

ホール・スタジオを持つ公共図書館の耐震・音響・熱環境の検討

Experimental and Analytical Studies on Earthquake Resistance, Acoustic and Thermal Environment of the Public Library with Auditoriums and Studios

伊藤 真二*1
Shinji Ito
井川 望*1
Nozomu Ikawa

岡本 公*2
Isao Okamoto
西川 嘉雄*4
Yoshio Nishikawa

加田 文郷*3
Fumisato Kada

要旨

図書館や音楽ホール、スタジオ、会議室などを持つ複合公共施設の施工において、振動台による書架の耐震実験、ホールおよびスタジオの音響性能測定およびコンピュータシミュレーションによるアトリウム熱環境解析など、様々な技術的手法で性能評価を行った。その結果、耐震性、音響性能および熱環境性能について所定の性能を満足していることを確認した。本報告は、これらの技術的検討について述べる。

キーワード：振動台実験 残響時間 アトリウム 熱流体解析

1. はじめに

平成 20 年 11 月にオープンした Libra (りぶら) 岡崎市図書館交流プラザ¹⁾ (写真 1) は、岡崎市の中心部康生地区に位置し、図書館や音楽ホール、スタジオ、会議室などを持つ複合公共施設である。工事概要を表 1 に示す。本施設の施工に際して行った様々な技術的検討の中から、本報告では書架の耐震実験、ホール、スタジオの音響性能評価およびアトリウム空間の熱環境解析について報告する。

表 1 工事概要

工事名称	(仮称) 岡崎市図書館交流プラザ建築工事
工事場所	岡崎市康生通地内
発注	岡崎市
設計	佐藤総合・千里建築設計特定設計業務共同企業体
監理	岡崎市
施工者	佐藤総合・千里建築設計特定設計業務共同企業体
工期	鴻池・小原・酒部特定建設工事共同企業体 平成 18 年 6 月～平成 20 年 3 月
構造・規模	R C 造、S R C 造、S 造 地上 3 階 建築面積 13,504.63 m ² 延床面積 23,736.79 m ²

表 2 振動台の性能

テーブル寸法	: 3m×3m
加振方向	: 水平 2 軸 (X, Y)、垂直 (Z) および 3 軸回転
駆動方式	: 電気・油圧サーボ方式
継手方式	: 静圧軸受
搭載重量	: 定格 10ton
最大変位	: 水平 (X, Y) ±150mm, 垂直 (Z) ±100mm
最大速度	: 水平 (X, Y) ±75cm/s, 垂直 (Z) ±50cm/s
最大加速度	: 水平 (X, Y) ±1.0G, 垂直 (Z) ±1.0G
加振周波数	: DC-50Hz



写真 1 全景

2. 書架の耐震実験

本施設の核となる中央図書館に設置される書架の耐震性能を確認するために、書架を地震波によって加振する振動実験を茨城県つくば市にある技術研究所保有の振動台 (表 2) によって行った。

2.1 耐震実験の概要

加振する書架は図書館に設置する実物を試験体 (写真 2) とし、振動台上に設置したコンクリート版に実施工と同じ条件でアンカー固定した。サーボ型加速度計を試験体上段、中段および振動台上の 3ヶ所に 1ヶ所につき 3成分 (X, Y, Z) 設

*1 技術研究所 建築技術研究部門 *2 名古屋支店 建築部 *3 同 建築設計部 *4 長野工業高等専門学校

置した。加振波は、図1に示す兵庫県南部地震時に神戸海洋気象台で観測されたJMA神戸波と東海・東南海地震²⁾を想定した建設地点における模擬地震波の2種類とし、目標最大加振加速度は表2に示す9種類とした。また、加振は水平2方向および上下の3方向（3次元）同時加振とした。

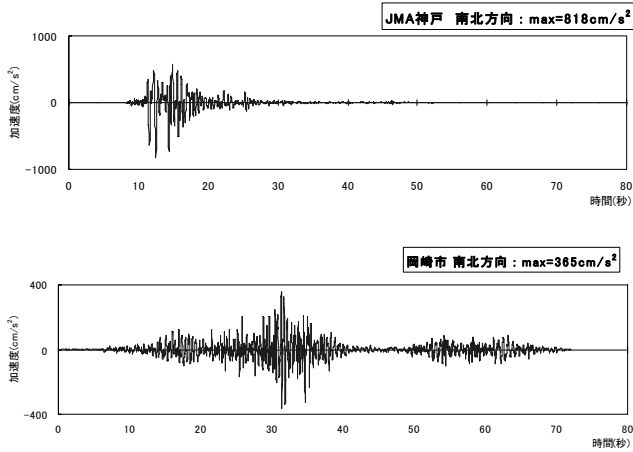


図1 加振波（上：JMA神戸波 下：模擬地震波）

表2 加振最大加速度

加振波	目標最大加速度 (cm/s ²)	加振方向
JMA神戸波	100	3方向 同時
	200	
	300	
	400	
	500	
818 (原波)		
模擬地震波 「東海・東南海地震」 を想定	100	
	200	
	300	

2.2 実験結果

加振実験では、書架の実際の使用状況を模擬して写真3に示すように書籍を設置した条件で加振した。全ての加振ケースにおいて、書架構造部分である①床固定部分、②柱脚溶接部分および③間口方向つなぎ部分について損傷が認められず、所定の耐震性能を満足していることが確認できた。

3. ホール、スタジオの音響性能評価

本施設には、「文化創造」の発信拠点として、可動式の客席292席を備えた多目的ホールと6つの音楽練習スタジオがある。竣工に先立ち、ホール、スタジオの音響性能の確認測定を行った。

測定は、室間の遮音性能を評価する「a. 室間音圧レベル差測定」、防音建具の遮音性能を評価する「b. 特定場所間音圧レベル差測定」および「c. 残響時間測定」の3種類とした。

3.1 室間音圧レベル差

室間音圧レベル測定は、JIS A 1417（建築物の空気音遮断性能の測定方法）に準拠して行い、遮音等級はJIS A 1419-1（建築物及び建築部材の遮音性能の評価方法—第1部：空気音遮断性能）と「建築物の遮音性能基準と設計指針[第二版]：日本建築学会編」によって評価した。

測定の結果、ホールおよびスタジオの遮音性能はD-80の目標性能が確保されていた。また、測定時の試験音を聴聞上ほとんど確認することができず十分な性能が確保されていた。

3.2 特定場所間音圧レベル差

特定場所間音圧レベル差測定は、室間音圧レベル差測定とJIS A 1417（付属書2：特定場所間音圧レベル差の測定方法）に準じて行った。測定の結果、小ホール・スタジオなどの防音建具は目標性能を確保できていた。

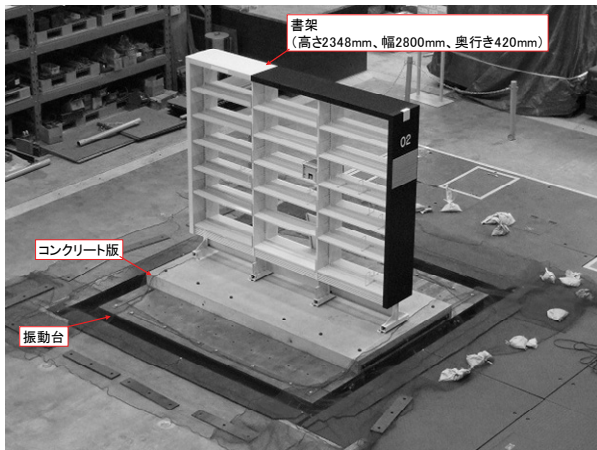


写真2 試験体設置状況

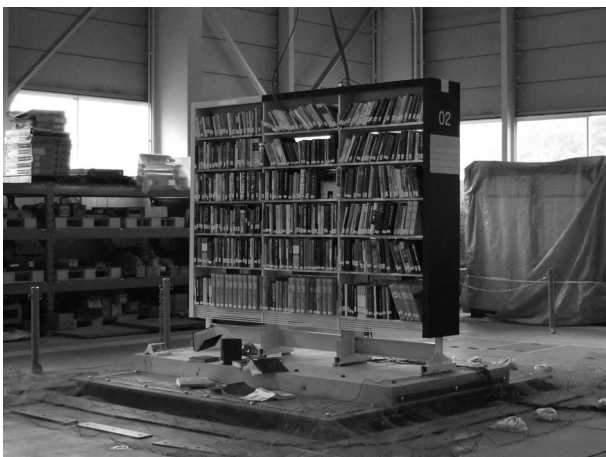


写真3 加振中

3.3 残響時間

残響時間とは、室内に一定の強さの音を出し定常状態に達してから音源停止させ、室内の音エネルギーが定常状態から100万分の1（定常状態に対して-60dB）になるまでの減衰時間のことであり、室の音響条件を表す重要な要素である。

測定の結果、ホールおよびスタジオの遮音性能は目標性能を満たしている事が確認された。ホールの残響時間は、空席時0.65秒、満席時0.60秒であり、目標性能^(注)（空席時0.67秒、満席時0.63秒：本ホールは電子音響を中心としており、残響時間は短めに設定されている。）と良い対応をしていることが確認できた。また、幕状態を変更することで、残響時間が0.60～1.40秒に可変可能で、幅広い催し物に対応できる事が確認された。



写真4 スタジオの音響測定状況



写真5 ホールの音響測定状況

4. アトリウムの熱環境解析

本施設には、エントランスからの建物内への導入部に3層吹き抜けのアトリウムがあり、中間期には上部トップライトに設けた開口を開放することによって自然換気を行い、内部の温熱環境を快適にすることを目指している。このように上部に開口部を設けることによってアトリウム内の温度分布がどのようになるかをコンピュータシミュレーションによる熱・流体数値解析によって検討した。

4.1 熱流体解析の方法

アトリウム空間およびそれを囲む壁、床、屋根などの建物の部分をモデル化してコンピュータによる数値流体解析を行い、アトリウム空間の温度分布を予測した。

数値流体解析には「WindPerfect2000³⁾：環境シミュレーション社製」を使用した。

- ・乱流モデル：標準 k-ε モデル
- ・計算領域：90m(X) × 35m(Y) × 20m(Z)
- ・格子数：368(X) × 46(Y) × 30(Z)
(要素数約 50 万)
- ・最小格子幅：0.25m(X) × 0.30m(Y) × 0.25m(Z)

4.2 解析概要

4.2.1 解析範囲

図2の1階平面図および図3の展開図に示す吹き抜けのアトリウム内部およびアトリウムと繋がっている1階、2階および3階の廊下などを解析範囲とした。

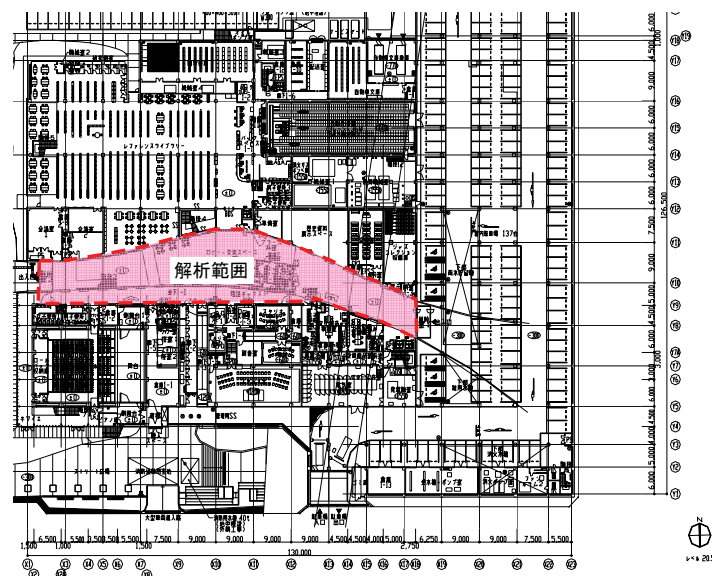


図2 1階平面図

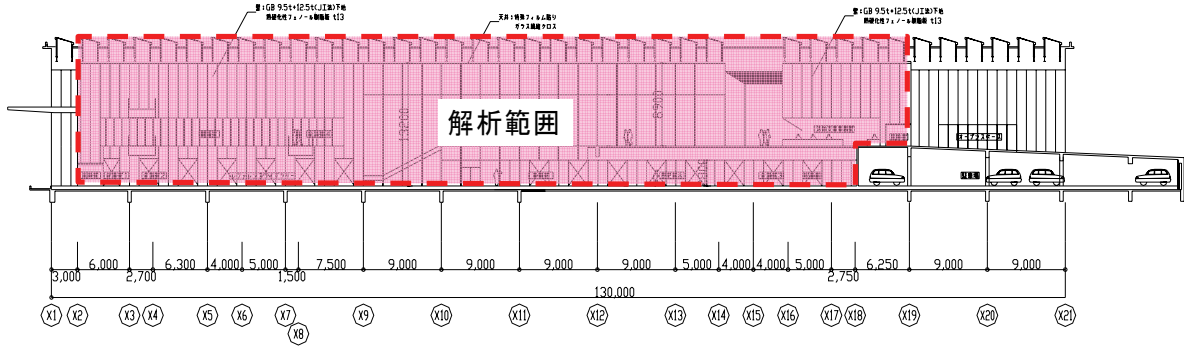


図3 展開図

4.2.2 解析モデル

図4から図6に各階平面で切断した解析モデルを示し、図7および図8に断面で切断した解析モデルを示す。解析対象としたアトリウム空間は3次的に複雑な形状をしていることが分かる。

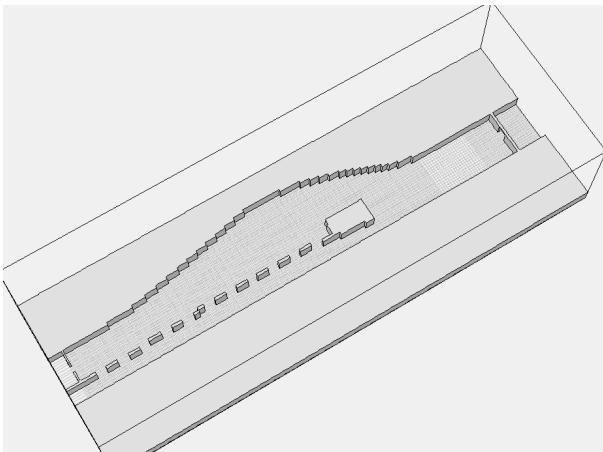


図4 解析モデル (切断面：1階レベル)

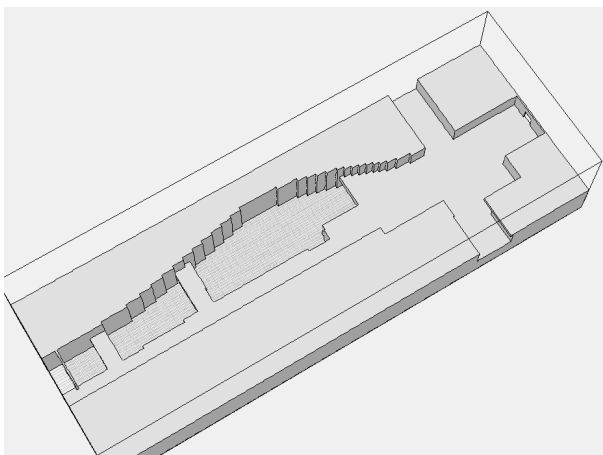


図5 解析モデル (切断面：2階レベル)

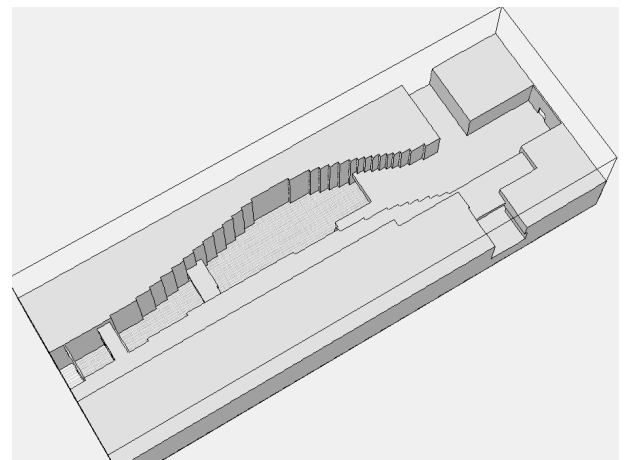


図6 解析モデル (切断面：3階レベル)

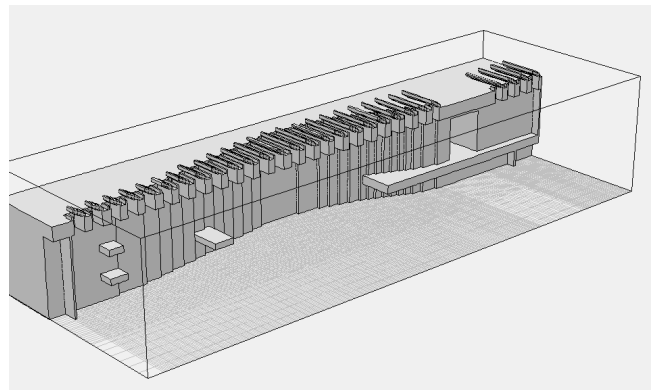


図7 解析モデル (南西からの鳥瞰図)

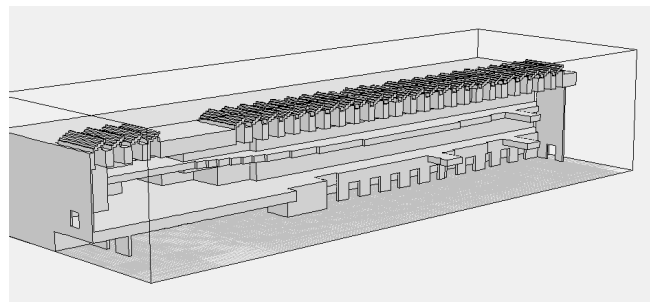


図8 解析モデル (北東からの鳥瞰図)

4.2.3 解析条件

(1) 気温・風の条件

中間期の中でも気温が高い6月を想定し、気温・風の条件を設定した。

気温：22.9℃（岡崎での6月下旬の平均気温の平年値）

風速：1.7m/s（岡崎での6月の平均風速（2004～2006年））

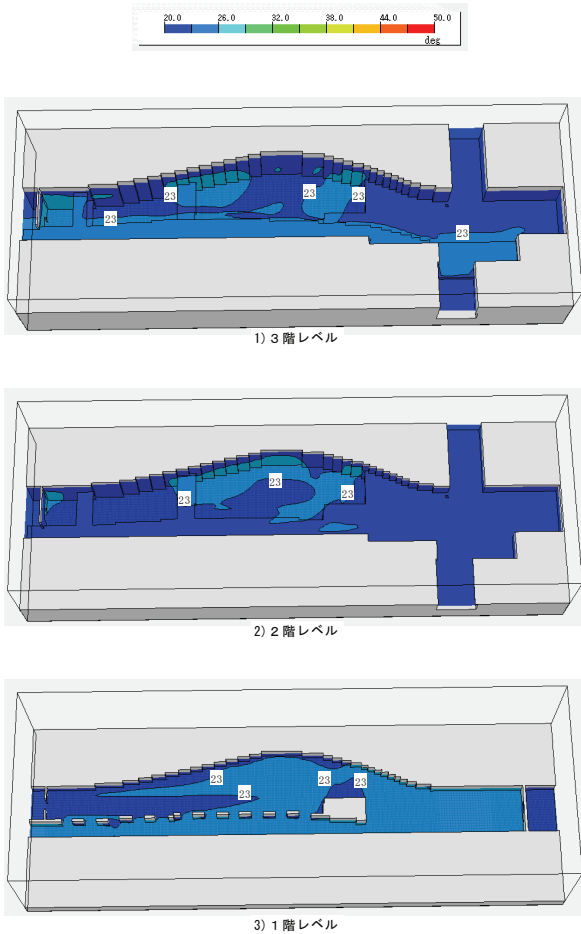


図9 アトリウムの温度分布（平面図）

(2) 熱源⁴⁾

- ・人の発熱 $119\text{W}/\text{人} \times 0.1 \text{人}/\text{m}^2 = 11.9\text{W}/\text{m}^2$
- ・照明器具
 - 1F $48.0\text{W} \times 25 \text{台} = 1,200\text{W}$, $48.0\text{W} \times 50 \text{台} = 2,400\text{W}$
 - 2F $48.0\text{W} \times 48 \text{台} = 2,304\text{W}$, $48.0\text{W} \times 24 \text{台} = 1,152\text{W}$
 - 3F $48.0\text{W} \times 48 \text{台} = 2,304\text{W}$, $430\text{W} \times 20 \text{台} = 8,600\text{W}$
- ・トップライトガラス面からの日射

961W/m²

※岡崎の6月のデータがないため、最大熱負荷として名古屋での7月23日12時の値を設定。

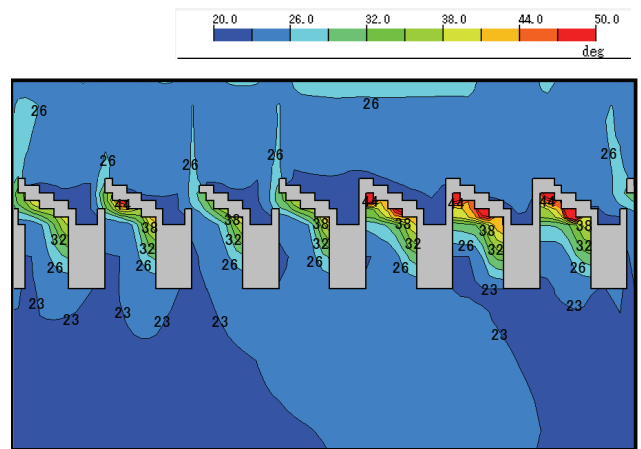


図11 トップライト近傍の温度分布（断面図）

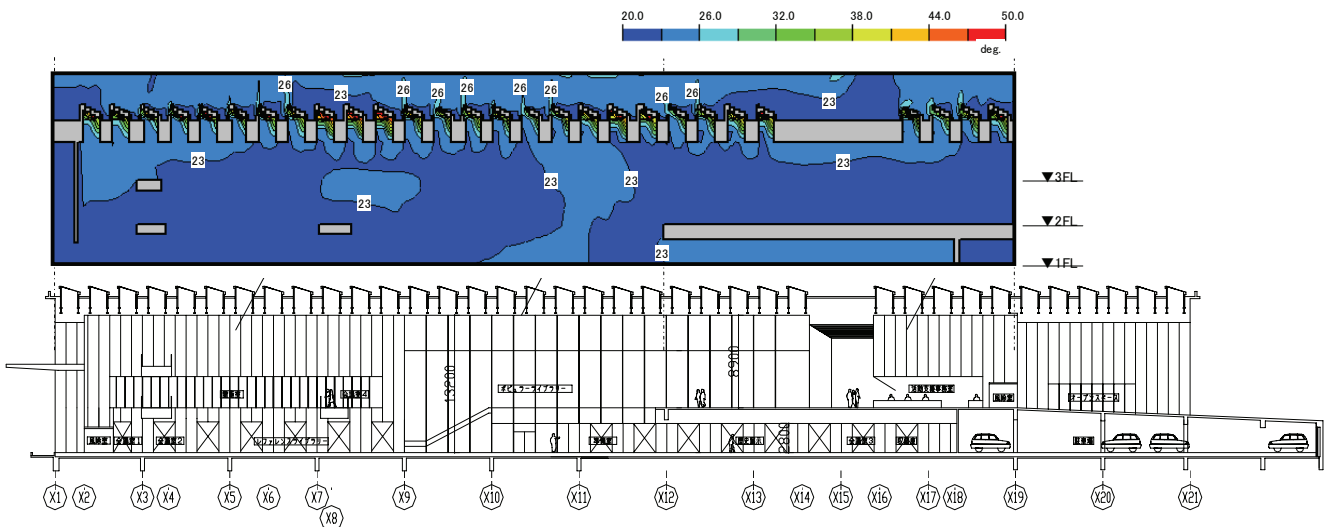


図10 アトリウムの温度分布（断面図）

4.3 解析結果

4.3.1 平面温度分布

図9に各階レベルでの平面温度分布を示す。1階から3階レベルの温度は、23℃前後であり快適な環境が保たれている。

4.3.2 断面温度分布

図10にアトリウムの断面温度分布を示す。トップライト近傍を除き、アトリウム内の気温は23℃前後であり、快適な環境が保たれている。

4.3.3 トップライト周辺の断面温度分布

図11にトップライト周辺の温度分布の拡大図を示す。トップライト近傍の温度は、開口が無いところでは40℃以上に上昇するが、これは利用者の活動には無関係のトップライト近傍の空間に限定されるので、使用上の問題はないと考えられる。開口の有るところでは、日射による熱が開口部から排出されていることが確認できる。

4.4 まとめ

本施設の3層吹き抜けのアトリウムを対象に熱・流体数値解析を行い、中間期におけるトップライト部の換気の効果について検討した。その結果、日射によって暖められたトップライト近辺の空気は、開口により排出され、アトリウム内の気温は概ね23℃前後に保たれ、快適な環境が確保されることが確認できた。

5. おわりに

Libra（りぶら）岡崎市図書館交流プラザの施工において、振動台による加振実験、現地の音響測定およびコンピュータシミュレーションによる熱環境解析など、様々な技術的手法で性能評価を行い、耐震性、音響性能および熱環境性能が所定の性能を満足していることを確認した。本施設が地域の知的活動拠点として末永く活用されることが期待される。

最後に、本報告のとりまとめに際しご協力いただきました本工事の発注者および関係各位の皆様には感謝いたします。

参考文献

- 1) Libra（りぶら）岡崎市図書館交流プラザ
<http://www.libra.okazaki.aichi.jp/>
- 2) 中央防災会議：東南海、南海地震等に関する専門調査会
http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/index_nankai.html
- 3) 環境シミュレーション社：
<http://www.env-simulation.com/jp/index.html>
- 4) 社団法人空気調和・衛生工学会：設計用最大熱負荷計算法、丸善株式会社、1989