照明室의 set 를 販賣한 某日本商社에서 空席時의 反響時間을 若干 測定해 봤을 따름이고 그 후 1975 年의 金容掬舞臺課長이 한 번 測定한 것을 合하여 都合 두 번 略式 測定이 있었던 모양이나, 公式 記錄은 없고, 더구나 空席時의 Data 에서 滿堂時의 音響綜合評價는 全然 없었다.

本研究에서는 空席時의 Data 로 부터 滿員時의 音響綜合評價를 했다. 그리하여 國際基準에 依한 評點을 할 結果 浪漫派音樂과 典型的의 交響樂에 대해서는 하도 同 音樂堂이 “죽은 Hall” 이어서 演奏가 不可能하며, 古典音樂도 매우 困難할 정도이며, Baroque 音樂만이 겨우 演奏가 可能함을 알았다. 주로 生動感의 缺乏으로 極甚한 “Dead Hall” 로 되어버렸기 때문이다. 歌劇에 있어서도 좀 느린 wagner opera 같은 것은 좀 힘들고, 빠른 Itary opera 만이 演奏가 可能함을 알아냈다.

* 이 点에서는 今春에 完成을 본 世宗會館 音樂堂도 같은 前轍을 밟았음은 매우 遺憾된 事實이다.

II. 空席時의 反響時間測定

第一圖, 第二圖에서 國立劇場大音樂堂의 測定位置를 表示했다. (1977 年 4 月 15 日 本人實施) 第三圖에는 立面圖上에서 親密感을 決定한 經由를 表示하려 했다. 第四圖에서는 이 測定에서 가장 重要한 反響時間測定을 表示했다.

이 測定에서 空席時에 反響時間은

white noise	: 1.38 sec
125 Hz	: 1.30 sec
250 Hz	: 1.36 sec
500 Hz	: 1.32 sec
1000 Hz	: 1.34 sec
2000 Hz	: 1.30 sec

를 얻었다. 反響時間이란 音源을 끈 후에 60 dB 의 音壓이 減衰하는데 걸리는 時間을 말한다.

III. 滿員時의 反響時間의 算出

우리 國立劇場은 Dead Hall 이라 불리는 Ryring 의 反響時間의 式이 잘 맞는다. 即

$$T = \frac{0.049 V}{-S \cdot \ln(1 - \bar{\alpha})} \dots \dots \dots (1)$$

을 이용하여 우선 空席時의 平均吸收係數 $\bar{\alpha}$ 를 구할 수 있다. 여기 T는 反響時間, sec, V는 音樂堂內部體積, ft^3 , S는 內部總面積(벽, 天井, 바닥 一切 包含), ft^2 , ln은 自然對數를 表示한다.

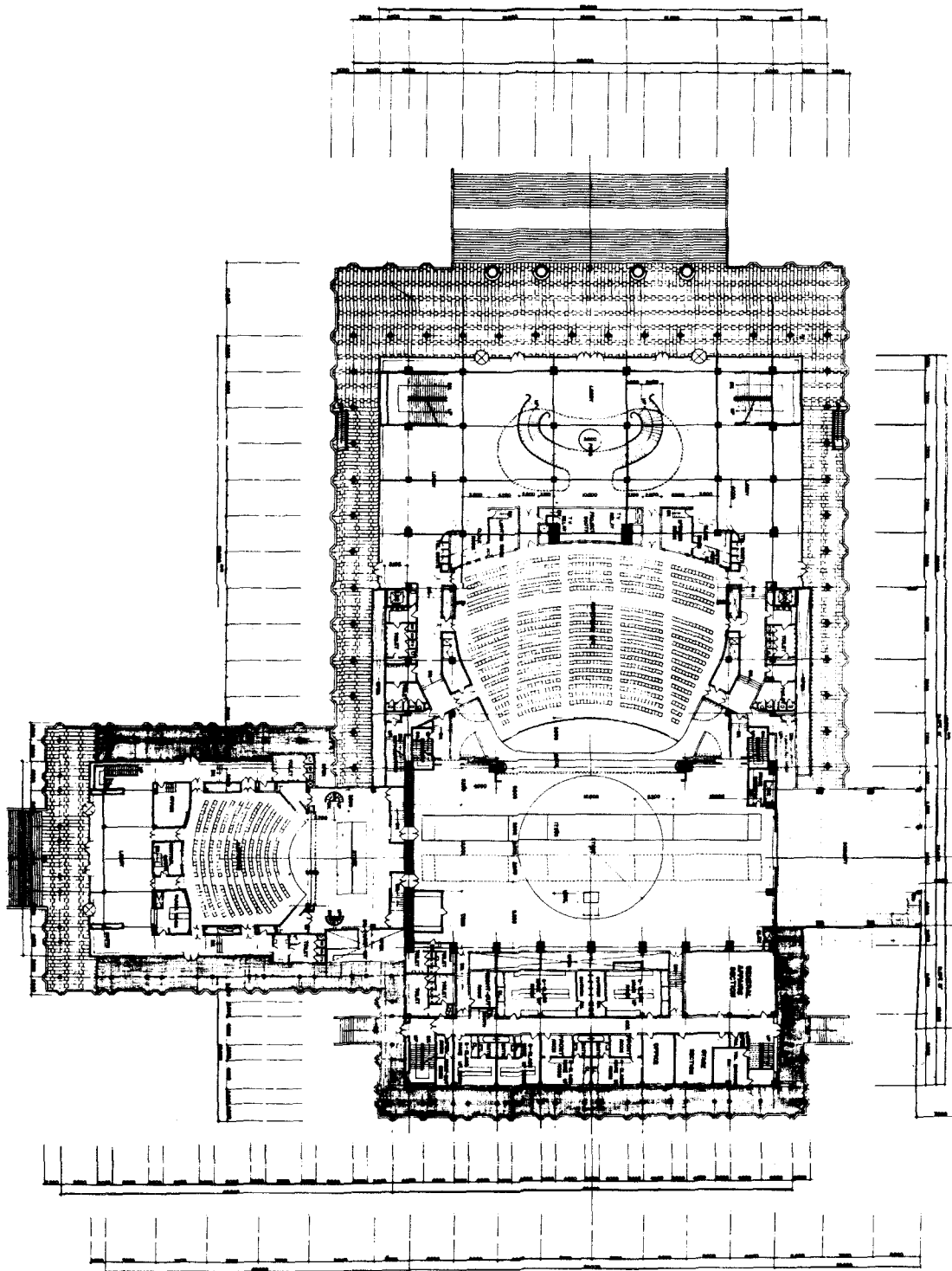
우리 國立劇場大音樂堂은

$$\begin{aligned} V &= 564,800 \text{ ft}^3 \dots \dots \dots (2) \\ S &= 57,813 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

이라고, 設計者가 明示해 있다. (이와 證明을 바와 같이 空席時의 反響時間 測定值는

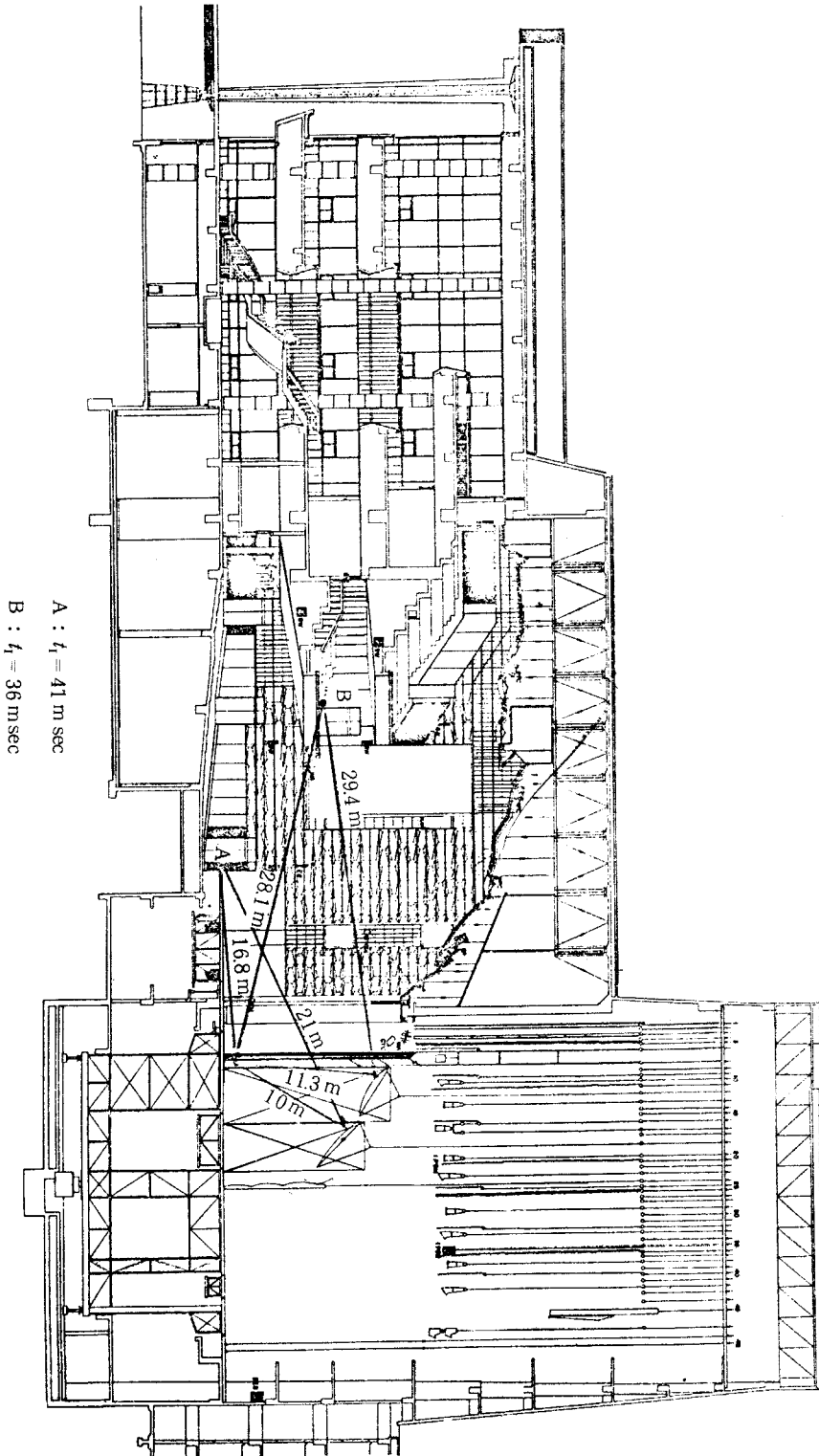
$$\begin{aligned} T_{125} &= 1.30 \text{ sec} \\ T_{250} &= 1.36 \text{ sec} \dots \dots \dots (3) \\ T_{500} &= 1.32 \text{ sec} \\ T_{1000} &= 1.34 \text{ sec} \end{aligned}$$

임으로 이들 4 個의 周波數에 대한 各 反響時間值로부터 空席時의 平均吸收係數는 다음과 같다.

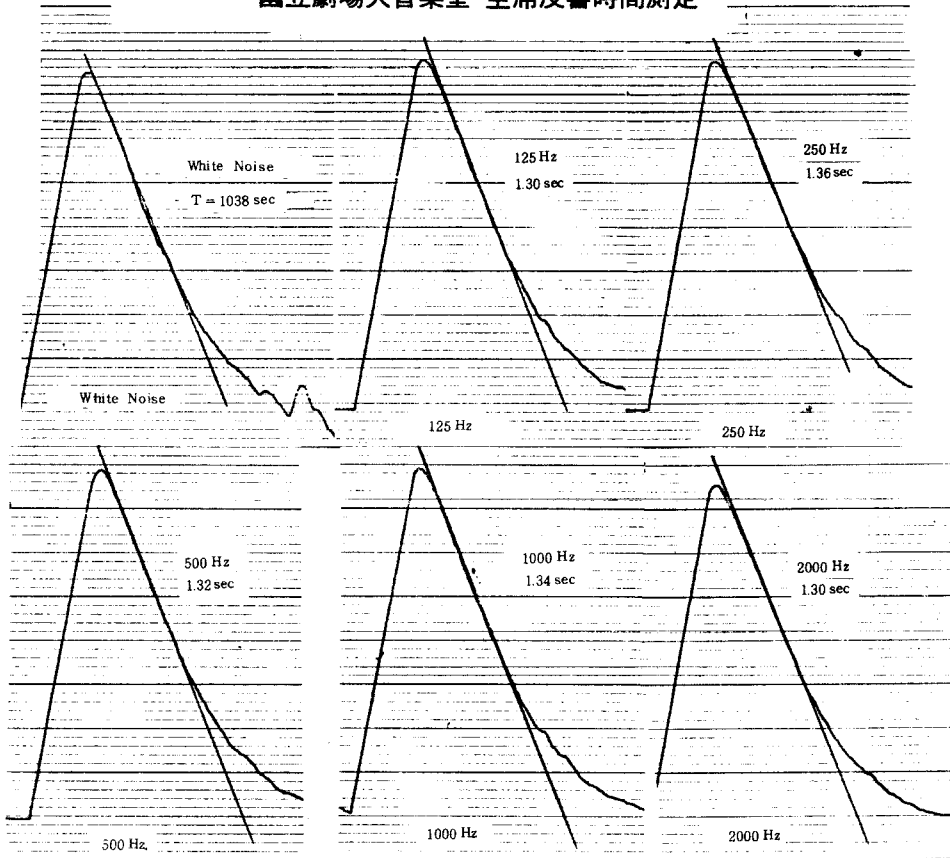


FIRST FLOOR PLAN

Building Cross Section



國立劇場大音樂堂 空席反響時間測定



Potentiometer Range : 50 dB
 Rectifier : RMS
 Lower Limiting Freq : 50 Hz
 Writing Speed : 400 mm/sec
 Paper Speed : 36 mm/sec

Measuring Room : National
 Theatre of Korea
 Instruments : B d K
 Freq. Spectrometer 2113 A
 Graphic Level Recorder 2307 A

$$\begin{aligned} \bar{\alpha}_{125} &= 0.2931 \text{ (sabin)} \\ \bar{\alpha}_{250} &= 0.2967 \text{ " } \\ \bar{\alpha}_{500} &= 0.3041 \text{ " } \\ \bar{\alpha}_{1000} &= 0.3004 \text{ " } \end{aligned} \dots\dots(4)$$

$$\begin{aligned} N_A &= 1518 \\ N_o &= 100 \end{aligned} \dots\dots(6)$$

그리고, α_A 와 α_o 는 各周波數別로 살펴보면 다음의 數值*가 잘 맞으므로 이를 採擇했다.

$$\begin{aligned} \alpha_{A 125} &= 1.72, & \alpha_{o 125} &= 1.86 \\ \alpha_{A 250} &= 2.49, & \alpha_{o 250} &= 2.70 \\ \alpha_{A 500} &= 3.19, & \alpha_{o 500} &= 3.46 \\ \alpha_{A 1000} &= 3.62, & \alpha_{o 1000} &= 3.92 \end{aligned} \dots\dots(7)$$

이 空席時의 平均吸收係數値를 基礎로 해서 聽衆滿席 1518 席과 樂團席 100 席(假定)이 모두 찰을 때의 平均吸收係數 $\bar{\alpha}$ 는 다음과 같이 算出할 수 있다.

$$\bar{\alpha} = \bar{\alpha} + (\alpha_A N_A + \alpha_o N_o) / S \dots\dots(5)$$

여기 A 와 O 는 各各 聽衆과 管弦樂團員을 表示하는 것이고, 따라서 α_A , α_o 는 聽衆과 管弦樂團員 每 1 人當의 吸收係數이며, N_A 와 N_o 는 그들의 人員數이다. 여기서는

單位는 모다 ft^2 이다.

(4), (7), (6), (2)의 값을 (5)에 代入하면 所

* Benjamin Olney d Roy S. Anderson, "Acoustics of the Rochester War Memorial Auditorium" J. of Acoustical Society of America 29 94(1957)

要의 滿員時平均吸收係數 $\bar{\alpha}$ 를 算出할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{\alpha}_{125} &= 0.3415 \text{ sabin} \\ \bar{\alpha}_{250} &= 0.3667 \text{ " } \\ \bar{\alpha}_{500} &= 0.3938 \text{ " } \\ \bar{\alpha}_{1000} &= 0.4022 \text{ " } \end{aligned} \dots\dots(8)$$

다음, 이 (8)의 滿員時平均吸收係數 $\bar{\alpha}$ 의 값을 反響時間의 算出式(1)에 $\bar{\alpha}$ 代身 이 값을 代入 하면 所求의 滿員時의 反響時間을 다음과 같이 算出할 수 있다.

$$\begin{aligned} T_{125}^0 &= 1.146 \text{ sec} \\ T_{250}^0 &= 1.048 \text{ sec} \\ T_{500}^0 &= 1.956 \text{ sec} \\ T_{1000}^0 &= 1.008 \text{ sec} \end{aligned} \dots\dots(9)$$

여기 上肩字 0는 滿員時의 값을 表示하는 것이다. (occupied)

普通 音響을 評價함에 있어서는 端的으로 500 Hz 와 1000 Hz 에 대한 反響時間의 算術平均值, 即

$$T_{500-1000}^0 \equiv \frac{1}{2} (T_{500}^0 + T_{1000}^0) \dots(10)$$

으로 代表反響時間值를 삼아 따지는 것이 慣例로 되어 있고, 一般의인 端的基準은 $T_{500-1000}^0$ 의 값이

$$\begin{aligned} \text{浪漫派音樂} &: 2.1 - 2.3 \text{ sec} \\ \text{典型的音樂} &: 1.8 - 2.0 \text{ sec} \\ \text{古典音樂} &: 1.4 - 1.8 \text{ sec} \\ \text{歌劇} &: 1.1 - 1.6 \text{ sec} \\ \text{講堂} &: 1.0 - 1.2 \text{ sec} \\ \text{Organ音樂} &: 2.4 - 4 \text{ sec} \end{aligned} \dots\dots(11)$$

(聖堂)

을 薦舉하고 있다.

그런데 앞서 우리 國立劇場大音樂堂은 計算한 바와 같이, 反響時間이

$$T_{500-1000}^0 = 0.982 \text{ sec}$$

로 되어서 音樂堂은 演奏時에 울려 퍼지지 않고 音を 잡아 먹어서 매우 "죽은 Hall" 이 됨으로 演奏者의 發聲이나 發音이 大部分 죽어지고, 울려 퍼지지 않기 때문에 演奏者側에서는 딱딱하니 힘만 들고, 듣는 聽衆側에서는 잘 안 들리기 때문에 답답함을 느끼게 된다. 이리하여 音樂堂의 제구실을 못하게 된다. 即 音樂堂은 第二의 樂器인 것이다.

以上の 解折結果로서 우리 國立劇場은 音樂堂으로서의 音響性은 매우 不良한 것임을 알 수 있다. 萬一 聽衆數를 滿員 1518席에서 故意的으로 1000席만 채우고, Orchestra member 를 그대로 100名으로 한다 하더라도, 反響時間은 $T_{500-1000}^{(1000)} = 1.04 \text{ sec}$ 로 別로 많은 改善이 이루어지지 못한다. 따라서 根本的인 大膽한 修正策을 講究하기 前에는 이 音樂堂은 救濟할 길이 없다. 따라서 講堂으로서의 用途 以外에는 Tempo 가 빠른 Itary 歌劇公演場으로 우선 생각할 수는 있다.

IV. 音響 評點

音樂堂의 音響評點方式은 Beranek*等에 依해서 確立한 바 있는데, 即 親密感, 生動感, 溫和感, 直接音度, 反響音度, 擴散度, 融合度 및 양상불等 約 18個의 要素들을 考慮해야 하나, 서로 겹치는 內容을 빼놓으면 以上列舉한 8個 以外에 罰點으로서, Echo (산울림), 騷音, 音色 歪曲 등이 있다.

다음에 이들의 採點過程을 차례로 說明한다.

① 親密感...聽衆들은 視覺的인 親密感和 同時에 聽覺的인 親密感을 원하고 있다. 그래서 宮中 Hall 같은 Size 의 音樂堂이 적절하다. 허나 近代社會의 共通的인 Mass 의 出現으로 視覺的인 親密感은 多少 犧牲을 甘受하더라도 聽覺的인 親密感마저 犧牲할 수는 없다.

이 音響學的 親密感은 奏者의 音이 聽衆의 귀에 直接 들어오는 時間과 天井이나 壁面에 부딪쳐서 들어오는 第一反射音이 귀에 到着하는 時間의 差를 msec 로 差서 量的으로 評價한다. 이를 初期遲延時間이라 부른다.

지금 國立劇場의 경우 主要한 反射面이란 天井面과 兩側의 壁面이어야 하는데 不幸이도 이 두 면이 設計가 잘못되어 第一反射音이 大部分 聽衆席에 떨러지지 못하게 되어 있다. 왜냐하면 天井面은 멋없이 높되 높고, Hall 의 橫方向의 size 가 몹시 넓은데다가, 壁面이 부채꼴 모양

* Leol Beranek, "Music, Acoustics & Architecture" John Wiley & Sons, Inc., New York London

으로 밖으로 벌어져서, 第一反射音이 대부분 聴衆席으로 오지 않게 생겼다.

그런데 舞臺天井前面에 좁은 反射板이 두 장 形式的으로 設置되어 있는 것이 그나마 겨우 反射板의 役割을 微微하게 할 따름이다. 그래서 一層 中央席에서는 第一反射音이 第二反射板에서 들어와서 初期遲延時間은

$(10 + 20.95)/444 - 16.8/444 = 41 \text{ m sec}$ 로 나오고, 二層 Royal Box 席에서는 第一反射板에서

$(11.3 + 29.4)/444 - 28.1/444 = 36 \text{ m sec}$ 로 된다. 이 初期遲延時間이 20 m sec 近方이 理想的이고, 70 m sec 가 넘으면 산울림같은 echo 가 들려서 몹시 해롭다. 이 경우에는 오히려 減點의 對象이 된다. 완전히 失格이다. 원래 舞臺天井面에서의 反射音은 親密感評價에는 參與시키지 않는 것이 通常인데 우리 國立劇場評價에서는 이를 考慮했다. 이 점이 앞서 評點을 厚하게 했다는 理由이다.

② 生動感…生動感은 滿員時의 反響時間을 sec 單位로 表示해서 評價한다. 特히 代表 反響時間은 500 Hz 와 1000 Hz 를 중심으로 하는 $\frac{1}{3}$ octave band 의 反響時間의 算術平均値를 가지고 表示한다. 이것이 우리 國立劇場은 0.97 sec 이다. 이것이 1.8 sec 程度쯤 되어야 Typical Symphony Orchestra 演奏가 圓滿하게 이루어지는 生動感을 준다. 우리의 國立劇場 Hall 은 甚한 Dead Hall 이다.

③ 溫和感…Bass 의 生動感을 말한다. 中音(500 ~ 1000 Hz)에 比하여 低音部(125 ~ 250 Hz)의 生動感을 가지고 따지는데 尺度로서는

$(T_{125} + T_{250})/2 T_{500-1000}$ 을 採擇하고 있다. 이 값이 크면 低音部の 生動感이 많아서 溫和感을 준다. 우리의 경우 이것은 1.12 이다.

④ 直接音度…音의 強度는 複雜한 屬性이다. 따라서 이는 直接音의 強度와 間接音의 強度로 構成되는데, 前者를 直接音度, 後者를 間接音度라 表示했다.

直接音度の 尺度로서는 指揮者의 位置로부터 聴衆席(一層中央席과 二層 Royal Box 中央席)까지의 거리를 ft 로 表示한 값을 採用한다.

우리의 경우는 55 ft, 92 ft 이다. 이 값이 60 ft 라야 第一 듣기에 알맞는다는 것이다.

⑤ 間接音度…或은 反響音度라 한다. 이것은 한 번 또는 여러번 反射된 音의 強度를 表示한 것인데 定量的으로는

$$\frac{T_{500-1000}(\text{sec})}{V(\text{ft}^3)} \times 1,000,000$$

을 取한다. 이것이 體積이 큰 Hall 에서는 작아져서, fortissimo 樂節을 演奏하는 Symphony Orchestra가 아주 微弱하게 들려서 힘들고, 이 값이 너무 작은 Hall 에서는 너무 커져서, double fortissimo 樂節을 演奏하는 Symphony orchestra 는 귀가 아플 程度로 聴衆이 苦痛을 느끼게 된다. 우리의 경우에는 이것이 1.74 이다.

⑥ 擴散度…反響音의 方向性에 관한 것으로, 舞臺에 演奏하는 音이 여러번 反射하여 모든 방향으로 잘 擴散해 가지고 聴衆의 귀에는 고루 고루 같은 音度로 잘 들리게 되는 것이 理想이다.

이 擴散도가 좋으려면 反響時間이 길어야 하고, 壁面과 天井面에 不規則한 反射面이 있어야 한다. 이것은 音樂家나 音樂評論家나 音樂愛好家들의 講評을 들어서 決定한다. 우리의 採點은 陪席했던 音樂家 金東鎮先生에 의한 것이다. 4 滿點에 2 點을 주었다.

⑦ 融合度…좋은 均衡과 融合은 Orchestra의 各音節 사이에 또 Orchestra와 Vocal 그리고 器樂獨奏者 사이에 고루고루 要求된다. 이것도 音樂家나 音樂評論家 演奏者들의 所感으로서 評點한다. 우리의 採點은 金東鎮先生이 도와주었다.

⑧ 양쌍불…이것은 주로 舞臺 위에서 演奏하는 사람들끼리의 서로 다른 member 의 奏樂의 소리가 잘 分別하여 들리는가를 따지는 것으로서, 이것도 音樂指揮者, 演奏者들의 所感에서 採點된다. 이것은 金東鎮先生이 亦是 採點했는데 國立劇場의 경우 演奏者들끼리 Orchestra 때 잘 안들려서 애를 먹는다는 評이다.

⑨ 罰點…마지막으로 罰點이다. 이것은 산울림, 騷音, 音色歪曲 등의 其他 缺陷에 대해서 罰點으로 減點을 한다. 다음 採點表의 說明을 參照해 주기 바란다.

國立劇場 大音樂堂 採點表(管弦樂)

RATING SCALES FOR ORCHESTRAL CONCERTS

<p>親 密 感</p> <p>INTIMACY (INITIAL TIME-DELAY GAP)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>t_1 - MILLISECONDS</p>																												
<p>生 動 感</p> <p>LIVENESS (REVERBERATION TIME (R.T.) AT MID-FREQUENCIES FOR FULLY OCCUPIED HALL)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>ROMANTIC TYPICAL ORCHESTRA CLASSICAL BAROQUE</p> <p>$(T_{500-1000} \text{ (OCCUPIED)} + \text{REVERBERATION TIME IN SECONDS})$</p>																												
<p>溫 和 感</p> <p>WARMTH (AVERAGE OF R.T. AT 125 CPS AND 250 CPS DIVIDED BY R.T. AT MID-FREQUENCIES)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>$(T_{125} + T_{250}) / 2 T_{500-1000} = \text{BASS RATIO} = 1.12$</p>																												
<p>直 接 音 度</p> <p>LOUDNESS OF THE DIRECT SOUND N.B. FOR BALCONIES SUPPLEMENT THIS SCALE WITH TABLE A BELOW</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>D. DISTANCE IN FEET FROM LISTENER TO CONCERTMASTER</p>																												
<p>反 響 音 度</p> <p>LOUDNESS OF THE REVERBERANT SOUND $T = T_{500-1000}$ SEC $V = \text{VOLUME CU FT}$</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>$L = (T/V) \times 1,000,000$</p>																												
<p>擴 散 性 融</p> <p>DIFFUSION (WALL AND CEILING IRREGULARITIES)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>NONE SOME ADEQUATE</p>																												
<p>合 度</p> <p>BALANCE AND BLEND (SECTIONAL BALANCE IN ORCHESTRA)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>POOR FAIR GOOD</p>																												
<p> 앙 상 불</p> <p>ENSEMBLE (PERFORMERS ABILITY TO HEAR EACH OTHER)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>DIFFICULT INTERMEDIATE EASY</p>																												
<p>罰 點</p> <p>OTHER FACTORS (ECHO, NOISE AND TONAL DISTORTION)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">NUMERICAL CORRECTION FOR ECHO, NOISE AND DISTORTION RATING</th> <th colspan="2">TABLE A CORRECTION FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND IN BALCONY SEATS ONLY</th> </tr> <tr> <th>AMOUNT OF NEGATIVE ATTRIBUTE</th> <th>CORRECTION TO RATING POINTS</th> <th colspan="2">FOR FAVORABLE REFLECTIONS (LESS THAN 35 MSEC DELAY):</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NONE</td> <td>0</td> <td>FROM 2 BALCONY FRONTS</td> <td>+ 2 POINTS</td> </tr> <tr> <td>SOME</td> <td>-5</td> <td>FROM 2 SIDE WALLS</td> <td>+ 4 POINTS</td> </tr> <tr> <td>SUBSTANTIAL</td> <td>-10</td> <td>HIGHLY DIRECTIVE CEILING</td> <td>+ 4 POINTS</td> </tr> <tr> <td>BAD</td> <td>-15 TO -50</td> <td>MAXIMUM INCREMENT POSSIBLE</td> <td>+ 8 POINTS</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>MAXIMUM RATING ALLOWABLE FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND</td> <td>10 POINTS</td> </tr> </tbody> </table>	NUMERICAL CORRECTION FOR ECHO, NOISE AND DISTORTION RATING		TABLE A CORRECTION FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND IN BALCONY SEATS ONLY		AMOUNT OF NEGATIVE ATTRIBUTE	CORRECTION TO RATING POINTS	FOR FAVORABLE REFLECTIONS (LESS THAN 35 MSEC DELAY):		NONE	0	FROM 2 BALCONY FRONTS	+ 2 POINTS	SOME	-5	FROM 2 SIDE WALLS	+ 4 POINTS	SUBSTANTIAL	-10	HIGHLY DIRECTIVE CEILING	+ 4 POINTS	BAD	-15 TO -50	MAXIMUM INCREMENT POSSIBLE	+ 8 POINTS			MAXIMUM RATING ALLOWABLE FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND	10 POINTS
NUMERICAL CORRECTION FOR ECHO, NOISE AND DISTORTION RATING		TABLE A CORRECTION FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND IN BALCONY SEATS ONLY																											
AMOUNT OF NEGATIVE ATTRIBUTE	CORRECTION TO RATING POINTS	FOR FAVORABLE REFLECTIONS (LESS THAN 35 MSEC DELAY):																											
NONE	0	FROM 2 BALCONY FRONTS	+ 2 POINTS																										
SOME	-5	FROM 2 SIDE WALLS	+ 4 POINTS																										
SUBSTANTIAL	-10	HIGHLY DIRECTIVE CEILING	+ 4 POINTS																										
BAD	-15 TO -50	MAXIMUM INCREMENT POSSIBLE	+ 8 POINTS																										
		MAXIMUM RATING ALLOWABLE FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND	10 POINTS																										

○ 内の 数字는 採點數, { Classical 56/100
Baroque 58/100
生動感의 極甚한 不足으로 Baroque Music만이 可.

國立劇場 大音樂堂 採點表(歌劇)

RATING SCALES FOR OPERA

<p>INTIMACY (INITIAL-TIME-DELAY GAP)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>t_1 - MILLISECONDS</p>																										
<p>LIVENESS (REVERBERATION TIME (R.T.) AT MID-FREQUENCIES FOR FULLY OCCUPIED HALL)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>ITALIAN OPERA WAGNERIAN OPERA</p> <p>$T_{500-1000}$ (OCCUPIED) = REVERBERATION TIME IN SECONDS</p>																										
<p>WARMTH (AVERAGE OF R.T. AT 125 CPS AND 250 CPS DIVIDED BY R.T. AT MID-FREQUENCIES)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>$(T_{125} + T_{250}) / 2 T_{500-1000} = \text{BASS RATIO} = 1.12$</p>																										
<p>LOUDNESS OF THE DIRECT SOUND NB FOR BALCONIES SUPPLEMENT THIS SCALE WITH TABLE A BELOW</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>DISTANCE IN FEET FROM LISTENER TO TYPICALLY POSITIONED OPERA SINGER</p>																										
<p>LOUDNESS OF THE REVERBERANT SOUND T = $T_{500-1000}$ SEC V = VOLUME CU FT</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>$L = (T/V) \cdot 1,000,000$</p>																										
<p>BALANCE AND BLEND (SINGER-ORCHESTRA BALANCE)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>POOR FAIR GOOD</p>																										
<p>ENSEMBLE (PERFORMERS ABILITY TO HEAR EACH OTHER)</p>	<p>RATING POINTS</p> <p>DIFFICULT INTERMEDIATE EASY</p>																										
<p>OTHER FACTORS (ECHO, NOISE AND TONAL DISTORTION)</p>	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">NUMERICAL CORRECTION FOR ECHO, NOISE AND DISTORTION RATING</th> </tr> <tr> <th>AMOUNT OF NEGATIVE ATTRIBUTE</th> <th>CORRECTION TO RATING POINTS</th> </tr> <tr> <td>NONE</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>SOME</td> <td>-5</td> </tr> <tr> <td>SUBSTANTIAL</td> <td>-10</td> </tr> <tr> <td>BAD</td> <td>-15 TO -30</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <th colspan="2">TABLE A CORRECTION FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND IN BALCONY SEATS ONLY</th> </tr> <tr> <td>FOR FAVORABLE REFLECTIONS (LESS THAN 35 MSEC DELAY):</td> <td></td> </tr> <tr> <td>FROM 2 BALCONY FRONTS</td> <td>+ 2 POINTS</td> </tr> <tr> <td>FROM 2 SIDE WALLS</td> <td>+ 4 POINTS</td> </tr> <tr> <td>HIGHLY DIRECTIVE CEILING</td> <td>+ 4 POINTS</td> </tr> <tr> <td>MAXIMUM INCREMENT POSSIBLE</td> <td>+ 8 POINTS</td> </tr> <tr> <td>MAXIMUM RATING ALLOWABLE FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND</td> <td>10 POINTS</td> </tr> </table>	NUMERICAL CORRECTION FOR ECHO, NOISE AND DISTORTION RATING		AMOUNT OF NEGATIVE ATTRIBUTE	CORRECTION TO RATING POINTS	NONE	0	SOME	-5	SUBSTANTIAL	-10	BAD	-15 TO -30	TABLE A CORRECTION FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND IN BALCONY SEATS ONLY		FOR FAVORABLE REFLECTIONS (LESS THAN 35 MSEC DELAY):		FROM 2 BALCONY FRONTS	+ 2 POINTS	FROM 2 SIDE WALLS	+ 4 POINTS	HIGHLY DIRECTIVE CEILING	+ 4 POINTS	MAXIMUM INCREMENT POSSIBLE	+ 8 POINTS	MAXIMUM RATING ALLOWABLE FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND	10 POINTS
NUMERICAL CORRECTION FOR ECHO, NOISE AND DISTORTION RATING																											
AMOUNT OF NEGATIVE ATTRIBUTE	CORRECTION TO RATING POINTS																										
NONE	0																										
SOME	-5																										
SUBSTANTIAL	-10																										
BAD	-15 TO -30																										
TABLE A CORRECTION FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND IN BALCONY SEATS ONLY																											
FOR FAVORABLE REFLECTIONS (LESS THAN 35 MSEC DELAY):																											
FROM 2 BALCONY FRONTS	+ 2 POINTS																										
FROM 2 SIDE WALLS	+ 4 POINTS																										
HIGHLY DIRECTIVE CEILING	+ 4 POINTS																										
MAXIMUM INCREMENT POSSIBLE	+ 8 POINTS																										
MAXIMUM RATING ALLOWABLE FOR LOUDNESS OF DIRECT SOUND	10 POINTS																										

Italian 66/100
Wagnerian 63/100
生動感의 欠合... Wagnerian Opera 는 無理

다음 採點表에서 보는바와 같이 總 100點滿點에 各配點은 最高가 親密感에 40點滿點, 다음 生動感에 15點滿點, 温和感에 亦是 15點滿點

點, 直接音度에 10點滿點 反響音度에 6點滿點 擴散度에 4點滿點, 融合度에 6點滿點, 양쌍불에 4點滿點을 各各 配定하고, 罰點으로서는 Ec-

ho(산울림), 騷音, 音色歪曲 등이 全然 없으면 -0點, 若干 있으면 -5點, 相當히 있으면 -10點, 아주 심하면 -15 ~ -50點까지 減點하여 採點하기로 되어 있다.

이리하여 採點한 結果, 全世界의 有數한 音樂堂 47個中 90~100點사이가 6個, 80~90點사이가 19個, 70~80點사이가 14個, 60~70點사이가 7個, 50~60點사이가 1個의 꼴로 되어 있다.

우리 國立劇場大音樂堂의 評點結果는 다음 採點表 1,2에 仔細히 실었다. 卽 浪漫派音樂과 典型的交響樂과 古典音樂은 演奏不可하며, 오직 Baroque 音樂만이 겨우 演奏가 可能할 따름이다. Opera(歌劇)에 對해서는 wagnerian Opera의 演奏는 약간 無理하며 Tempo가 빠른 Italian Opera만이 演奏가 可能하다. 前者에 대한 總 100點滿點 56點, 後者에 대해서 63點의 水準이다.

以上の 採點에 있어서 特記해야 할 일은 親密感을 따지는데 있어서 Inirial Time Delay Gap-演奏者의 音源으로부터 直接 들어오는 것과 側面壁이나 天井面에서 一次反射해 가지고 들어오는 音 사이의 聽衆의 귀에 들리는 時間差-을 決定하는데 있어서 原則적으로는 넓은 側面壁面에서 오는 第一反射音의 行路와 直接行路의 差異를 音速으로 除하여 구한다. 그러나 우리 國立劇場音樂堂의 경우에는 側面壁이 舞臺로부터 볼 때 扇型으로 밖으로 벌어져서, 壁面에서는 第一反射音을 聽衆席에서는 받을 수 없게 空間構成이 처음부터 잘못되어 있다. 따라서 우리의 計測場所에 들어오는 第一反射音은 겨우 舞臺 앞 天井에 걸려있는 反射板面이 若干의 寄與를 할 뿐이다. 이 部分의 微弱한 寄與를 考慮하여 若干 變則採點을 하여 實際보다 若干 厚하게 採點을 했음을 明記해 둔다. 天井은 멋없이 높아서 그로부터의 反射音은 Inirial Time Delay Gap에 全然 寄與하지 못한다.

V. 結 論

本論文에서 밝혀진 바와 같이 國立劇場大音樂

堂은 現狀態대로는 너무도 音響特性이 不良하여 音樂堂으로는 물론, 歌劇堂으로서도 存立이 힘들게 되어 있다. 따라서 한 번 演奏해본 音樂團들은 두 번 다시 거기서 演奏하기를 忌避한다는 것은 當然한 일이다. 첫째, 生動感의 激甚한 缺乏때문이다. 音樂堂으로서의 生動感이

$T_{500-1000}^0 = 1.7 \sim 2.0 \text{ sec}$ 정도라야 하는데, 우리의 경우에¹⁾ 折半밖에 안 된다. 그래서 굉장한 죽은 Hall이다. 이를 살리려고 Hi-Fi의 電子 音響으로 擴聲하여 補完하려 한다면 그것은 無謀한 것이 人間發聲域의 340,000 要素를 어떻게 128個 發聲域要素를 가진 Hi-Fi로 代替할 수 있을 것인가, 그럴때면 얼마나 音色歪曲이 豫想될 수 있겠는가? 따라서 本是 多目的 Hall로 設計했던 이 Hall은 앞으로는 講堂으로서 使用하거나, Italian Opera 公演場 程度로 限定 使用하도록 制限함이 좋을 것이다. 따라서 交響樂을 위한 音樂堂은 別途로 建設하는 것이 바람직하다.

正히 이 國立劇場大音樂堂의 音響特性을 改善한다면,

첫째, 天井의 높이를 낮추고 보다 反射를 效率的으로 面의 角度와 模樣을 달리해야 할 것과 둘째, 周圍壁面의 吸收材를 全面 바꾸어서 反射材로 할 것과

셋째로 바닥은 現在 靑色(靑色)으로 되어 있는데, 이 靑色에 대한 色感이야말로 西歐演奏者들의 가장 憎惡하는 색깔이기 때문에 心理音響의 面에서 이를 밝고 明朗한 색깔로 바꾸어야 하며, 靑色은 또 吸收係數가 많아서 다른 反射係數가 큰 材料로 바꾸어야 한다.

넷째로 舞臺의 側面壁面(移動할 수 있는)과 天井의 幾何學的 模樣과 角度와 材質이 吸收를 줄이고, 反射를 增大시킬 수 있도록 해야 할 것이며,

다섯째로 아무리 實利主義라 하지만 音樂堂 内部의 藝術的인 美觀이 絶對로 必要한 만큼 上記 諸般音響特性을 害치지 않은 範圍內에서 最善의 改良이 있어야 할 것이다.