

## ぱ・る・るホールの防振工事

本施設は、ぱ・る・るホールをはじめとして、スタジオ、会議室、クアなどを備えた複合施設である。特に音楽ホールについてはJR総武本線からの振動の影響が大きいことから、綿密な防振設計がなされ、箱の中に箱があるボックスインボックス工法が採用された。

全国のホール建築の中でも、鉄骨造の建物の中にホールを作ることは珍しく、設計から施工まで種々の検討がなされている。音楽ホールは現場打RCの箱とし、層間変位はRC壁の階高中央部分に水平スリット（隙間）を設けて対応している。

本ホールの工事においては、遮音性能を確保し、かつ室内音場（室内音響）も確保することが要求された。

### ぱ・る・るホール概要

本ホールは、鉄骨造11階建ての建物のほぼ中央（3～5階）に位置する浮き構造（BOX in BOX）、シューボックスタイプのホールである。

床面積：3階=473㎡、  
4階=286㎡、  
5階（キャットウォーク）  
=569㎡

座席数：3階=400席、  
4階=319席

身障者席：3階に6席移動可能席を  
設けて対応。

オケピット対応席：最前列および2  
列目の席を可動とすること  
で対応。

電気音響用調整卓置場：3階最後部  
の10席を可倒式として対応。

舞台：奥行き=8,615mm

幅=15,410mm

高さ（客席との段差） 750mm

雑壇式舞台回り機構：

900mm×14,000mm

上がり代900mm（2台）

1,200mm×14,000mm

上がり代900mm（1台）

その他：ピンスポットライト

シーリングライトピット

調整室、予備室を設置

ホールの大きさは幅約16m、奥行き約32m、天井までの平均高さは約14m（天井裏を含めると3階から5階までの約19m）である。

### ◆はじめに

浮き構造とは、床・壁・天井を、建物躯体から緩衝材（防振ゴム等）で浮かせた構造であり、建物外部からの振動絶縁、および周辺諸室との遮音性能の確保を目的として採用された（図1参照）。

以下にホール工事における施工図作成から施工までを紹介する。

### ◆工事の流れ

まず設計図および音響工事仕様書をもとに施工図を作成し、毎週1回関連工事業者間で調整する。調整できなかった内容および問題点などを、



写真1 ぱ・る・るホール内部

隔週1回開催される「音響定例会議」（郵政省監督官、永田音響設計の監理者等が出席）で打ち合わせた。施工計画書の提出から施工図承認までは約6ヶ月間で終了した。

各施工工程終了後に音響的確認を行うとともに、隔週の「音響定例会議」終了後にも永田音響設計による音響パトロールを受け、指摘事項があった場合には手直しを行った。

遮音層完成後には中間測定（遮音性能試験）を、仕上げ層がほぼ完成し椅子を設置した後も中間測定

（残響時間試験）を実施し、当初の音響性能日標が満足していることを確認しながら、工事は進められた。

ホールの工期は約6ヶ月、施工図作成から竣工まで約1年の工事であった。

### ◆遮音構造

本ホールでは高い遮音性能が要求された。そのため、鉄骨造の内側にコンクリート躯体による固定遮音層を構築

し、その中に浮き構造による遮音層を形成する2重の遮音構造となっている。

基本的に重い材料ほど、遮音性能は大きくなるので、浮き遮音層の壁・天井には繊維強化石膏板（石膏ボードの約2倍の面密度を有する）を積層する構法が採用された。

浮き遮音層の仕様は以下のとおり。

床：現場打湿式浮き床（コンクリート厚180t）

壁：繊維強化石膏板（10t×3）

天井：繊維強化石膏板（10t×3）

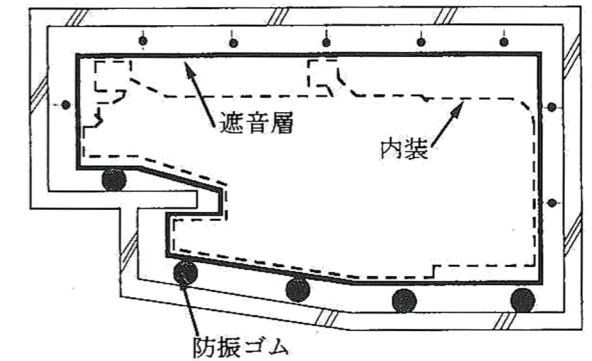


図1 浮き構造の概念図（○は防振ゴムを示す）

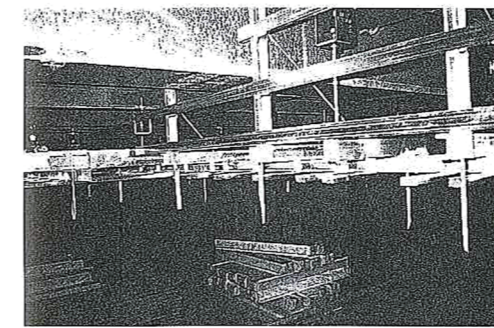


写真2 天井内野縁受設置状況

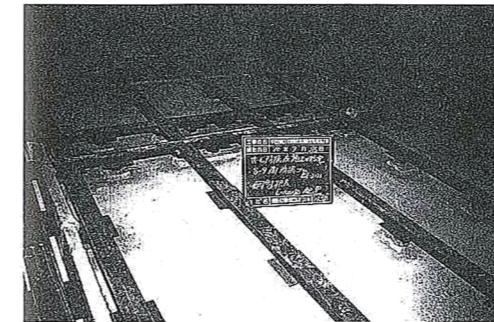


写真3 床受け鋼製根太設置状況

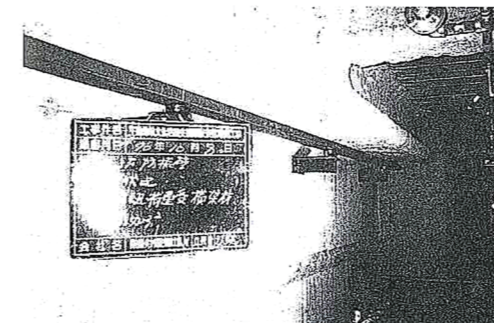


写真4 浮壁受横架材設置状況

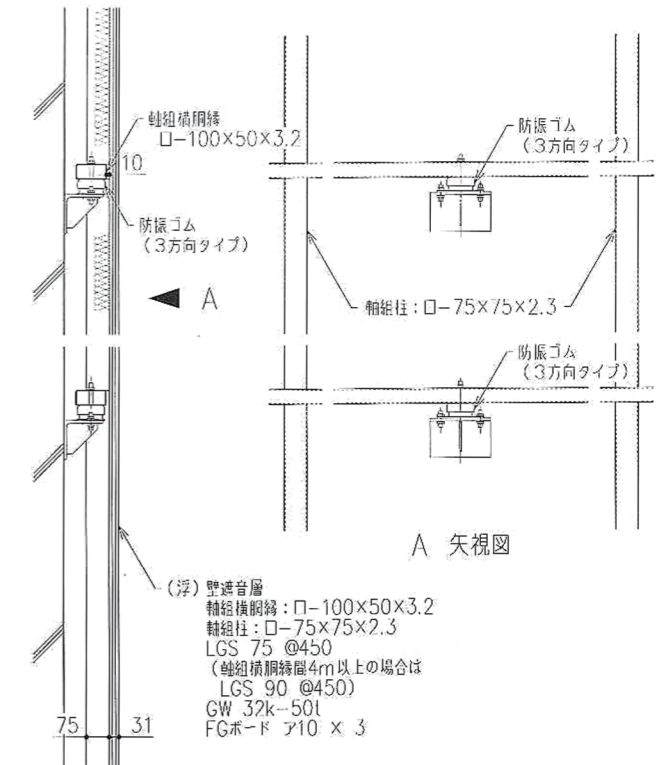


図2 壁単独支持による防振構造

### 天井基本断面

吊り型防振ゴム (昭和電線電纜(株)製)

- ・MSF-40-D
- ・MSF-50-D
- ・MSF-65-S
- ・MSF-65-D

鋼製天井下地材

- ・C-100×50×20×2.3
- ・C-60×30×10×1.6 (JIS G 3350)
- ・25型 (耐風圧用天井下地材) (JIS A 6517)

グラスウール

- ・32k50t

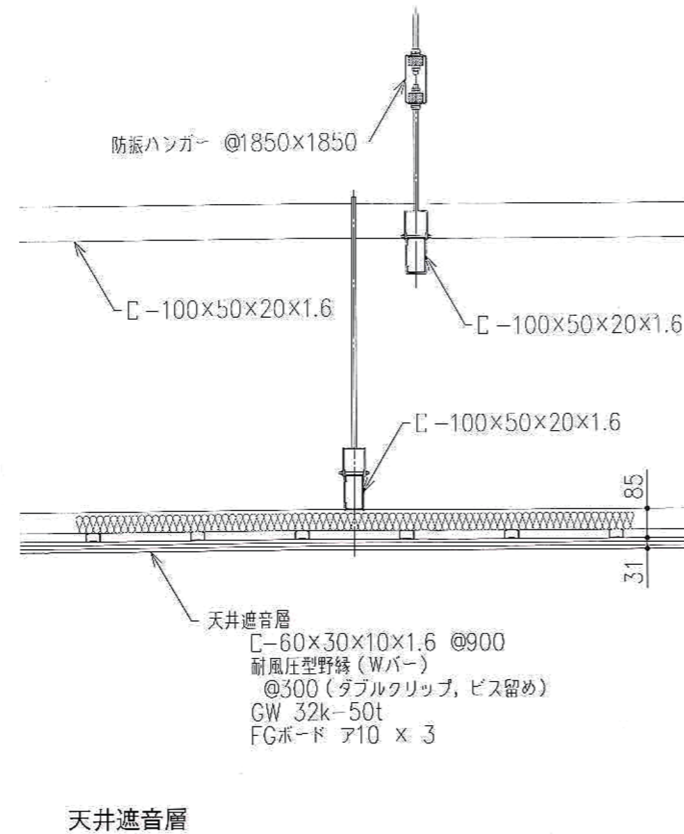
FGボード

- ・ア12×2 + ア10×2

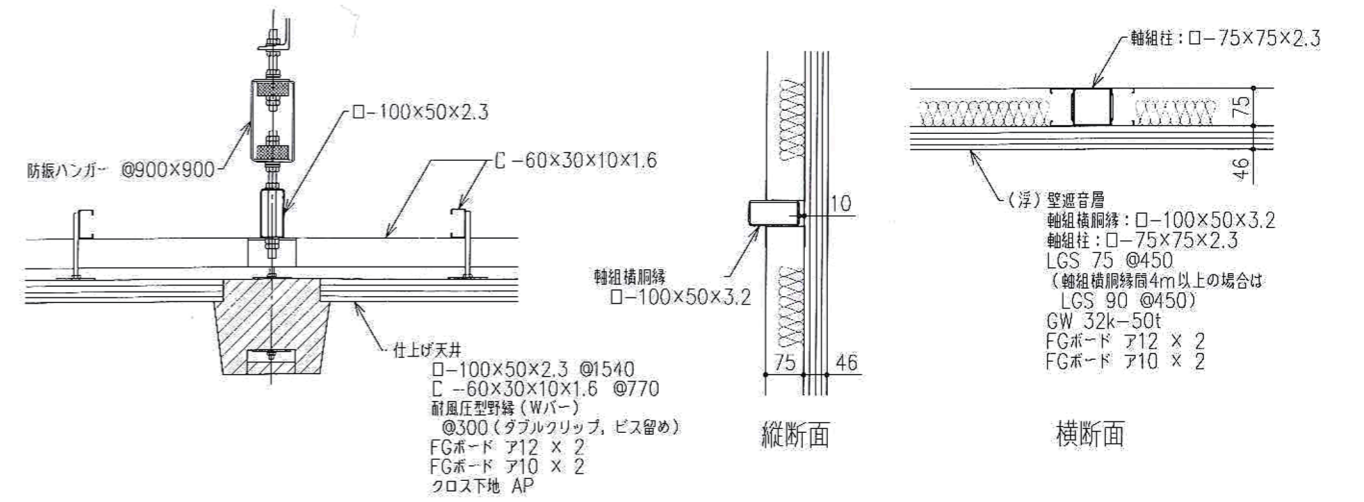
遮音天井施工フロー

- ①黒出
- ②吊り型防振ゴム配置
- ③一部野縁受け吊り元鋼材吊り
- ④防錆塗料塗布
- ⑤野縁受け材吊り
- ⑥野縁掛け
- ⑦設備開口補強
- ⑧防錆塗料塗布
- ⑨GW32k50t充填 FGボード10×3枚貼り
- ⑩ボードジョイントシール (塗装下地の場合、最終一つ前の層で行う)

図3 ぱ・る・るホール防振遮音工事の仕様

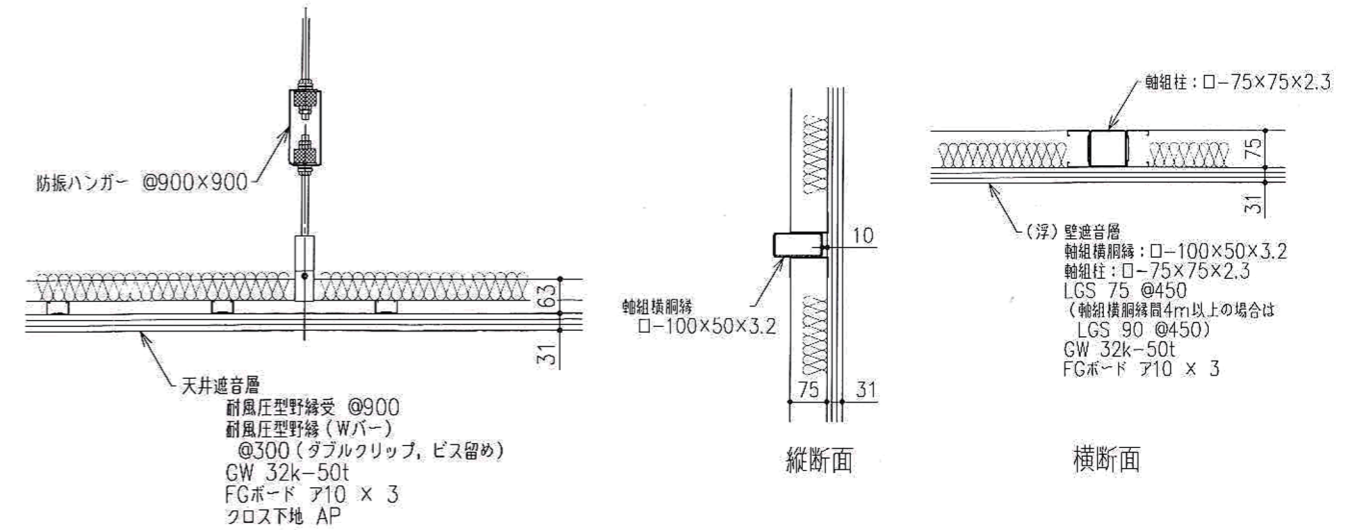


天井遮音層



仕上げ天井 (格子部)

壁遮音層



仕上げ天井 (バルコニー下)

壁遮音層 (仕上げ天井裏)

### 湿式浮き床基本断面

荷重受け防振ゴム

- ・EA 2020.....(株)ブリヂストン製

水平振れ止めゴム

- ・天然ゴム ア15 硬度65 大阪ゴム(株)製

鋼製根太

- ・C-100×50×5×7.5 (JIS G 3192)

キーストンプレート

- ・650W×25H×1.2t (JIS G 3352)

グラスウール

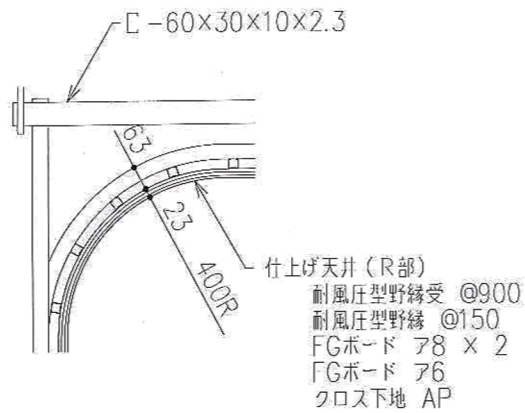
- ・32k50t

平鋼

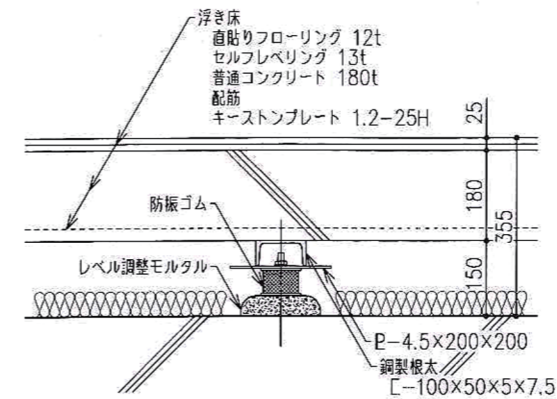
- ・4.5t (JIS G 3194)

銅板

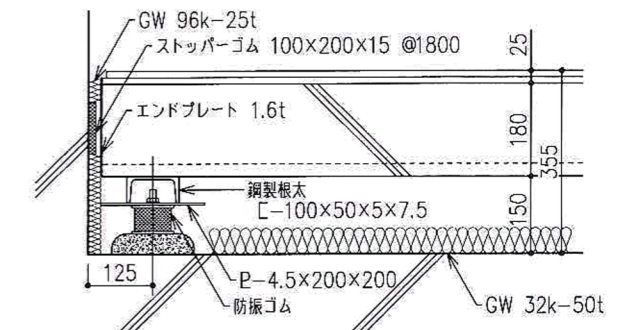
- ・1.6t



仕上げ天井 (凹400 R部・凸800 R部)



浮床 (一般部)



浮床 (端部)

### ◆防振構造

完全浮き室構造のため、各部位ごとに防振支持されている。壁には3方向タイプの防振ゴムを使用する壁単独支持法が採用された(図2参照)。3方向タイプの防振ゴムとは、壁の鉛直荷重を受けるとともに、地震時の水平方向の荷重も受けることが可能な防振ゴムである。

従来の防振ゴムは、水平力に対する耐荷重性を有していないため、水平方向の振れ止め対策として、別の防振ゴムまたはストッパー金物が必要であった。しかし、3方向タイプの防振ゴムを使用することで、それらの振れ止めが不要となるだけでなく、防振構造としてもより単純化され、施工性も大幅に改善することができた。

床・天井に関しては、一般的な防振構造を採用した(図3参照)。床は湿式浮き床を丸形防振ゴムで支持する方法であり、天井は吊り型防振ゴムで防振支持する方法である。仕上げ格子天井は、キャットウォークを支持している本体鉄骨から、バルコニー下の天井は躯体バルコニーから

防振吊りしている。

ただし、遮音天井は、空調ダクトとの取り合い上、天井下地を等間隔で吊るのが不可能であったので、ダクト上部の空間において補強材を等間隔で吊り、その補強材から天井下地を吊ることとした。

### ◆防振ゴムの選定

防振構造を形成するため、それぞれの部位で使用する防振ゴムを適切に選定する必要がある。防振ゴム選定書を、施工図作成作業における施工計画書と同時に提出して承認を受けた。

天井および壁の防振ゴム選定の一例を、表1、2に示す。

天井については、防振ゴム1個が負担する荷重を算出して、防振ゴムの固有振動数が特記仕様書に記載されている規定値(10Hz)以下となるようにした。できる限り天井全体の荷重が、防振ゴムに均一にかかるようにする、すなわち防振ゴムを等間隔で吊ることが重要である。

壁については、壁一面の荷重をそ

の壁を支持する防振ゴムの総数で割り、それを防振ゴムの負担荷重を算出して、固有振動数が、天井同様、規定値以下となるようにした。この場合も、防振ゴムに均一に荷重がかかるように、防振ゴムを整然と配置することが重要である。

床、壁、天井は一体化された一つの密閉空間(BOX in BOX)であることから、それぞれの部位における防振ゴムのたわみ量をほぼ均一にすることも、各部位の防振ゴムを選定する上で、重要なことである。

### 防振ゴムの選定条件等

#### ① 防振ゴム固有振動数

防振ゴムの固有振動数は10Hz以下。音響関連工事特記仕様書に明記されている。

算出した防振ゴム支持荷重から、その防振系の固有振動数を求める。固有振動数の計算式としては、次式を用いる。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K_s (K_s/K_g) g}{W}}$$

$f_0$ : 防振材で支持された系の固有振動数 (Hz)

$K_s$ : 防振ゴムの静的バネ定数 (kg/cm)  
 $K_g/K_s$ : ゴムの動倍率  
 $W$ : 防振ゴムで支持する部位の重量 (kg)  
 $g$ : 重力加速度で980cm/sec<sup>2</sup>

#### ② 防振ゴムの強度検討

防振ゴム1個当たりにかかる固定荷重(建築構造等)を算定し、それに積載荷重を付加した場合に、防振ゴムが破壊することのないように、防振ゴムの許容荷重に照らし合わせて耐荷重性を検討する。床積載荷重は360kg/m<sup>2</sup>である。

#### ③ 地震時の水平力

地震時の水平方向加速度:  
 0.34G (レベル1)  
 (3~6階の水平方向加速度のうち、最大の加速度(4階Y方向: 330gal)を採用)

地震時の水平方向加速度として0.34Gを想定し、その時に各防振ゴムが破壊することのないようにした。

具体的には、浮き床には躯体との間に水平振れ止め用ストッパーゴムを設けた。また、壁の防振ゴムは、水平方向加速度1G(短期)まで耐

えられる水平方向ストッパー機構付防振ゴムを選定した。

### ◆防振遮音工事

防振遮音工事において、もっとも重要なことは、

- ① 床・壁・天井とも、防振ゴムに均等かつ正規に荷重がかかるようにすること、
- ② コンクリート躯体による固定遮音層および完全浮き構造による浮き遮音層の双方に、遮音性能的に欠陥となる隙間を生じさせないこと、
- ③ 浮き構造の浮き側と、コンクリート躯体等の固定側を確実に振動絶縁すること、

の3点である。以下、各部位ごとに施工時に重点をおいた点を述べる。

浮き床に関しては、浮き床コンクリート打設時および打設後に、浮き床とコンクリート躯体が接触しないようにすることが重要である。建具廻りは、ホール廻りの床仕上げとの関連から接触しやすいため、常に注意して管理した。

壁・天井のボード面は、吊りボルトの貫通箇所、各設備配管等の貫通箇所、ボードの貼り目地等が確実にシール処理されているかを、重点管理した。

遮音天井に関しては、空調ダクト上部の天井下地補強材の吊り位置が、施工図段階では詳細に予測することが不可能なため、正規の位置で吊れなくなった箇所は、空調JVと調整して、吊り位置の変更を行って対応した。

その際、変更部分については設計時の条件を満たすため、防振ゴムを再選定した。

仕上げ天井は、狭い空間であるにも関わらず、防振構造であるため、その下地組等において苦労した。

遮音層を構成している繊維強化石膏板は石膏ボードの約2倍の重量があるため、搬入・揚重においては、仮設計書の段階から入念な検討を行った。同時に、下地補強材の接合部、防振ハンガーの形状等についても、強度検討を行い、対応した。

表1 天井防振ゴム防振計算書

対象部位:ホール天井(記号:G)		仕上げ天井(側部バルコニー下)			
部材名	比重	厚み(mm)	単位重量	負担数量/支持点	支持重量(kg)
野縁受C-40*20*1.6 @900			1.04 kg/m <sup>2</sup>	22.50 m <sup>2</sup>	23.40
H-100*100*6*8			17.20 kg/m	37.50 m	645.00
ガラスボード 50t	32.00	50.00	1.60 kg/m <sup>2</sup>	13.12 m <sup>2</sup>	20.99
FG10*3	1.60	30.00	48.00 kg/m <sup>2</sup>	13.12 m <sup>2</sup>	629.76
ダウンライト (250φ)			3.00 kg/灯	1.00	3.00
ダウンライト遮音BOX (3.2t)			20.10 kg/ヶ所	1.00	20.09
中計					1342.24
積載荷重			kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
合計					1342.24
設計荷重					1342.24

防振ゴム個数: 9個 防振ゴムピッチ @1050\* @1200  
 防振ゴムの種類: 29 MSF-50-D  
 静的ばね定数  $K_s$ : 205 Kgf/cm  
 動的倍率: 1.3  
 許容荷重・長期圧縮: 170 Kgf

設計荷重  
 防振支持設計荷重: 1342.24 Kg  
 防振ゴム1個当り鉛直荷重: 149.13 Kg  
 固有振動数  $f_0$ : 6.66 Hz ≤ 10 Hz :OK  
 防振ゴムたわみ量: 0.73 cm

表2 壁防振ゴム防振計算書

対象部位:ホール天井(記号:G)		仕上げ天井(側部バルコニー下)			
部材名	比重	厚み(mm)	単位重量	負担数量/支持点	支持重量(kg)
□-75*75*2.3			5.14 kg/m	37.47 m	192.59
75用スケット@450			2.62 kg/m <sup>2</sup>	26.72 m <sup>2</sup>	70.00
ガラスボード 50t	32.00	50.00	1.60 kg/m <sup>2</sup>	26.72 m <sup>2</sup>	42.75
FG12*2+10*2	1.60	44.00	70.40 kg/m <sup>2</sup>	7.31 m <sup>2</sup>	514.62
FG10*3	1.60	30.00	48.00 kg/m <sup>2</sup>	19.41 m <sup>2</sup>	931.68
ガラスボード 50t	32.00	50.00	1.60 kg/m <sup>2</sup>	19.41 m <sup>2</sup>	31.05
中計					1782.69
積載荷重			kg/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
合計					1782.69
設計荷重					1782.69

防振ゴム個数: 8個 防振ゴムピッチ @1850  
 防振ゴムの種類: 51 MAF-90-01  
 静的ばね定数  $K_s$ : 800 Kgf/cm  
 動的倍率: 1.1  
 許容荷重・長期圧縮: 340 Kgf

設計荷重  
 防振支持設計荷重: 1782.69 Kg  
 防振ゴム1個当り鉛直荷重: 222.83 Kg  
 固有振動数  $f_0$ : 9.91 Hz ≤ 10 Hz :OK  
 防振ゴムたわみ量: 0.28 cm

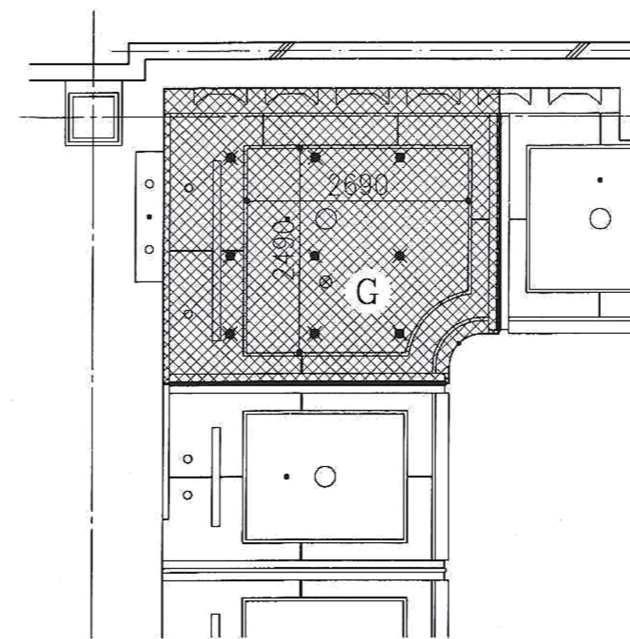


図4 天井防振ゴム荷重割付図

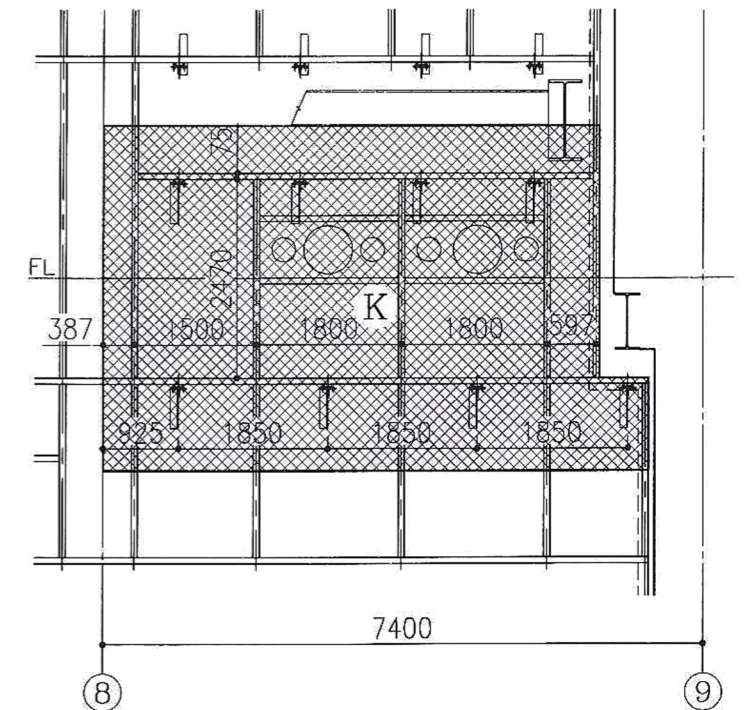


図5 壁防振ゴム荷重割付図

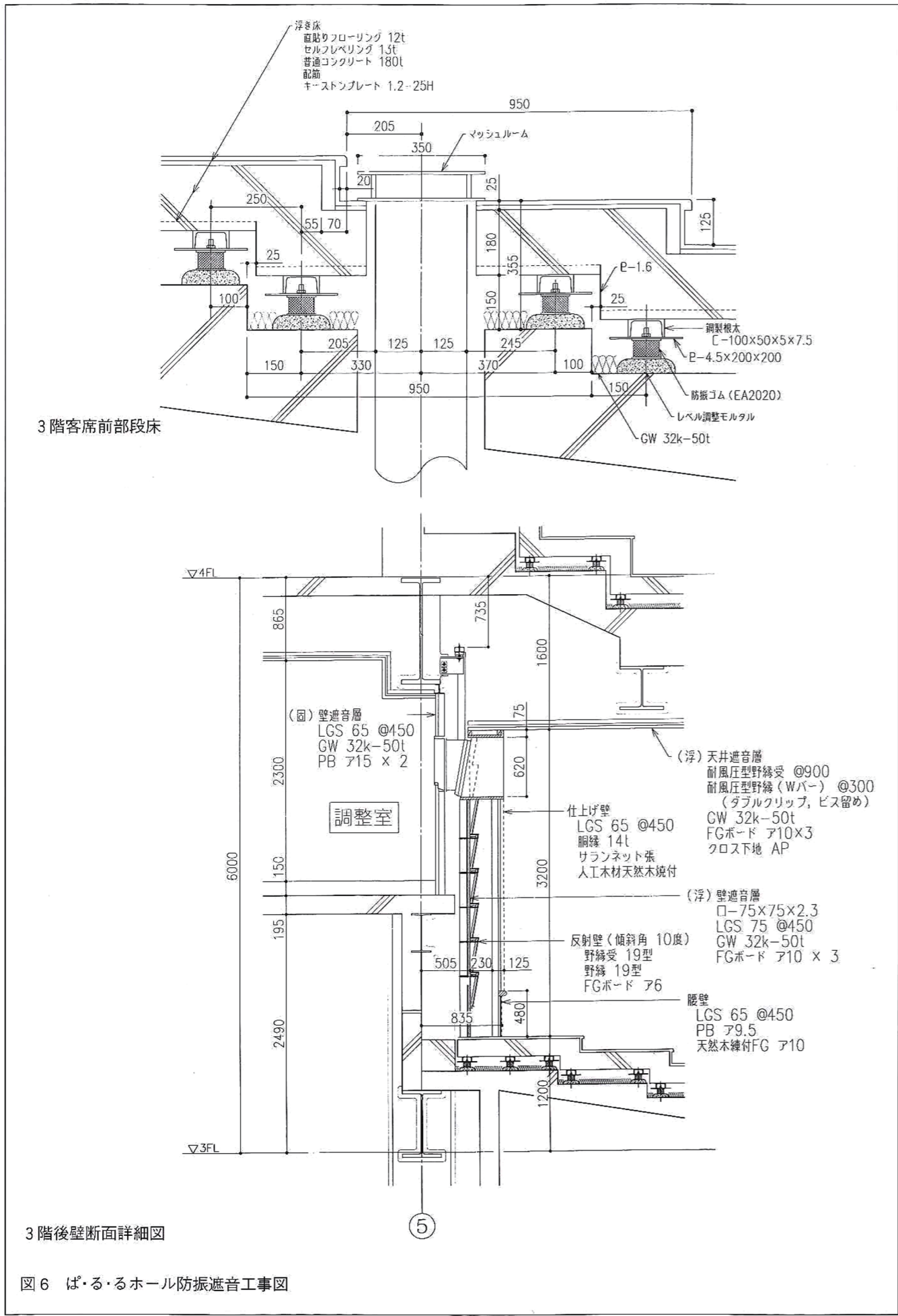


図6 ば・る・るホール防振遮音工事図

◆層間変位スリット

ホールの固定遮音層を構築するコンクリート躯体には、本体鉄骨の層間変位に追従できるスリット(躯体開口)が設けられている。スリット部は遮音性能を確保するための処理が必要である。

スリットにロックウール(80kg/m<sup>3</sup>)を充填し、コンクリート躯体面に遮音シート(3.8kg/m<sup>2</sup>)を3重貼りする仕様とした(図7参照)。

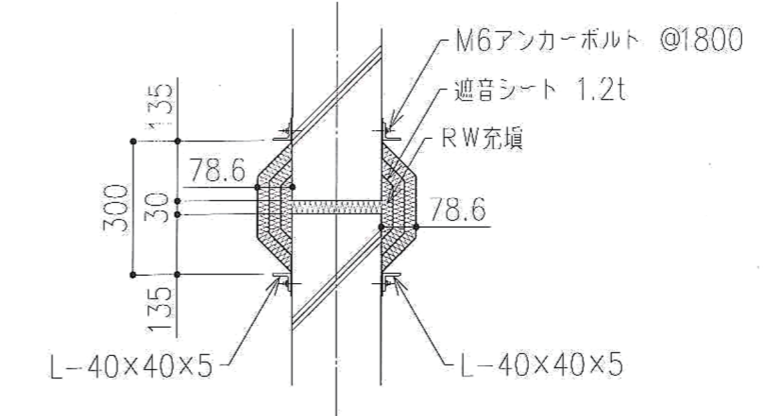


図7 層間変位スリット遮音処理

◆本体鉄骨梁貫通部

キャットウォークを支持するため、本体鉄骨梁がコンクリート躯体、および浮き遮音壁を貫通している。浮き遮音壁の貫通部については、ボードおよび軽鉄下地を確実に鉄骨から絶縁し、シーリング処理を行った。

- 各種材料の比較
- 遮音層に使用する代表的な材料の比重を示す。
- 石膏ボード：0.72
  - FGボード(無機質系繊維混入石膏板)：1.6
  - ベニヤ合板：0.7
  - 珪酸カルシウム板：0.8
  - フロート板ガラス：2.5
  - 鋼板：7.9

音の透過損失によって得られる遮音性能は、壁(または天井、床)の質量が増大すると向上する。

質量則により質量が2倍になると6dB遮音性能が増大する。

今回のば・る・るホールにおける遮音層は、

- 天井(一部壁)：FGボード10mm×3
  - 壁：同 12mm×2+10mm×2
- であるので、石膏ボードに置き換えると、
- 天井：21mm×2+12.5mm×2
  - 壁：21mm×4+15mm×1
- 程度に相当する。

遮音層に厚みを持たせ過ぎると、一部の周波数帯で遮音欠損を生じるおそれがある(コインシデンス効果)。したがって、厚みが同じであれば、より比重の大きいものを使用することが好ましいが、施工性・経済性等も考慮する必要がある。

(奥村組・共立建設・東鉄工業JV 小柴克己  
 日本板硝子環境アメニティ 建築音響東京事業部 斎藤秀和、若狭一洋、浅野多計昌)



写真5 層間変位対応スリット

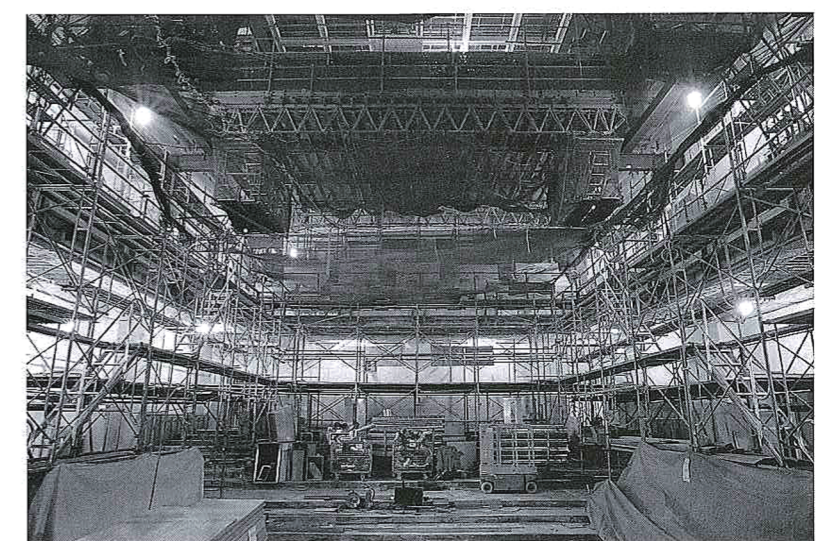


写真6 ホール内走行ステージ(見上げ)