

# 西脇市市民交流施設「オリナス」の音響設計 —「穴あきブロック」で構成された側壁の音響性能把握と設計監理—\*

○中川貴美子, 宮崎秀生 (ヤマハ)

## 1 はじめに

西脇市市民交流施設「オリナス」は、老朽化や耐震性能不足といった課題を抱えていた市民会館の建替えにより、まちなか（中心市街地）のにぎわいを創出する新たな公共空間として、市役所の新庁舎と共に 2021 年 5 月にオープンした。施設は、602 席の移動観覧席を有する多機能ホール「オリナスホール」をはじめ、音楽・ダンス・運動・料理等多様な用途に対応した 10 個のスタジオ、誰でも自由に利用できるラウンジや屋上テラス、カフェで構成されており、健康・地域・観光を軸とした 3 つの交流機能を有している。

施設外観を Photo 1 に、施設概要を Table 1 に示す。本報では施設の中心である「オリナスホール」の音響設計に関して報告する。ホールの音響的な特徴の一つに、特殊な内装材を使用しているという点が挙げられる。設計当初からその音響性能の把握が課題となっており、最終仕様を決定するにあたり施工段階で詳細な検討を行っている。施工後の実測結果とあわせて報告する。

## 2 設計コンセプト

施主である西脇市からは、ホールの用途としてこれまで市民会館で行われてきた音楽コンサートや演劇、講演会といった文化芸術活動に加え、書道展や展覧会などより幅広い市民活動に対応することが求められた。そこで、客席は移動観覧席とし、観覧席を設置した段床式の舞台観覧形式に加え、観覧席を収納した平土間形式（用途例：展示会や軽運動等）での利用も可能としている。これにより、多用途に適応でき、市民が気軽に使えるホールを目指した設計となっている。

ホールの平断面図及び諸元を Fig.1 に、各部位についての音響設計コンセプトを Fig.2 示す。

Photo 1 施設外観



Table 1 施設概要

名称	: 西脇市市民交流施設「オリナス」
所在地	: 兵庫県西脇市下戸田 128-1
建築主	: 西脇市
設計・監理	: 株式会社 昭和設計
音響設計	: ヤマハ (株) 空間音響グループ
施工	: 大日本土木 株式会社
構造	: S 造 (一部 RC 造、SRC 造)
階数	: 地上 4 階
工期	: 2019 年 9 月～2021 年 3 月

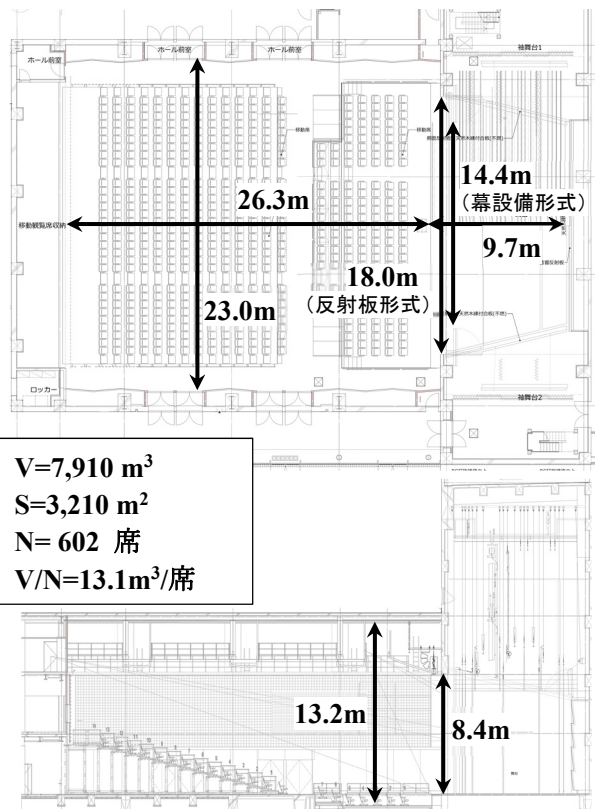


Fig. 1 ホール 平断面図

\* Acoustical Design of the Nishiwaki Community Hall “Orinas” -Understanding Acoustic performance of the “Perforated Block” and Design supervision-, by NAKAGAWA, Kimiko and MIYAZAKI, Hideo (YAMAHA Corp.).

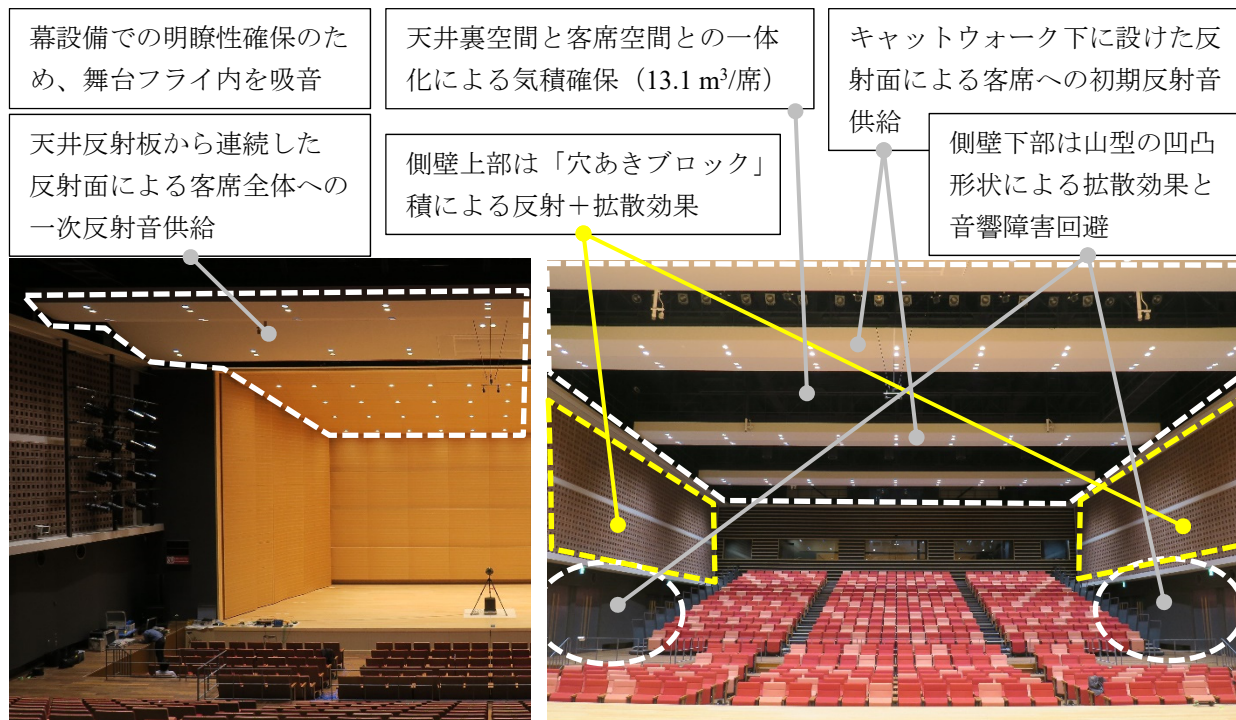


Fig. 2 ホール各部位の音響設計コンセプト

天井形状については、内装天井を張らずキャットウォークを露出させることで、各種吊物の設置が可能となり、多用途に対応している。同時に音響的には、天井裏空間を客席空間と一体化することにより気積を確保し(13.1 m<sup>3</sup>/席)、生音系音楽演奏時の豊かな響きの実現を目指している。ただし、客席前方の天井は舞台からの一次反射音を客席に届けるため、舞台天井反射板と連続した反射面を設けている。さらにキャットウォーク下にも反射面を設け、上方からの初期反射音を補っている。一方で、幕設備形式での明瞭性確保のため、舞台フライ空間内を高度吸音性とし、十分な可変幅を確保している。

側壁については、下部は山型の拡散形状の反射面とすることで、拡がり感に重要な側方反射音を確保しつつ、フラッターエコー等の音響障害を回避している。上部は意匠設計者の意図として、ホール全体の落ち着きと温かみを生み出し、また、「特別な場所に来た」という高揚感を演出するため、特徴的なデザインの「穴あきブロック」積が採用されている (Fig.2 の黄色で示した部分)。ホールの内装材としては特殊な「穴あきブロック」(以下、ブロック)の音響性能把握については設計時から議論され、施工段階において詳細検討を行っている。次章で詳しく述べる。

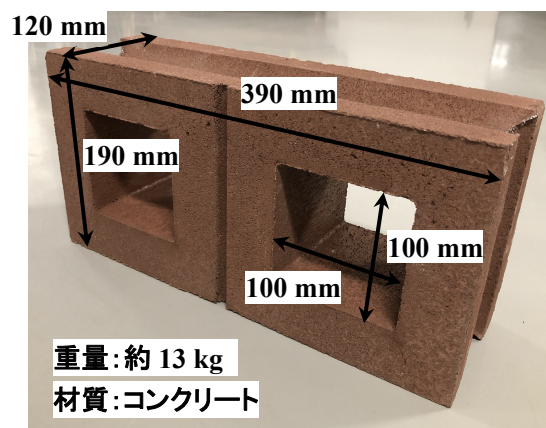


Fig. 3 「穴あきブロック」詳細

### 3 「穴あきブロック」の音響性能把握

#### 3.1 概要

側壁に用いられたブロック単体の詳細を Fig.3 に示す。このブロックが積まれることで、100 mm 角の穴が 100 mm 間隔で上下左右に連続した状態となり、仕上げ面の開孔率は約 25%となる。

ホール側壁は初期側方反射音確保のため、反射+拡散の効果が必要と考えた。ブロック自体の重量と穴あき形状により、拡散体としての効果が期待できる一方で、有孔板のように特定の周波数を吸音するヘルムホルツ共鳴器となる懸念もあり、設計段階ではブロックの背面にボードを密着させる仕様とした。

しかしながら、このような形状の部材をホールの仕上げに使用したことはなく、予想外

の音響特性を示す危険性があった。そこで、音響的な性状を把握するため、施工段階でモックアップを作成して残響室法吸音率測定を実施することとし、設計図の音響特記仕様書にその旨を記載した。

### 3.2 施工段階における音響検討

音響特記仕様書に基づき、石膏ボード上にブロック 126 個を並べることで約 10 m<sup>2</sup> の側壁モックアップを作成し、残響室法吸音率測定を実施した。測定は背後空気層の仕様を変えた、①背後空気層なし、②背後空気層:10mm、③背後空気層:300mm の 3 通りで実施した。測定結果を Fig.4 に示す。①と②は 315 Hz 付近で 0.6 程度のピークを持ち、ブロックとボードを密着させる仕様は特定の周波数を吸音する危険があることが分かった。また③の結果より、背後空気層を設けることで吸音のピークが小さくなり、ピーク周波数が移動する可能性が示唆された。なお、1kHz 以上の高音域に関しては、かさ上げに使用した材料そのものの吸音が影響していると考えられる。

この結果を踏まえ、背後空気層の厚みの影響を調べるため、④背後空気層:150mm、⑤背後空気層:250mm、⑥背後空気層:400mm の 3 通りで追加測定を実施した。なお、かさ上げ材は吸音力の小さい木材に変更した。測定結果を Fig.5 に示す。④と⑤については大きなピークは見られず、全体的に 0.1~0.3 の吸音率であった。⑥については 500 Hz 付近で 0.4 と少し吸音率が大きくなっているが、①②と比較するとピークは小さい。なお、1 kHz 以上ではかさ上げ材（木材）の影響でブロックの吸音率が見かけ上、若干大きくなっていると考えられる。

以上の測定結果より、ブロック背面のボードは密着ではなく、背後空気層を設ける必要があること、さらに背後空気層の厚みによって吸音特性が異なることから、周波数の偏りをなくすため、空気層の厚みは変化させるのが望ましいことが示唆された。最終的な仕様として、ブロック背面のボードを山型の凹凸形状とし、背後空気層を 150~300mm 幅で変化させることとした (Fig.6 参照)。また、吸音率を見直して再度残響推定計算を行い、後壁の GW 吸音や吸音カーテンをやめる等、残響調整を行った。

なお、ブロックの吸音性状については、別

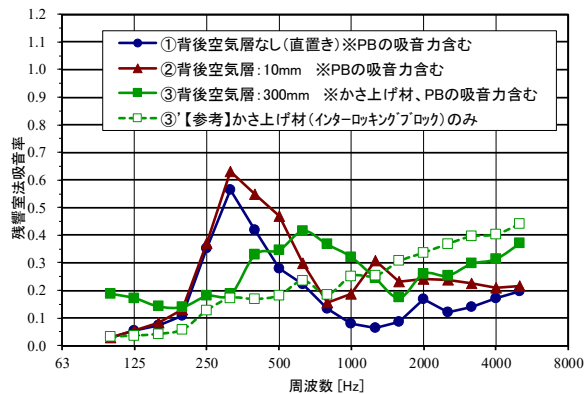


Fig. 4 残響室法吸音率測定結果①②③

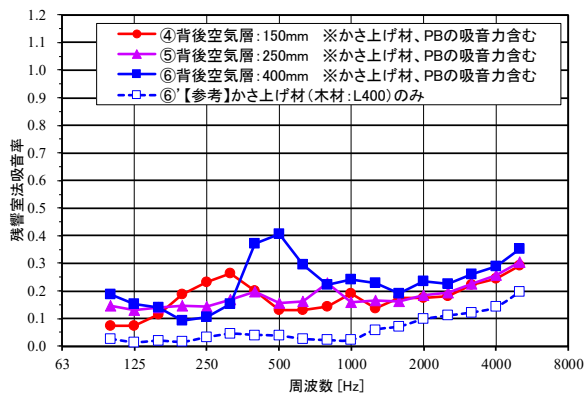


Fig. 5 残響室法吸音率測定結果④⑤⑥

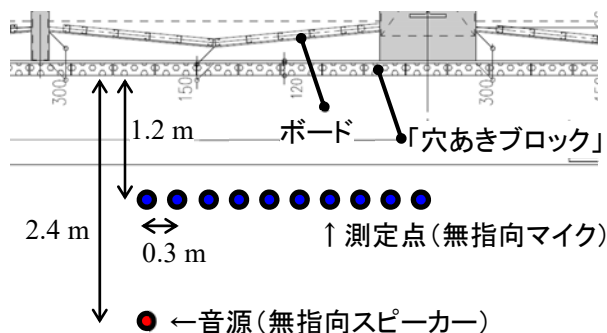


Fig. 6 最終仕様と音源・測定点位置

途大学との共同研究により詳細解析を検討中である。

### 3.3 実音場における反射音の測定

実音場での音響特性を確認するため、施工後にブロック壁面近傍の一次反射音を測定した。音源・測定点位置を Fig.6 に示す。音源は天井反射面のない位置に置き、測定点は音源の正面から 0.3 m 間隔の計 10 点とした。各測定点でインパルス応答を測定し、ブロックからの一次反射音を切り出して 200~2 kHz の範囲で周波数特性の解析を行った。

各点の周波数特性を 10 点の平均結果と合わせて Fig.7 に示す。各測定点でピークやディップが見られるものの、それぞれ周波数が

ばらついており、エネルギー平均の結果からは特段のピークやディップは見られない。

以上より、特定の周波数のみ吸音するような特異な特性は回避でき、拡散としての効果が得られていると考えられる。

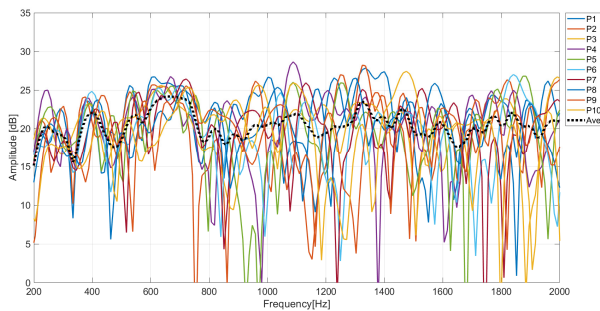


Fig. 7 一次反射音の周波数特性

#### 4 音響測定結果

ホールの残響時間と平均吸音率の測定結果を Fig.8 に示す。

反射板形式 (空席時) では残響時間が 1.8 秒 (平均吸音率:0.20) と設計目標値通りの値となり、十分な響きが得られている。周波数特性も中音域でフラットな特性となっており、バランスのよい音場となっている。拡がり感の指標である初期側方反射音特性 (LE 値) は音楽主体の空間では 20%以上の値が好ましいのに対し、平均値が 23 % (500-2 kHz 平均) と大きく、拡がり感が十分に得られる空間となっている (Fig.9 参照)。

幕設備形式 (空席時) では残響時間が 1.4 秒 (平均吸音率:0.24) と幕設備に転換することにより響きが抑えられ、十分な可変幅 (0.4 秒) が確保されている。話声の明瞭度の評価に使用される D 値は、一般的に 50 %以上で明瞭な音場と言えるのに対し、平均値が 59 % (500-2kHz 平均) と大きな値が得られている。また、電気音響設備を使用した際の STI は 0.61~0.68 (平均:0.63) とすべての測定点で Good (0.6~0.75) に相当する値が得られており、明瞭な拡声が可能となっている。

#### 5 おわりに

実際に舞台上で楽器 (バイオリン・チェロ) を演奏したところ、どちらの楽器もグレアのない素直で伸びのある豊かな響きを感じられ、生音の楽器演奏に適した響きが実現できていることを確認した。また、側方からの音も柔らかい印象で、「穴あきブロック」による拡散効果があると思われる。

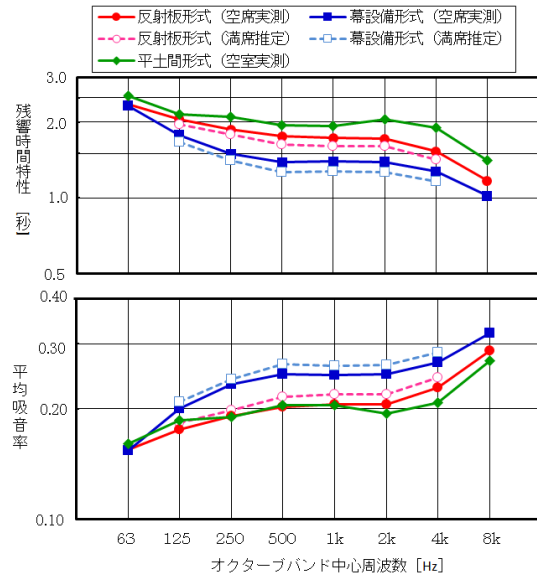


Fig. 8 ホール残響時間・平均吸音率

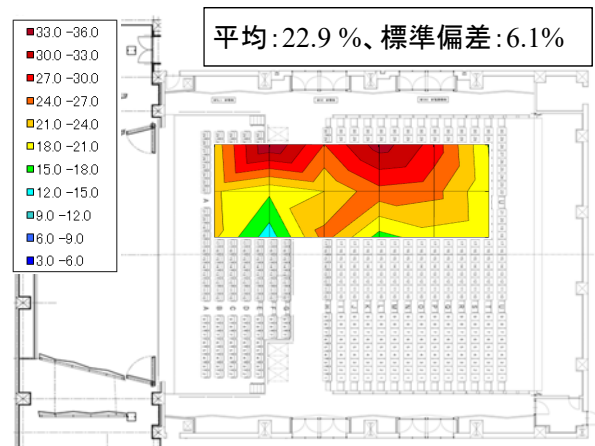


Fig. 9 LE 値 (500~2 kHz 平均) 測定結果

施工段階での音響調整を経て、最終的に無事良好な音響特性が得られたが、ホールに特殊な内装材を使用する際の危険性と、設計段階から施工段階まで一連の音響検討の重要性を改めて認識したプロジェクトであった。

新型コロナウイルス感染拡大の影響でこけら落とし公演が無観客になるなど厳しい状況が続くが、ホール利用者や指定管理者からは「響きがよい」「豊かに響き、気持ちが良い」「どの音域もクリアに聞こえる」「生音が良く響くので、演劇の息遣いなど、臨場感の部分でも PR できそう」と、概ね好評が得られている。市民交流の拠点として、多くの人が気軽に訪れ、様々な活動に利用されることを期待したい。

最後に、本プロジェクトの設計、施工に携わられた関係各位に謝意を表します。