

ば・る・るホールの防振工事

◆はじめに

本ホールは鉄骨鉄筋コンクリート造6階建ての建物のほぼ中央に位置し、完全浮き室構造（BOX in BOX）になっている。完全浮き室構造とは、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。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）も確保するというたいへん難しい工事と管理が要求された。

当社はホールおよびリハーサル室の完全浮き室の施工図作成と施工（防音防振工事）を担当した。以下にホールの施工図作成から施工までを紹介する。

◆全体の流れ

まず設計図および音響指示書を参考に施工図を作成し、毎月1回開催される「総合定例会議分科会」で調整する。本打ち合わせにて調整できなかった内容、および問題点等は次回総合定例会にて回答を提示、承認をもらえるように、1ヶ月の間に各業者間で検討、調整を行った。

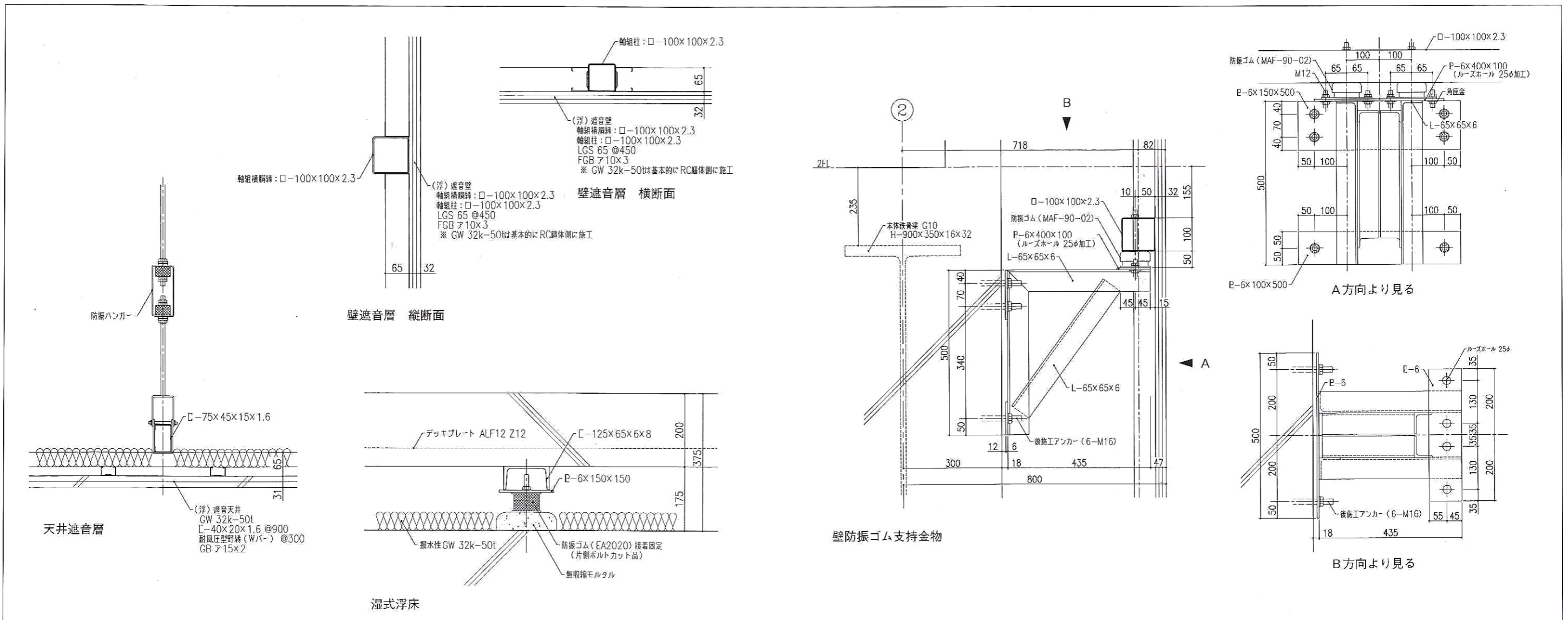
施工では毎月の「総合定例会議」開始前に永田音響設計による音響パトロールを受け、指摘事項があった場合には手直しを行い、是正後、写真を提出して、工事を進めていった。

◆施工図作成

1) 遮音構造
本ホールはJR線路敷に隣接しているため高い水準の遮音性能が要求された。そのため、鉄骨鉄筋コンクリート造の中に完全浮き室構造による浮き遮音層を形成する2重の遮音構造となっている。浮遮音層の壁は仕上げ反射壁の下地も兼ねているので、繊維強化石膏板（石膏ボードの約2倍の面密度を有する）を積層する構造が採用されている。

浮き遮音層の仕様を次に示す。

- 床：湿式浮き床
(コンクリート厚145～215t)
- 壁：繊維強化石膏板 10t×3
- 天井：石膏ボード 15t×2



2) 防振構造

本ホールは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。その詳細を以下に記す。またこの防振系の防振性能を左右する固有振動数は、低い値ほど振動絶縁性能が高くなる。この値は下記の式で計算でき、防振ゴムの動的バネ定数と支持質量によって変わるものである。本ホールでは、音の領域で有効な防振系となるように、この固有振動数を原則として10Hz以下にすることを目標とした。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K \times 1000}{m}} \text{ (Hz)}$$

f：防振系の固有振動数 (Hz)

K：防振ゴムの動的バネ定数

(N/mm)

m：防振ゴムが支持する質量

<壁>

本ホールでは、遮音性能の確保と室内音場（室内音響）をともに確保するという目的から、躯体とは振動絶縁された浮遮音層を必要とし、かつ反射面ではその遮音壁に直接仕上げ材を貼ることが要求された。

この壁の形状は、ホールの音響拡散の目的で約2m角のパネルにより凹凸が形成されている。浮遮音壁の支持方法および凹凸形状の下地の組み方について、現場での検討・管理にかなりの時間を要した。

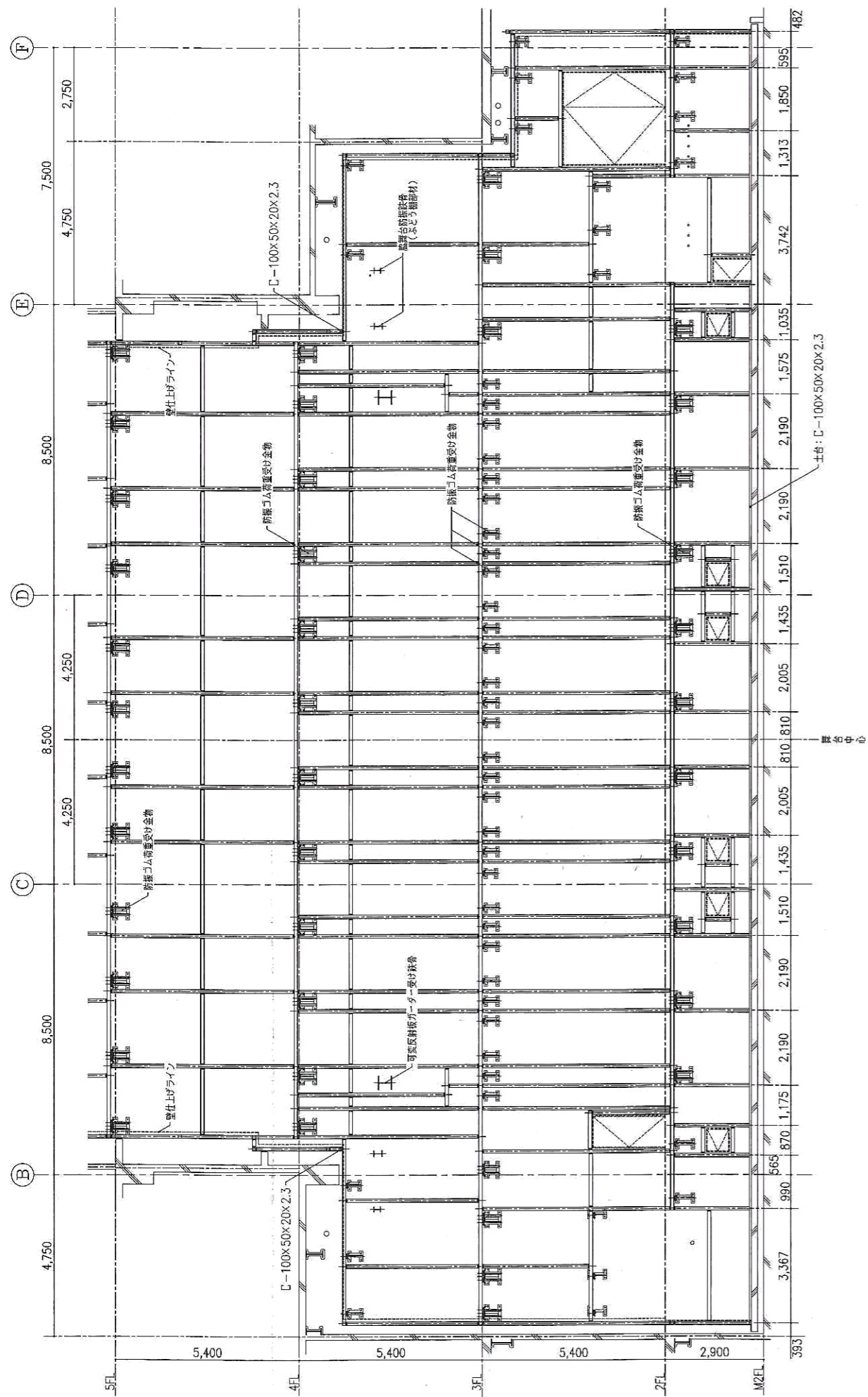
浮遮音壁は、垂直方向に約2mピッチで躯体に固定した支持金物により防振ゴムを設置し、その防振ゴムに軽量鉄骨下地の水平部材を支持させ、その水平部材間を軽量鉄骨下地の縦材で接合して格子状の下地を構成した。その格子下地より凹凸形状の下地を持ち出

した。

壁下地に浮遮音層の繊維強化石膏板 10t×3を張り、重量のある壁面を形成した。

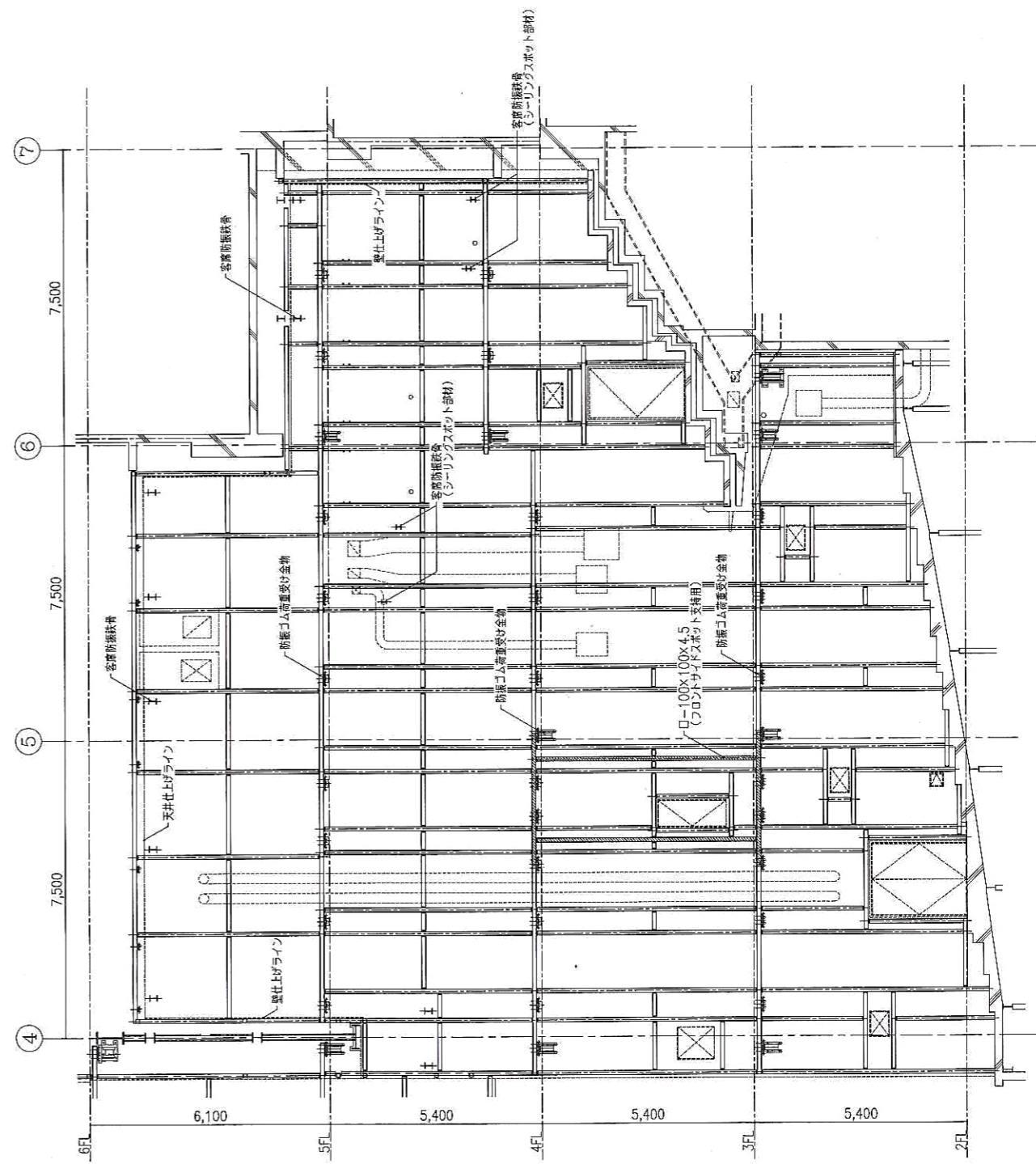
防振ゴムには、壁の鉛直荷重を受けるとともに、地震時の水平方向の荷重も受けることが可能な3方向タイプの防振ゴムを採用した（下図参照）。

従来の一般のゴムは水平力に対する耐荷重性を有していなかったため、地震時等を考慮すると水平方向の振れ止めとして別の防振ゴムか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、それらの振れ止め対策が不要となり、施工性が大幅に向上し、防振構造としてもより単純化されたため、防振性能も向上することができた。



舞台正面 壁鉄骨下地 軸組み図

注：特記なき部材は□-100X100X2.3



客席側壁 壁鉄骨下地 軸組み図

注：特記なき部材は□-100X100X2.3

＜床＞

床に関しては舞台、客席、バルコニー客席でそれぞれ違う構造になっている。

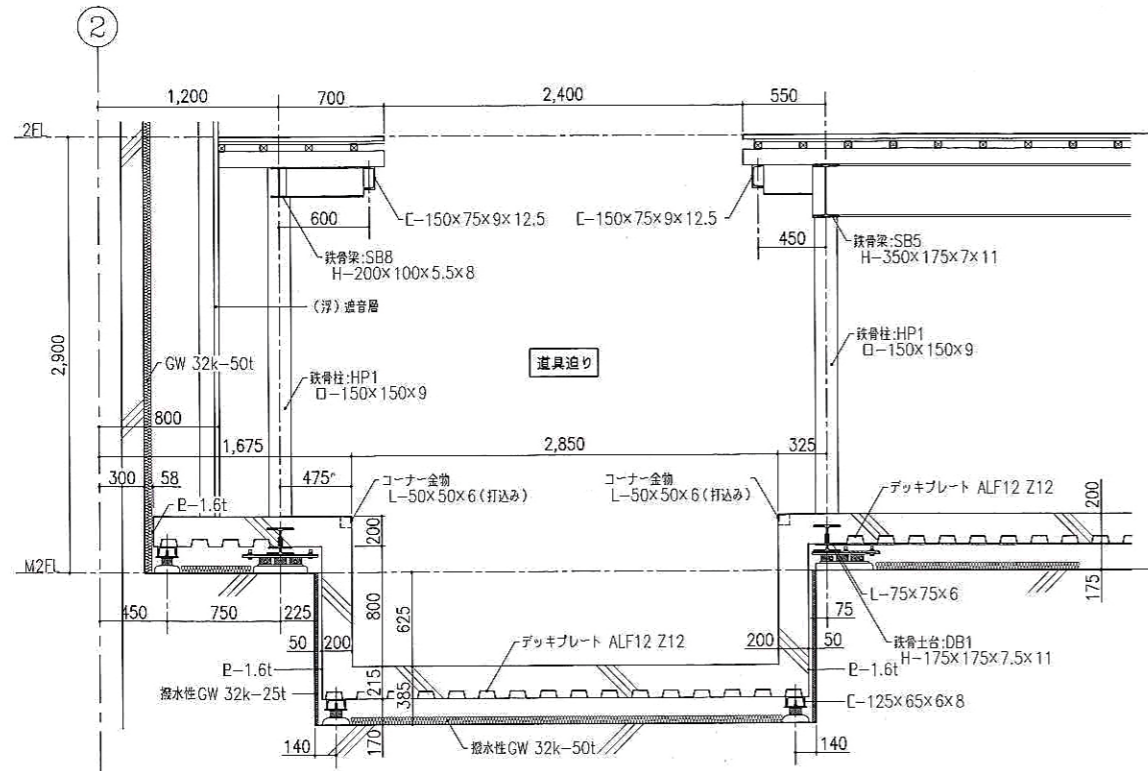
舞台部では仕上げ木床を支持するための鉄骨束柱および梁部材からなる鉄骨軸組が、浮床の上に組まれる形状となっている。束柱下部に集中的に床荷重がかかるため、防振ゴムをその下部に集中的に配置し、鉄骨軸組の土台と湿

式浮床を一体とした構造となっている。

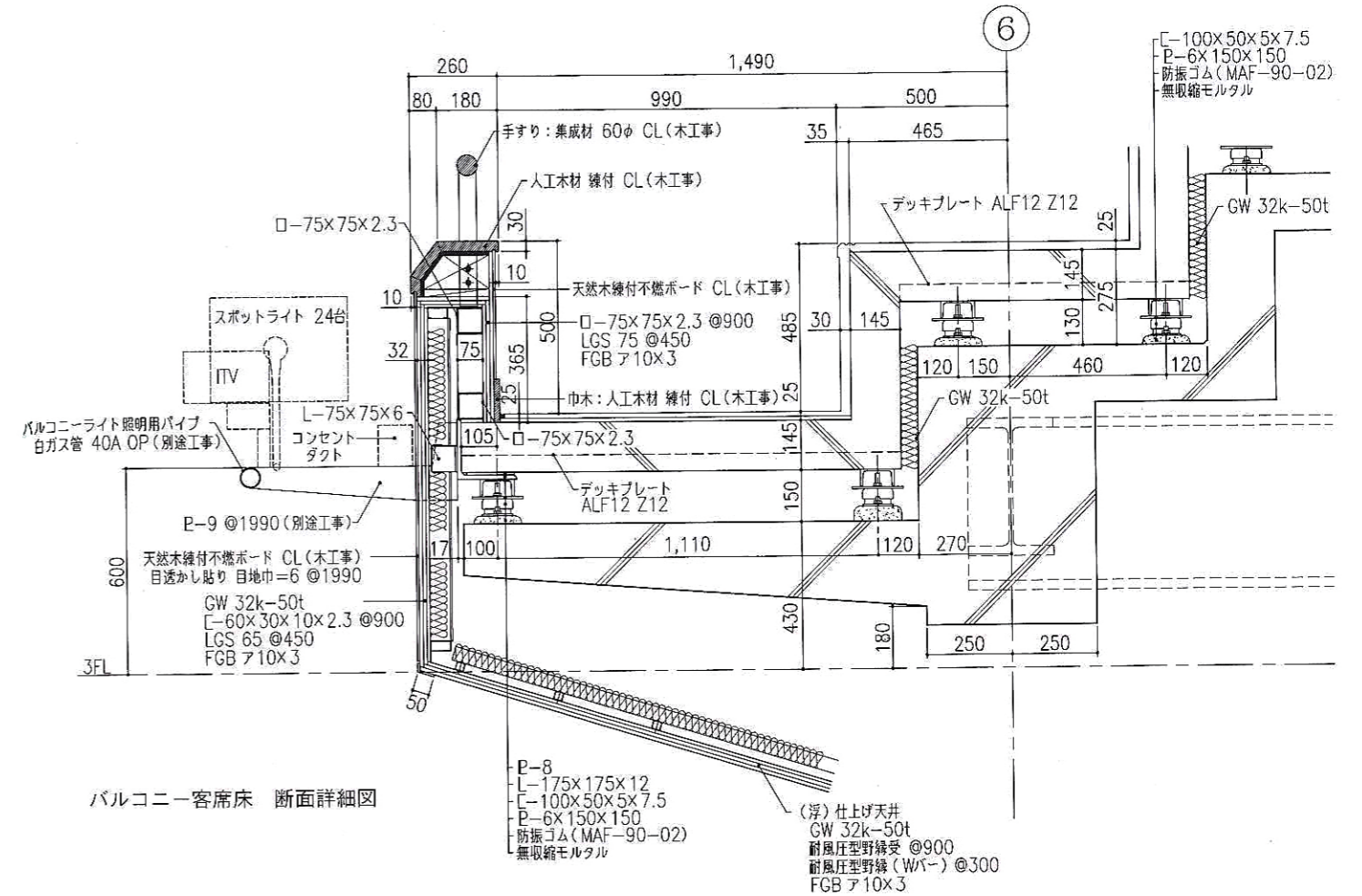
客席部も鉄骨束柱および梁部材からなる鉄骨軸組により構成されている。この部分の浮床は鉄骨軸組の梁上に浮床コンクリートを打設する構造で、舞台部と同様に、鉄骨軸組の柱下部に集中的に防振ゴムを配置する構造となっている。

バルコニー客席部は段床のため、振れ止めも兼ねて3方向タイプの防振ゴムを約1mの間隔で均等に配置し、その上に鋼製下地を組み浮床を構成している。

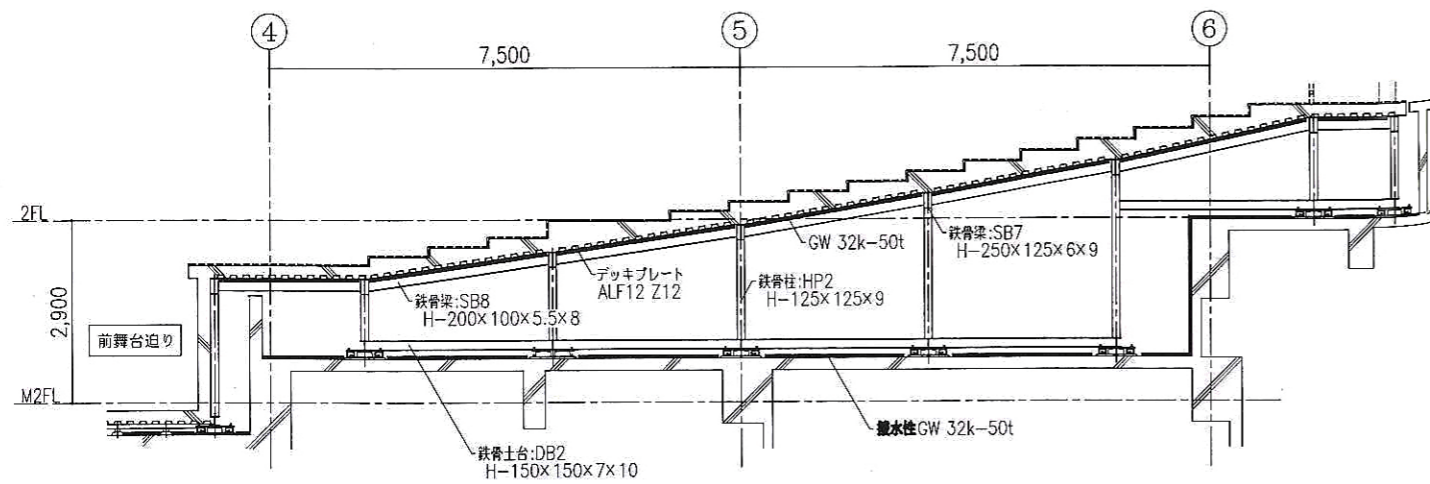
舞台および客席部の浮き床にはかなりの荷重がかかるため、地震時にストッパーとして働くように、躯体とは非接触の防振ストッパーを設置した。



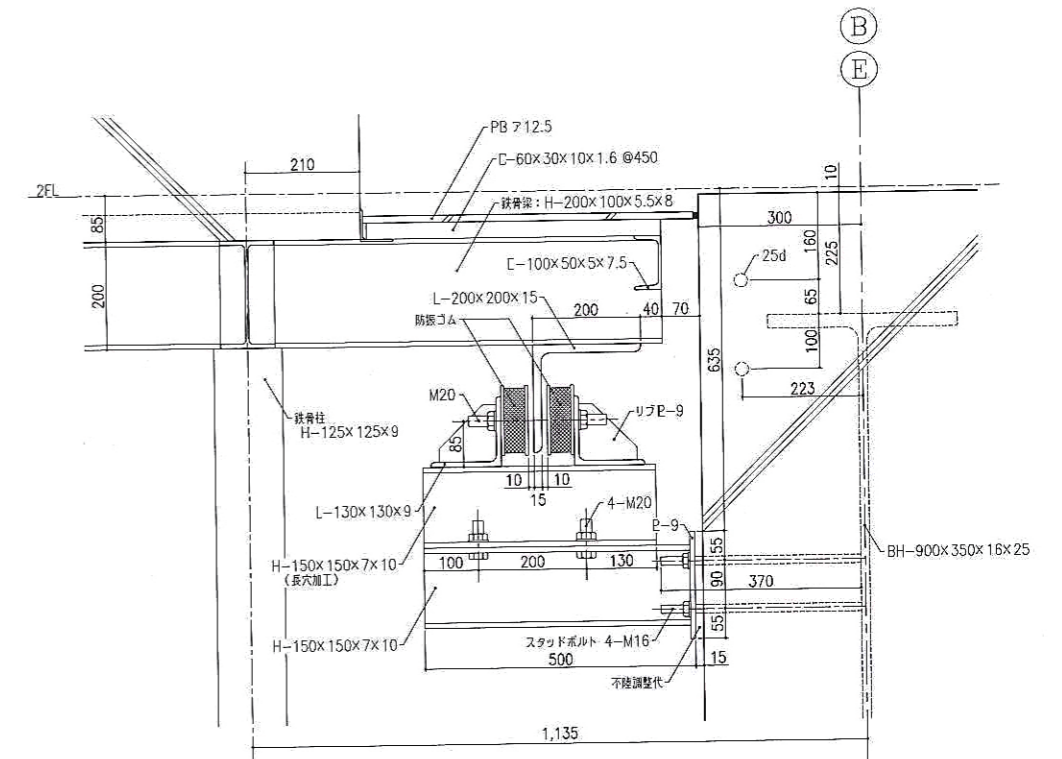
道具迫り部床 断面図



バルコニー客席床 断面詳細図



客席床鉄骨軸組 断面図



客席浮床端部防振ストッパー 詳細図

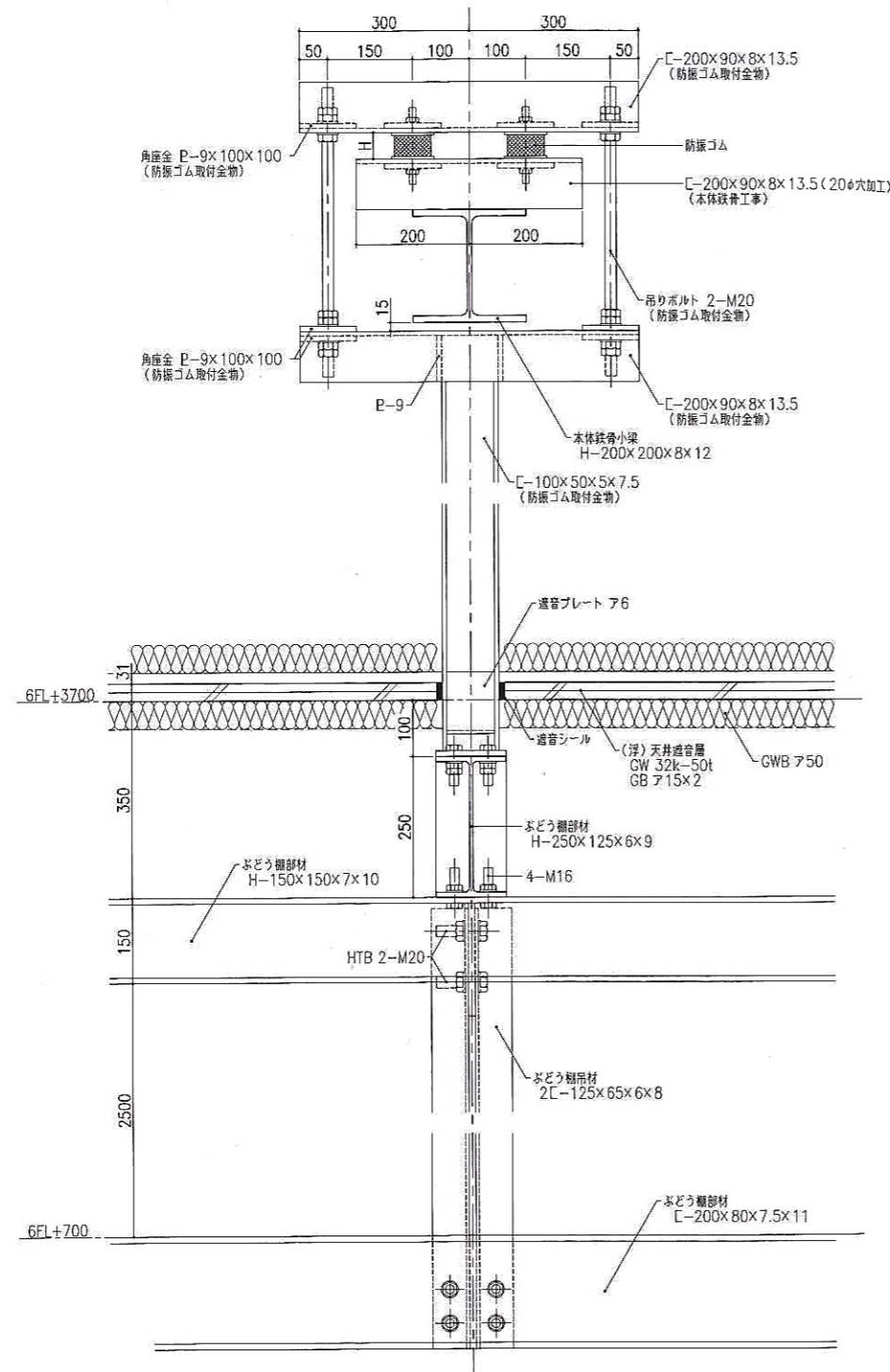
<天井>

天井に関しては吊り型防振ハンガーで支持する構造とした。ただし、客席仕上げ天井に関しては、次に述べる防振鉄骨からの支持としている。

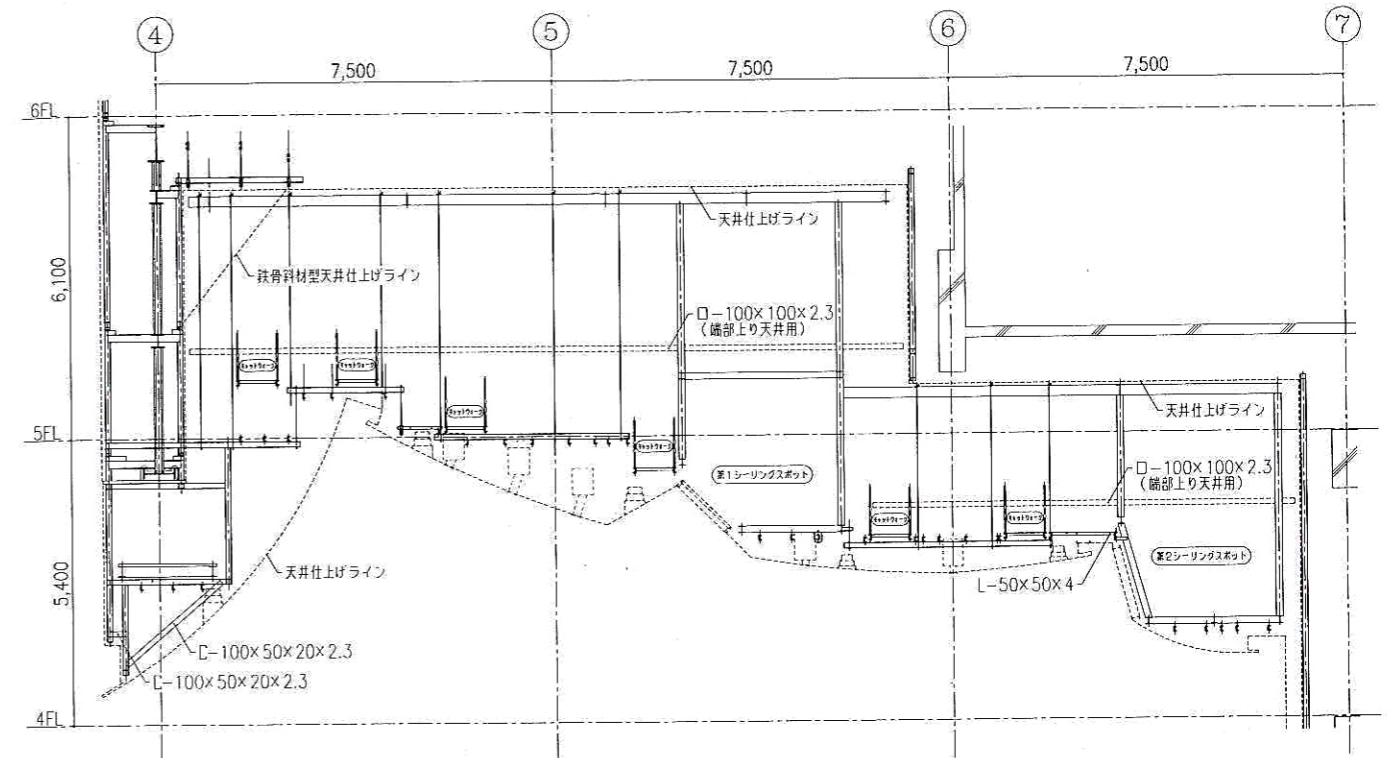
<防振鉄骨>

本ホールでは壁、床、天井の他にも防振支持されているものがいくつかある。舞台においては上部のすのこ、舞台機構を、客席においては仕上げ天井裏のキャットウォークおよびシーリングスポット等を支持するため、浮遮音天井とは別に、本体鉄骨から防振吊りしている鉄骨がある（以下、防振鉄骨と表記）。この鉄骨は吊り点にかなりの荷重がかかるため、吊り型防振ハンガーではなく、浮床で使用しているのと同じ丸型防振ゴムで支持する構造としている。

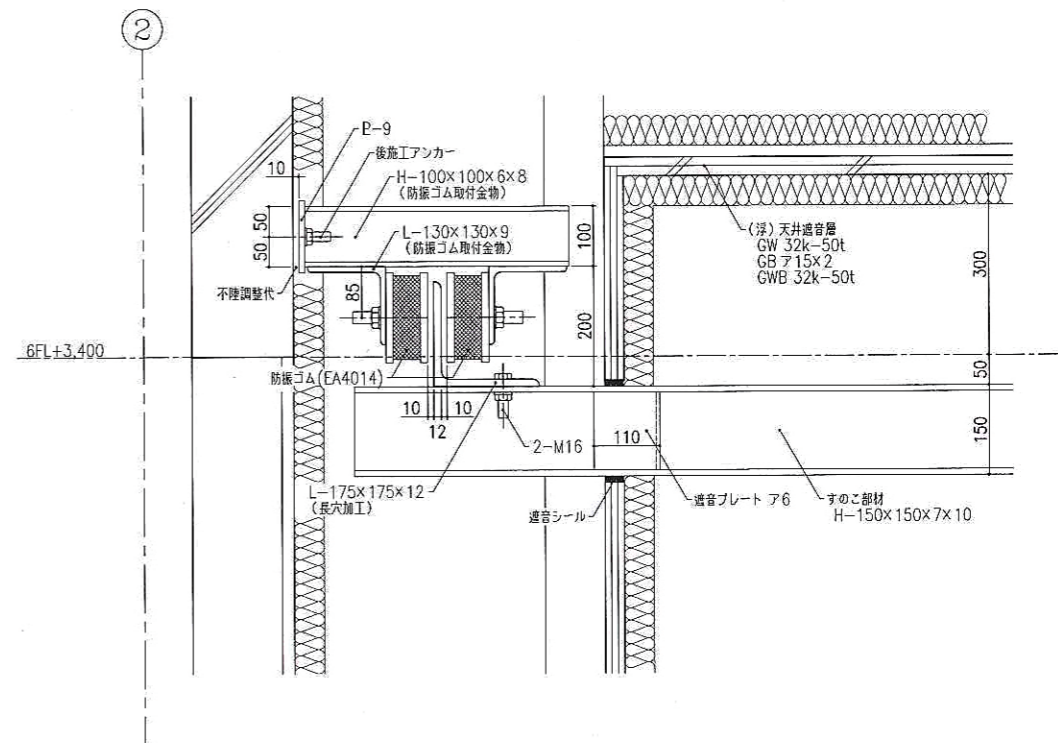
支持方法は、本体鉄骨に支持した防振ゴム取り付け金物の上に丸型防振ゴムを2個設置し、その防振ゴムに支持された金物により防振鉄骨を吊る形となっている。また、防振鉄骨端部と躯体との間には、躯体とは非接触の防振ストッパーを設置している。



防振鉄骨 防振支持部 詳細図



客席仕上げ天井下地 断面図



防振鉄骨端部 防振ストッパー 詳細図

脇舞台上部のすのこも同様に防振支持されていて、舞台機構の側面反射板等を吊っている。側面反射板の重量は大きく、使用状況に応じて各防振支持点での荷重は大きく変化してしまうが、どの使用状態においても防振ゴムの固有振動数を低く抑えることが求められた。

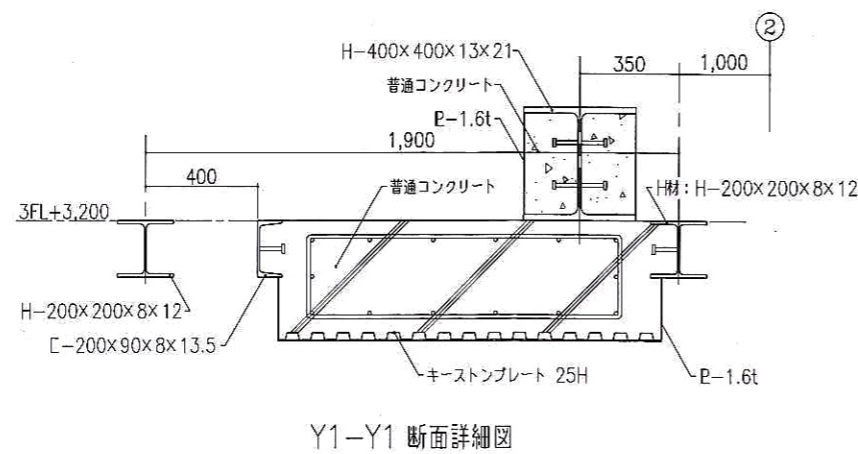
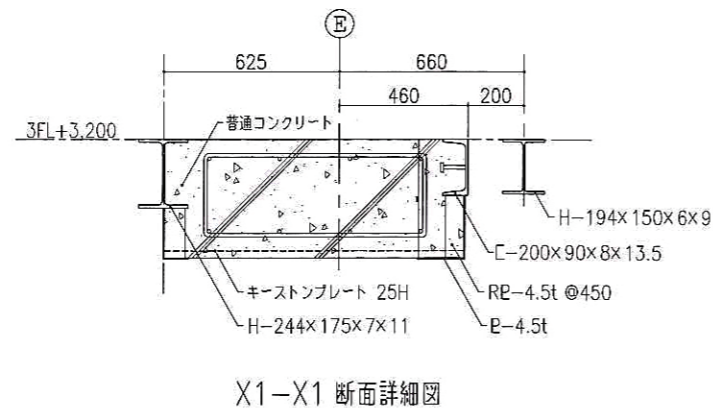
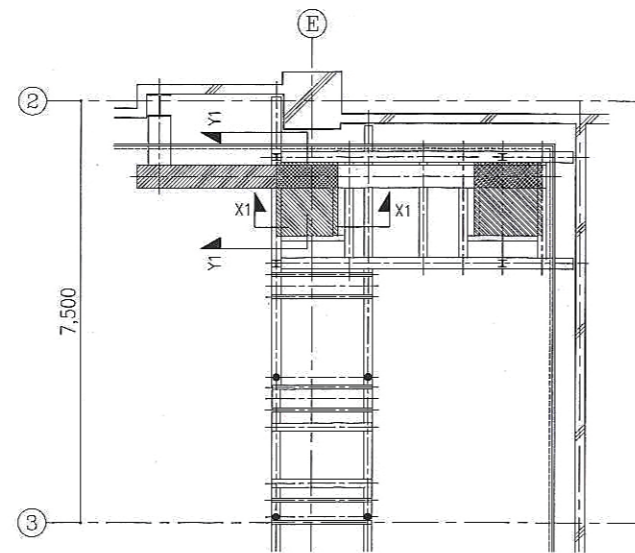
変動荷重が大きい条件下でこの要件を満足させるため、本ホールでは防振鉄骨部の一部のすのこ内部にコンクリートを打設し、固定荷重を大きくすることで対応している。

舞台前面両手にある可動プロセニアムを支持する防振鉄骨柱（中2階～6階）も本体鉄骨から独自に防振支持されている。ただし、柱下部は舞台浮床に固定されており、その部分は集中的に防振ゴムが配置されている。この鉄骨柱は可動プロセニアムの回転軸となるため、水平方向の荷重にも耐えるように、3方向タイプの防振ゴムを使用した。

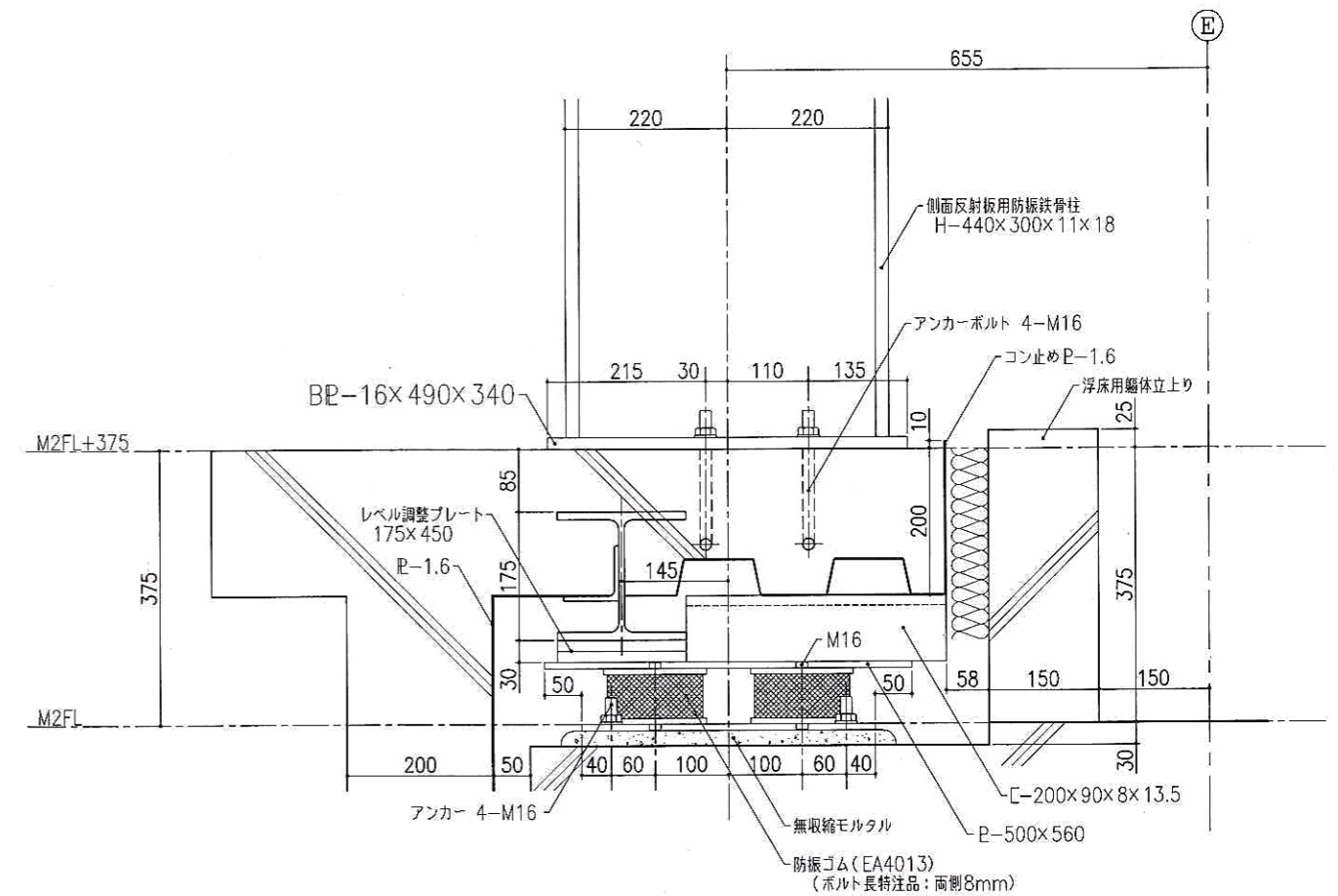
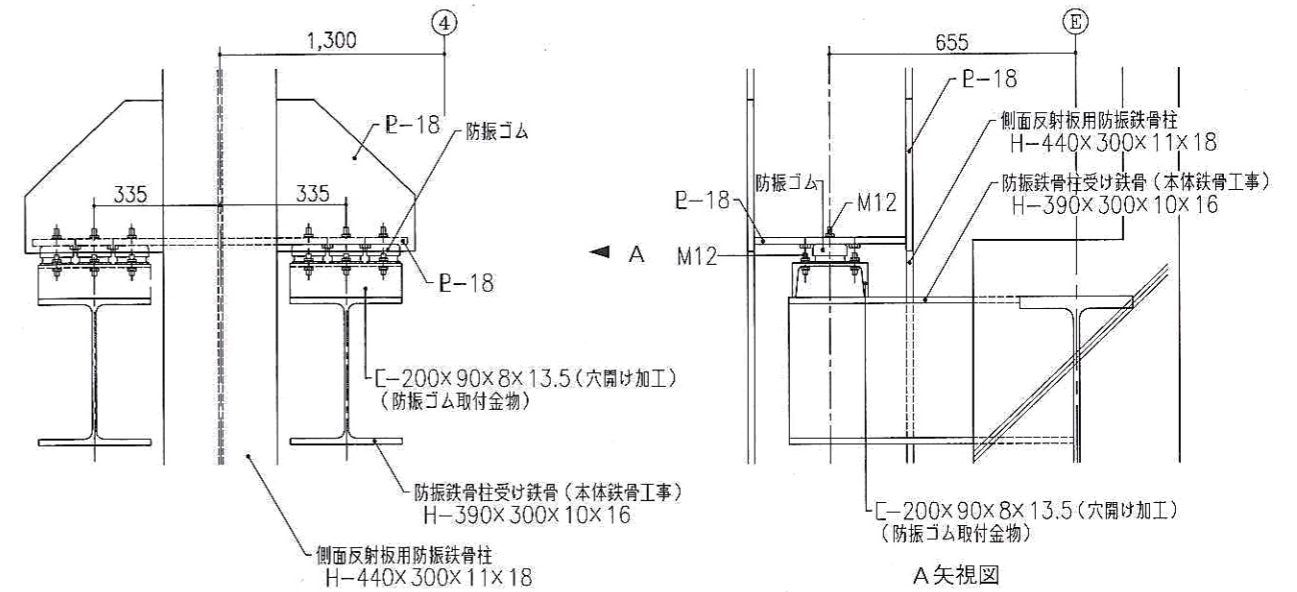
3) 防振ゴムの選定

上記のような防振構造を実現するため、それぞれの部位に求められる防振ゴムの選定が必要がある。防振ゴムの選定における支持質量としては、支持面積がほぼ同一とみられる範囲で分割し、その部分ごとに全体質量を求め、各部分に配置されるゴムで均等に負担させることを前提にした。

この支持質量から、固有振動数が目標値以下となるように、防振ゴムの個数および種類を決定した。施工上も性能上も、壁、床、天井とも同一面内では、防振ゴム1個が支持する質量をできる限り均等にすることが望ましく、配置に配慮した。



脇舞台すのこ コンクリート打設部



◆施工

1) 防振遮音工事

防振遮音工事の施工管理において、要求された性能を達成するために、最も基本的で重要な品質管理項目は以下の3点に集約される。

1. 床・壁・天井とも、各防振ゴムに均等かつ適正に荷重を分担させる。
2. コンクリート躯体あるいはドライウォール工法による間仕切り壁によって形成される固定遮音層と浮遮音層の双方に欠損を生じさせない。
3. 固定遮音層、浮遮音層相互の絶縁を確認し、固体伝搬による性能低下を生じさせない。

今回施工を行った多目的ホールの特徴として、

- ①舞台上部・客席上部のメンテナンスエリア(すのこ、キャットウォーク等)の鉄骨構造を本体構造鉄骨から防振吊して本体との振動絶縁を図り、
- ②舞台床・客席床は防振ゴム上に配置した鉄骨によって嵩上げし、
- ③床下空間を空気調和設備のチャンバーと舞台機構のメンテナンスエリアとして計画されていたことが挙げられる。

舞台の側面反射板、側面プロセニウムは各々可動式、開閉式となっており、それらの取り付け下地は建築工事として防振支持されている。

2) 防振吊鉄骨

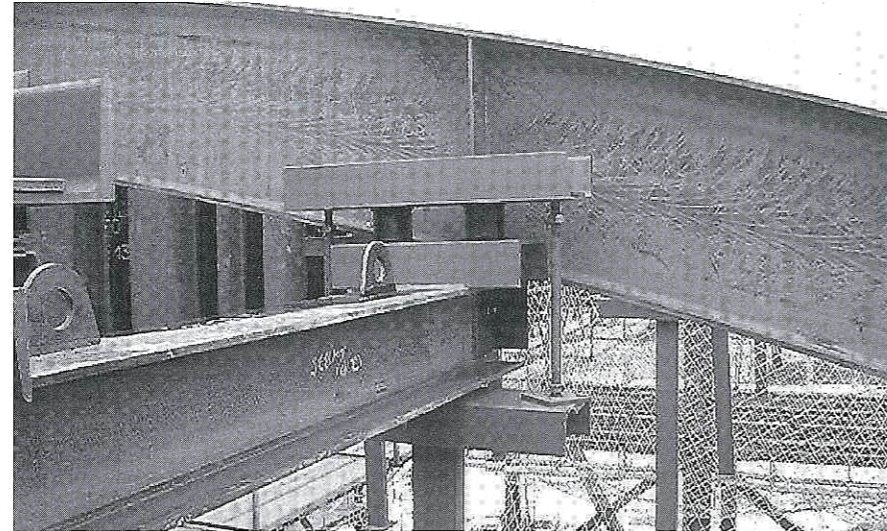
施工手順の簡素化、簡略化の観点から本体鉄骨に取り付く防振吊鉄骨の支持ピースおよび一部の防振鉄骨をコンクリート躯体に先行して、本体鉄骨吊り上げ前に地上にて取り付け施工する工程計画が立てられた。しかし工程上、施工時期は冬期間中になった。

防振ゴムの組成は天然ゴムである。施工後約3ヶ月間外部で風雪に曝されるため、防振ゴムの劣化が生じないように、防振ゴムメーカーに確認をとり施工計画を進めた。防振ゴムが長期間雪に覆われることが懸念されたため、防振ゴムの周囲に粘着テープを巻き表面の品質劣化を予防することにした。音

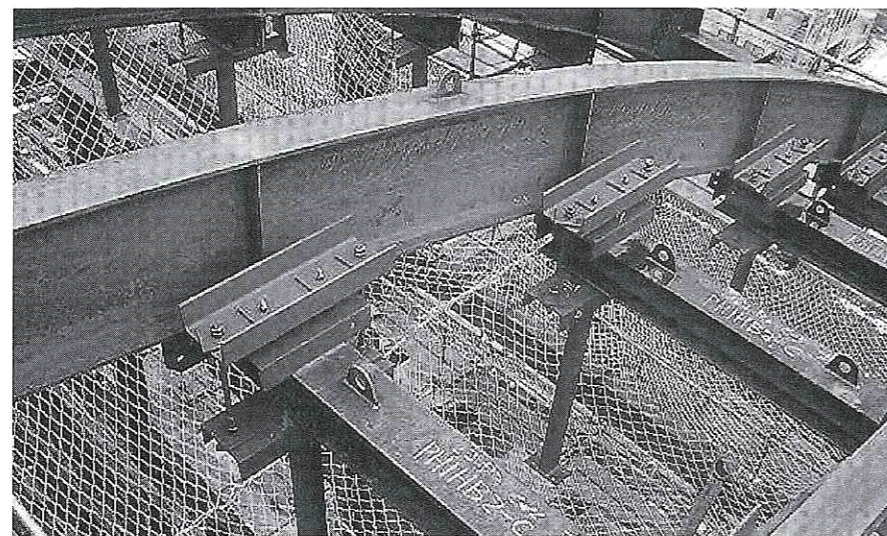
響設計監理者の指示により施工後、テープを除去した。そのため施工性を考慮して、粘着力の弱いテープを選定した。施工場所が海沿いの地上約25mでありつねに強風の恐れがあり、JRの線路敷地に隣接しているため、テープが

剥離、飛散して架線事故等を引き起こすことが無いよう粘着力の弱いテープでゴムを養生した後、そのテープのジョイント部分を粘着力の強いテープで貼り合わせる方法を採用した。

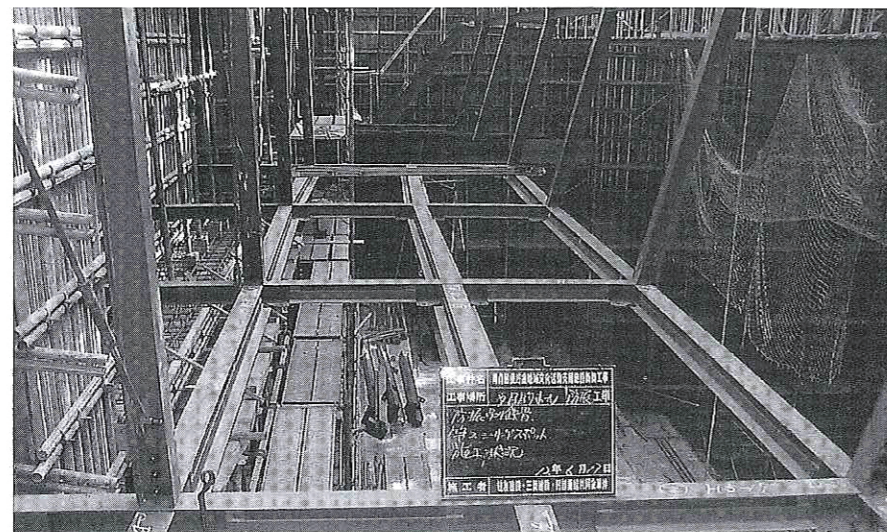
吊り下げる鉄骨に関しては、長尺資



防振吊鉄骨 防振支持部



防振吊鉄骨上部



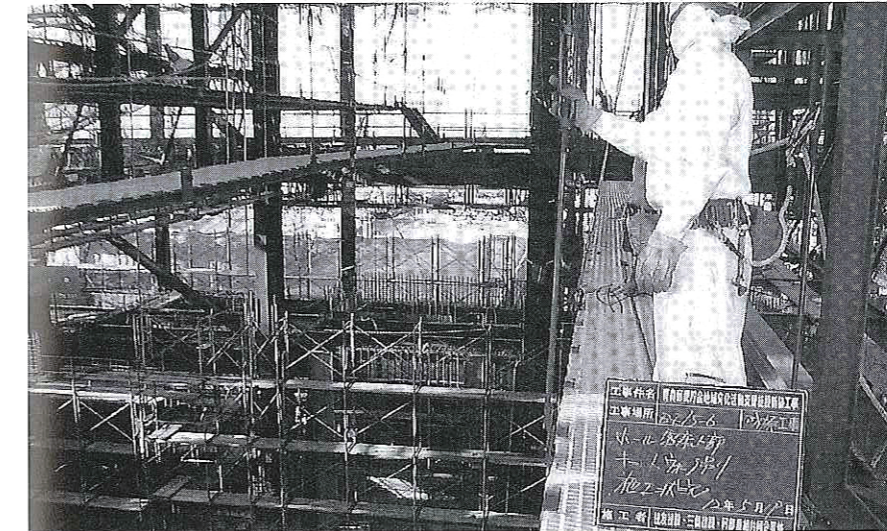
防振吊鉄骨 第2シーリングスポット施工状況

材を中心として、搬入経路、方法が容易な屋上スラブコンクリート打設前に、先行して施工した。

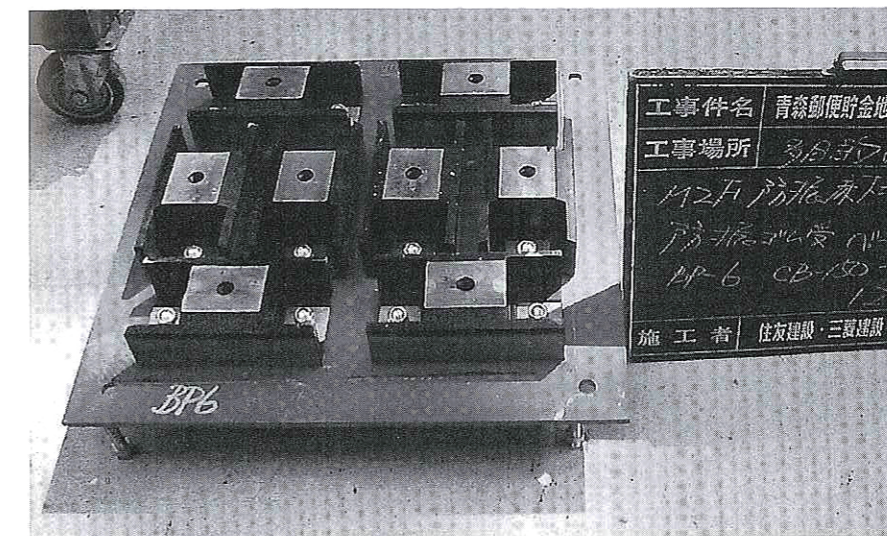
ただし、屋上スラブコンクリートを打設した後、本体鉄骨梁自体がコンクリートの荷重でたわむことが予想され

たので、防振鉄骨のレベル調整は躯体工事完了後に行った。

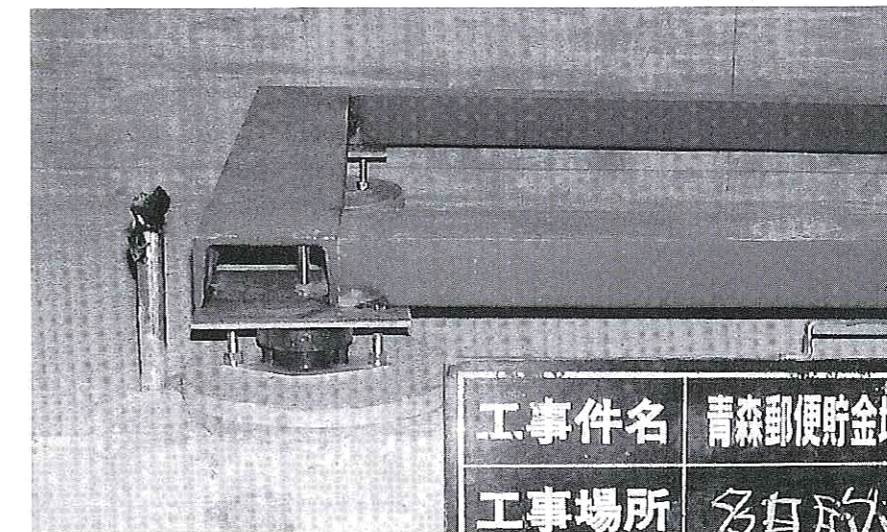
レベル調整を考慮して、施工範囲はすべての防振吊鉄骨とせず、吊材の負担する荷重がレベル調整作業を行うに当たって障害にならない程度に留め、



客席上部キャットウォーク施工状況



客席床鉄骨軸組下部 防振ゴム受け



バルコニー席 防振床下地

以降の作業は躯体工事完了後に行うことにした。

3) 防振床鉄骨

多目的ホール内の防振床の仕様は3種存在する。

- ・舞台部：防振ゴム上に鉄骨柱を建て込んで木工事仕上げ下地用の梁をかけ、根がらみに渡した梁を利用してコンクリートスラブを設置。
- ・客席部：舞台と同様に柱を建て込み、梁上にコンクリートスラブを設置。
- ・バルコニー席部：本体床スラブ上に配置した防振ゴムの上に鋼製の根太材を流し、その上にコンクリートスラブを設置。

客席・舞台の鉄骨建て方に際しては、当初ミニクレーンを使用する施工方法も検討されたが、客席～舞台間でスラブに段差があり、防振床の耐震ストッパー受けを兼ねた立ち上がり躯体壁があったため見送られ、基本的には人力に頼る建て方作業となった。特に客席部分に関しては横持ち搬入経路が確保できなかったため、屋上スラブ施工前に当該施工個所に搬入する方法を採用することになった。

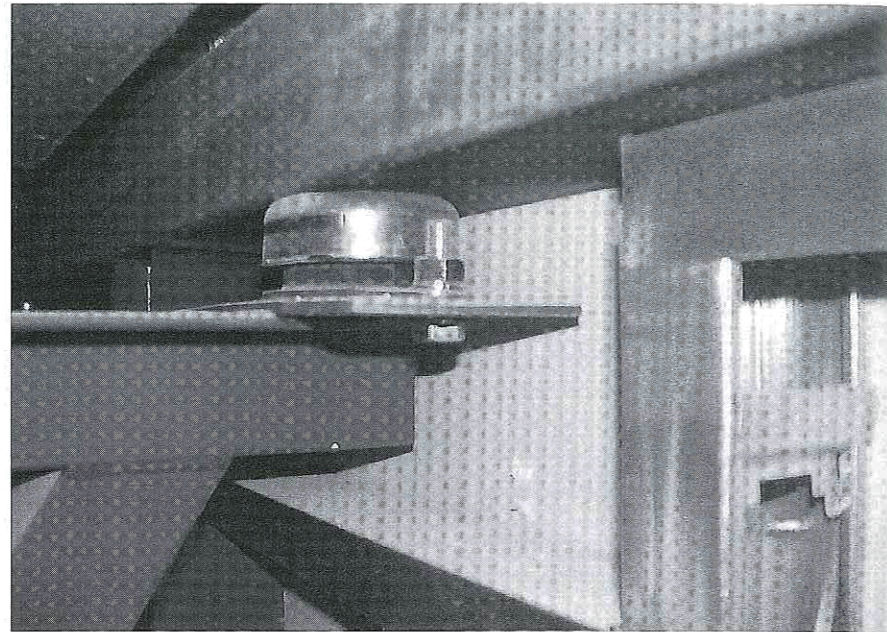
鉄骨支柱の支持方法は、本体床スラブ上にレベル調整と防振ゴムの固定とを兼ねた鋼板を後施工アンカーにて固定、無収縮モルタルを注入し隙間を埋めた上で土台プレートを取り付けた支柱を配置するようになっていたので、下部鋼板の固定用ボルト(固定側)と上部鋼板(浮側)のクリアランス確保の厳守が品質管理の主内容になった。

バルコニー席部は段床になっている本体スラブなりに防振スラブを段床形状に施工した。特にクリアランスが小さくなる可能性があった蹴上げ部分のクリアランスを確保すること、および蹴上げ～踏み面の取り合い部分でコンクリートが流出し本体スラブと浮床スラブが接触しないように下地の目張り状況を確認することが重要であった。

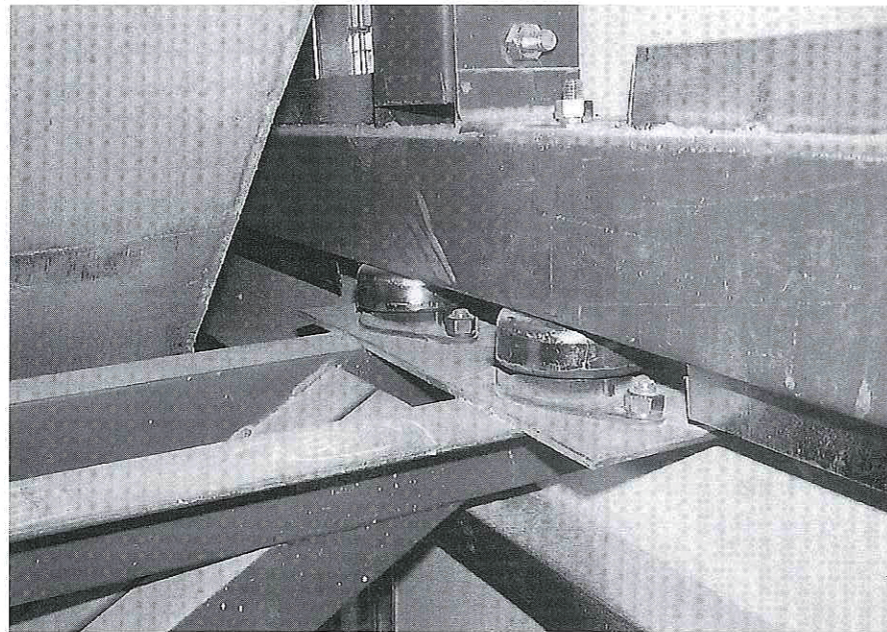
4) 防振壁

壁面および張り出しスラブに削り付けられたブラケットピースに防振ゴムを設置し、壁面の荷重がそれらの防振ゴムに均等に伝達されるようにした。また鋼製軽量壁下地材ではまかない切れない高さを施工するため、水平に荷重受け鋼材を設置し、鋼材に間柱を配置して鋼製軽量壁下地を施工した。

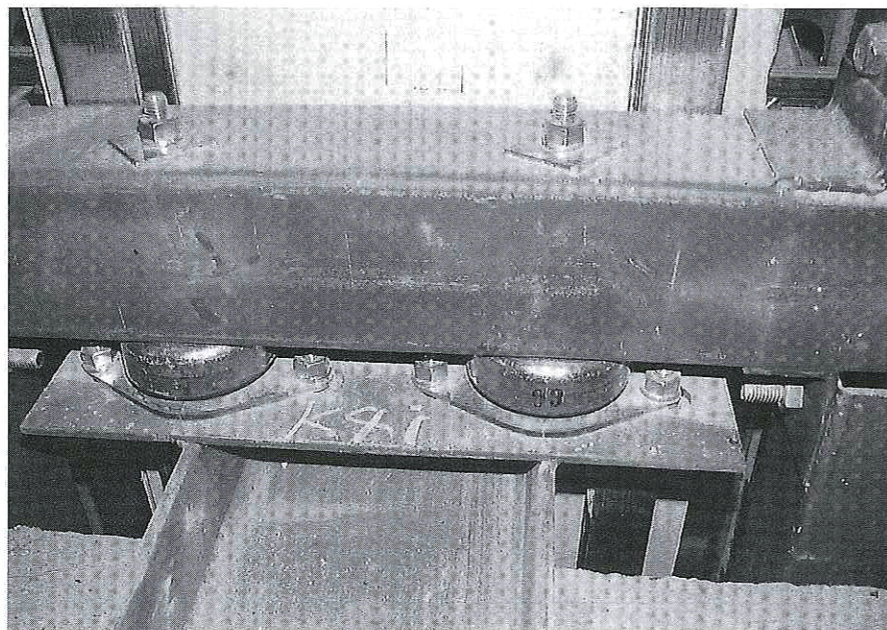
今回の施工に当たっては遮音層がそのまま仕上げ層の下地にもなるため、施工精度が要求された。壁面がほぼ全面にわたって連続した大きな凹凸形状になっているため、下地の施工および最終的なボード貼りにはかなりの管理時間を必要とした。



壁防振ゴム支持金物



壁防振ゴム支持金物



壁防振ゴム支持金物

5) 舞台機構下鉄骨

舞台側面開閉プロセニウム支持鉄骨と舞台側面反射板レール受け鉄骨が主な工事内容である。工事に使用した鉄骨は内装工事としてはかなり大きな部材であり(前者：H-440×300×10×16、後者：H-400×400×13×21)、特に前者は中2階～6階の通し材で、高さは約25mであるため、搬入・施工とも、建築工事共同企業体と十分な協議を行った。

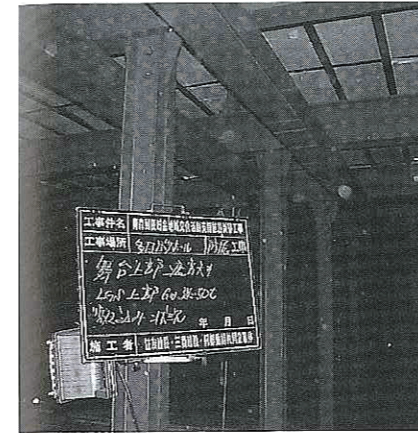
前者に関しては中2階の防振スラブおよび各階に配置された鉄骨片持ち梁の上に設置された防振ゴムで荷重を分担するようになっている。資材を3節に分割した上で屋上スラブの施工前に搬入した。工程的には中2階の防振スラブの施工と前後してしまうため、宙に浮かせた状態で仮配置し中2階スラブ打設後に建て入り調整、仮固定材の撤去を行った。

後者に関しては可動反射板のレール自体が移動するため、レールの位置に

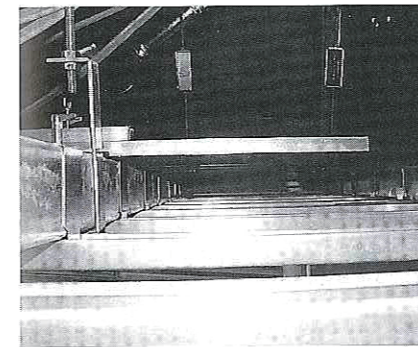
よって防振ゴムに対する荷重の不均衡が大きくなりすぎ、レールが動くたびに鉄骨のレベルが変動して、レールが円滑に移動できないことが予想された。そのため、H型鋼のフランジ間にコンクリートを打設して、カウンターウェイトの役割を持たせた。

位置的には天井ふとところが小さい脇舞台上部であるため、まずウインチを使用して取り付けレベルに近い仮設ステージに吊り上げた後、レバブロック、チェーンブロックにより水平に引き込むことにした。ステージの耐荷重の問題もあったため全重量を預けることは避け、水平に移動しつつウインチのワイヤーを徐々に伸ばす方法を採用して施工した。

日本板硝子環境アメンティ(株)
木元肖吾、斎藤秀和、
若狭一洋



舞台上部 遮音天井下地 施工状況



浮遮音天井 施工状況

