

平成9年度 農林水産省補助事業
木質資源利用分野開発促進事業
ティンバーエンジニア養成事業

マニュアル作成事業報告書 (図解木造立体トラス構造)

16

平成10年3月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

まえがき

近年、木材のもつやわらかさ、あたたかさなどのよさが見直され、また、木造の準耐火建築物が認められるなど建築基準法が改正される状況の中で、中大規模の木造建築物に対する需要は拡大する傾向を示しており、これに応えるための技術的な対応措置を講じることが重要となっています。

一方、環境保全に対する意識が高まりを見せ、天然林の伐採が制限される状況にある中で、間伐小径木等比較的小径の木材を利用する技術を開発することが必要となっています。

間伐等小径木など比較的小断面の構造部材を用いて、中規模以上の構造物を建てるには、トラス構造システム、特に立体トラス構造システムを採用することが最適です。トラス構造では、理論的に軸方向力のみが部材に働くと考えられるので、曲げ弾性係数の低いスギでも構造部材として利用できます。

しかし、こうした利点があるにも拘わらず、我が国では一般的な構造設計法として普及していません。

本書は、木造立体トラス構造を、誰もが設計・製作できる一般的な木質構造の一つとして普及させることを目的として、各種の構造形式と接合法を事例紹介と図解を行いつつ体系的に取りまとめたものです。本書が関係の皆様幅広く活用されますよう心から期待します。

本書は、元豊橋技術科学大学建設工学系教授 定方 啓氏をはじめ中部住宅販売(株)山崎 清氏、旭テック(株)筒井 賢三氏の諸氏の検討の成果に基づいて作成しました。関係の各位に対しまして深く感謝を申し上げます。

平成10年3月

(財)日本住宅・木材技術センター
理事長 岡 勝 男

要 約

近年、中大規模の木造建築物に対する需要は拡大する傾向を示しており、これに応えるための技術的措置を講じることが重要となっている。

このような中で、比較的小断面の構造部材を用いて中規模以上の構造物を建てる最適な方法として、トラス構造システム、特に立体トラス構造システムがある。

このトラス構造では、理論的に軸方向力のみが部材に働くと考えられるので、曲げ弾性係数の低いスギ材でも構造部材として利用できる。

本書は、このような木造立体トラス構造を誰でもが設計・製作できる一般的な木質構造の一つとして普及を図るため、各種の構造形式と接合法を事例紹介と図解を行いつつ体系的に取りまとめたものである。

キーワード

立体トラス、放射状ドーム、ラチスシェル、平面トラス梁、木造格子シェル、複合張弦構造、吊り構造、立体トラス梁、四角錐ユニット、継手、仕口、三次元立体継手、柱脚接合、交差梁、接合金物、単層シェル、複層シェル、

目 次

1. 木造立体構造概論	1
1. 1 立体トラスの分類	1
1. 2 立体トラス版構造	4
1. 3 大断面集成材アーチシェル構造	5
1. 3. 1 放射状ドーム	5
1. 3. 2 ラチスシェル	6
1. 4 立体トラス構造	6
1. 4. 1 平面トラス梁の組み合わせによる格子版	7
1. 4. 2 四角錐骨組の連続集合版	7
1. 5 接合方法	9
1. 5. 1 接合の原理と方法	9
1. 5. 2 継手、仕口、立体接合	11
2. 事例にみる木造立体トラス構造の体系	13
2. 1 交差梁（十字梁）による構成	13
2. 1. 1 平面トラス梁を交差させて造った立体トラス版	13
2. 1. 2 木造格子シェル	14
2. 2 立体トラス梁による構成	14
2. 2. 1 立体トラス梁	14
2. 2. 2 複合張弦構造	15
2. 3 平面三角形の連続による構成	15
2. 4 ピラミッド型立体骨組の連続による構成	16
3. 接合システム	18
3. 1 継手	18
3. 2 仕口	24
3. 3 三次元立体継手	29
3. 4 柱脚接合	33

1. 木造立体構造概論

1. 1 立体トラスの分類

重力（鉛直荷重）に耐えて建築空間を覆う構造体の基本型は梁・柱架構（Beam and Column Structures）である（図1-1(a)）。さらに、この架構を地震力などの水平荷重にも耐える構造にするには、図のようにそれぞれ、(b)柱・梁接合部を固めること、(c)架構の対角線方向に斜め材（筋違）を入れること、及び(d)架構に板などを張りつけることなどの改良を加える必要がある。これらの改良・補強された構造形式を一般にそれぞれ（A）ラーメン構造、（B）トラス構造、（C）壁式構造と呼ぶ。

古くから教会のドームや橋梁等の大きいスパンを構成するのに用いられてきたアーチ構造システムは、曲線材を使ったラーメンと考えると（A）をフレーム、骨組構造と総称する。このフレームを頂点を通る垂直軸の回りに回転させれば任意の種類立体構造が出現する。これらの形態を調整して、鉛直荷重時には応力がほとんど面内応力のみとなる構造形態が考案されている。これはシェル構造と呼ばれている。

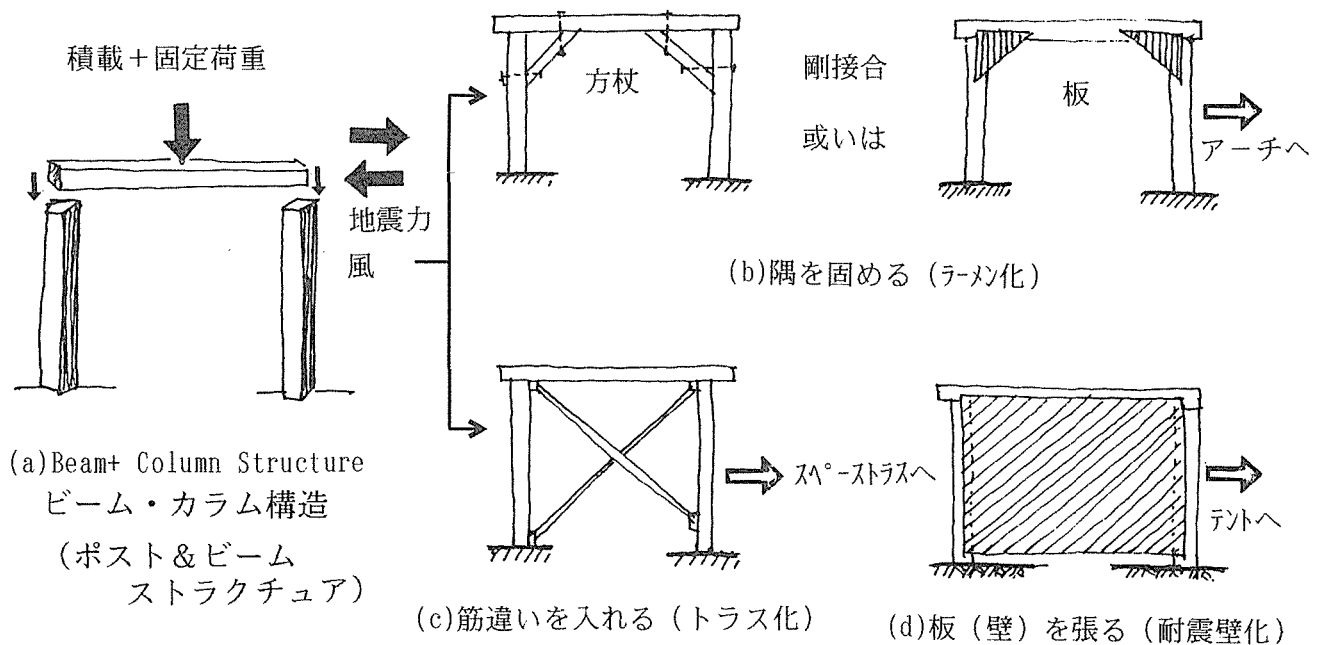


図1-1 耐荷・耐震架構構成の原理

木造ドーム及びシェルの構造形式は鉄骨構造の工法に倣って二つに分類する。一つは放射ドームなどと呼ばれているもので、球面を経線方向に配置した有限個のアーチ骨組みで構成する形式（図1-2、(a) I-A）で、一般的には、アーチ骨組みの間を引張を受け持つ膜（テント膜）で覆う工法をとっている。もう一つは図1-2、(b)の構成形式 I-B に示すようなラチスシェル又はジオデジックドームの系列に属するものである。この形式はシェルのソリッドな局面要素を構造力学的に等価な菱形又は三角形の剛なフレーム枠に置換した構造である。そのように考えれば、シェルの膜応力はやや曲面（実際の建物では平面）の菱形・三角形枠に作用する軸力に置き換えることができる。I-Bの構造形式は鉄骨構造では鉄骨シェルと呼ばれて数多く建てられている。そして、単位要素枠の部材長は2～3m程度の短い材でよいので間伐・小径材を利用できる*1）。

*1） I-Bの形式では単層（シングル・レイヤー）シェルとなるので、木構造では特に、部材が8方向から集まってくる接合部（域）における面外方向の剛性を考慮した設計がキーポイントとなる。

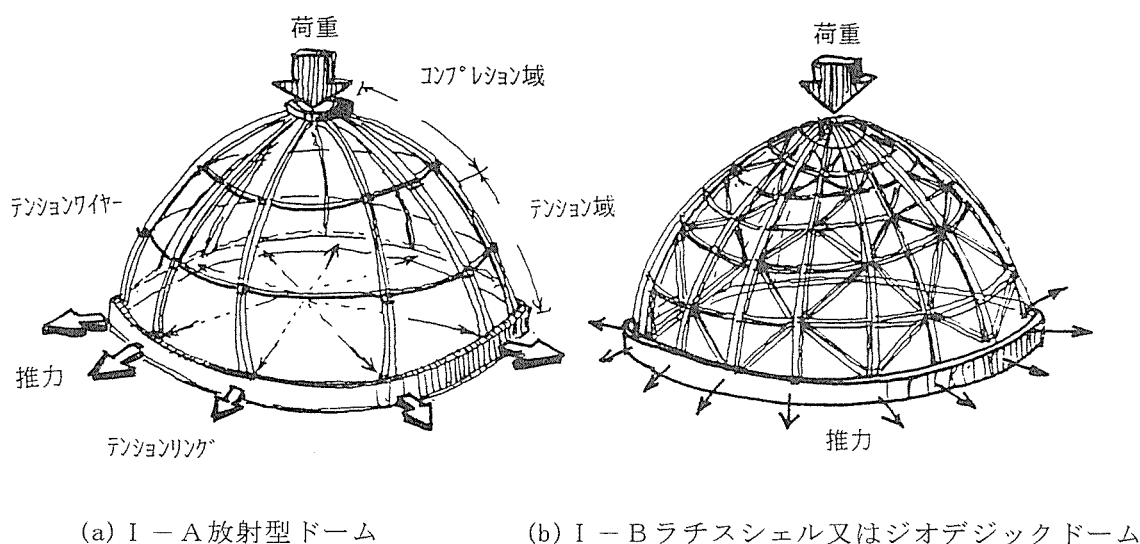


図1-2 形式I、木造ドーム・シェルの分類

また、構造形成の流れ（図1-1）はシェルのほか大空間トラス版（スペーストラス）の方向へ発展した（図1-3、II-A）。このシステムでは、充腹梁（ソリッドビーム）をトラス梁に変形させることによって曲げモーメントをトラスの軸力に変換できるので、構造物の大スパン化を実現することが可能になる。さらに、このトラス梁を一方向梁として横にたて並べて大面積（大空間）を覆う方法（図1-3、(a)）が考えられるが、このトラス梁を二方向に交差させて格子状に配置すると、X-Y二方向のトラス梁の相互連続効果と拘束の効果によって、効率の良い立体トラス版を構成することができる。すなわち、平面トラス梁の格子化・立体化である（図1-3、(b)）。これを形式II-Aとする。

さらに、二方向格子版の対角線方向へもトラス梁（斜交梁）を入れれば三方向格子版が構成される。このような構造形態は、（図1-3、(c)）の三角形あるいは四角形底面のピラミッド状の立体骨組単位が、XY両方向へ連続することによって構成されたとみなすことができる。この四角錐ピラミッド骨組ユニットで大空間を覆う立体トラス版システムを形式II-Bとする。この形式は平板のみでなく曲面版構造にも幅広く利用されている。

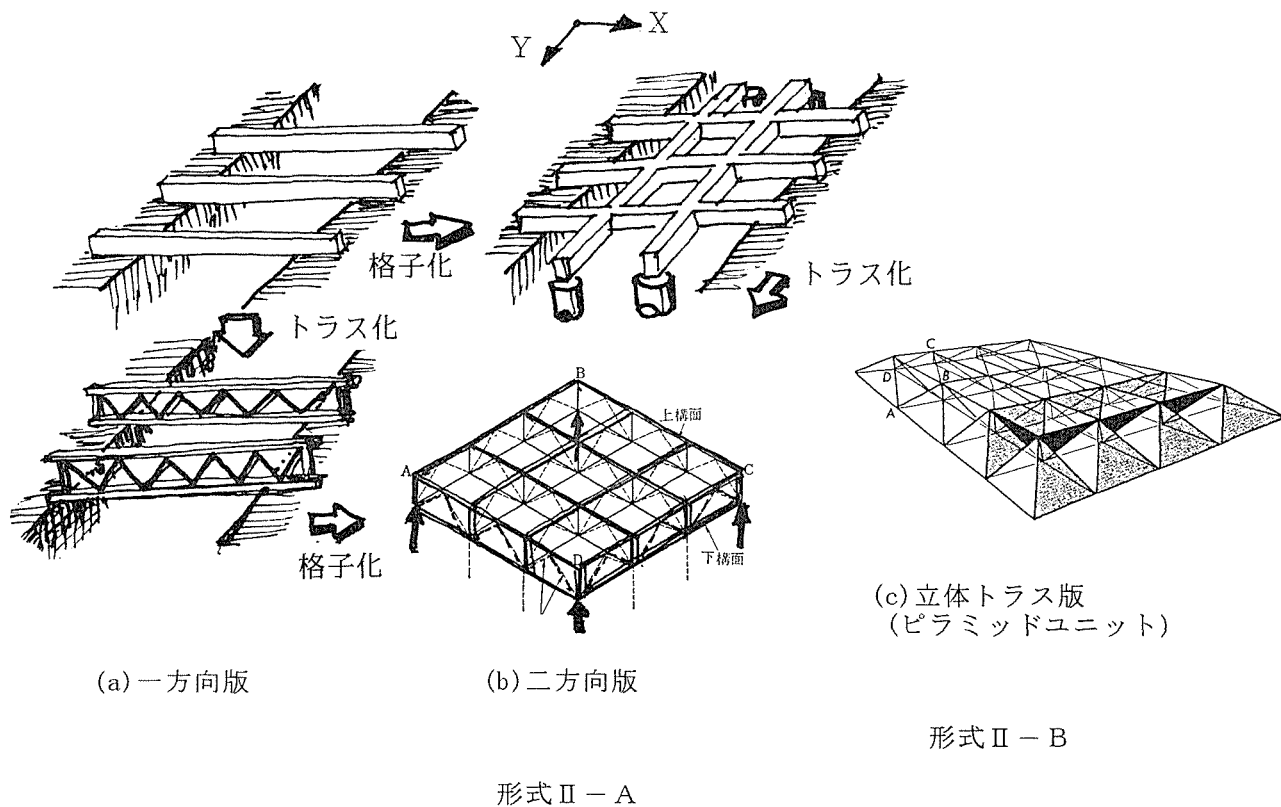


図1-3 形式II 格子版立体トラス版の分類

1. 2 立体トラス版構造（構造ユニットと接合システム）

四角錐骨組単位要素（ピラミッド型スケルトンユニット）を連続させて、平面又は曲面の版を造る立体トラス構造システムⅡ-Bは鉄骨構造で広く採用されている。鉄骨ラチスシェルの部材には鋼管（パイプ）を用いる場合が多い、これは部材断面に作用する任意方向の曲げ・せん断力及び捩れに対して円環断面が効果的であることによるものである。構造システムの変形・強度を左右する重要因子は、部材断面ではなくて接合部・接合域にある。この構造形式では8本の部材を一つの接点（節点）に三次元の任意方向から、しかも、各部材の応力中心線が一点に会するように接合しなければならない。さらに、曲面版の場合には曲面の形及び各骨組要素の位置座標によって交差角が変化する。こうしたことから、応力中心線が一点に会するようにするため、接合部の中心を球形（一般には鋼製の球）とし、それに各部材が任意の方向から突きささってくる接合システム（MEROシステム）が世界各地で使用されている。この鋼球接合部と部材（鋼管）端部とをねじ込み、ボルトあるいは溶接によって接合する各種の工法が開発されている。この接合方法は、前述のラチスドーム（単層シェル）の構成にも応用されている。この接合法と構造とを一体にした構造システムは、我が国ではアルトラス、メロ・システム、トモエ・ユニットラスなどとして実用化されている（図1-4）。

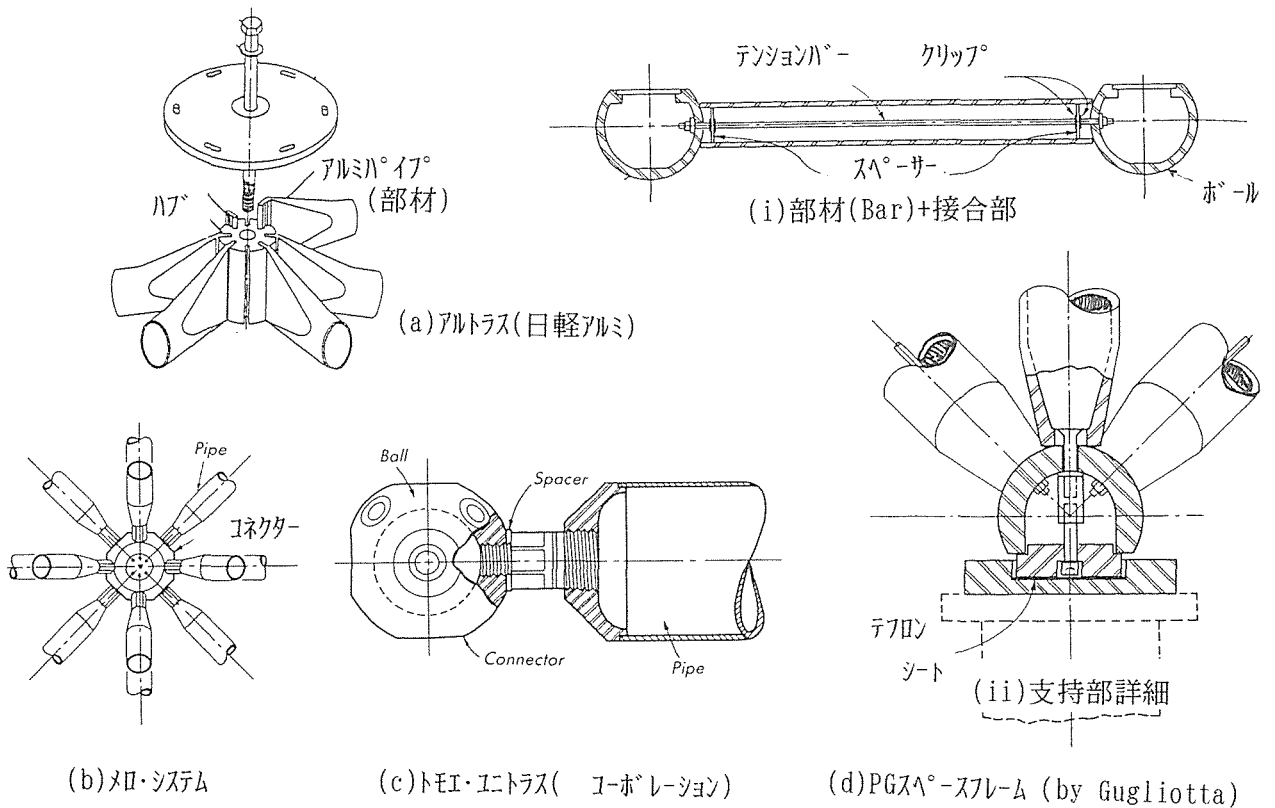


図1-4 II-B 接合システム

スペースストラクチャ（立体空間構造）を下記の形式に区分して木構造の視点から以下に述べる。

- | | | | | | |
|---|---|--------------|----|---|----------------------|
| I | { | I - A 放射状ドーム | II | { | II - A 格子版（平版、曲版） |
| | | I - B ラチスシェル | | | II - B 立体トラス版（平版、曲版） |

1. 3 大断面集成材アーチシェル構造

1. 3. 1 放射状ドーム

この形式の主体構造は雨傘の骨（リブ）に相当する。リブには湾曲集成材を用いるのが一般的であるけれども、大スパンでドームの曲率が大きいときは通直集成材を接合して多角形アーチをつくり、それを放射状に配置し多面体を構成して曲面に近似させる。また、アーチシェルなどはスパンに比較してライズ（むくり） f が小さいときは支持点に非常に大きな推力が発生する^{*}。この推力によってシェルやドームの底辺が広がるのを防止するいくつかの構造法がある。まず、引張りリングをシェルなどの底辺の外周に廻す。さらにリブに作用する圧縮力によってリブの中間点の膨れ出し防止法としては、洋傘式にリブとリブとの間に引張り膜を張ること、和傘式に緯線方向に何段かの引張りリング（ワイヤー）で締めること、または、これらの二つの方法を併用する方法が採用されている。図1-6の出雲ドーム（スパン140m、高さ54m）はリブに通直材を使い、裾の部分に引張りリングを、天頂には鉄骨造の圧縮リングを設置している。そして、中間に張弦（テンション・ストリング）としてスチールワイヤーを入れて推力と部材の面外変形を処理している。

^{*} 天頂付近では逆に内側に集まろうとする力が働く。

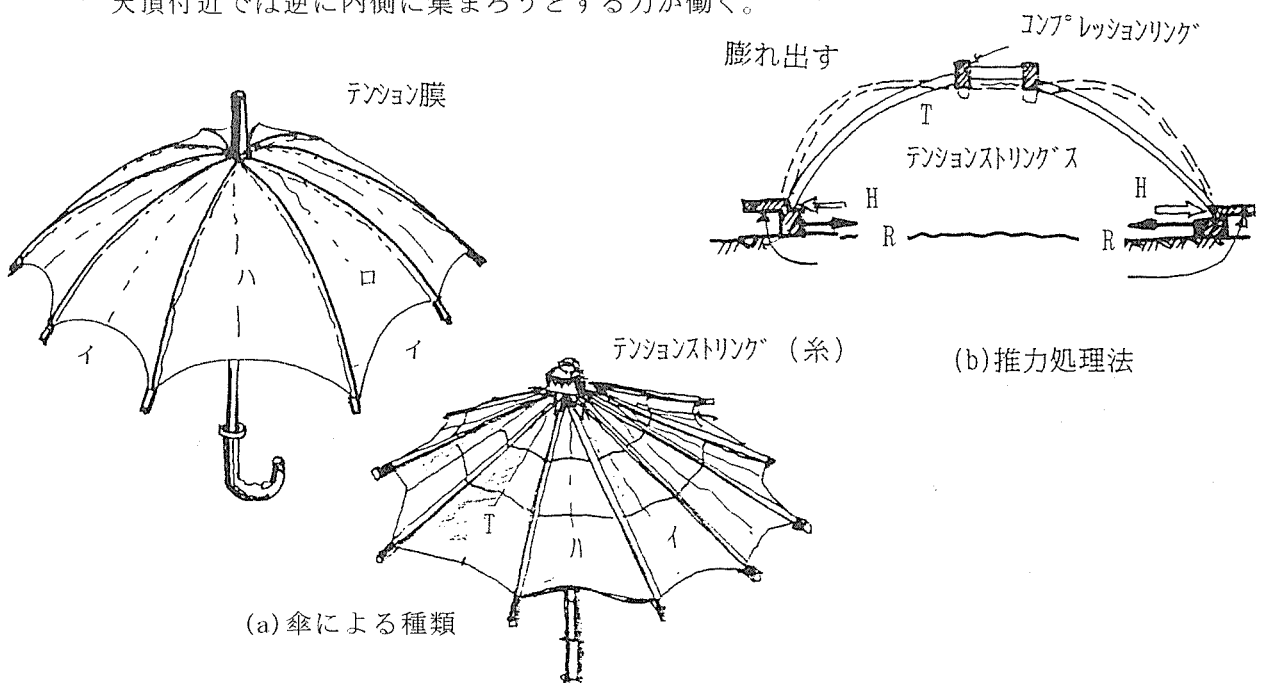


図1-5 放射型膜ドームの推力処理法

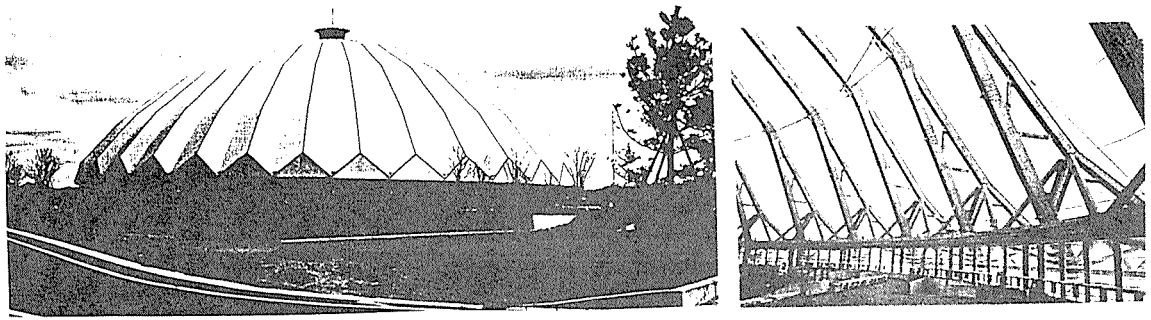


図1-6 出雲ドーム (L=140m、H=54m) (I-A、放射型ドーム)

1. 3. 2 ラチスシェル (ジオデジックドーム)

19世紀末にB.フラー (Backminster Fuller) によって開発されたジオデジックドーム (Geodesic Domes) は木構造でも多数の作品を産み出している。このドームは、単位球面三角形の連続で構成された剛な曲面の網 (ネット) である。したがって、曲面に作用する曲げモーメントをネット部材の軸力に変換することができ、大きな強度と剛性を持つ構造物を、比較的小断面の部材で実現できる。代表的な建物はタコマドーム (アメリカ 1985; WWS社が開発したバラックスシステムによるドーム) である。このドームの単位三角形枠は断面寸法が約20×75cm、長さが12~14mの湾曲集成材3本で構成されており、一つの接点に6本の部材が集まっている。これらの部材は鋼製のハブ (六角筒) の部分に放射状に接合されている。

日本では、この方式によって安代ドーム (安代町立田山体育館、主材枠の断面は13×61cmの集成材、ドームスパン36.6m、ドームの高さ8m) が1986年に建築されている (図1-7)。横浜ドーム (1989)、瀬戸大橋博覧会イベントプラザ (1990) などは、この構造システムに属する。

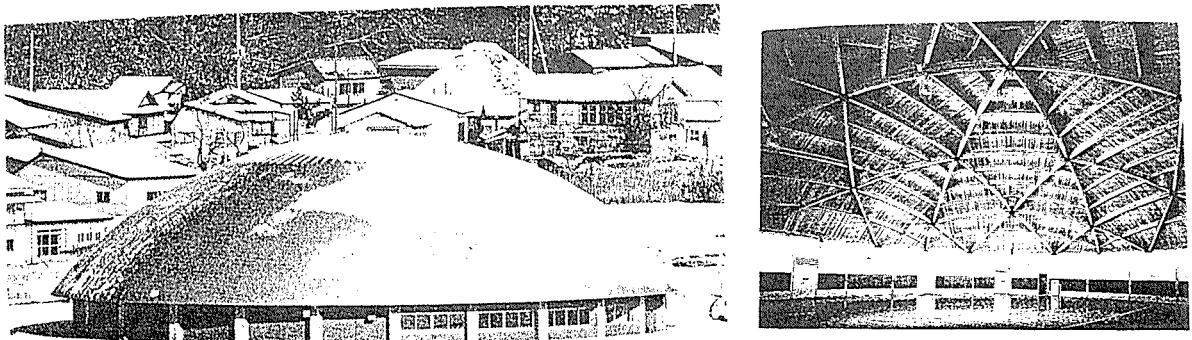


図1-7 田山体育館 (L=36.6m、H=8m) (I-B、ラチスシェル)

1. 4 立体トラス構造

断面が15cm角以下で材長が限定されている木材・木質材を組み立てて、スパン10m以上の空

する角度は45°となるので、一種類の接合金具と棒（部材）とを繰り返し使用することによって広い面積を覆う構造（屋根等）を構成できる。したがって、規格化が容易でありプレハブ化に適している。このシステムは長い歴史を持っている。我が国でもEXPO.'70（1970年大阪万博）の主会場となったお祭り広場（291×108m屋根版のせいは約7.7m、トラス材は直径50～35cmの鋼管、図1-9参照）のほか、現在までに数多くの鉄骨立体トラス屋根が、造られている。接合システムは、ほとんどが鋼製の球に三次元方向から棒部材を差し込む型式である。

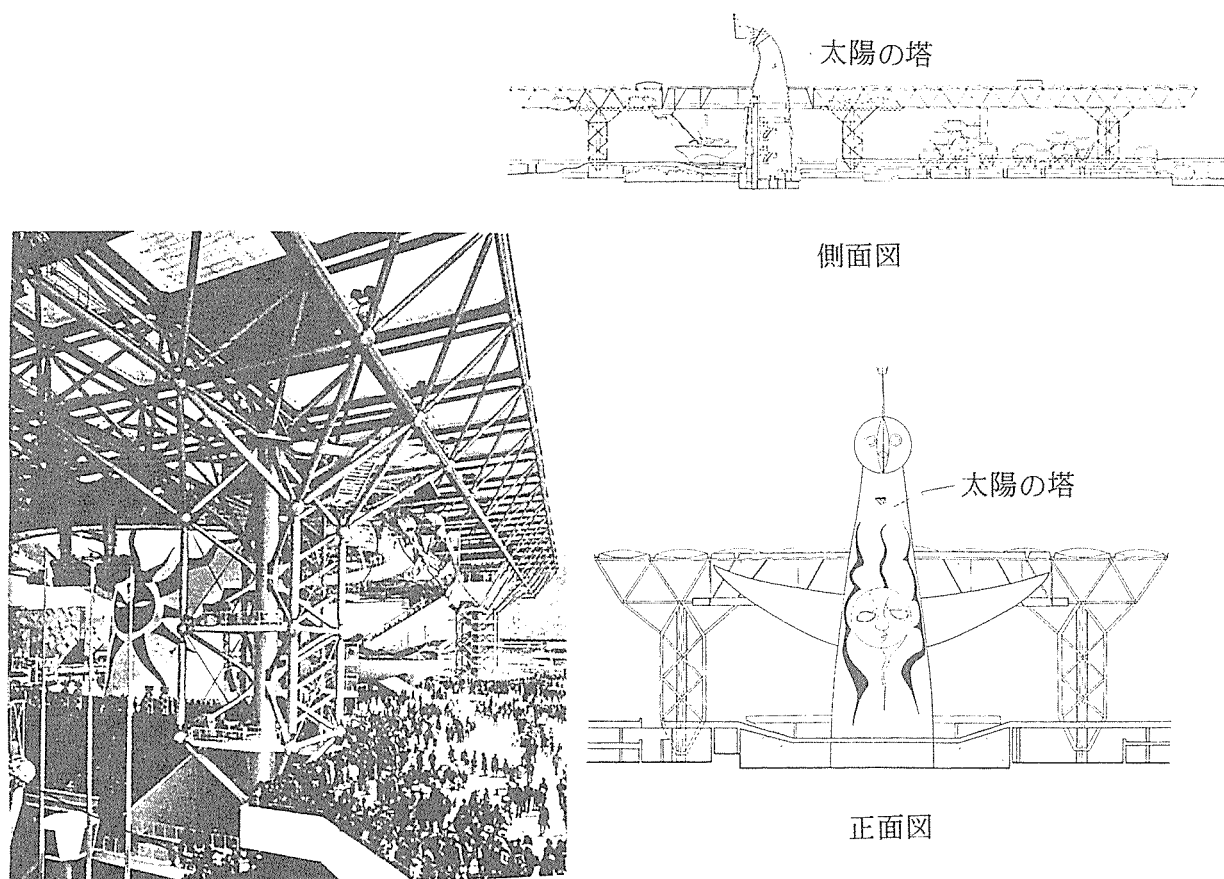


図1-9 II-B形式（鉄骨パイプ）EXPO.'70お祭り広場（1970）

木構造でこの接合システムを用いた立体トラス版としては、下記のものをおこなうことができる。

アルボンの多目的ホール（1985, スイス）：単位ピラミッド辺長3m、部材（集成材）断面12cm角、スパン27m（図1-10参照）。

葉祥栄+松井源吾の一連の作品：小国町交通センター（1986）、小国町林業総合センター（1987）（図1-11参照）。

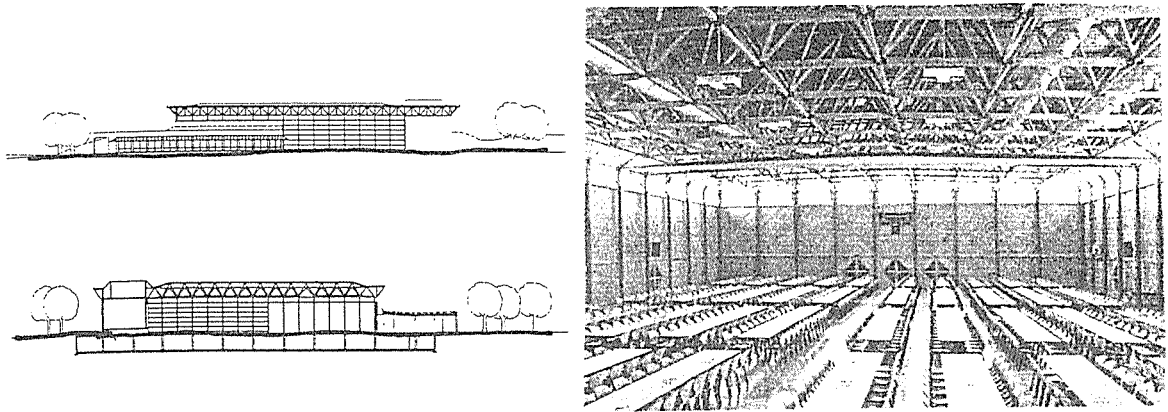
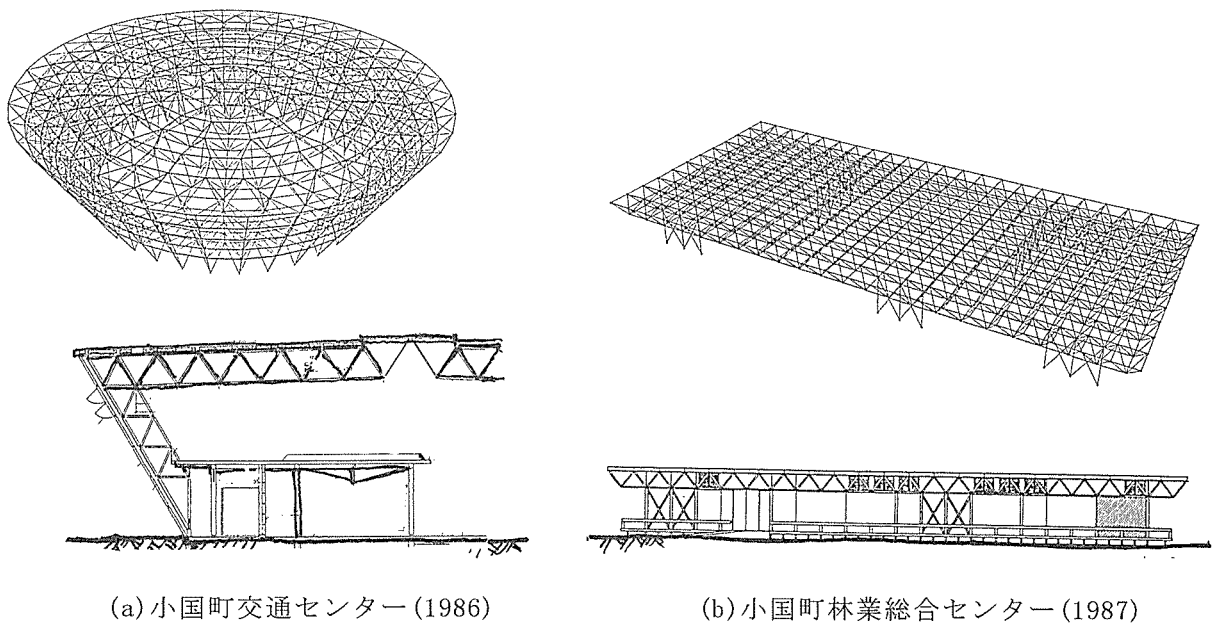


図1-10 アルポンの多目的ホール（Ⅱ-B）



(a)小国町交通センター(1986)

(b)小国町林業総合センター(1987)

図1-11 木造スペース・トラス構造（Ⅱ-B）

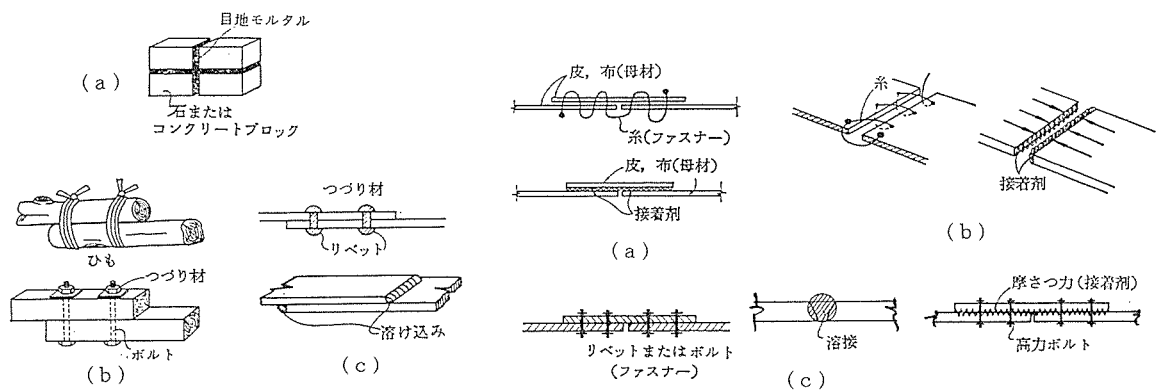
1. 5 接合方法

1. 5. 1 接合の原理と方法

限られた大きさ（長さ）の部材（要素）を数多く使って一つの空間（構造体）を造りあげるとき、その部材（角材、板など）同士を「結び付ける」操作が必要になってくる。そして、接合部分（節点）の力学的性質は結び付けられる部材（母材）のそれと等しいことが理想である。氷や雪のブロックを積み上げ、凍らせて造った氷の組積造の接合目地や鉄筋コンクリート造の

打ち継ぎ部などは、ほぼこの条件を満たしている。この場合は、母材と接合部との区別がない。しかし、石や木では接合部を母材と力学的に同じ性質にすることは非常に難しい。石、レンガはセメントモルタルで接着し、木材は洋風では紐や鉄線で縛ったり、後には金物で緊結した（これに対して和風継手は、母材の接触部を合理的で技巧を凝らした組み手に加工して、母材同士を釘等の金物を使わないで接合する一種のノードレスジョイントとなっている。）。鉄も溶接が開発されるまでは楔（くさび）で「かしめ合わせ」たし、19世紀の中頃からはボルトやリベットで「綴り合わせ」た。

古代から人々は獣の皮や植物繊維や蚕の絹を織った布を裁断し、針と糸とで「縫い合わせ」て靴などを作ってきた。近年になって縫い合わせる代わりに接着剤を使って「貼り合わせる」ようになった。



①結びかた

②縫い合わせと貼り合わせ

図1-12 接合の原理と方法

物体と物体とを結合する方法は、①綴り合わせる（ファスナー接合）、②貼り合わせる（接着接合）及び③溶かして合わせる（溶接合、和風継手）に大別できる。

釘、ドリフトピン接合は①の「綴り合わせ」に属し、釘等はファスナー（糸に相当する。）である。釘、ボルト接合の場合はファスナーの変形によってせん断→曲げ→引張りと応力状態が転移していく。①の原形の縛る接合法は P. Huybers が丸太とプレートとの接合に活用している（木造立体トラス構造の事例7-1参照）。②の接着接合は合板、集成材等のように面と面との貼り合わせに用いている。しかし、継手では、一般にはファスナーと併用している。併用の方式には母材の面と面とを貼り合わせる面接着のほかに、ファスナーを母材に埋め込み接着する工法がある。このケミカルアンカー工法は和風継手のだぼ（太）又はせん（栓）に相当する。

③の鉄の溶接合は母材と接合部材とが同じような材料で構成されるので、木の場合は和風継

手に相当する。

木構造の接合部において、ヤング係数が一桁以上も違う鉄製ファスナーで木を接合することは好ましくない。和風継手は木と木とを嵌め合わせる工法であるノードレスジョイントであり、母材と接合部の材料力学的性質は等しい。その点、木の接合法の一つの理想であるともいえる。そしてこれは、③の溶接と同じ系統の接合法である。

1. 5. 2 継手、仕口、立体接合

部材と部材とを長手方向に接続した接合部を「継手」と呼ぶ。嵌め合わせの和風継手では、軸力とせん断力とを伝える腰掛け蟻継ぎ、鎌継ぎが、さらにモーメントも伝える継手には追掛け大栓継ぎ、金輪継ぎ等がある（図1-13(a)）。ファスナーと金物を使う洋風継手の接合は、添え板とボルト、釘、ラグボルトの組み合わせが代表的である。この型式には、①添え板を部材の両側面に添える、②板を部材の中に挿入する、③メタルプレートで部材を挟む等がある。最近②の型式が増えてきている（図1-13(b)）。

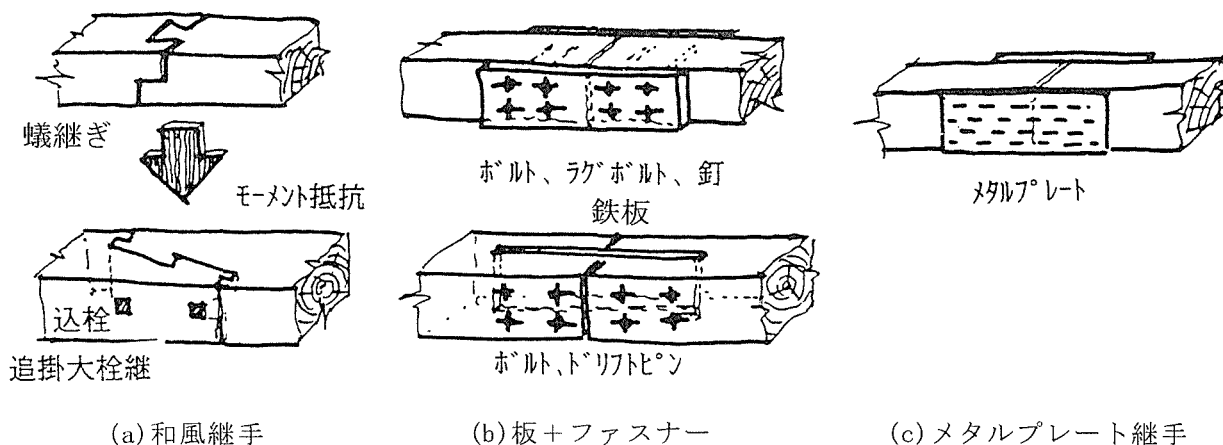


図1-13 木造の接合（継手）

部材と部材とを直角又はそれに近い角度で結び合わせる接合を「仕口」という。モーメント抵抗を持つ柱-梁接合部も「仕口」に含まれる。トラスの節点はモーメント抵抗を期待しないからピン接合と考える。「仕口」にもほぞと栓とを併用した和風の仕口と、接合金物（板とファスナー）を使う洋風の仕口とがある（図1-14(a)、(b)）。図1-14(c)は現在一般に用いられている柱-梁接合仕口の一例である。

ドーム、ラチスシェル、立体トラス版の接合部では、部材が空間の任意の方向から一つの接点に集結する三次元の「立体接合」である。この場合に、木と木とを直接に接合することは技術的に難しいので、一般には接合金物という媒体を仲立ちにして力を伝達するシステムとなっ

ている。したがって、接合金物の三次元化、接合金物と部材端との接合方法の開発、特にこの「木と鉄を継ぐ」手法がポイントである。

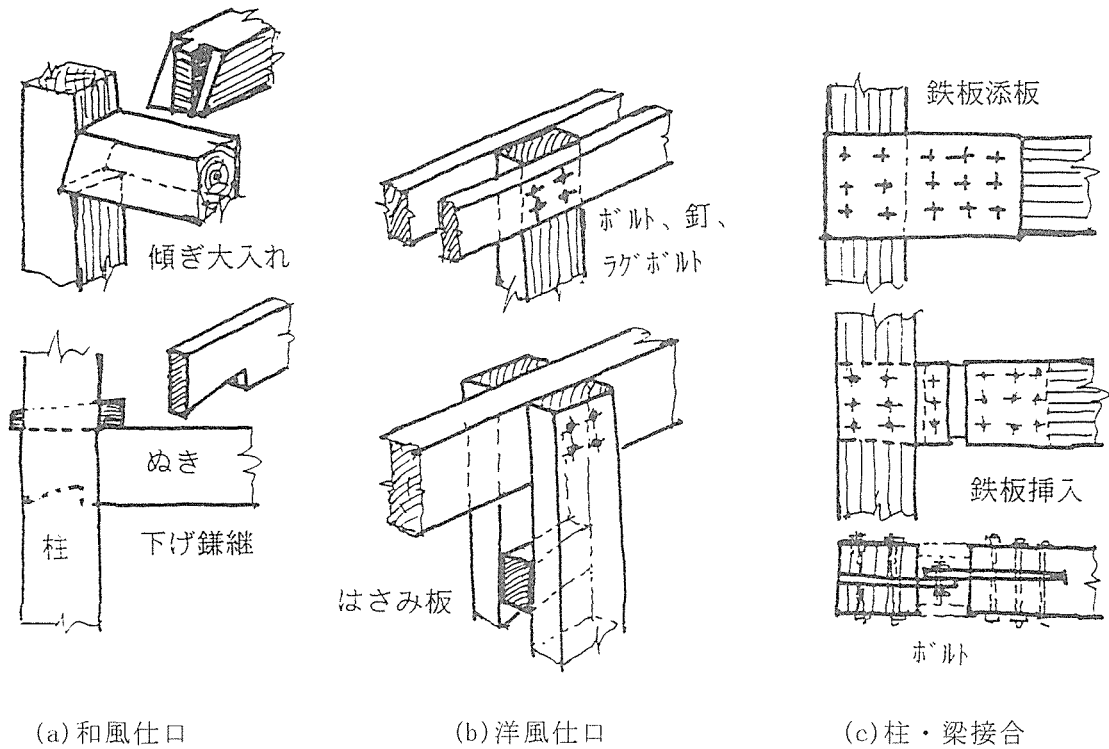


図1-14 木造の接合（仕口）

立体接合金物には前述のボールジョイント（メロウシステム、木造立体トラス構造の事例8-2、事例13）の他に各種の接合型式が試みられている。すなわち、ノードレスジョイント式（木造立体トラス構造の事例1-2、事例7-2）及び円筒式（木造立体トラス構造の事例2-2、事例3-2、事例4-2、事例5-2、事例9-2、事例13-2）の建物が設計あるいは施工されている。

2. 事例にみる木造立体トラス構造の体系

注)「5. 木造立体トラス構造の事例図解」を参照しながら読むこと。

2. 1 交差梁（十字梁）による構成

2. 1. 1 平面トラス梁を交差させて造った立体トラス版

(1) D C C S 接合フィーレンデール梁・格子版構造 1992
(豊橋技術科学大学定方研究室T.U.T.) [木造立体トラス構造の事例11]

10cm正角材で、梁せい45cm、1ユニットの梁長360cmの4格間のフィーレンデール梁を作る。弦材と束材との接合にはD C S 金物を使用している*)。この単位フィーレンデール梁をNo. 11-3の構成説明図のように格子に組み立て、大スパンの格子版を構成する。技術開発の研究は単位梁要素3個を十字形に組み合わせ、交差点に集中荷重を加えた実験から始めた。交差点の十字接合部はD C C Sで接合している。なお、格間を12φの鉄棒で筋違補強した補強フィーレンデール梁も研究開発中である。

*) 定方啓、ザ・用語解説「D C SとD C C S」、建築技術 OCT. 1992. p. 153

(2) 東栄町林業総合センター 1991 愛知県東栄町 (T. U. T. 渡辺、定方+飯島設計)
[木造立体トラス構造の事例12]

10×15cm角（弦材）及び10cm正角（束材）のスギ（東栄町産）で梁せい 80～100cmの変断面フィーレンデール梁を組み立て、それを主桁として独立支柱（スギ丸太、径40～50cm、東栄町産）に放射状に剛接合した唐傘式・片持ち梁型立体架構を組み立てた。これを構造単位（1ユニット）とする。これらの4ユニット（2ユニット×2）を、それぞれの片持ち式版の自由縁で接合して安定した立体構造を構成した。さらに、大スパンを下から支える代わりに、柱頭から鉄棒（20φ）で斜張橋式に吊り上げている。こうして大黒柱一吊り屋根構造が創られた。

(事例No. 12-1)

実施建物の林業総合センターは、辺長12×12m又は12×14mのトラス格子版一つと支柱（大黒柱）1本との組み合わせを大ユニットとして、集会場、製材工場及びストックヤードの建物群から成っている。この建物に耐震・耐風性能を付与するためには、大黒柱の柱脚の固定度及び柱+梁接合部（丸太+変断面フィーレンデール梁）の剛接度を高めることがキーポイントである。

(3) 竜神村体育館 1987 和歌山県竜神村 (渡辺豊和+川崎福則)

[木造立体トラス構造の事例13]

21×27cm及び18×27cmの角材(スギ集成材)で組み立てた変断面トラス梁山形ラーメン(梁せい120~400cm)を5m間隔に建て並べ、その建て並べられたトラス梁の下弦材を含む平面を21cm角及び18cm角のスギ材で立体トラス状に連結して、全体的には立体トラス版を構成している。下弦材部の節点にはボールジョイント接合が用いられている。スパンは26m、桁行き長さ30m(5m×6径間)である。屋根からの推力は木のトラス造の控え壁と鉄筋コンクリート造の庇兼用ステージ版で支えている。

2. 1. 2 木造格子シェル(吊りネット構造)

(1) 奈良シルクロード博パビリオン 1988 奈良市 (土井鷹雄+竹中工務店)

[木造立体トラス構造の事例6]

木格子ネットの midpoint を吊り上げて逆懸垂膜(ネガティブカタナリー)を作る構法で、F.オットーのマインハイムマルチホール(1977)がその原型である。緩く結び付けられた直交格子網を、吊り下げによる引張力で斜交格子に変形させて各種の平面形に応じた空間形態を構成する。

断面4×7cmのスギ材を直交させて50×50cmの格子ネットを作る。部材は縦・横交互に二段重ねに組み合わせて、4本の交点(節点)を13mmφのボルトで重ね接合している。シルクロード博のなら館(1,500㎡)とテーマ館(2,000㎡)がこの構造によりユニークな形態を表現している。ドームの高さは約16m、ドームの周縁に巡らせた合板(厚さ24mm2枚)をテンションリングとして推力を処理している。

この構造システムは構造・設計者の創作意欲をそそる。ナッター、葉祥栄など多数の人々がこの構造による各種の作品を創っている。

2. 2 立体トラス梁による構成

2. 2. 1 立体トラス梁(変断面梁、張弦梁)

(1) 神慈秀明会黄島道場 1990 岡山県 (栗生総合計画事務所+木村俊彦)

[木造立体トラス構造の事例14]

リブ(立体束)が三角形枠の立体変断面トラス梁(V断面トラス)で屋根板を支えている。三角枠は斜め材を紡錘形の棒(ベイマツ集成材、直径12cm)、上部水平材をタイボルト16φで組み立てている。三角形枠の上弦部を構成する2本の上弦材は、12×12cmのベイマツ集成材、下弦材は9×18cmの2本のベイマツ集成材となっている。

この立体トラス梁は別の見方をすれば、梁せい27~80cmで先端に行くにつれて細くなっている平面トラス梁2枚を、構面が90度の角度になるように下弦材部分を結合し、上部を16φボル

トで2m幅で連結した構造である。立体トラス梁のスパンは12m、トラス間隔は4.8mである。

2. 2. 2 複合張弦構造

(1) メミンゲンのコミュニティホール 1984 ドイツ (Faller+Muschalek+D. Herreschman)
[木造立体トラス構造の事例15]

立体トラス梁のリブ(立体束)は角材で作った正方形(柵)枠で、その一辺は4.25mである。この枠を4.25m間隔に並べ、棟の線には角材2本を上弦材として、下弦部分には3本のケーブルを引張り材として通している。

3本のケーブルのうち、ケーブルAは梁中央では柵形立体束の最下部を貫通し、梁端にいくにつれて上に吊り上げられ、外端部では柵の頂点に結び付けられる。他の2本のケーブルBは梁の中央ではAの両側近くを通り、梁端では柵の左右の頂点付近に定着されている。このケーブル構法は、ケーブルに初期張力を入れることでPC梁と同じ効果を与えることができる。また下弦材ケーブルは梁端で両側に広がるので、梁と直交する方向の水平剛性の向上にも役立つ。梁の最大スパンは34m、梁せいは $4.25 \times \sqrt{2} \approx 6$ mである。

(2) 陶芸家のアトリエ 1992 広島県三和町 (アトリエ84+T. I. S & Partners)
[木造立体トラス構造の事例16]

メミンゲン・コミュニティホールの立体トラス梁の柵型枠では縦に入れてある対角線部材を、20φの鋼棒に代えて横に入れ、棒にプレテンションを導入している。そのほかの構成システムはほとんど同じである。木造立体枠は長さ100cm、断面15cm角の部材を、別途に設計した鋳鋼製の接合金物を用いて組み立てている。金物と部材との接合は、柵材端にスリットを入れ、それに鋼プレートを内挿してボルトで締める。ボルトにはせん断・曲げ応力が生ずる。上弦材Aには18cm角材3本を、下弦材には32φの鋼棒を使用している。これは、一種の張弦構造であり、閉じられた構造システムなので推力は生じない。

梁端は鉄筋コンクリート柱で支持している。スパンは16mである。

2. 3 平面三角形の連続による構成(ラチスシェル、ジオデジックドーム)

(1) 西里小学校多目的ホール 1991 熊本県小国町 (木島安史+中田捷夫)
[木造立体トラス構造の事例1]

一辺の長さが4.5mの平面三角形枠(部材は15×24cm角の小国町産スギ)を1ユニットとする。六つのユニットの頂点を「鉄板折り曲げ式のノードレスジョイント」で接合しながら(事例No.1-2)、凸多角形面(ジオデジックドーム)を形成させる。柵材の座屈の制御及び屋根版取り付けの便宜のために、主材(柵材)の二等分点を結んで補剛材を逆三角形に入れてい

る。

高さ13m、直径約6mのドームがコンクリート基礎版に5点で支持されている。柱脚・基礎の詳細は事例No. 1-3参照。

(2) ミュンヘン・木造ジオデジックドーム 1972 ドイツ (W. Ruhouetal + J. Natterer)
[木造立体トラス構造の事例2]

ドームは一辺が約1.50mの正三角形枠要素(部材は7.5×6cm角の2枚合わせ)を、球形に接続して造った20面体である。6本^{*}の部材(枠材)が六角形角筒の底縁に溶接合した厚さ2mmのプレートに、放射状にボルト接合されている(事例No. 2-2)。すなわち、三角ユニット6個で大ユニット(曲面六角形)を形成する。ドームの直径は7mである。接合角度を調節すればドームの大きさを変えることができる。

^{*} 頂部等の特別の節点を除く。

(3) 福岡89. 竹のドーム、アジア太平洋博の郵便局舎 1989 福岡市 (葉祥栄 + 松井源吾)
[木造立体トラス構造の事例4]

三角形枠の主材は内径7cm、肉厚5mm以上の真竹である。枠の一辺の長さは約2.2m、構造システムはフラ型ジオデジックドームである。ドームの直径は約10m、高さ5.6mである。

曲面を造るには、接合金物と竹材端部へ挿入した円筒式金物との接続部をピン接合し、その相互回転によって接続角度を調節する仕組みになっている。

2. 4 ピラミッド型立体骨組の連続による構成 (丸太部材立体トラス、トラスシェル、トラス床構造)

(1) 小径丸太による立体トラスユニット連続版構造 1988~91 オランダ (P. Huybers)
[木造立体トラス構造の事例7]

材長2.5m、直径12~13cmの松丸太で辺長2.7mのピラミッド型ユニットをつくり、それを連続させて立体トラス版を形成する工法。12ユニット(4×3格子)10.8×8.1m、版厚1.9mが大ユニットになっている。

ピラミッド骨組の部材に丸太を使っている。また、部材8本の立体接合部には汎用性のある接合金物(ノードレスジョイント等)を開発して使用している(事例No. 7-2)。接合金物と木材との接合には、部材端部に鉄線を巻いて締め付ける手法を開発している。実施例は家畜飼育場(大ユニット二つ)、集会場(11.4×13.4m)のほかにも高さ20mの立体トラス構造の塔が提案されている(事例No. 7-3)。

(2) 小国町民体育館 1988 熊本県小国町 (葉祥栄+松井源吾)

[木造立体トラス構造の事例8]

四角錐ユニットを曲面上に連続させて構成した複層・曲面トラス版構造。トラス主材には小国町産のスギ角材(9cm角又は12cm角)を使用し、8本の部材をボールジョイント式で結合している(事例No. 8-1、8-2)。接合金物のプレート($t=4\text{mm}$)と部材端部との接合にはエポキシ樹脂系の接着剤を併用して初期剛性の向上を図っている。

曲面トラスシェルの推力は、周辺に巡らした鉄筋コンクリート造スタンド及びトラス状パットレスとで処理している。屋根版の広さは約 $67\times 50\text{m}$ 、建物の高さは床面から約 16m である。

(3) CRJで構成した立体トラスユニット連続版構造(ピラミッド骨組ユニット連続システム) 1989
(T. U. T. 定方研究室) [木造立体トラス構造の事例9]

四角錐ユニットを平面上に連続させて立体トラス版を構成した。部材断面は9cm角で、ユニットの辺長がすべて等しく180cm又は200cmのピラミッド単位として設計している。試験体は1/2モデルとしたので、この場合の部材には4.5cm角のスギ間伐材又はベイツガを使用した(事例No. 9-1)。接合金物には、中央の鋼製円環($t=4.5\text{mm}$ 、径10cm、1/2モデルではそれぞれ、3.2mm、5cm)に、ひれプレート(水平4枚、斜め45度に4枚)を差し込む方式の立体接合金物(Cylindrical Ring Joint、CRJ)を使用した(事例No. 9-2)。

1/2モデルの9(=3×3)ユニットを連続して構成した1/2立体トラス平版試験体の中央載荷実験を4点支持条件で実施し、その実用性を確かめた(事例No. 9-3)。実験資料と構造解析とによって、スギの9cm角材で辺長180cmピラミッド25ユニット(5×5ユニット、9×9m)の4点支持立体トラス平版の可能性が確認された*)。

*) 周縁の拘束条件(例えば周縁支持数)を増して行けば、さらに大きなスパンを張ることができる。

(4) スペースフレーム構造床システム 1992 (三重大学ほか、黒田重義+徳田迪夫)

[木造立体トラス構造の事例10]

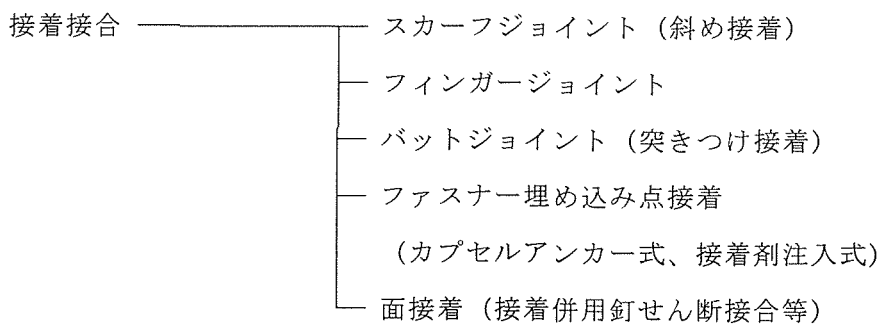
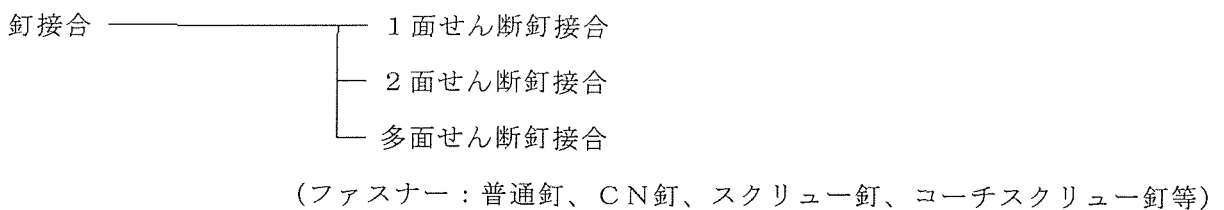
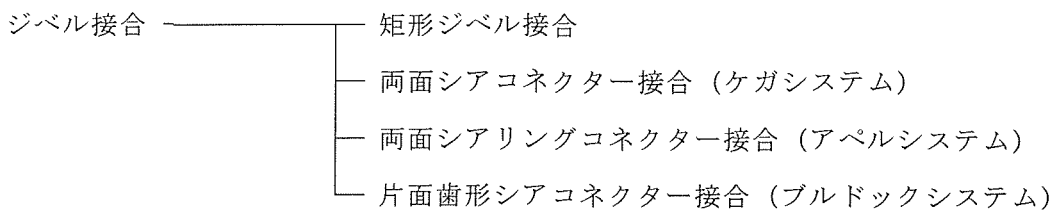
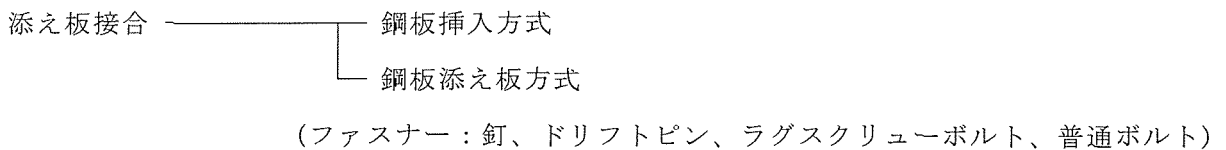
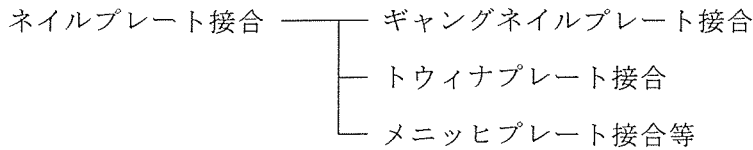
この床版は事例11、12に近い構造システムであるけれども、発想の原点がピラミッド骨組ユニットの連続構成にあるので、2.4に分類した。

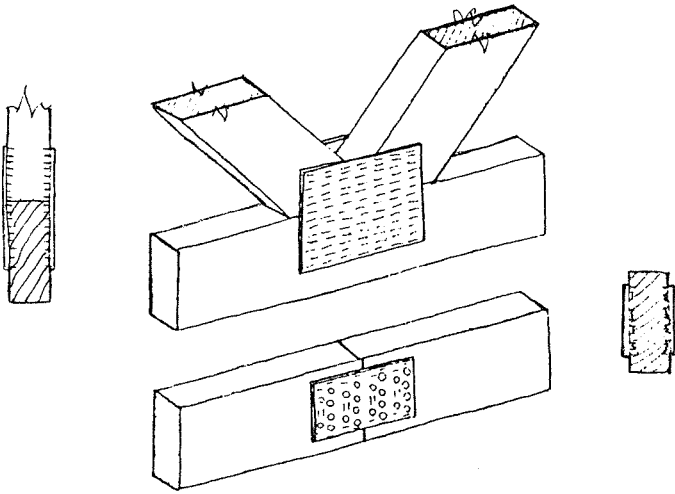
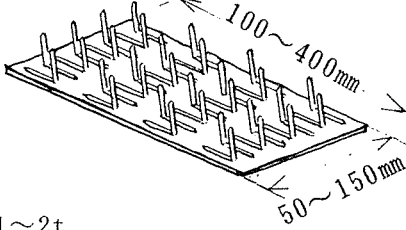

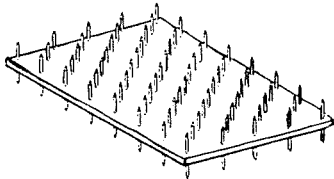
平行弦トラス梁(せい50cm、部材断面10.5cm角)を平行に90cm間隔に並べ、そのトラス梁間を、同寸の部材で直交方向に、トラス状に連結して立体トラス版を形成させている。上下弦材及び斜め材、束材の結合には、引きボルトを活用した「軸心引張りボルト接合」という手法を用いている(事例No. 10-2)。

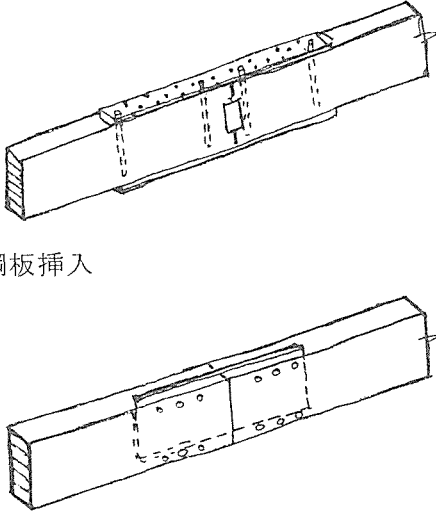
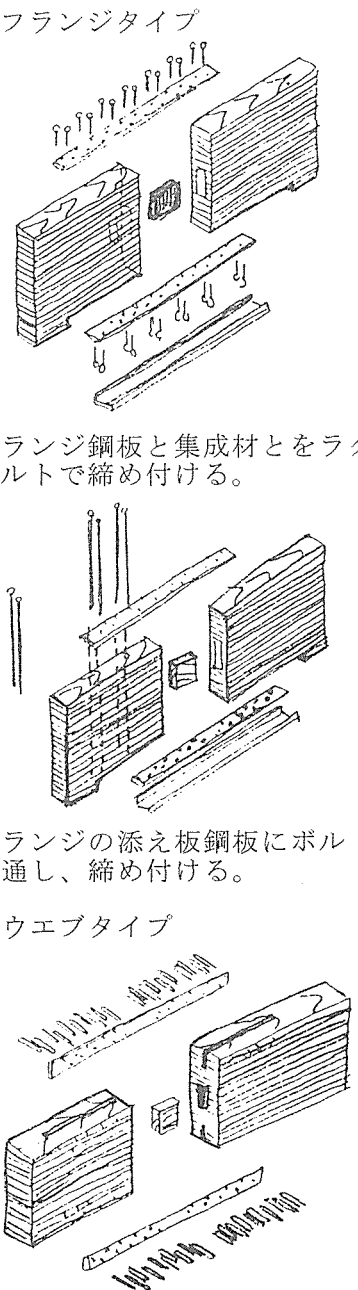
3. 接合システム

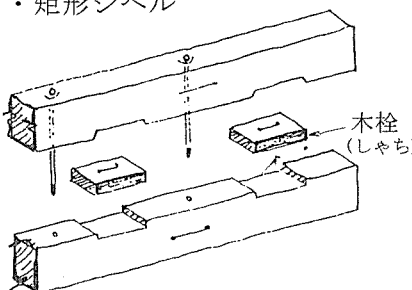
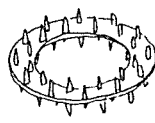
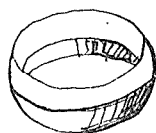

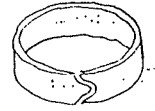
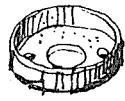
3.1 継手

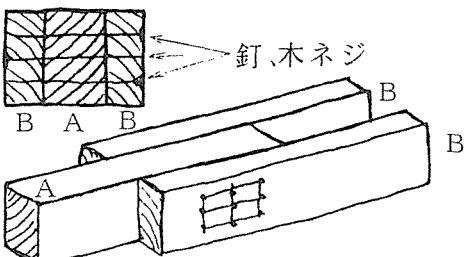
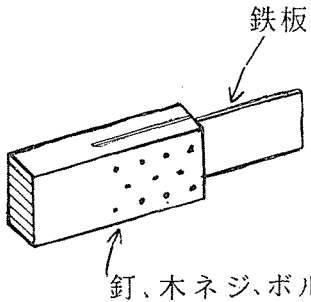

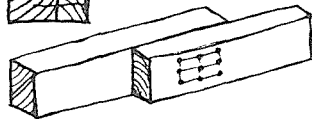

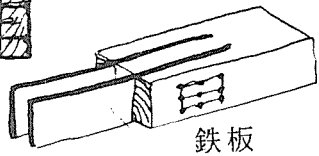
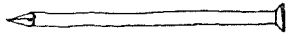
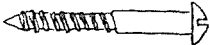


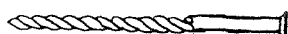

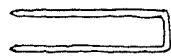
継手は長手方向に接合することをさす。継手の手法を分類すると下記に示すとおりである。以下にこれを図解する。

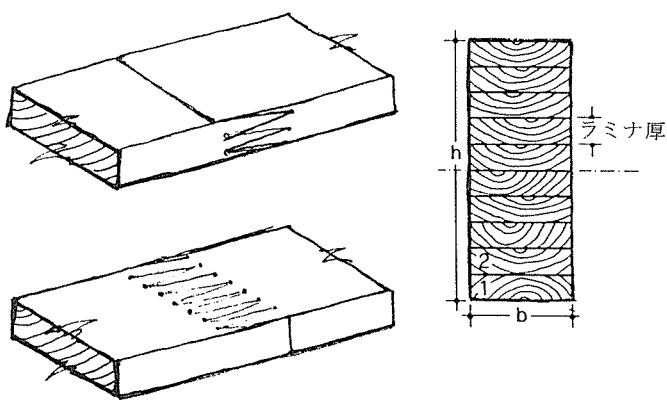
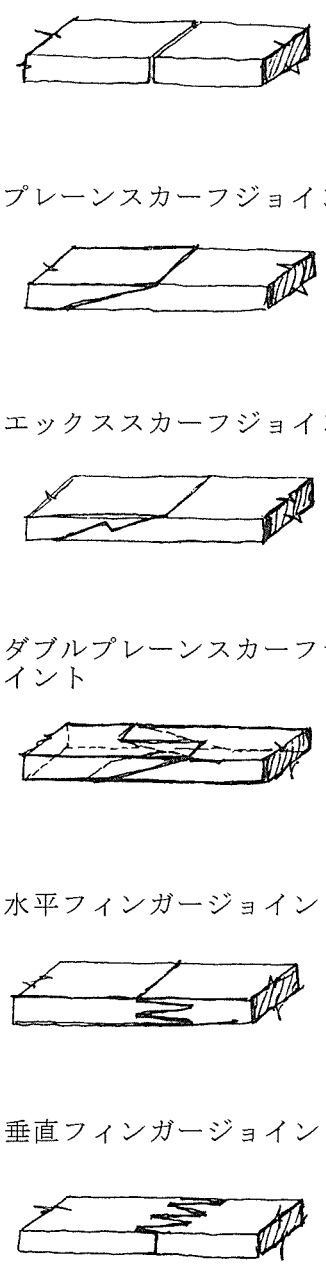


接合部型式	ネイルプレート接合	部材+金物	部材長手方向+プレート打ち込み
<p>構造上の特徴</p> 		<p>種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ギヤングネイル  <p>1~2t プレートに対し、直角方向に打ち抜いてある。</p> ・トウィナプレート  <p>円形の突起は力の伝達に、線形の突起は締着用である。</p> 	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プレート肉厚1~2mm、サイズ50×100~150×400(mm) ・片面ないし両面が釘型、爪型の打ち出し部がついている。 ・木材は同じ厚さを使用し、両面から打ち込む。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仕口添え板や継手添え板として使われる。 ・木材の孔加工、プレカットが不要。 ・工場にてトラス組みが可能。 ・木材の節約ができる。 ・ツーバイ工法に多い。 <p>参考資料・出典</p> <p>1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p. 52、p. 53 (財)日本建築センター出版部</p>		<ul style="list-style-type: none"> ・メニッヒ  <p>樹脂板に釘を打ち込んだもの。設計として鋼製釘が耐力要素となる。</p> 	

接合部型式	添え板接合	部材+金物	プレート2枚(挟み込み)+ ラグボルト、ドリフトピンor通しボルト
<p>構造上の特徴</p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼板添え板 鋼板挿入  <p>プレート肉厚 6~12mm</p> <p>プレートサイズ 100×200 ~200×3000mm</p>		<p>種類</p> <ul style="list-style-type: none"> フランジタイプ ウェブタイプ  <p>フランジ鋼板と集成材とをラグボルトで締め付ける。</p> <p>フランジの添え板鋼板にボルトを通し、締め付ける。</p> <p>集成材上下のスリットに鋼板を挿入し、ドリフトピンを打ち込み、鋼板と集成材を接合する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 接合金具 <ul style="list-style-type: none"> ラグボルト ドリフトピン 釘 ボルト 	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> プレート肉厚6~12mmの長尺金物。 プレートは所定の位置に穴があげられている。 木材は同じ断面寸法の部材を使用する。 締め付け金具としてラグボルト、ドリフトピン、通しボルト等が使用される。 穴の大きさ、位置について、設計基準がある。 ボルト接合の場合、問題は接合部のガタである。(これを防止するためエポキシ樹脂を充填されることがある。) <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> 地組のフラット面に大梁を置く。 木口面にせん断ジベル、堅木タボ等を入れる。 鋼板を当てるか挿入して、ボルト、ドリフトピン等で接合する。 耐火カバー等を取り付けることがある。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.145 (財)日本建築センター出版部 「大断面木造建築物接合部設計マニュアル作成報告書」 平成4年3月 p.62~64 (財)日本住宅・木材技術センター 			

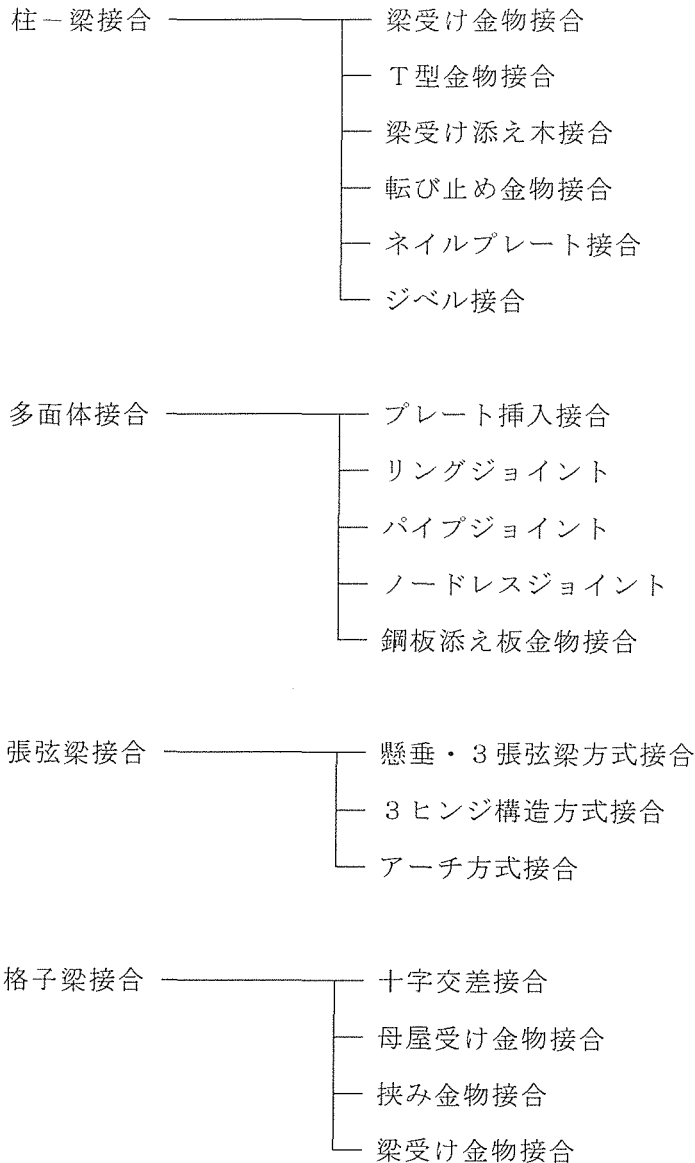
接合部型式	ジベル接合	部材+金物	部材長手方向+ リング金物(ボルトと併用)
構造上の特徴		種 類	
○シアプレートの接合形式		<ul style="list-style-type: none"> ・矩形ジベル  ・両面シアコンフェクター 外径 50~100mm 肉厚 2~5mm  ・両面シアコネクター 外径 50~100mm 肉厚 3~6mm  ・片面歯形シアコネクター 外径 50~100mm 肉厚 1~2mm  ・スプリットリング 高さ19mm 外径64mm  ・シアプレート 高さ11mm 外径67mm  	
○シアプレート1個当たりの短期許容せん断耐力			
部材当たりの リングの 数	木材の厚さ (cm)	許容せん断耐力(kgf)	
		繊維方向	繊維に 直角方向
1	3.8以上	2,060	1,440
2	6.3以上	2,220	1,560
注)・シアプレートの直径は67mm、ボルトの直径は20mm ・長期許容せん断力は短期許容せん断力の数値の1/2の値 ・樹種はベイマツ			
部材及び接合金物			
<ul style="list-style-type: none"> ・リング金物 外径50~70mm、高さ10~20mm、肉厚3~5mm 防錆処理として溶融亜鉛メッキ処理を施す。 ・材質 鉄鋼、鋳鉄、アルミ、堅木 ・木材 木材に掘込みを作って差し込む場合と、歯形のジベルで圧入させる場合がある。 			
施工その他			
<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮力及びせん断荷重に対する接合である。 ・乾燥状態で加工、使用するのが一般的である。 ・体系的に実験が行われていないため、個々に確かめて使用する必要がある。 			
参考資料・出典			
<ol style="list-style-type: none"> 1.「大断面木造建築物接合部設計マニュアル作成報告書」 平成4年3月 p.17 (財)日本住宅・木材技術センター 2. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.47~48 (財)日本建築センター出版部 			

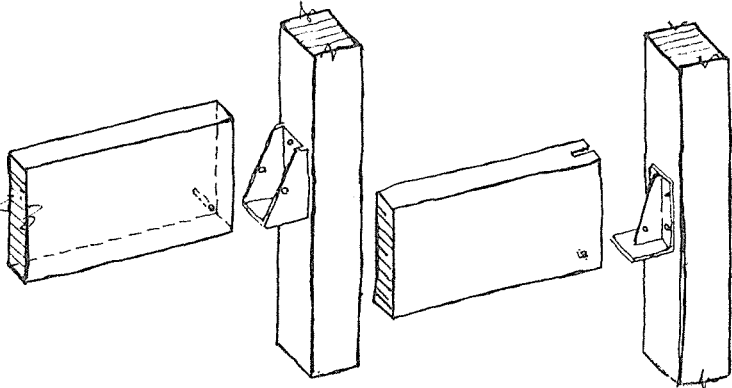
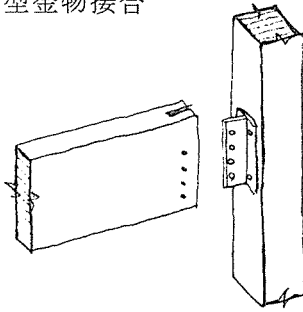
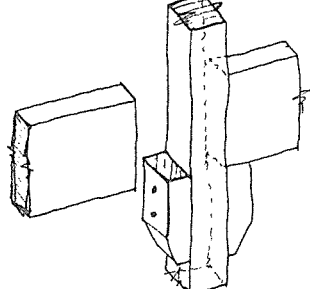
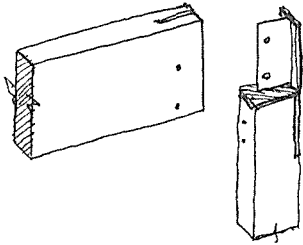
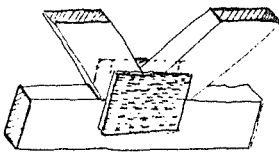
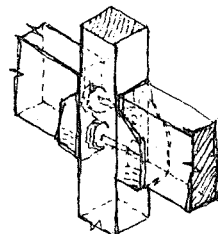
接合部型式	釘接合	部材+金物	部材長手方向+釘、ネジ、ラグスクリュー
<p>構造上の特徴</p> <p>例) 2面せん断釘接合</p>  <p>例) 鉄板接合</p> 		<p>種類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1面せん断接合   <ul style="list-style-type: none"> ・ 多面せん断接合   <p>(a) DIN1151に基づく平頭普通丸釘</p>  <p>呼称: 直径×長さ(mm) 例 3.8×100</p> <p>(b) DIN96に基づく半丸頭木ネジ</p>  <p>呼称: 直径×長さ(mm) 例 6×100</p> <p>(c) DIN97NIに基づく平頭木ネジ</p>  <p>(d) DIN571に基づくラグスクリュー(コーチスクリュー)</p>  <p>(e) スクリュー釘 (規格外)</p>  <p>呼称: 釘の種類、直径×長さ(mm) 例 6.0×150</p> <p>(f) リング釘 (規格外)</p>  <p>呼称: 釘の種類、直径×長さ(mm) 例 6.0×150</p> <p>(g) ステープル 線径1~2mm 通常端部は樹脂被覆されている</p> 	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 釘、ネジ、ラグスクリュー せん断耐力、施工方法、外観により各種使い分ける ・ カラマツなどの割裂危険の高い樹種は85%程度の先穴をあける。 ・ 木材に裂け目が生じないように、釘の直径に対する木材の最小厚さがDINに規定されている。 ・ 外部露出金物は防食処理したもの以外用いるべきでない。 ・ 小径部材の接合に使用される。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 釘打ち間隔は、反りやねじれを防ぐため、注意が必要である。 ・ 空圧釘打ち機により、長い釘も自動的に施工できるようになった。 ・ ネジ類について、打ち込みは禁止である。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p. 49~51 (財) 日本建築センター出版部 2. 「大断面木造建築物接合部設計マニュアル作成報告書」 平成4年3月 p. 14~20 (財) 日本住宅・木材技術センター 			

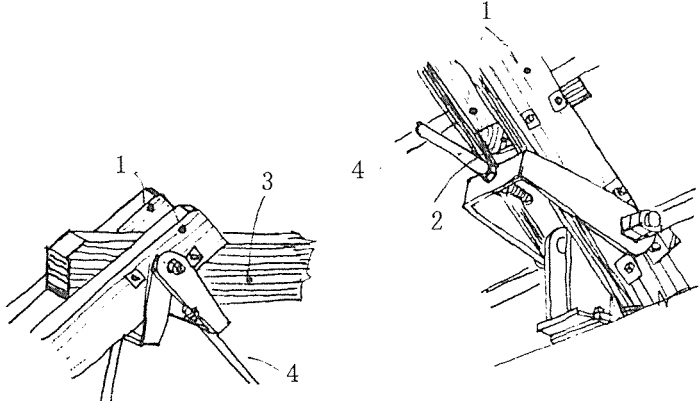
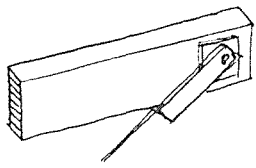
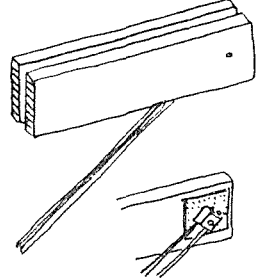
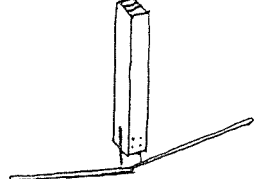
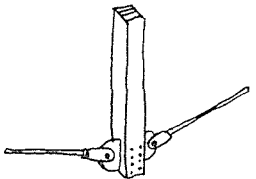
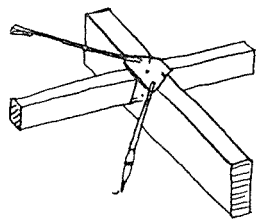
接合部型式	接着接合	部材+金物	部材長手方向+ 接着剤(金物は使用しない)
<p>構造上の特徴</p> <p>例) フィンガージョイント</p>  <p>集成材の構造</p> <p>ラミナ厚 ≤ 30mm</p>		<p>種 類</p> <ul style="list-style-type: none"> • バットジョイント • プレーンスカーフジョイント • エックスカーフジョイント • ダブルプレーンスカーフジョイント • 水平フィンガージョイント • 垂直フィンガージョイント 	
<p>部 材</p> <ul style="list-style-type: none"> • 載荷時、接合層には、ずれは生じない。 • 接着剤は耐候性及び耐湿性のある合成樹脂系接着剤(レゾルシノール系樹脂、メラミン樹脂、メラミン・ユリア共縮合樹脂、水性高分子イソシアネート系接着剤)が使用される。 • 乾燥材を使う必要がある。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> • 接合面は接着直前に加工した方が良い。 • 接着面は両面とし、薄く均等に塗る。 • 接着後、圧縮する必要がある。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p. 21、p. 54～56 (財)日本建築センター出版部 2. TIMBER COMPANION「木による空間構造へのアプローチ」 p. 69 建築技術 			

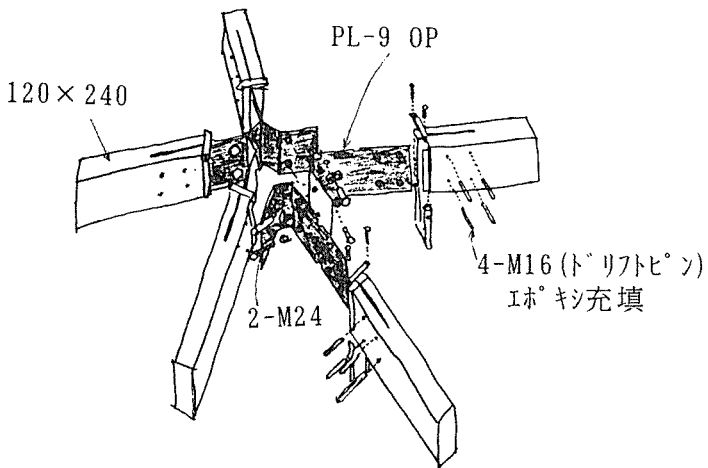
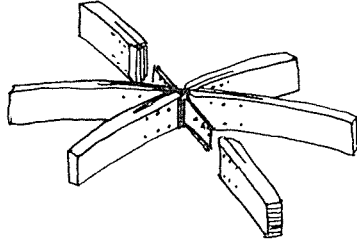
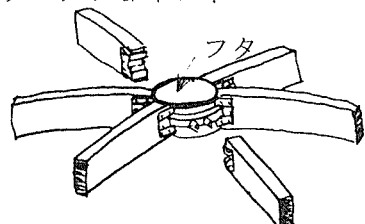
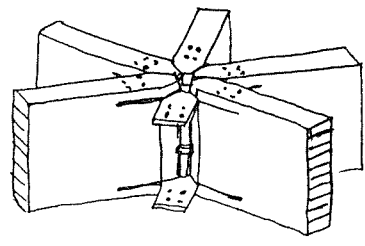
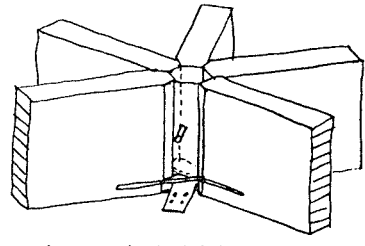
3. 2 仕口

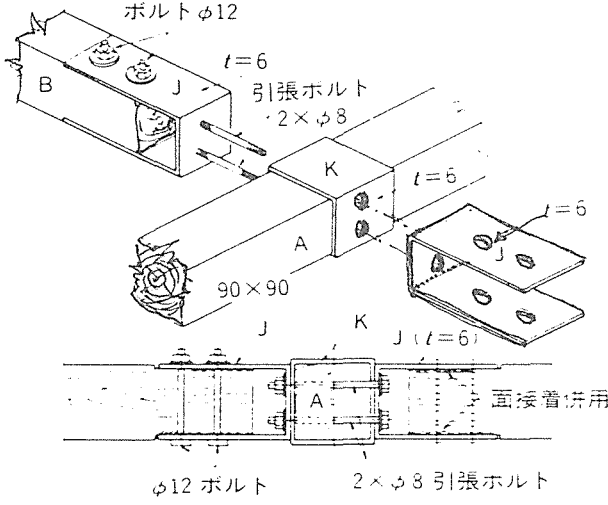
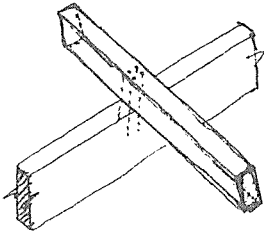
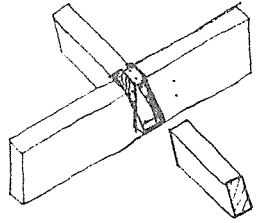
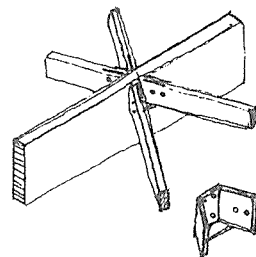
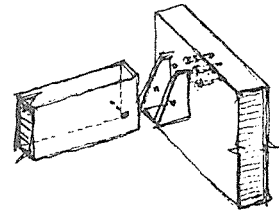
仕口は、柱と梁との接合など交差する部材を接合することをさす。仕口の手法を分類すると下記に示すとおりである。以下にこれを図解する。



接合部型式	柱－梁接合	部材＋金物	部材直角方向＋受金物
<p>構造上の特徴</p> <p>例) 梁受け金物接合</p>  <p>一般的な梁受け方式</p> <p>スリッパ付き 梁受け金物接合</p>		<p>種 類</p> <ul style="list-style-type: none"> • T型金物接合  <p>スリット付きT型金物</p> <ul style="list-style-type: none"> • 梁受け添え木接合  <p>添え木による梁受け</p> <ul style="list-style-type: none"> • 転び止め金物接合  <ul style="list-style-type: none"> • ネイルプレート接合  <ul style="list-style-type: none"> • ジベル接合 	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> • 金物 肉厚1～12mm程度の鋼板をプレス又は溶接にて加工 亜鉛メッキ等の防食処理を施す。 • 部材 金物の有無、種類により端面処理が異なる。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> • 両端が固定された単純梁であり、外力により曲げ、せん断応力が生ずる。 • 荷重の種類、スパンにより応力を計算し、断面寸法を決定する。 • 金物は一般的に隠すが、見える場合は美観に配慮する <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p. 52～53、p. 84～87 (財) 日本建築センター出版部 2. 「集成材建築物施工のガイドライン」 p. 51～52 (財) 日本住宅・木材技術センター 			

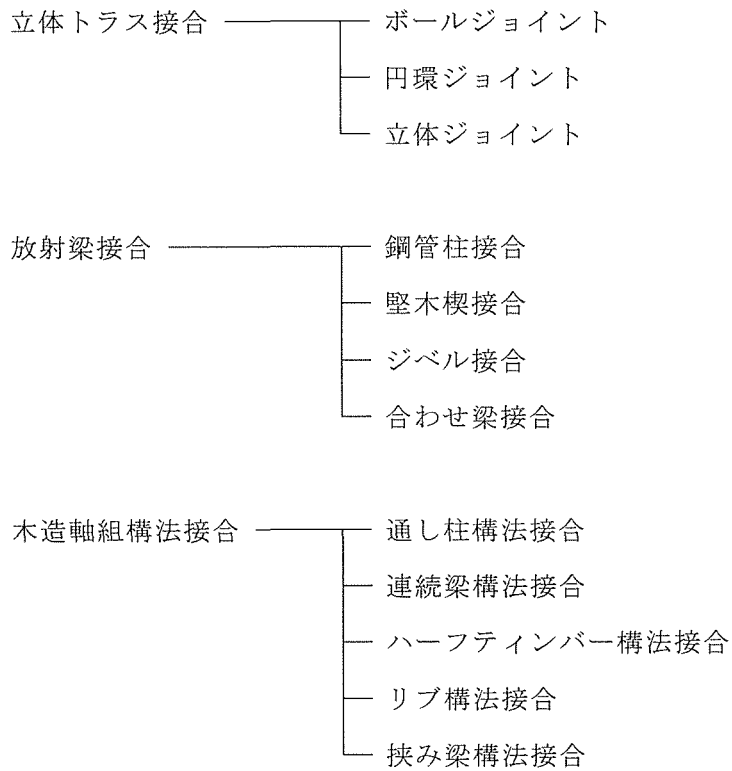
接合部型式	張弦梁接合	部材+金物	部材+接合金物+引張軸
<p>構造上の特徴</p> <p>例) ヒンジ構造方式</p> <p>1. 上弦材 4.5×23cm×2 製材 2. 銅い木 3. 圧縮軸材 9.5×23cm 製材 4. 引張軸材 φ19mm</p> 		<p>種類</p> <ul style="list-style-type: none"> 懸垂張弦梁方式接合  <p>ネイルプレートとピン、固定ボルトによる接合</p>  <p>ボックス、ネイルプレート固定ボルトによる接合</p>	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> 金物 接合金物と引張ケーブルについては、美観を高める場合ステンレス鋼が使われる。 部材 小部材から大梁等幅広く適用できる。 引張軸 一般的にターンバックルが使用される。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> 引張抵抗部材のサスペンション構造、種々の荷重抵抗部材のハイブリット構造に多用される。 大スパン構造の空間を可能にし、部材として梁、柱、ケーブル接合金具が主体となる。 引張ケーブルの緊張感のある空間が構成される。 <p>参考資料・出典</p> <p>1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p. 89、p. 125、p. 149 (財) 日本建築センター出版部</p> <p>2. TIMBER COMPANION「木による空間構造へのアプローチ」p. 144～151 建築技術</p>		<ul style="list-style-type: none"> 3 ヒンジ構造方式接合  <p>引張軸溶接による接合</p>  <p>クレビスによる接合</p> <ul style="list-style-type: none"> アーチ方式接合  <p>軸材端部を溶接したターンバックルによる接合</p>	

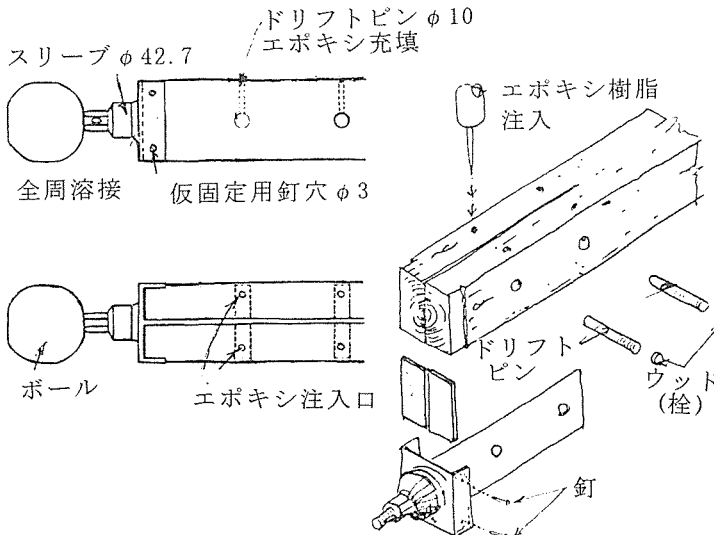
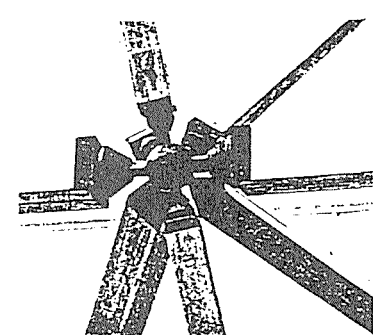
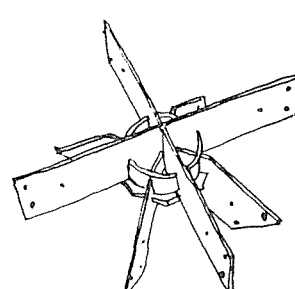
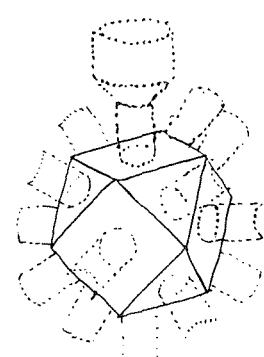
接合部型式	多面体接合	部材+金物	部材+放射状金物
<p>構造上の特徴</p> <p>例) ノードレスジョイント</p> 		<p>種 類</p> <ul style="list-style-type: none"> • プレート挿入接合  <p>放射状に配置した鉄板に挟み接合</p> • リングジョイント  <p>鋼製リングとブラケットによる接合</p> 	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> • 金物 設計者により接合方法に特徴を持たせており、デザイン面で種々の金物がある。 金物を見せる場合には、溶接、表面処理に注意する必要がある。 • 部材 端部に穴加工を施し、ボルト、ドリフトピン等で接合する。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> • 組立は中心に向かう場合と、放射状に外に向かう場合の両方が考えられ、設計時に考慮しておく必要がある • 一般的には部材と金物とを工場で接合しておき、現地にて中心金物と接合する手法がとられている。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.143、p.155 (財)日本建築センター出版部 2. 「新建築」1992年12月臨時増刊「木の空間」p.226～231 (株)新建築社 		<ul style="list-style-type: none"> • パイプジョイント  <p>中心のパイプに横置き鋼板を溶接し、スリットにドリフトピン接合</p> • 鋼板添え板金物接合  <p>上下に鋼板添え板を配置しドリフトピンにより引張力に対応する。 圧縮力はコンクリート充填により受ける。</p> 	

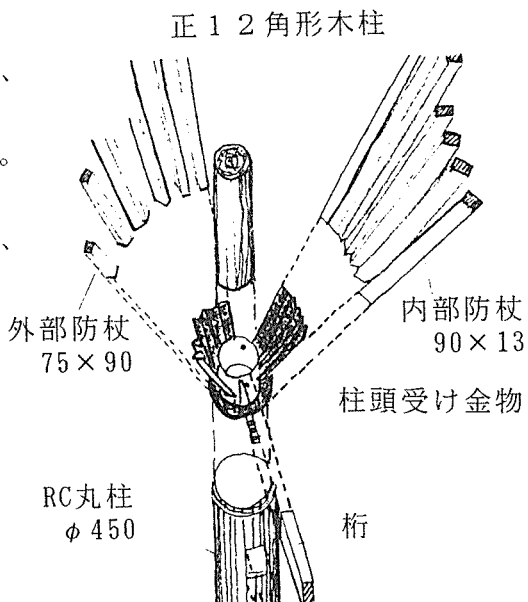
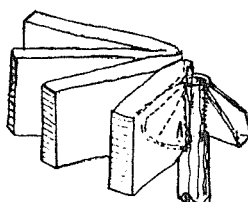
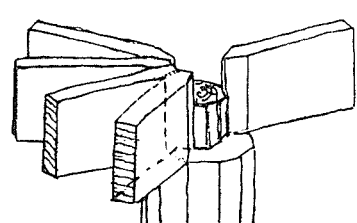
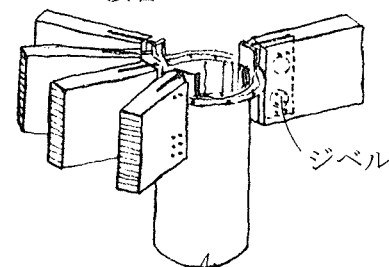
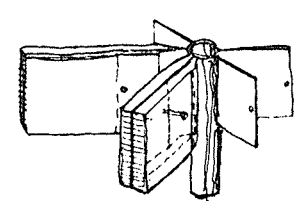
接合部型式	格子梁接合	部材 + 金物	部材 + 接合金物
<p>構造上の特徴</p> <p>例) 十字交差接合</p> 			<p>種 類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 釘あるいは木ネジ  <p>梁に梁を載せる仕口</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 母屋受け金物  <p>母屋・たるき仕口</p>
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 金物 使用の有無により異なるが、挟み金物、受け金物等プレス又は溶接により加工される。 ・ 部材 金物の有無により端部処理は異なる。金物との接合は一般的にドリフトピン、ボルト、ラグスクリューが使用される。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ごく一般的な梁と梁の接合であり、ある程度組み付けを行った後、傾きを修正し、固定する。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.103、p.105、p.107 (財)日本建築センター出版部 2. 「建築技術」1992.10 p.153 			<ul style="list-style-type: none"> ・ 挟み金物接合  <p>プレート挟み込み</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 梁受け金物接合  <p>梁受け仕口</p>

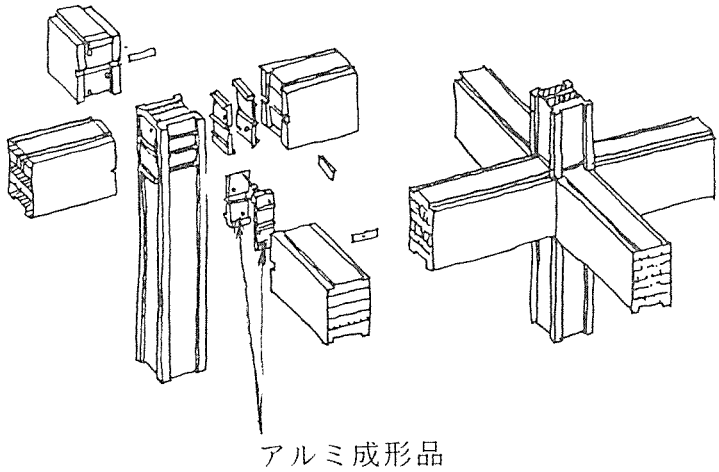
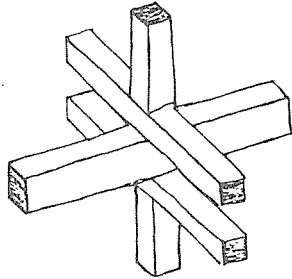
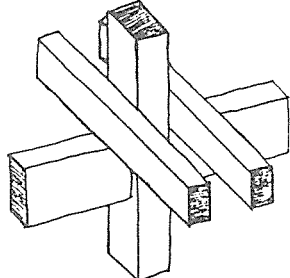
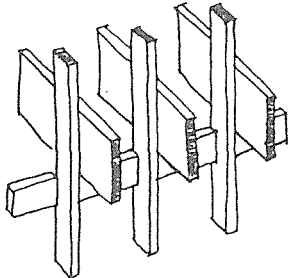
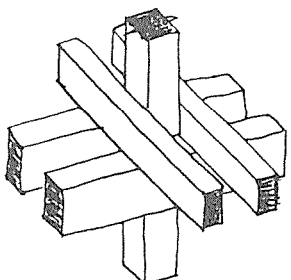
3. 3 三次元立体継手

これまで述べた継手や仕口のように平面的な接合ではなく、三次元にわたる立体的な接合の手法を体系的に示すと以下のとおりである。以下にこの接合法を図解する。

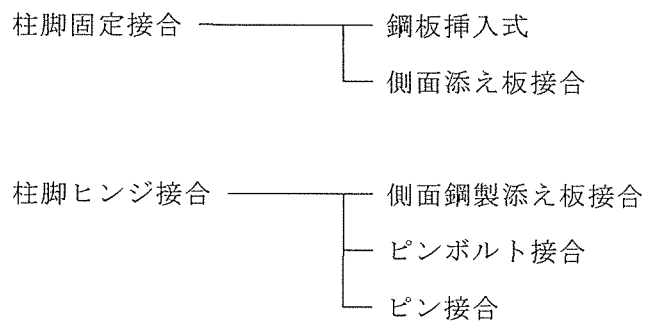


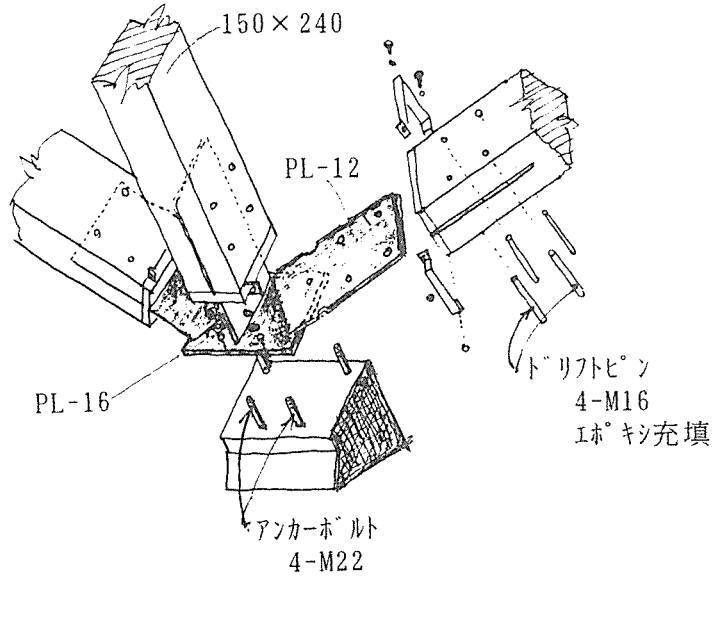
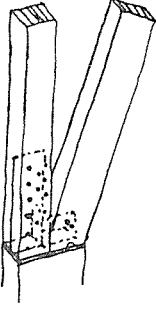
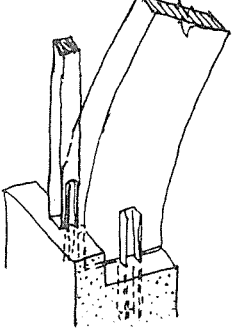
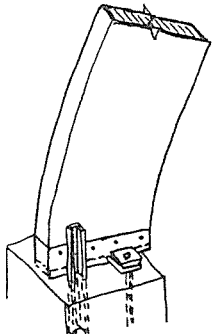
接合部型式	立体トラス接合	部材+金物	部材三次元方向+集合金物
<p><u>構造上の特徴</u></p> <p>例) ボールジョイント</p> 		<p>種類</p>	
<p><u>部材及び接合金物</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・金物 (ボールジョイント) <ul style="list-style-type: none"> ボール ノーズジョイント ドリフトピン 釘 ・部材 <ul style="list-style-type: none"> 一般的には小断面の部材が使用される。 接合は木口で圧縮を分担するため、エポキシ充填。 <p><u>施工その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・任意の方向からも接合が可能。 ・構造上、見た目が美しい。 ・大空間の組み立てが可能である。 <p><u>参考資料・出典</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「新建築」1992年12月臨時増刊「木の空間」p. 29～35 (株)新建築社 2. 木造立体トラス構造 「木材工業」VOL. 43-7 p. 22～26 (社)日本木材加工技術協会 2. TIMBER COMPANION「木による空間構造へのアプローチ」p. 117 建築技術 		<ul style="list-style-type: none"> ・ボールジョイント  <ul style="list-style-type: none"> ・円環ジョイント  <p>球の代わりにリングを用いる</p> <ul style="list-style-type: none"> ・立方体ジョイント(木製)  <p>小径木材の接合方法 小屋根の建屋に使用</p>	

接合部型式	放射梁接合	部材+金物	部材+放射状金物
<p>構造上の特徴</p> <p>例) 上開き放射梁接合</p> <ul style="list-style-type: none"> 中心部から放射状に柱、梁が出ているため、意匠性が良い。 集中荷重が加わるため、強度上注意が必要である。  <p>RC丸柱 φ450</p> <p>正12角形木柱</p> <p>外部防杖 75×90</p> <p>内部防杖 90×135</p> <p>柱頭受け金物</p> <p>桁</p>		<p>種類</p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼管柱接合  <p>鋼管柱による放射状接合</p> 堅木楔接合  <p>堅木による楔接合</p> ジベル接合  <p>支持リングと挟み梁によるジベル接合</p> 合わせ梁接合  <p>挿入プレート付き鋼管柱による合わせ梁接合</p> 	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> 金物 <p>溶接構造が一般的であるが、意匠性を高めたり、数が多い場合は鋳物を使用される。</p> 部材 <p>端部に切り込みを入れ、ボルト穴等の加工を施す。1ヶ所に集中するため、中心付近は薄く加工する必要がある。</p> <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> 組み立ては中心部が放射状に施工する場合と、回りから中心に向かって組み立てる場合の両方がある。建物により施工性のよい方を選択する。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.101 (財)日本建築センター出版部 「新建築」1992年12月臨時増刊「木の空間」p.156～159 (株)新建築社 			

接合部型式	木造軸組構法接合	部材+金物	小径部材+金物(内部に隠れる)
<p><u>構造上の特徴</u> 金物：アルミ成形品</p> <p>例) 通し柱構法接合</p>  <p>アルミ成形品</p>		<p>種 類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ハーフティンバー構法接合  <p>小部材組立ての代表的構法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 連続梁構法接合  <p>2階建て軸組構法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ リブ構法接合  <p>北アメリカの一戸建て住宅に使われている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 挟み梁構法接合  <p>柱も大梁も通しの連続部材となる。</p>	
<p><u>部材及び接合金物</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 金物 金物は防錆力に富んだ材質とするか、防錆処理を施したものとす。 ・ 部材 耐力部材、仕上げ部材とも、軽量の工場生産部材とし、小型の車両とクレーンで移動し手で組み立てられるように計画すると、輸送・組み立てにとって有利である。 <p><u>施工その他</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 幅広い状況に対応できる。 ・ 増改築にも対応できる。 ・ 建築美学的に優れている。 ・ 工場生産化の度合いを高めれば、建方精度の向上を図ることができる。 <p><u>参考資料・出典</u></p> <p>1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.173～234 (財)日本建築センター出版部</p>			

3. 4 柱脚接合



接合部型式	柱脚固定接合	部材+金物	大断面部材+肉厚金物(溶接、金物)
<p>構造上の特徴</p>  <p>150×240 PL-12 PL-16 ドリフトピン 4-M16 エポキシ充填 アンカーボルト 4-M22</p>		<p>種類</p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼板挿入式  <p>プレート付き鋼製沓金物</p> <ul style="list-style-type: none"> 側面鋼板添え板接合  <p>壁の柱は上段に据え付けられる。</p>  <p>アンカーボルトで取り付け た後、側面から鋼製添え板 により固定する。</p>	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> 金物 肉厚6~20mm、溶接構造 防錆処理として一般に溶融亜鉛メッキ処理が施される。 部材 建物を支える柱であり、大断面の部材が使用される <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> 水平荷重や引き抜き力を考慮しなければならない場合は、柱を鋼材で基礎に定着させる必要がある。 柱の据え付け方には、柱を基礎に直接置き、土台を柱で切る場合と、土台の上に柱を置き土台を貫通する金物で固定する場合とがある。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.139、p.183 (財)日本建築センター出版部 「大断面木造建築物設計施工マニュアル」p.193~197 日本建築センター 「新建築」1992年12月臨時増刊「木の空間」p.226~231 (株)新建築社 			

接合部型式	柱脚ヒンジ接合	部材+金物	大断面部材+肉厚金物(溶接、金物)
<p>構造上の特徴</p> <p>例) ピン接合</p>		<p>種類</p> <ul style="list-style-type: none"> • 側面鋼製添え板接合 <p>添え板によるカム型支持部</p> • ピンボルト接合 <p>接合ピンにボルトを使う</p> • ピン接合 <p>挟み梁、内部に置かれたネイルプレートとピン支持溝を持ち、圧縮荷重のみ受ける。</p> 	
<p>部材及び接合金物</p> <ul style="list-style-type: none"> • 金物 肉厚6~50mm、溶接構造又は鋳物で、溶融亜鉛メッキ等の防錆処理が施される。 • 部材 圧縮力が主荷重であり、大断面の部材が使用される。端部に穴加工を施し、ドリフトピン、ボルト等により金物と接合される。 <p>施工その他</p> <ul style="list-style-type: none"> • 鉛直荷重のみ考慮した単純な固定方式である。 • 設計としては部材、金物、ピンのせん断力を計算。 • 施工方法としては、コンクリートに下部金物を固定し、柱に上部金物を固定し、ピンで固定する。 <p>参考資料・出典</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. HOLZBAU ATLAS「図解木造建築」p.147、p.183 (財)日本建築センター出版部 2. 「大断面木造建築物設計施工マニュアル」p.193~197 日本建築センター 3. 「新建築」1992年12月臨時増刊「木の空間」p.199~201 (株)新建築社 			

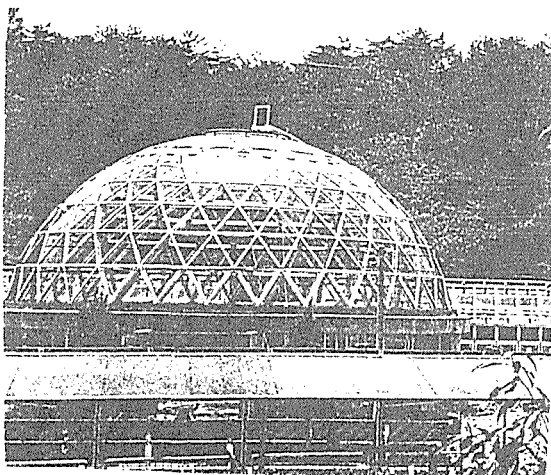
4. 立体トラスの構造システム

4. 1 単層シェル (ラチスシェル、木格子シェル)

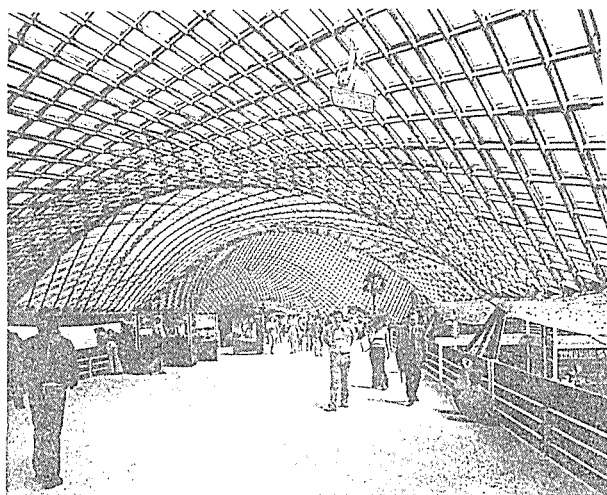
単層シェル (シングルレイヤー) は、ジオデジックドーム形式に属する。曲面の膜応力 (メンブレンストレス) を三角形又は菱形の枠の軸力に変換して、大スパンを覆う構造とするシステムである。

この形式の建築例は次のものがある (本書掲載分)。

- ・西里小学校多目的ホール (枠長 $l = 4.5\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例 1)
- ・ミュンヘン木造ジオデジックドーム (枠長 $l = 1.58\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例 2)
- ・福岡'89竹のドーム (枠長 $l = 2.20\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例 4)



豊田市鞍ヶ池植物園 (愛知県) 1991
(青島設計室) アルトラス (アルミ・チューブ)



マインハイム・マルチホール 1977
(F. オットー) 木格子シェル

図 4-1 ラチスシェル、木格子シェル (I、II-A)

4. 2 複層シェル（ピラミッド立体トラス集合版、平面トラス梁交差・格子版）

複層シェル（ダブルレイヤーシェル、複層版）は、標準的なスペーストラス版構造に属する。平面あるいは曲面版の曲げ・せん断力をトラス部材の軸力に変換して構造断面の効率を向上させている構造システム。

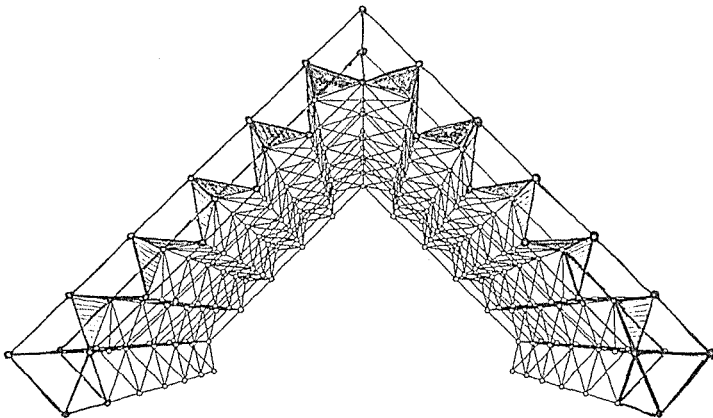
風荷重、地震力等の鉛直荷重時以外の時でも、各部材に生ずるのは軸力のみである。

この形式の建築例は次のものがある（本書掲載分）。

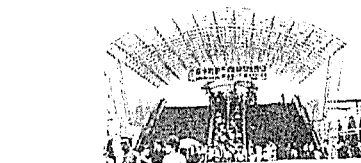
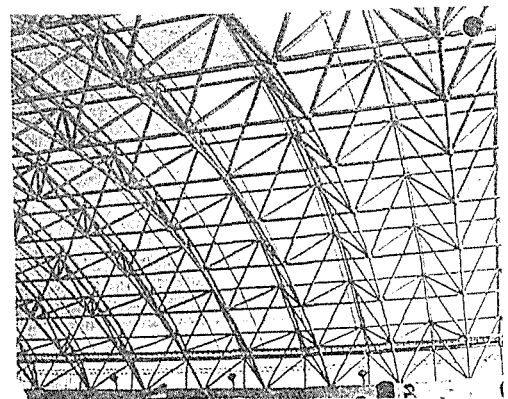
- ・ P. Huybersの一連の作品（ピラミッドの辺長 $l = 2.7\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例7）
- ・ 小国町民体育館（ピラミッドの辺長 $l = 1.8\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例8）
- ・ T. U. Tの試験体（ピラミッドの辺長、1/2モデル $l = 0.9\text{m}$ 、実長 $l = 1.8\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例9）
- ・ 黒田重義の一連の作品（束長 $l = 0.5\text{m}$ 、斜材 $l = 0.8\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例10）

格子版では

- ・ T. U. Tの試験体（十字梁(1/2モデル)：梁せい45cm、ユニットトラス $l = 1.8\text{m}$ 、木造立体トラス構造の事例11）



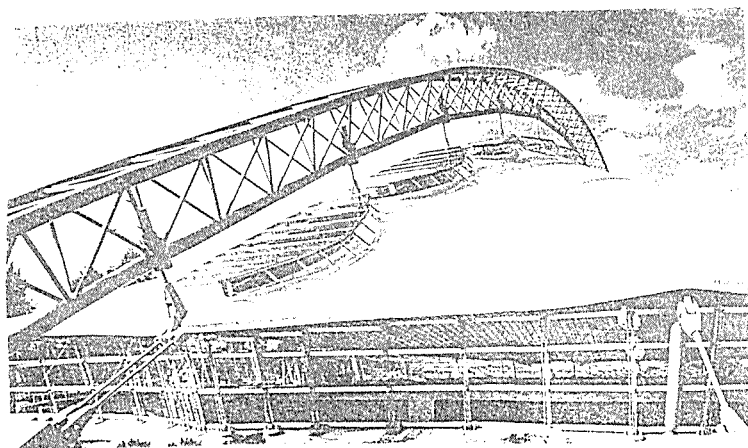
ミュージック・アトリエ（久木野村、熊本）
1985（葉詳栄）木造スペーストラス



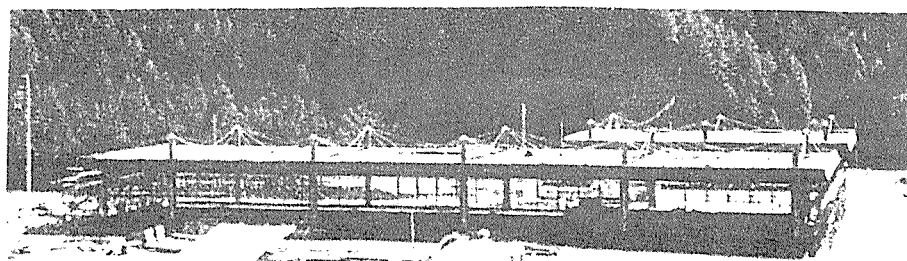
動く歩道仮設シェルター（横浜）
NSトラス（スチールパイプ）

図4-2 スペーストラス（II-B）

4. 3 ハイブリット構造システム



ミュンヘン・オリンピック公園アイススケートリンク 1983



東栄町林業総合センター製材工場 1990

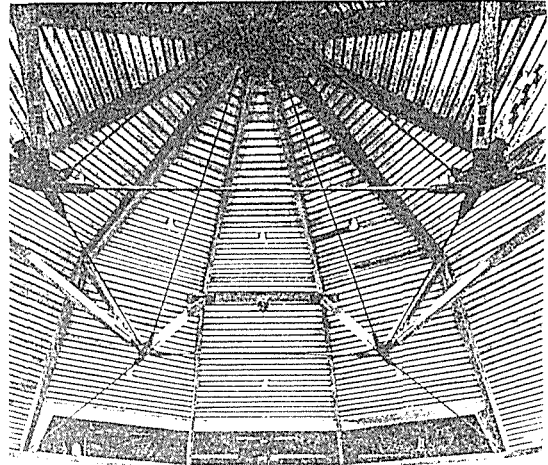
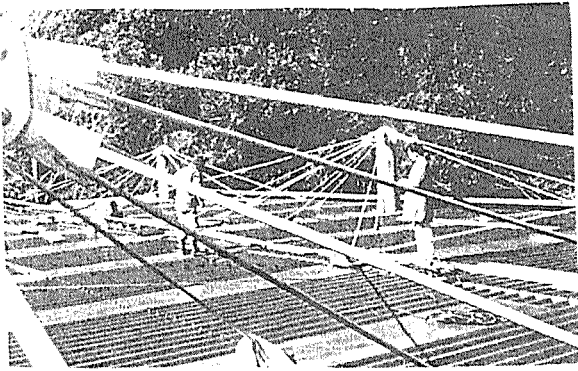
図4-3 ハイブリット構造（吊り構造）

4. 3. 1 吊り構造

スペーストラス版の空間を更に広く取りたい時に、この版構造を上から吊り下げる手法を用いる。吊りのシステムには、G. L.ネルビのマントパの製紙工場（RC+鋼構造）のような吊橋式と、J. A. Thomuton (Ove Arup & Partners) のNECホール7（鋼構造）のような斜張橋式とがある。吊り工法には巨大な鉄骨トラスアーチからフレキシブルな木格子ネットを吊り下げたミュンヘンオリンピック公園のアイススケートリンク（鋼と木格子ネット）等がある。

この形式の建築例は次のものがある（本書掲載分）。

- ・東栄町林業総合センター（斜張橋式、スパン12~14m、木造立体トラス構造の事例12）



逆の張弦構造（東栄町林業総合センター） バトルビーのディスプレイセンター（イギリス）

図4-4 ハイブリット構造（張弦構造）

4. 3. 2 張弦構造

大スパンを掛け渡す梁には大きな曲げモーメントが作用し、梁の断面に大きな曲げ応力が発生する。これを上下弦材の軸方向力に変換するのがトラス構造システムである。鉛直荷重時には、上弦材に圧縮力、下弦材に引張力が生ずる。この時、上弦材には木の角材を、下弦材は座屈を考慮しなくても良いので、引張力に効率の良いスチールワイヤー、鋼棒などをそれぞれ用いてトラスシステムを形成するのが張弦構造である。上弦材と下弦材の間の距離は梁せい j に相当するので、この j を保つために耐圧縮性能の高い束材（主として木）を使用する。束は必ずしも直棒でなくても良く、 j を保つことができれば良いので正方形の枠を束に用いて立体トラス状の梁をつくり、水平方向（屋根面）の剛性も同時に持たせる場合もある。本書ではこの立体梁構法の例として、メニュンゲンのコミュニティホール（枠の辺長4.25m）と陶芸家のアトリエ（1.0m）を記載した。上弦材に集成材を用いたやや規模の大きい建物としては、オートポリス・アートミュージアム（内藤広+SDG）、附馬牛中学校体育館（カクタ+TIS&Partners）など多数ある。

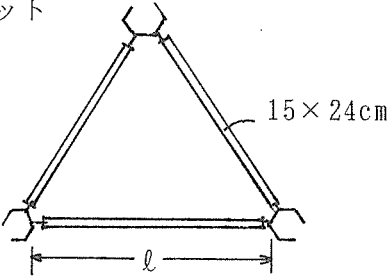
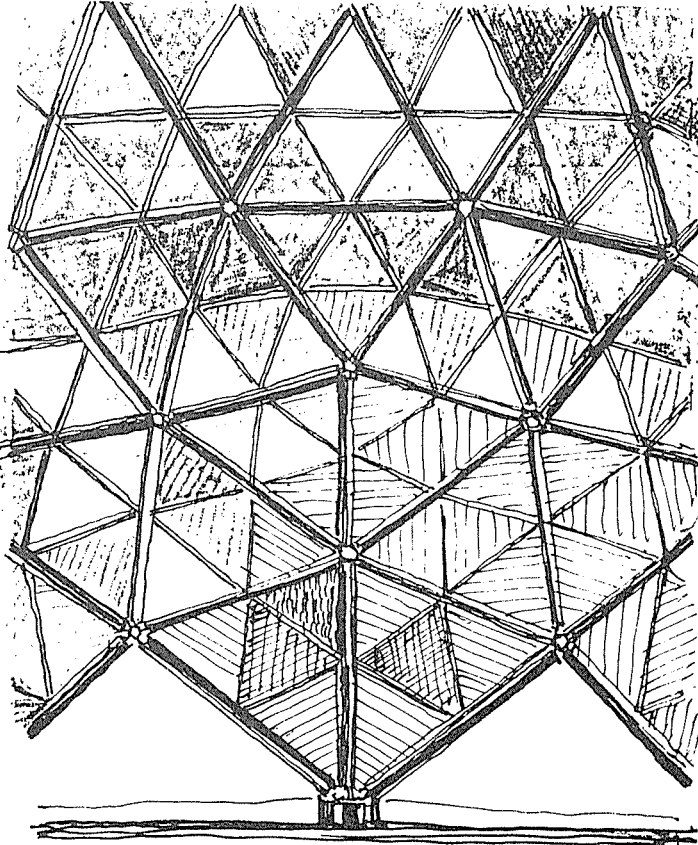
5. 木造立体トラス構造の事例図解

木造立体トラス構造の代表的な事例について、以下に構成単位、接合システム及び構造システムの別にそれぞれ別葉に取りまとめて図解する。ここで取り上げる事例は次の表に示すとおりである。

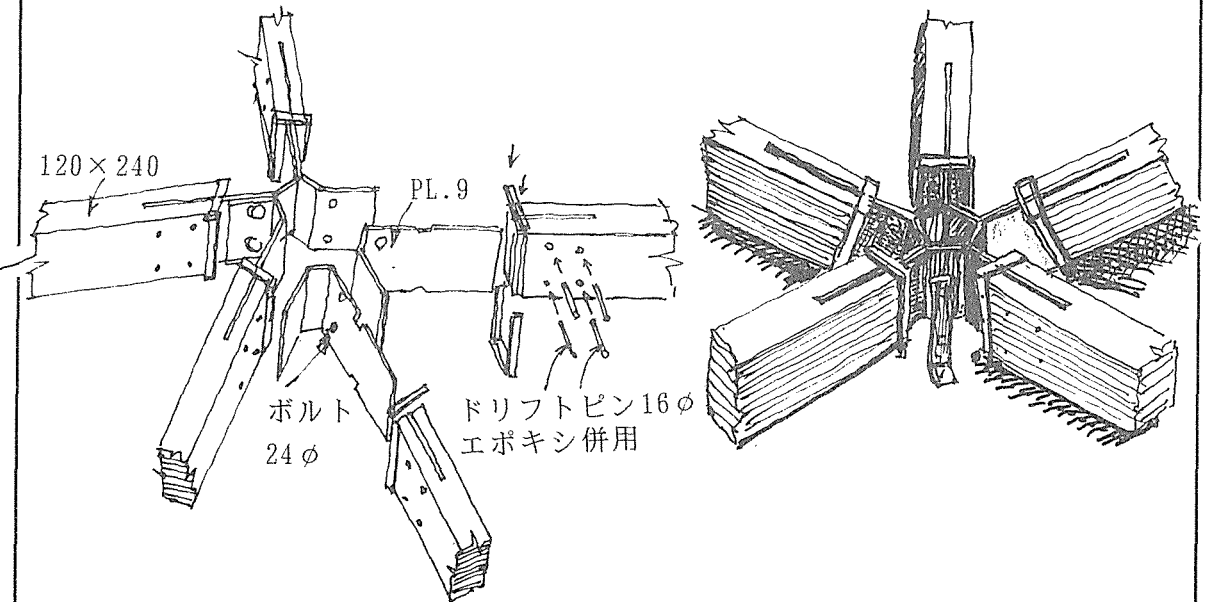
事例番号	事例の名称	ページ
1	ジオデジックドーム（西里小学校多目的ホール 熊本県 1991）	41～43
2	ジオデジックドーム（展示館 ドイツ 1972）	44～46
3	ジオデジックドーム（展示場 スイス）	47～49
4	竹のジオデジックドーム（アジア太平洋博 郵便局舎 1989）	50～52
5	アーチシェル（瓜連小学校体育館 1992）	53～55
6	格子・吊りネット構造（シルクロード博 パビリオン 1988）	56～58
7	立体トラスユニット連続版（ヒュウバーズ式 権妹 1988、1991）	59～61
8	立体トラスユニット連続曲版（小国町民体育館 1988）	62～64
9	立体トラスユニット連続版（試験体、豊橋技術科学大学 1989）	65～67
10	トラス格子梁版構造（黒田床システム・三重大学生物資源学部）	68～70
11	平面トラス梁・格子版構造（試験体、豊橋技術科学大学 1991）	71～73
12	大黒柱・吊り屋根構造（東栄町林業総合センター 1991）	74～76
13	格子・立体トラス混合構造（竜神村体育館 1987）	77～79
14	三角形断面・立体トラス梁（神慈秀明会黄島道場 1990）	80～82
15	張弦式立体トラス梁構造（コミュニティホール ドイツ 1984）	83～85
16	複合張弦構造（陶芸家のアトリエ 1992）	86～88

[事例1] ジオデジックドーム (西里小学校多目的ホール 1991)

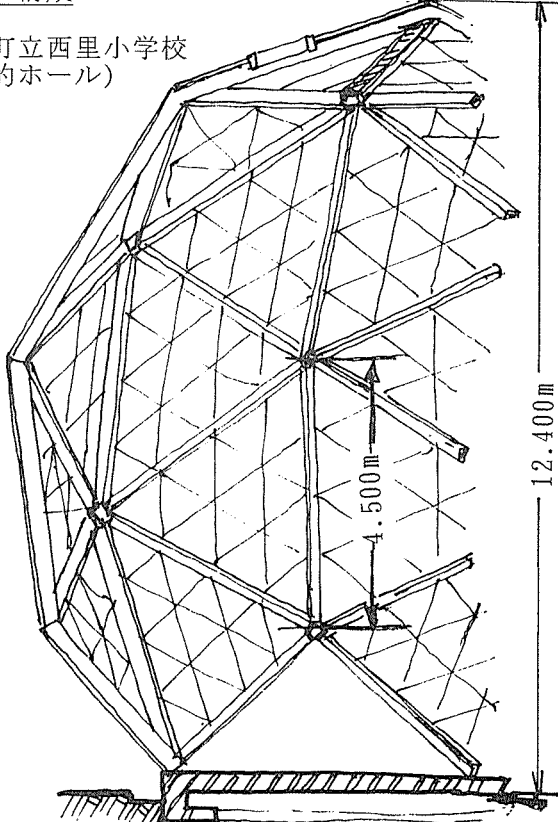
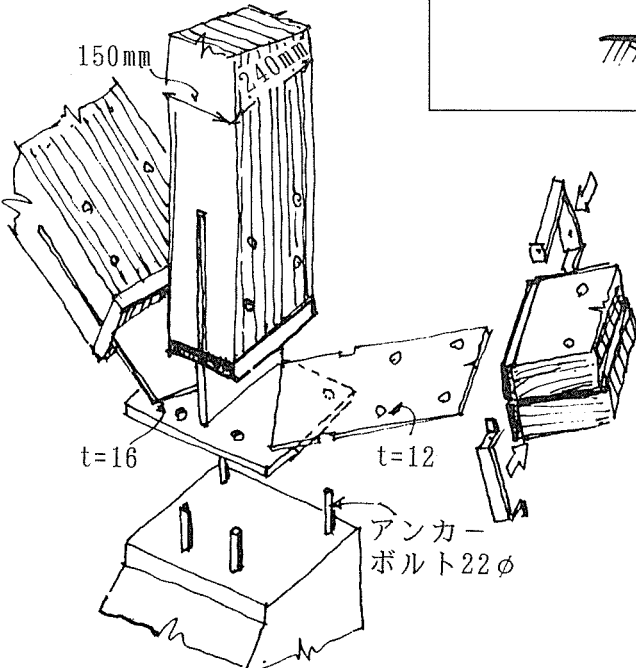
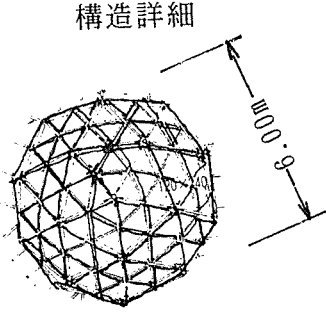
(No. 1-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組 B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
B. フラー ジオデジックドーム型	小国町立西里小学校多目的ホール (熊本県) 1991 木島安史+中田捷夫	
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p> <p>2等辺三角形の 平面ユニット</p>  <p style="text-align: center;">$\ell \approx 4.5\text{m}$</p>	<p>構造体の概要</p> <p>凸多角形形成 (ラチスシェルに属す)</p>	
<p>構成様式</p> <p>1. 部材 : 150×240mm (スギ/小国産)</p>  <p>参考資料</p> <p>「新建築」1991. 12月増刊 p. 226/231</p> <p style="text-align: center;">辺長4.5mの正三角形ユニットで構成した。</p>		

(No. 1-2)

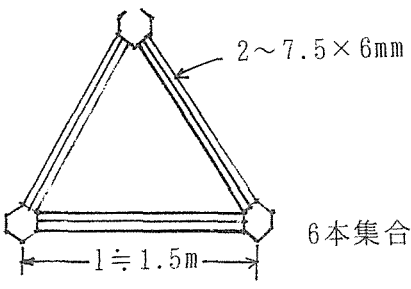
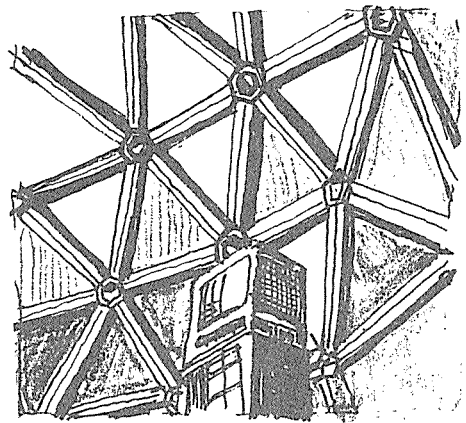
接合システムからの分類	A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	ノードレスジョイント	部材+金物	プレートと挿入式+4-16φドリフトピン 接着剤併用
構造上の特徴 (形状・寸法) (小国町立西里小学校多目的ホール) 1991			
 <p>120×240</p> <p>PL.9</p> <p>ドリフトピン16φ エポキシ併用</p> <p>ボルト 24φ</p>			
<u>施工その他</u>			
1. 接合部プレート (Fin) と木部の接合：鋼板 (t=9) 挿入+ドリフトピンせん断接合			
2. 樹脂接着併用： ・プレート+木の側面：エポキシ注入 ・ドリフトピン周囲：エポキシ注入			

(No. 1-3)

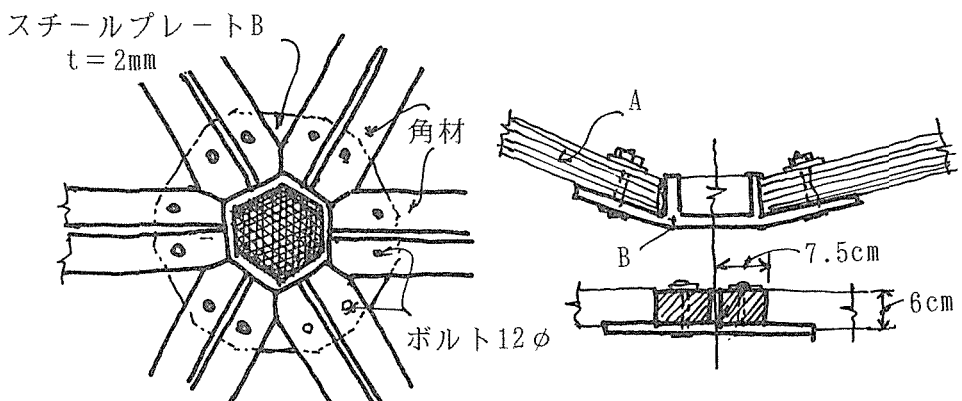
構造システムからの分類		A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子 曲面格子	立体格子	
1. シングルレイヤードーム 2. 高さ : 13mm (最高) 3. 主スパン : 6.00m 4. 屋根 : 構造用合板 5. 外壁 : ラワン合板、一部スギ板厚 15mm タテ羽目張 6. 基礎 : 布基礎 (RC)		構造体の構成 (小国町立西里小学校 多目的ホール) 		
 基礎ジョイント詳細		 構造詳細		

[事例2] ジオデジックドーム (展示館 ドイツ 1972)

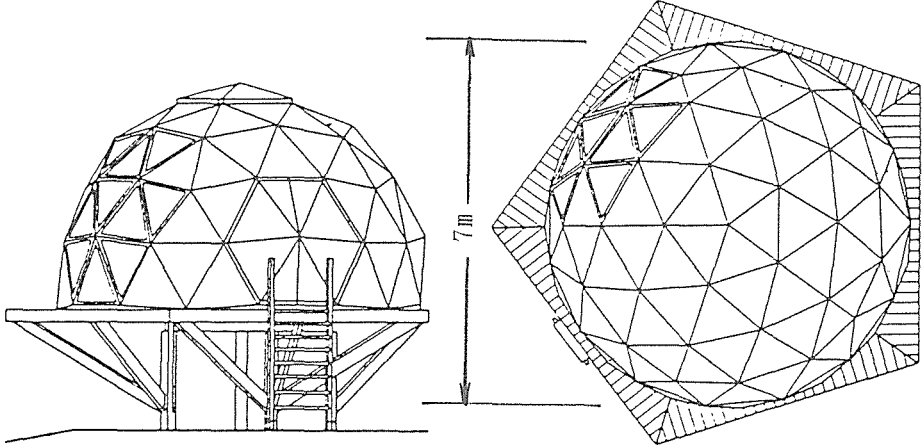
(No. 2-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組 B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
B. フラー ジオデジックドーム型	木造ジオデジックドーム ドイツ ミュンヘン 1972 W. Ruhouetal + J. Natterer	
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p> <p>2等辺三角形の 平面ユニット</p>  <p>6本集合</p> <p>6ユニットで六角形を構成する。</p>	<p>構造体の概要</p> 	
<p>構成様式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 20面体を基本としたフラー・ドームである。 2. 1972年のオリンピックのためにミュンヘンのシュピール通りに建てられた。 3. 解体・再組立が可能であり、直径も大きくすることができる。 <p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「木造建築の現在・海外編」 「SD」1987.1 p.36 		

(No. 2-2)

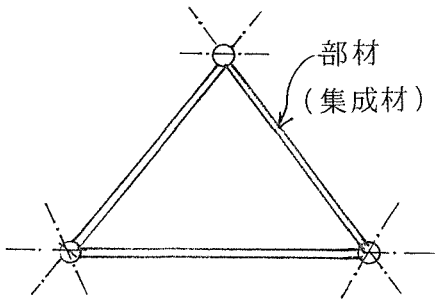
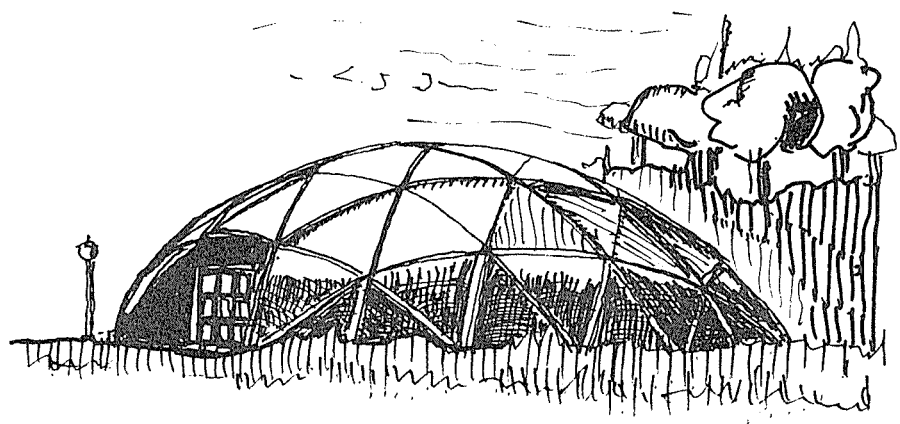
接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	六角柱+放射型プレート(・形)	部材+金物	部材2枚合わせ+ボルト	
構造上の特徴 (形状・寸法) 木造ジオデジックドーム・ミュンヘン				
<p>スチールプレートB t=2mm</p>  <p>角材</p> <p>ボルト12φ</p> <p>7.5cm</p> <p>6cm</p> <p>接合部詳細</p>				
加工 (部材及び接合金物)				
1. 角材 : 7.5×6.0cm、2本合わせ				
2. 部材 (角材) は六角筒に接合した六角形鋼板Bに12φボルトで取り付けられている。				

(No. 2-3)

構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
構造体の構成 木造ジオデジックドーム・ミュンヘン			
 <p data-bbox="505 975 586 1004">立面図</p> <p data-bbox="1002 975 1084 1004">平面図</p>			
<p data-bbox="227 1057 315 1090"><u>施 工</u></p> <p data-bbox="227 1340 428 1373"><u>加工、構成方法</u></p> <p data-bbox="255 1395 455 1428">屋根：化粧合板</p>			

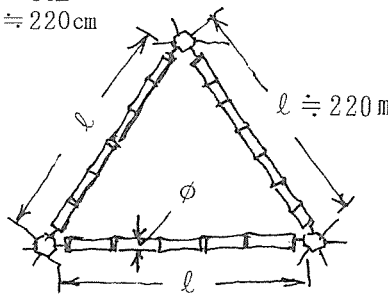
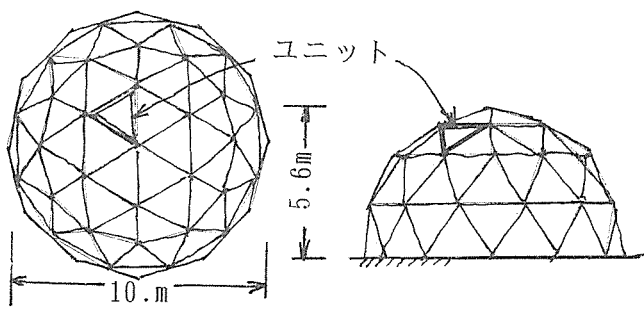
[事例3] ジオデジックドーム (展示場 スイス)

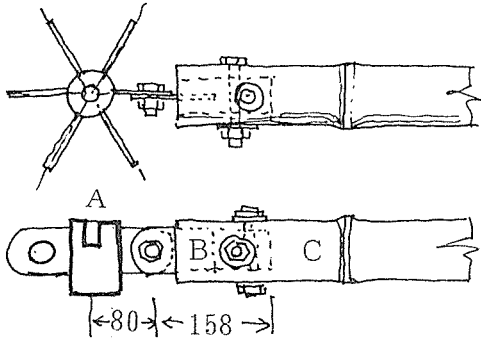
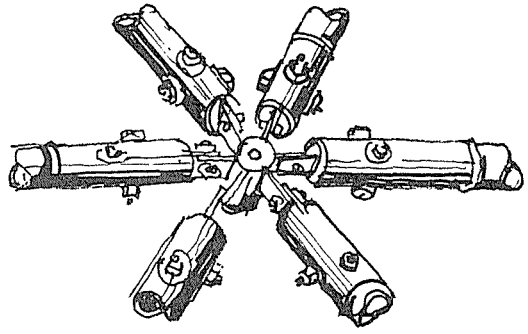
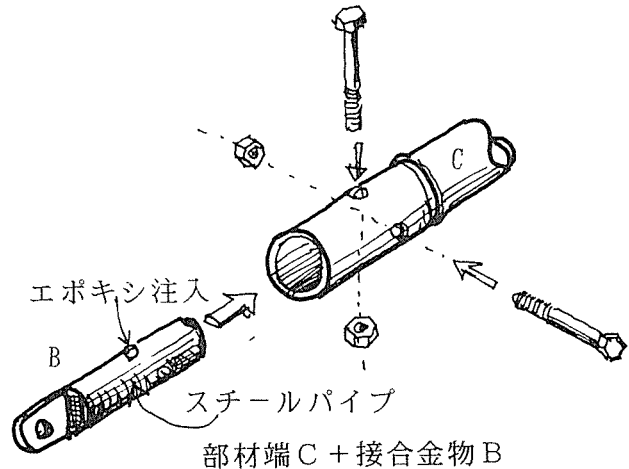
(No. 3-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組 B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
B. フラー ジオデジックドーム型	ヘーリング・エンスファイア・ドーム (スイス) (ヘーリング+ヘーリング C0.)	
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p>  <p>部材はドームの形状に沿って湾曲している。</p>	<p>構造体の概要</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 集成材によるドームは、軽くて弾性に富むので地盤の悪い所や、地震多発地域でも建設可能である。 2. 部材 (集成材) と接合金物は工場生産されるので、施工期間は比較的短い。 3. 部材である集成材は、耐火性能面ではスチールを上回る。耐蝕性能も高い。 	
<p>構成様式</p>  <p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「木造建築の現在」 「SD」1987.1 p.55 		

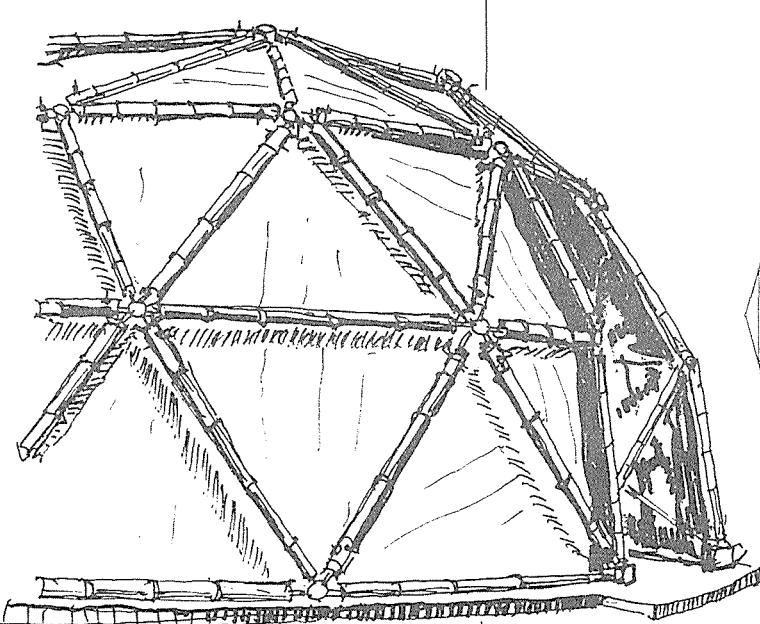
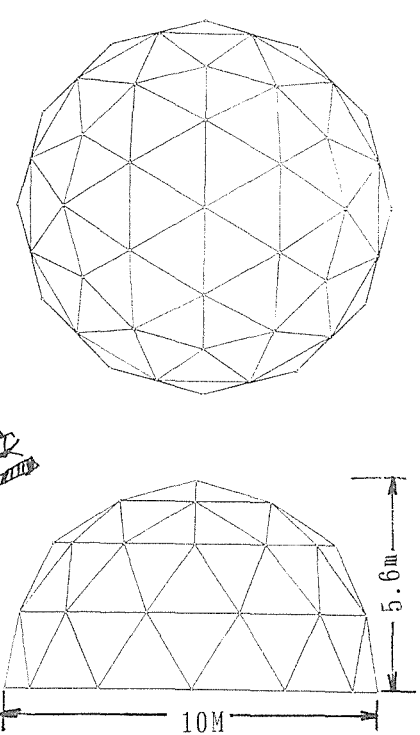
[事例4] 竹のジオデジックドーム (アジア太平洋博 郵便局舎 1989)

(No. 4-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
B. フラー ジオデジックドーム型	アジア太平洋博覧会 竹のドーム 1989 (葉祥栄+松井源吾)		
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p> <p>$\phi \doteq 8\text{cm}$ $l \doteq 220\text{cm}$</p>  <p>正三角形の平面ユニット</p>	<p>構造体の概要</p>  <p>平面</p> <p>立面</p>		
<p>構成様式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. シングルレイヤーの立体トラス (B. フラーのジオデジックドーム型) 2. 部材に竹 (真竹)、内径70mm、肉厚5mm以上を使用している。 3. 接合金物は二次元放射状接合形式 4. 接合金物と材端挿入金物との接続部をピン (ボルト) 接合にして、その部分の一面内回転によって曲率を構成する。 <p>特徴・施工</p> <p>屋根: ポリエステルテント (1R. E5170/シムカ)</p> <p>ジオデジックドーム型の建築物</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 小国町立西里小学校多目的ホール (木島安史+中田捷夫) 1991 「新建築」 p. 226/231 2. ミュンヘン 木造ジオデジックドーム (可動) (W. Ruhouetal+J. Natterer) 1972 「SD」 1987.1 p. 36 <p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 新建築臨時増刊12月号 1992 「木の空間」 p. 106/107 (株) 新建築社 			

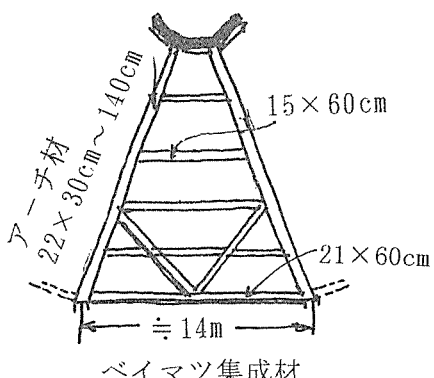
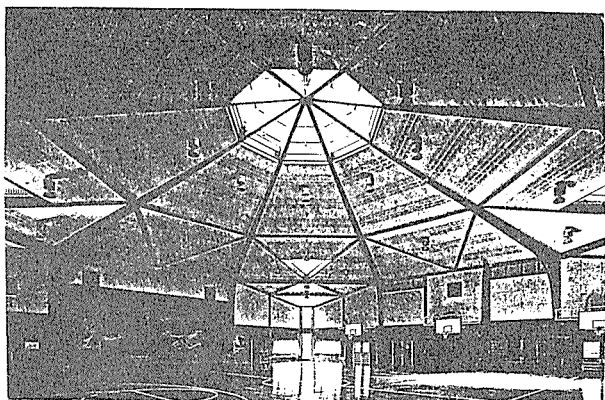
接合システムからの分類	A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	円柱+放射型プレート	部材+金物	竹筒 (t≒5mm)+スチールパイプ挿入、ファスナー(縦、横2方向ボルト)
構造上の特徴 (形状・寸法) 竹のドーム (アジア太平洋博覧会) 1989			
 <p>接合金物+部材材端詳細 (A+B)+C</p>		 <p>ジョイント (ノード) 詳細</p>	
加工 (部材及び接合金物)			
<p>1. 部材 (竹筒) 端部にスチールパイプを挿入して、Z、Y 2方向にボルトを貫入して締める。</p> <p>2. エポキシ樹脂併用</p>			
 <p>エポキシ注入 B スチールパイプ 部材端 C + 接合金物 B</p>			

(No. 4-3)

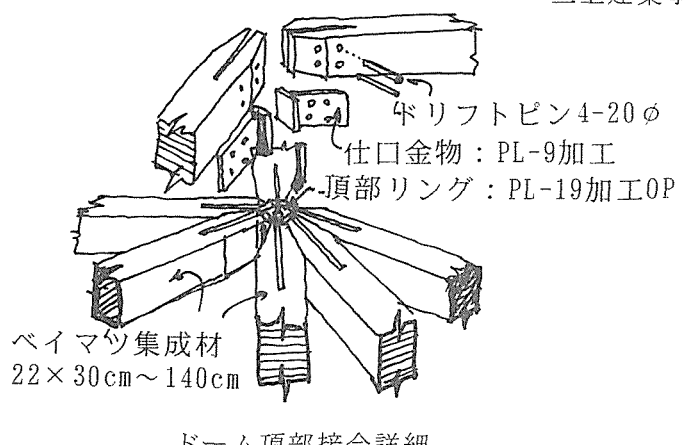
構造システムからの分類		A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子	
接合部・交差部詳細		構造体の構成 アジア太平洋博覧会 竹のドーム (展示館・郵便局) 1989		
				
<u>施工</u> 1. 建築面積 : 183m ² 2. 基礎 : 鉄筋コンクリート布基礎 3. 部材 (真竹) : 含水率15%以下、虫避け消毒済み				
<u>参考</u> 1. ジオデジックドーム、シングルレイヤー構成 同一形式の接合工法で構成した建物 : 竹のシェルター (アジア太平洋博) 1989				

[事例5] アーチシェル (瓜連小学校体育館 1992)

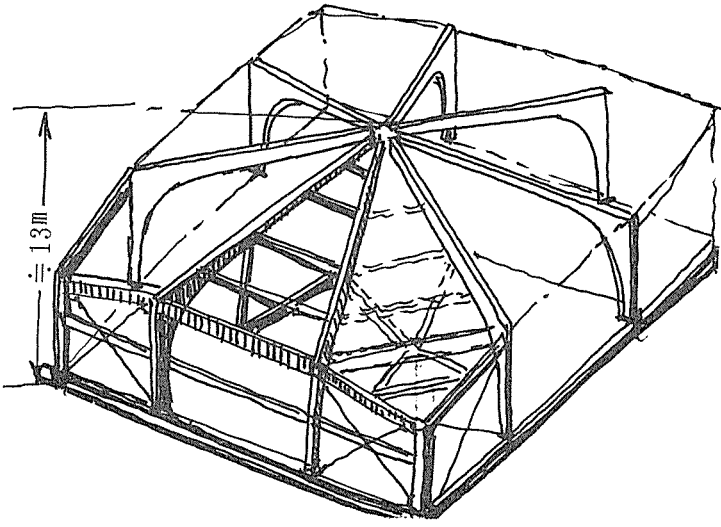
(No. 5-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組 B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
木骨アーチシェル	瓜連小学校体育館 1992 三上建築事務所+横山建築構造設計事務所	
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p> 	<p>構造体の概要</p> 	
<p>構成様式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. スパン約32mのスリーヒンジアーチを、中心軸について回転させたドーム形式 2. リブアーチの梁2本と軒桁とで、二等辺三角形の平面ユニットを構成している。 <p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「新建築」臨時増刊12月号 1992 「木の空間」 p. 248/249 (株) 新建築社 		

(No. 5-2)

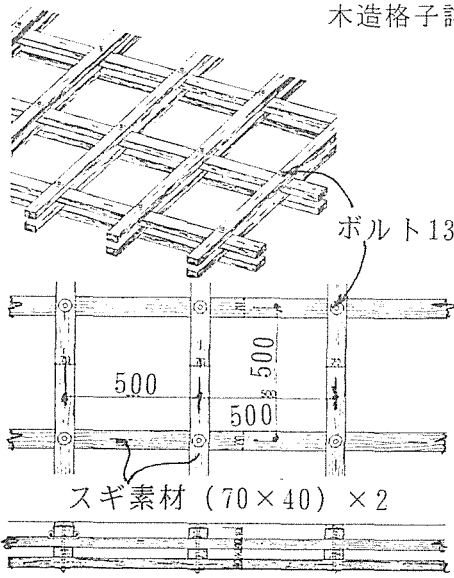
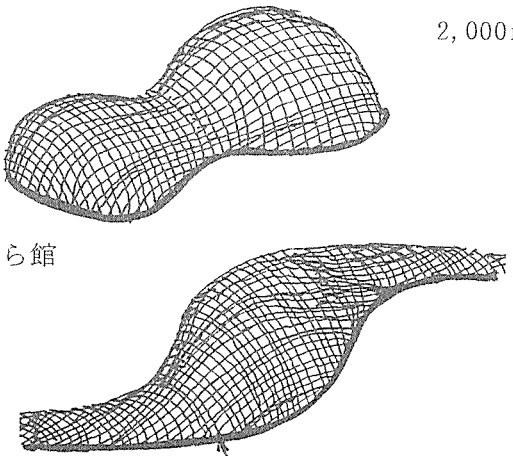
接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	オーダー (リング+プレート)	部材+金物	プレート挿入式+ ドリフトピン(4-20φ)	
構造上の特徴 (形状・寸法)		瓜連小学校体育館 1992 茨城県 三上建築事務所+横山建築構造設計事務所		
 <p>ドリフトピン4-20φ 仕口金物：PL-9加工 頂部リング：PL-19加工OP</p> <p>ベイマツ集成材 22×30cm~140cm</p> <p>ドーム頂部接合詳細</p>				
加工 (部材及び接合金物)				
1. 仕口金物：PL-9加工、・型溶接加工				
2. ドリフトピン：4-20φ				
3. 頂部リング：PL-19、八角形成型加工				

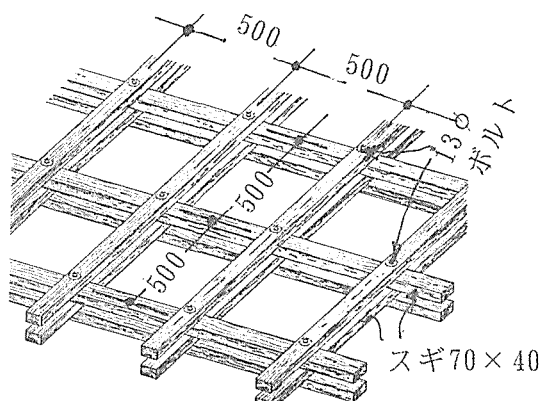
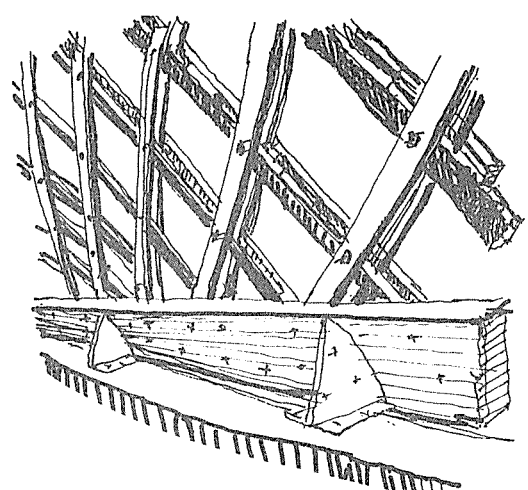
(No. 5-3)

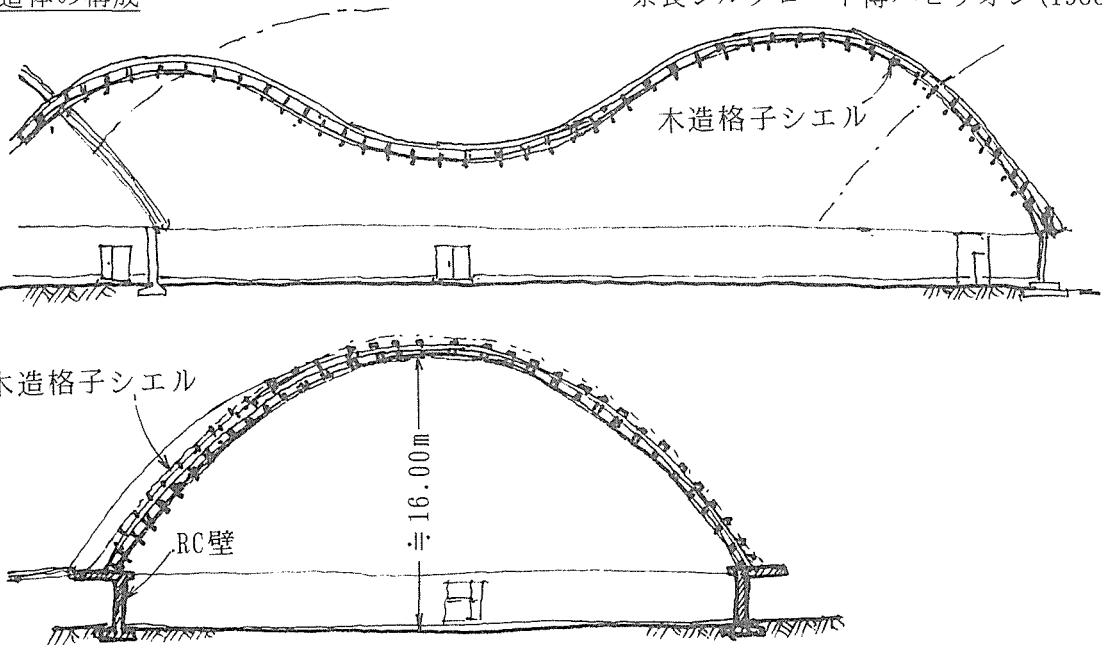
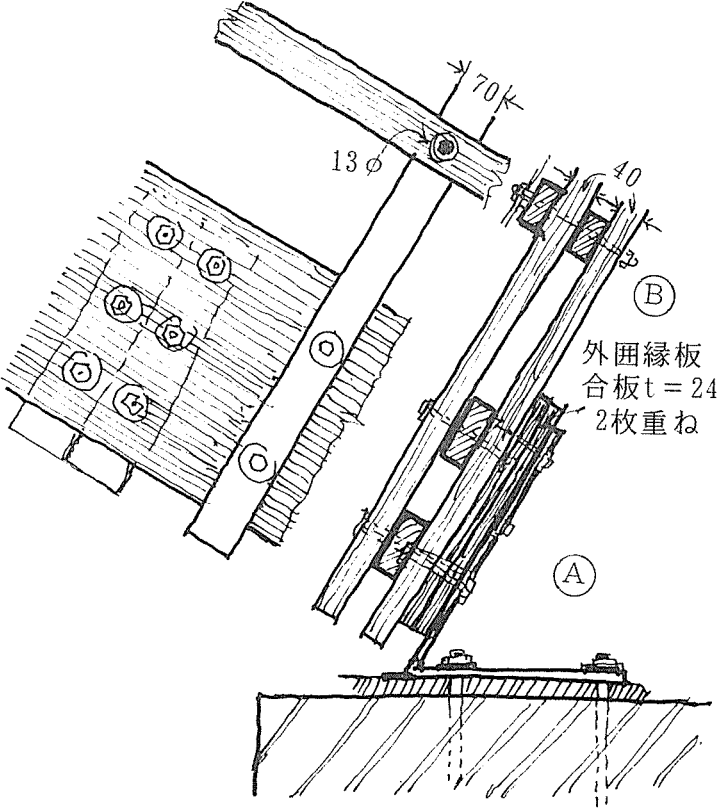
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
<u>構造体の構成</u> 木造スリーヒンジアーチシェル構造			
			
<u>施工</u>			
1. 柱、梁：ベイマツ集成材（柱22×60cm～140cm、梁22×30cm～140cm）			
2. 基礎：鉄筋コンクリート直接基礎			
3. 屋根：合板、t=12mm+アスファルトルーフィング			
<u>加工・構成方法</u>			
1. 主なスパン：32.5m			
2. 最大高さ：13.2m			
3. ドーム中心部に八角形のトップライトを設けた。			

[事例6] 格子・吊りネット構造 (シルクロード博 パビリオン 1988)

(No. 6-1)

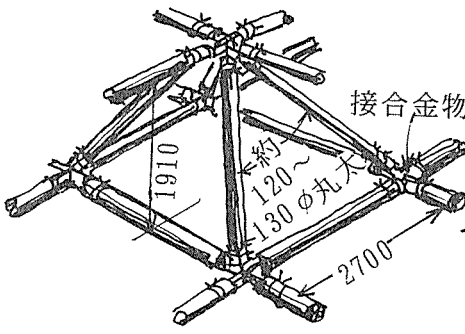
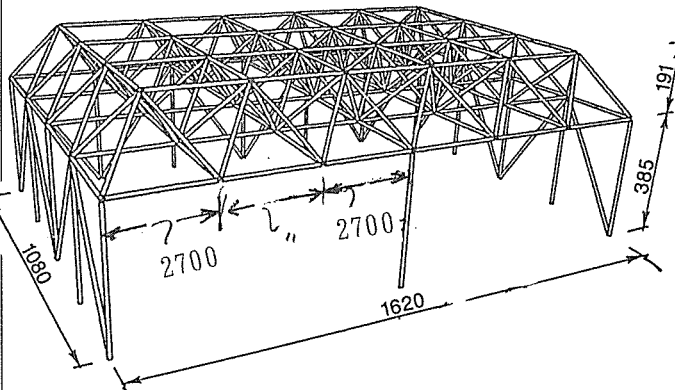
構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
F. オッター「木造格子シェル」 (マインハイムマルチホール)	奈良シルクロード博パビリオン 1988 土井鷹雄+竹中工務店		
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p> <p>木造格子詳細</p>  <p>ボルト13φ</p> <p>500</p> <p>500</p> <p>スギ素材 (70×40) × 2</p>	<p>構造体の概要</p> <p>木造格子シェル</p> <p>面積 : 1,500、 2,000m²</p>  <p>なら館</p> <p>外圍縁板で平面決定</p> <p>テーマ館</p>		
<p>構成様式</p>			
<p>1. 断面40×70mmのスギ材を縦、横交互に500mmごとに格子状に2段重ねに組み合わせ、各格子点を13mmφのボルトで重ね接合した。</p>			
<p>特徴・施工</p>			
<p>1. 木格子ネットの中心を吊り上げて (プリベンディング)、逆カタナソー膜を造る。マインハイム・マルチホール (1977) の手法 (F. オッター) に源を持つ工法。</p> <p>2. 直交グリッドを吊り下げによる引張力で斜交グリッドに変形させて、各種形態に適合させる。</p>			
<p>参考資料</p>			
<p>1. 「新建築」臨時増刊12月号 1992 「木の空間」 p.42/44 シルクロード博パビリオン</p> <p>2. 木造建築の現在 (「SD」1987.1 p.102/103) 葉祥栄の作品</p> <p>3. 木造建築の現在 (「SD」1987.1 作品・海外 p.28/29) Nattererの作品</p> <p>4. 木造建築の現在 (「SD」1987.1 作品・海外 p.48/49) K. Ackerman+J. Schlaichの作品</p>			

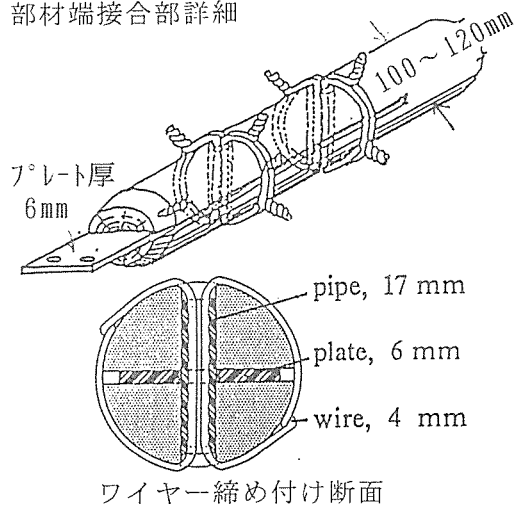
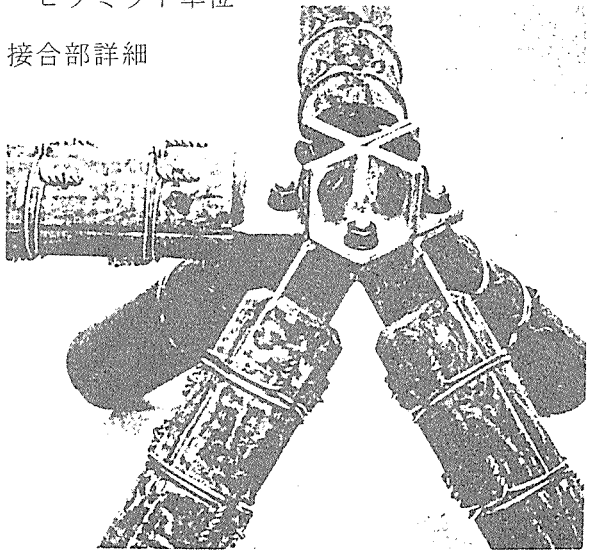
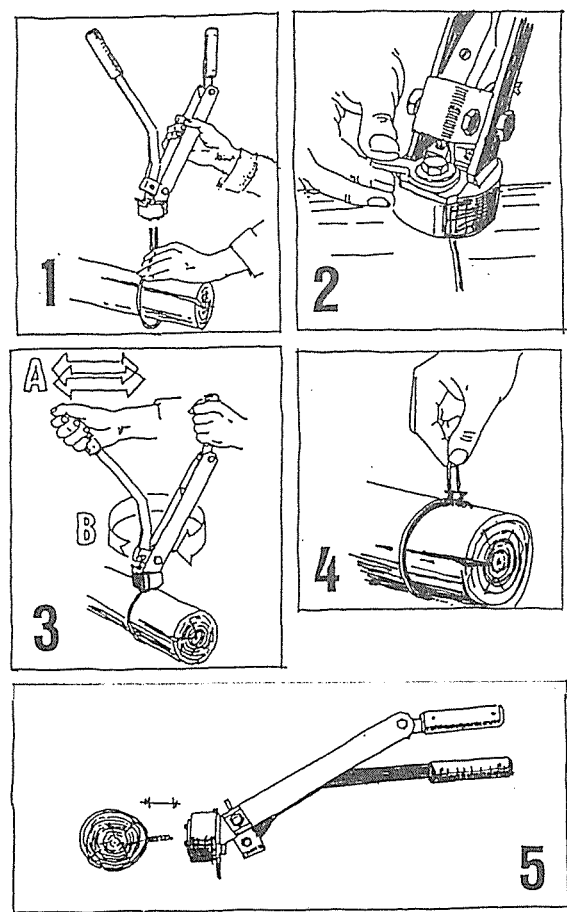
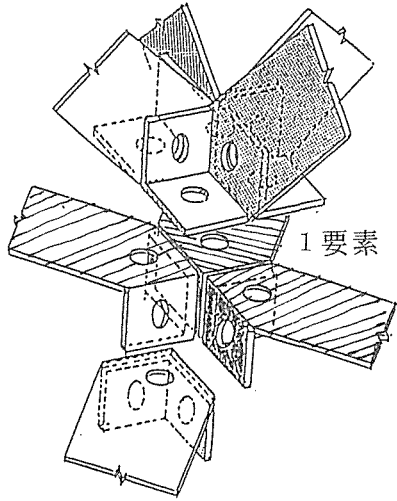
接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	直交重ねボルト接合	部材+金物	接合金物なし	
構造上の特徴 (形状・寸法)				
				
木格子シェルの端部詳細 (格子を外囲縁板(幅40cm厚さ24mmの合板2枚)で土台に固定)				
加工 (部材及び接合金物)				
1. 部材70×40mm (スギ) 4丁重ね				
2. 13φボルト綴り込み				
◆				
木造格子シェル				
・ハイブリットハイパードームE (1990)				
・スペースグリッドシステム (葉祥栄) (グリーンピンク、スギトピア 1986)				
'89 海と島の博覧会 (1989)				
・ミュンヘン オリンピック公園、アイススケートリンク (西独)				
1983 K. Ackerman+J. Schlaich				

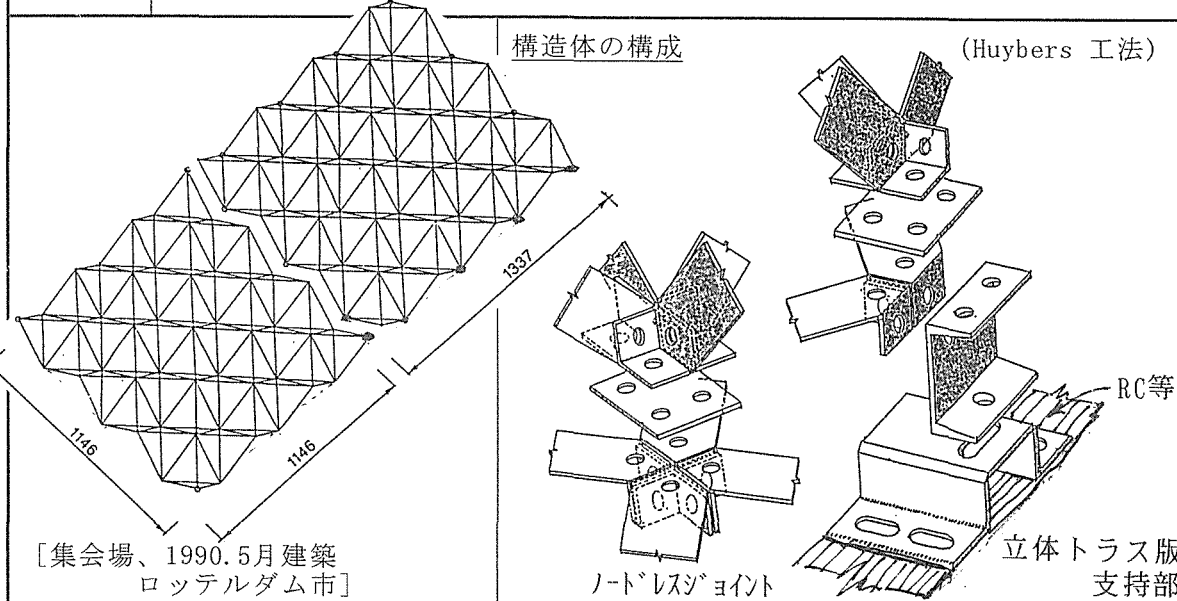
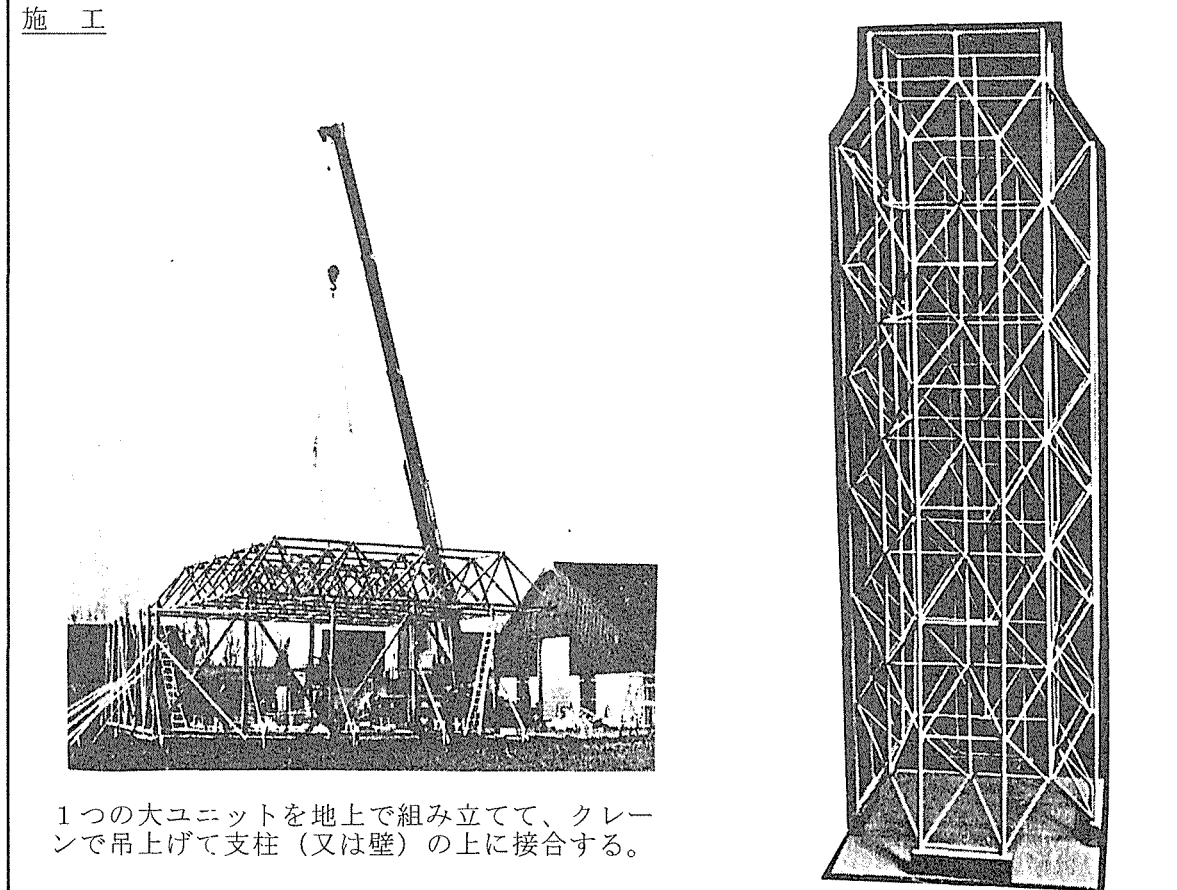
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材2枚合わせ	平面格子 曲面格子	立体格子
構造体の構成	奈良シルクロード博パビリオン(1988)		
			
施工	<p>屋根：木造格子シェル+合成繊維膜（太陽工業）</p> <p>外壁：鉄筋コンクリート打設し仕上げ</p>		
加工・構成方法	<p>1. 木造格子逆カタナリー形シェル</p> <p>2. 推力は外圍縁板（合板）\textcircled{B}をRC壁に固定したアンカー金物\textcircled{A}に接合して処理する。</p>		
			

[事例7] 立体トラスユニット連続版 (ヒュウバーズ式 小径丸太 1988、1991)

(No. 7-1)

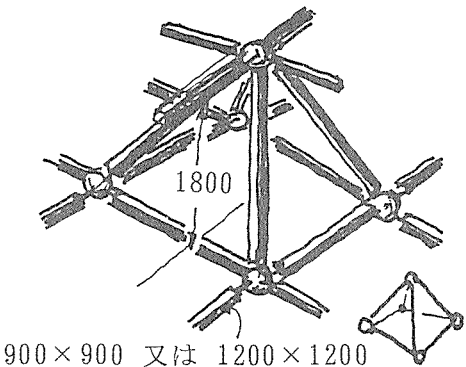
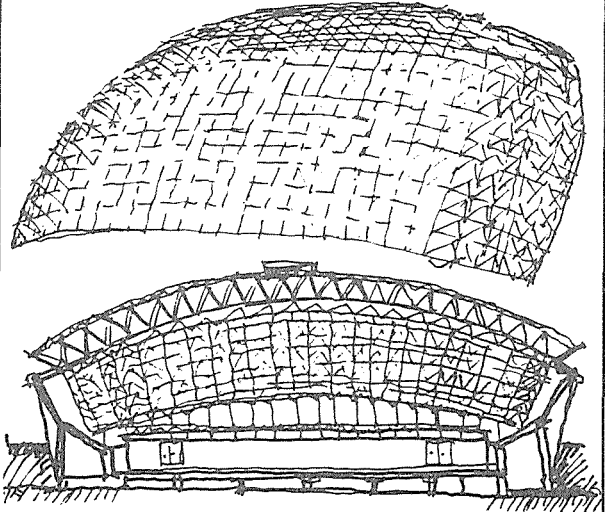
構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
四角錐骨組 (ピラミッド型)	小径丸太、立体トラス版 (P. Huybers, 1988. 1991) (オランダ)		
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p> 	<p>構造体の概要</p> 		
<p>構成様式</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 材長2,500mm、断面120~130mm (5吋以下) の丸太 (マツ) でピラミッド型四角錐骨組作り、それを前後・左右に連続させて立体トラス版 (複層) を構成する。 2. 4×3単位を一構成単位 (10.8m×8.1m) とし、大ユニットと呼ぶ。 3. 実施例：飼育場の上屋 (2大ユニット)、10.8m×16.2m、丸太径130φ 集会場の上屋 (11.46m×13.37m)、丸太径100φ 			
<p>特徴・施工</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 接合金物としてノードレスジョイントを開発し、使用した。 2. 接合金物 (ノードレスジョイントのプレート部) と木材 (丸太) との接合に鉄線締め付け工法 (Wire Lacing Method) を開発した。 3. トラス部材に丸太 (マツ)、(130φ又は100φ) を使用した。 <p>注) 小径・間伐材を丸太のまま使用し、ボルト、ピンの代わりにワイヤーで締め付ける接合法を採用した。締め付け方法は、仮設足場の継手や桶のタガを締め付ける方法を採用した。</p>			
<p>参考資料</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 1. P. Huybers ; TIMBER POLES FOR BUILDING STRUCTURES, Proc. of the 1988 International Conference on Timber Engineering (SEATTLE, USA) Vol. 1. pp. 570/575 2. P. Huybers ; BUILDING STRUCTURES OF TIMBER POLES, CONNECTED WITH STEEL WIRE LACINGS, Proc. of the 1991 INTERNATIONAL TIMBER ENGINEERING CONFERENCE. Vol. 2. pp. 2, 511/518 (LONDON, U. K.) 			

接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	ノードレスジョイント	部材+金物	プレート挿入ワイヤー締め付け接合	
構造上の特徴 (形状・寸法)		ピラミット単位		
部材端接合部詳細		接合部詳細		
 <p>プレート厚 6mm</p> <p>pipe, 17 mm</p> <p>plate, 6 mm</p> <p>wire, 4 mm</p> <p>ワイヤー締め付け断面</p>				
加工 (部材及び接合金物)		接合金物 (ノードレスジョイント)		
		 <ol style="list-style-type: none">1. ワイヤー (4φ) を輪型に曲げ、端を接合金具で挟む。2. ワイヤーの余分は切り取られる。3. 把手Aを動かしてワイヤーを締め付ける。同時に、接合金具を回転させて(B)ワイヤー一端をねじる。4. ねじられたワイヤー端部はハンマーで平にして、ステーブル釘で止める。5. ワイヤーをねじる長さは、約30mmである。		

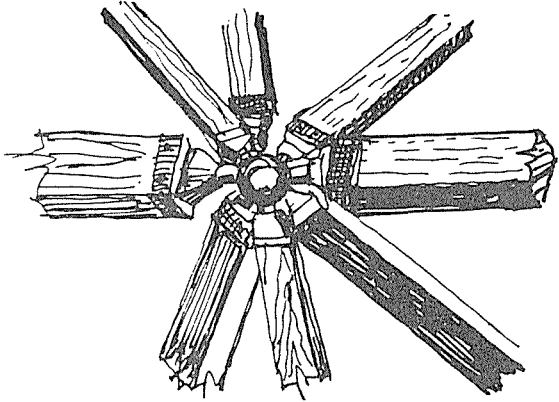
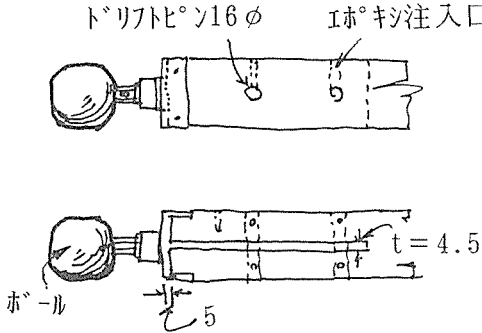
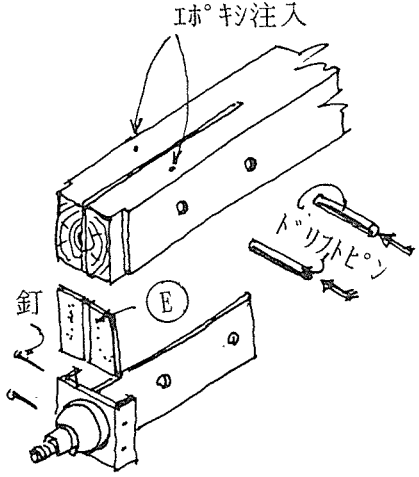
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
<p>構造体の構成</p>  <p>[集会場、1990.5月建築 ロッテルダム市]</p>			
<p>施工</p>  <p>1つの大ユニットを地上で組み立てて、クレーンで吊上げて支柱（又は壁）の上に接合する。</p> <p>高さ27mの塔（立体トラス）の提案模型</p>			

[事例8] 立体トラスユニット連続曲版 (小国町民体育館 1988)

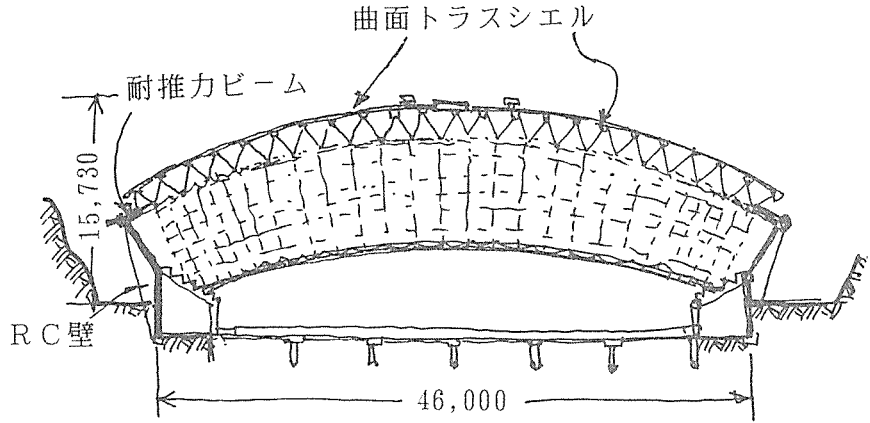
(No. 8-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
四角錐骨組 (ピラミッド)	小国町民体育館 1988 熊本県小国町 (葉祥栄+松井源吾)		
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p>  <p>1800 900×900 又は 1200×1200</p>	<p>構造体の概要</p> 		
<p>構成様式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 四角錐ユニット (ピラミッド骨組) を曲面に連続させた複層 (ダブルレイヤー) 曲面トラス屋根 2. 壁、柱: 鉄筋コンクリート造 3. 屋根トラス: 90mm又は170mm角スギ、ボールジョイント、版せい: 180cm 4. 主スパン: 46×57m、高さ: 18.2m、軒高: 7.2m <p>特徴・施工</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 鋼ボール+部材: 鋼板挿入式、ドリフトピン (16φ) + エポキシ充填 2. 屋根仕上げ: 耐火合板 (18mm) + P & P ステンレス防水 <p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 「木構造の架構とデザイン」 (「建築技術」DEC.1992 p.100/102) 2. 「木の構成」 (「新建築」12月臨時増刊、1992 p.29/32) 3. 「木造建築の現在」 (「SD」1987.1 p.108) 			

(No. 8-2)

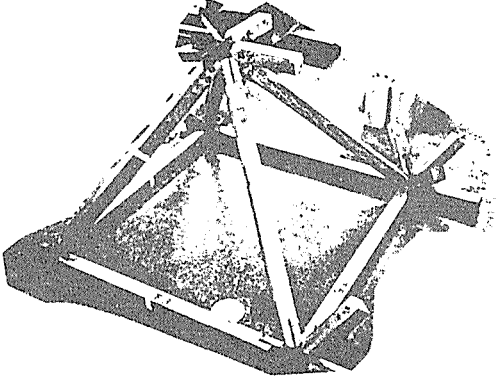
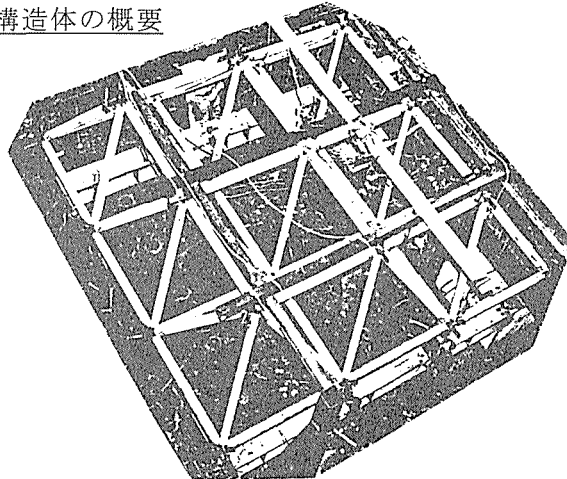
接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	ボールジョイント (MEROシステム)	部材+金物	プレート挿入 ドリフトピン (エポキシ)	
構造上の特徴 (形状・寸法)				
		部材 (スギ) 径90×90 (120×120) (小国町民体育館)		
任意の方向から接合が可能				
加工 (部材及び接合金物)		⑥木口で圧縮を分担するためにエポキシ充填		
				
施工その他		小国町民体育館 (1988)		
参考資料		1. 「木の空間」 (「新建築」12月臨時増刊、1992 p. 29/32) 2. 「木造立体トラス構造」 (「木材工業」Vol. 43-7 p. 22/26)		

(No. 8-3)

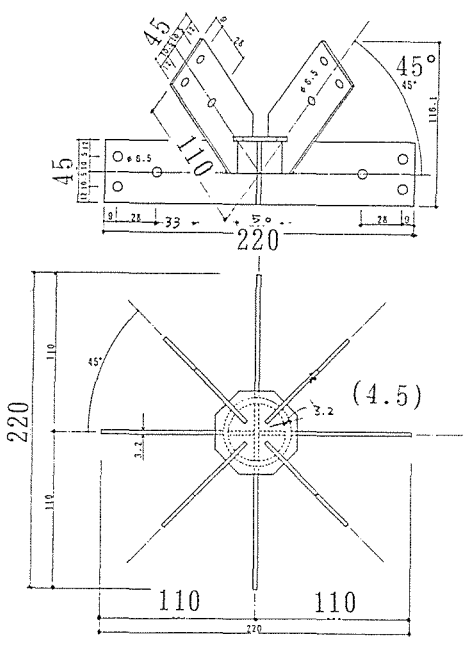
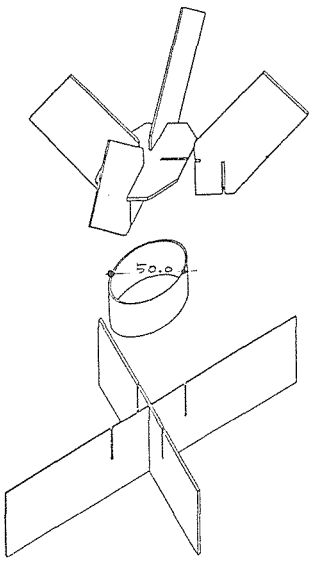
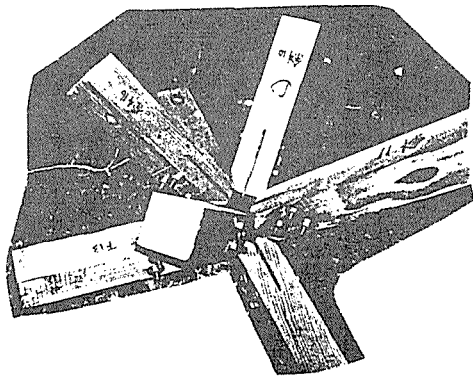
構造システムからの分類	A. 単層	<u>B. 複層</u>	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	<u>立体格子</u>
<u>構造体の構成</u>			
			
小国町民体育館 (1988)			
<ol style="list-style-type: none">マルボンの多目的ホール (1985) スイス、ABS+W.A.G (L=3m×3m) 「SD」p.56/58葉祥栄の一連の作品、小国町交通センター (1986)、林業総合センター (1987)、ミュージックアトリエ (1985)、熊本県文木野村			
<u>加工・構成方法</u>			
<ol style="list-style-type: none">ダブルレイヤー・立体トラス・球形シェル (曲面版)周辺はRC壁で単純支持、RC壁上部は耐推力梁を構成。			
<u>参考資料</u>			
<ol style="list-style-type: none">「木の空間」 (「新建築」12月臨時増刊 1992 p.29/32)			

[事例9] 立体トラスユニット連続版 (試験体、豊橋技術科学大学 1989)

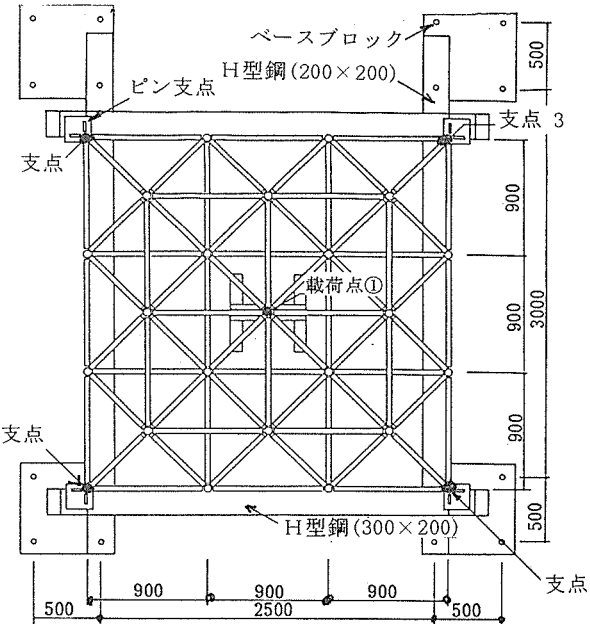
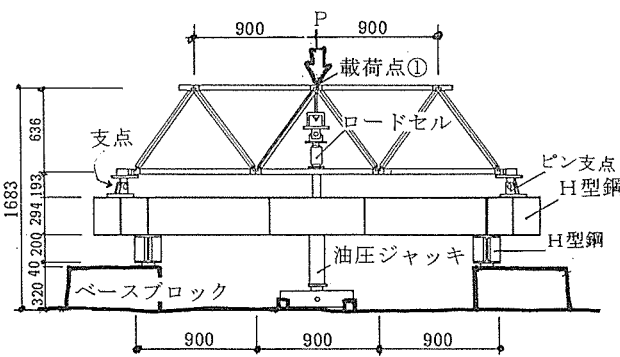
(No. 9-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
四角錐骨組 (ピラミッド型)	CRJ四角錐骨組連続トラス平版構造 (T. U. T. 定方 啓)		
ユニットの型 (形状・寸法)  (縮尺 1 / 2 モデル)	構造体の概要 		
構成様式 1. 長さ1,800~2,000mm、断面90×90mmのスギ角材8本をCRJ金具 (Cylindrical Ring Joint) で立体接合して等辺四角錐骨組をつくる。これを1ユニットとする。 2. ユニットを前後左右に連続させて立体トラス平版を構成する。 特徴・施工 1. CRJ 1種類と角棒 (90×90×180~200) 1種類との2種類だけの部品で構造体をつくらることができる。したがって、大量生産に適している。 参考資料 1. The practical use of the Space Truss Utilized Small Diameter Lumber. Proc. of 1991 ITEC. London. p. 2, 519/526			

(No. 9-2)

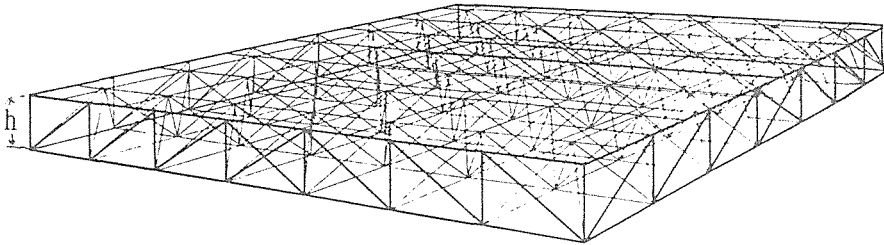
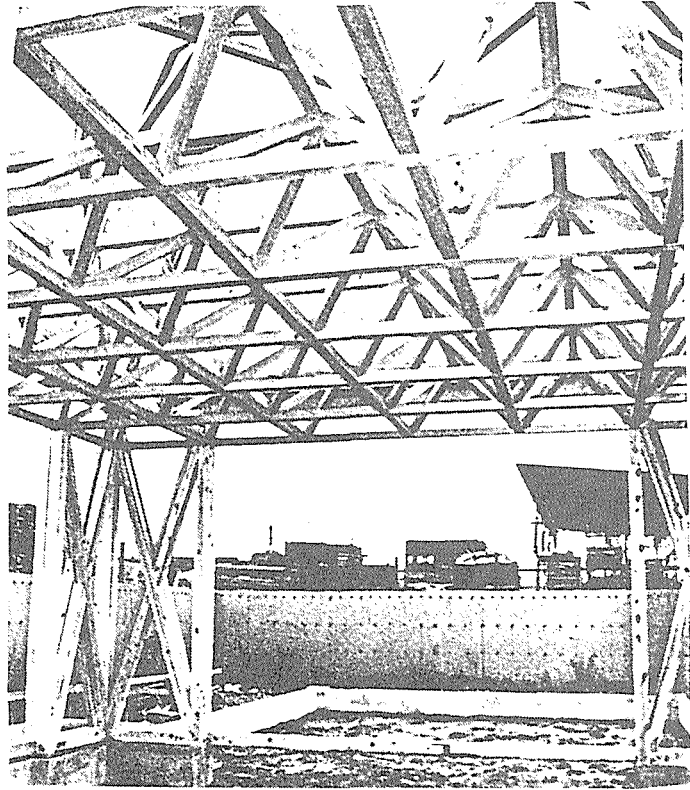
接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	円環ジョイント (Cylindrical Ring Joint)		部材+金物	鋼板挿入式+ せん断ボルト締め付け
構造上の特徴 (形状・寸法)				
				
C R J 組立図 (1/2 縮尺モデル)		C R J 金物		
加工				
1. 球の代わりにリングを用いることにより				
(1) 節点の剛性を木材に近づける (靱性大)。				
(2) 接合プレートをリングに「合じゃくり」で差し込むことにより、初心者でも金具の精度の向上を図ることが可能。				
				
		接合部詳細		
施工その他				
C R J 四角錐立体トラス版 (T. U. T. 定方啓)				

(No. 9-3)

構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
<ol style="list-style-type: none"> 1. 4 点支持、中央載荷の実験により、縦・横 5 ユニット (辺長 9 ~ 10m) まで実用設計可能。 2. ユニット寸法、部材断面を増加することにより更に大空間が構成できる。 3. スギなどの小径・間伐材でスペースフレームを造るのに有利。 4. 部材を集成材 (スギ) に置換することにより、構造設計が有利になる。 	<p>構造体の構成</p> 		
<p>施 工</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 25ユニット版 (5×5格子) を地上で組立て、クレーンで吊り上げて、壁又は柱頂部に乗せ結合する。 2. 大ユニット (25ユニット以上) 相互の結合方法は現在考察中。 	 <p>1 / 2 縮尺モデル構造詳細</p> <p>(C R J 四角錐立体トラス、T. U. T. 定方研究室)</p>		

[事例10] トラス格子梁版構造 (黒田床システム・三重大学生物資源学部)

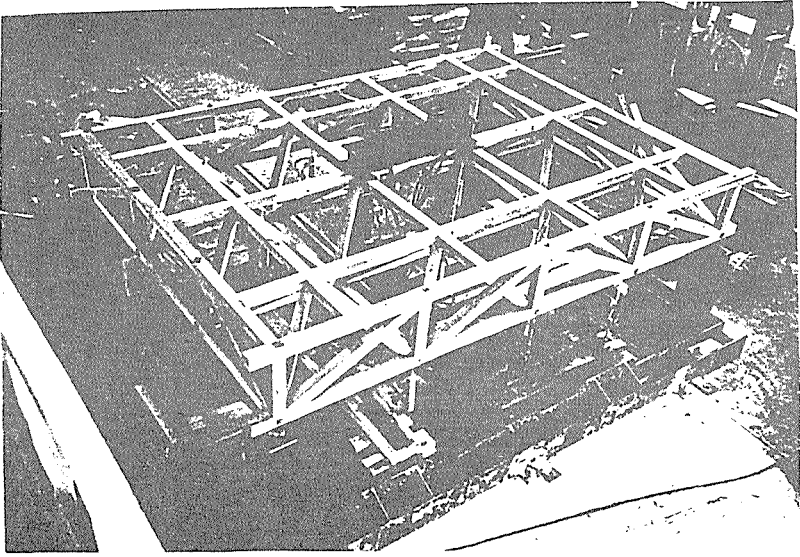
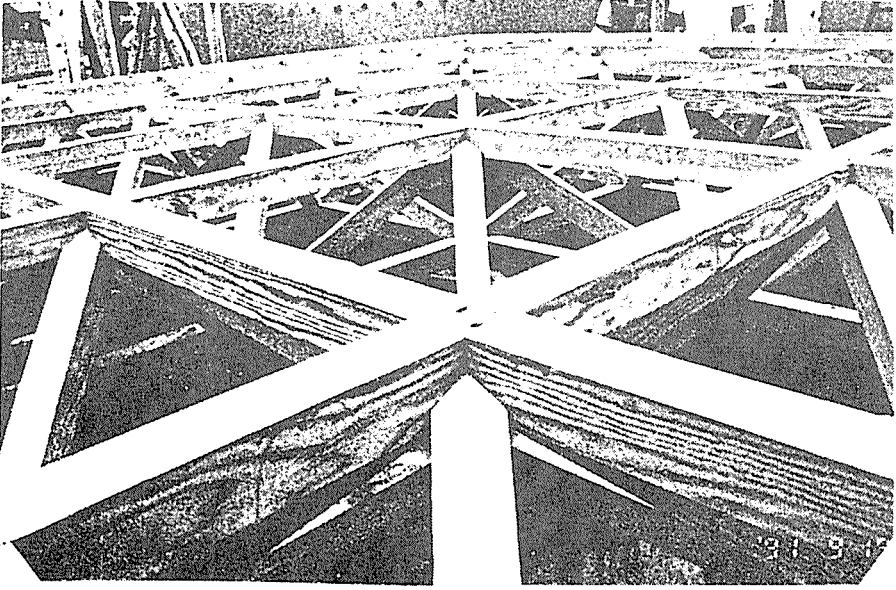
(No. 10-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
軸芯引張ボルト接合形式 トラス格子梁版 (床)	スペースフレーム構造床システム (黒田重義+徳田迪夫)		
<p>構造体の概要</p>  <p style="text-align: center;">床版の構造図 $h = 50\text{cm}$</p>			
<p>構成様式</p>  <p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 黒田重義：「スペースフレーム構造」『建築技術』11月 1992 p.120/126 2. 徳田迪夫：「間伐材等小径木利用住宅工法開発事業報告書 (ボルトと角ナットを用いた木材接合部の設計)」平成4年3月 p.3/38 (財)日本住宅・木材技術センター 			

(No. 10-2)

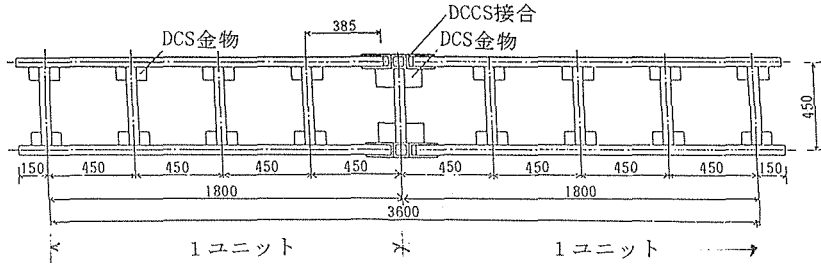
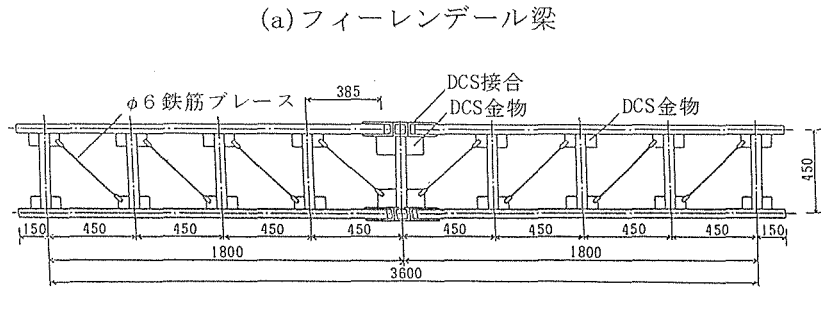
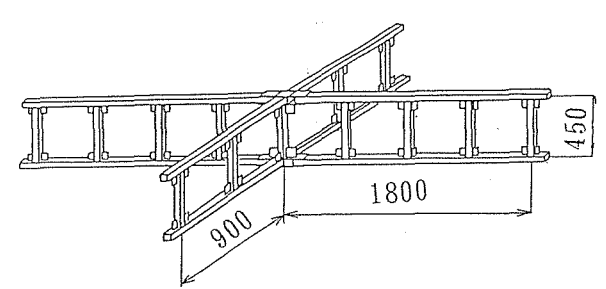
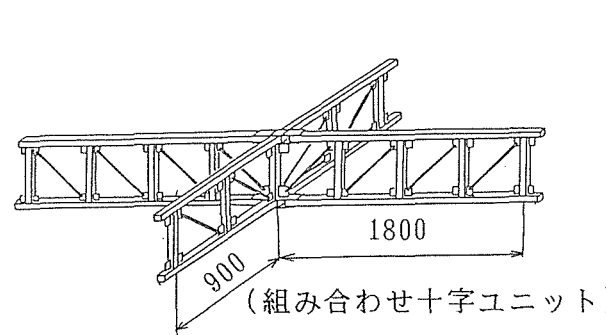
接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	軸芯引張ボルト接合	部材+金物	角パイプ+引張ボルト	
構造上の特徴 (形状・寸法)				
単位 : mm				
接合部詳細				

(No. 10-3)

構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
<u>構造体の構成</u>			
			
実大実験全景（三重大学、徳田迪夫研究室）			
			
床版の構成詳細			

[事例11] 平面トラス梁・格子版構造 (試験体、豊橋科学技術大学 1991)

(No. 11-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組 B. トラス梁格子 C. 二次元三角形
平面トラス梁十字交差方式	DCCS接合フィーレンデール梁格子版構造 (T. U. T. 定方研究室)
ユニットの型 (形状・寸法) 1/2 モデルによるものである。	
 <p style="text-align: center;">(a) フィーレンデール梁</p>	
 <p style="text-align: center;">(b) フィーレンデール・ブレース補強梁</p>	
構成様式	
Type-C	
Type-CB	 <p style="text-align: center;">(組み合わせ十字ユニット)</p>
ユニットの組み合わせ	
参考資料・出典	
1. K. Sadakata, The Space Truss Structure by Small Diameter Lumbers, Proc. ITEC, London, 1991, Vol. 2. p. 2519/2526.	

(No. 11-2)

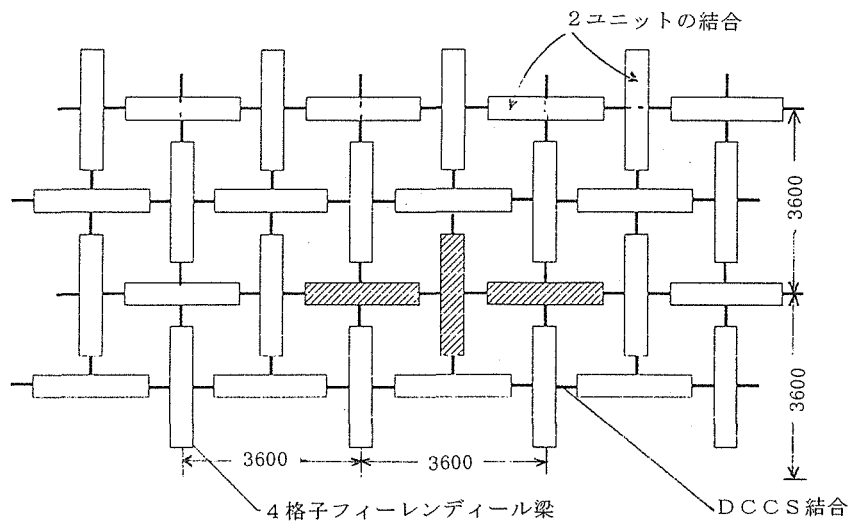
接合システムからの分類	A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	DCCS接合 (引張ボルト)	部材+金物	箱形金物+ボルト (せん断)
<p>構造上の特徴 (形状・寸法)</p> <p>DCCS接合詳細 (高靱性交差接合形式) 1 / 2 モデル</p>			
<p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. T. U. T. 定方研究室 (定方 啓) 2. DCSとDCCS、(ザ術語集) 建築技術10月, 1992. 			

(No. 11-3)

構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
-------------	-------	--------------	--------------

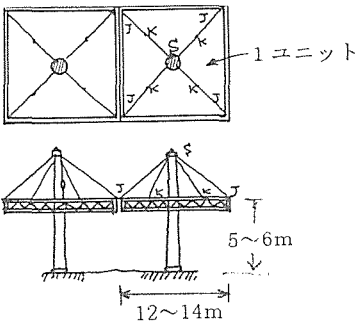
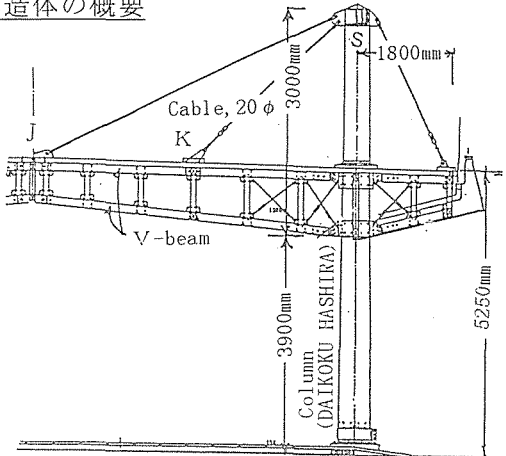
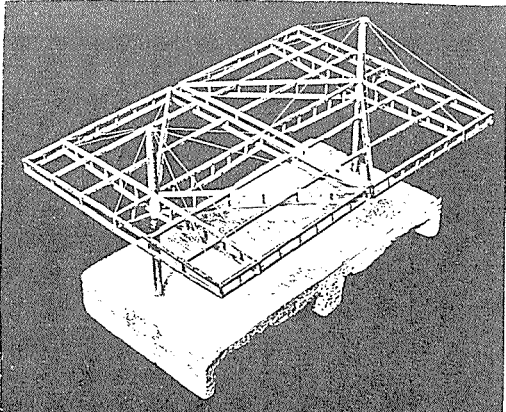
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
------	-----------	-------------	------

構造体の構成



[事例12] 大黒柱・吊り屋根構造（東栄町林業総合センター 1991）

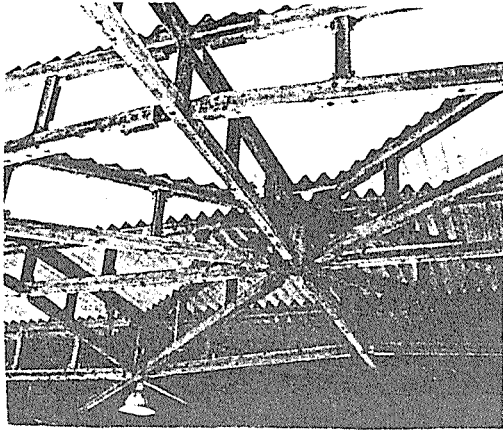
(No. 12-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
<p>東栄町林業総合センター（愛知県東栄町 1991） 渡辺昭彦 et. al + 定方 啓</p>			
<p>ユニットの型（形状・寸法）</p>  <p>1 ユニット</p>	<p>構造体の概要</p> 		
<p>構成様式</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 梁せい80~100cmの梯子梁2本を交差させ、その交点に径40~50cmのスギ丸太を立てる。 2. 丸太柱の頂点からトラス梁格子屋根を吊り下げる。 3. 直交格子梁ユニットは1辺6~7mである。 			
<p>特徴・施工</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 構造材にすべて地元産のスギ材を使用している。 2. 単位格子版+丸太柱を1単位にして、これを前後左右に連続させることにより大きな空間を覆うことができる。 			
<p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. K. Sadakata, The Space Truss Structure by Small Diameter Lumber, Proc. ITEC, London, 1991, Vol. 2. p. 2, 519/526. 2. SADAKATA K. DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE CABLE STAYED WOODEN SPACE TRUSS ROOF: Proc. of IASS/ASCE Symposium. ATRANTA. 1994 			

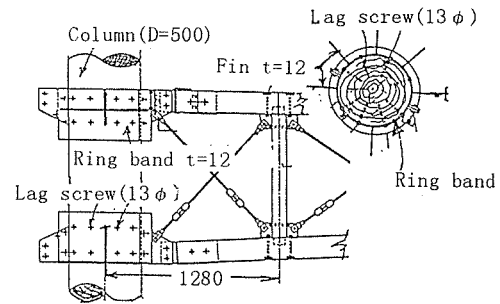
接合システムからの分類	A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
-------------	-------	----------------	------------

接合部型式	リング式 (ユニットの 交点、柱・梁)	部材+金物	鋼板挿入式 (部材) 鋼管タガ巻き (柱)
-------	------------------------	-------	--------------------------

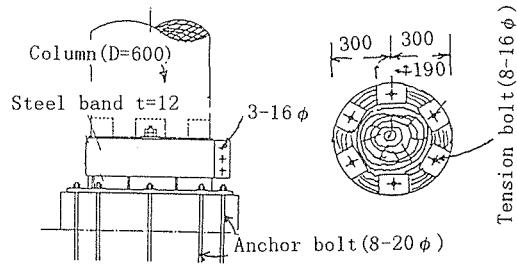
構造上の特徴 (形状・寸法)



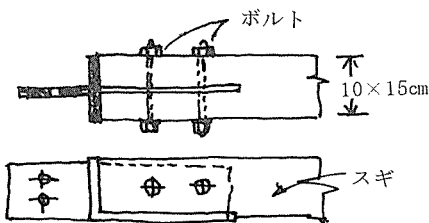
(東栄町林業総合センター製材工場 1991)



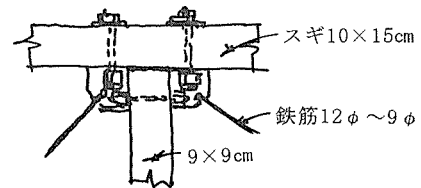
A. 柱・梁 V-beam to log column joint



B. 柱脚 Column base connection



C. 部材+接合鋼板

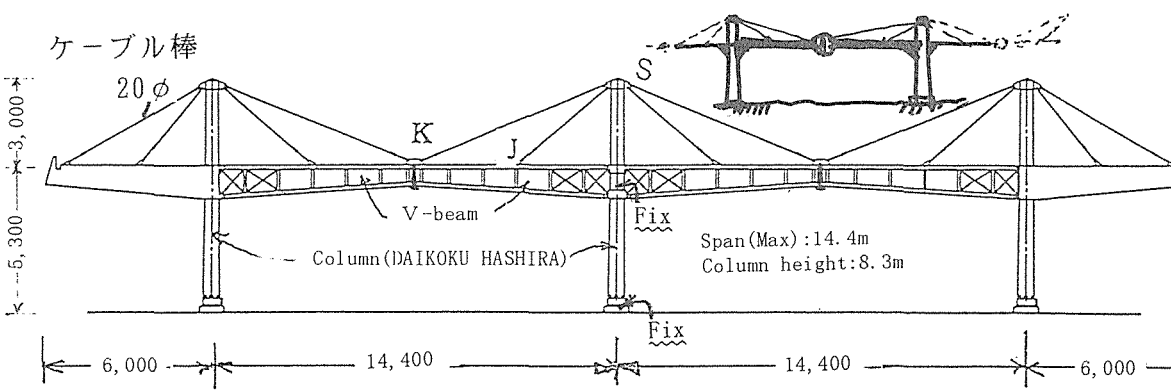
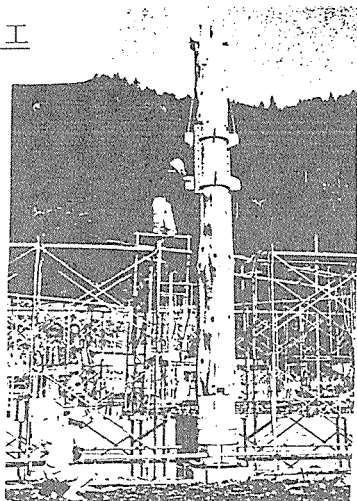
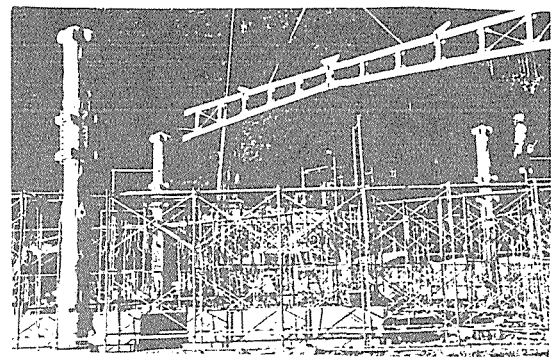
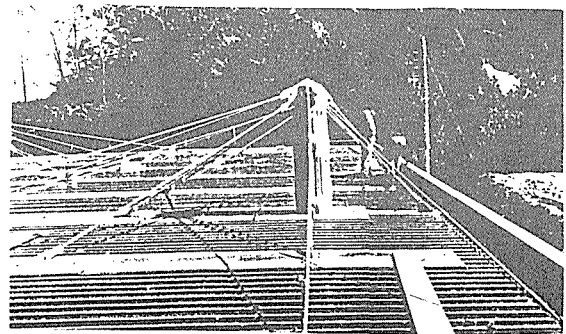


D. 梯子梁仕口 (DCS)

施工その他

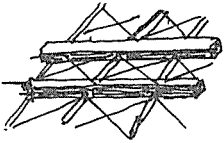
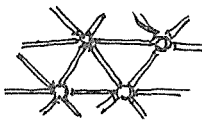
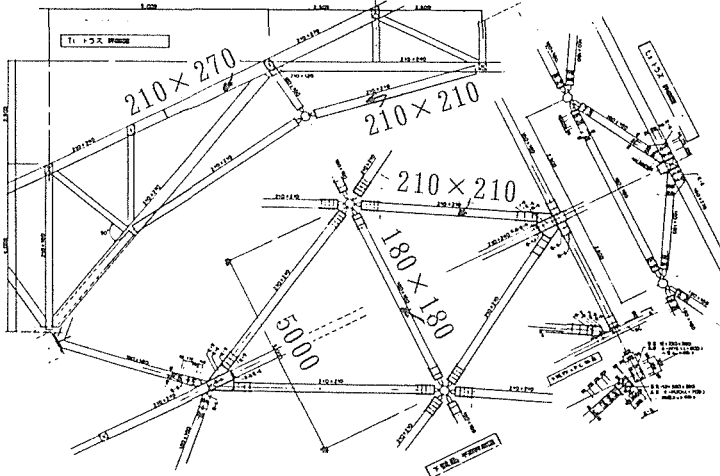
1. 丸太柱を独立に柱脚固定 (引張りボルト+タガ) 状態に立て並べる。
2. 梯子梁 (フィーレンデールトラス梁) を地上で組み立てたのち、クレーンで吊り上げ、柱・梁金物④に結合する。
3. ステイ (鋼棒20φ) ケーブルで吊り上げて、所定のレベルにする。

(No. 12-3)

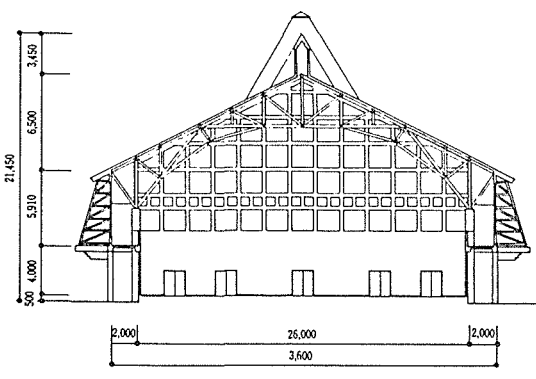
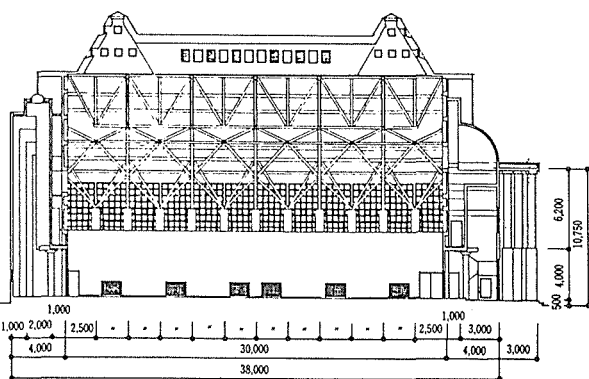
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B+吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
構造体の構成 (東栄町林業総合センター製材工場 1991)			
			
スパン: 14.4m 屋根の長さ 40.8m 柱の高さ 8.3m 建築面積 1025㎡			
施工			
			
1. 丸太柱建て (柱梁及び柱頭金物取付済み)		2. 梯子梁建て込み	
			
		3. 格子版吊り上げ	

[事例13] 格子・立体トラス混合構造 (竜神村体育館 1987)

(No. 13-1)

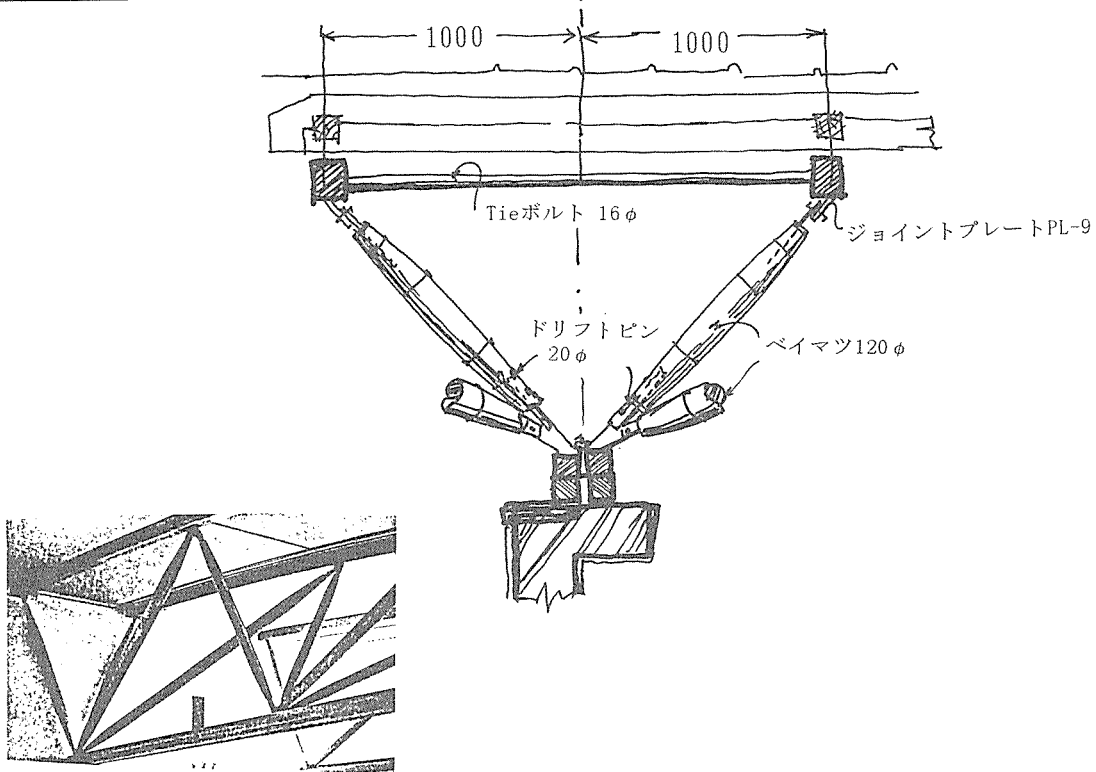
構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
竜神村体育館 (1987) 和歌山県竜神村 (渡辺豊和et. al. + 川崎福則et. al.)			
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p> <p>複層：上部、直交梁 (単材)</p>  <p>下部、正三角形平面トラス メローシステム (ボールジョイント)</p> 	<p>構造体の構成</p>  <p>トラス詳細図</p>		
<p>構成様式</p> <ol style="list-style-type: none"> トラス下弦材、斜材：断面21×21cm、18×18cm スギ集成材、接合部 (ボールジョイント) トラス上弦材：断面21×27cm、18×27cm、スギ集成材、接合部 (添板+シアプレート併用) 立体トラス版厚 (せい)：120cm (最小)、400cm (最大) 主スパン：26m、桁行30m <p>特徴・施工</p> <ol style="list-style-type: none"> 立体トラス状の版構造で切妻型折板屋根を構成。 トラス下弦材及び斜材 (床材：21cm角、スギ集成材、L = 5 m) はボールジョイント (メロー・タイヨーシステム) で接合。 <p>参考資料</p> <ol style="list-style-type: none"> 建築設計資料集「新集成材の造形とディテール」1990. p.172/177. 日本集成材工業協同組合 建築センター評定資料 (ビルディングレター 5.1987 p.121/122) 			

(No. 13-3)

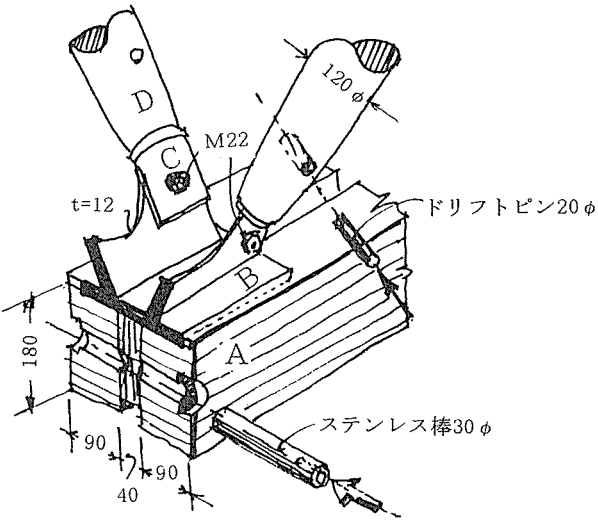
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
構造体の構成		(竜神村体育館 1987)	
			
断面図		断面図	
<u>施工</u>			
<ol style="list-style-type: none">1. 屋根トラス、竜神村産スギの集成材。2. 基礎及び軸部の柱は鉄筋コンクリート造。3. スパン26m、桁行30m、屋根部高さ6.50m。4. 軒高9.90m。			
<u>施工・構成方法</u>			
<ol style="list-style-type: none">1. 立体トラス状折板屋根構造。2. 耐震構造：スパン方向はトラス控壁及びRCフレーム。桁行方向はRC連続壁。3. 屋根版からの推力の処理：RC造ステージ床版による。4. 主トラスの支持：RC造丸柱（径65cm）で単純支持。			

[事例14] 三角形断面・立体トラス梁（神慈秀明会黄島道場 1990）

(No. 14-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
三角形断面立体トラス梁	神慈秀明会黄島道場（1990）岡山県 栗生総合計画事務所＋木村俊彦		
構造体の概要			
			
特徴・施工			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 部材：両端を絞り込み加工、ベイマツ集成材径12cm。 2. 変断面トラス梁を傾斜させて三角形立体トラス梁を構成している。特定のユニットはなし。 			
参考資料			
<ol style="list-style-type: none"> 1. 「木の空間」（「新建築」、12月臨時増刊、1992 p.182/183） 			

(No. 14-2)

接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	プレート+ひれ形式	部材+金物	プレート挿入式+ドリフトピン (ステンレス中太)	
構造上の特徴 (形状・寸法)		神慈秀明会黄島道場 (1990) 岡山県		
				
加工 (部材及び接合金物)				
1. 接合金物 B : T型、t = 12mm。				
2. 金物 B + 下弦材 (9×18cm×2本) A : パイプ30φ×スクリューねじ。				
3. Bのブレード (ひれ) + 部材端プレート C : 22φボルトでせん断接合。				
4. 部材端プレート C + 部材端 D : ドリフトピン (中太) 20φ。				
参考資料				
1. 神慈秀明会黄島道場 (1990) 岡山県				

(No. 14-3)

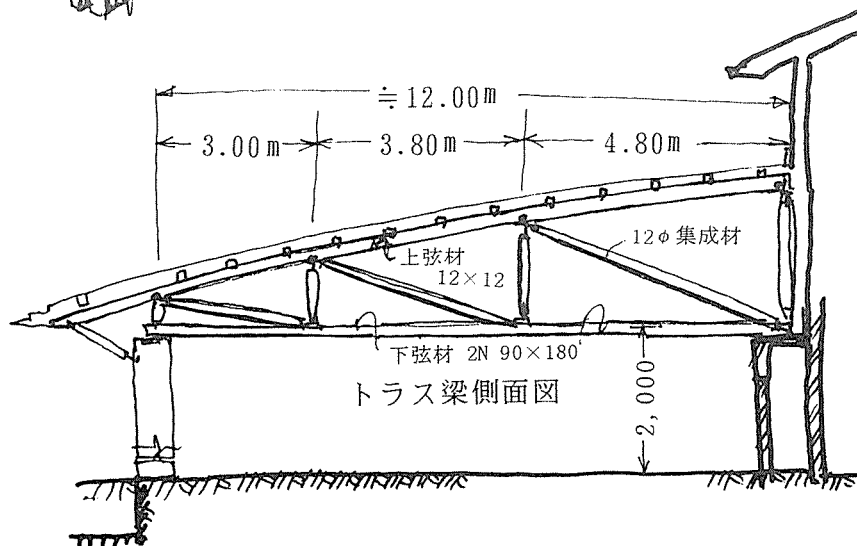
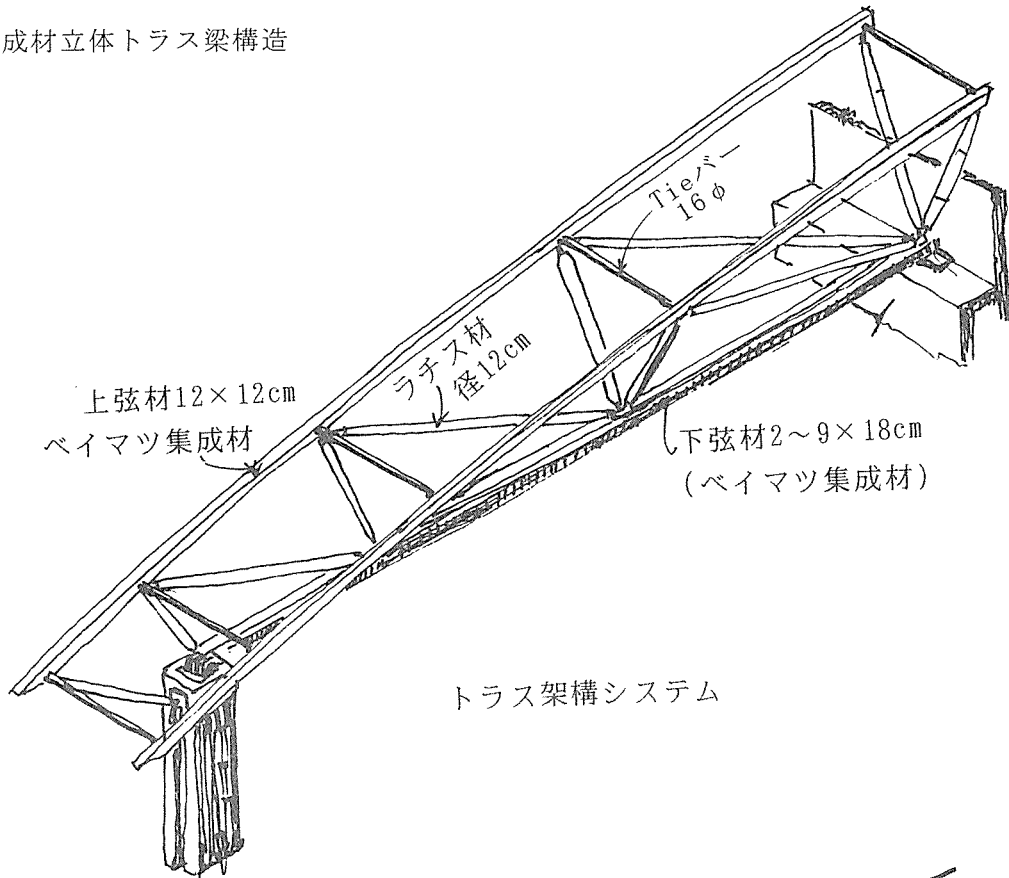
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
-------------	-------	--------------	--------------

構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
------	-----------	------	-------------

構造体の構成

神慈秀明会黄島道場 (1990) 岡山県

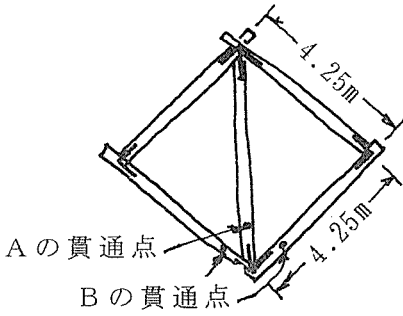
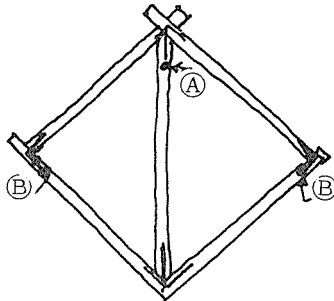

集成材立体トラス梁構造



屋根：木毛板 t = 15mm + 野地板12mm、アスファルトルーフィング、瓦棒葺

[事例15] 張弦式立体トラス梁構造 (コミュニティホール ドイツ 1984)

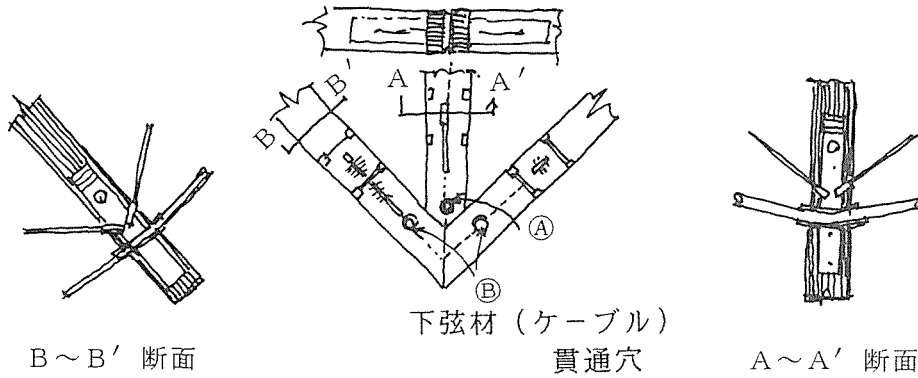
(No. 15-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
張弦式立体トラス梁構造 (ハイブリッド立体ビーム構法)	ドイツメミンゲンのコミュニティホール (1984) (Faller+Muschalek) +D. Herrschman.		
ユニットの型 (形状・寸法)			
 <p>(a) 梁中央の枠</p>		 <p>(b) 梁端部の枠</p>	
構成様式			
 <p>ファサード (正面)</p>			
参考資料			
1. 「木造建築の現在」 「SD」 1987. 1, p. 42/47			

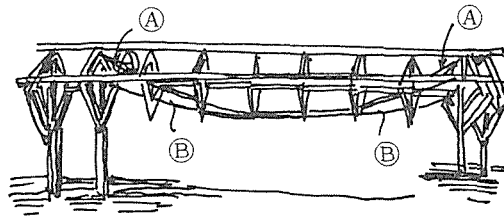
(No. 15-2)

接合システムからの分類	A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	鉄板挿入式中ボルト締め	部材+金物	

構造上の特徴 (形状・寸法)



立体束接合部詳細



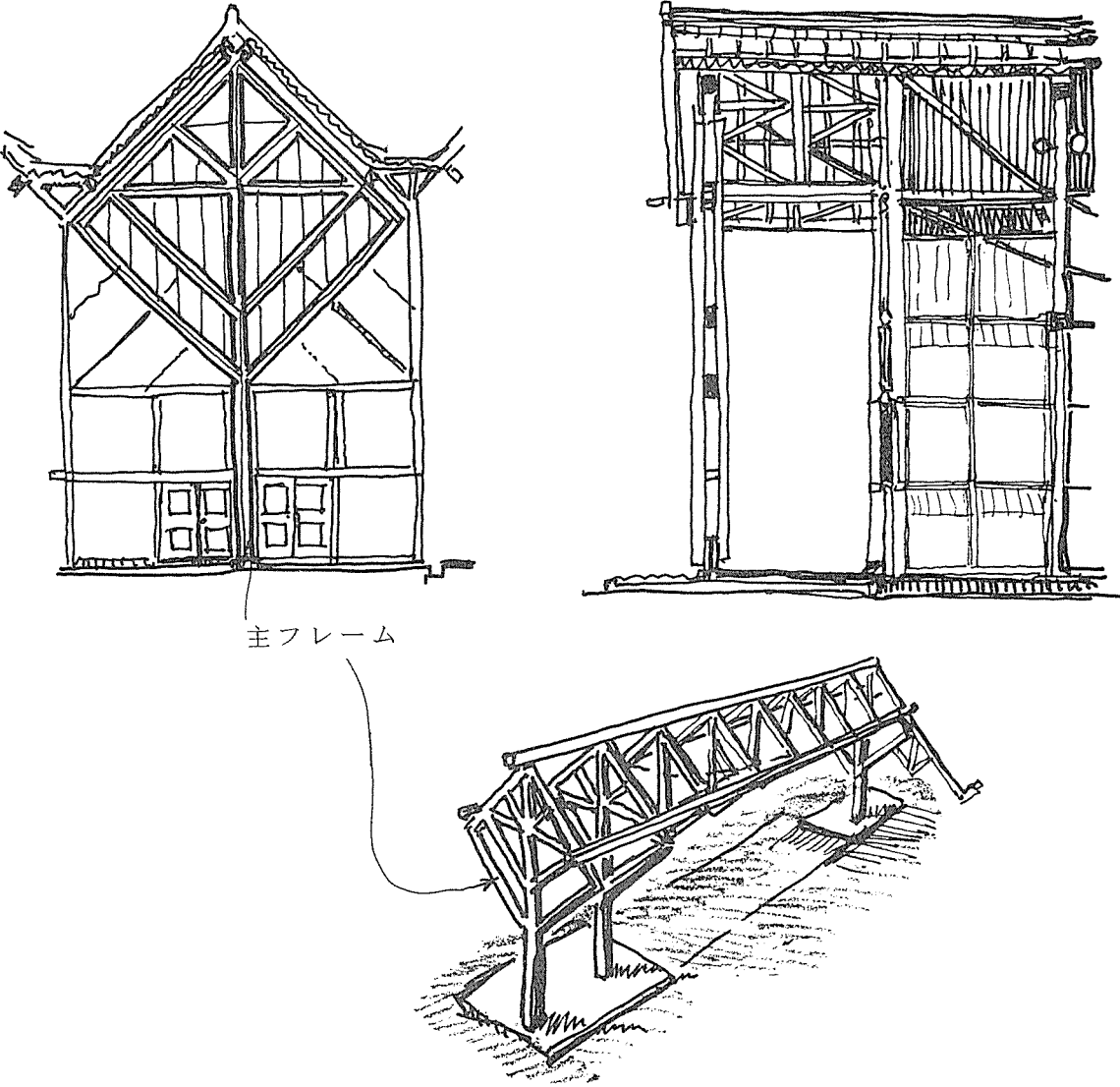
ボックス梁構造概念図

1. ボックス梁の枠のユニットは4.25×4.25m。
2. 標準ユニット間隔は4.25m@、立体梁の最大スパンは34m (4.25m×8)
3. ボックス梁の枠を立体束として、上弦材は角材、下弦材はケーブル3本で構成している

参考資料

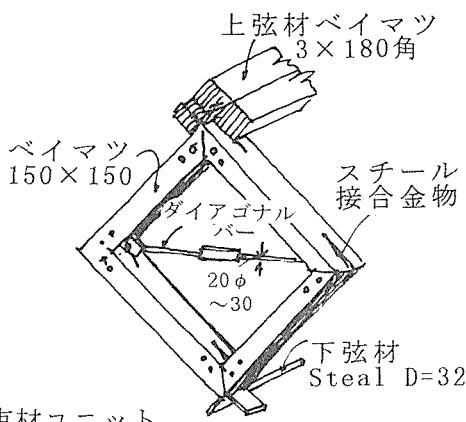
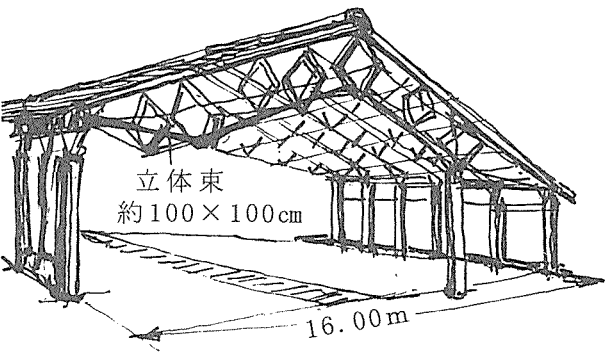
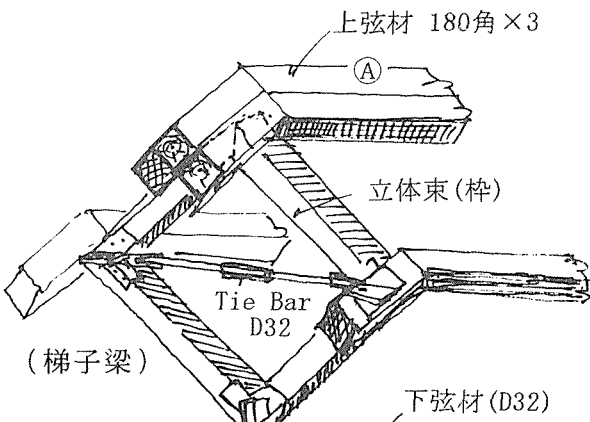
1. 「メミンゲンのコミュニティホール」1984 ドイツ。

(No. 15-3)

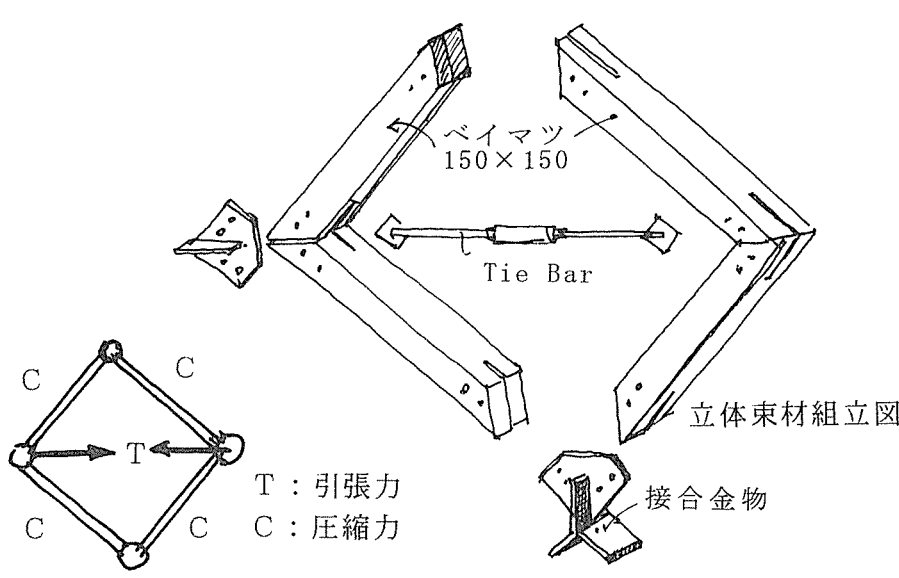
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
構造体の構成			
 <p data-bbox="443 1136 597 1167">主フレーム</p>			

[事例16] 複合張弦構造 (陶芸家のアトリエ 1992)

(No. 16-1)

構成単位からの分類	A. 三次元骨組	B. トラス梁格子	C. 二次元三角形
HTS (複合張弦構造)	陶芸家のアトリエ (1992) 広島県三和町 アトリエ84+T. I. S. & Partners		
<p>ユニットの型 (形状・寸法)</p>  <p>東材ユニット</p>	<p>構造体の概要</p> 		
<p>構成様式</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 立体張弦梁 : 上弦材 (18cm角ベイマツ角材 3本合 わせ) 下弦材 (32φ鋼棒) 立体束材 : 約100×100cm木枠を15cm角のベイマツ材で組み立てている。対角線方向に32φの鉄棒を引張材として入れる。 			
<p>特徴・施工</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 角型枠をリブ材とした立体フィーレンデール梁 枠のサイズ (約100×100cm) を一定にして、上弦材 (木材) の本数及び下弦材 (鉄棒) の断面寸法を変更することによって、梁スパンの増大に対応できる。 			
<p>参考資料</p>			
<ol style="list-style-type: none"> 「木構造の架構とデザイン」 建築技術 DEC.1992 p.116/119. 			

(No. 16-2)

接合システムからの分類		A. 継手	B. 交差接合	C. 三次元立体接合
接合部型式	挿入式鋳鋼プレート ボルト締め	部材+金物	鋳鋼板挿入+ボルト2本	
構造上の特徴 (形状・寸法)		陶芸家のアトリエ (1992) 広島県三和町		
 <p>立体束材組立図</p> <p>T : 引張力 C : 圧縮力</p>				
建築面積 : 422㎡				
最高高さ : 5.4m				
スパン : 16.0m				

(No. 16-3)

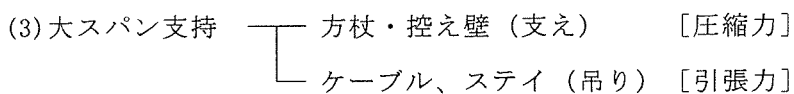
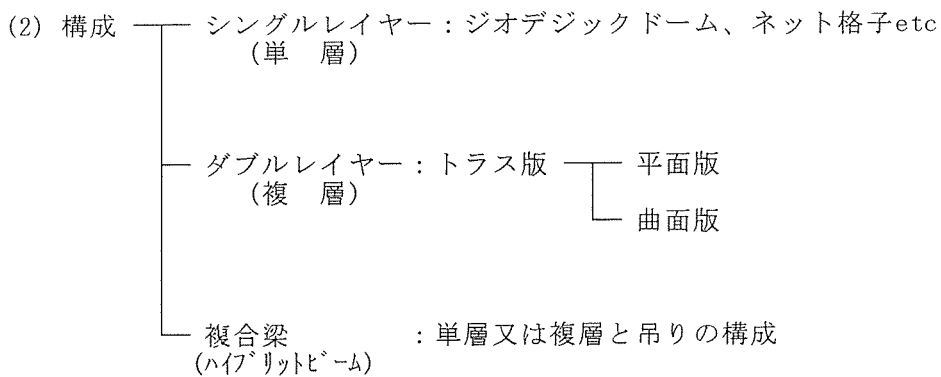
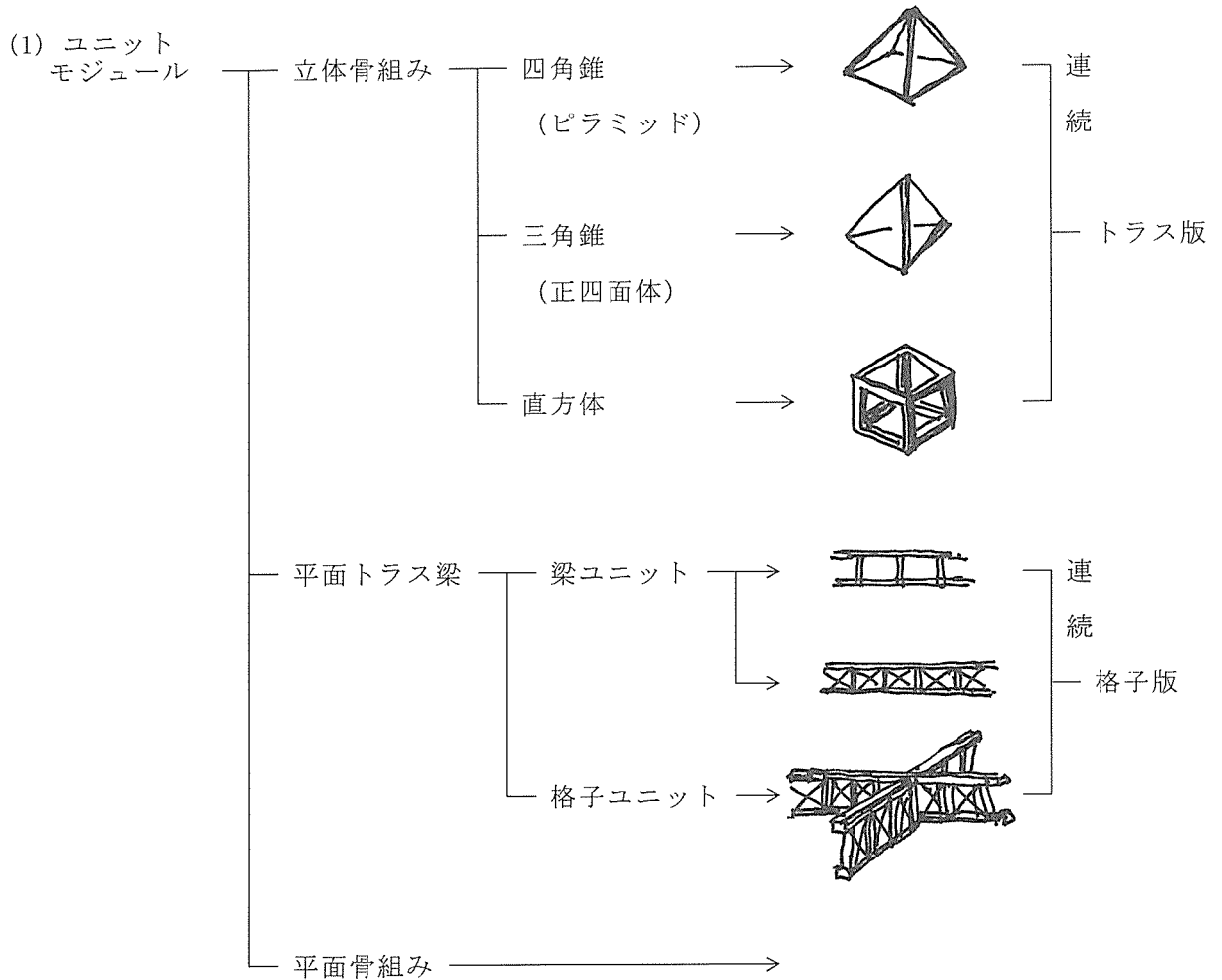
構造システムからの分類	A. 単層	B. 複層	C. A, B + 吊り
構成単位	単材 2 枚合わせ	平面格子	立体格子
<u>構造体の構成</u>			
ハイブリッド立体張弦梁の詳細			
<u>参考資料</u>			
1. 陶芸家のアトリエ (1992) 広島県三和町			
2. 附馬牛中学校体育館 (1990)、岩手県遠野市 カクタ建築設計+T. I. S. & Partners. (Span=23.6m)			

A P P E N D I X

付 録 ・ 資 料

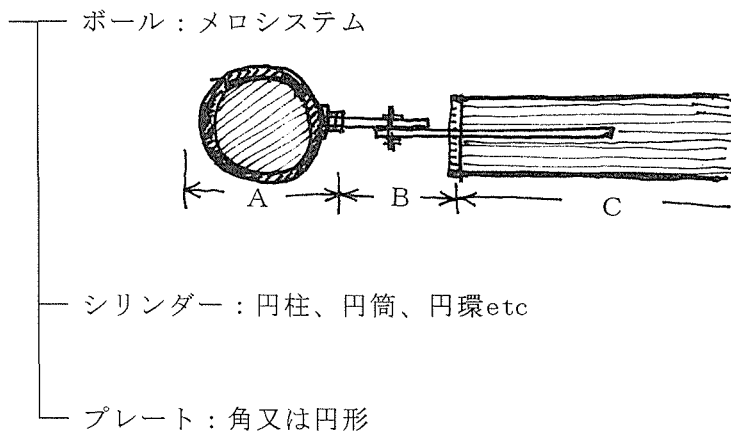
A-1 構造・接合システムの系統図

1. 構成・構造システム

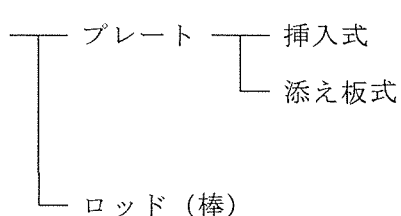


2. 接合

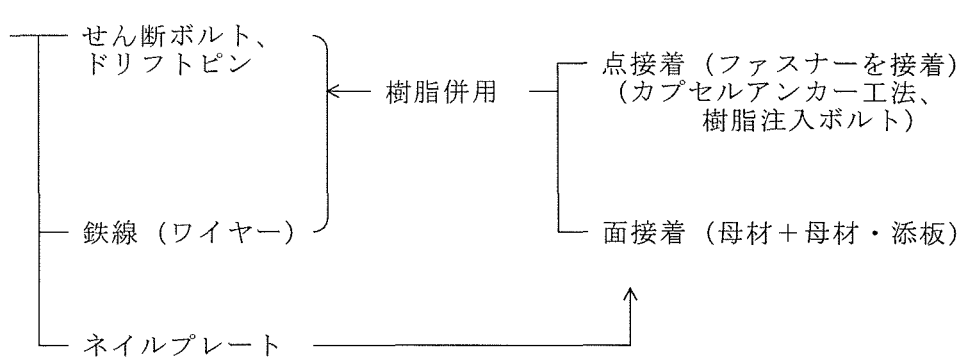
(1) 接合の要となる接合具(A)



(2) (A)と木材とを接合させるための媒介となる接合具(B)



(3) 締結するための接合具(C)



注：(A)と(B)の接合は溶接による場合が一般的である。

A-2 代表的建築の部材仕様表

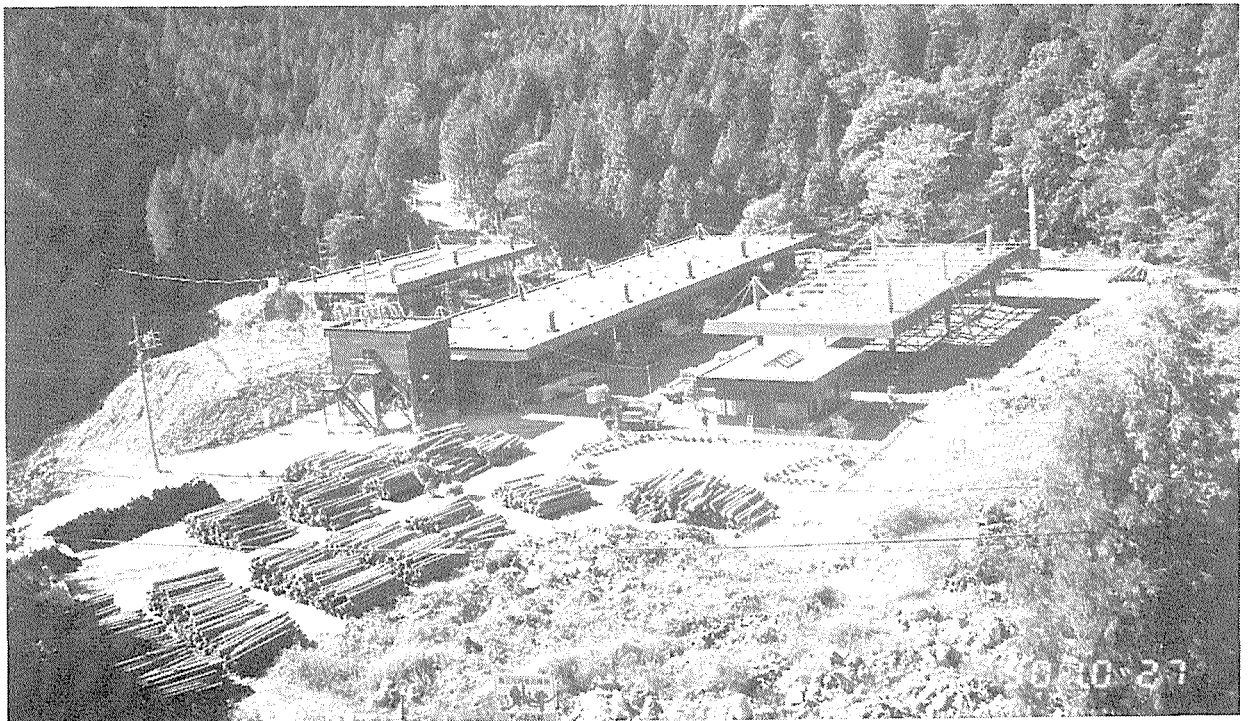
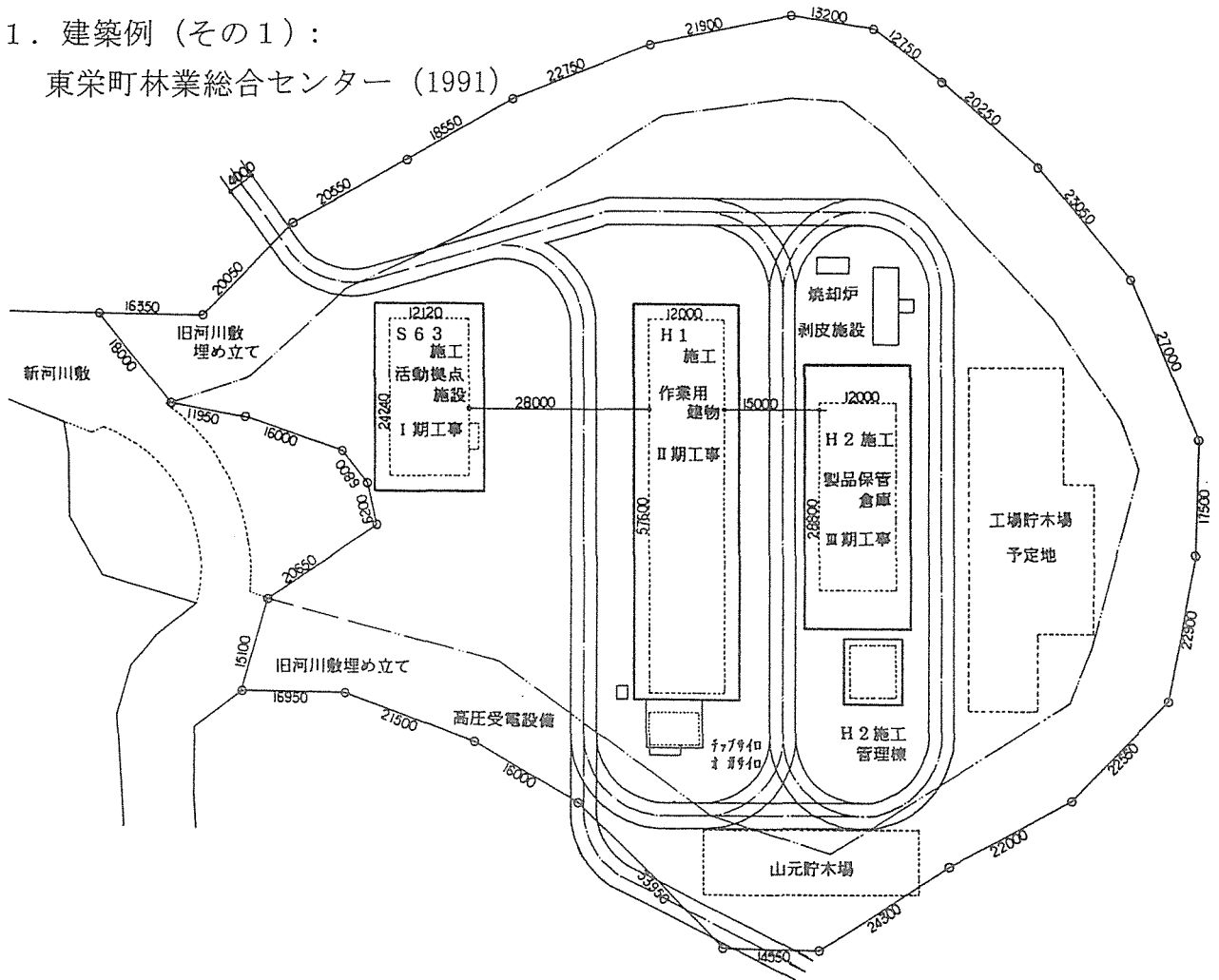
形式	構造物の名称	大きさ(m)	梁せい・部材寸法	構造形式	建築	備考
ラチスシェル	タコマドーム (米国)	径:160 (柱-柱スパン) 高: 46 (木造高さ)	梁せい:220×750(mm) (集成材)	三角形ケ'リット': 12~14(m)	1985	
	安代ドーム 安代町立田山体育館 (岩手)	径:36.6 高: 8.0	梁せい:130×610(mm) (集成材)	12面体シク'ルレイ'ー	1986	
	アジア太平洋博 竹のドーム (福岡)	径: 10 高: 56	内径:7(cm) 肉厚:5(mm)以上 (竹材)	竹造シク'ルレイ'ー 三角形ケ'リット':2.5(m)	1989	部材:竹
	ディオデシクク ドーム (ミュンヘン)	径: 7	梁せい:75×60(mm)×2本 (角材)	20面体7-ラー'ト'ーム 三角形ケ'リット':1.5(m)	1972	
	瀬戸大橋博 イベント7'ラサ' (坂出)	径: 24.5 (半円) 高: 11.2	梁せい:130×650(mm) (集成材)	三角形平面トラス 三角形ケ'リット':4.5(m)	1988	半円開口形
	小国町立西里小学校 多目的ホール (熊本)	径: 14 高: 12.4	梁せい:150×150(mm) 150×240(mm) (スギ小国町産)	60面体シク'ルレイ'ー'ト'ーム 三角形ケ'リット':6(m)	1991	
	ハイブリーダーーム ハイパードーム (川崎)	角:27×27 高:16(最高)	シ'ル材:60×50(mm) ベイマツ	TLD構造 ケ'リット'辺長:9.0(m)	1990	770mm膜 テンジョン構造
	出雲ドーム (島根)	径: 144 高: 48.9 (頂部梁芯)	7-チ:273×914(mm)×2枚 (集成材)	張弦ケー'ブル 7-チ本数:36本	1992	蛇の目傘 テント膜
	瓜連小学校体育館 (茨城)	角:30×30 高:13	柱:220×600×1400(mm) 梁:220×300×1400(mm) (集成材)	柱-梁 7-チ本数:8本	1992	
	岩瀬スポーツ公園 (富山)	径:52 高:31(最高)	梁せい:220×1100(mm) (集成材)	柱-梁 7-チ本数:16本	1992	16角錐 テント膜
放射形式	陶芸の里 (宮城)	径:14 高:12.6(最高)	方杖:90×135(mm)×7本 (米松)	柱-梁 7-チ本数:12本	1990	12角錐

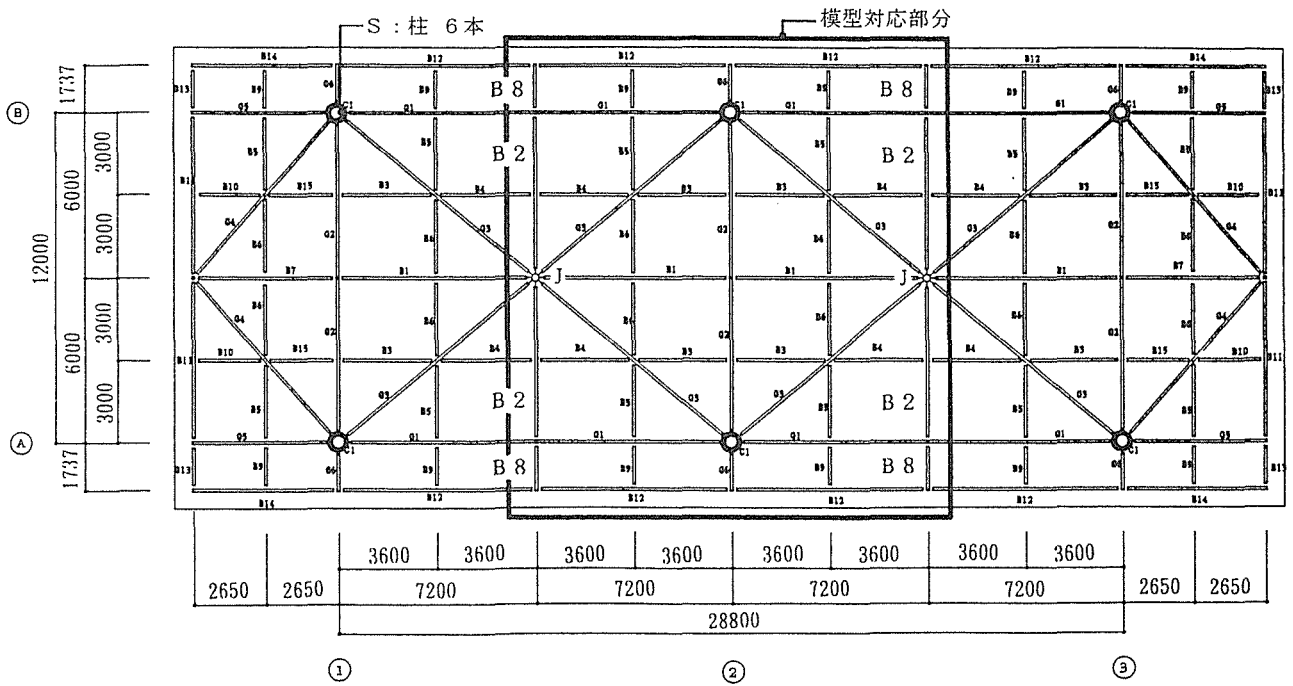
格子シェル	奈良シルクロード博 登大路会場 (奈良)	最大スパン:32 高:16	シェル材:40×70(mm)×2枚 (杉)	格子 ケリット' 辺長:0.5(m)	1988	まゆ形
	ミューンペンピック公園 オオ(ミューンペン)	スパン:100 高:19	ケリット':75×75(mm)	張弦ケーブル	1983	メイン フレーム
	海と島の博覧会 (広島)	径:40m 高:18.5	シェル材:100×100(mm)×2枚	格子	1989	メイン フレーム
三次元トラス	ロツテルダム集会場 (オランダ)	角:16.2×10.8 高:5.8	丸太:φ120~φ130 (松)	三次元トラス 四角錐辺長:2.7(m)	1988	ワイヤー 締め付け 接合
	小国町民体育館 (熊本)	角:46.0×54.6 高:15.7	角材:90×90(mm) 170×170(mm) (杉)	三次元トラス 四角錐辺長:2.1(m)	1988	ポール ジョイント
	龍神村体育館	角:26×30 高:18	角材:210×270(mm) 杉・集成材	三次元トラス 四角錐辺長:2.5(m)	1987	ポール ジョイント
トラス梁	東栄町 林業センター	角:15.4×39.4 高:8.3(m)	角材:100×150(mm) 90×90(mm) (杉) 梁せい:80~100(cm)	スパン:3.0(m)、3.6(m)	1991	張弦構造
	メニゲン コミュニティホール (西独)	建築面積: 2000㎡ 最大スパン:34(m)	角材	トラス梁 スパン:4.25(m)	1984	下弦材 三本ケーブル
	陶芸家のアトリエ (広島県)	建築面積: 422㎡ スパン:16(m) 高:5.4 (最高)	上弦材:180(mm)角×3本 立体枠:150×150(mm) (米松)	トラス梁 枠サイズ:1(m)	1992	立体ファイ バー梁
トラス梁	藤里町体育館 (秋田県)	角:25.2×39.6 高:10	上弦材:150×150(mm)×2 下弦材: // (杉間伐材) 梁せい:180cm	スパン:3.6(m)	1992	山形ラメン
	神慈秀明館 (岡山県)	角:12×48 高:10 (最高)	上弦材:120×160(mm) (集成材) 下弦材:90×180(mm)×2 (集成材) 斜材:φ120、φ160 (集成材)	トラス梁 下部スパン:11.6(m) 上部スパン:6.8(m)	1991	

A-3 木造立体トラス建築例及び建築設計提案

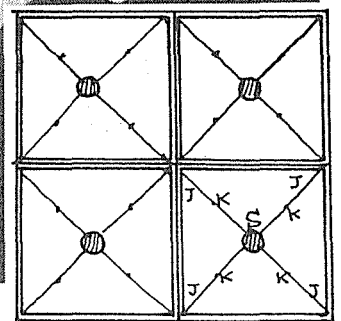
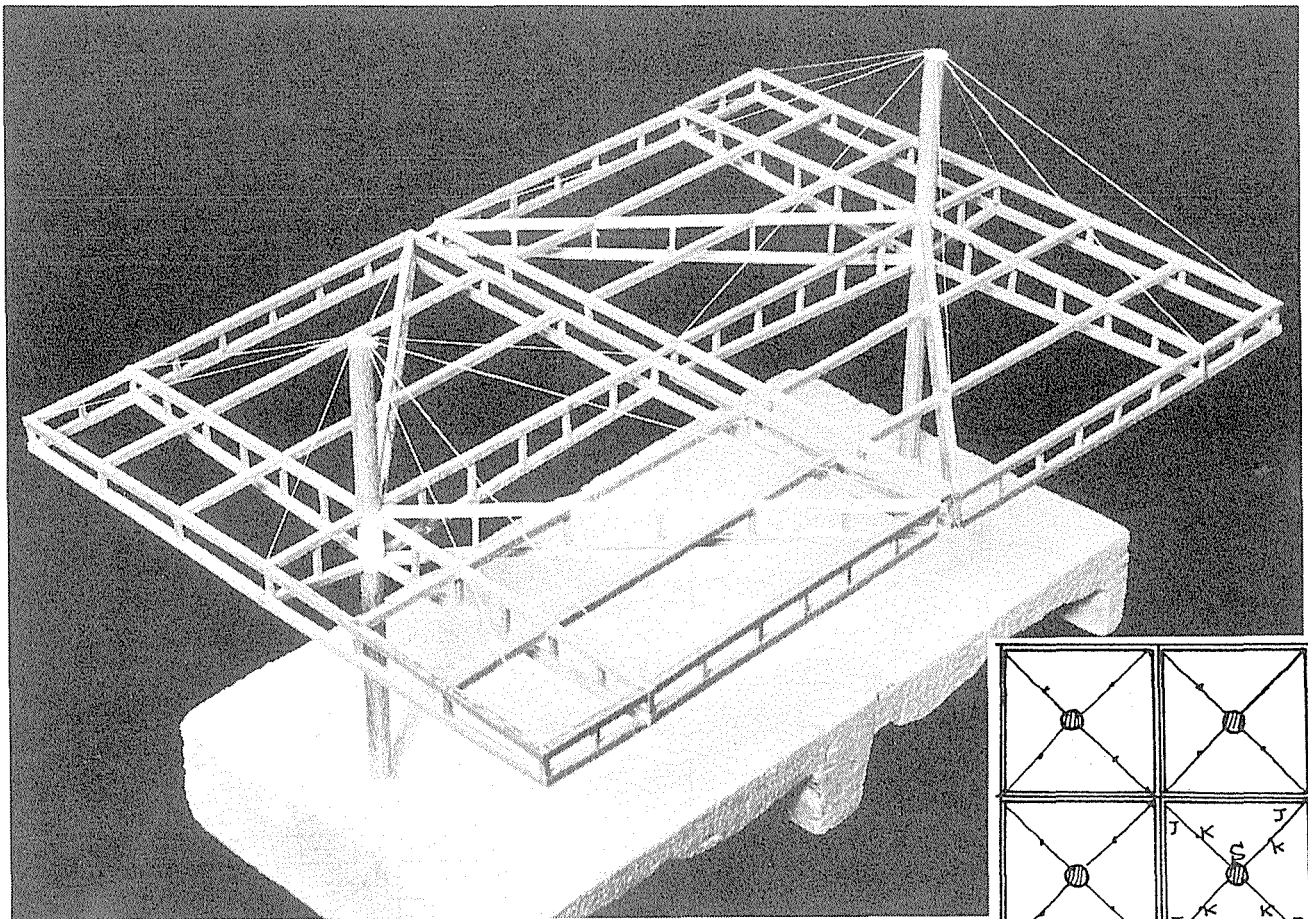
1. 建築例 (その1):

東栄町林業総合センター (1991)



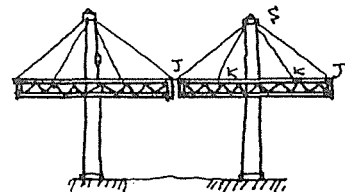


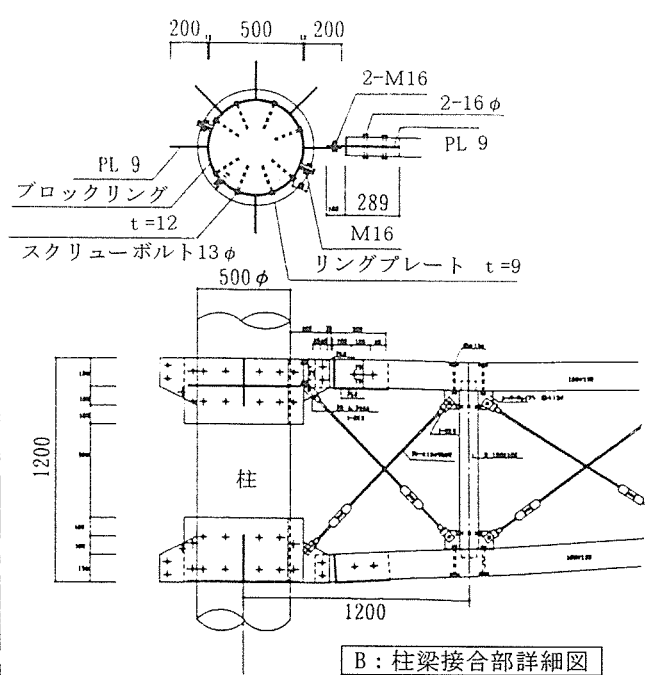
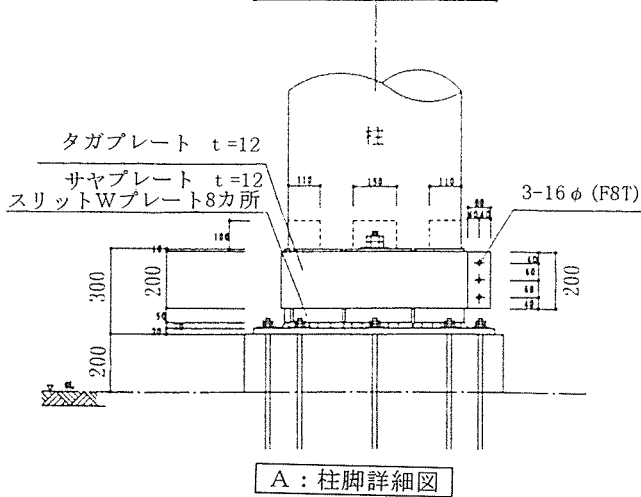
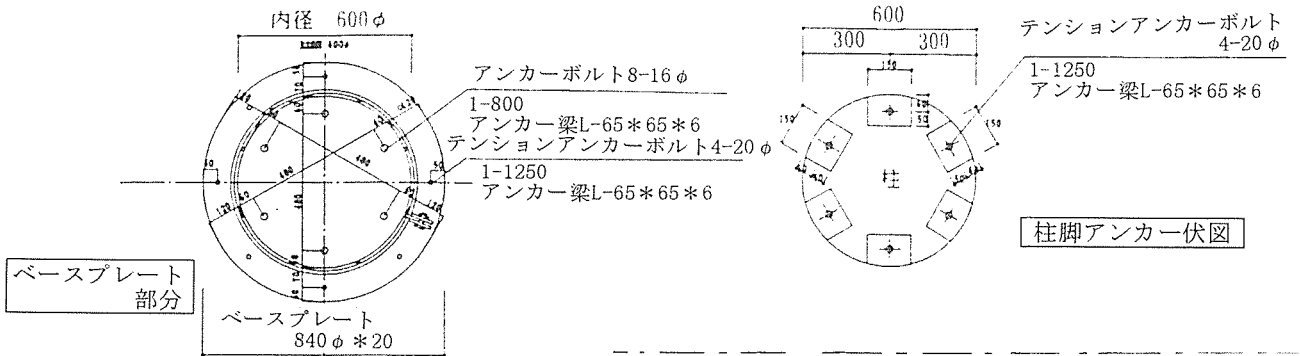
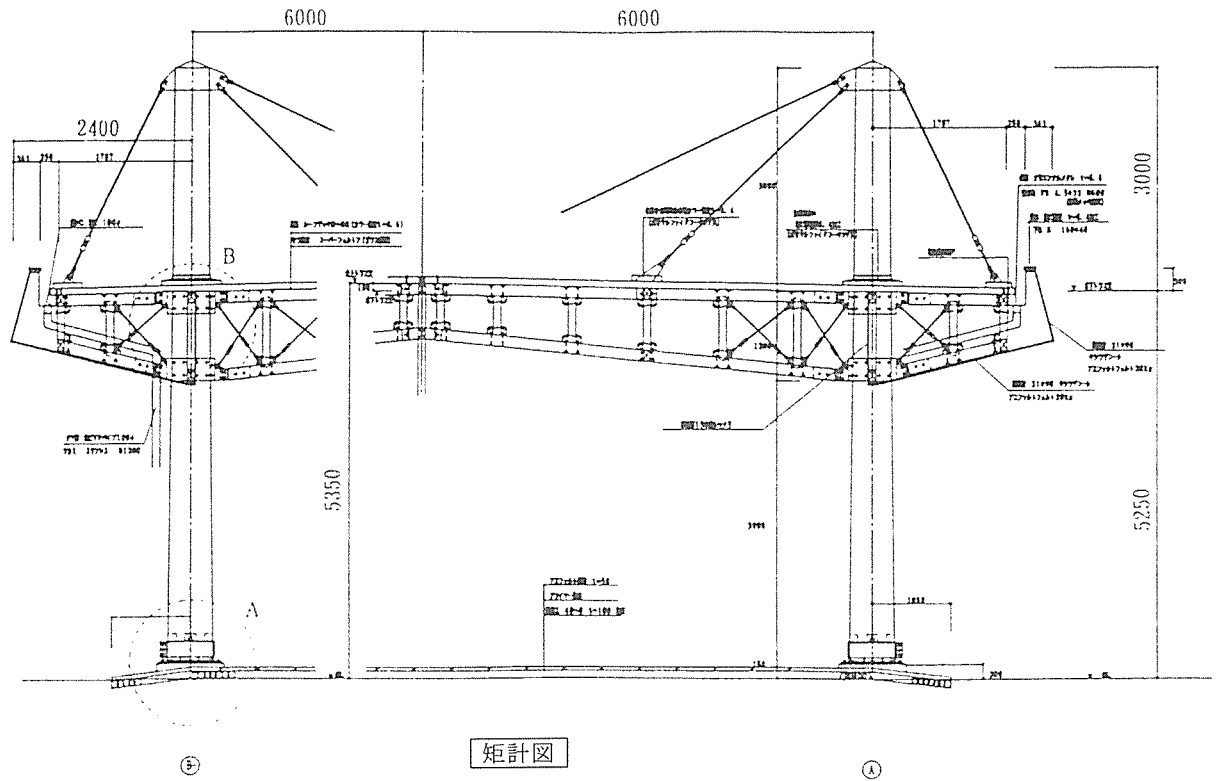
小屋伏図

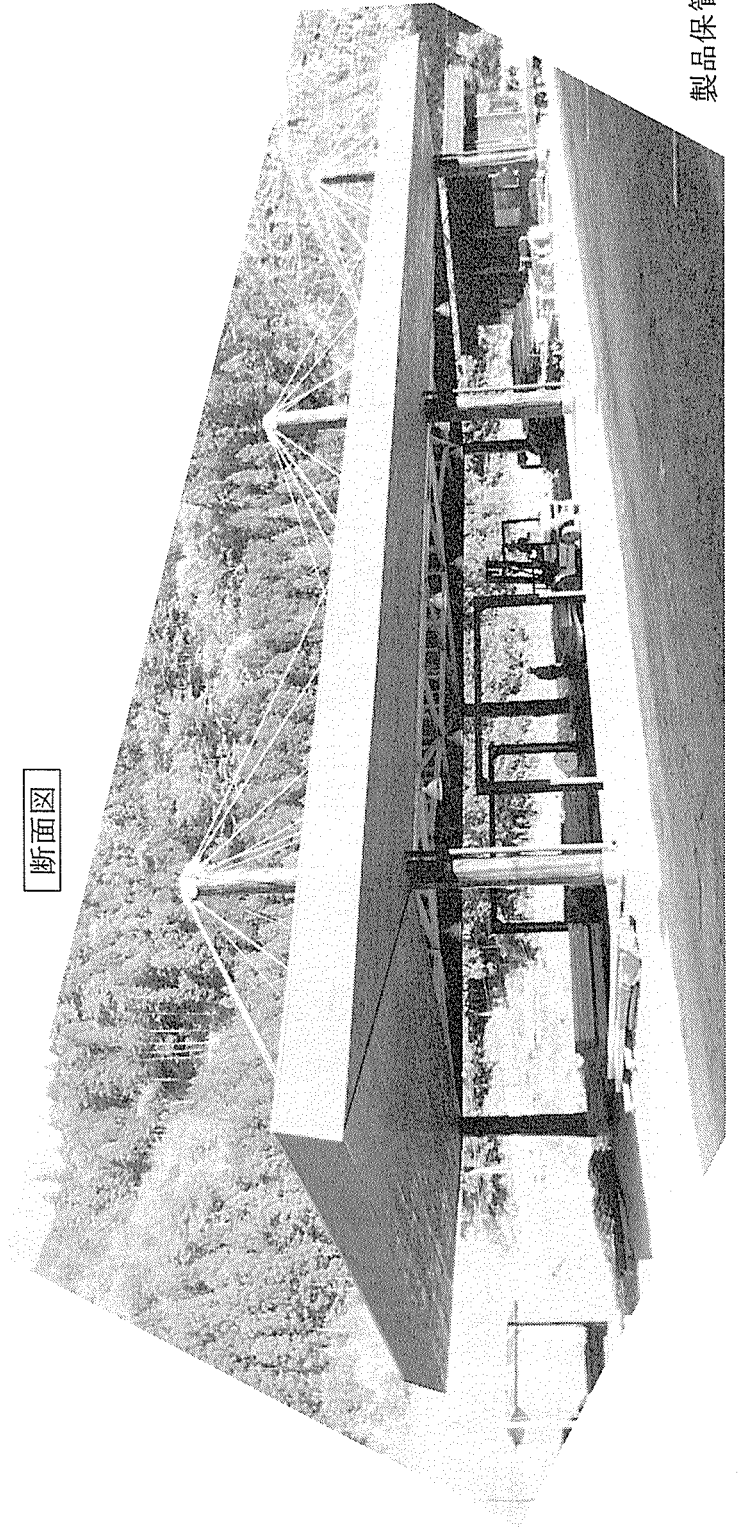


概念図

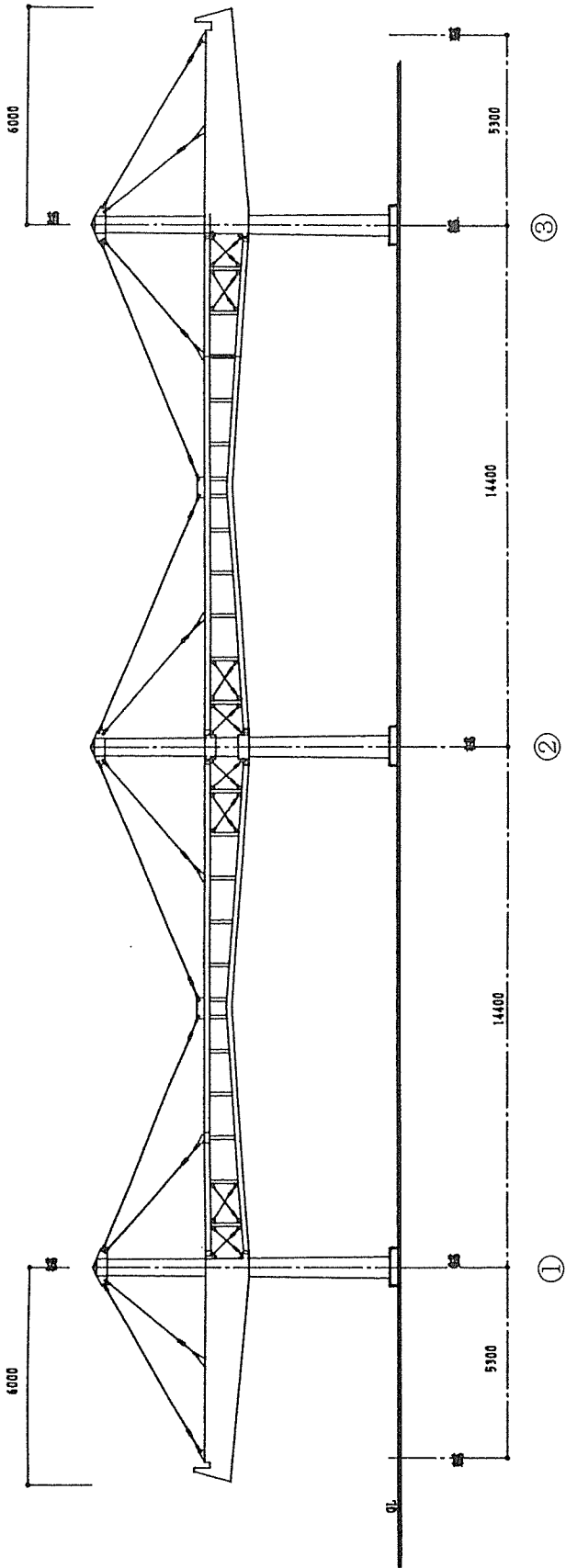
S - 柱頭
 K - 中間吊上点
 J - ジョイント



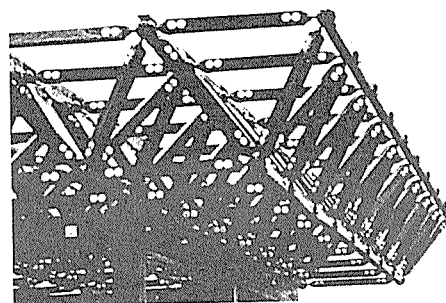
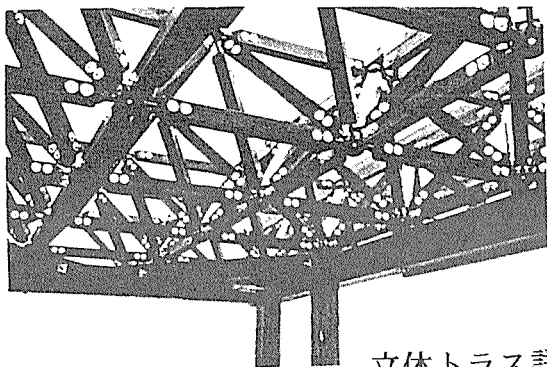
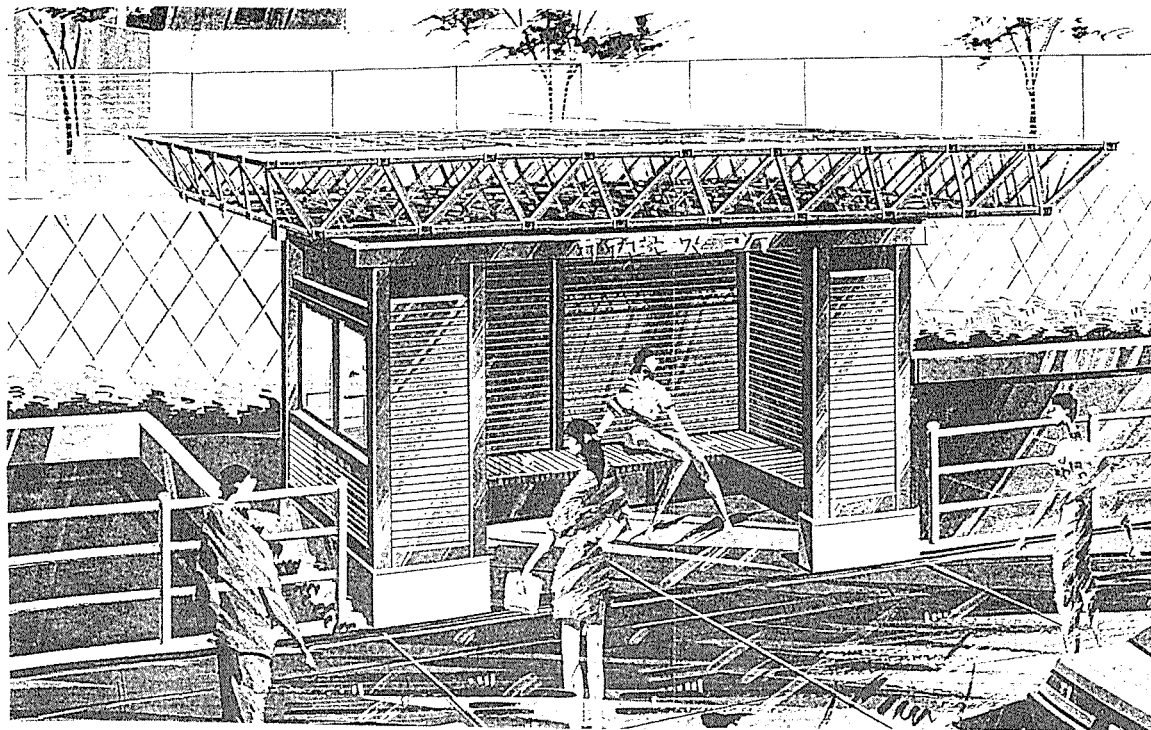




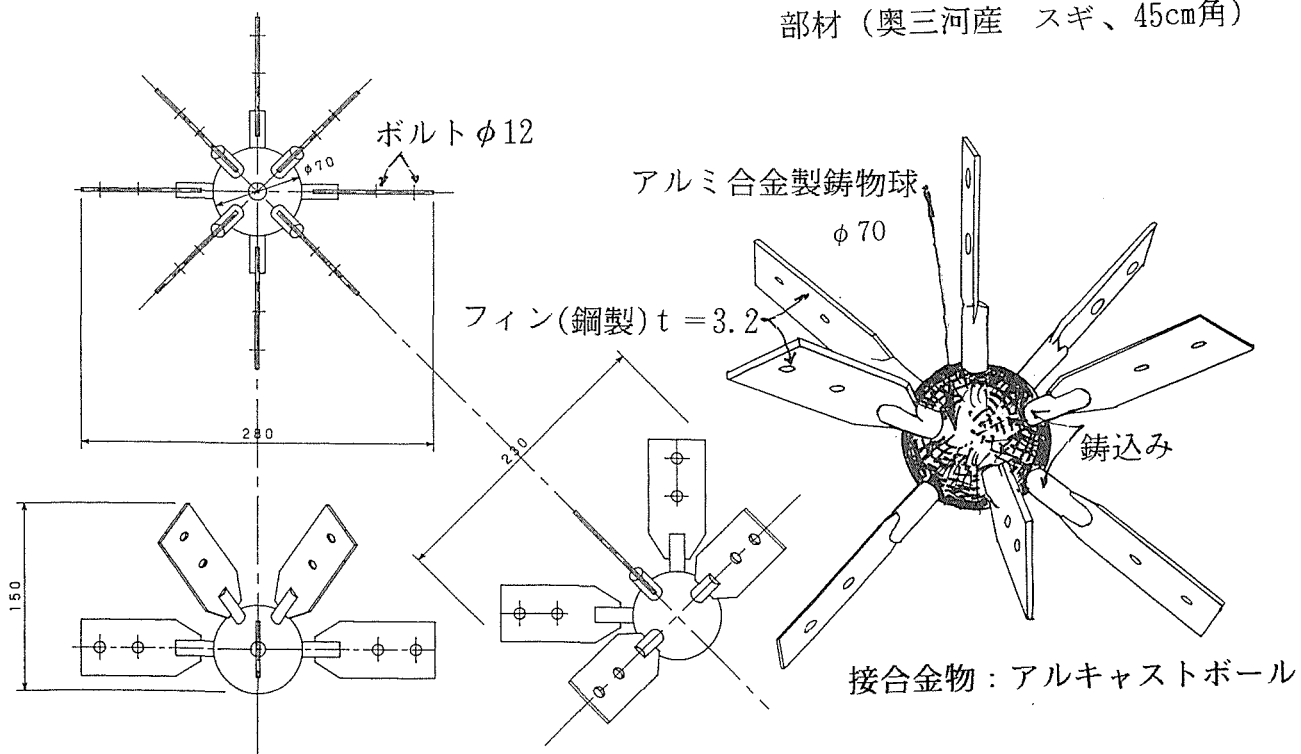
断面図



2. 建築例（その2）：豊橋鉄道・サイエンスコア前・バス停留所（1993）

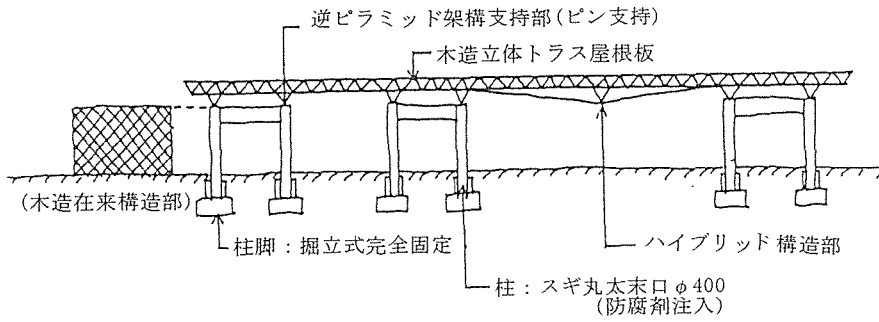


立体トラス詳細（写真） 節点間距離 $L = 60\text{cm}$
部材（奥三河産 スギ、45cm角）

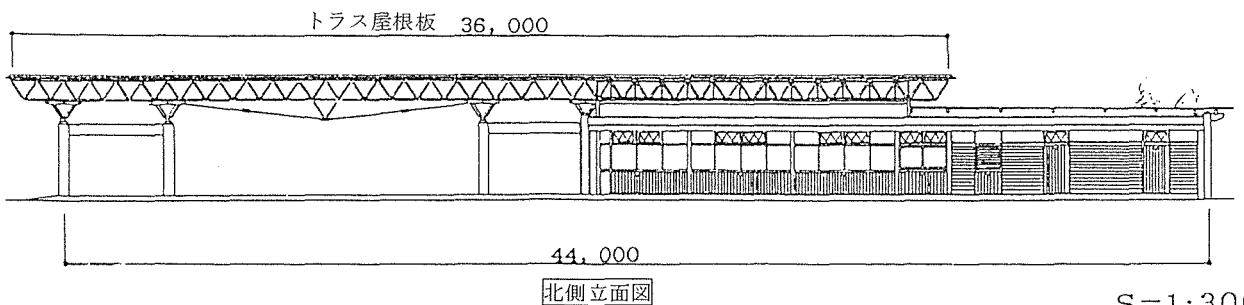
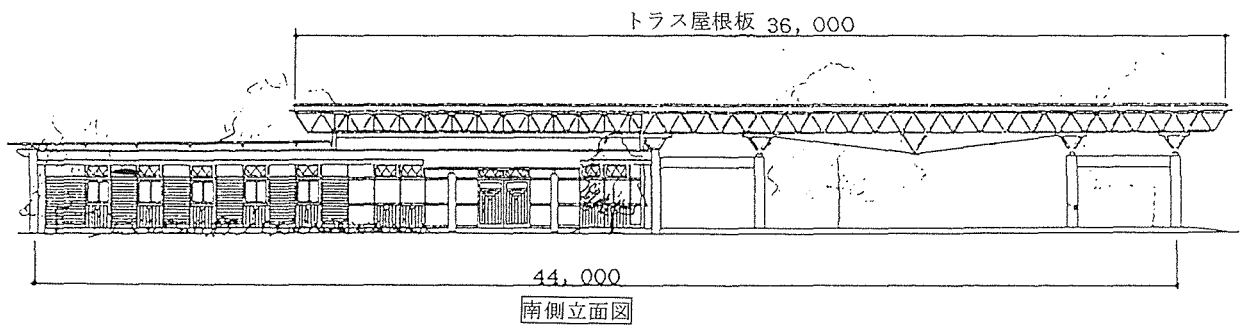
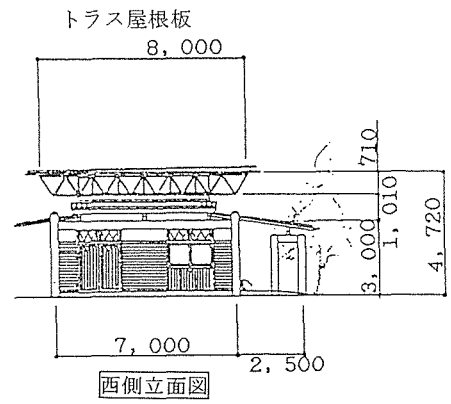
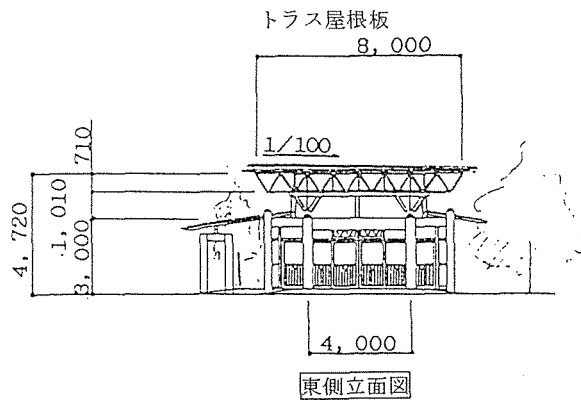


3. 建築例(その3): 公園案内所(木かげプラザ) 愛知県新城市 (1995.4)

建築構造システム概要

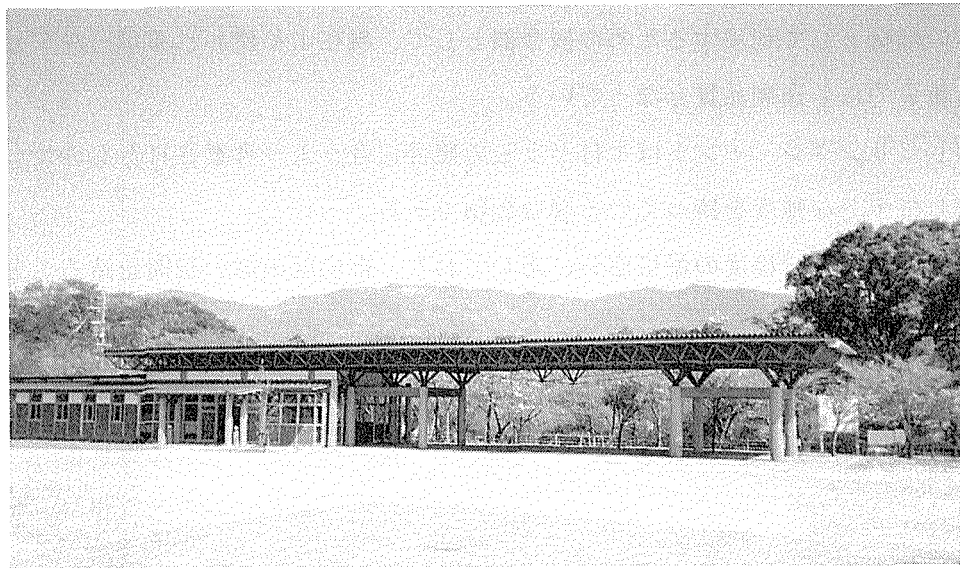
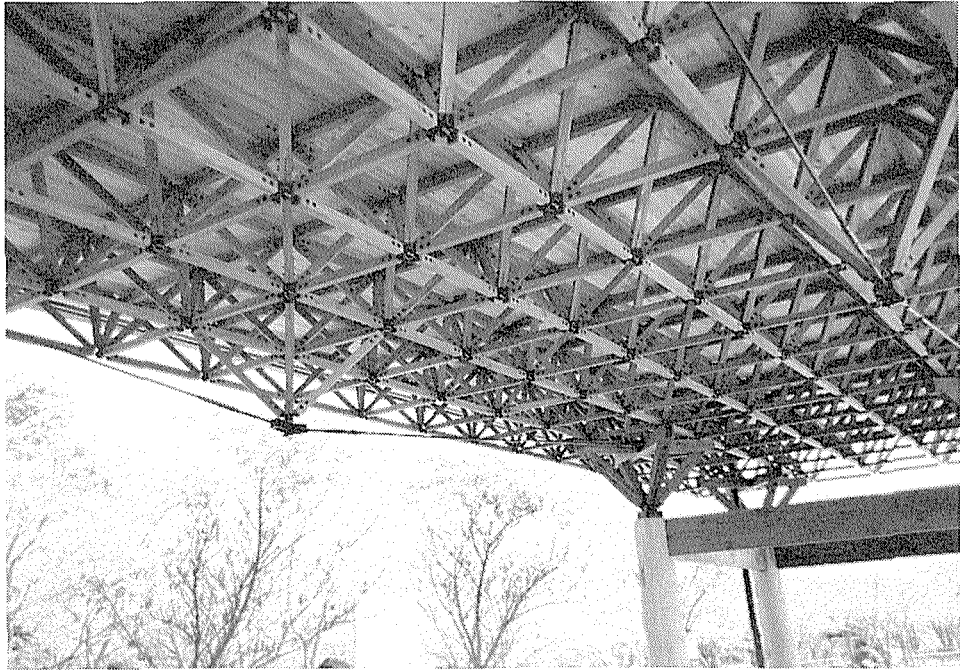


立面図



S=1:300

0 1 5 10M



設計：住工房（鈴木達雄）

ウッダー・クリエイト研究会（代表 山崎 清）

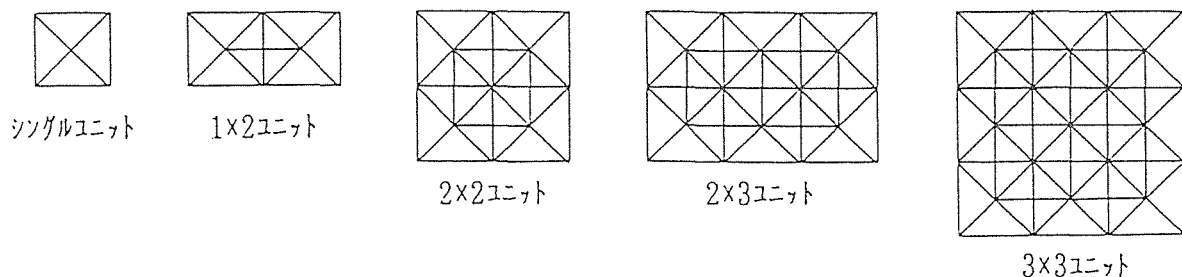
構造設計：定 方 啓

* 詳細は「木造立体トラス工の手引き」ウッダークリエイト研究会編、参照

4. 設計提案（その1）

(1) 小規模集会場（地区公民館）

一辺の長さが1820～2000程度のピラミッド型の立体トラスシングルユニットを基本に工場又は現場でユニットに組み立てる。（例えば1×2ユニット、2×2、2×3、3×3、3×4等）タテとヨコのかげ算の数のユニットをプランに合わせて組み、レッカーにより吊って施工を行う。

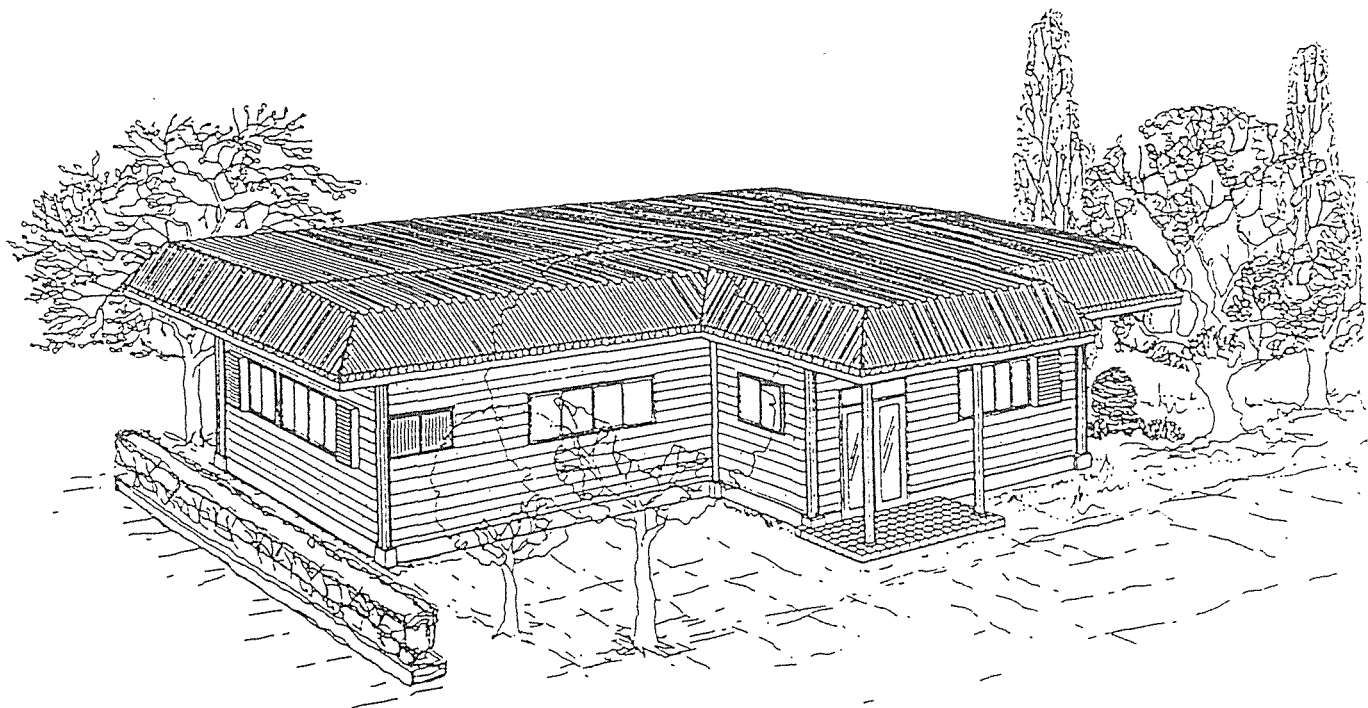


構造解析上、1820×1820のシングルユニットを5×5ユニットまでスパンを飛ばすことができる（107頁の模型写真を参照）。

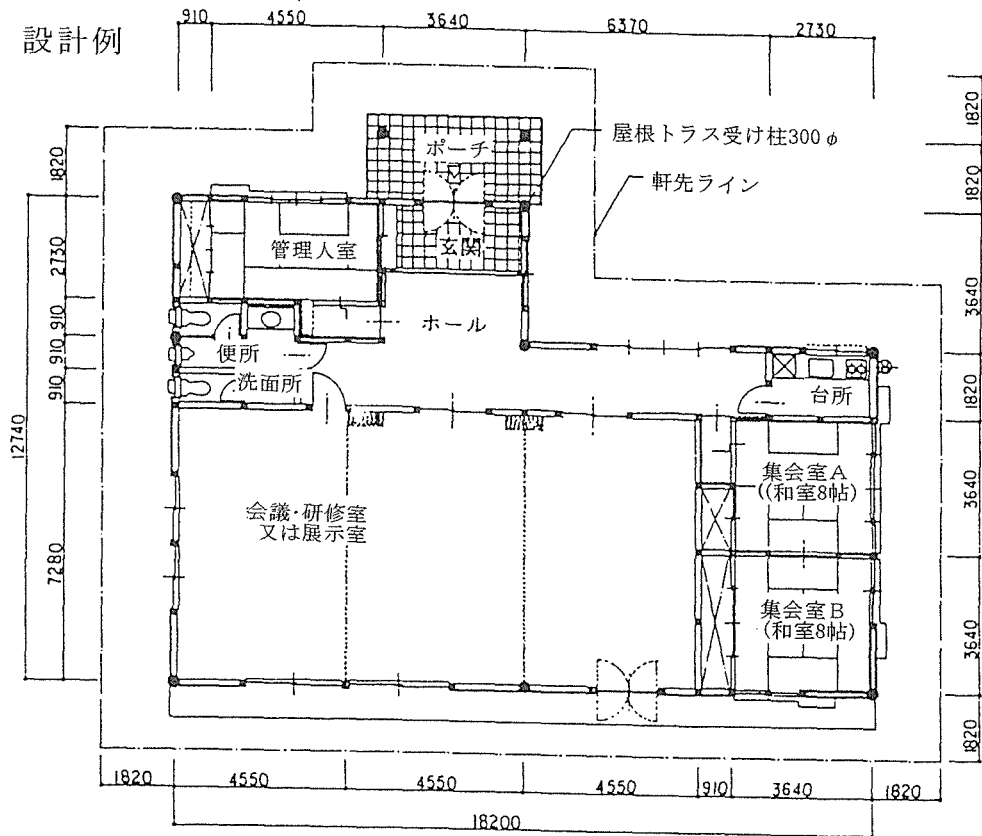
立体トラスの接合部は66頁でも説明したが、リングジョイントを採用している。小径木材を立体トラスの部材として利用するための接合部として、現在よく使われるボールジョイントは強度的にも重量的にも過剰品質となっている。

今回採用したリングジョイントは木材どうしの接合に合うよう考案されたもので、重量も軽く木材に対して十分な強度を持っている接合金物である。

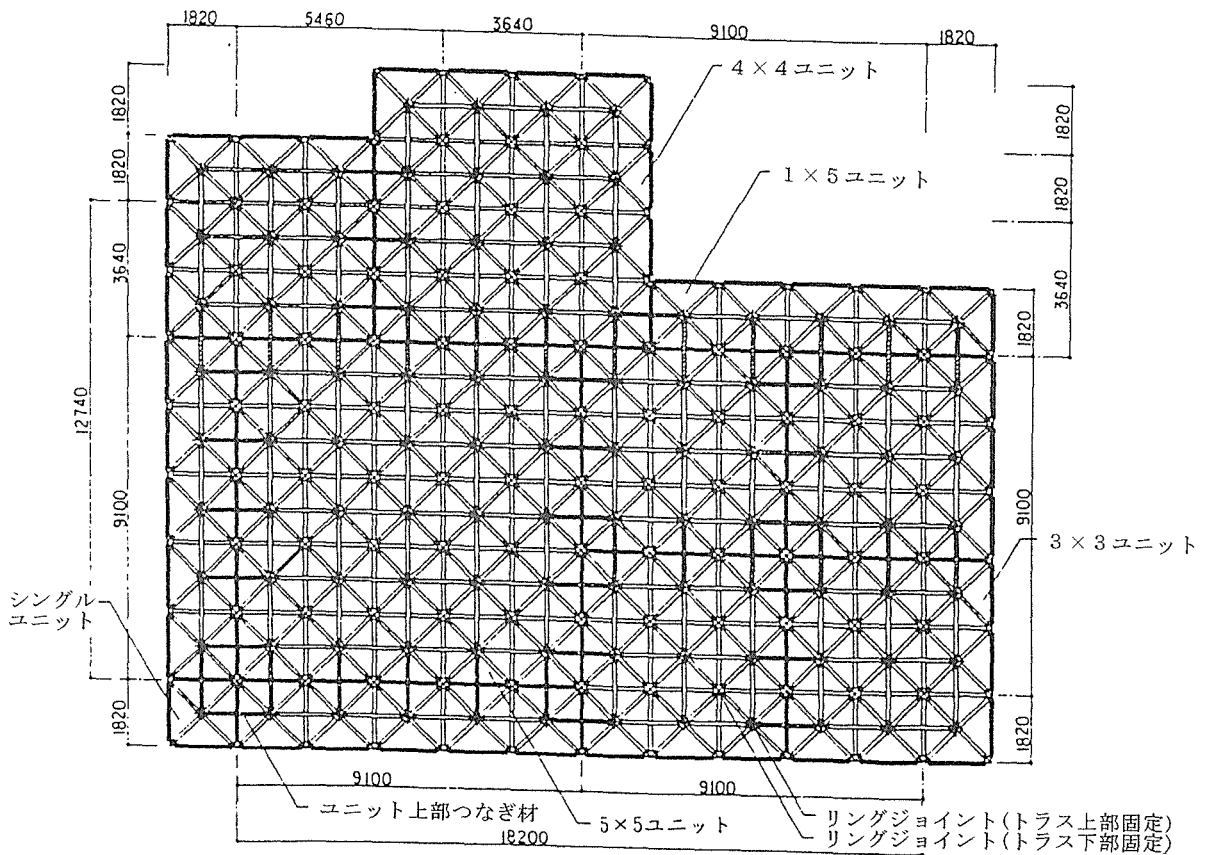
この構法は100～300㎡程度の屋根部分に適しており、自由度の高い空間を造ることができる。



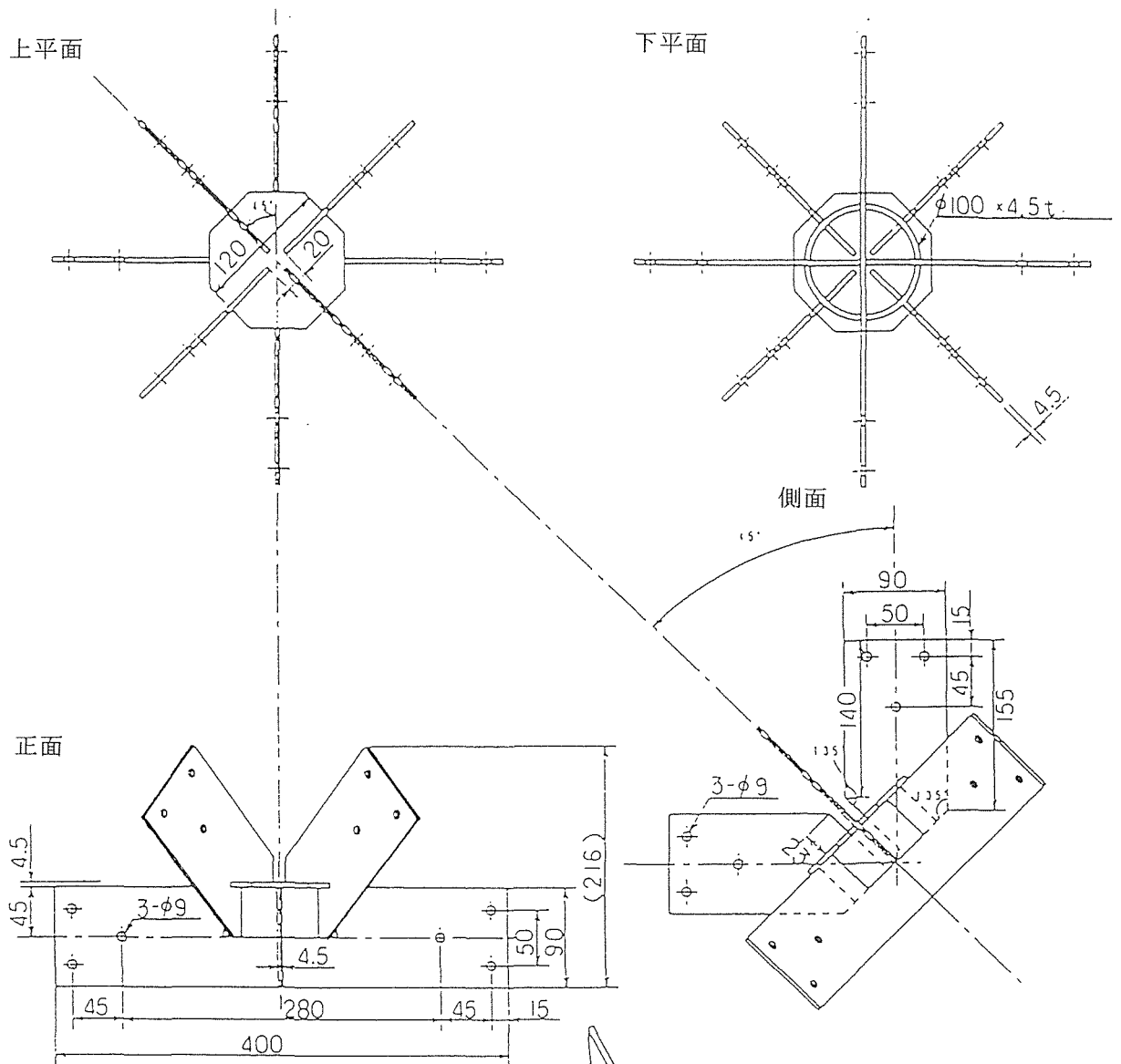
(2) 設計例



建築面積	261.78 m ²
床面積	198.74 m ²



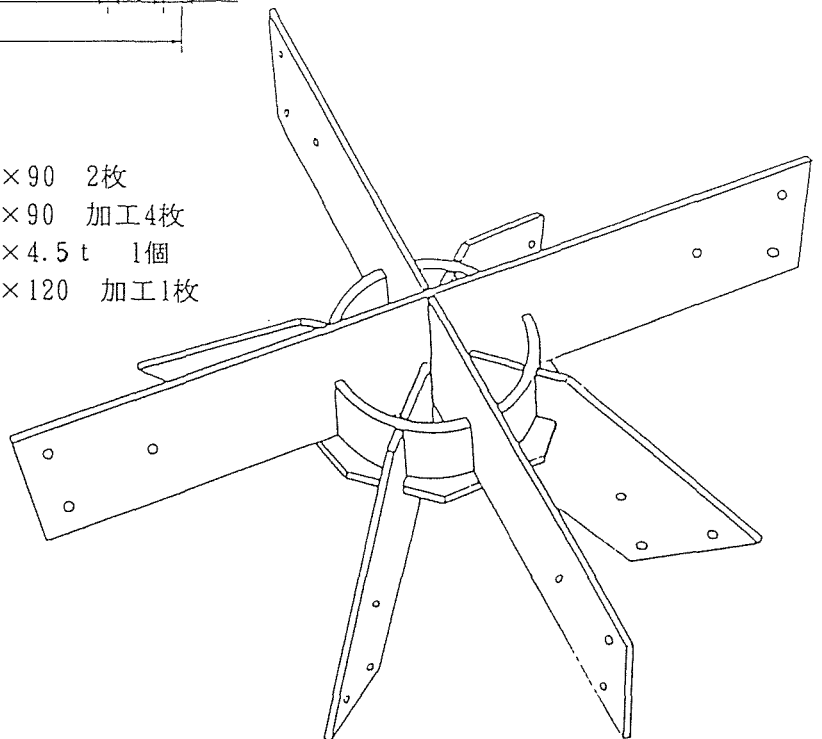
(3) リングジョイント詳細図



部品

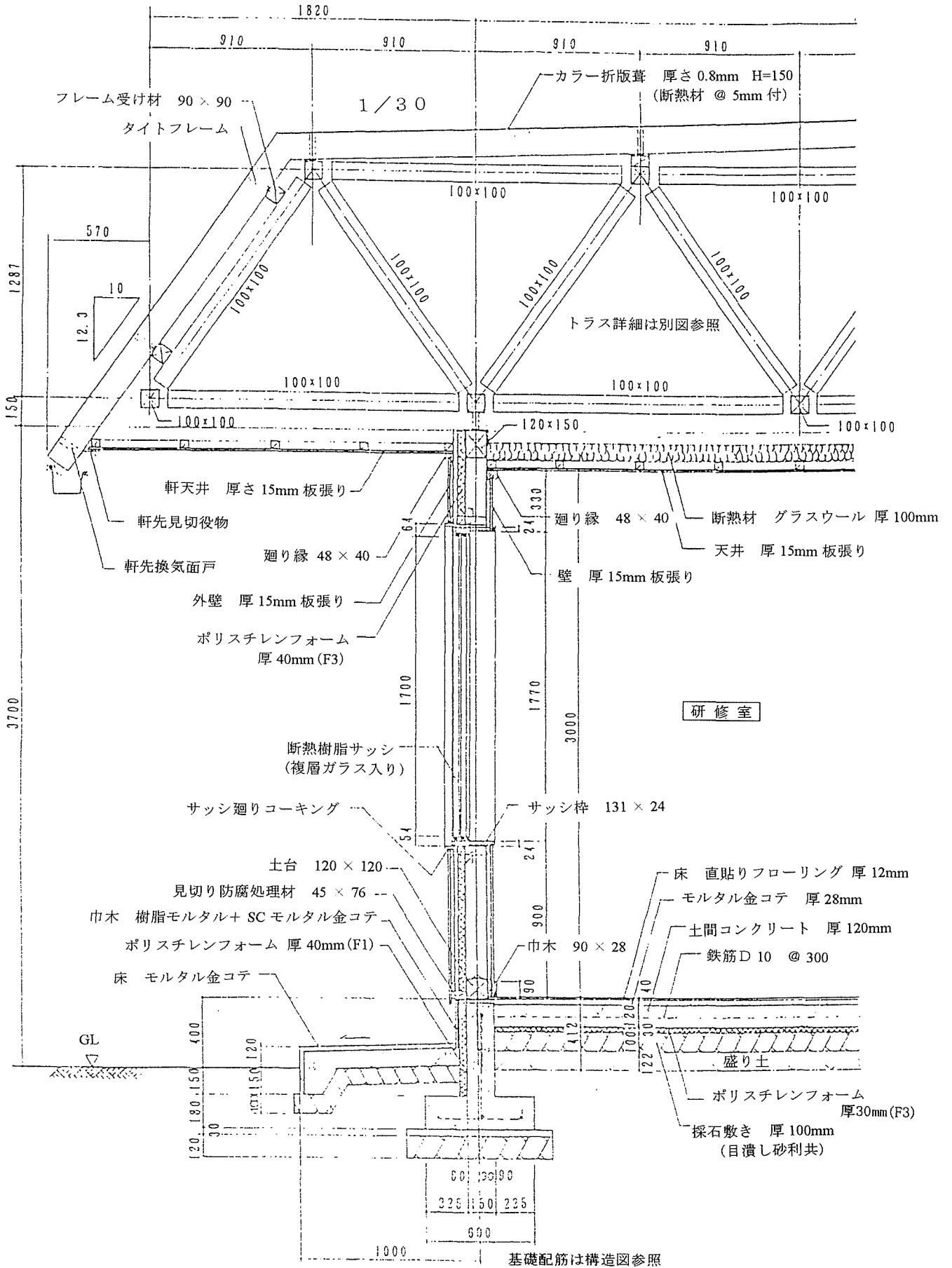
1. プレート A 4.5^m/m 400×90 2枚
2. プレート A 4.5^m/m 185×90 加工4枚
3. リング(SGP 11/2) : $\phi 100 \times 4.5 t$ 1個
4. プレート A 4.5^m/m 120×120 加工1枚
(8角形)

以上8個、4種類の
部品の組立により製
品となる接合金物

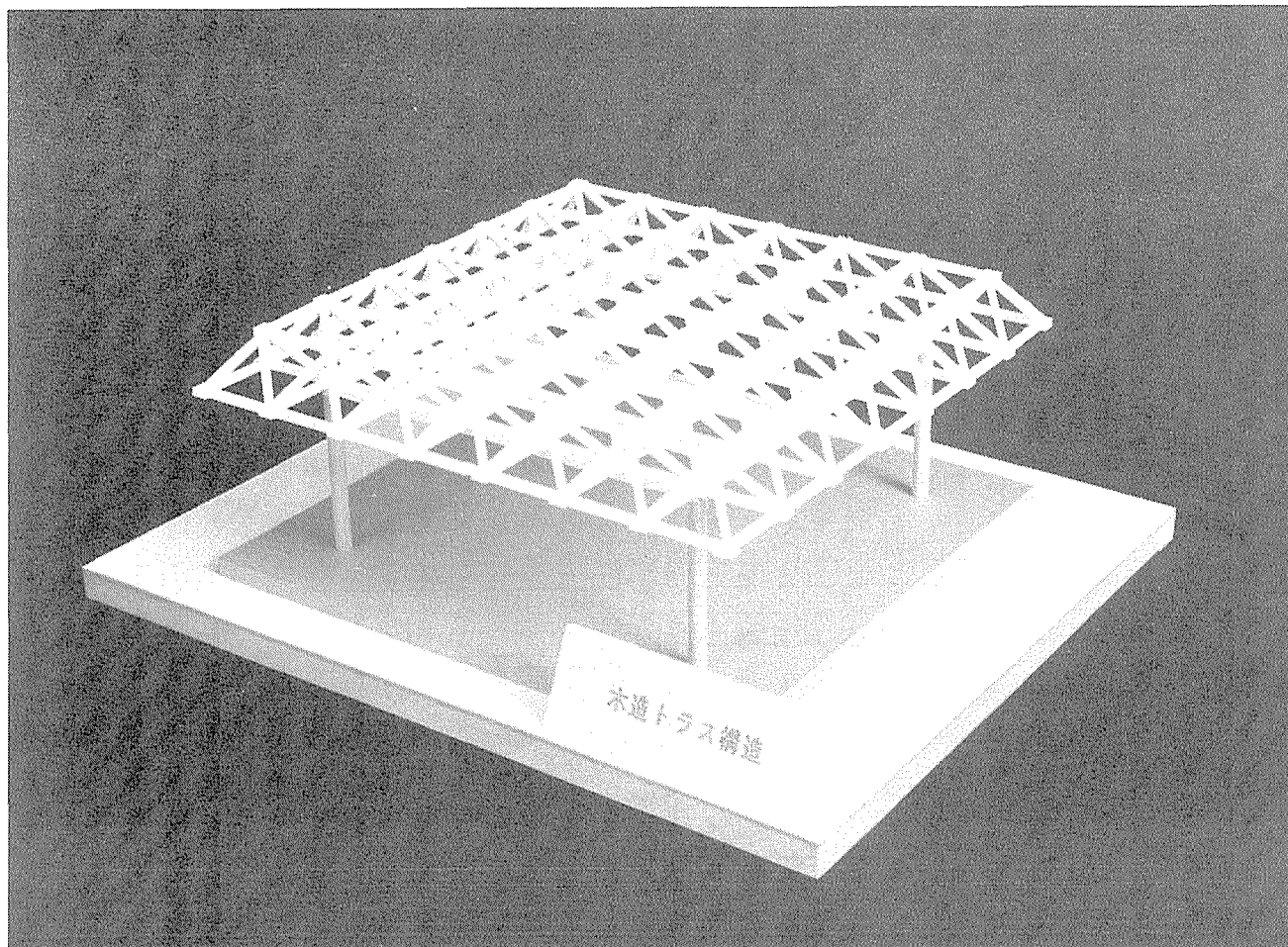


下から見たパース

(4) 矩計図

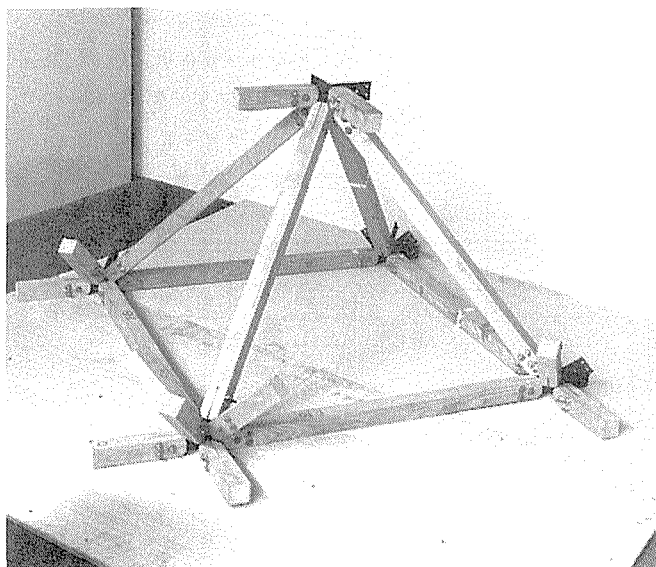


(5) 小規模トラス構造模型 (5×5ユニット)

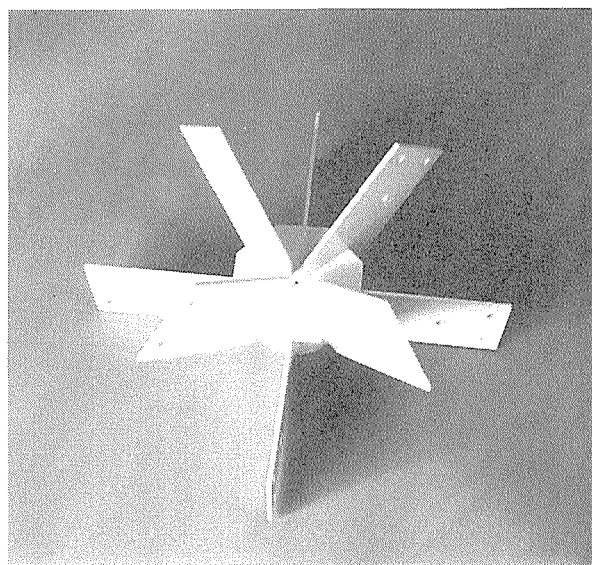


5×5ユニット

耐震性能はトラス耐震壁の手法による。風荷重の吹き上げ力は固定荷重とのバランスを考慮して設計する。



シングルユニット



接合金物 (リングジョイント)

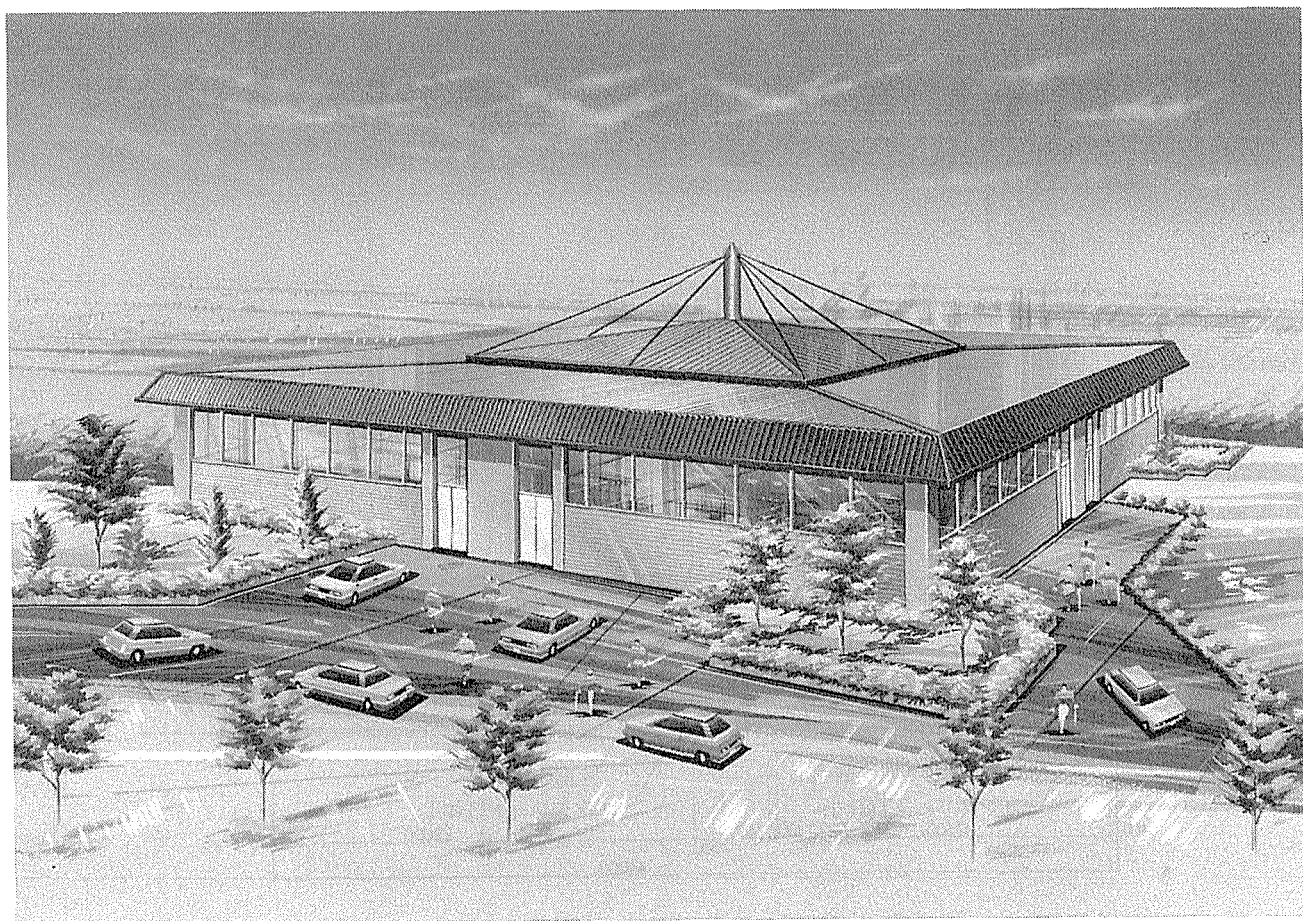
5. 設計提案（その2）：中規模屋内競技場

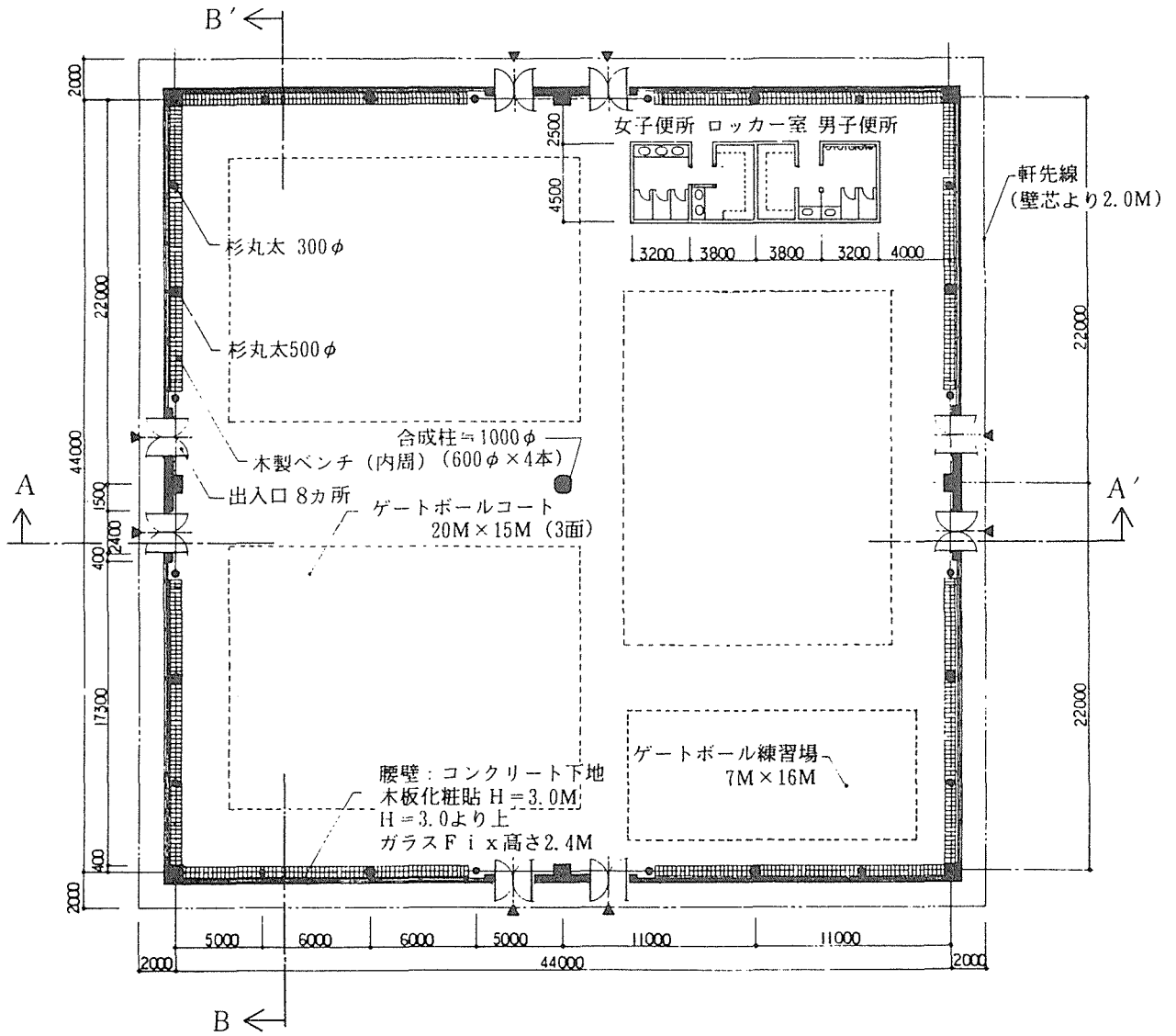
構造計画・設計

構造システムは、東栄町林業総合センターの大黒柱吊り屋根構造とピラミッド単位骨組連続版構造（立体トラス）との複合システムである。中央の22m×22mの核部分を中央のメインポール（大黒柱）から斜張橋式に吊り下げる。この核領域の周辺にはLVLの梁（長さ44m以上）が「井げた」に回してあり、梁の両端は外周の柱・連続壁にまで達している。この井げたによって、外周部分は8個の11m×11mの正方形版に区画される。この部分をピラミッド連続立体トラス版で構成している。したがって、中央に柱が立つけれども、44m×44mの大規模空間が比較的小さい断面の木材で実現可能である。

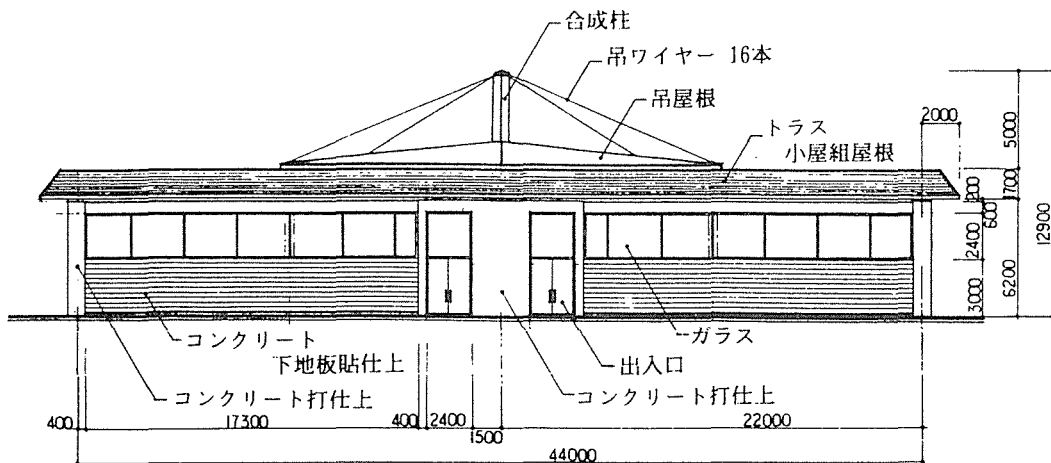
耐震・耐風設計には、外周の耐力トラス壁、RC造控え壁及び井げた交差梁の協力作用を期待している。風荷重による吹き上げは屋根の固定荷重とのバランスを考慮して設計する。

この設計例では屋内ゲートボール場（コート3面）として設計している。

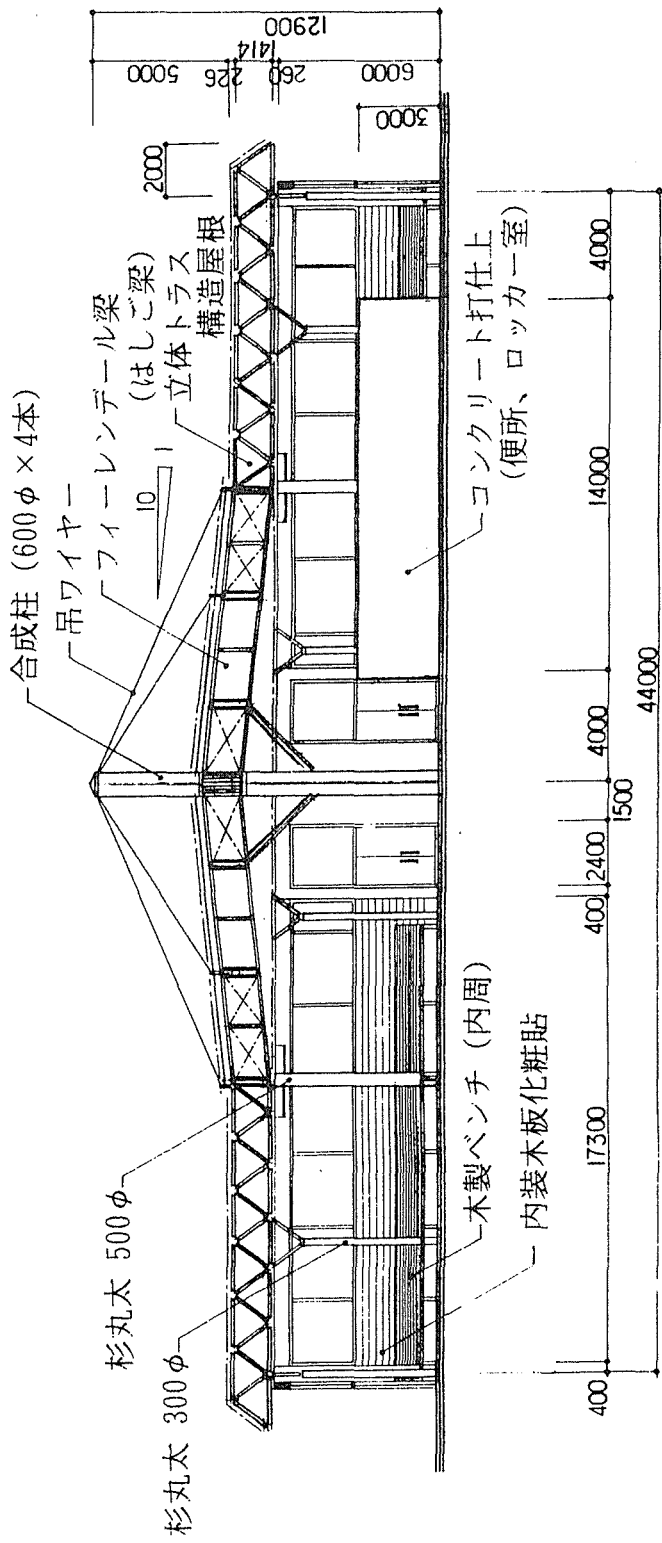




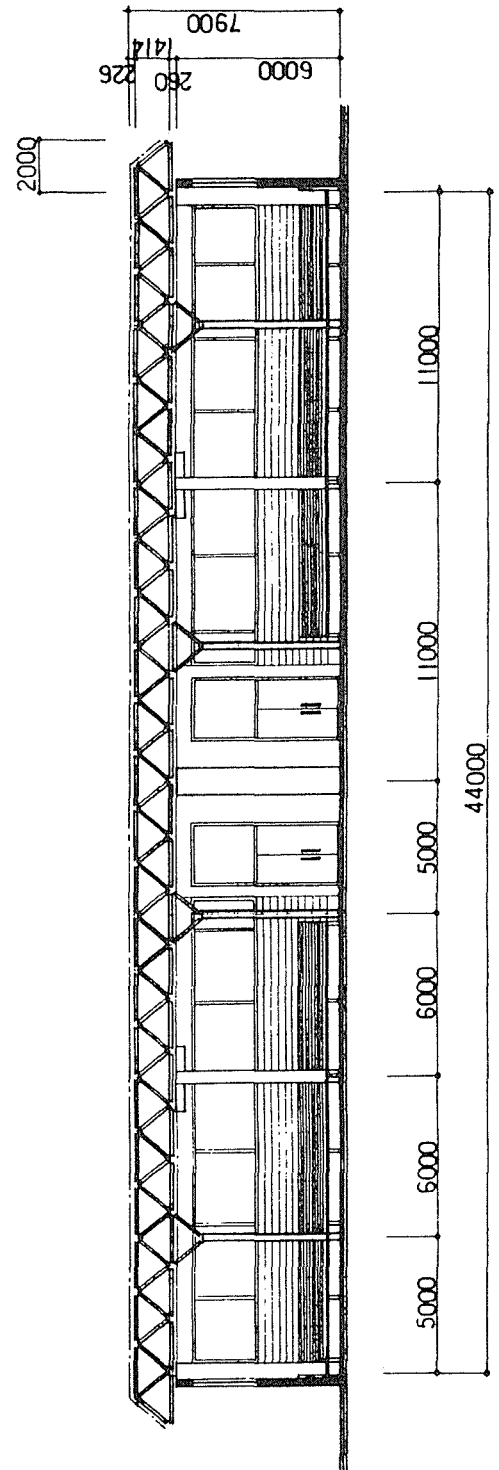
平面図 (屋内ゲートボール場)



立面図

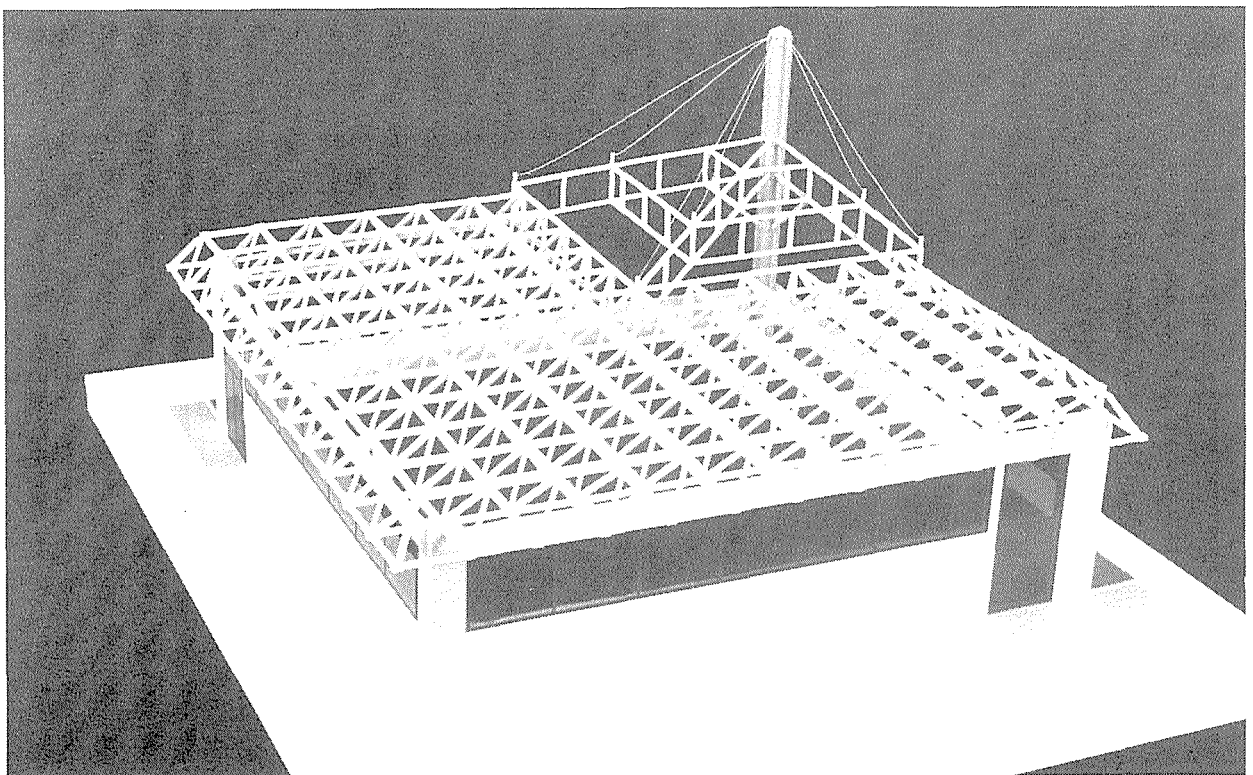
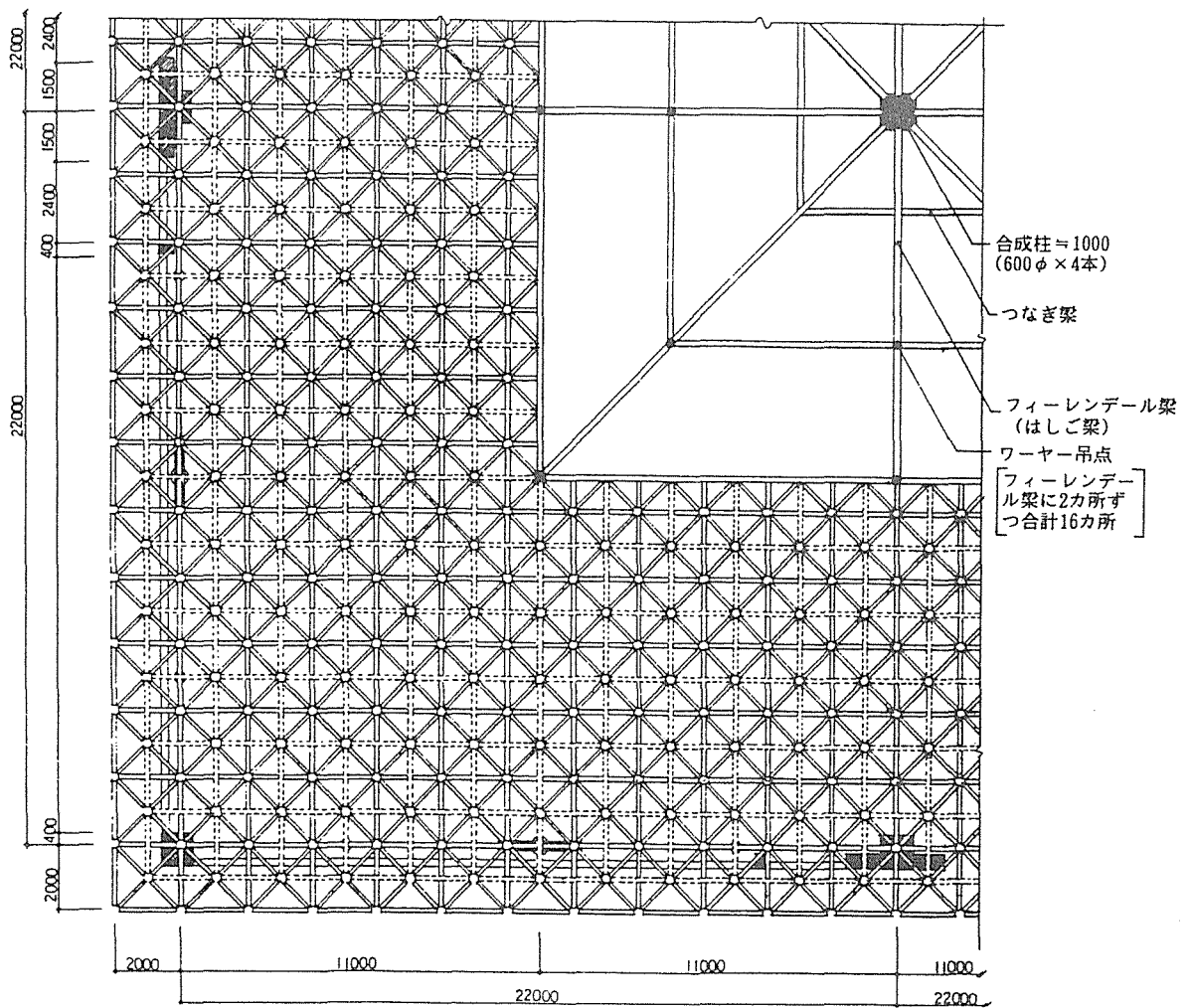


断面図 (A-A')



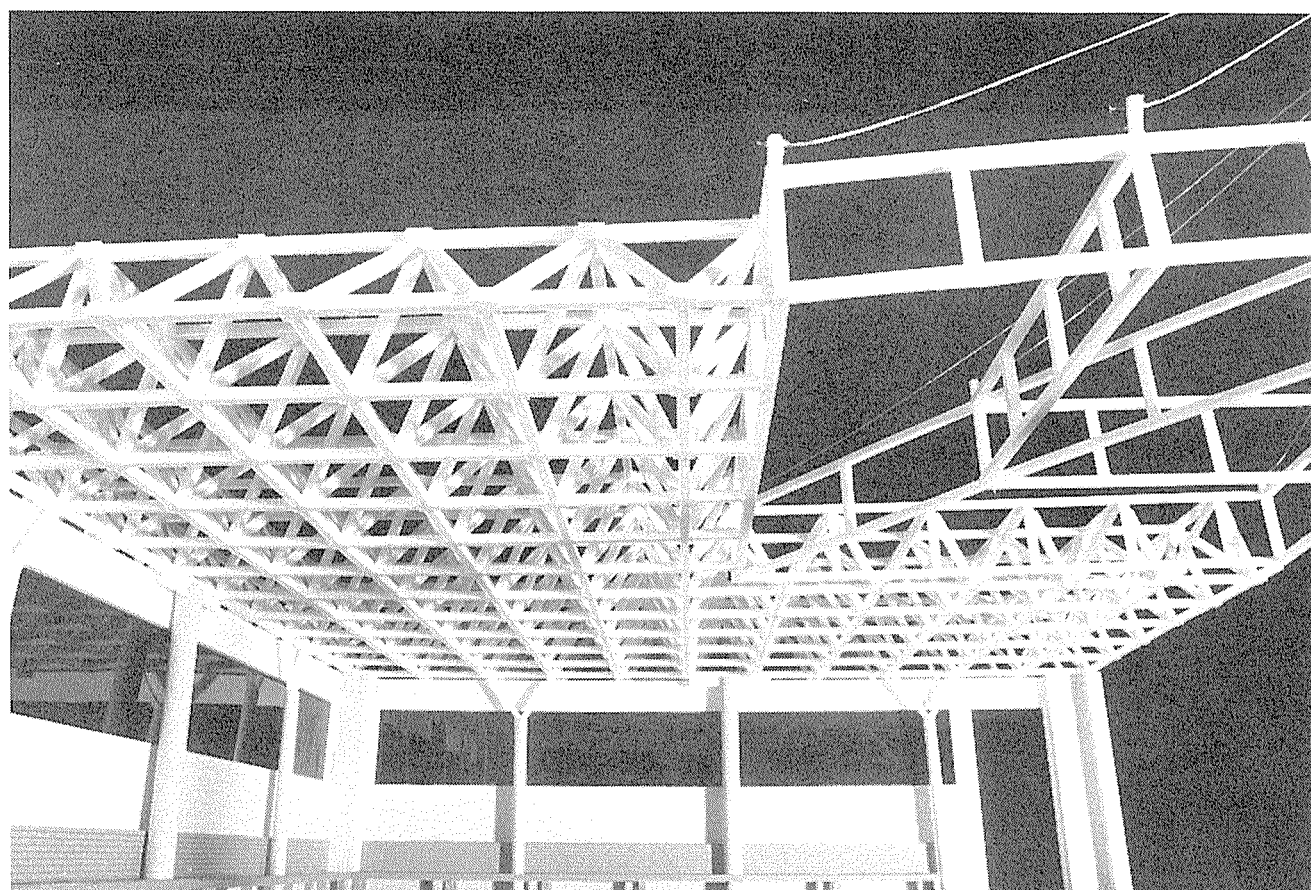
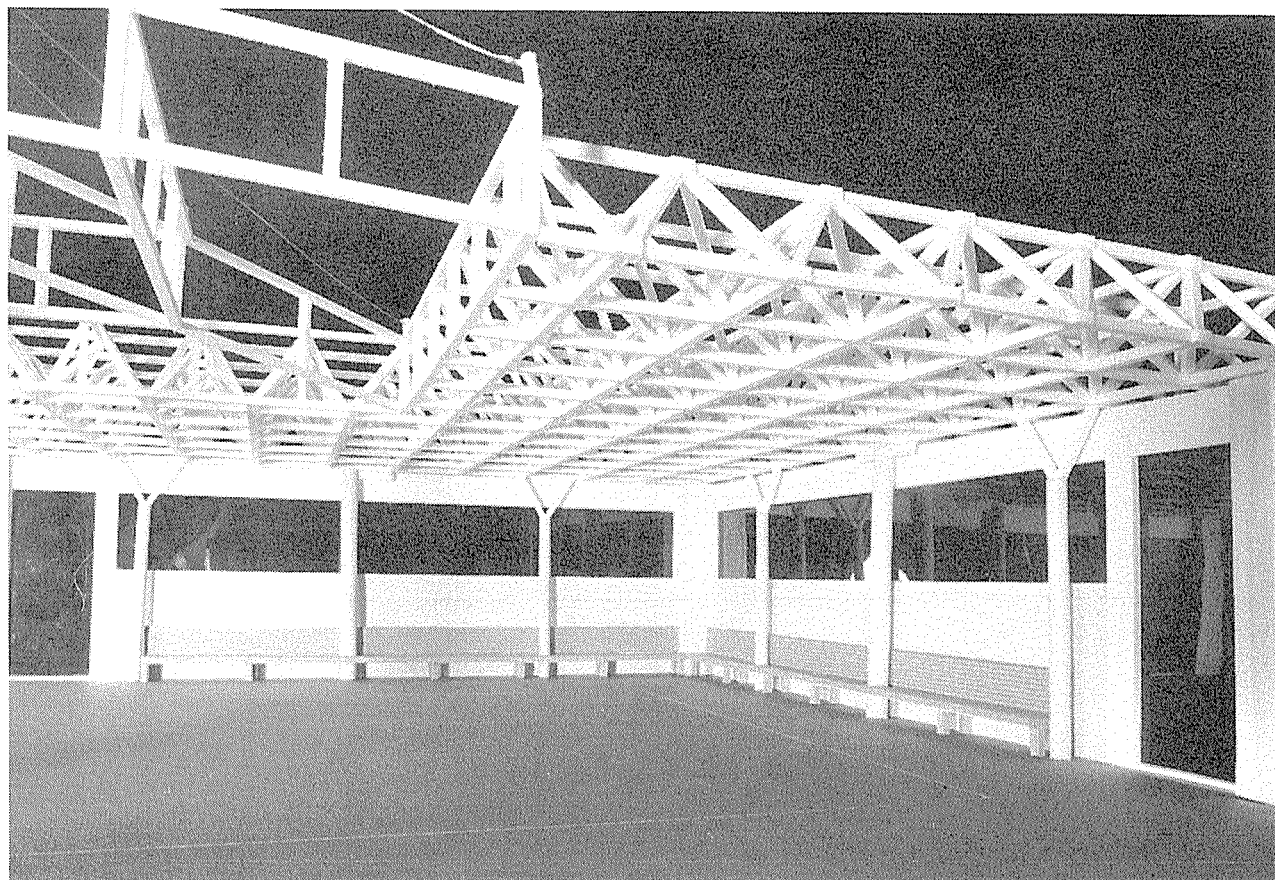
断面図 (B-B')

屋根構造伏せ図



屋根構造の模型 (全体の1/4の部分)

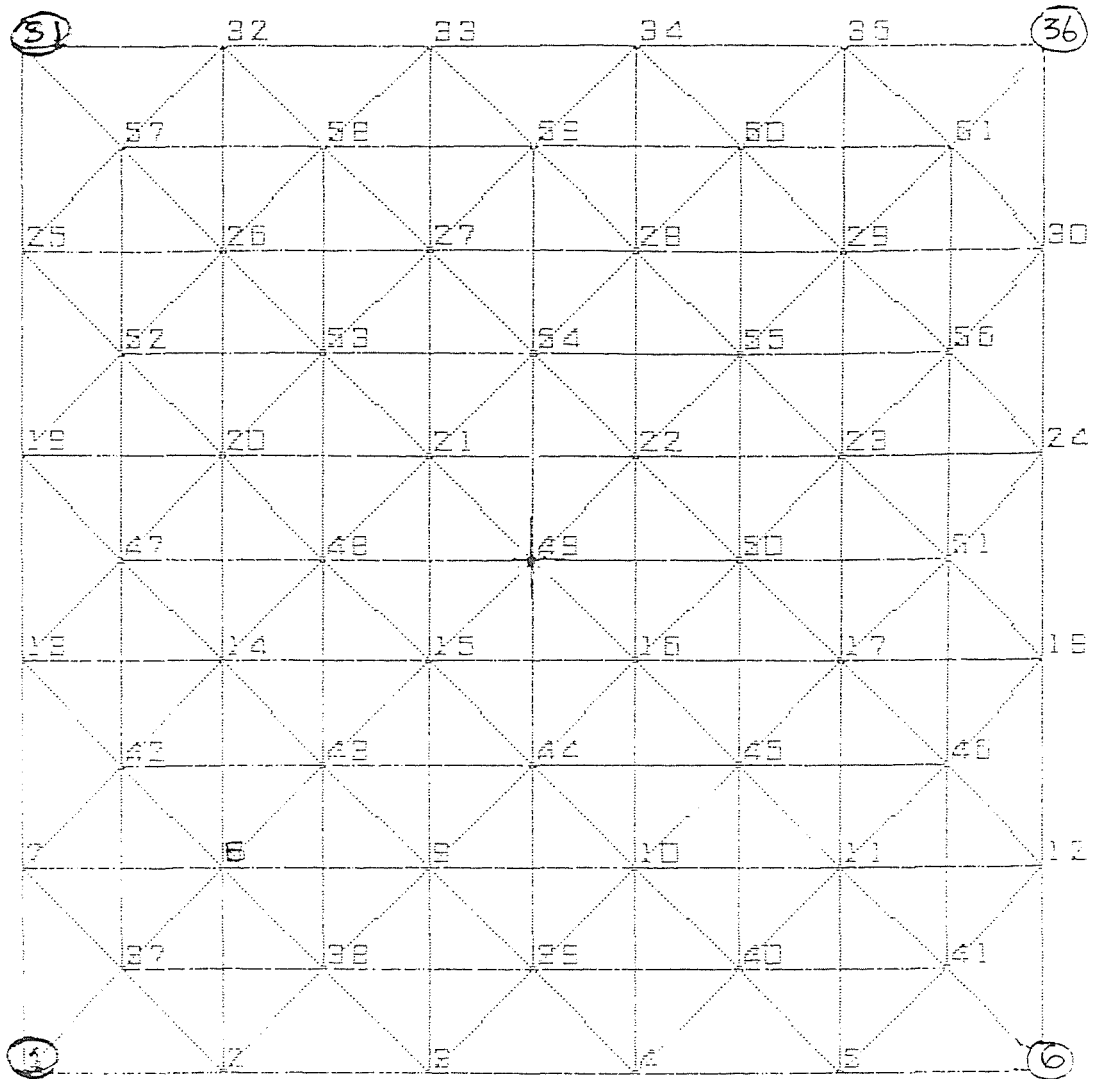
構造内部写真（模型）



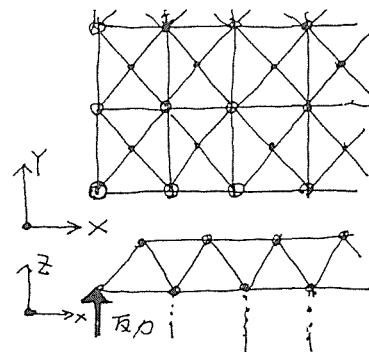
6. 立体トラス屋根の構造計算例

(ピラミット型ユニット連続トラス版構造、スギ小径材、 $\ell = 180\text{cm}$ 5×5ユニット)

6-1 隅角部4点支持

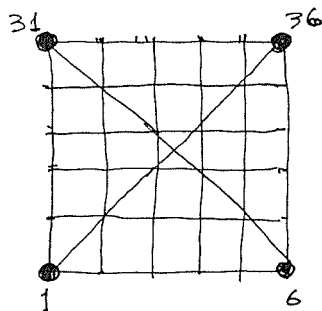


1. 数字は節点番号（節点座標）、○は支点（支持節点）を示す。
2. 力の単位は反力及び部材力（断面力）ともKilo-Newton (kN) である。
 $1\text{ kN} \approx 0.102\text{tf}$
3. 設定荷重は鉛直荷重としてZ軸方向に、節点番号37~64の25節点に、それぞれ4 kN作用している。総計100kNで等分布荷重に換算して約 123kgf/m^2 である。
4. X、Y、Zの方向は図に示す。



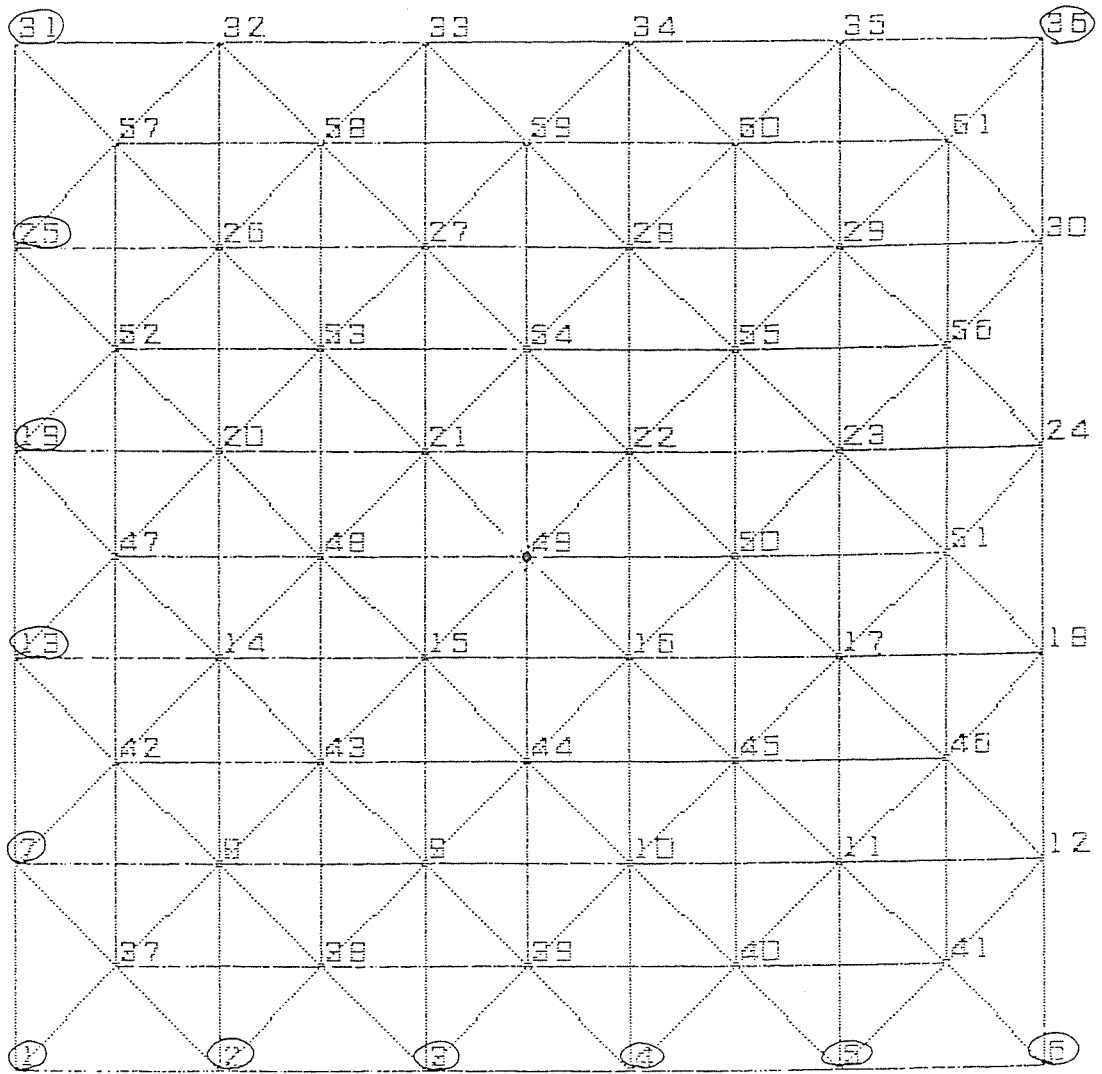
支点反力 (kN)

節点番号	P_x	P_y	P_z
1	26.41	26.41	25.00
6	26.41	-26.41	25.00
31	-26.41	26.41	25.00
36	-26.41	-26.41	25.00



部材名	軸力 kN	剪断力 kN
1-2	0	0.01
2-3	0	0
2-8	-2.06	0.01
3-4	0	0
3-9	-3.33	0.02
8-9	1.09	0
9-10	1.96	0
9-15	1.73	0.01
15-16	3.20	0
1-37	-0.11	0
2-37	-4.65	0.01
2-38	-2.82	0.01
3-38	-5.41	0.01
3-39	-4.70	0.01
8-37	3.74	0
8-38	-0.62	0.01
8-43	-2.54	0
9-38	3.17	0
9-39	1.86	0.01
9-43	-2.32	0.01
9-44	-2.75	0
15-43	1.54	0
15-44	-0.08	0.01
15-49	-1.42	0
37-38	-1.96	0.02
38-39	-2.58	0
38-43	-5.38	0.01
39-44	-6.56	0.01
43-44	-7.42	0
44-49	-9.23	0
	正は引張 負は圧縮	値は全て絶 対値、断面 のX、Y軸に 対して、値 が大きい方 を記した。

6-2 直交2边支持+隅角1点支持



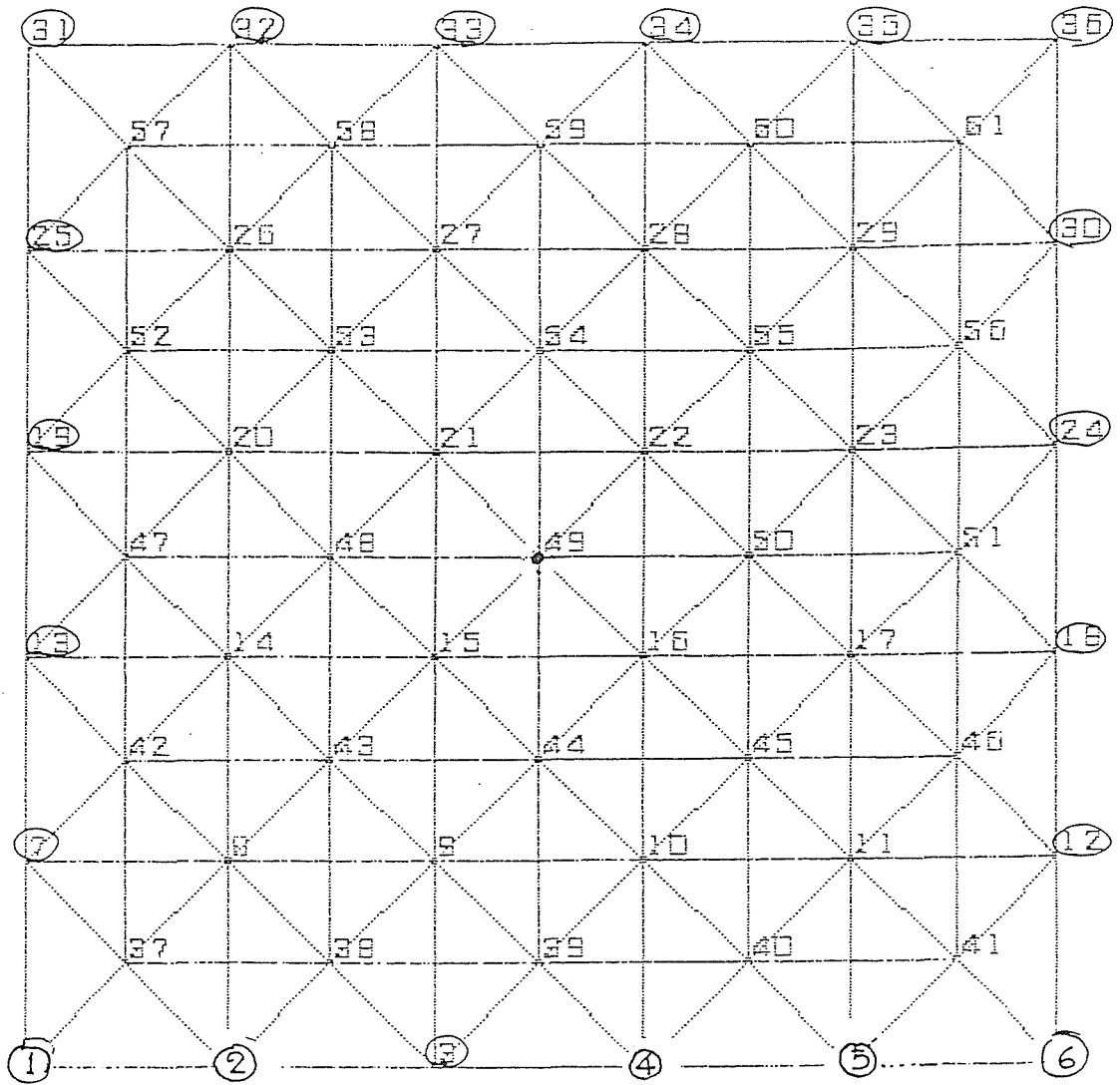
支点反力 (kN)

節点番号	P_x	P_y	P_z
1	-1.30	-1.30	-1.87
2	4.98	-3.64	4.70
3	7.67	-2.93	6.68
4	10.02	-2.01	8.48
5	12.94	-1.29	10.86
6	9.30	-5.51	7.82
7	-3.64	4.98	4.70
13	-2.93	7.67	6.68
19	-2.01	10.02	8.48
25	-1.29	12.94	10.86
31	-5.51	9.30	7.82
36	-28.25	-28.25	24.79

部材名	軸力 kN	剪断力 kN
1-37	2.6	0
2-37	-6.95	0.01
2-38	0.33	0.01
3-38	-7.64	0.01
3-39	-1.78	0.01
4-39	-7.99	0.01
4-40	-3.97	0.01
5-40	-8.95	0.01
5-41	-6.38	0.02
6-41	-11.02	0.02
8-37	5.65	0.01
8-38	-3.29	0.01
8-43	0.9	0.01
9-38	4.92	0
9-39	-0.49	0.01
9-43	-4.61	0.01
9-44	0.15	0.01
10-39	4.58	0
10-40	2.04	0.01
10-44	-5.16	0.01
10-45	-1.49	0.01
11-40	5.18	0
11-41	3.87	0.01
11-45	-5.68	0.01
11-46	-3.43	0.02
12-41	7.80	0
12-46	-7.84	0.02
15-43	2.68	0
15-44	-1.78	0.01
15-49	0.86	0
16-44	1.14	0
16-45	0.73	0.01
16-49	-2.23	0.01
16-50	0.33	0
17-45	0.78	0.01
17-46	2.59	0.01

部材名	軸力 kN	剪断力 kN
17-50	-2.07	0.01
17-51	-1.34	0.01
18-46	3.01	0.01
18-51	-3.06	0.02
22-49	2.05	0.01
22-50	0.39	0
22-55	1.24	0
23-50	-4.31	0.02
23-51	2.50	0.01
23-55	1.53	0.01
23-56	0.24	0.02
24-51	3.79	0.02
24-56	3.72	0.01
29-55	-9.96	0.03
29-56	4.49	0.01
29-61	0.93	0.04
30-56	-14.14	0.03
30-61	14.05	0
36-61	-34.88	0.03
37-38	-1.58	0.04
38-39	-1.76	0.02
38-43	-4.46	0.04
39-40	-1.23	0.01
39-44	-6.93	0.03
40-41	-0.34	0.01
40-45	-10.08	0.02
41-46	-14.55	0.03
43-44	-5.33	0.03
44-45	-4.12	-0.01
44-49	-9.11	0.01
45-46	-2.02	0
45-50	-14.42	0
46-51	-23.00	0.01
49-50	-7.63	0
50-51	-4.04	0.02
50-55	-13.31	0.02
51-56	-24.59	0.02
55-56	-7.64	0.06
56-61	-17.83	0.07

6-3 周边18点支持



支点反力 (kN)

節点番号	P_x	P_y	P_z
1	0.06	0.06	0.06
2	5.81	-0.91	5.30
3	8.39	-0.35	7.17
4	8.39	0.35	7.17
5	5.81	0.91	5.30
6	0.06	-0.06	0.06
7	-0.91	5.81	5.30
12	-0.91	-5.81	5.30
13	-0.35	8.39	7.17
18	-0.35	-8.39	7.17

節点番号	P_x	P_y	P_z
19	0.35	8.39	7.17
24	0.35	-8.39	7.17
25	0.91	5.81	5.30
30	0.91	-5.81	5.30
31	-0.06	0.06	0.06
32	-5.81	-0.91	5.30
33	-8.39	-0.35	7.17
34	-8.39	0.35	7.17
35	-5.81	0.91	5.30
36	-0.06	-0.06	0.06

部材名	軸力 kN	剪断力 kN
1-2	-8.79	0.07
2-3	4.65	0.03
2-8	0.02	0.01
3-4	8.26	0
3-9	0.06	0.01
8-9	5.38	0.01
9-10	7.49	0
9-15	2.38	0.01
15-16	3.71	0
1-37	-35.18	0.03
2-37	13.36	0.01
2-38	-13.45	0.03
3-38	3.57	0.01
3-39	-3.64	0.02
8-37	2.61	0.04
8-38	2.72	0.01
8-43	-8.11	0.02
9-38	1.47	0.01
9-39	0.79	0.01
9-43	0.61	0.01
9-44	-2.92	0.01
15-43	1.22	0
15-44	0.09	0.01
15-49	-1.42	0.01
37-38	-18.83	0.06
38-39	-26.70	0.01
38-43	-7.11	0.04
39-44	-4.48	0.01
43-44	-11.83	0.01
44-49	-7.53	0
	正は引張 負は圧縮	値は全て絶 対値、断面 のX、Y軸に 対して、値 が大きい方 を記した。

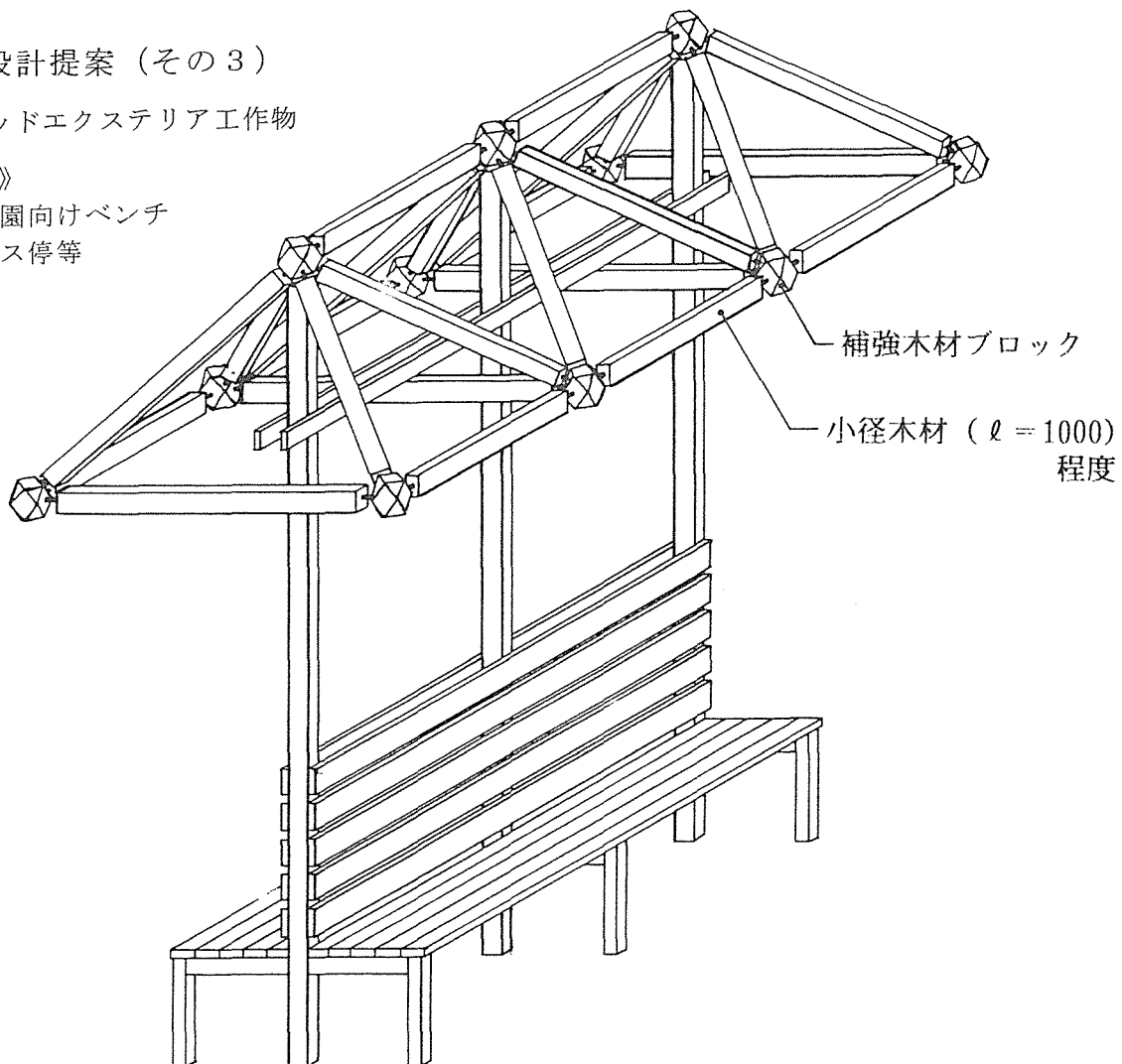
部材名	軸力 kN	剪断力 kN
1-2	0.01	0.02
2-3	0.01	0.01
2-8	-1.68	0.01
3-4	0.01	0.01
3-9	-2.96	0.01
4-5	0	0.01
4-10	4.04	0.02
5-6	0	0
5-11	-5.3	0.02
6-12	-3.83	0.03
8-9	0.71	0
9-10	1.06	0
9-15	1.50	0.01
10-11	0.49	0
10-16	2.62	0.01
11-12	0.02	0
11-17	3.84	0.01
12-18	4.07	0.02
15-16	2.4	0
16-17	1.31	0
16-22	4.51	0
17-18	0.03	0.01
17-23	7.24	0
18-24	7.12	0.01
22-23	2.84	0.01
23-24	0.05	0.01
23-29	5.44	0.01
24-30	3.36	0.03
29-30	0.01	0.01
30-36	-10.77	0.07
	正は引張 負は圧縮	値は全て絶 対値、断面 のX、Y軸に 対して、値 が大きい方 を記した。

7. 設計提案 (その3)

(1) ウッドエクステリア工作物

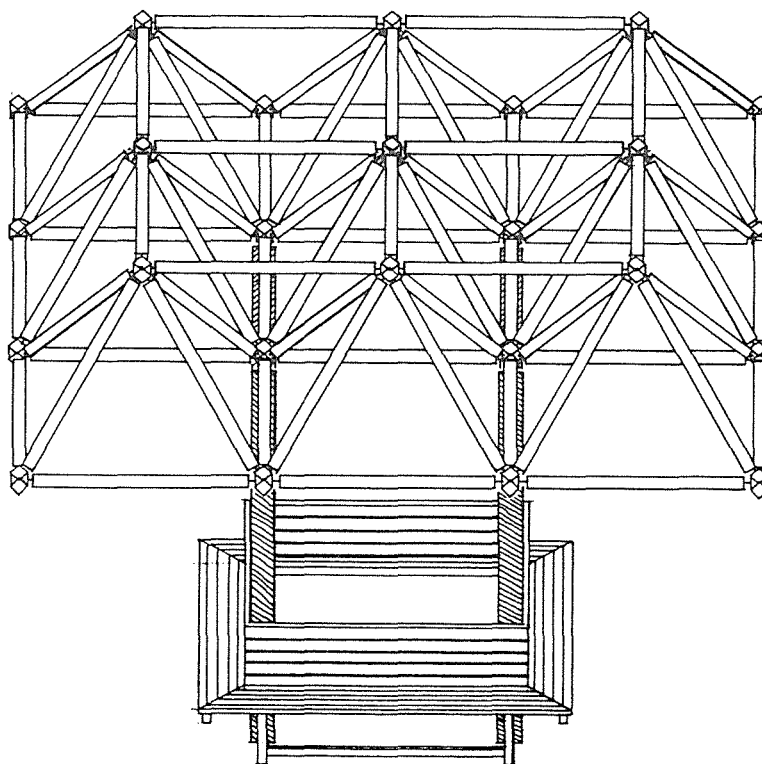
《例1》

- ・公園向けベンチ
- ・バス停等



《例2》

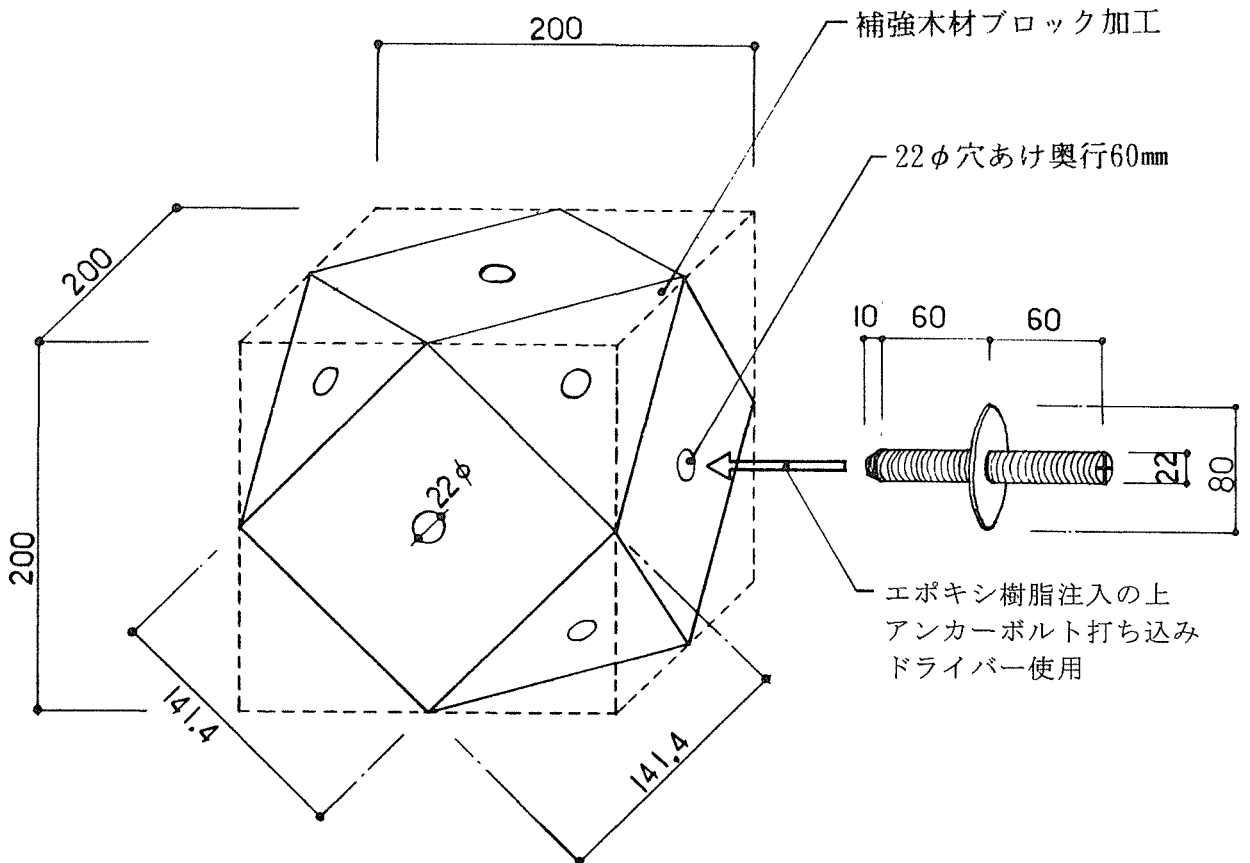
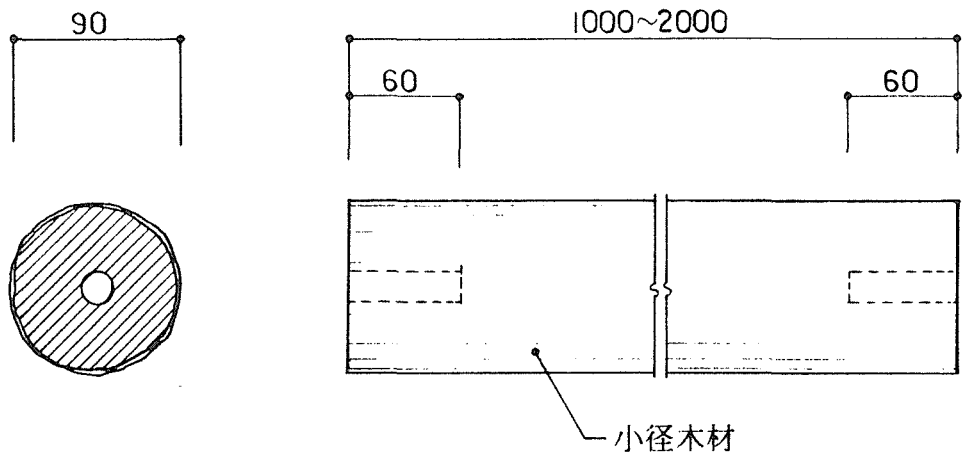
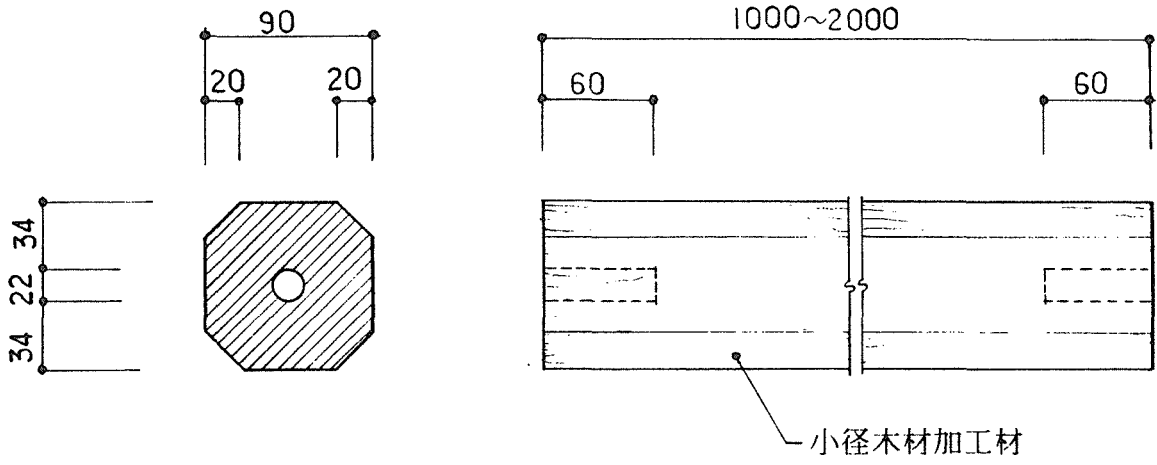
- ・休憩所
- ・自動販売機置場
- ・売店等



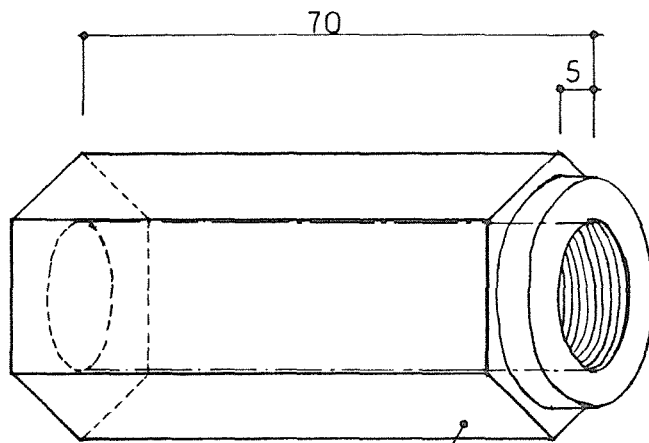
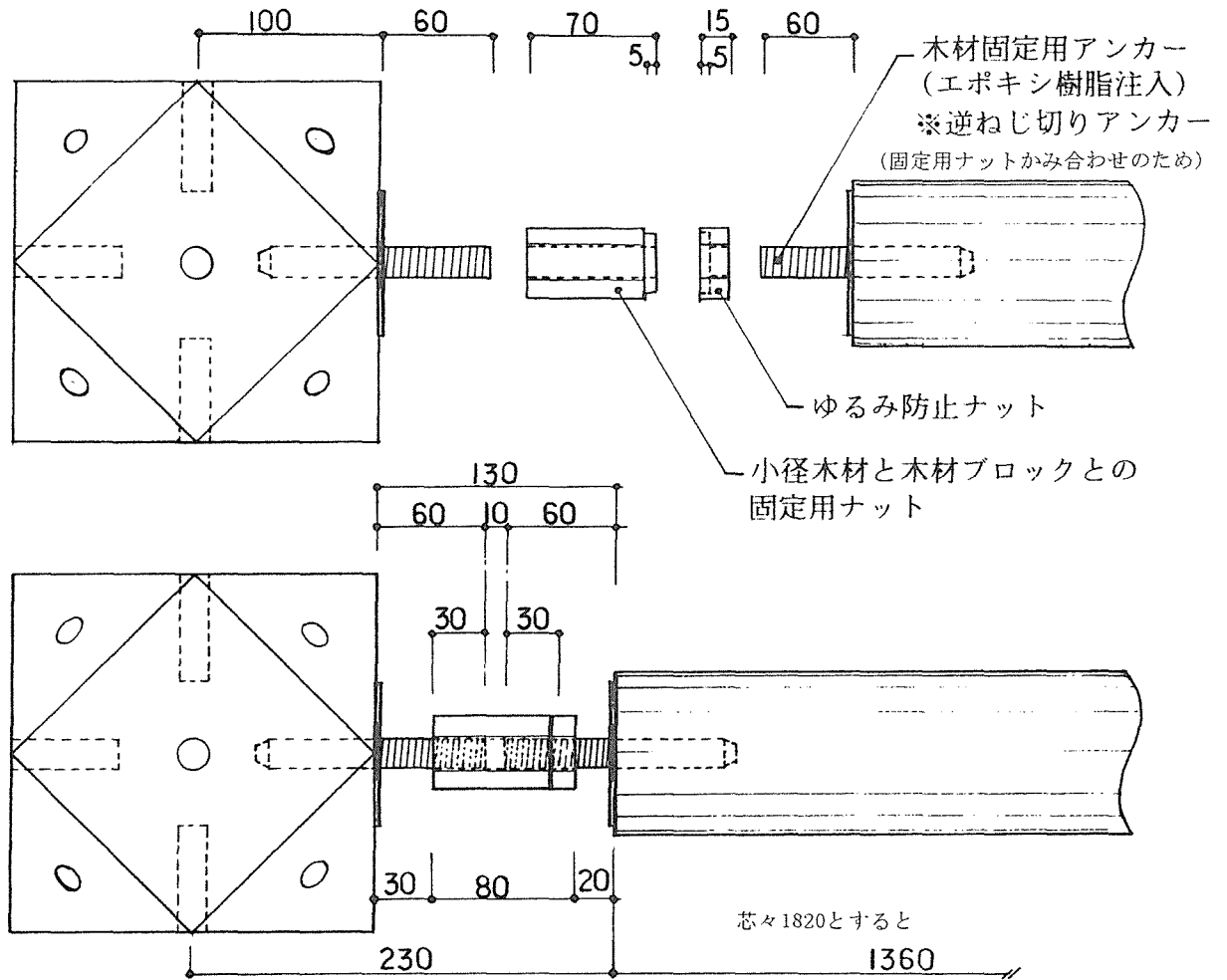
その他

- ・ジャングルジム
- ・橋
- ・電話ボックス等

(2) ウッドエクステリア使用部材

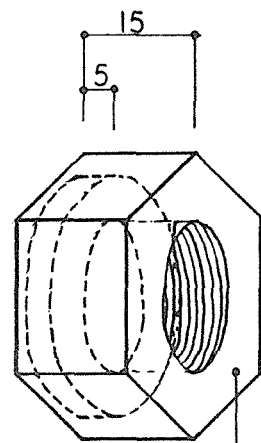


(3) ウッドノードジョイント組立詳細



・固定用ナット

- ①補強木材ブロック側に元までねじ込んでおく。
- ②小径木材側のアンカーをナット面に設置してから両方にナットをかけるようにゆるめ、かみ合わせる。
- ③30mmずつかみ合ったところで、ゆるみ防止ナットで固定する。



・ゆるみ防止ナット

- ①あらかじめ小径木材側にねじ込んでおく。