

◎秦 雅人、清水 寧、山川高史、川上福司 (ヤマハ音響研)

1. はじめに

公民複合施設であるアクロス福岡は、県庁跡地再開発計画として、国際・文化・情報の交流拠点を目指し1995年4月にオープンした。階段状の屋上庭園・ステップガーデンや中央部の巨大アトリウムなど特徴的な外観を持つ本施設は、福岡シンフォニーホール・イベントホール・国際会議場などの県施設と、店舗・オフィスなどの民間施設から構成されている。シンフォニーホールについては別報¹⁾²⁾に譲り、ここでは、県施設を中心とした遮音計画の概要とイベントホールの音響性能等について報告する。施設の概要を表1に示す。

2. 遮音計画

2.1 地下鉄騒音・振動対策

遮音計画においては、図1に示すような建物内外から伝搬する様々な騒音・振動源のうち、敷地に近接した地下鉄振動対策が音響上の最重点課題となった。地下鉄構築までの距離が約10mと近い上に、4軌道が並走するという悪条件下にあり、

既存建物における事前調査結果からも、未対策時のホール内における地下鉄走行音はNC-45程度となることが予測された。表2に示す各室毎の目標値を達成するため、防振ゴムによるExp.J(防振層)によって地中連続壁(RC800mm厚、深さ32m)と躯体を振動絶縁すると共に、シンフォニーホール、イベントホール、練習室に完全浮構造を計画した。特にシンフォニーホールでは、施工の複雑さを回避するため、1階席の床下チャンバー部分まで含めた浮床を採用している。また、地下鉄側の地中連続壁には振動加速度ピックアップを設置し、工事途中の各段階毎に連続壁と躯体の振動加速度レベルを計測して、振動絶縁効果や施工精度を確認するというステップを踏み万全を期した。この振動加速度ピックアップは竣工後もそのまま埋設されており、経年変化等の観測が可能となっている。竣工後のシンフォニーホール、イベントホールにおける地下鉄走行音の実測値は、図2のようにいずれも設計目標値を満足しており、地中連続壁+Exp.J及び浮構造の減衰効果が所期の目標値通り得られていることが確認された。

Table.1 Outline of ACROS Fukuoka

名称	: アクロス福岡
所在地	: 福岡県福岡市中央区天神1-1-1
建築主	: 第一生命保険、三井不動産
設計・監理	: 日本設計・竹中工務店
音響設計	: ヤマハ音響研究所
施工	: 竹中・鹿島・清水・九州・高松・戸田 J V
構造・規模	: RC・SRC・S造、地下4階、地上14階
工期	: 1992年1月～1995年3月

Table.2 Noise criterion for each room

対象室	目標値
シンフォニーホール	: NC-20
イベントホール	: NC-25
練習室	: NC-25

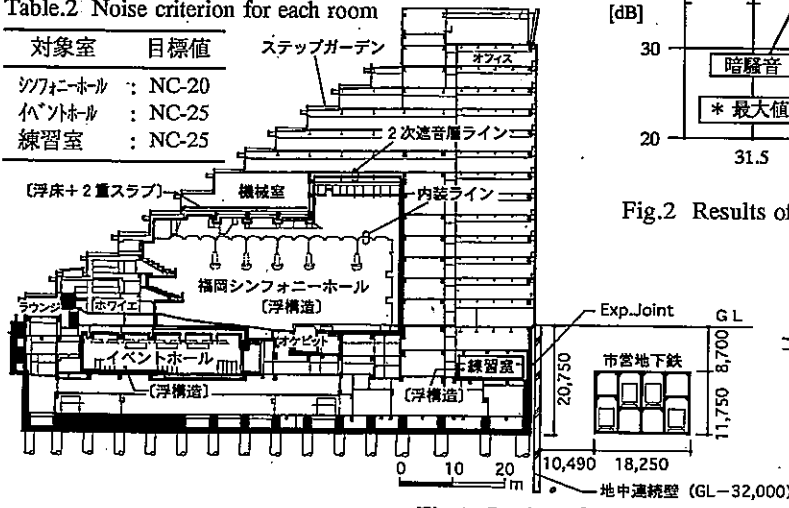


Fig.1 Section of ACROS Fukuoka

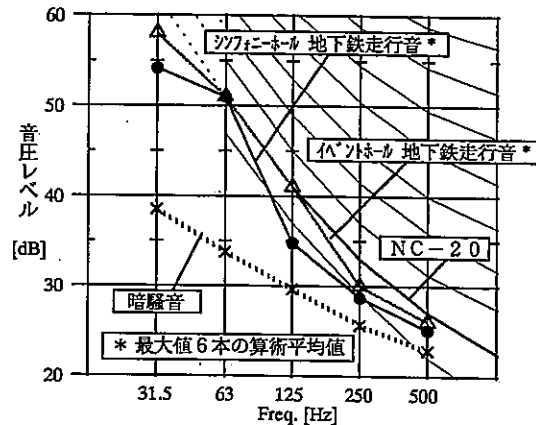
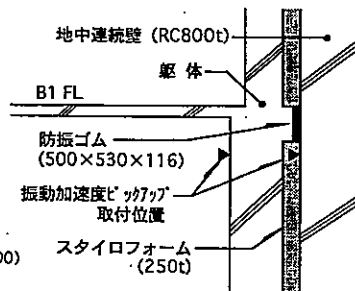


Fig.2 Results of measured value of subway noise



* Acoustic design of ACROS Fukuoka

by M.Hata, Y. Shimizu, T. Yamakawa and F. Kawakami (YAMAHA Acoust. Res. Labo.)

2.2 ホール間の遮音性能

上下に隣接するシンフォニーホールとイベントホールの間でロックを除いた同時使用を可能とするため、D-80以上の遮音性能を目標として両ホールに完全浮構造を採用した。測定の結果、図3に示すように目標値のD-80を上まわる高遮音度が確認された。なお、オープン後はファッションショーをはじめとする様々な催し物に使用されているが、シンフォニーホールへの音漏れ等の問題は全く起きていない。

3. イベントホールの音響特性

イベントホールは、クラシック音楽を除く多種多様な催し物に対応すべく平土間にロールバックスタンド、分割昇降式のステージ床と天井トラス等の機構を備えた最大900名収容可能な多機能空間である。6ヶ国語同時通訳による国際会議や、ホール中央部の可動間仕切り壁による2分割使用等にも対応可能となっている。図4、表3に平面図及び主要な音響諸元を示す。可動間仕切り壁使用時の空間遮音度を図3に示す。約50cmのサウンドロックスペースを介して2重に設置することにより、RC壁に相当するD-50の遮音性能を確保している。また、昇降式ステージについては、足音による床鳴りを防止するため、制振・吸音を目的としたGWを内貼りするなどの調整を行った。

残響計画においては、演劇、講演会等の明瞭度を重視するとともに、平土間形式における残響過多の抑制とエコー障害の回避を主眼として内装仕様と形状を決定した。図5にRT60の実測値を示す。電気音響設備については、各使用形態に対応した音場のパターン制御による操作の簡略化と、完全パラ分岐方式の入力回線システムによる持ち

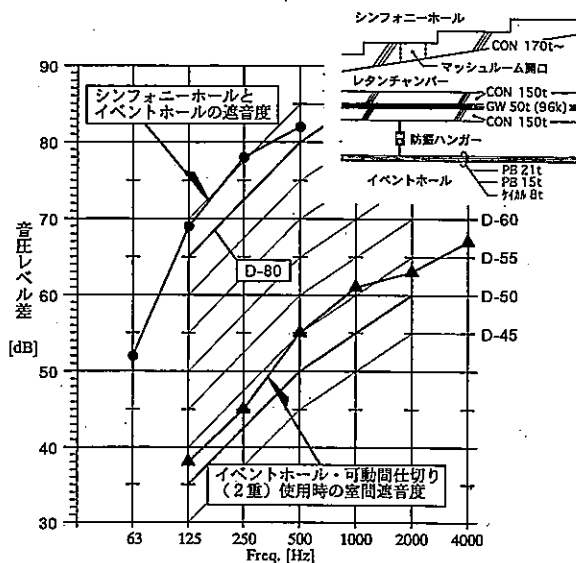


Fig.3 Sound insulation level around Event Hall

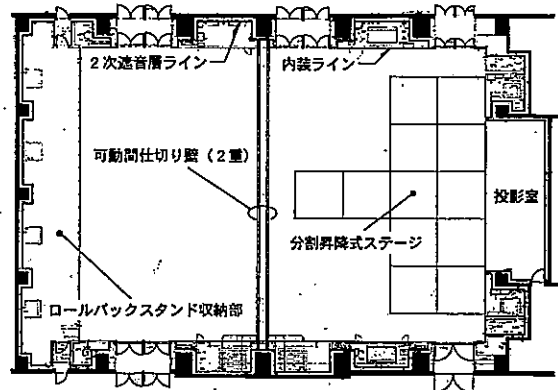


Fig.4 Plan of Event Hall

Table.3 Dimensions of Event Hall

音響諸元	平土間形式	ローバックスタンド形式
収容人員 N	最大900席(ローバックスタンド使用時)	
容積 V(m ³)	5209.4	4866.0
表面積 S(m ²)	2497.5	2531.9
V/S(m)	2.09	1.92
V/N(m ³ /人)		5.41
RT60 (̄)	1.24秒(0.24)	1.09秒(0.25)

RT60, ̄ : 空席時, 500Hz

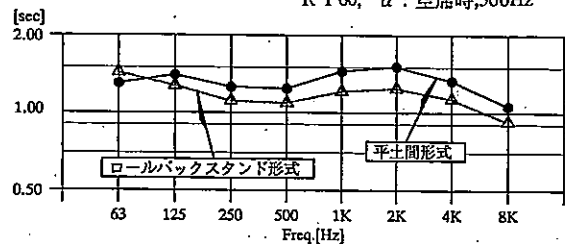


Fig.5 Reverberation characteristics of Event Hall

Table.4 Acoustic characteristics of practice rooms

室名	V(m ³)	床面積(m ²)	RT60(sec) / ̄	主用途
練習室(1)	463.2	170.8	0.74-0.57 / 0.19-0.24	洋楽音楽
練習室(2)	136.5	57.8	0.59-0.44 / 0.19-0.24	洋楽音楽
練習室(3)	152.5	63.6	0.52-0.35 / 0.22-0.30	洋楽, 軽音楽
練習室(4)	62.1	25.9	0.37 / 0.25	軽音楽
練習室(5)	60.4	25.2	0.38 / 0.24	軽音楽

注) RT60, ̄ : 250Hz~2kHzの平均値
練習室(1)-(3) : 左/右有無, 右/右有

込みに対する自由度の確保を達成している。

4. むすび

上記の他、ホールのリハーサル室を兼ねた練習室についても、表4に示すような主用途を設定し、それぞれに適した平均吸音率を想定して形状・内装仕様を検討した。その結果、いずれも所期の音響性能を十分に満足していることが確認された。今後は、本施設の基本コンセプトであるアジアや世界に向けた国際的な文化・情報・交流の拠点として更に発展していくことを願ってやまない。

最後に、設計・施工段階を通じて御協力頂いた福岡県、日本設計、竹中工務店、昭和電線電纜の関係各位に深謝致します。

【参考文献】

- 1) 清水, 秦, 川上: 日音. 講論, 平成7年9月(本予稿集)
- 2) 清水, 秦, 棚瀬, 川上: 日音. 講論, 平成7年9月(本予稿集)

○清水 寧、秦 雅人、川上 福司 (ヤマハ音響研)

1. はじめに 福岡シンフォニーホールは、「多機能型音楽ホール」としてアクロス福岡内に平成7年4月に竣工し、公共ホールとしては異例の約3ヶ月に亘る試奏・調整の後、7月にNHK交響楽団の演奏による柿落としが行われた。設計上の課題として音楽ホール室形状の最適化、室形態可変、振動制御、音場制御を中心に検討を進めたが、本稿では音楽ホールとしての機能・特性を述べ、その他は別稿に譲る。(1)(2)諸元表で示すように、シューボックス型を基本形とした「大ホール形態」と室内楽用の「中ホール形態」、他の演目に対応する為の「プロセニウム形態」という3種類の形態を持っている。調整期間には、九州交響楽団、安永徹氏による室内楽の試奏の他、満席時の残響測定、など実使用状態の音響測定を行い、当初の目標を満たす性能を確認することができた。音楽ホールとしての音響特性と共に、調整期間内に実施した試奏並びに測定の結果を述べる。

2. 室内音響計画 オケストラから室内楽迄、クラシック音楽のコンサートを主目的としながら、プロセニウムを使用する他の演目にも対応可能な最低限の機能を盛り込むという設計条件から、演目と音響条件の最適化を考慮した室形態可変計画を主体に、表2に示す項目を検討した。建築的には、標準形態としてのシューボックス形状(「大ホール形態」①)を基準に、図-1で示すような室形態可変を採用し、それぞれの演目に適した残響計画と共に、「中ホール形態(②)」では容積の低減による音量感の増強を、また、「プロセニウム形態(③)」では舞台部の吸音による残響制御を計画した。約2000席近い大ホール形態は、室容積の過大による音量感の低下、舞台上の反射音不足、浮構造による低域残響の不足、そして楽曲、演奏者による音響条件の調整、等を考慮し、①10㎡/人以下の室容積、②音量感を重視した平均吸音率設定、③シューボックス形状の特徴であるLEを評価指標とした形状計画、④剛性と重量のある内装、そして⑤音場の調整機能(反射板を兼ねたオーケストラひな壇、吸音カーペット、音場支援)といった条件を盛り込み、図-1に示す仕様を決定した。

3. 音響特性

3-1. 空席状態の音響特性 音響測定結果を表-3に、また、各形態の残響時間を図-2に示す。音楽ホールとして重要な諸量については、表-3

表-1 形態による主要な諸元

	大ホール形態	中ホール形態	プロセニウム形態
収容人員(人)	1871	1667	1871
容積(V)(m³)	17445.6	12700	12795
表面積(S)(m²)	6962.5	5411.1	5403.4
V/S(m)	2.5	2.34	2.36
V/N(m³/人)	9.3	7.6	6.8
空調騒音	NC-20以下		
残響時間*	2.47秒	2.04秒	1.78秒
平均吸音率*	0.15	0.18	0.2

*: 250~2k Hz迄の平均値

表-2 用途分析と主要な検討事項

	大編成クラシック	室内楽・ソロ	クラシック音楽以外
①大ホール形態	◎	○	×
②中ホール形態	△	◎	×
③プロセニウム形態	×	×	◎
主要な検討項目	①舞台と客席の一体化	②室形態可変	③室形態可変
(室内音響関連)	④容積・平均吸音率の設定	⑤突き出たリットル工席を持つ	⑥吸音カーペット
	⑦シューボックス形状(LE)	⑧反射板を兼ねたオーケストラひな壇	⑨明瞭性
	⑩拡散体を兼ねたリットル	⑪舞台への反射音:音響底(ST)	⑫セクター方式
	⑬舞台床の仕様(制振・余響の吸音)	⑭音場支援による残響の延長	⑮バネ制御
	⑯ひな壇の仕様	⑰ひな壇の使用	
検討・調整	⑱残響調整	⑲模型実験・Total RSE・試奏	

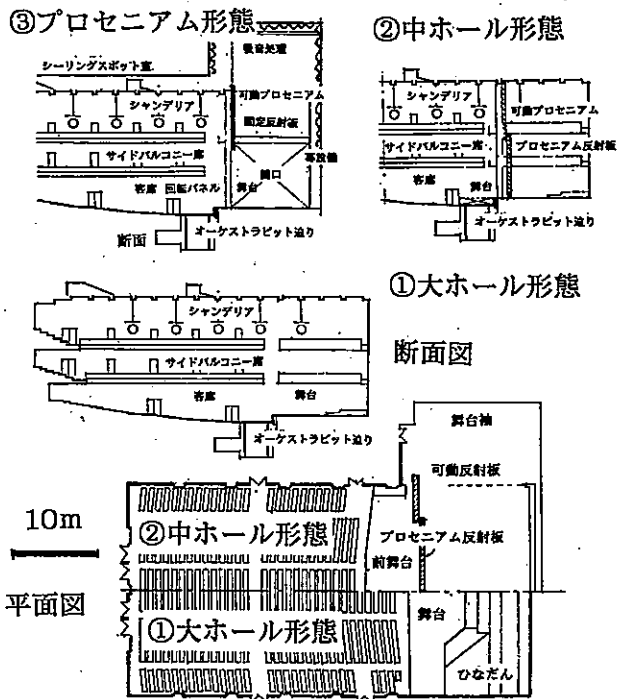


図-1 シンフォニーホールの形態と仕様

*Acoustics of Fukuoka Symphony Hall - Acoustical design of concert hall with multifunction - , by Y. Shimizu, M. Hata and F. Kawakami (YAMAHA Acoustic Research Laboratory)

す。音楽ホールとして重要な諸量については、表-3で示すように、LE 25%, ST -10 dBと好ましい特性が得られた。また、中ホール形態では、平均吸音率やD値が増加し、音楽の明瞭性を重視した室内楽用の「中ホール形態」と、響きを重視した「大ホール形態」、という演目に適した変化が確認された。

ひな壇の効果については、図-3で示すように、反射音の不足する舞台前部においてSTが増加しており、室内楽や独奏時の効果が期待される。

3-2. 実使用時における音響特性

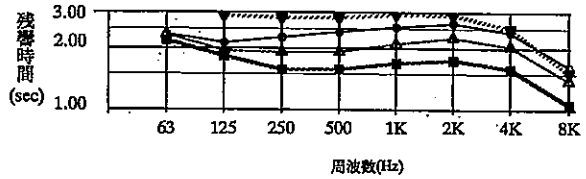
(1) 残響時間 大・中ホール形態での満席時残響時間と大ホール形態における演奏者着席時(空室)の残響時間を図-4に、また、空席状態から逆算した満席時の付加吸音力を表-4に示す。

(2) 試奏会におけるアンケート調査 オケストラひな壇は、指揮者と演奏者の視覚的コミュニケーションの向上に加え、音響的にも直接音、反射音の増加による演奏性や1階席での音質改善等の効果が指摘されている。調整の一貫として行ったひな壇の高さを変化させた試奏では、図-5で示すように、ひな壇を使用しない平坦な場合と比べて高くした状態で、自分の音も他の楽器の音も聞き取り易く演奏のやり易さの向上を示唆している。その他、響きの量や総合印象についても、「適当」と言う評価が多く、音響的に問題ないことが確認された。また、オケストラの演奏音^①による1階席、2階バルコニー席代表点の短時間スペクトル解析結果(初期100ms)を図-6に示す。1階席のスペクトルは、座席面の減衰により、2階席と比較して1kHz付近で約7dB減衰している。

4. おすび 福岡ソフナーホールの音響設計では、施工段階の最終測定に加え、実使用状態での音響測定、演奏者のホールに対する慣れを兼ねた試奏を行い、測定で現れにくい迫り舞台床の制振、奈落の吸音処理を行った。また、ひな壇の高さ設定、など、運用上の基礎資料を得た。音響性能は勿論のこと、オケストラの演奏によって重厚な低音と音量感豊かな音色を確認することができた。ひな壇の高さ設定や舞台上の反射音については音響的な調整要素として重要であり、特にひな壇の高さは、演奏性や客席の音色に与える影響も大きく、定量的な検討と評価を行う必要がある。

謝辞 音響設計・測定を実施するにあたり、福岡県、(財)アクロス福岡、日本設計、竹中工務店の担当諸氏に、また、試奏、アンケート調査においては、安永徹氏、(財)九州交響楽団の皆様のお協力を頂いたことを深謝致します。

【参考文献】(1)秦、他 日・音・講・論 平成7年9月
(2)清水、他 同上/(3)Beethoven, 交響曲第3番「英雄」冒頭の全奏の短時間スペクトル



▽ 大ホール形態(音場支援) ▽ 中ホール形態
○ 大ホール形態(標準) □ 7階7A形態

図-2 残響時間

表-3 主要な音響特性

	大ホール形態	中ホール形態
LE (%)	24.60	25.70
D (%)	19.00	27.30
EDT (sec)	2.57	2.05
ST (dB)	-10.10	-10.20

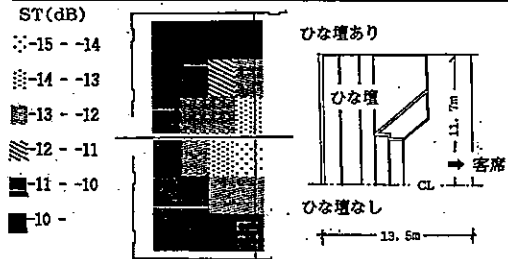
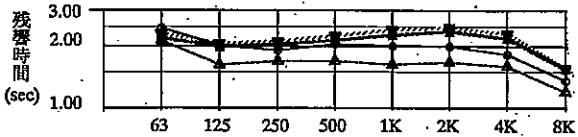


図-3 ひな壇の形状と高さによるSTの変化



▽ 大ホール形態(空席) ○ 大ホール形態(着席)
□ 大ホール形態(演奏者のみ) △ 中ホール形態(着席)

図-4 満席状態の残響時間

表-4 観客とオケストラ奏者の付加吸音力

周波数(Hz)	125	250	500	1k	2k	4k
観客*	0.03	0.10	0.09	0.13	0.15	0.16
観客**	0.10	0.07	0.07	0.14	0.16	0.13
演奏者+楽器	0.95	1.39	1.54	1.39	1.33	1.18

*: 大ホール形態 **: 中ホール形態

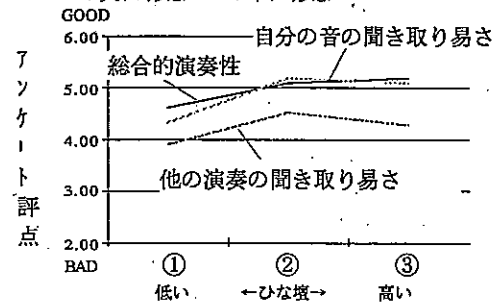


図-5 試奏によるアンケート結果

