

2001年3月24日芸予地震被害調査報告

－体育館など大空間を構成する建築物の天井落下－

平成13年5月25日

国土交通省国土技術政策総合研究所

独立行政法人建築研究所

2001年3月24日芸予地震被害調査報告

— 体育館など大空間を構成する建築物の天井落下 —

国土交通省国土技術政策総合研究所
独立行政法人建築研究所

1. はじめに

平成13年3月24日午後3時半頃に安芸灘を震源とする地震（平成13年（2001年）芸予地震（M6.4）：図1.1に各地の震度を示す）により、安芸灘を挟み対岸に位置する広島県及び愛媛県では、音楽ホールや体育館などの天井や内装材が落下する被害が発生し、これらの施設の利用者がけがを負った。これまでも、各種地震被害調査報告書^{例えば、1）、2）}には、体育館の天井落下の被害写真などしばしば報告されていたが、けが人の報告などはなされていないし、天井落下の人命への危険性についても具体的な対策まで含め突っ込んだ記述は見られていない。これらの地震では、建築物の構造的被害が顕著であり、また、地震発生が幸いにも施設利用者の少ない時間帯であったなどの理由により、天井落下が発生していても重傷のけが人なども生じず、単なる天井落下による損害として処理されていたものと思われる。

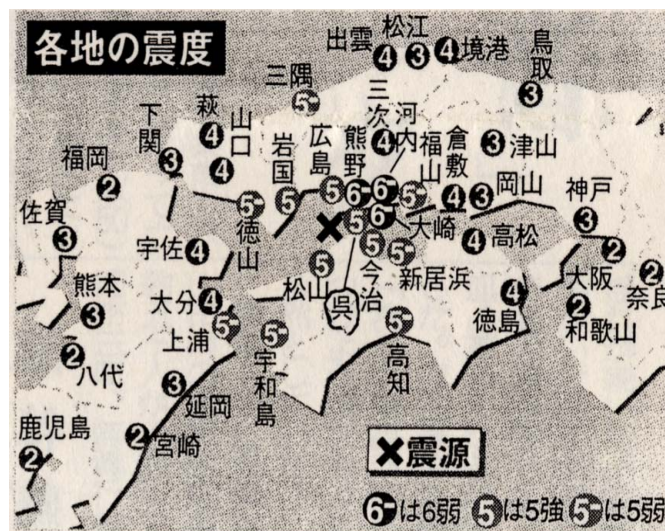


図 1.1 芸予地震による各地の震度（平成13年3月25日の読売新聞）

地方紙のみならず全国紙にも体育館の天井落下が取り上げられ、また、国土交通省住宅局建築指導課より調査依頼があったので、体育館など大空間を構成する建築物の天井落下に調査対象を絞り、愛媛県に建設されている被害体育施設4棟の調査を平成13年4月11日から13日までの2泊3日で実施した。

今回調査した体育館は、学校体育館などと比べて規模が大きく、学校体育館が、スパン方向ラーメン構造、桁行方向筋かい構造、天井なしと画一的であるのに対し、調査した体育館では、立体トラスを用いるなど構造的にもそれぞれ特徴を有しているとともに、ホールとしても用いられるため音響的対処もなされて、天井のデザインにも工夫が凝らされている。また、愛媛県という地域の気候的条件のためとも考えられるが、体育館の屋根中央に自然採光、換気のためのスペースが設けられ、このために構造的に必要な措置もとられていた。

以下の報告では、これらの特殊性に言及しつつ損傷状況、考え得る原因と対策について記述する。対策としては、天井などを落下させないことが最も望ましいが、施設の利用者に危害を及ぼさないという点が基本である点を考慮し、落下物の質量・落下高さ・落下物の素材などを考慮して実行可能な対策の考え方を示すこととした。

2. 調査建物概要と被害状況

表 2.1 には各調査建物の構造概要と被害状況を総括表としてまとめて示す。以下では、各調査建物毎に構造概要及び被害状況などを記述する。

表 2.1 被害状況総括表

建物	A 体育館	B 武道館	C 体育館	D 体育館
構造	<p>構造 鉄筋コンクリート造 屋根 鉄骨トラス梁 天井の工法 軽量鉄骨下地せっこうボード張 落下した部分のみ曲面を構成</p> 	<p>構造 鉄筋コンクリート造 屋根 鉄骨ラーメン造 天井の工法 軽量鉄骨下地せっこうボード張 中央部分は金属製ルーバー ルーバーと天井の間は木製の枠で収めている</p> 	<p>構造 鉄筋コンクリート造 屋根 鋼管立体トラス (システムトラス) 天井の工法 600mm間隔のハット形鋼の間にグラスウールボードの天井材を T バーをはさみながら並べている</p> 	<p>構造 鉄筋コンクリート造 屋根 鉄骨トラス梁 東西南北二方向に2本のトラス梁が井桁に交差、H形鋼材による小梁。丸鋼によるブレース材を取り付け。屋根面は、4本のトラス梁で囲まれる部分で段差あり。 天井の工法 クロス T バーにグラスウールボードを載せたシステム天井、グラスウールボードと T バーの間にはシーリング材が10cm程度の間隔で点付けされていた</p> 
被害状況	<p>舞台前部に曲面に張り付けたせっこうボード天井が野縁とともに落下</p>	<p>軽量鉄骨下地せっこうボード張天井の落下 天井中央の白いルーバーもばらばらになってぶら下がっている</p>	<p>システム天井の天井材の脱落 中央の2枚と傾斜部分の1枚が脱落、落下以外にも T バーが天井材の下に潜り込んだり天井材が移動しているものが散見された</p>	<p>システム天井の天井板2枚の脱落 (うち1枚は落下しかけているものを落としたもの) 落下防止金物と屋根の T バーの断片 (施工時に残置されたものと思われる) の落下</p>
落下物	<p>せっこうボード、野縁 落下面積120㎡、質量約1.7ton、落下高さ11m</p> 	<p>せっこうボード、ロックウール吸音材、落下面積160㎡、質量約1.6ton、落下高さ最小4.2m</p> 	<p>グラスウールボード3枚、1800×600×25mm、1500×700×25mm、質量1.7kg/枚 Tバー長さ600mm、厚さ0.5mm 落下高さ20～21m</p> 	<p>グラスウールボード2枚、890×1790×25mm、質量2.5kg/枚 落下防止金物と屋根の T バーの断片 落下高さ15m</p> 

(1) A体育館

RC造3層の上部に鉄骨屋根を配置したアリーナを含む複合施設である。図2.1.1に示すように、アリーナ部分の面積は、約726m²（スパン方向22m×桁行方向33m）となっている。鉄骨屋根の構造は、図2.1.2に示すように、スパン方向ではH形鋼で構成されるトラス梁を桁面のRC柱直上でピン支持し、約6m間隔で配置している。一方、桁行方向では、H形鋼より成るつなぎ梁が配置されている。

アリーナ部分の天井は、図2.1.2に示すように、複雑な断面形状を呈しており、桁行方向の北端であるステージ側の端では、R=6mの曲面状となっている。この部分をアリーナ側から見ると図2.1.3に示すように中央にスピーカー用の開口を有している。

主な被害は、写真2.1.1に示すようにステージ側の曲面状の天井（軽量鉄骨下地+せっこうボード（厚さ12.5mm+9.5mm：強化せっこうボード+不燃せっこう積層板））部分において、せっこうボードが野縁とともにほぼ一体となって落下した点である。落下部分の面積は、約120m²と算定され、落下総質量は少なく見積もっても約1.7ton、落下高さは平均で11m程度となっている。アリーナ上部の他の平面状の天井部分については、仕様はほぼ同様（一部、有孔ケイカル板+グラスウールの天井部分もあった）であったが、目地ずれ（写真2.1.2）以外に落下等の目立った被害は外観上なかった。

アリーナ部分の天井裏のキャットウォーク（図2.1.2参照）より天井裏を調査したところ、以下の各状況が観察された。なお、天井材として用いられていたせっこうボードについては、例えば、写真2.1.3のように適合規格や比重なども把握できた。

- －吊ボルト（図3.2参照）と水平方向の振止めとの溶接部破断、溶接部のさび止めスプレーより把握（写真2.1.4）
- －吊ボルトの斜めの振止めなし（写真2.1.5）
- －クリップ（図3.1参照）の変形・破損（写真2.1.6）
- －有孔ケイカル板の天井上に置かれた厚さ50mmのグラスウール32kg/m³の移動（写真2.1.7）
- －スパン方向トラス梁のピン支点到に損傷なし（写真2.1.8）
- －天井裏の空調ダクトは天井とは蛇腹で絶縁（フレキシブルダクト）されていた（写真2.1.9）

天井材が落下した曲面天井部分に着目し、天井材の支持条件を確認したところ、以下の点が指摘できた。

- －R=6mの曲面に沿う形で約90cmピッチで野縁受けが曲げられて配置されていた。（写真2.1.10）
- －曲面となる野縁受けに沿うようにせっこうボードも長尺方向に曲げられ、約30cm間隔で配置された野縁にビス止めされていた。（写真2.1.11）また、野縁は野縁受けに大小のクリップ（写真2.1.12）で接合されていた。これらの点は、落下した天井材より確認した。
- －曲面部分の野縁受けは、ステージ端ではRC梁に埋め込んだ金物に溶接固定され、他端ではアリーナ中央部の天井を支える野縁受け（屋根より吊ボルトで支持）に溶接されていた。（写真2.1.13、写真2.1.14）
- －曲面部分の野縁受けの中間部を支持する吊ボルトは、RC梁やキャットウォークから比較的短い間隔で配置されていたが、天井曲面が鉛直に近くなるアリーナ側では、支点間距離が長くなる結果となっていた。なお、キャットウォークで吊ボルトを支持することは好ましくはない。（写真2.1.15）

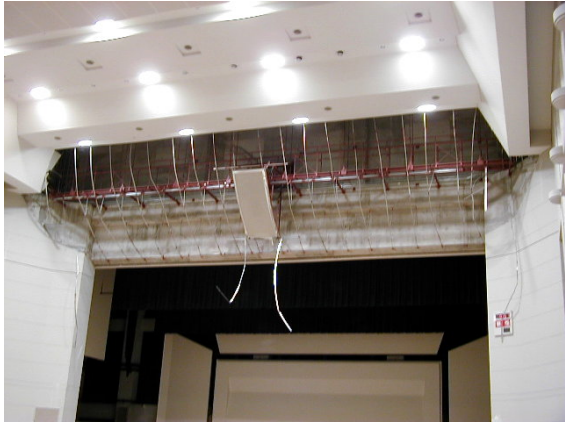


写真 2.1.1 曲面天井の落下（中央はスピーカー）

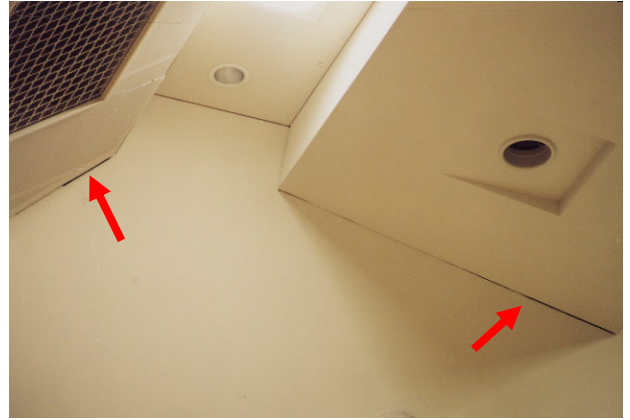


写真 2.1.2 アリーナ部分の天井の目地ずれ



写真 2.1.3 アリーナ部分の天井に使用されていたせっこうボード（天井の裏側：縦の枠材が野縁、横材が野縁受け）

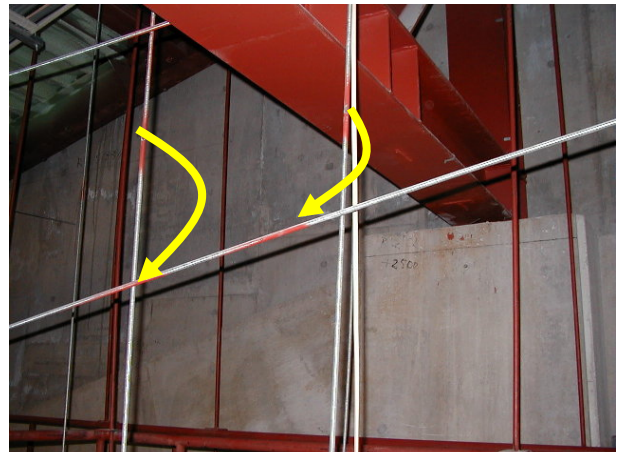


写真 2.1.4 吊ボルトと水平方向の振止めとの溶接破断



写真 2.1.5 斜めの振止めが配置されていない（水平方向の振止めも見られない）

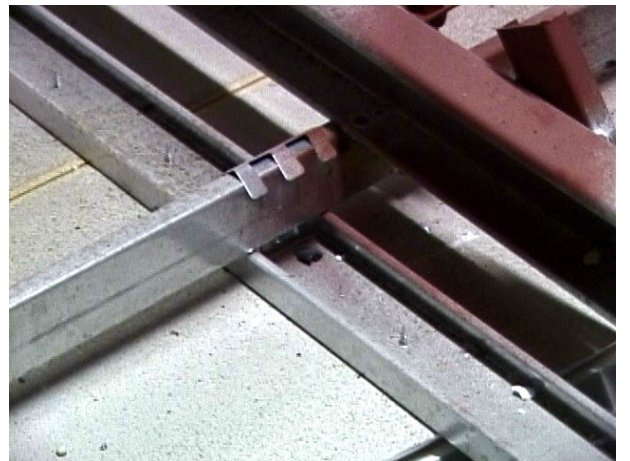


写真 2.1.6 クリップの変形



写真 2.1.7 グラスウールの移動



写真 2.1.8 トラス梁のピン支持位置に損傷無し



写真 2.1.9 空調用吹き出し口



写真 2.1.10 野縁受けの配置 (約 90cm 間隔)



写真 2.1.11 落下した天井材



写真 2.1.12 使用されていたクリップと支持状況



写真 2.1.13 曲面部分の野縁受けの接合状況（下端）

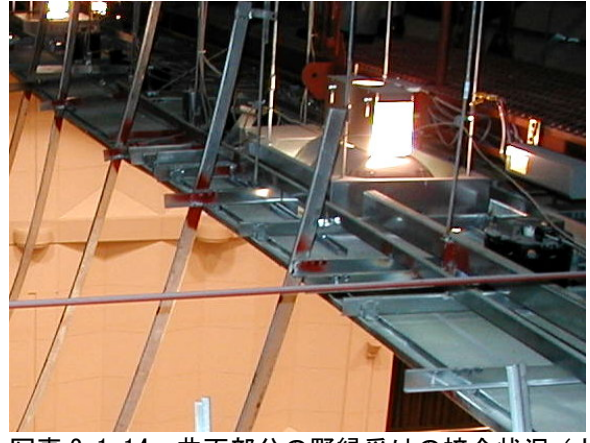


写真 2.1.14 曲面部分の野縁受けの接合状況（上端）



写真 2.1.15 野縁受けの吊ボルトによる支持状況

(2) B 武道館

SRC造 2 層 (山形屋根を構成するH形鋼部材が柱の中にも連続してSRC柱となっているが構造計算はRC造として行っている模様) の武道施設である。図 2. 2. 1 に示すように、寄棟屋根の武道場部分の空間は約 535. 5m² (スパン方向 17m×桁行方向 31. 5m) となっている。

桁行方向の中央部分において、スパン方向は柱を SRC 造とし山形屋根を H 形鋼梁とするラーメン構造となっており、桁行方向にはつなぎ梁が配置されている。つなぎ梁は、棟位置には配置されていないが (図 2. 2. 1 及び写真 2. 2. 1)、棟より水平方向にそれぞれ 1. 8m 及び 5. 4m の位置 (図 2. 2. 2) に配置されている。写真 2. 2. 2 に示すように、棟部分には天窗 (17. 5m×3. 6m) が配置されている。

屋根面の面内剛性は、軽量の冷間成形角形鋼管よりなるブレースを約 0. 9m の格子状に配置した特殊な水平ブレース (写真 2. 2. 3) により確保している。

天井は 3 区分され、中央部の天窗の直下にはルーバー、幕板を挟んで、その周囲には軽量鉄骨下地+せっこうボード+ロックウール吸音板の天井、再び幕板を挟んで、一段低い軽量鉄骨下地+せっこうボード+ロックウール吸音板の天井、そして、武道館の周囲に固定された回り縁となっている。(図 2. 2. 2 参照) なお、幕板及び回り縁は、すべて木製であった。

主な被害は、写真 2. 2. 2 に示すように、棟をはさんだ両桁側の天井が広い範囲で落下 (写真 2. 2. 4 にクローズアップを示す) した点である。棟を挟んだ片方の天井面では、天井材が野縁・野縁受けとともに落下しているのに対し、もう一方の天井面では、野縁受けを残し、野縁と天井材と一緒に落下する傾向が見られた。落下した天井部分の面積は約 160m²であり、落下質量は少なくとも約 1. 6tonと算定される。また、天井全面にわたって目地ずれなどが生じていた。(写真 2. 2. 5)

天窗部分に配置されていたステンレス製ルーバーも大破 (写真 2. 2. 6) し、一部の部材が落下した。また、写真 2. 2. 7 に示すように、吊ボルト (3 本) も外れていた。

武道館のベランダに出て SRC 造の 2 階柱を観察したところ、微小なクラックは存在したが、構造的損傷と呼べるようなものではなかった。また、鉄骨山形ラーメンの高力ボルトによるスプライス位置については、直接観察することは出来なかったが、地震直後に詳細に調査した結果によれば、すべり等は生じていなかったとの事であった。

天井の支持状況を詳細に観察したところ、以下の通りであった。

- 天井の中央付近に配置された幕板は、屋根面の鉄骨部材に溶接された吊ボルトより吊られていた。(写真 2. 2. 8 及び写真 2. 2. 9) これに対して、周囲の回り縁は、壁に固定されていた。(写真 2. 2. 10)
- 屋根面の鉄骨部材に溶接された吊ボルト (1m 程度の長さ) より野縁受け (間隔 125cm) が支持され、これに野縁が約 36cm 間隔でクリップで接合され、この野縁にせっこうボードがビス止めされていた。この天井システムは、基本的には屋根面から吊られており、建物構造体との間にもクリアランスがあった。しかし、意匠上の理由で、木製のさお縁 (化粧材) がせっこうボードのつなぎ目に配置され、ビス止めされていた。この木製のさお縁は、回り縁と幕板にそれぞれほぞで接合されていた。写真 2. 2. 11 には、落下したさお縁及びせっこうボード天井材を示す。

ルーバーの支持状況は、以下の通りであった。

- ルーバーの枠材は 4 列 (写真 2. 2. 6) であり、枠の間にルーバー材が配置されていた。

ー4列の枠の最外縁の2列は、天井中央に近い木製幕板に極端に短い吊ボルトで接合され、中央2列の枠は、天窗部分の屋根より3m程度の長さの吊ボルトで支持されていた。

ールーバー材は、4列の枠材に単にはめ込まれていた。



写真 2.2.1 棟部位につなぎ梁無し



写真 2.2.2 武道場内部の損傷状況



写真 2.2.3 屋根面ブレース



写真 2.2.4 天井落下状況（軽量鉄骨下地材も見える）

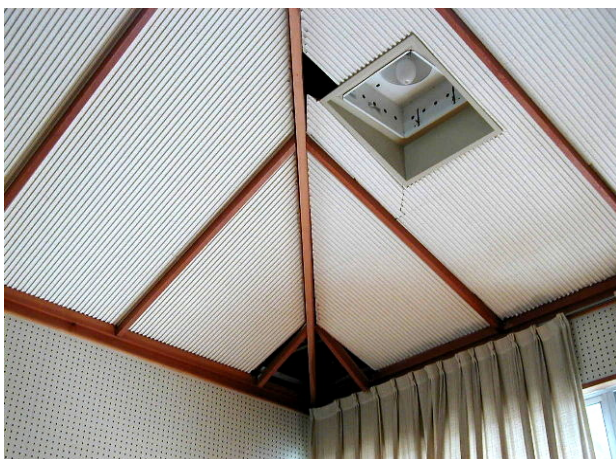


写真 2.2.5 天井落下以外の損傷

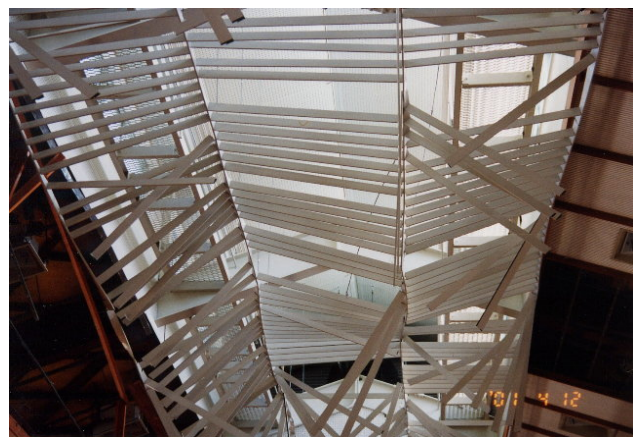


写真 2.2.6 ルーバーの損傷状況

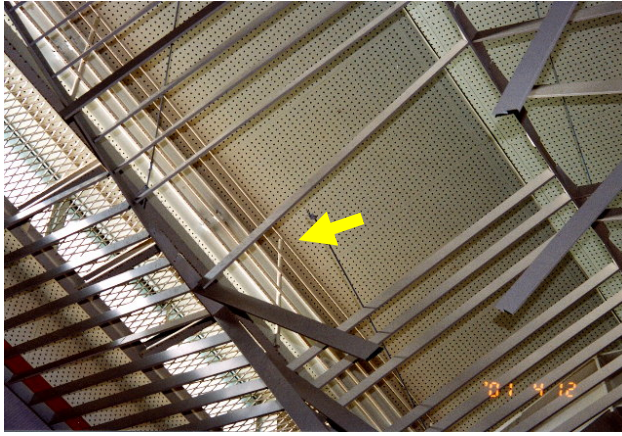


写真 2.2.7 ルーバー枠材の吊ボルトのはずれ



写真 2.2.8 天井中央に近い幕板の損傷



写真 2.2.9 幕板の状況



写真 2.2.10 回り縁の配置状況



写真 2.2.11 落下した天井材他（一部保管していた物）

(3) C 体育館

RC 造の上部に東西 56m×南北 48m の立体のシステムトラス屋根を配置した大規模体育館である。立体トラス屋根（写真 2.3.1）には、通風等を目的として天窓が設置されており、全体としてテングロンハット形状（約 7.4m×7.4m の部分がハット部：図 2.3.1 参照）であった。

立体トラスは、四隅でピン支持されており、四隅以外の支持点では外壁線と直交する方向にスライド機構を有する支持条件（写真 2.3.2）とされていた。

天井は、立体トラスと屋根との間に設置され、屋根もや材などより吊ボルトで吊られたハット形鋼（約 60cm ピッチで配置）にグラスウールボード（ $t=25\text{mm}$ 、比重 0.064）が載せられた簡易なシステム天井であった。また、グラスウールボードの見切り材として T バー（長さ約 60cm）が配置されていた（図 2.3.2）。写真 2.3.3 では、天井材及び T バーが簡単に押し上げられしっかりと固定されていないことがわかる。

主な損傷状況としては、システムトラスの中央部分の水平な天井位置で 2 枚のグラスウールボード、トラス中央に隣接する傾斜天井部分で 1 枚のグラスウールボードが落下した（これらの内、1 枚は体育館中央上部の照明装置上に落下）。床まで落下したグラスウールボードは、それぞれ 1800mm×600mm 及び 1500mm×700mm の形状で、1 枚当たりの質量は約 1.7kg、落下高さは 20m 程度であった（写真 2.3.4、写真 2.3.5、写真 2.3.6）。また、T バーや照明器具の吊り材の化粧材の落下も観察された。写真 2.3.6 で示す落下材は、体育館の管理者が保管していたものである。また、キャットウォークで屋根面まで近づいて観察したところ、グラスウールボードのずれや T バーの移動などは写真 2.3.7 に示すように至る所で観察された。

体育館の周囲のギャラリー部分の上部では、天井面を滑り落ちたと見られる T バーが、硬質ウレタン製の内装材に突き刺さっている状況（写真 2.3.8）も観察された。

立体トラスには構造的な損傷は見られず、その支持部分にも損傷はなかった。なお、スライド機構の支持点では、スライド部分が明らかに滑った痕跡（写真 2.3.2）が見られたが、屋根面仕上げ前に支持点には塗装が施されており、仕上げ後に、タッチアップしない場合もあるので、建設時の屋根荷重により移動した時の痕跡であろうと思われる。

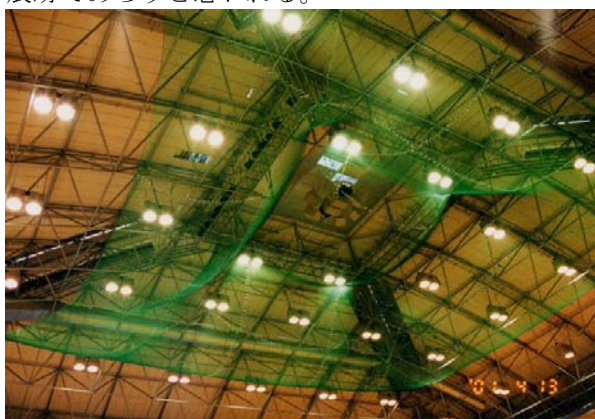


写真 2.3.1 立体トラスの屋根



写真 2.3.2 屋根トラスの支点（スライド可能）



写真 2.3.3 置かれただけの天井材



写真 2.3.4 天井材の落下（下より）



写真 2.3.5 天井材の落下（上より）

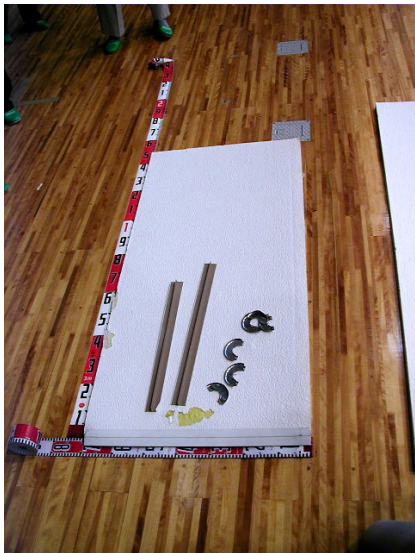


写真 2.3.6 落下した天井材（上）



写真 2.3.7 天井材の移動状況（右上）

写真 2.3.8 硬質ウレタンに刺さったTバー（右）



(4) D 体育館

RC 造の上部に鉄骨トラス屋根を配置した大規模体育館であり、南北 47.7m×東西 50.2m のたる状の平面を有している。

南北及び東西の両方向にそれぞれ 2 本のキールトラス梁を井桁状に配置してこれを主架構とし、その他の部分は H 形鋼によるつなぎ梁を配置している。システム天井は、屋根中央を除くキールトラス梁で囲まれた部分に配されている。(写真 2.4.1) 図 2.4.1 に示すように、これらシステム天井の張られた部分では、キールトラス梁の梁丈の約半分の高さだけ屋根面を下げており、建物屋根中央の側面に、天窗が形成されている。写真 2.4.2 は、この天窗部分を建物内部から見た写真である。

システム天井は、屋根のもや材などより吊ボルトにより野縁受け材を吊り、T バーを機械式継ぎ手(図 2.4.2 及び写真 2.4.3) で格子状に組み立てた天井材を支える枠を吊る構造となっている。各格子の部分には、グラスウールボード (t=25mm、比重 0.064) を載せている。システム天井の施工業者の説明によるとボールなどがぶつかった場合の対策 (風圧による浮き上がりを防ぐ意味もあると思われる) のため、T バーの上に約 10cm 間隔でシーリング材を塗布しグラスウールボードを仮止め (写真 2.4.4) した上で、1 枚のグラスウールボードについて 6 カ所程度、落下防止金物 (写真 2.4.5) をグラスウールボードの裏面に設置したとの説明があり、実際にそのような仕様で施工されていた。

主な被害は、システム天井の天井板 2 枚の落下 (うち 1 枚は落下しかけているものを地震後に落としたもの) があげられ、寸法は 1790mm×890mm で、質量は約 2.5kg/枚、落下高さは約 15m であった。また、落下防止金物、天井照明器具の化粧材、屋根の内壁材として用いられた T バーの切破片 (天井用の T バーとは異なる。施工時の残置されたものと思われる。) の落下 (写真 2.4.6) が見られた。

構造的な被害としては、屋根トラスの支持位置でのならしモルタルのひび割れ (写真 2.4.7) 及び下部 RC 造のコーナー部の梁端部でのクラック (写真 2.4.8) であったが、共に、軽微な損傷であった。



写真 2.4.1 建物内部



写真 2.4.2 建物内部から見た天窗



写真 2.4.3 Tバーによる格子点の部分

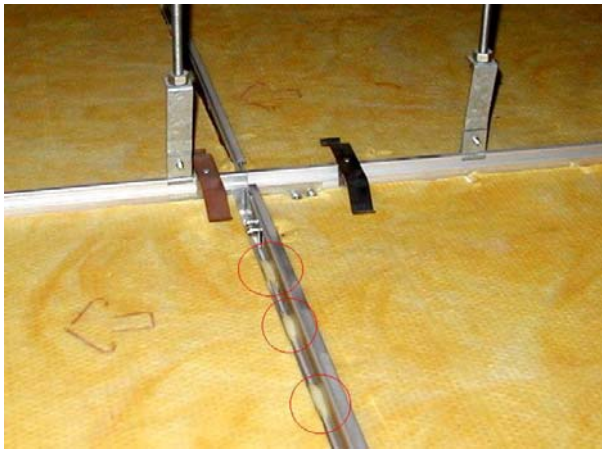


写真 2.4.4 シーリング材による天井材の仮止め



写真 2.4.5 落下防止金物の設置状況

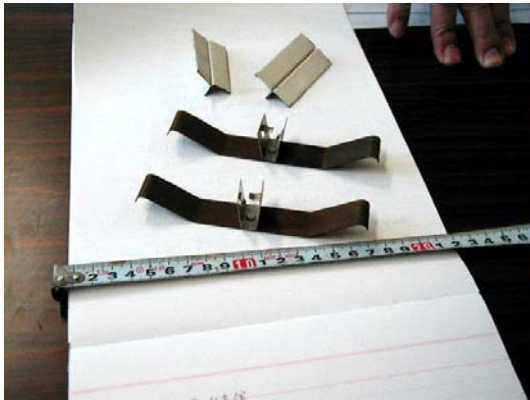


写真 2.4.6 落下した材



写真 2.4.7 ならしモルタルのひび割れ



写真 2.4.8 下部 RC 造の梁端部に生じたクラック

3. 天井工法の分類とその概要

A 体育館及び B 武道館では、軽量鉄骨天井下地にせっこうボードを捨張りし、それぞれせっこうボードあるいはロックウール吸音板により天井を構成している。これに対し、C 体育館及び D 体育館では、広義のシステム天井と呼ばれるものであり、野縁受けを介して吊ボルトにより支持される柵材（T バーやハット形鋼など）に天井材（グラスウールボード）がのせられている。

以下では、天井材の単位面積あたりの質量が大きい前者のいわゆる「捨張り工法」について、天井の支持状況をやや詳しく解説する。

(1) 吊ボルト、ハンガー、野縁受け、クリップ、野縁

天井材をビス止めなどして支持する野縁は、屋根もや材や屋根スラブなどより吊ボルト、ハンガー、野縁受け、クリップなどを介して支持されるのが、標準的な天井の施工方法（図 3.1 参照）である。体育館では、天井裏スペースが大きいいため、吊ボルトの長さが長くなり（A 体育館で最大 6m）、天井全体が地震時にはゆっくりと大きく揺れやすい。そこで、建築工事監理指針（平成 9 年版）³⁾ では、吊ボルトが 1.5m 以上の長さとなる場合（室内の場合）には、図 3.2 に示すように平面的に 1.8m 間隔程度で縦横方向に振止め補強をするとともに要所に斜めの振止めを入れることとされている。

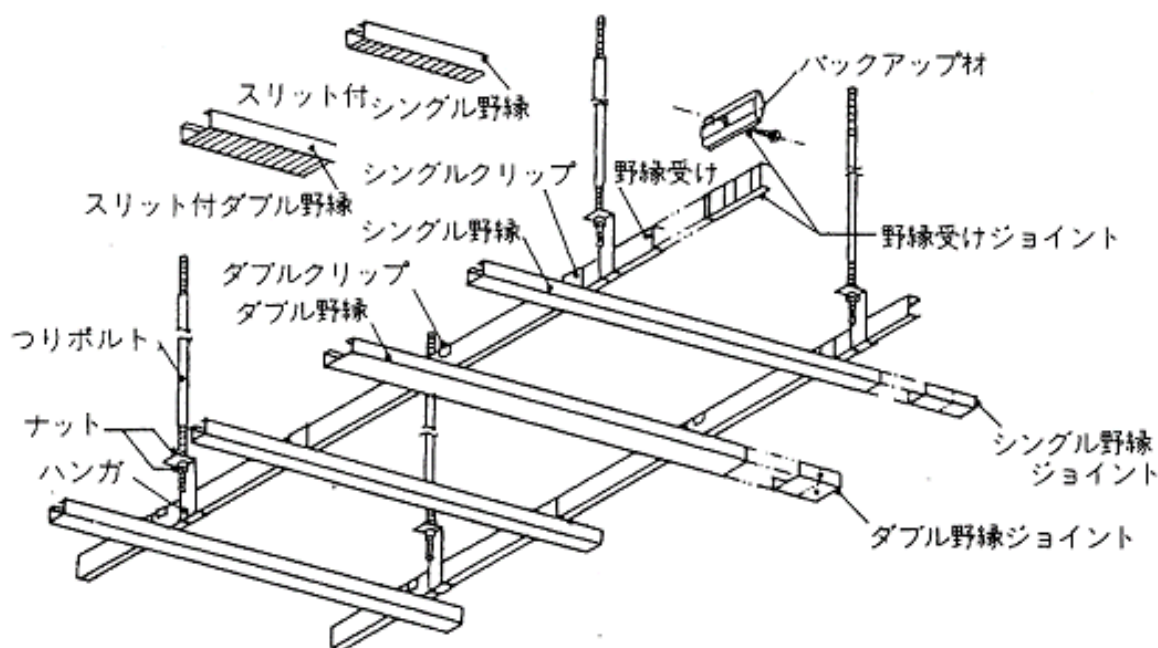


図 3.1 天井の支持状況（吊ボルト～野縁）³⁾

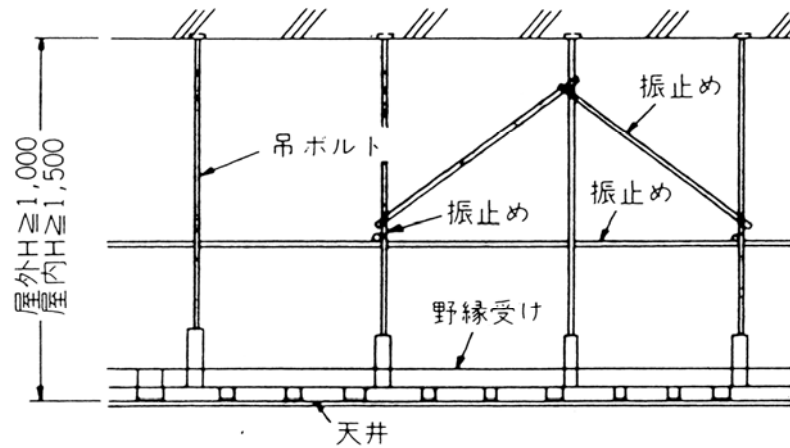


図 3.2 吊ボルトの振止め補強³⁾

(2) 天井材と周辺構造骨組との取り合い

天井面材の面内剛性がある程度確保できる軽量鉄骨下地+せっこうボード+天井材（せっこうボードやロックウール吸音板など）では、天井面全体は周辺構造骨組及び周辺仕上材とは絶縁され屋根面から吊られ、独立して揺れるように設計すること（勿論、吊ボルトの長さが 1.5m 以上となる場合は縦横方向の水平な振止め及び要所の斜めの振止めが必要）が必要である。すなわち、天井材と周辺構造骨組等の地震時の振動は異なることを前提として、天井材と周辺構造骨組等の間にクリアランスを設ける一方、天井自体の過大な水平振動を防止するために、吊ボルトの長さが長い場合など、振れ止めを設けることが必要である。これに対し、天井面の一部が周辺構造骨組または周辺仕上材に剛に取り付けられていると、天井材の水平方向の慣性力により、天井面材には大きな局所的な力が作用し面材の損傷につながる。

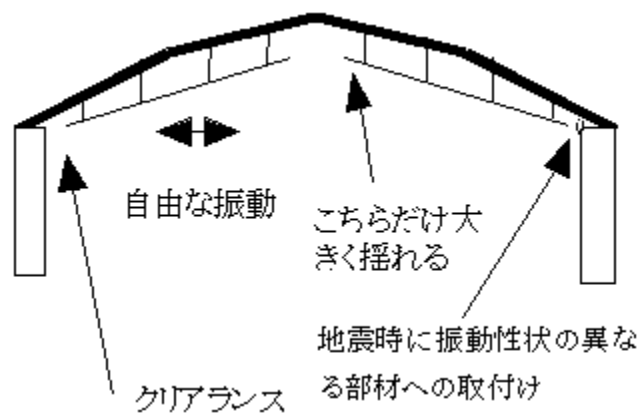


図 3.3 構造骨組と天井材

4. 落下した天井材の危険性

今回の調査で落下が観察された天井材を、以下に列記する。

- 1) せっこうボード天井（せっこうボード+天井仕上げ材）+野縁
- 2) クリップ
- 3) ルーバー
- 4) 木製化粧さお縁材
- 5) グラスウールボード
- 6) Tバー
- 7) 落下防止金物
- 8) 照明器具化粧材

1) 及び 4) は質量も大きく明らかに落下危険性は大きい。実際、1) ではけが人も出ている。

2)、7) は極めて軽量の金物であり、危険性はほとんどない。又 8) もプラスチック製で軽量である。

3) 及び 6) については、軽量であるが、2)、7) よりも少々質量が大きく、又、端部切断面は刃状となっている。実際に、硬質ウレタンに刺さっている状況が見られた点からも危険性は低いとは言えない。

5) については、質量が 1.7~2.5kg であるが、比重は 0.064 と小さく、高所より落下した時には、羽のようにフワフワと落下すると考えられる。写真 4.1 には C 体育館において実際に落下させた時の様子を示しているが、地震時に体育館の床にふせていれば質量の割には危険性はそれ程大きくないものと考えられる。



写真 4.1 グラスウールボードの落下状況

5. まとめ

今回調査した建物では、構造材に大きな損傷は認められず、天井材の落下原因を構造骨組に求めることはできない。

調査した4棟の建築物の天井落下は、以下のとおり2分類して考えると理解しやすい。今後の再発に対する対処の点でも方針が異なると考えられる。

(1) 質量の大きい(面内剛性の高い)天井材の場合

A 体育館及びB 武道館では、質量の大きいせっこうボード天井が比較的広い範囲にわたって落下し、天井材の支持や接合などに用いられた金属部品なども同時に落下した。落下総質量は、約1.6~1.7tonともなり、落下防止の対策が不可欠と考えられる。両建物ともに、天井材は吊ボルトで屋根から吊られた振り子状ではなく、天井面の一部で建物構造体に比較的剛な取付状況で接続されていた。比較的広い天井面を覆う天井材では、天井面自体の面内剛性を高めて一体性を図る(吊ボルトが長い場合は適切な補剛材が必要)とともに、天井面の周辺部と周囲の壁との間の絶縁(クリアランスを設ける)の確保が肝要と考えられる。

(2) 比較的軽量の(面内剛性の低い)天井材の場合

C 体育館及びD 体育館では、少数の軽量のグラスウールボードの落下が見られた。グラスウールボード自体は、システム天井の格子状の下地材の上におおむね置かれていただけであり、比較的揺れの大きい地震時での落下は致し方ないとも言える。また、たとえ落下しても軽量であり、羽が落下するようにふわふわと落下するので、特別な対策は必ずしも必要ではないとも考えられる。ただし、C 体育館では、グラスウールボード材のつなぎ目部分に置かれていたTバーが下地材に固定されずに単に置かれており、これが落下した。落下する角度によっては、硬質ウレタンにも刺さるので特に注意が必要である。下地材に固定するなどの対策がとられる必要があるだろう。

以上を踏まえて対策を整理すると、

- 1) 既存の類似の天井仕上の体育館等への対策
- 2) 今後新築されるこの種の建物への対策

に分けて、考える必要がある。

「重量」の大きい天井の場合は、補剛(振止め)の程度などによる地震動による構造骨組と天井との水平変位の違いがどの程度かを実験及び解析等により明らかにし、①補剛面からの対策、②天井面の変形追従性の確保、③天井仕上材の選択といった点から根本的な検討をし、使いやすい形の技術資料としてまとめることが肝要であろう。

その際、天井材とは振動性状が異なる照明器具、ダクト、吹出口等と天井材との取合にも、着目しておく必要がある。

「軽量」の天井の場合は、金物類の落下防止策を講ずる必要がある。

参考文献

- 1) 1974 伊豆半島沖地震・1978 年伊豆大島近海地震災害調査報告、日本建築学会、昭和 55 年 6 月 10 日
- 2) 1978 年宮城県沖地震災害調査報告、日本建築学会、昭和 55 年 2 月 25 日
- 3) 建設大臣官房官庁営繕部監修 建築工事監理指針平成 9 年版（下巻）、公共建築協会

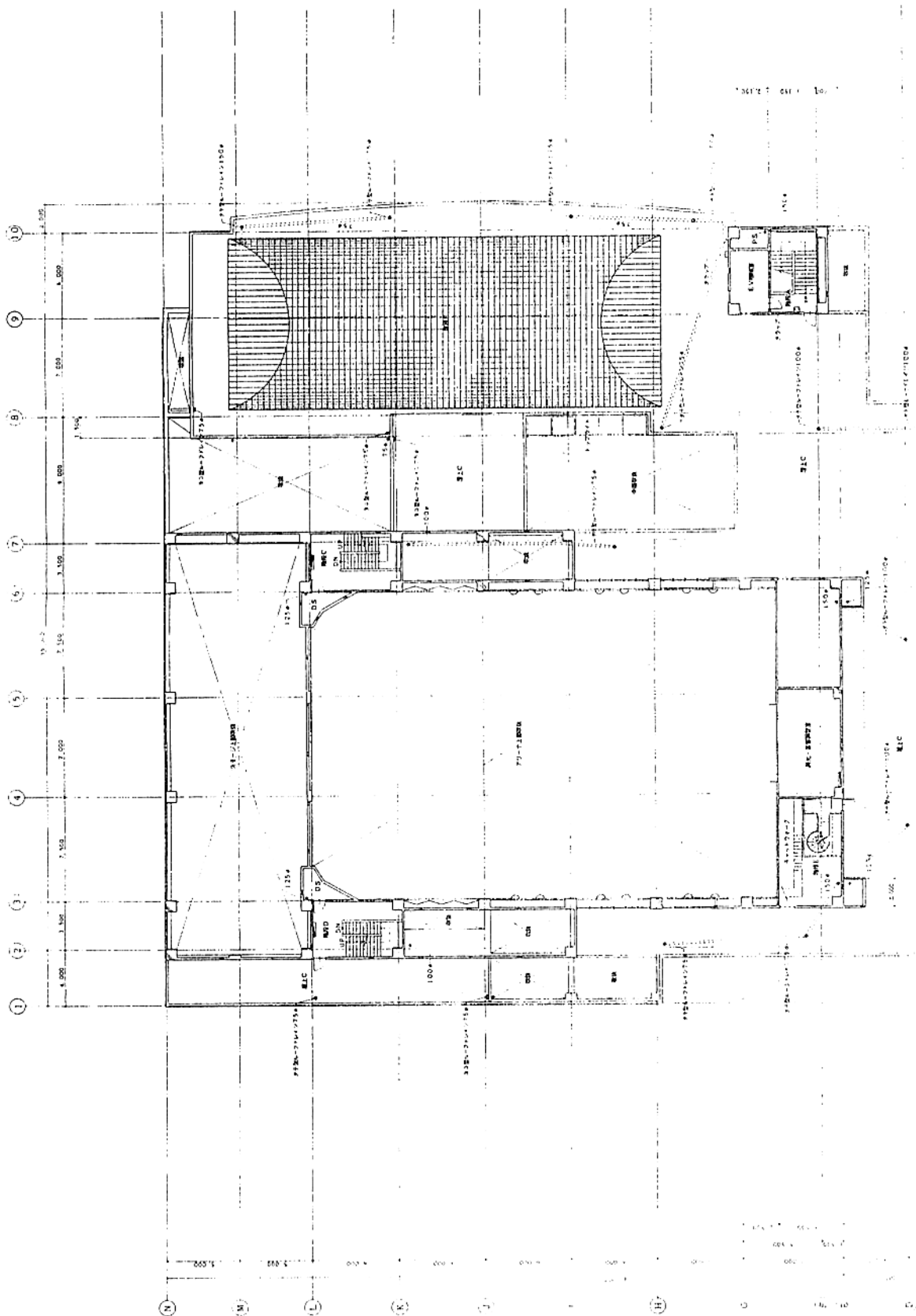


图 2.1.1 A 体育馆平面图

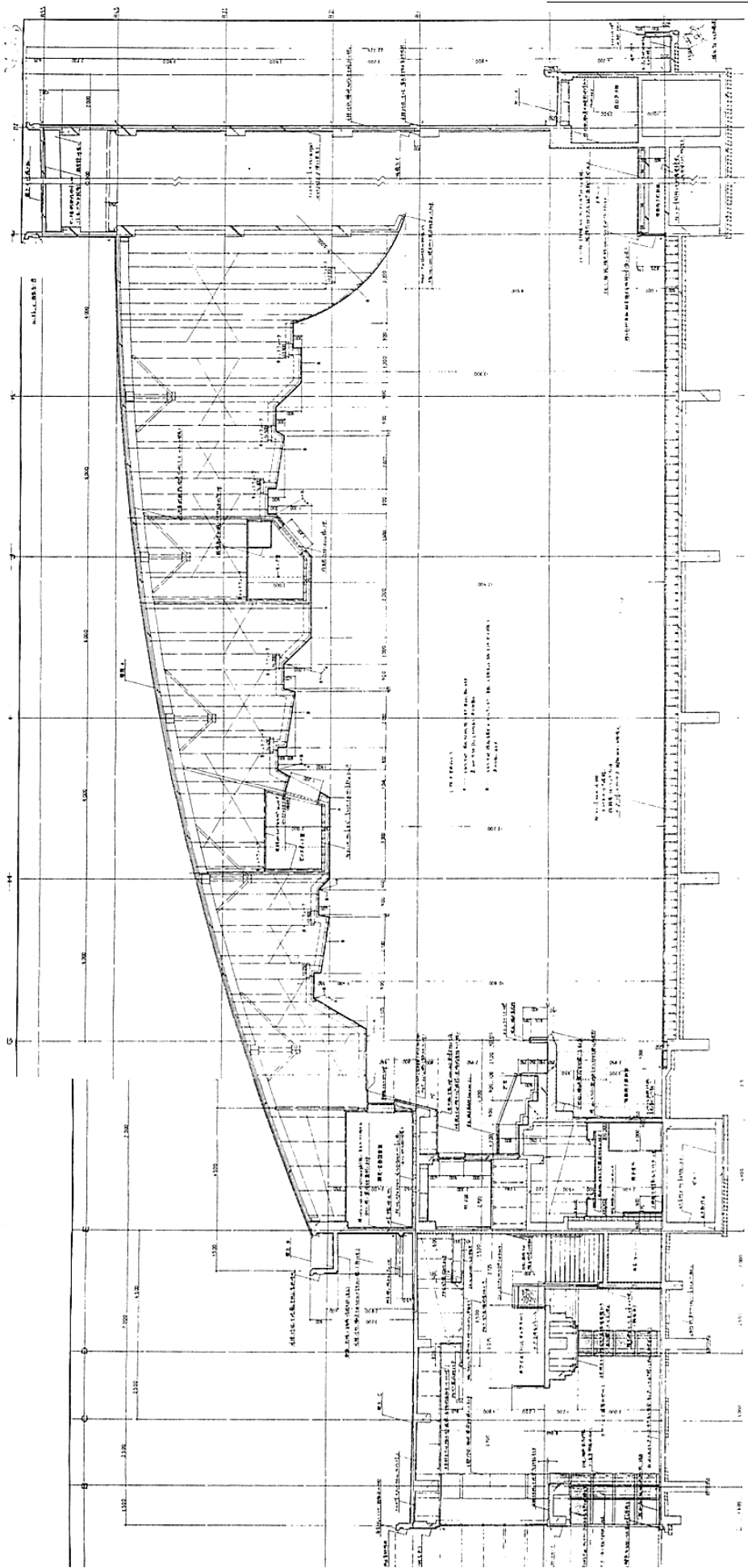


图 2.1.2 A 体育馆断面图

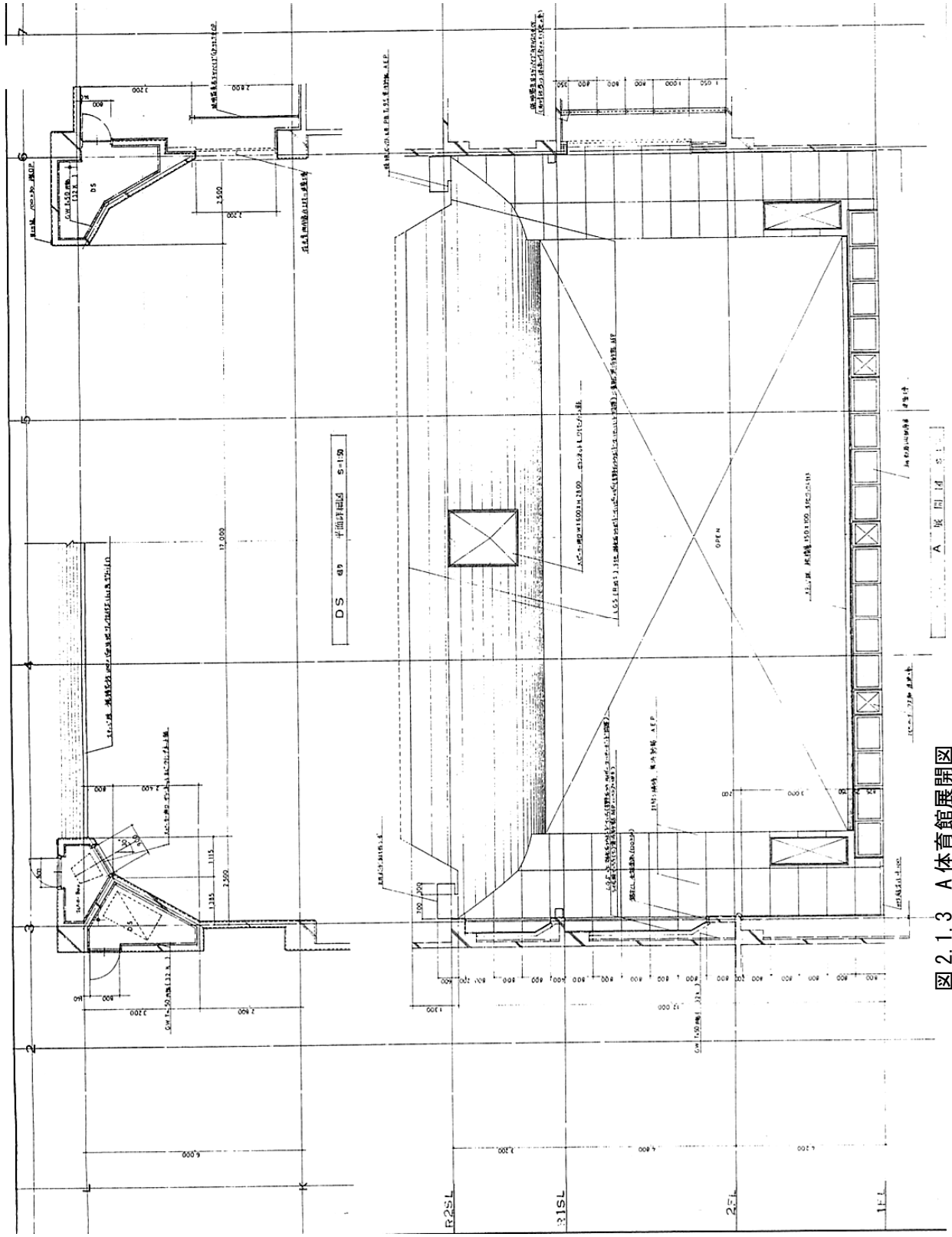


图 2.1.3 A 体育馆展开图

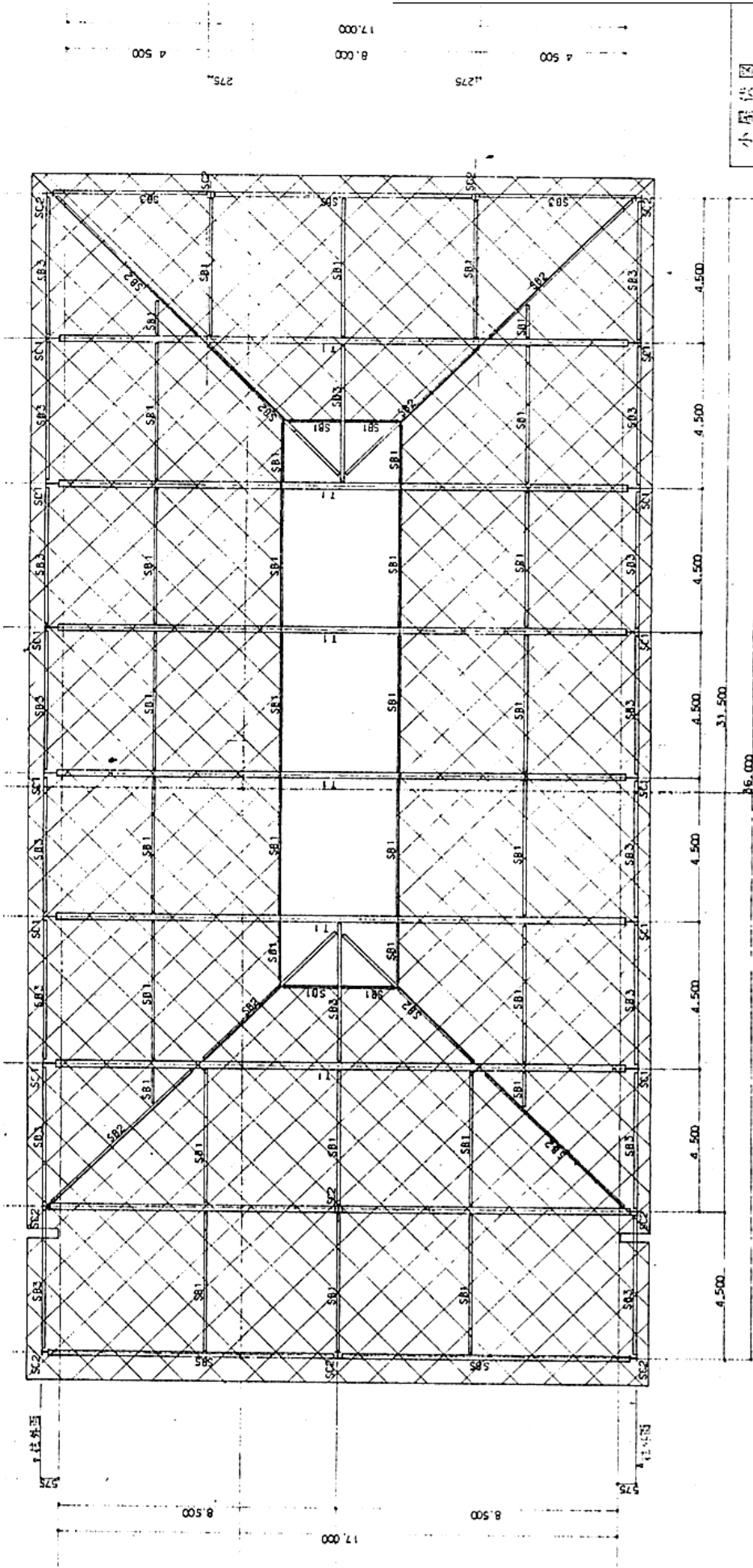


图 2.2.1 B 武道館屋根根伏图

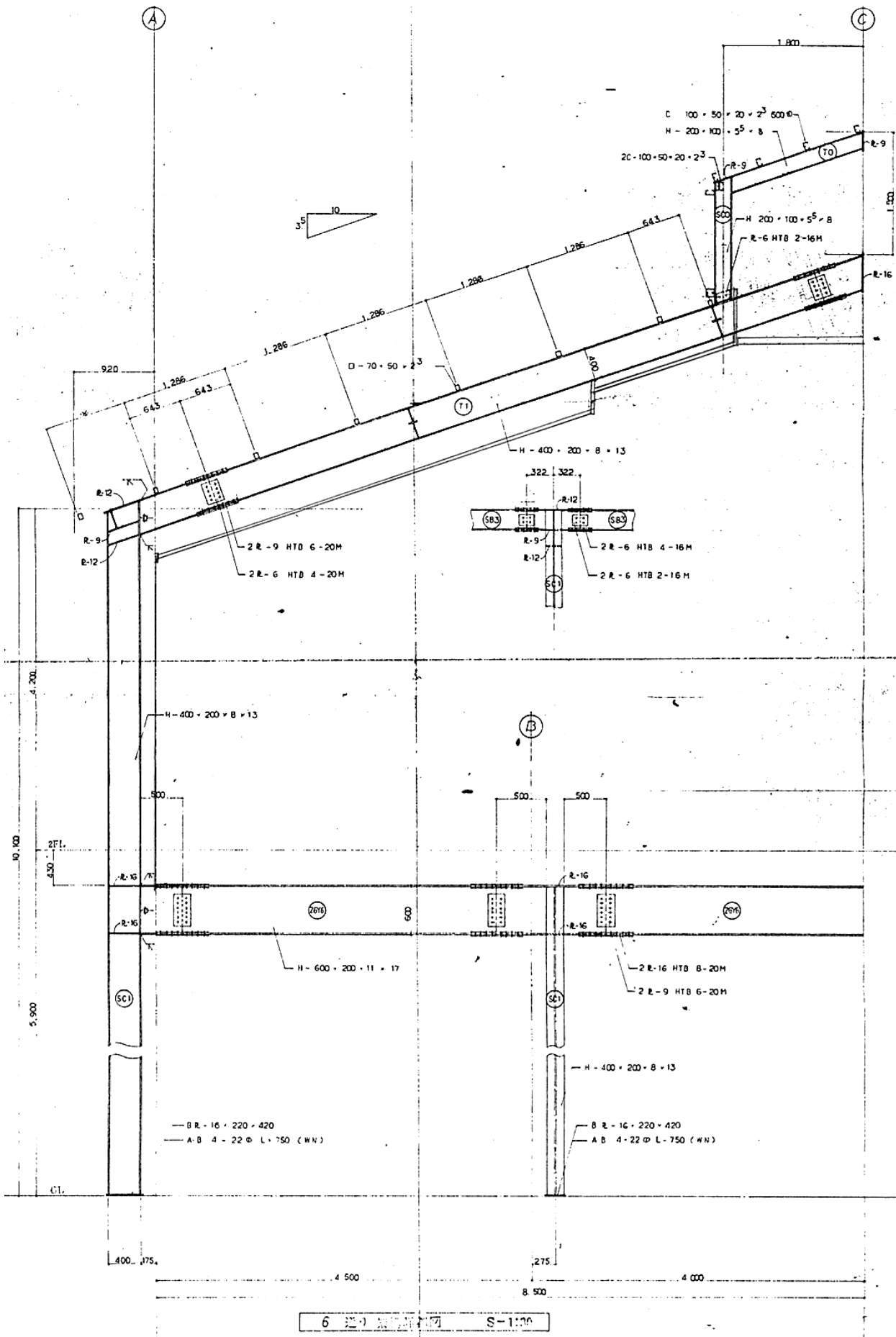


図 2.2.2 B 武道館骨組図

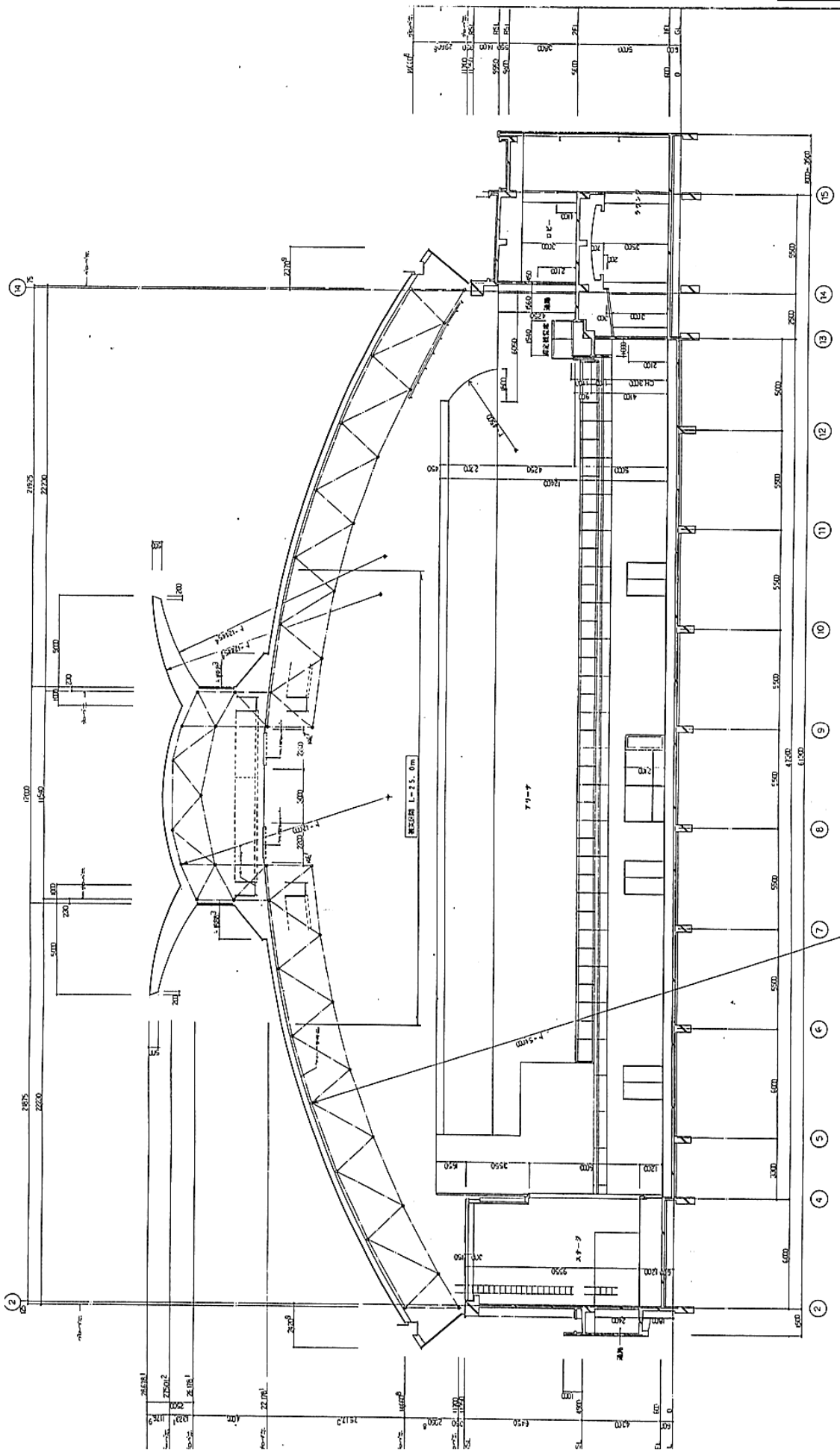


図 2.3.1 C 体育館断面図

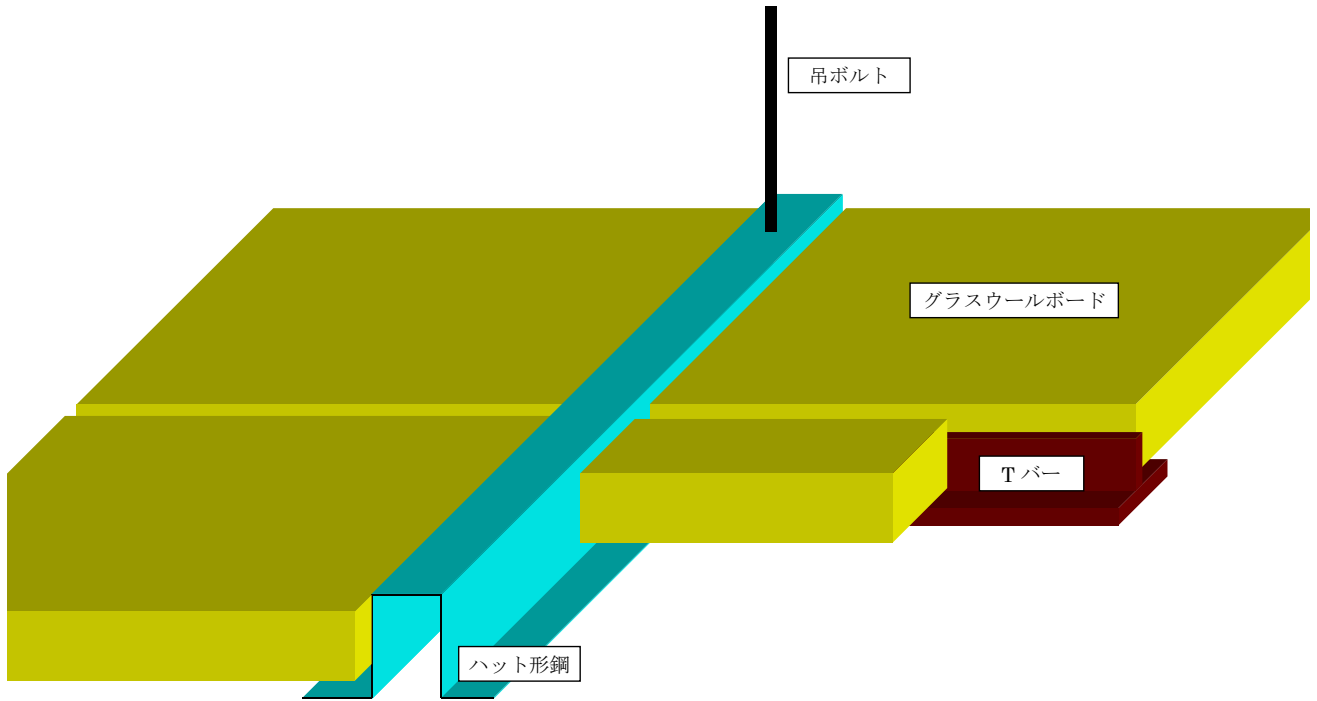
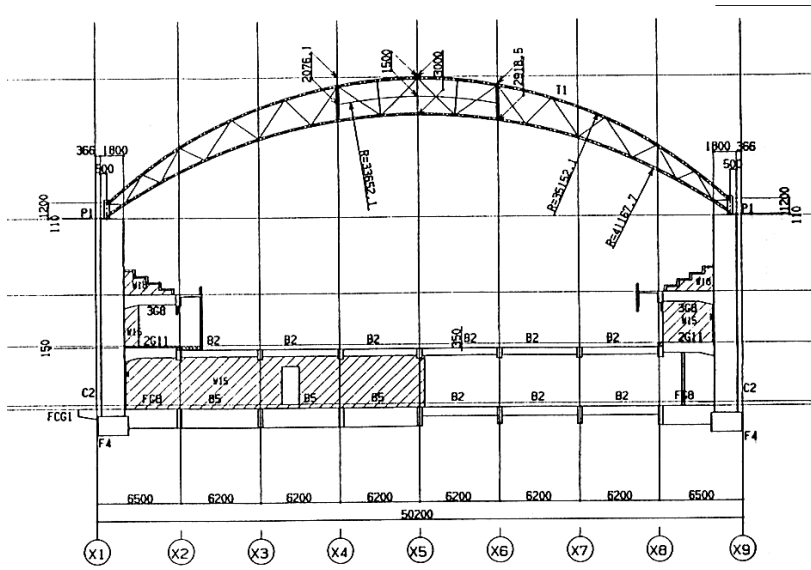
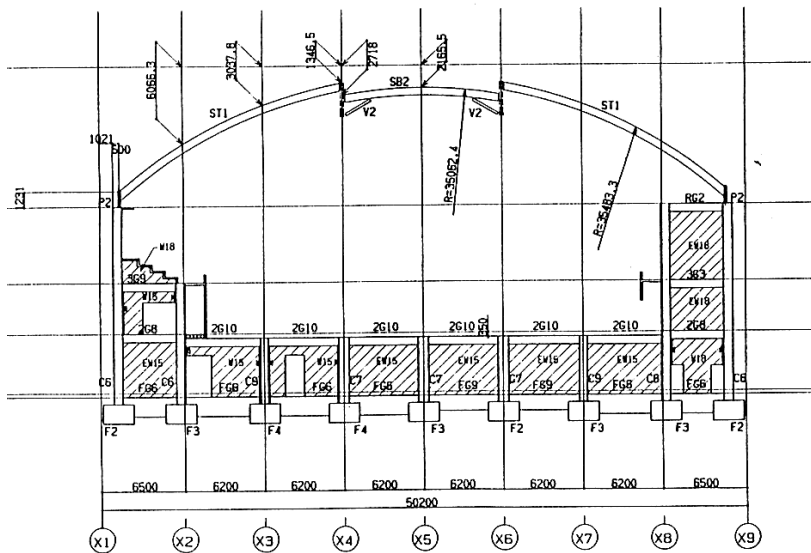


図 2.3.2 C 体育館天井構成図



Y 4 通 車断面图



Y 3 通 車断面图

图 2.4.1 D 体育馆断面图

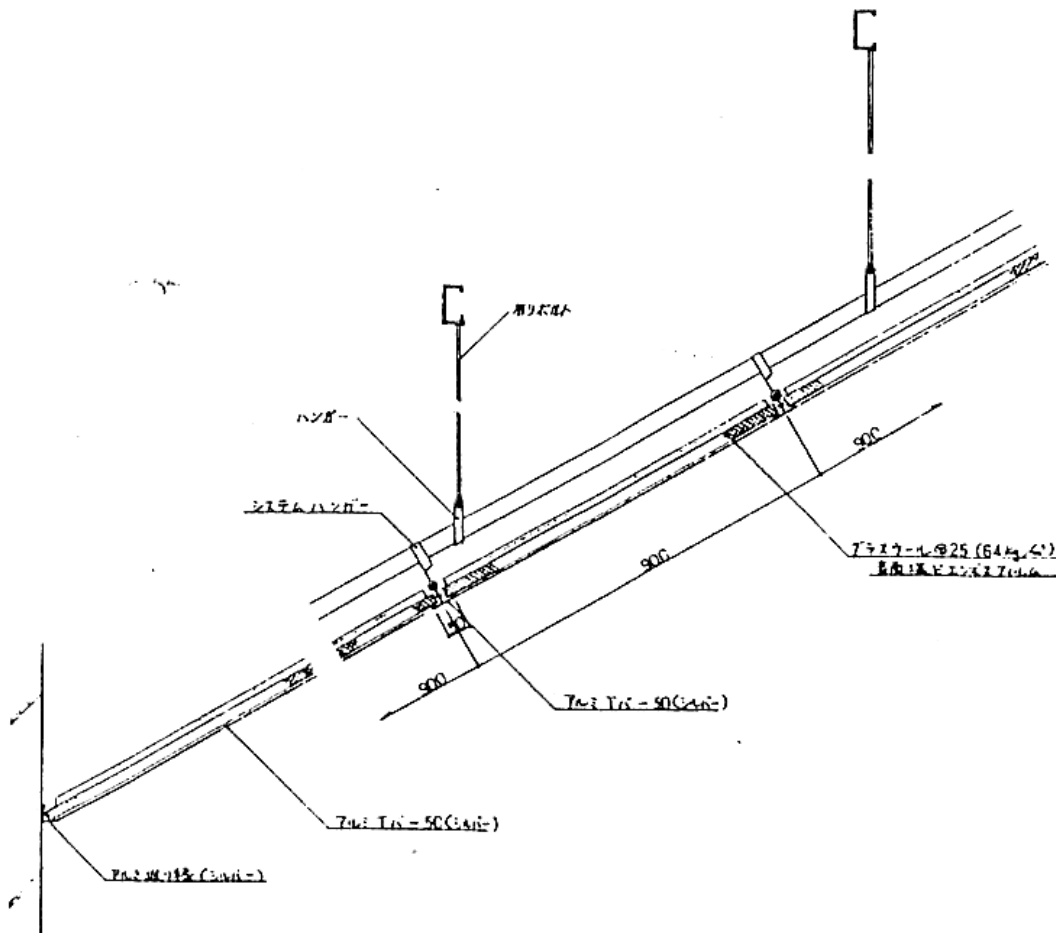
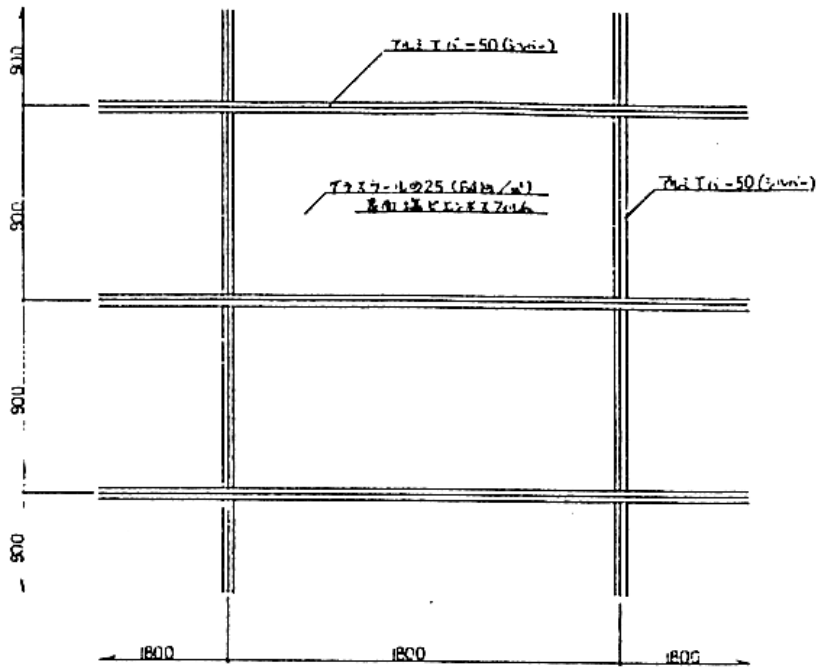


図 2.4.2 D 体育館天井詳細図