

平成元年度 農林水産省補助事業  
(財)日本住宅・木材技術センター事業

# 単板積層材(LVL)の建築構造材への 利用調査報告書

〈構造用単板積層材使用建築物実施例調査〉

平成 2 年 3 月

財団法人 日本住宅・木材技術センター

1000

## 序

単板積層材が新しい木質材料として注目されて久しい。その規格化の検討が開始されてからほぼ15年が経過した。この間、造作用については、昭和53年に規格が制定されたが、最も期待された構造用の規格については、その10年後の63年になってようやく日の目を見たというのが実情である。しかも、規格はできても、構造用LVLの生産・利用はほとんど進んでいないというのが現状である。それは、LVLが建築法規の中に的確に位置付けされていないことが大きな要因であるが、それはまた、建築材料としての設計資料が十分整備されていないことと裏腹の関係にあるものと思料される。

昨年11月こうした状況を打開すべく、関係業界は、全国LVL協会を設立し積極的な取組を開始したところである。

この事業は、こうした背景のもと、今後、供給の増大が見込まれる国産針葉樹材の利活用を推進するうえでLVLが極めて有望な製品であることから、これを構造材への利用を推進する条件を探ることを狙いに、施工事例を調査するとともに、これまでの構造用LVLを巡る試験研究等その沿革を明らかにし、さらに、これらの結果を踏まえ、今後、実務面から解決すべき課題について取りまとめを行ったものである。本報告が構造用LVLの発展のため少しでもお役に立てば幸である。

ここに、本調査の過程で調査、取りまとめにご苦勞をいただいた委員の諸氏及び現地調査や資料を提供にご協力いただいた方々に厚くお礼を申し上げる次第である。



# 目 次

I	目 的	1
II	調 査 体 制	1
III	調 査 結 果	3
A	L V L の 沿革	3
	構造用 L V L の 沿革	4
	構造用 L V L の 製造技術	5
	構造用 L V L の 性能	5
	関 連 図 表	15
B	構造用単板積層材使用建築物実施例調査	30
1.	は じ め に	31
2.	主 な 調 査 結 果	33
3.	調 査 結 果 の 概 要	33
4.	構造用単板積層材使用建築物実施例調査一覧表	37
5.	サミットハウス	40
6.	大鹿振興株式会社中央研究所	52
7.	三菱商事千葉木材埠頭	75
8.	滋賀原木ウッドランド温室	85
9.	株式会社紀陽本社	99
10.	大一ウッド株式会社出雲工場 L - P L Y 工場	109
11.	横浜港博覧会 I B M 人間館	121
12.	外 国 の 事 例	129
C	L V L の 建築構造利用に関する今後の取組について	135



# 単板積層材（LVL）の建築構造材への利用推進 調査事業報告書

## I 事業の目的

LVLは、針葉樹の利用が主体で製品歩留まりが高く、短い丸太からも連続的に長尺の製品がえられるなどの特徴を有しており、今後の資源問題に対応するために極めて有望な製品であり、近い将来木質材料の一分野を担う重要な材料となることが期待される。

しかしながら、現在のLVLの用途は、家具用、建築の造作用が中心で、建築構造材への利用はほとんど進んでいないのが実情である。

そこで、この事業では、LVLの建築構造材への利用推進するための条件をさぐることをねらいに、LVLの構造材としての利用の現状、問題点を把握することを目的として実施したものである。

## II 調査体制

本調査では、学識経験者等で構成する調査委員会を設け調査の計画、実施、結果の検討、報告書の作成を行った。

委員会の構成は次のとおり。

## 単板積層材(L V L)の建築構造材への利用推進調査委員会

主 査	有馬 孝禮	東京大学農学部 助教授
委 員	藤井 毅	農林水産省森林総合研究所木材利用部 加工技術課集成材研究室
”	岡田 恒	建設省建築研究所第三研究部耐風研究室
”	高津 充良	建設省住宅局建築指導課
”	古川 勝也	建設省住宅局住宅生産課木造住宅振興室
”	浅野 信治	東洋プライウッド(株) 営業企画部長
”	可西 忠雄	ユアサ建材工業(株) 専務取締役
”	荒木 五郎	大鹿振興(株) 建設材料部長
”	納賀 雄嗣	(株) 一色建築設計事務所 代表取締役
”	木村 衛	(株) 竹中工務店技術研究所
”	安藤 直人	ミサワホーム(株) 総合研究所

なお、執筆者は有馬、藤井両委員及び小西 信(当センター客員研究員)の3氏である。



### Ⅲ 調査結果

#### A. L V L の沿革

## 1. 構造用LVLの沿革

わが国において単板積層材（LVL：Laminated Veneer Lumber）の研究開発が始められたのは20年前である。その契機は、米国およびカナダの林産試験場におけるLVL開発プロジェクトの研究が発表され、その製造システムのもつ合理性がわが国の企業にアピールしたからである。

このシステムによれば、従来製材や柱のように低能率でしか生産できなかった柱、梁等の軸材料を、合板やボードのような板材料と同様に大型プラントを用いて高能率高収率で生産することが可能である。この視点、すなわち大量生産・システム型の材料開発として、わが国のLVL開発の出発点がある。この時期は高度成長期と一致し、合板業界ではプリント合板、コンパネにつく目玉商品として、非常な熱意をもってLVL開発に取り組まれた。

当初、LVLの原料として用いられたのは合板と同じ熱帯産材で、製造システムも合板製造設備を兼用したものであり、用途もまだ定かでなく、LVLの特性とは係わりなく代替可能な部材を闇雲に探す状態であった。しかし、注目すべきは、1合板メーカーがLVLの建築基準法第38条による材料認定取得を目指して、開発作業を集中し膨大な試験データを収集したことである。これを受けて、熱帯材を対象とした構造用LVLの日本農林規格（JAS）の設定が検討されたが、時期尚早として制定は見送られた。

その後、石油ショックとこれに続く合板業界の構造不況、原木供給事情の変化もあって、LVL開発も当初の大量生産・システム型から、高性能用途に限定した性能向上型、歩留り向上による省資源型、熱効率の良いプラントによる省エネルギー型、未利用樹種や間代材を原料とするアセスメント型などに拡散する一方、この材料に対する期待感も冷めてきた。この間内外を問わず数々の有望なプラントの提案もあったが、大型LVLプラントを実現したのは米国のトラスジョイスト社1社のみで、国内のメーカーはまだ合板工場の1エクステンションとしてLVLを生産しているに過ぎなかった。

昭和50年代半ばにかけてようやく造作用LVLの生産が伸び始め、その製造方法や用途がある程度定まってきた。53年には一般用LVLのJASが制定され、その後連年生産量を伸ばし、企業数10数社、年間生産量5万m<sup>3</sup>程度に達した。しかし、この期間に北米ではTJ社の構造用LVLの生産量が激増したのに対して、わが国では針葉樹LVLがわずかに試作されたが、殆ど用いられなかった。

60年にかけては企業、大学、研究機関で針葉樹LVLの研究開発が精力的におこなわれ、適切な製造条件や各種の性能が明らかにされた。これらの成果に基づいて、構造用LVLの製造基準が作成され、一部建築部材として試用も始まる一方、効率的なLVLおよびLVB（Laminated Veneer Board）の連続生産プラントの開発が進められた。また、造作用LVLの生産も順調に増加した。

60年代に入って、わが国の経済が好調を続けて、1000億ドルを超える貿易黒字を抱え、対外とくに日米の貿易摩擦を生じ、林産物分野においても市場アクセス問題をMOSS方式で進

めることとなった。この協議では、木材および加工木材の関税引下げ、ならびにJASや建築基準法などの制度の運用、構造用集成材やOSB・WBの規格改正・作成等、非関税障壁の解消が要求された。その結果、3年間に林産物の対米輸入量は3倍近くに増加した。構造用LVLについてもわずかながら製品輸入が始まった。

60年代半ばにかけても、日米貿易摩擦は解消されず、林産物は新たに構造協議の対象となり、米国の要求も製材から加工木材、木造建築へとエスカレートしてきた。この間LVLの生産量はさらに増加し、年間生産量は10万 $m^3$ に達し、内外から構造用LVLの規格かが求められ、63年には構造用LVLのJASが制定された。また、65年には業界団体として全国LVL協会が設立され、構造用LVLの構造的利用の拡大に向けての事業が進められている。

## 2. 構造用LVLの製造技術

北米では、LVLの研究開発と併せて、製造プラントおよびシステムの開発が進められた。そのうち最も有名なのが米国FPL提案のPress-lam Processである。この方式によると、ロータリレースから製品まで20～30分間しか要しない。このほかカナダ西武林産試験場や米国南部林業試験場の提案などがある。

これらの方式はいずれも比較的厚い単板(1/4インチ厚)を用い、乾燥コストと接着剤コストの総計を最小にすることをねらった。しかし、その後実用的な検討から生産性と品質の両面から3～4mm厚以下の単板の方が有利とされ、TJ社やR社のLVL生産システムではいずれも2～4mmの単板を使用している。なお、これらのシステムはすべて構造用LVLを対象としており、単板をアSEMBルする際に単板のバットジョイント部を層相互にずらせる機構を備えている。

わが国のLVL生産システムの多くは合板製造設備を用いたもので、主要な接着機械は多段のホットプレスである。しかし、月間生産量が500 $m^3$ をこえる段階になってからは、LVL用の長尺ホットプレス、高周波式プレスや連続式ラミネータが開発導入されている。一部構造用LVLの生産を始めたところもあり、フェノール樹脂接着剤の使用やバットジョイントの配置など徐々に必要な対策がとられつつあるが、今後量産段階に移行するためには、表-2のような製造技術面の検討が必要である。表-2のうち、樹種、径級、単板厚、積層厚継ぎ、接着剤等の因子によって、切削、乾燥、積層接着の製造プロセスが大きく異なってくる。

## 3. 構造用LVLの性能

LVLの品質性能、特に強度性能については比較的多くの試験研究が実施されており、これに基づいて構造用LVLのJASが制定されている。しかし、最近実際に生産されているLVLの品質性能はJASで予想された水準と幾分違っており、また、許容応力度や接合など建築材料の設計・施工時に必要な資料としては十分に整備された状態にあるとはいえない。そこで、これまでの資料をもとに、今後許容応力度の制定や設計方法の提示にあたって、必要な

資料の整理と不足の資料の収集の方向を明らかにする。

### 3. 1 構造用LVLのJAS

農林水産省告示第1443号（昭和63年9月14日）で制定された構造用LVLの樹要は次のとおりである。

- (1) 樹種群を針葉樹A-1、A-2、B-1、B-2、広葉樹A、Bの6つに区分する。
- (2) 等級を特級、1級、2級の3つとし、各等級は積層数とバットジョイントの配置によって区分する。
- (3) 単板の品質を節、入れ皮、やにつば、腐れ、虫穴、割れ等によって制限する。
- (4) 接着剤はフェノール樹脂接着剤と同等以上の性能を有するものとする。
- (5) 厚さ、幅、長さについて、表示寸法との差を制限する。
- (6) 浸せきはくり、煮沸はくり、水平せん断、含水率、曲げ試験をおこない、すべての結果が適合基準に合格する。
- (7) 品名、樹脂名、寸法、製造業者または販売業者の氏名または名称および住所を表示する。

構造用LVLは上記のように規定され、その強度性能水準を構造用大断面集成材の各等級と同じ、曲げ強度は各々75%~80%、せん断強さあるいは接着力は約2/3である。

### 3. 2 構造用LVLの既往のデータ

これまでに構造用LVLの強度性能に関するデータはかなりのデータが集積されている。これらのデータを試験項目と樹種とに分類して表-3に示す。なお、これらのデータの大部分は次のようなプロジェクトを通して集積されたものである。

- (1) 永大産業K.K.：構造用単板積層材の強度性能、永大産業中央研究所報告（第1~3号）（1973~1975）
- (2) 日本木材加工技術協会：構造用LVLの強度試験1、2、3、LVL委員会資料（1975~1976）
- (3) 日本住宅・木材技術センター：構造用LVL需要開発、技術開発推進事業報告書（1981~1983）
- (4) 北海道立林産試験場：カラマツLVLの強度性能（第1~4報）、北林産試月報（1984~1986）
- (5) 森林総合研究所：針葉樹造林木の単板積層加工利用技術の確立、農林水産技術会議事務局・研究成果220（1989）
- (6) 日本住宅・木材技術センター：構造用単板積層材のJAS規格のための試験、検討報告書（1987）

### 3.3 製材品とLVLの強度性能の比較

カラマツスライス単板を用いたバットジョイントのない約50mm×50mmのLVLと無欠点の製材品との曲げ強度性能を比較すると(表-4)、(1)原木再現構成のLVLの性能の単板による差は少なく、無欠点製材品の強度の約2/3で、節径比0.2~0.3の製材品の強度比とほぼ一致している。(2)容積重、節径比、ヤング係数の上位の単板を外層に配置した場合、単板厚が薄く積層数が多いほど強度が上昇し、6mm単板構成の場合の強度比は0.9に達している。

(3)無作意構成の場合は、単板厚による差異は少なく、強度比は0.70~0.85である。スギの製材品と2層おきにBJをもつLVLとの曲げ強度性能を比較すると(図5、6)、LVLの曲げ強さは製材品のそれよりかなり低いのににもかかわらず、バラツキが少ないためLVLの95%の下限值は製材品のそれより高くなっている。

以上のように、LVLの場合、単板の積層によって欠点分散され、強度性能が上昇しそのバラツキも小さくなるので、LVLの強度性能は同材質の製材品のそれより相対的に高くなる。この傾向は集成材の場合と同様であるが、LVLの場合ラミナ層が薄く、BJをもつので強度上昇率は必ずしも同程度ではない。

### 3.4 樹種別のLVLの曲げ強度性能

13樹種のLVLの曲げヤング係数と曲げ強度を、バットジョイントのないものと2層おきに配置したものとに分けて、各樹種の平均値を図-7に示す。

曲げヤング係数の場合、BJの有無による差異は少ない。外材の値がJAS適合基準よりかなり高いのに対して、アカマツ、カラマツ、ヒノキ、スギなどの国産材の値は適合基準に接近している。

一方、曲げ強度の場合、2層おきにBJのあるものはないものよりかなり低い。しかし、ソ連カラマツ、バイモミ、アビトン、カブール等を除けば、BJ2層おきの値はいずれも適合基準に近い。なお、スギの一部は適合基準を下回るものがある。

### 3.5 比重と曲げ強度との関係

カラマツ間伐小径材から製造したLVLの比重と曲げ強さの関係を、辺材・心材別、未成熟材・成熟材別に整理して図-8に示す。なお、LVLは3プライド、寸法は10mm×12mm×250mmである。

原木の髓心から5.5~8.0cmまでが心材=未成熟材、それより外が辺材=成熟材とみなされ、心材部は辺材部に対して曲げ強さで75%前後、ヤング係数で65%前後である。また、LVLの比重および曲げ強さは未成熟部を含む比率によってかなりの差異を生ずる。

また、単板厚を3.5~3.9mmとし、辺材部と心材部の割合のカラマツ10プライドLVLの曲げ強さと曲げヤング係数を図-9に、材せい56~150mmのカラマツLVLの曲げ強さを図-10に示す。

辺材部の割合が多いほど、また単板柱が薄いほど、曲げ強さおよび曲げヤング係数は大きくなっており、この傾向は製品の寸法にかかわらず実証されている。

ベイマツ、カラマツ、バイツガ、ベイモミ、トドマツ、スギ、ラワンの7樹種のLVLの2×8材の比重と曲げヤング係数および曲げ強さとの関係を図-11、12に示す。

曲げ強さと比重との間には、BJの有無および配置にかかわらず、相関係数0.80とかなり高い相関が認められる。これに対して、曲げ強度と曲げヤング係数との相関はあまり高くなく、BJの影響がかなりあるものと推察される。

### 3.6 バットジョイントによる強度低減

数樹種のLVLについて、引張側の最外層およびその隣層にBJがある場合の曲げ強さの低減率を図-13に、同一断面内に規則的にBJが配置された場合の断面2次モーメント比と曲げ強度比の関係を図-14に示す。

平使い（水平）の場合、避距（隣層のBJ相互の距離）が単板層の20倍程度までは曲げ強度の低減傾向が著しいが、30倍以上ではあまり変化がなく、最低でも0.60以上の強度比を示し、最外層のみにBJがあるものとの差異は5%以内である。一方、縦使い（垂直）の場合、BJ避距10～20倍以上ですでに隣層にBJがないものの低減率とはほぼ等しく、最低でも0.85程度の強度比を示している。

同一断面内（単板厚の5倍以内の距離）のBJを欠損部として、BJのないものに対する断面2次モーメントの比率（ $I_j / I_0$ ）と曲げ強度比（ $\sigma_j / \sigma_0$ ）を比較すると、大半が $\sigma_j / \sigma_0 > I_j / I_0$ となるが、一部がわずかに逆の傾向を示す。また、BJが相互に密着しているような場合には $\sigma_j / \sigma_0$ の値が高く、圧縮側のBJが無いものとみなした $I_j / I_0$ の評価に近似している。

### 3.7 材せい増による曲げ強度の低減

7樹種のLVLについて、202（せい40mm）に対する204および208の曲げ強度の低減率（寸法調整係数F）を図-15に示す。

部材寸法やBJの配置によって強度低減率にはかなりの差があるが、材せい増に伴う曲げ強度の低減傾向は、ASTM方式の寸法調整係数 $F = (4.0 / \text{材せい})^{1/9}$ と概ね一致している。

### 3.8 切り欠きによる強度低減

105mm角のラワンLVLのスパン1500mmの中央部にはり幅と同じ長さの切り欠きのある場合と、スパン1000mmの両端にはり幅の2倍の長さの切り欠きがある場合の圧縮側及び引張側切り欠き比1/3および1/2のときの非切り欠き部材に対する曲げヤング係数および曲げ強さに対する強度比を表-5に示す。

中央部切り欠きの場合、切り欠けのないものに対する強度比は、垂直方向が水平方向より、圧縮側が引張側よりそれぞれ0.05~0.10高く、木構造設計基準の推奨値（補正係数0.45を乗ずる）と比べると、圧縮側切り欠きでは0.05~0.15危険側、引張側切り欠きでは0.03~0.07安全側となっている。両端部切り欠きの場合、その強度比を中央部のそれと比較すると、圧縮側が1.52~2.04倍、引張側が1.22~1.36倍の強度比となっており、木構造設計基準の推奨値と比べると、圧縮側切り欠きの場合0~0.20安全側、引張側切り欠きの場合0.03~0.06危険側となっている。

### 3.9 縦引張強度

B Jのないレッドメランチ（R）、ホワイトメランチ（W）、イエローメランチ（Y）の9プライLVL、ならびに各種のB Jの配置をもつ9プライLVLのJ I S縦引張試験の結果を表-6、7に、また、2層おきにB Jをもつスギ15プライおよびベイマツ13プライLVLの206材の実大引張試験の結果を表-8に示す。

R、W、Yメランチの引張強度の平均値は $520\text{ kg/cm}^2$ で、曲げ強度の82%に相当する。比例限度は破壊強度の79%で、引張ヤング係数は $104 \times 10^3\text{ kg/cm}^2$ である。

B JのあるラワンLVLの場合、ないものに対する強度比はかなり低く、特に外層にB Jがあるものの低下が著しく、1層おきにB Jが配置されていると強度比は0.35まで低下している。また、同じB J配置の曲げ強度比より0.15~0.30低く、B Jを欠損断面とみなした断面積比よりも0.10~0.25低い。

スギおよびベイマツの実大引張強度は平均 $200\text{ kg/cm}^2$  および $297\text{ kg/cm}^2$ で、曲げ強度の63%および66%に相当する。この比率は同材質のスギ製材品の56%に比べるとかなり高い。

### 3.10 縦圧縮強度

B Jのないメランチ9プライLVL、ならびにB Jをもつラワン9プライLVLのJ I S縦圧縮試験の結果を表-9、10に、6樹種のLVLの実大短柱縦圧縮試験結果を等級別に表-11に示す。

R、W、Yメランチの圧縮強度の平均値は $384\text{ kg/cm}^2$ で、曲げ強度の60%に相当する。比例限度は破壊強度の72%で、圧縮ヤング係数は $109 \times 10^3\text{ kg/cm}^2$ である。

B JのあるラワンLVLの場合、ないものに対する圧縮強度比は比較的高く、最も低い1層おきのB J配置でも強度比は0.63である。同じB J配置の他の応力状態と比較すると、曲げ強度比より0.05~0.35高い。また、B Jが少ないものは圧縮強度比と断面積比と近似しているが、B Jの多いものは強度比の方が0.10~0.25高い。

実大短柱縦圧縮強度比は、樹種による差異はかなり大きいですが、等級差は比較的小さい。圧縮強度と曲げ強度とを比較すると、上位等級、B J少ないものは両者の差異が小さいが、下位等

級、B Jが多いものは圧縮強度の方が曲げ強度より高くなる傾向にある。

### 3. 1 1 長柱の座屈強度

長さ3m、断面約10.5cm角のLVLの長柱座屈試験の結果を、木構造計算基準に記載の座屈低減係数と比較して表-12に示す。なお、レッドメランチは中心荷重、ラワンは2cm偏心荷重によって座屈試験を行なっている。

細長比71~110の間では、縦圧縮強度に対する座屈強度の比率は0.22~0.43、計算座屈低減係数は0.24~0.59である。両者を比較すると、計算値の方が10~35%、平均で25%程度高くなっており、B Jの有無および座屈方向（積層方向）による差異は明確でない。しかし、この程度の座屈低減係数に対する適合度であれば、施工時の支持条件の差異等もあるので、LVLの長柱の設計にあたって特別な補正を加える必要はないであろう。

### 3. 1 2 横圧縮強度

38~40mm厚のラワンLVLの全面、材中、材端に横圧縮荷重をかけた場合の材せいの5%圧縮変形時の圧縮応力を表-13に示す。

5%変形時の圧縮応力は、部分圧縮の場合、材中と材端の差異はほとんどないが、垂直方向よりも水平方向が20%程度大きい。また、全面圧縮応力は、部分圧縮に比べて25~35%低い、垂直水平の方向差はきわめて少ない。

一方、縦圧縮強さと比較すると、部分圧縮の場合は1/6~1/7、全面圧縮の場合は1/8~1/10 それぞれ相当する。

### 3. 1 3 接着力およびせん断強さ

フェノールおよびレゾルシノール樹脂接着剤を用いたLVLの合板類似の引張せん断および集成材類似のブロックせん断試験の結果を集約して表-14に示す。なお、試験条件は常態および煮沸処理で、せん断面は接着層、積層面（垂直）、板目面（水平）、ローリングシア面である。

ブロックせん断接着力は常態で84~97kg/cm<sup>2</sup>で、この値は集成材のJASの適合基準値を上回っている。引張せん断接着力はブロックせん断接着力の50~65%である。また、煮沸処理によって接着力は10~30%低下している。

一方、せん断強さは70~129kg/cm<sup>2</sup>で積層面と板目面で多少差があるが、いずれも同材料の製材と比較すると10~30%低い。ローリングせん断強さは積層面および板目面の1/2~1/5である。

### 3. 1 4 水平せん断強度

ラワン類およびカラマツLVLの中央集中荷重方式の曲げ試験から、せい一定としてスパン



を変えた場合の見かけの最大水平せん断応力を図-16に示す。

はりせい38~50mm一定の場合、 $l/d$ の増加にともなって水平せん断破壊から曲げ破壊に移るが、この移行点は $l/d=8\sim 12$ で、そのときの見かけの最大せん断応力は35~45  $\text{kg}/\text{cm}^2$ である。この値はブロックせん断強さの約1/2に相当する。

一方、上記と同様な試験条件で $l/d$ 一定として断面寸法を変えた場合の見かけの最大水平せん断応力を表-15に示す。

$l/d=4$ 一定の場合、すべて水平せん断破壊するが、断面寸法によって最大せん断応力が異なる。せいを公称2インチ一定として幅を2~8インチに変えても最大せん断応力がさほど変化しないのに対し、幅一定としてせいを変えると最大せん断応力が著しく低下し、35~40  $\text{kg}/\text{cm}^2$ に収束していく傾向にある。

### 3.15 促進処理による接着層のはくり

メラミンユリアおよびフェノール樹脂接着剤を用いた6プライのレッドメランチ、ベイマツ、ベイツガLVLの煮沸くり返し試験(合板JAS I類)および72時間連続煮沸試験(合板JAS特類)の結果を表-17に示す。なお、比較のため同寸法の合板の試験も行なった。

メラミンユリア樹脂接着剤に対する煮沸くり返し試験ではベイツガLVLおよび合板の場合に45~100%の接着層のはくりがみられたが、フェノール樹脂接着剤に対する72時間連続煮沸試験ではいずれの樹種のLVLおよび合板も接着層のはくりはみられなかった。

### 3.16 曲げクリープ

メランチ、カラマツ、スギLVLの小試験体による曲げクリープ試験による応力比(荷重比)とクリープ関数(相対クリープ)の関係を図-17に示す。

応力比とクリープ関数との実験式の変曲点は、荷重継続時間にかかわらずメランチでは0.6、カラマツでは0.45、スギでは0.40~0.45付近にあり、これをクリープ限度荷重とみなせる。この値は製材と同種度かやや低い。

カラマツLVLの曲げクリープと含水率との関係を図-18に、材せいとの関係を図-19に示す。

120時間後の相対クリープ量で比較すると、辺材・心材単板いずれを用いたLVLも含水率が高いほど相対クリープが大きくなっているが、その割合は辺材単板によるLVLの方が大きい。また、材せいの増加に伴う相対クリープ量の変化は、製材の場合はかなり少ないのに対して、LVLの場合は約20mmから約100mmの増加にともなって10%程度小さくなっている。

ラワン、カラマツ、スギ、ベイツガLVLのJIS小試験体、204材、206材による曲げクリープ試験の結果を応力比に分数して図20~24に示す。

ラワンLVLは最大曲げ応力が約80  $\text{kg}/\text{cm}^2$ (応力比0.15)なるように載荷され、

1400時間後のクリープ関数が25～30%となっている。カラマツLVLのクリープ関数は、200時間後が15～20%で、10年後が応力比0.25のとき86%、応力比0.50のとき110%と推定している。スギLVLのJIS試験体では、応力比0.125～0.250のときクリープ関数は25～30%で、応力レベルを比例限度としたとき4329～4435時間で破断し、クリープ関数は約54%である。スギLVL206材では、応力レベルが75kg/cm<sup>2</sup>のとき8878時間後のクリープ関数が30～46%である。またベイツがLVL206材では、応力レベルが85kg/cm<sup>2</sup>の1.0、1.5、2.0倍のとき7460時間後のクリープ関数が32.6%、34.5%、35.4%である。

### 3.17 縦圧縮クリープ

スギLVLの縦圧縮クリープ試験の結果を表-17に示す。なお、応力レベルは比例限度応力に対する比率、応力はLVL総断面とBJを除いた断面に対する値を示している。

約1年経過後、比例限度の3/4の応力レベルのみが破壊せずに残った。なお、TS-Hは低比率のため相対的に高応力がかかって破壊している。破壊までに要した時間と総断面に対する圧縮応力とを、片対数でプロットすると、図-25のようになる。この式から、50年後および100年後の平均的な圧縮強度を推定すると、111kg/cm<sup>2</sup> および104kg/cm<sup>2</sup> となる。

## 4. 構造用LVLの許容応力度の誘導

前章までに構造用LVLの既往の試験データを収集整理した。これらのデータをもとに構造用LVLの許容応力度の誘導方法を考究してみる。

一般に、木材や木質材料の許容応力度を誘導する場合、まず、使用する材料の品質と加工あるいは製造方法を定め、つぎに、これらの材料と製造法による製品の強度試験を実施して材料強度の統計的下限値を求め、さらに安全率や長期継続荷重に対する考慮を加えて許容応力度を決定する。したがって、材料や製造法が一定の時、例えば1工場ラインのみについては、上記のルーチンワークによって容易に許容応力度を求めることが出来る。しかし、材料の種類や品質が広範にわたり、製造法も多岐にわたるときは、上記の各工場ラインのデータを集約し、その公約数的な数値を求めるか、あるいは、材料の品質、構成寸法等に関する固有の定数を求めて、それを積み上げて多種多様な製品の性能に結び付ける法則を作成する必要がある。

構造用LVLの場合、特にわが国においてはその製造ラインがまだ確立していないので、各工場のデータを収集できる段階に達していない。したがって、上記の後者の方式、すなわち、材料と製品とを結ぶ一定の法則を作成し、それによって許容応力度を算出し、これに実際の製造ラインから得られたデータによる補正を加えることが現実的な方法ではないかと考えられる。

### 4.1 曲げ許容応力度

構造用LVLの強度に関与する因子をできるだけ拾い上げ、無欠点製材の基準強度からLVL製品の長期曲げ許容応力度を計算する方式を提案し、それに既往のデータをあてはめてその適否を検討してみる。長期曲げ許容応力度の誘導法の概要を図-26に、また、この適否を検証するために実施した9および11プライの6樹種の針葉樹LVLの曲げ試験結果を図-27および図-28に示す。

図-26の長期許容応力度の誘導法を図-27の曲げ強度に基づいて検証するにあたって、本来は強度に関与する因子を個別に試験検討すべきであるが、そのためには膨大なデータを要するので、ここでは曲げ試験結果から帰納的に各因子の係数を算出する。なお、個別因子による分離不可能なものはいくつかの因子の組合せとして係数化する。まず、図-26の $F_0$ 、 $K_t$ 、 $K_u$ 、 $K_l$ に関する係数を、樹種別、荷重方向別に整理して図-29に示す。

#### 単板品質と積層数による強度比

3.3~3.7厚、11~13プライのBJのないLVL202材の曲げ強度と無欠点製材の曲げ強度を比較すると、単板の厚さ・品質と積層数による強度比を逆算することができる。ただし、乾燥や熱圧による影響をも含んでいる。樹種によって単板品質に差異があるが、6樹種の強度比の平均値は水平方向が0.99、垂直方向が1.03である。

水平方向の強度比0.99を厚さ減り7%に対する増加係数( $K_t$ )1.15と含水率差2.5%に対する増加係数1.10で除すると、単板品質と積層数による強度比( $K_v$ )0.79が得られる。この数値は節径比1/4以下のラミナを13層積層したときの集成材の強度比に近似している。

一方、垂直方向比較値1.03を厚さ減り7%に対する増加係数1.07と含水率差2.5%に対する増加係数1.10で除すると、強度比0.88が得られる。この値は上記の水平方向強度比0.79より11%高い。

集成材のラミナの品質、厚さ、積層数の関係をLVLに導入すると、単板の品質と厚さによる増加係数は表-17、単板の品質と積層数による強度比は表-18のように示される。したがって、BJのないLVLの強度比は表-17と表-18の値を乗じた数値となる。例えば、中品質の3mm単板、15プライのLVLの平使いの場合の曲げ強度比は $1.025 \times 0.80 = 0.82$ となり、縦使いの場合は、 $1.05 \times 0.80 \times 1.15 = 0.96$ となり、縦使いの方が18%と高い。なお、上記の実験値の比較では縦使いの方が11%と高く、7~8%の差異があるが、これは実験値は厚さ減りを織り込んでいるため、これを除けば同程度の比較値となる。

#### 寸法調整係数

枠組み壁工法構造用製材に採用されている寸法調整係数FのLVLへの適用の可能性を検討するために、BJが2層おきおよび1層おきにある204および208と202の垂直方向の曲げ強さを比較して図-30に示す。

BJが2層おきにある場合、6樹種の $K_s$ の平均は204が0.90、208が0.83、

1層おきの場合、204が0.91、208が0.84である。これらの値は枠組壁工法構造用製材の204および208のFの0.91および0.84とほぼ一致している。したがって、204、208以外の寸法部材をも含めて、LVLに対して枠組壁工法構造用製材の寸法調整係数を準用してもさしつかえないであろう。

#### バットジョイントによる低減係数

上記の寸法調整係数によって垂直方向の204及び208の曲げ強さを202の曲げ強さに換算した上で、BJのあるLVLのないものに対する比較を図-31に示す。なお、参考にBJを欠損断面とみなした断面2次モーメント比 $I_n/I_o$ 、断面係数比 $Z_n/Z_o$ ならびに前記のラワン9プライLVLの低減係数 $\sigma_n/\sigma_o$ を付記しておく。

11プライの場合のKJの平均値は、垂直方向の2層おき、1層おき、水平方向の2層おき、1層おきの順に0.65、0.54、0.57、0.43で13プライの場合、それぞれ0.68、0.54、0.60、0.50である。

上記の試験によるKJと $I_n/I_o$ 、 $Z_n/Z_o$ 、 $\sigma_n/\sigma_o$ とを比較すると、垂直方向の場合、2層おきKJはベイモミは除けば $I_n/I_o=Z_n/Z_o$ と比較的近似し、ラワンの $\sigma_n/\sigma_o$ より幾分低めであるのに対して、1層おきのKJは $I_n/I_o$ より10%以上高く、ラワンの $\sigma_n/\sigma_o$ より10%程度低い。一方、水平方向の場合、2層おきおよび1層おきのKJは $I_n/I_o$ よりはるかに高く、 $Z_n/Z_o$ およびラワンの $\sigma_n/\sigma_o$ に比較的近似している。

以上のように、BJによるKJを試算する基準として $I_n/I_o$ 、 $Z_n/Z_o$ のいずれを選んでも、樹種、積層数、BJの配置にかかわらず十分な適合度を得ることは難しい反面、同種の断面寸法およびBJの配置のラワンの $\sigma_n/\sigma_o$ とKJが比較的近似している。したがって、現時点では、KJを近似計算によって求めるより試験値を採用した方が安全かつ有利であると考える。

#### バラツキによる下限係数

BJのない202の曲げ強さの変動係数の平均15.8%に対して、BJのある202は18.0%、204は14.2%、208の垂直方向は10.9%である。これらの変動係数を危険率5%の下限係数に換算すると0.74、0.70、0.77、0.82となる。

したがって、204以上を実用寸法と考えて、幾分余裕を見ると、集成材と同等の0.75を下限係数とすることが妥当ではないかと考える。

#### 安全係数

製材や集成材に比べて、LVLの比例限度は高く、しかも部材寸法の増加に伴って上昇していくが、比例限度後の変形量はさほど大きくなく、粘りが少ないので、LVLの安全係数としては製材および集成材と同じ0.67を採用する方が安全であると考える。

#### 長期荷重換算係数

ラワンLVLのクリープ限度荷重を破壊荷重の60%とする試験データの少ない現時点では、製材や集成材とのかい離を避けて、長期荷重換算係数を一応0.50としておく。

表-1 わが国におけるLVLの開発の経緯

	作業項目	開発進行状況	到達度
予備調査	プロジェクト		
	確認分析	対象となる材料と技術の発見	S47 米・加林産試研究報告
	市場調査	材料・技術の需要度の把握 計画書作成	S45 国内数社調査開始
	製品調査	親合製品の調査と評価 ユーザー要求, メーカー能力	S48 米トラスジョイスト社生産開始
プロジェクト研究	技術調査	既存の個別技術調査, 開発 技術の設定	S50 LVL需要開発研(木構協)
	プロジェクト決定	メリット・デメリット分析 マトリクス分析 3次元分析 クラブ式分析 P D P C	S47 国内数社開発目標を設定
	技術的可能性	個別ならびに全体技術を多 角的に検討	S48 国内数社開発作業開始 S49 大学・官民研究報告
	市場性検討	需要, 原価, 市場占有率, 親合, ユーザーの反応の予測	S50 荷曲LVL部材(大熊)
	テクノロジーアセスメント	政治, 社会, 経済, 生態学的 反応の検討	S49 JAS原案作製小委(加技協) (S53 一般用JAS制定)
	企業化決定	効果/費用 分析	S53 技術講習会(加技協・日合連)
	ユーザー参画	予約注文・要求条件の把握	S54 構造LVL試用
開発	資金調達	個別企業資金, 団体協同出 資金, 公的補助金	
	研究開発・応用技術	PERT, CPM	S55 LVL需要開発委(佐木センター) S56 国立林試・北林産試プロジェクト研究
	試作	実大試験体作成	S54 ムービーミル開発(佐々木) S55 カラマツ中空柱(大熊)
準備	テスト評価	社内 社外公認ユーザー試 験に合格	S50 ラン構造住宅の認定申請(E社) (S55 造作用JAS認定工場)
	デモンストレーション	公開展示	S56 電作用LVL生産増加
	経営計画	市場の価格弾力性, 最終需 要量, 採算点	S57 国立林試・北林産試大型研究 S60 LVB連続生産プラント開発
	量産	量産体制	S61 構造用LVL (S63 構造用JAS制定)
	マーケティング	流通機構	S64 全国LVL協会設立
	市場拡大	企業戦略 宣伝	(許容応力度設定)
販売	目標達成		

図-2. LVL製品開発作業と進行状況

(○の大きさは開発に費やされたパワー(資金・人員・時間等)の大きさを示す)

表-2 LVLの製造工程の決定因子

大項目	中項目	小項目 (LVLの製造工程の決定因子)
原木	樹種 径級 品質	熱帯材・国産針葉樹材・北米材・ソ連材・ロシアータバイン材 大径材 (50cm以上)・中径材 (50~20cm)・小径材 (20cm未満) 節の多・少、硬材・軟材、(煮沸処理の有・無)
節削	機械 切削幅 単板厚	ロータリレース・スライサ、内軸・外周駆動、単・複スピンドル 180cm以上・180~90cm・90cm未満 3~4mm以上・未満
乾燥	機械 含水率	熱風・熱盤・熱ロール 5%未満・5~15%・15%以上
積層	等級 継つぎ 直交層 積層厚	視覚的・機械的等級区分・なし バット・スカーフ・オーバーラップジョイント・無 表裏層付近・無 50mm以上・50~25mm・25mm未満
接着	接着剤 加熱 圧縮	フェノール・レゾルシノール・水性高分子イソシアネート・ユリアメラミン ホットプレス・高周波加熱 多段プレス (短尺)・連続ラミネータ (長尺)

表-3. 構造用 LVL の強度性能に関する既行の資料

試験項目	基準強度(小型試験)	実大強度(大型試験)	今後の対応策
1. 曲げ ( $E_{06}$ )	S.E.F.T.H.K.A.D.R.M.P.N.L.Q	S.E.F.T.H.K.A.P.R.P.L	国産 LVL の変動係数, B.J
2. 引張 ( $\sigma_t$ )	S.K.A.D.L	S.A	樹種群(製法)毎の実大試験, B.J
3. 圧縮 ( $\sigma_c$ )	S.K.A.D.P.L	D.	4樹種(針葉樹), B.J
4. セン断 (G)	S.K.A.D.L.Q	L, Q.(ねじり)	同上.
5. " (Z)	S.E.F.T.H.K.A.D.R.L.Q	L.	同上, 試験法
6. 接着力 (Z)	S.K.A.D.L.Q		同上, 同上
7. 促進はくり	S.K.A.L.Q		同上.
8. めり込み	L		4樹種(針葉樹)実大試験
9. 座屈		L	1樹種( " ) "
10. 切れさ		L	同上
11. 接着接合			同上
12. くぎ接合		S.K.A.D.L	
13. ボルト接合		L	1樹種(針葉樹)
14. 単根品質積層数		S.K.A.L	同上
15. 寸法調整係数		S.E.F.T.H.K.A.D.L	同上, 2x10以上
16. バットサイト	S.E.F.T.H.K.A.D.L	S.E.F.T.H.K.A.D.L	同上, 2層以上の選別
17. 統計的下限		D.L	同上
18. 安全係数			?
19. 長期荷重換算	S.K.A.D.L	S.K.A.D (縦圧縮曲げ)	
20. 許容応力度			?

樹種記号

S: スギ	E: イヌマツ	F: ベイモミ	T: ベイツギ	H: ヒノキ	K: カラマツ	A: アカマツ
D: デイマツ	R: ラジアック ハイム	M: ノロシマツ	P: ナギノハギ	N: ノリウ ハイム	L: ラワン	Q: クロツ

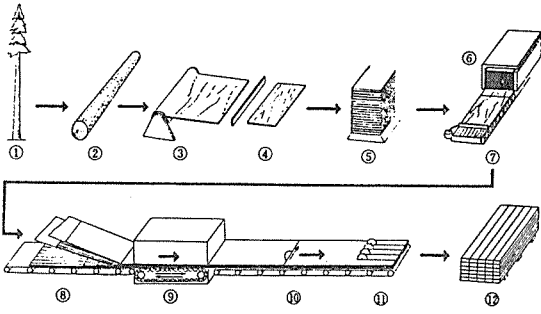


図-1 F.P.L Press-lam Process

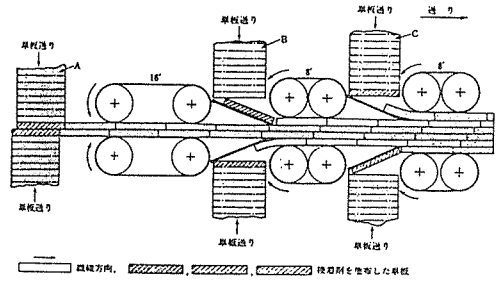


図-2 W.F.P.L LVL-Process

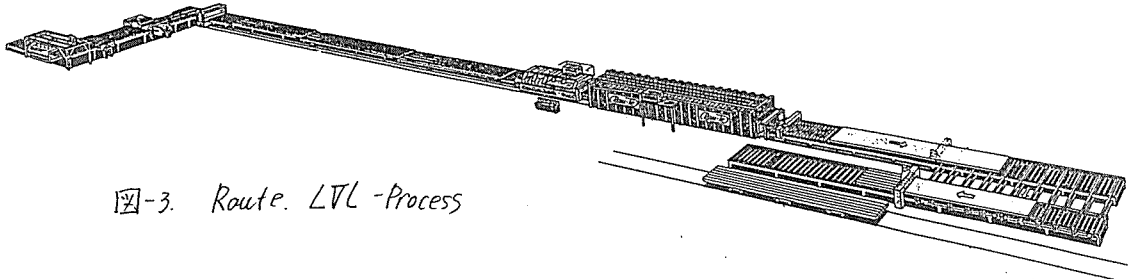


図-3 Route LVL-Process

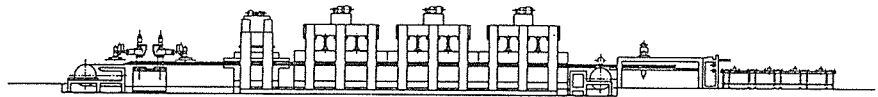
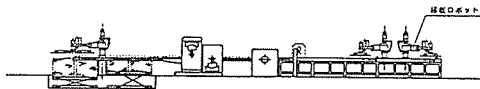
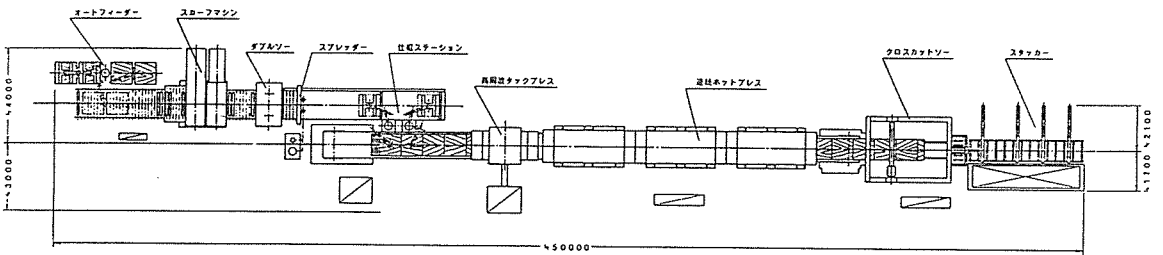
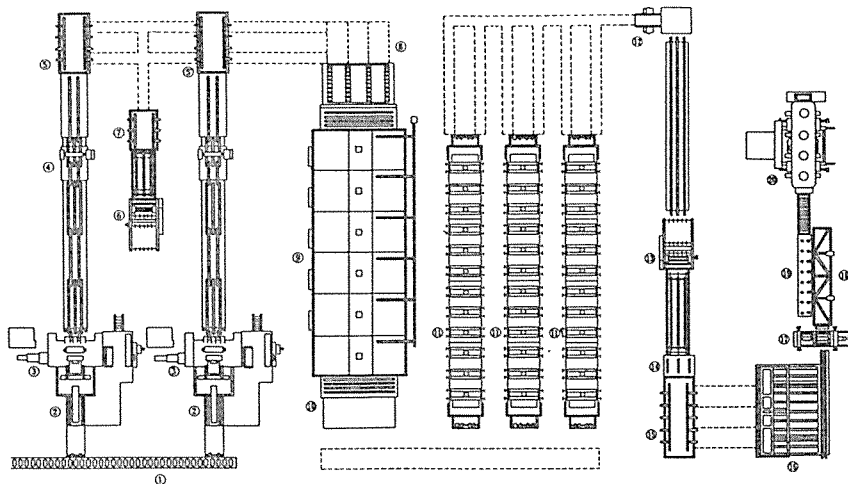


図-4 LVL・LVB 連続生産システム





機械装置の名称

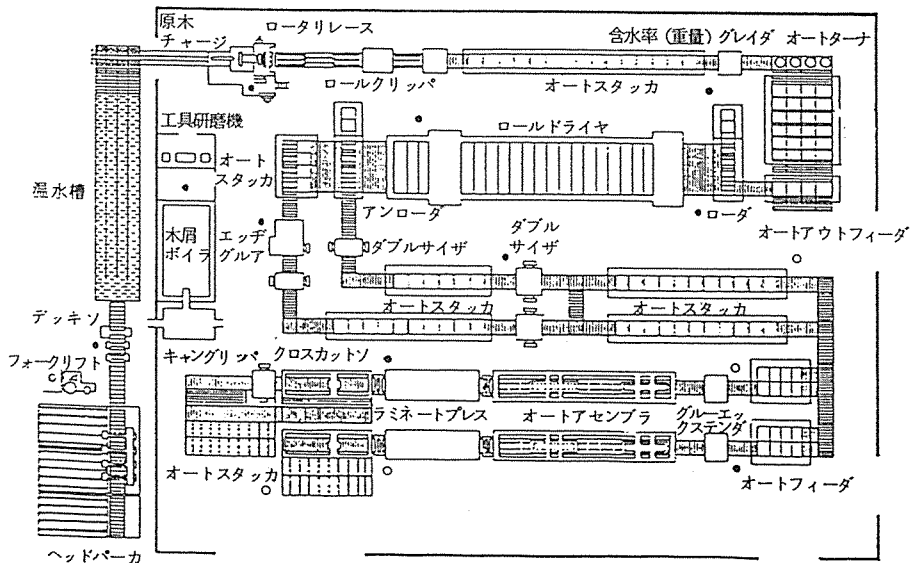
機械装置の主な仕様

数量 所要動力 (kW) 推定価格 (千円)

①	ライブローラー	1	4.7	1,000	
②	原木チャージャー	2	1.5	20,000	
③	ロータリーレース	2	77.4	109,600	
④	ロータリークリッパー	2	15.0	18,000	
⑤	スタッカー	2	6.4	12,900	
⑥	生単板はぎ装置	1式	15.0	30,000	
⑦	スタッカー				
⑧	オートフィーダー	3 連式			
⑨	ロールドライヤー	幅 2000mm 3段7セクション	1	6.6	6,000
⑩	オートアウトフィーダー	幅 1100mm 長さ 3000mm 3 連式	1	25.2	45,000
⑪	熱盤ドライヤー	幅 1100mm 長さ 1200mm (3000mm×4)	1	6.6	6,000
⑫	ダブルサイザ		3	90.0	150,000
⑬	単板縦つぎ装置	⑬-⑭連動制御装置つき	1	3.0	1,700
⑭	トリプルソー		1式	11.0	12,000
⑮	スタッカー		1	2.25	1,700
⑯	スタッカー		1	3.2	2,500
⑰	単板仕組み装置	内部連動制御つき	1式	6.35	8,000
⑱	スプレッター		1	1.5	2,600
⑲	アッセンブルスタッカー	取り出し装置つき	1	5.2	4,000
⑳	テーブルリフター		1	3.2	1,000
㉑	高周波加熱接合プレス	インフィードアウトフィードつき 高周波出力 40kW×2	1	45.0(134.5°)	39,000
	所要動力、金額の合計			329.1(134.0°)	470,100

・( ) 内は高周波電容量kVA

北海道立林産試験場型 LVL生産システム



森林総合研究所型 構造用LVL生産システム

表-4. カラマツ LVL の曲げ強度性能

LVL の 単板構成法	試料 数	曲げヤング係数 ( $t/cm^2$ )			曲げ強さ ( $kg/cm^2$ )		
		14mm	10mm	6mm	14mm	10mm	6mm
原形再現	6	106	98	112	699	615	643
容積重	3	110	134	130	646	800	829
節径比	3	102	125	132	675	816	889
ヤング係数	3	112	125	131	719	820	856
無作意(水平)	3	112	116	122	699	839	765
無作意(垂直)	3	114	112	124	754	678	810
無欠点製材	42	113			968		

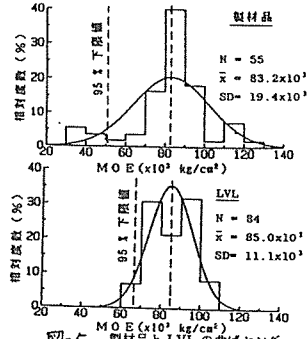


図-5- 製材品とLVLの曲げヤング係数(MOE)の比較

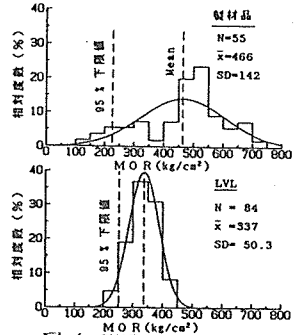


図-6- 製材品とLVLの曲げ強さ係数(MOR)の比較

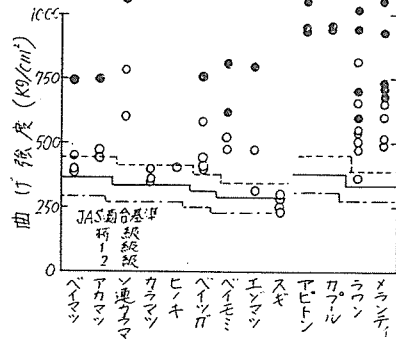
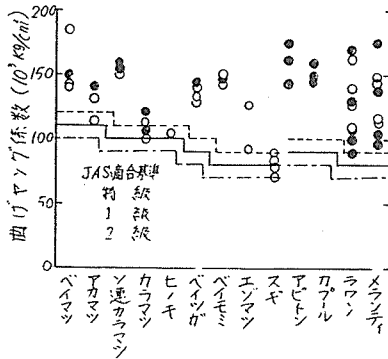


図-7 構造用LVLの樹種別の曲げ強度性能の比較

(●:バットジョイントなし ○:バットジョイント2層あき(2級相当))

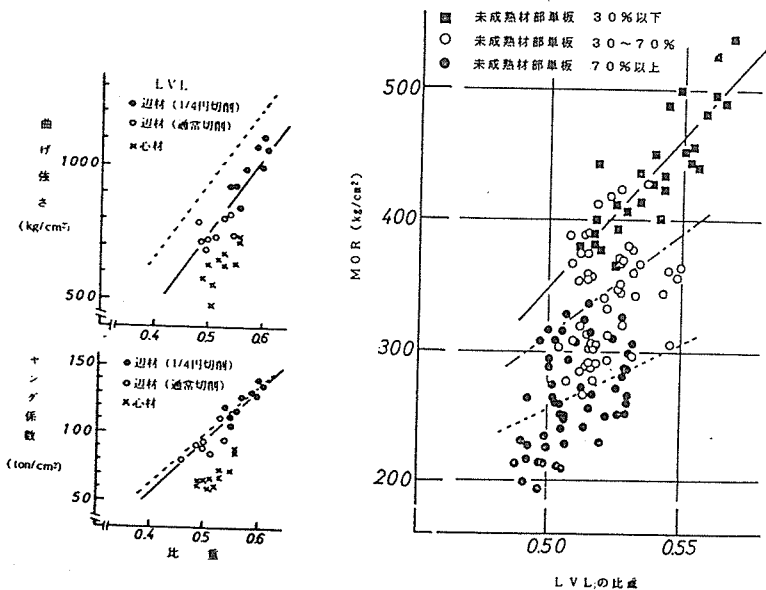


図-8 間伐中小径カラマツ材から製造したLVLの比重と曲げ強さの関係

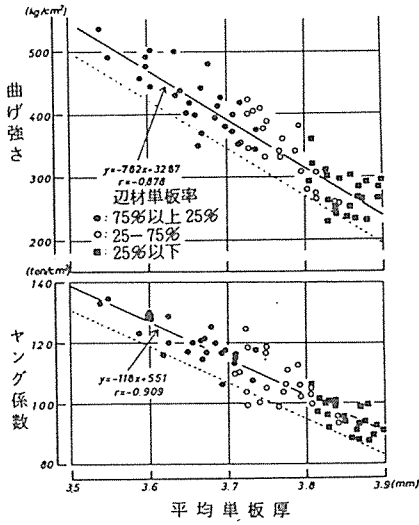


図-9 平均単板厚と曲げ強度の関係

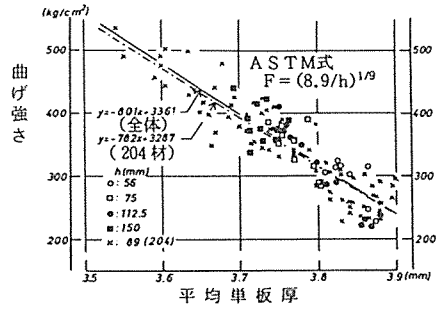


図-10 各梁せいの寸法調整補正後の曲げ強さと平均単板厚

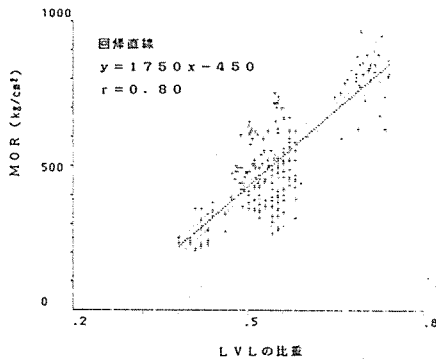


図-11 LVLの比量と曲げ強さの関係

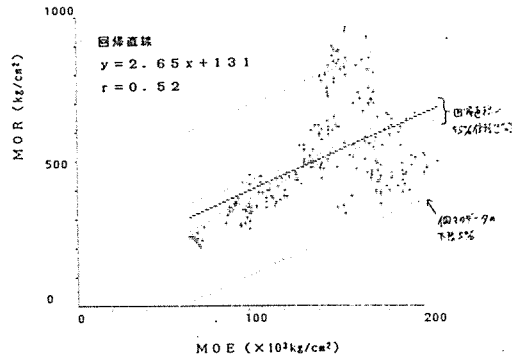


図-12 LVLの曲げヤング係数(MOE)と曲げ強さ(MOR)の関係

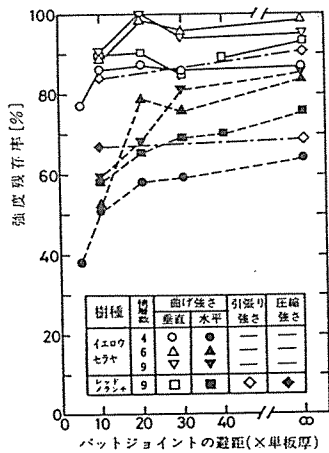


図-13 パットジョイントの避距と強度残存率

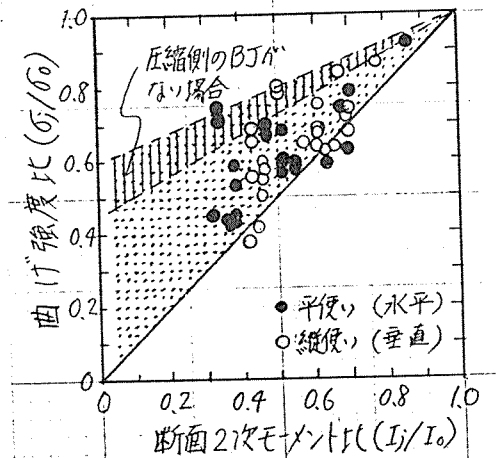


図-14 パットジョイントによる強度低下

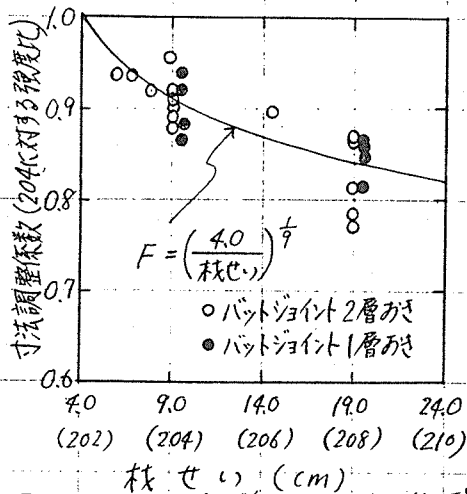


図-15. 木せい増に伴う曲げ強度の低減

表-5 LVL ばりの切り欠きによる強度低減

切り欠き位置	切り欠き方向	荷重方向	切り欠き率	強度比	
				曲げヤング係数	曲げ強さ
中央	圧縮側	垂直	1/3 1/2	0.48 0.26	0.39 0.22
		水平	1/3 1/2	0.52 0.30	0.28 0.18
	引張側	垂直	1/3 1/2	0.53 0.31	0.28 0.18
		水平	1/3 1/2	0.53 0.30	0.25 0.14
両端	圧縮側	垂直	1/3 1/2	0.74 0.52	0.58 0.45
		水平	1/3 1/2	0.80 0.56	0.42 0.29
	引張側	垂直	1/3 1/2	0.76 0.51	0.38 0.22
		水平	1/3 1/2	0.75 0.53	0.31 0.19

表-6. レッドマランテ(R), ホワイトマランテ(W), イロマランテ(Y) LVLの引張強度性能

試験区分	試片	供試体	含水率		破壊強度		比例限度力度		弾性係数	
			Avg.	dev.	Avg.	dev.	Avg.	dev.	Avg.	dev.
		Number	%	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	
		W 1	27	10.2	547	78.6	381	67.8	112.0	8.09
		R 1	24	10.4	525	80.3	410	76.0	117.8	9.20
引張	W 2	15	15.6	519	93.6	454	97.2	97.6	12.27	
		15	15.5	515	55.2	385	73.4	94.8	6.39	
		Y 1	15	14.9	485	68.5	399	62.9	91.0	6.61
		R 3	15	14.2	500	73.3	439	75.7	99.5	3.79
		Average	111	13.5	520	76.5	411	73.6	104.5	8.23

表-7. BJとマランテ LVLの引張強度

種類	断面積比	引		張	
		最大応力 (kg/cm <sup>2</sup> )	強度比	比例限度	最大応力
A	1.00	954	1.00	0.69	0.95
B	.89	660	.68	.89	.97
C	.89	780	.72	.74	.95
D	.78	637	.67	.58	1.00
H	.78	589	.66	.78	.90
J	.44	319	.35	.94	1.00
K	.56	431	.50	.77	.96
L	.67	559	.55	.79	1.00
M	.78	642	.67	.82	1.00

表-8. スギおよびベニガ LVLの実際引張強度

樹種	スギ <sup>1)</sup>		ベイツガ
	LVL <sup>2)</sup>	製材品	
種類			
試料数	12	38	12
比重			
平均	.420	.384	.486
変動係数(%)	3.8	10.7	2.4
最小値	.387	.283	.468
最大値	.446	.442	.504
引張強さ(kg/cm <sup>2</sup> )			
平均	200	239	297
変動係数(%)	25.7	36.7	10.8
最小値	123	69	228
最大値	270	464	337
引張ヤング係数(x10 <sup>3</sup> kg/cm <sup>2</sup> )			
平均	87.0	81.9	126.5
変動係数(%)	11.1	22.1	5.2
最小値	69.0	37.0	112.9
最大値	97.9	114.6	140.6

1) 茨城県産、2) 15 ply、3) 13 ply

表-9. レッドメランチ(R), ホワイトメランチ(W), イロメランチ(Y)の圧縮強度

試験区分	試供体	含水率		破壊強度		比例限度力度		弾性係数	
		Avg.	%	Avg.	dev.	Avg.	dev.	Avg.	dev.
	Number		%	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	× 10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>	
圧縮	W 1	30	13.5	432	23.1	343	40.1	111.0	11.93
	R 1	25	13.6	429	30.7	347	51.8	117.7	14.78
	W 2	15	12.6	328	18.0	239	34.0	108.8	14.73
	R 2	15	12.6	317	22.3	216	36.6	104.9	7.77
	Y 1	15	12.6	371	20.1	216	36.6	103.3	8.27
	R 3	15	14.5	346	14.5	290	49.3	105.6	7.64
Average	115	13.2	384	21.9	275	41.8	109.7	11.72	

表10. BJをメランチLVLの圧縮強度

種類	断面積比	圧縮		
		最大応力 (kg/cm <sup>2</sup> )	強度比	比例限度最大応力
A	1.00	576	1.00	0.84
B	.89	495	.91	.74
C	.89	503	.97	.84
D	.78	520	.85	.86
H	.78	479	.85	.82
J	.44	428	.71	.55
K	.56	369	.63	.77
L	.67	468	.78	.82
M	.78	458	.78	.82

表11. LVLの最大圧縮強度

樹種	樹種	等級	平均値 kgf/cm <sup>2</sup>	最小値-最大値 kgf/cm <sup>2</sup>	変動係数 %	比重 平均値
A-1	ベイマツ	特級	553	512-616	6.2	0.52
		1級	600	530-653	5.4	0.54
		2級	595	525-660	8.0	0.55
A-2	カラマツ	1級	419	374-459	6.8	0.55
		2級	410	341-459	9.6	0.54
B-1	ベイツガ	特級	527	466-573	6.2	0.55
		1級	532	487-583	6.1	0.57
		2級	567	481-608	8.5	0.56
B-2	トドマツ	2級	312	297-330	3.7	0.43
		スギ	2級	265	248-294	5.0
広葉樹B	ラワン	特級	386	345-436	7.3	0.51

表-12. LVLの長柱圧縮強度

樹種	比重	バット割の有無	圧縮方向	細長比 入	ヤング係数 (t/cm <sup>2</sup> )	縦圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	座屈強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	座屈係数	
								実験値	計算値
レッドメランチ	0.54	無	垂直	85	128	468	171	0.37	0.45
			水平	71	124	468	200	0.43	0.59
メランチ	0.56	2層割	垂直	110	157	576	128	0.22	0.29
			水平	93	150	576	168	0.29	0.37
ラワン	0.51	無	垂直	89	151	524	180	0.33	0.41
			水平	89	110	361	122	0.30	0.41

レッドメランチの場合は中心荷重であり、ラワンの場合は2cm偏心荷重であり、座屈強度はSouthwellの方法により補正LR値である。

表-13. LVLの横圧縮強さ

樹種	含水率 (%)	比重	荷重方向	横圧縮強さ (kg/cm <sup>2</sup> )		
				全面	材中	材端
レッドメランチ	10.1	0.54	垂直	63	86	87
メランチ	10.3	0.54	水平	65	102	101
ラワン	14.4	0.51	垂直	—	70	73
	13.9	0.50	水平	—	83	85

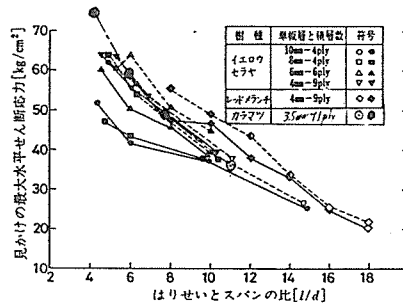
表-14 LVL の接着力およびせん断強さ

樹種 (接着剤)	含水率 (%)	比重	単板厚 (mm)	条件	加力層	接着力または せん断強さ (kg/cm <sup>2</sup> )	試験法
ラワン (フェノール)	10	0.62	4.2 (ロータリ)	常態 煮沸	接着層	51	引張りせん断 〃
					〃	34	
カラマツ (フェノール)	10	0.50	4.0 (ロータリ)	常態 煮沸	接着層	51	引張りせん断 〃
					〃	36	
カラマツ (レゾルシノール)	8.2	0.52	6, 10, 14 (スライズ)	常態 煮沸	接着層	54	引張りせん断 〃
					〃	35	
ラワン (フェノール)	10	0.60	5.8 (ロータリ)	常態 煮沸	接着層	88	ブロックせん断 〃
					〃	57	
レッドメランチ (フェノール)	8.0 8.0 8.4 8.1 8.2 8.2	0.53	4.2 (ロータリ)	常態 煮沸	接着層	97	ブロックせん断 〃 〃 〃 〃 〃 〃
					〃	88	
					板目	90	
					証目	70	
					ローリング(閉)	39	
					ローリング(開)	25	
カラマツ (フェノール)	10	0.50	4.0 (ロータリ)	常態 煮沸	接着層	84	ブロックせん断 〃
					〃	41	
カラマツ (レゾルシノール)	8.0	0.52	6, 10, 14 (スライズ)	常態 〃 〃 〃	板目	125	ブロックせん断 〃 〃 〃 〃
					証目	129	
					ローリング(閉)	34	
					ローリング(開)	24	
カラマツ (フェノール)	気乾		3.5~3.9 (ロータリ)	常態 〃 〃	接着層	87	ブロックせん断 〃 〃
					板目	94	
					ローリング	77	
バイマツ (フェノール)	気乾	0.55	3.6	常態	板目	84	ブロックせん断
バイマツ (フェノール)	気乾	0.47	3.1	常態	板目	88	〃
アカマツ (フェノール)	気乾	0.54	2.7	常態	板目	86	ブロックせん断
ヒノキ (フェノール)	気乾	0.50	3.1	常態	板目	94	〃
ヒノキ (フェノール)	気乾	0.50	3.1	常態	板目	98	ブロックせん断
ヒノキ (フェノール)	気乾	0.50	3.1	常態	板目	91	〃
スギ (辺材)	気乾	0.40	2.7	常態	板目	53	ブロックせん断
スギ (心材)	気乾	0.40	2.7	常態	板目	69	〃
スギ (心材)	気乾	0.40	2.7	常態	板目	65	ブロックせん断
スギ (心材)	気乾	0.40	2.7	常態	板目	75	〃

表-15 LVL の最大水平せん断応力

樹種 (含水率)	荷重 方向	試験体 の寸法	最大応力 (kg/cm <sup>2</sup> )		変動比
			曲げ	水平 せん断	
レッド メランチ (0.55 11.0~ 12.1%)	垂直	202	450	75	1.00
		204	336	56	0.75
		206	280	47	0.62
	水平	202	474	79	1.00
		204	491	82	1.04
		206	465	78	0.98
バイマツ	垂直	202	94	92	
アカマツ	垂直	202	93	72	
ヒノキ	垂直	202	103	97	
スギ (辺材)	垂直	202	62	54	
スギ (心材)	垂直	202	68	65	

はりせり/スパンは レッドメランチが 1/4  
その他が 1/3 程度



実線：垂直荷重 点線：水平荷重  
黒塗り：せん断破壊 白抜き：曲げ破壊

図-16 LVL の最大水平せん断応力

表-16 LVL の接着(く)試験結果

樹種	試験方法	最大はりせり量 (mm)					判定
		1	2	3	4	5	
E レッドメランチ	平行貼	0	0	0	0	0	合格
	直行貼	0	0	0	0	0	〃
A バイマツ	平行貼	0	0	0	0	0	〃
	直行貼	0	0	0	0	0	〃
H アカマツ	平行貼	34	35	42	39	27	不合格
	直行貼	25	25	25	25	25	〃
H レッドメランチ	平行貼	0	0	0	0	0	合格
	直行貼	0	0	0	0	0	〃
P バイマツ	平行貼	0	0	0	0	0	〃
	直行貼	0	0	0	0	0	〃
H アカマツ	平行貼	0	0	0	0	0	〃
	直行貼	0	0	0	0	0	〃

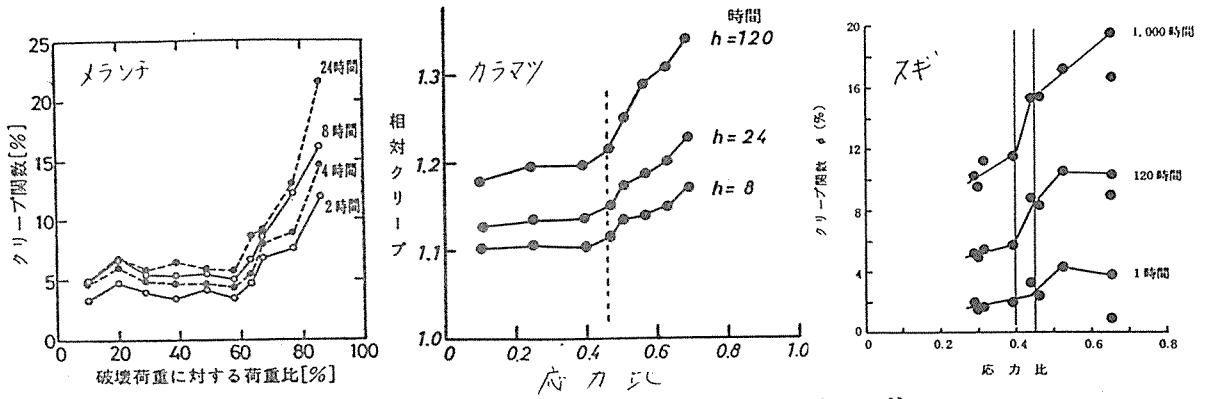


図-17 応力比(荷重比)とクリープ関数(相対クリープ)

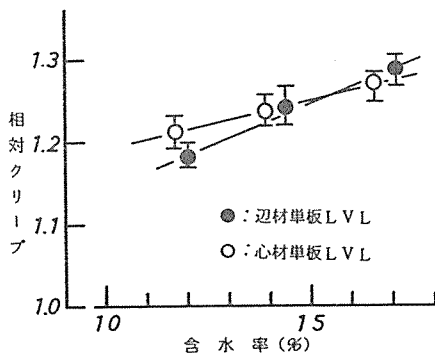


図-18 含水率と120時間後の相対クリープの関係

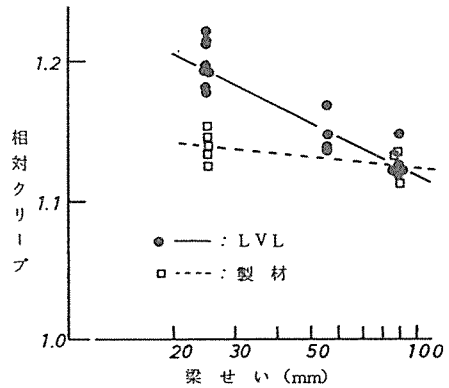


図-19 梁せいと120時間後の相対クリープの関係

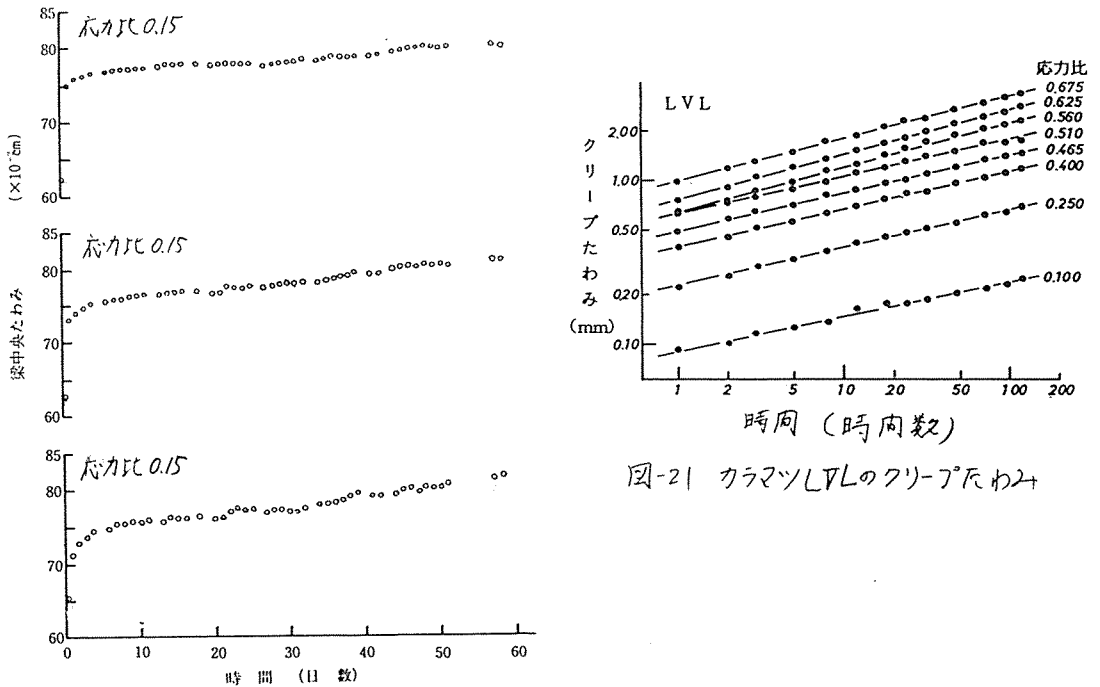


図-20 57mm LVLのクリープたわみの測定結果

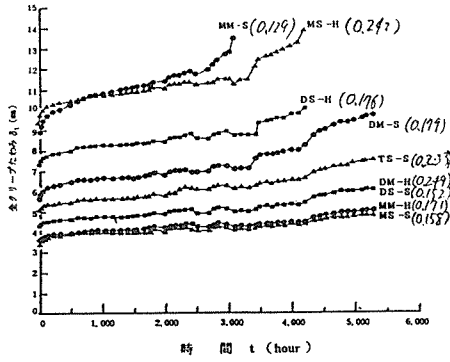


図-22 スギLVLのJISによる曲げクリープ試験結果  
(全クリープたわみと時間との関係)

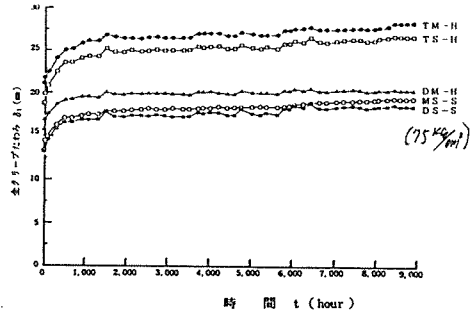


図-23 スギ 2 by 6 LVLの全クリープたわみと時間との関係

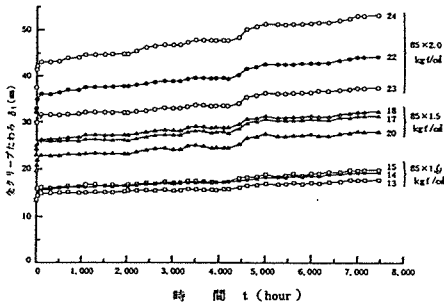


図-24 ベイツガ 2 by 6 LVLの全クリープたわみと時間との関係

表-17 スギLVLの縦圧縮クリープ試験結果

試験体 記号	比重	縦圧縮クリー プ応力レベル	全断面積に対 するみかけの クリープ圧縮 応力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	正味の断面に 対する圧縮応 力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	縦圧縮破壊時 間 (hr)
DM-S 辺材	0.462	3/4	133	169	**
MS-S	0.446	3/4	133	206	**
MM-S	0.453	4/4	194	271	216
DS-S	0.462	4/4	194	319	4,083
TS-S	0.465	5/4	242	359	0.3
MM-H 心材	0.428	3/4	134	197	**
TS-H	0.391	3/4	134	170	4,606
MS-H	0.443	4/4	179	279	4,784
DM-H	0.449	4/4	179	250	524
DS-H	0.429	5/4	223	329	3.4

\*\* : 測定継続中

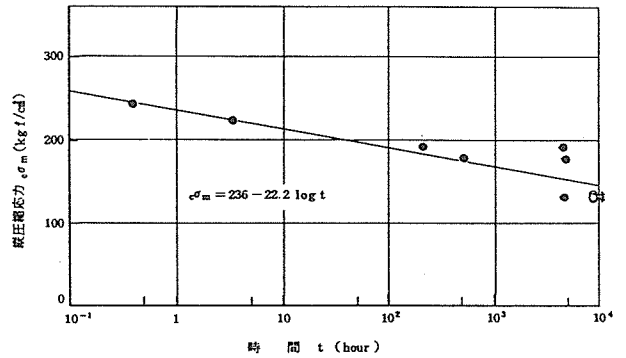


図-25 縦圧縮クリープ破断試験結果



$$L_f b = F_0 \times k_t \times k_v \times k_l \times k_j \times k_s \times \alpha \times \beta \times r$$

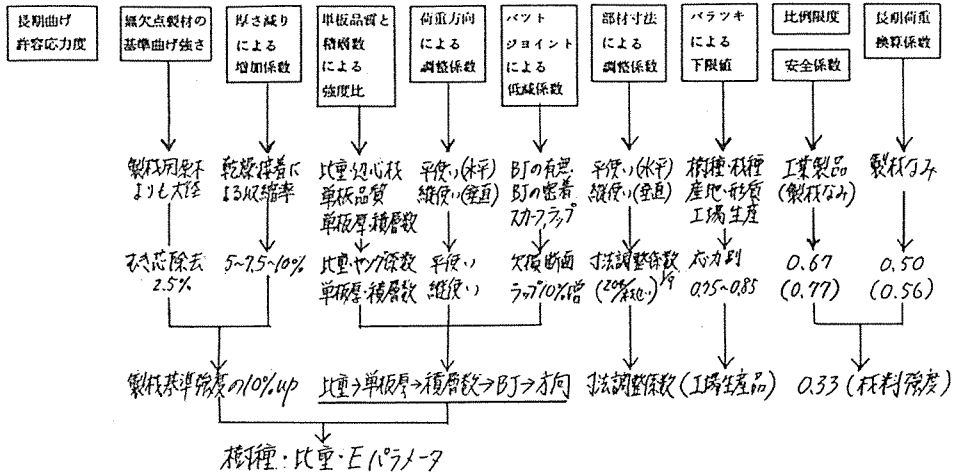


図-26 構造用LVLの長期曲げ許容応力度の誘導

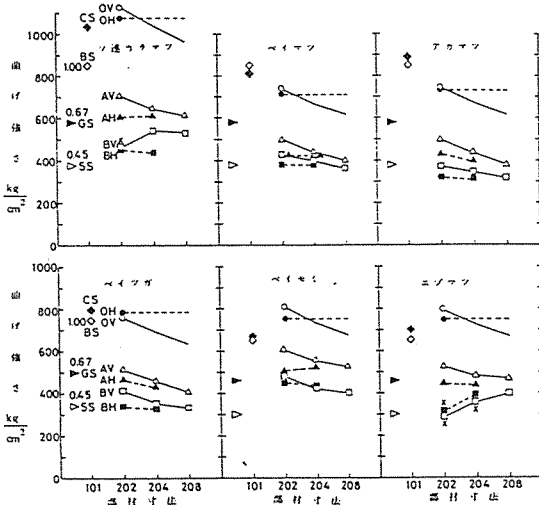


図-27 LVLの曲げ強さ  
(O: バットジョイントなし, A: 2層おき, B: 1層おき)  
(V: 垂直荷重, H: 水平荷重)

供試丸太のCSは前記の標準曲げ試験による数値、BSは製材の各樹種群の基準強さ、製材のSSおよび集成材のGSはBSに強度比0.45および0.67を乗じた数値である。

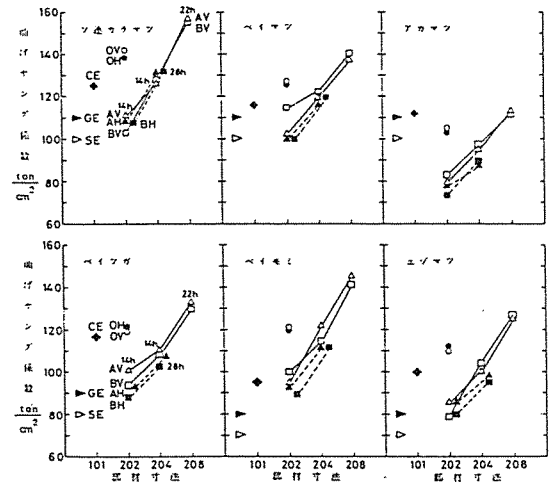
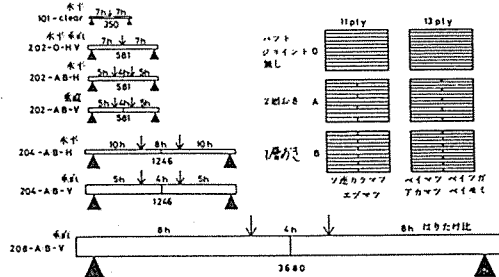


図-28 LVLの曲げヤング係数  
(O: バットジョイントなし, A: 2層おき, B: 1層おき)  
(V: 垂直荷重, H: 水平荷重, h: はりせい)

CEは前記の標準曲げ試験による数値、製材のSEおよび集成材のGEは木構造設計規準<sup>3)</sup>に記載の数値である。



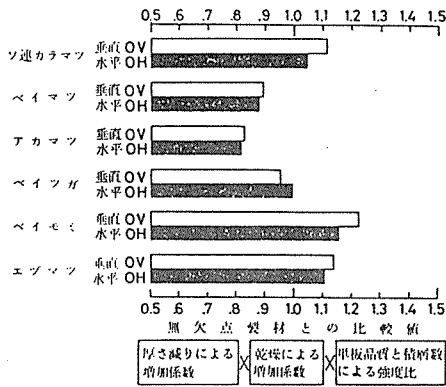


図-29 単板品質と積層数による強度比

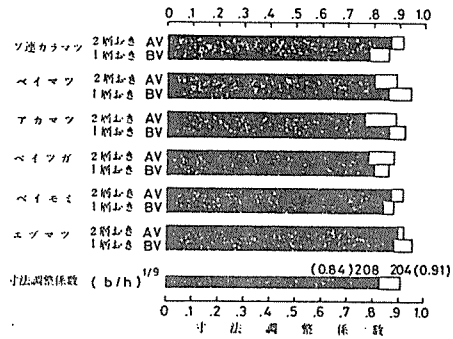


図-30 寸法調整係数 (白抜き: 204, 黒塗り: 208)

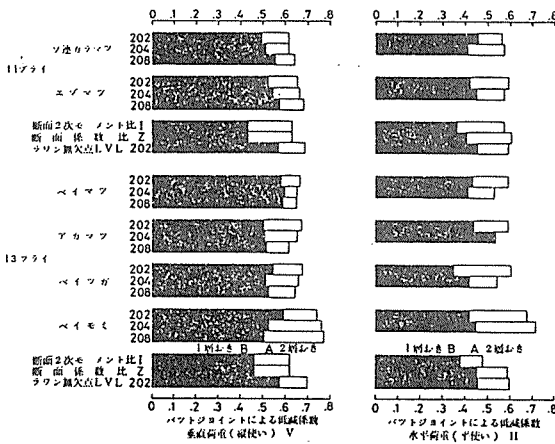


図-31 バットジョイントによる低減係数 (白抜き: 2層おき, 黒塗り: 1層おき)

表-17 単板の厚さと品質による増加係数

単板厚 (mm)	単板の品質		
	高品質	中品質	低品質
50	1.00	1.10	1.15
40	1.00	1.10	1.20
30	1.00	1.10	1.20
25	1.00	1.15	1.25
20	1.00	1.15	1.25
15	1.00	1.15	1.30
10	1.00	1.20	1.35
0.5	1.00	1.25	1.45

引張強度の場合は上表の数値を凡ゆる  
 圧縮強度の場合は上表の数値の小数点以下を $\frac{1}{2}$ とする  
 (1.10  $\rightarrow$  1.05, 1.45  $\rightarrow$  1.225)  
 曲げ強度(水平)の場合は上表の数値の小数点以下を $\frac{1}{4}$ とする  
 (1.10  $\rightarrow$  1.025, 1.45  $\rightarrow$  1.1125)  
 曲げ強度(垂直)の場合は上表の数値の小数点以下を $\frac{1}{2}$ とする  
 (1.10  $\rightarrow$  1.05, 1.45  $\rightarrow$  1.225)

表-18 単板の品質と積層数による強度比

単板品質	積層数	強 度				比	
		曲げ強度	引張強度	増加係数	縦圧縮強度	せん断強度	横圧縮強度
高品質	4 or more	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00
中品質	4	0.68	0.52	0.89	0.87	0.75	1.00
	5	0.72	0.58	0.89	0.89		
	10	0.77	0.65	0.91	0.91		
	15	0.80	0.70	0.92	0.92		
	20	0.82	0.73	0.93	0.93		
	30	0.84	0.76	0.94	0.93		
	50	0.85	0.77	0.94	0.94		
100	0.88	0.82	0.95	0.95			
低品質	4	0.40	0.27	0.77	0.76	0.75	1.00
	5	0.44	0.29	0.78	0.78		
	10	0.53	0.35	0.82	0.82		
	15	0.58	0.39	0.83	0.83		
	20	0.60	0.40	0.84	0.84		
	30	0.64	0.46	0.86	0.85		
	50	0.66	0.49	0.87	0.87		
100	0.70	0.55	0.88	0.88			

上表の曲げ強度およびせん断強度は水平(水平)の場合の値に、縦断(垂直)の場合には、上表の数値に1.158乗する

# 〈構造用LVLの許容応力度に必要な検討事項〉

## 1. 許容応力度の誘導法

- ・曲げ……………提案方式の検証……………実際の製品試験……………JAS初期試験
- ・縦圧縮……………誘導方式の提案……………実際の製品試験……………曲げとの比率
- ・引張……………誘導方式の提案……………実際の製品試験……………曲げとの比率
- ・せん断……………集成材式の導入……………小型実大比較試験……………製材品との比率
- ・横圧縮……………製材式の導入……………実際の製品試験……………製材品との比率

## 2. 樹種群と等級

- ・樹種群……………製材・集成材と一致させるか、どうか？
- ・等級……………JASの特級・1級・2級・COKか、 $\sigma$ ・E等級を分けるか、どうか？
- ・荷重方向……………平使いと縦使いを分けるか、どうか？

工場	樹種	JAS安定度試験の結果			JAS特級適合基準		
		E(10 <sup>3</sup> Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	E(10 <sup>3</sup> Kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
TJ	ベニノ	146~191	503~997	58~88	120	435	40
TP	ラワン	103~133	921~970	51~66	80	390	30
YK	ベニノ	121~161	401~831	41~90	120	435	40

## 3. JAS改正を要する事項

- ・等級……………特級より上位等級を設けるか、どうか？
- ・構成……………単板厚・品質・積層数の規定を見直すか、どうか？
- ・バネ係数……………スカーフ・ラップ・接着剤の量を規定するか、どうか？
- ・ヤング係数……………強度等級(曲げ、引張、縦圧縮)と別立てとするか、どうか？
- ・荷重方向……………平使いと縦使いを分けるか、どうか？

## 4. 設計施工上必要な事項

- ・寸法調整係数……………米国(ASTM)方式と平使い・縦使いとも採用するか、どうか？
- ・欠き込み……………製材と同等とよいか、どうか？
- ・長柱座屈……………製材と同等とよいか、どうか？
- ・釘接合……………製材と異なる点をどう考えるか？試験を追加するか？
- ・ボルト接合……………製材と差異があるか、どうか？試験方法をどうするか？

## B 構造用単板積層材使用建築物実施例調査

1. はじめに .....	1
2. 主な調査結果 .....	2
3. 調査結果の概要 .....	3
4. 構造用単板積層材使用建築物実施例調査一覧表 .....	7
5. サミットハウス .....	1 1
6. 大鹿振興株式会社中央研究所 .....	2 3
7. 三菱商事千葉木材埠頭 .....	4 5
8. 滋賀原木ウッドランド温室 .....	5 7
9. 株式会社紀陽本社 .....	7 1
10. 大一ウッド株式会社出雲工場 L - P L Y 工場 .....	8 1
11. 横浜港博覧会 I B M 人間館 .....	9 3
12. 外国の事例 .....	1 0 1

# 単板積層材 L V L の構造材への使用実例調査結果

## 1. はじめに

我が国の単板積層材（Laminated Veneer Lumber 以下「L V L」という。）については、昭和50年代頃に製造が始まり、家具用材、建築物の造作用材、大型楽器用材等として広汎に利用されるようになり、昭和53年には建築物の耐力部材以外の用途を対象とした「単板積層材の日本農林規格」（昭和53年8月8日農林水産省告示第106号）が制定され、品質を保証した製品が供給されてきている。

その後、L V L は、欧米のように構造材料としての特性に着目した研究開発が続けられ、構造パネルの枠材や合成ばりのフランジ材などに利用する試みも進められてきたが、たまたま昭和61年米国政府及び米国林産物業界によって東京に建設されたサミットハウスに耐力部材として用いられたことなどから、構造用としてのL V L への関心が高まり、昭和63年には「構造用単板積層材の日本農林規格」（昭和63年9月14日農林水産省告示第1443号）が制定された。このような事情を背景に、全国L V L 協会も設立され、構造用L V L への供給体制も整えられつつある。

もともと、我が国のL V L は、南洋材を対象に合板工場で生産されてきたが、最近では針葉樹の利用が主体となり、製品歩留りが高いうえに、短い丸太からも連続的に長尺の製品が得られることなどから、今後木材資源を有効に利用した建築部品の生産を推進するうえで極めて有望で、近い将来木質構造材料の一分野を担うものとして期待されている。

しかしながら、これまでは、L V L の用途は、家具用、建築物の造作用が中心で、階段板のような一部準構造的利用は進んだものの、建築物の構造材としての利用は特殊な場合に限られ、一般的に広く使用されるほど技

術的資料が整備されていない現状である。

ごく最近になって、アメリカ、フィンランドから長尺の構造用 L V L の輸入が行われ、本格的に構造材として利用され始めたところである。これら輸入構造用 L V L の使用量は、約  $600\sim 700\text{m}^3$  / 年程度と推定されており、主として住宅（別荘等も含む）用の梁や桁に少しずつ用いられているようである。ここでは、主として構造計算等を行って建築許可を得て建てられた比較的大規模の建築物への使用事例についてとりまとめ、参考に供することにする。

## 2. 主な調査事項

使用事例の調査に当たっては次の各項目を確認するよう努力した。

即ち 建築物の名称・用途

同上所在地

敷地の区分

構造規模（建築面積、延面積、階数、建物高さ、最高軒高）

工事（設計者、施工者、竣工年月）

構造用単板積層材（使用部位、部材寸法）

構造計算

仕口・金物

施工機械等

## 3. 調査結果の概要

### (1) 調査建物の用途

事務所	2棟	温室（フラワーショップ）	1棟
倉庫	1棟	展示館（仮設）	1棟
工場	1棟	展示住宅	1棟

### (2) 構造

枠組壁工法	2棟	簡易耐火構造	1棟
木造軸組工法	2棟	鉄骨造・木造混構造	1棟
大断面集成材構造	1棟		

### (3) 建築延面積等

延面積最小	187 m <sup>2</sup>	延面積最大	1,151 m <sup>2</sup>
建物高さ	低いもの 5.8 m	高いもの	11.9 m
最高軒高	低いもの 5.2 m	高いもの	8.8 m

### (4) 竣工時期

昭和62年	1 (ガットハウス)	平成元年	4
昭和63年	1	平成2年	1

## (5) 構造用単板積層材

### 使用部位

構造用単板積層材の使用部位の大部分は、梁、桁、まぐさ、床梁、床根太等の横架材が主体であって、施工法も構造用単板積層材の接着層を垂直に、繊維方向をスパン方向に使用されている。七例中二例のみで柱材として使用している。

### 寸法

使用部位での製品寸法は、要求されるスパンから構造計算のうえ断面が決定される。この断面の決定に当たっては大半の調査例がトラスジョイスト社の構造用単板積層材を使用した例であることもあって、枠組壁工法用材の実厚みを基準とした38mm, 45mm等の倍数或は組み合わせの厚みを製品の厚みとし、計算で必要とされる背(幅)を決めて製品とされている。従って製品の幅は荷重状況でまちまちのものが造られている。この点は使用者にとって経済的であるが、他材料との納まりの関係で過剰性能の背のものを使用しなければならないケースもある。

長さについてもその製造法の特徴でエンドレスであるので、特に通常高価になり供給に時間を要する長スパンの物がユーザーの必要な寸法で即納される。然し現状では、船舶運送の長尺4071tコンテナの内のり寸法や国内陸上運送の道路交通法上の寸法で制約されて最大で12m弱が最長である。

## (6) 構造計算

構造計算に当たっては、未だ許容応力度が定められていないので、トラスジョイスト社構造用単板積層材(マイクロラム)については、米国内で使用されているNER 119の値を基準としている。



強度性能	単位 kg/cm <sup>2</sup>	
厚 さ	19 ~ 44mm	48 ~ 64mm
曲 げ 応 力	196	168
引 張 り強度	130	108
圧縮強度 (縦)	189	161
〃 (横) 厚さ方向	28	28
〃 〃 幅方向	35	35
水平せん断強度		
厚さ方向	13	11
幅方向	20	20
曲げヤング率	140,000	140,000

\*等級2.0Eの値であり、曲げ強度は梁の背30cmの場合。

その他の梁背の場合は下記の梁背に対応した係数を乗じ、9.0cm以下の梁背の場合、厚さ方向に使用する場合は9.0cmの係数を乗じて使用する。

梁背	9.0	14.0	18.4	23.5	30.5	40.6	50.8	61.0
係数	1.15	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.93

#### (7) 仕口・金物

何れの場合も仕口加工を出来るだけ避け、構造用単板積層材はクロスカット程度に工夫している。三方向立体仕口はなるべく梁上に載せる仕口、挟み梁仕口などの工夫をし、そのほか構造計算による仕口金物を特注して製作している。

#### (8) 施工・機械

仕口加工はできるだけ単純化しているが工場加工が主体である。クロスカット、穴明け程度であれば現場の通常の道具で十分であり特別なものを必要としない。

施工に当たっても長尺、大体積、大重量となる場合が多いのでレッカーを使用した例が多いが、特に大きな負担とは成っていない。

## 4. 構造用単板積層材使用建

建築物名称	・ サミットハウス	・ 大鹿振興株式会社 中央研究所
建物所在地	東京都世田谷区玉川 1 - 1 5 - 1	東京都板橋区舟渡 1 - 4 - 5
(敷地の区分)		
都市計画地区	第2種高度地区	第2種高度地区
用途地域	住居専用地域	準工業地域
防火地域	準防火地域	準防火地域
建蔽容積率	60% 200%	
多雪寒冷地域		
(構造規模)		
構造	木造	簡易耐火建築(イ)
建築面積	208.65 m <sup>2</sup>	639.21 m <sup>2</sup>
延面積	489.75 m <sup>2</sup>	1,151.11 m <sup>2</sup>
階数	3階	2階
最高高さ	11,912 mm	9,850 mm
最高軒高	8,534 mm	6,950 mm
(工事)		
設計	株式会社 一色建築設計事務所	株式会社 一色建築設計事務所
施工	三井ホーム・セキスイハウス 共同企業体	共立工業株式会社
竣工	昭和62年5月	平成元年12月
(構造用単板積層材)		
使用部位	梁、まぐさ、柱	柱、梁、まぐさ
部材寸法	89×356×6400mm 222×457×3960 など	150×500×9850mm 150×500×6960 など多数
使用料	19.81m <sup>3</sup>	51.5m <sup>3</sup>
仕口・金物	別紙	別紙
施工機械	吊り上げにレッカー 使用、フレイマーに よる建て込み	仕口をクスカットで 済むよう継手金 物を設計・使用 建こみはレッカー吊 り上げ施工

# 建築物実施例調査一覧

・ 三菱商事千葉木材埠頭  
倉庫

千葉県千葉市新港  
228

・ 滋賀原木ウッドランド  
温室

滋賀県彦根市西沼波町  
175-1

工業地域  
地域

準工業地域  
指定なし

90cm

鉄骨造木造混構造

697.2 m<sup>2</sup>

697.2 m<sup>2</sup>

1階

9,000mm

8,800mm

木造

153.29 m<sup>2</sup>

187.35 m<sup>2</sup>

1階 一部2階

7,900mm

3,850mm

木構造振興株式会社

サノヤ産業株式会社

平成元年3月

株式会社

イシダ建築デザイン

株式会社社長組

平成元年10月

桁梁

90×600×8300mm

3.645 m<sup>3</sup>

別紙

別紙

棟梁、梁、まぐさ

135×615×6750mm

180×615×5400

90×300×2700

など

35.17 m<sup>3</sup>

別紙

桁梁は柱上部に  
受け口金物を設け  
それにLVLを載せ  
柱にボルト締め

## 構造用単板積層材使用

建築物名称	株式会社紀陽本社ビル	大一ウッド株式会社 出雲工場L-PLY 工場
建物所在地	広島県広島市中区 船入幸町1-7	島根県出雲市 知井宮町

### (敷地の区分)

都市計画地区		指定なし
用途地域	都市計画市街化区域	指定なし
防火地域	準工業地域	指定なし
建蔽容積率	22条指定地域	
多雪寒冷地域		積雪 1 m

### (構造規模)

構 造	木造 (ツーバイフォー)	木造筋交い・ラーメン 混構造
建築面積	414.14 m <sup>2</sup>	852.95 m <sup>2</sup>
延面積	794.07 m <sup>2</sup>	838.67 m <sup>2</sup>
階数	2 階	1 階
最高高さ	9,550 mm	5,800 mm
最高軒高	8,050 mm	5,167 mm

### (工 事)

設 計	株式会社 竹中工務店	株式会社 一色建築設計事務所
施 工	株式会社 竹中工務店	株式会社
竣 工	平成2年2月	昭和63年 月 中筋組

### (構造用単板積層材)

使用部位	2階床梁	屋根小梁
部材寸法	90×610×2×10010 中央鉄アングルトラス 複合	450×360×4876.8mm

使 用 料	7.71m <sup>3</sup>	5.91m <sup>3</sup>
-------	--------------------	--------------------

仕口・金物	別 紙	別 紙
-------	-----	-----

施工機械	集成材工場で加工 特別な機械を使用 必要無し 施工はレッカーで吊 上げ	梁材に梁受け金物 で桁材を取り付け
------	---	----------------------

# 建築物実施例調査一覽 (2)

・ 横浜港博覧会・ (二次的使用例)  
   I B M 人間館 養豚畜舎 畜産牛舎  
 横浜市西区緑町 宮城県登米郡 帯広市郊外  
   7 - 1 栗原町 清水町

仮設建築物 指定無し 指定無し

木造 (大断面集成材構造) 木造 掘っ建て木造畜舎  
   2 1 3 3 . 6 m<sup>2</sup> 7 7 0 m<sup>2</sup>  
   同じ 同じ  
   1 階 1 階  
 2 階 \* 7 , 0 0 0 mm \* 4 , 5 0 0 mm  
   3 , 3 4 8 mm \* 5 , 5 0 0 mm

A B C 開発 小野建築設計  
   株式会社 事務所  
 株式会社 株式会社  
   竹中工務店 渡辺土建  
 平成元年 月 昭和 6 3 年 4 月 昭和 6 3 年

床根だ梁 屋根母屋材 屋根たる木  
 76x508 12.22m<sup>3</sup> 木質 I 型複合梁 木質 I 型複合梁  
 45x508 0.88 (TJI35-508として) (TJI35-508として)  
 38x508 0.89 長さ13,100mm 長さ8,320mm  
 109x508 0.37 340 本 5,250mm  
   14.36m<sup>3</sup> 44x38x2x13,100 各260 本  
   別 紙 x340 44x38x(8,320+5,250)  
   14.90m<sup>3</sup> x2x260  
   11.80m<sup>3</sup>

梁、桁上に載せて 掘っ建て柱上の  
 釘打ち、金物は使 母屋材として使用 桁材に釘着  
 用しない 上弦材切り欠き ひねり金物止め  
   平釘打ち レッカー  
   レッカー使用

## 5. サミットハウス

### 1. 建物の概要等

本建物は、日米貿易交渉分野別（MOSS）協議中最初に取り上げられた林産物協議の過程でアメリカ合衆国木構造デモンストレーションプロジェクトとして計画され、株式会社一色建築設計事務所納賀雄嗣設計による三井ホーム株式会社、積水ハウス株式会社建設共同企業体による施行の1階事務所、2階住宅、3階アトリエの木造3階建てである。全部材をはじめフレーマー、内装大工も米国より来日し、全くアメリカ式の建物としてマスコミを通じて一般にも広く知られた。

3階建てでしかも大型の枠組壁工法（ツーバイフォー）構造で、従来国内木造建築にない課題に挑戦したばかりでなく、使用部材にも新しい木質材料である構造用単板積層材をはじめ、ウエハーボード、OSB、集成材、木質複合梁（I型梁）などが取り込まれていた。

### 2. 構造用単板積層材の使用部位、寸法

サンルーム柱・梁 厚み89mm 背356mm 長さ 2.900m, 8.500m

棟 梁 厚み89mm 背356mm スパン6.400m

1階2階まぐさ 厚み222mm 背457mm スパン3.960m

いづれもトラス・ジョイスト（現TJインターナショナル）社製米松構造用単板積層材（商品名マイクロラム）1 3/4 インチ（約45mm）厚を2枚あるいは5枚をレゾルシノール樹脂接着剤を用いて再積層接着したものである。

### 3. 使用量

構造用単板積層材 19.81M<sup>3</sup>

フランジ材 I型複合梁としてTJI35- 122本 619.5M

TJI25- 64本 407.3M

### 4. 仕口、金物等

梁材は全て柱に載せて施行し金物は使用していない。

サンルーム柱と梁の接合は金属パイプによるダボ接合。

I型複合梁は専用ねだ受け金物を使用。

## 5. 構造設計の考え方

構造用単板積層材、I型複合梁など建築基準法等に定めない構造用材については、特別のデモンストレーションであること、展示用仮設物であることなどからアメリカで認められた剛性を使って設計された。即ち

マイクロラムの許容応力度 (kg/cm<sup>2</sup>)

(The Council of American Building Officis NRB-126)

厚み	等級	曲げ 応力	引張り 強度	圧縮 強度	圧縮強度		せん断強度		ヤング率
					厚さ	幅	厚さ	幅	
					//	方向	方向	方向	方向
19mm	2.2E	217	144	200	28	35	13	20	154,000
～	2.0E	196	130	189	28	35	13	20	140,000
44mm	1.8E	161	116	168	28	35	13	20	126,000
48mm	2.2E	186	123	168	28	35	13	20	154,000
～	2.0E	168	109	161	28	35	13	20	140,000
64mm	1.8E	137	98	144	28	35	13	20	126,000

\* 通常の長期荷重(Normal load duration)の許容応力度

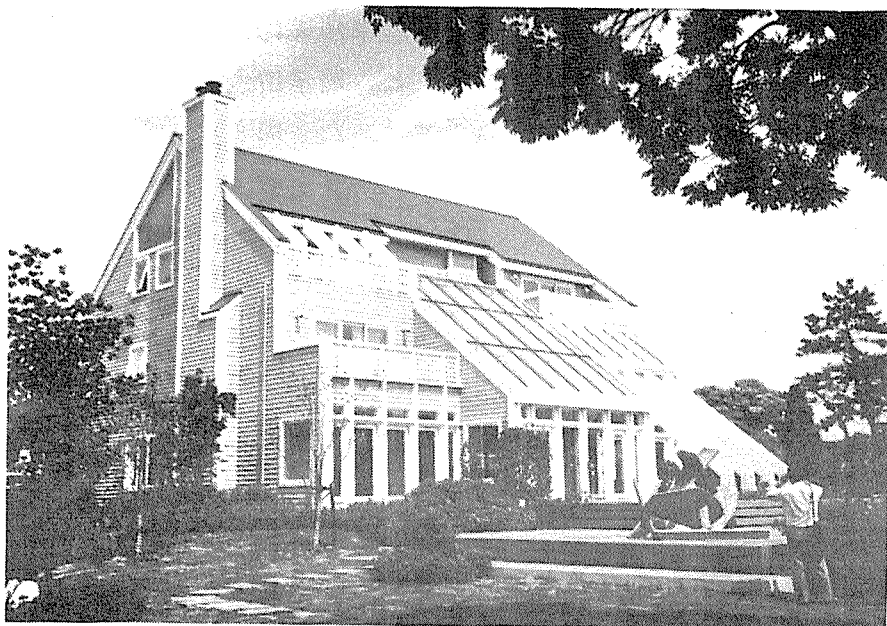
\* 曲げ強度は梁の背30cmの場合で、その他の場合は以下の係数を乗じること、また、平板で使用する時は梁背9cmの係数を乗ずること。

梁背(cm)	9	14	18	24	30	40	50	61
係数	1.15	1.09	1.06	1.03	1.00	0.97	0.94	0.93

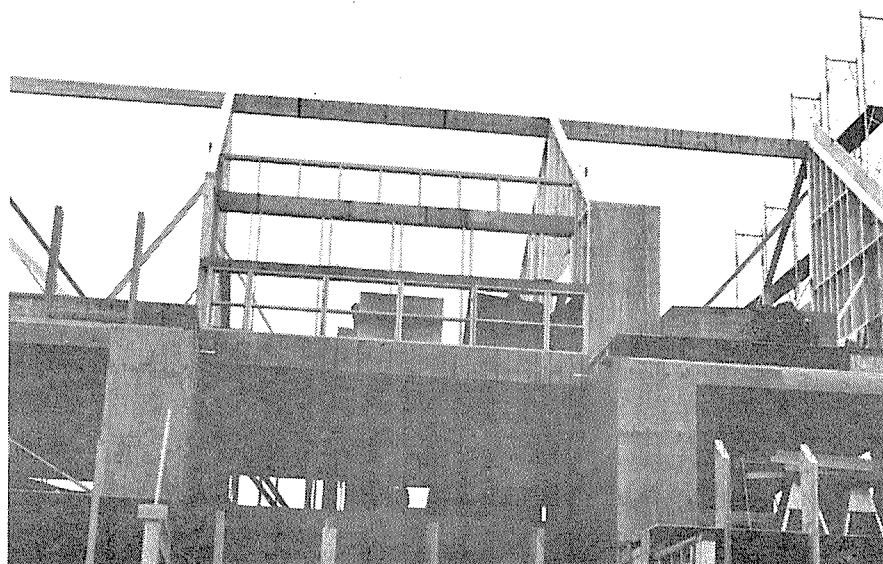
## 6. 施工機械設備

工法が枠組壁工法であるので、複雑な継ぎ手仕口は無いので持ち込まれた部材の端部はクロスカット状で、現場での加工も殆ど無く、あってもスキルソーの切断程度で、施工時に特別な加工設備機械などを使用していなかった。

吊り上げにレッカーを使用し、フレイマーによつて建て込が行なわれた。

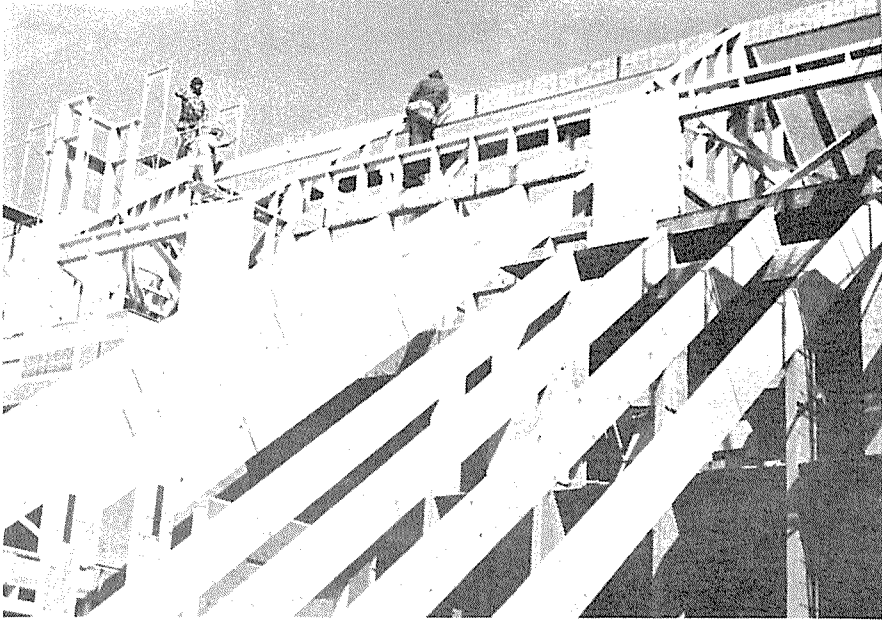


サミットハウス完成全景

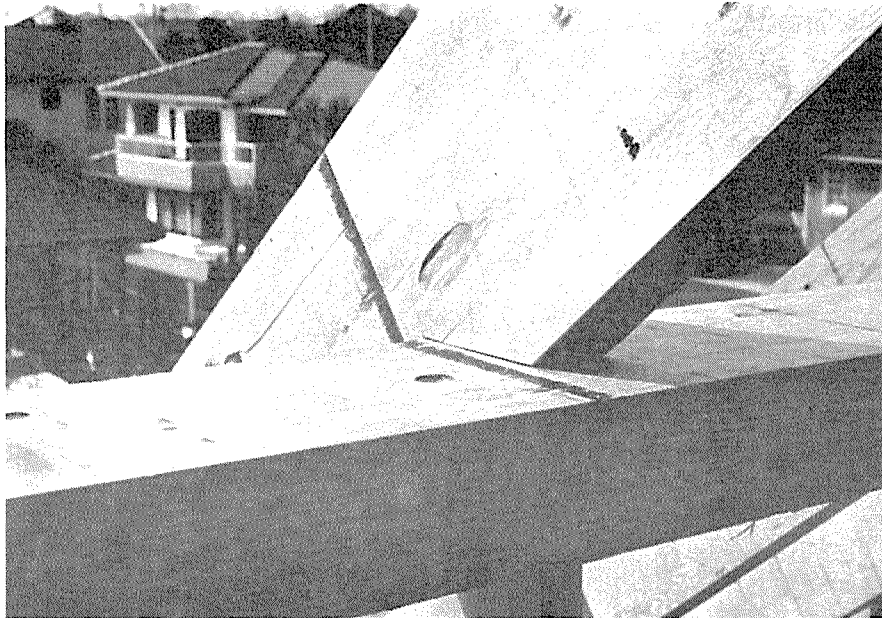


棟木、3階床梁に構造用単板積層材

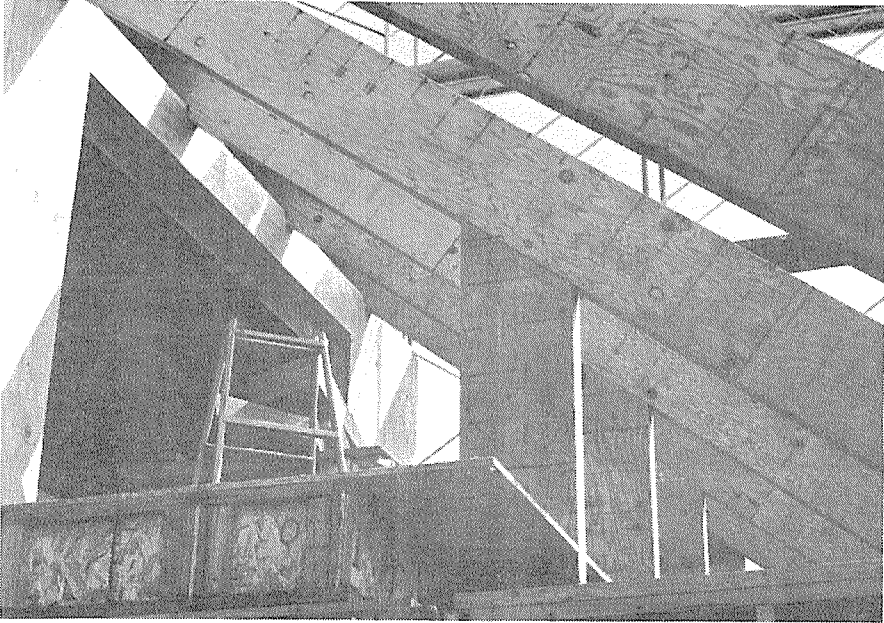




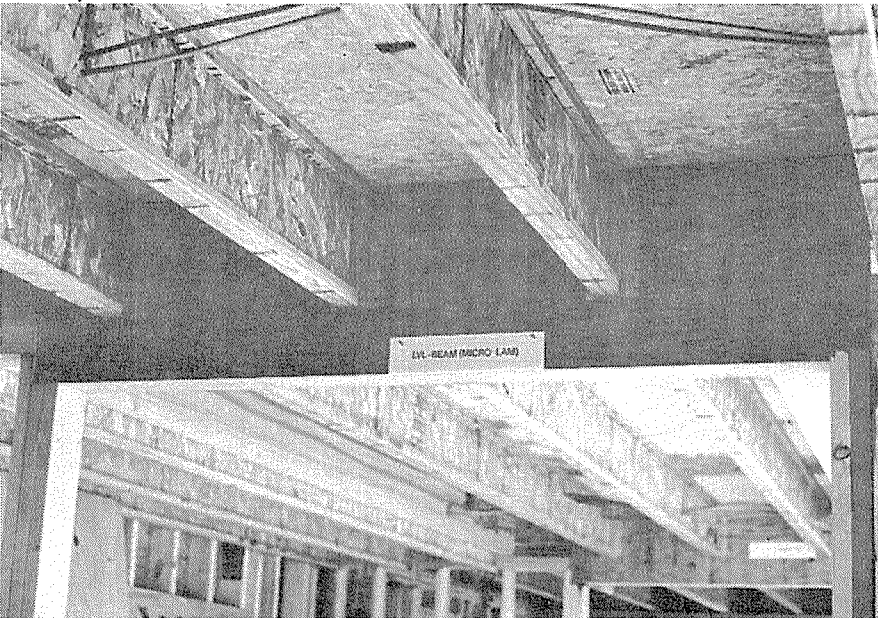
吹き抜け部の長尺屋根梁は構造用単板積層材



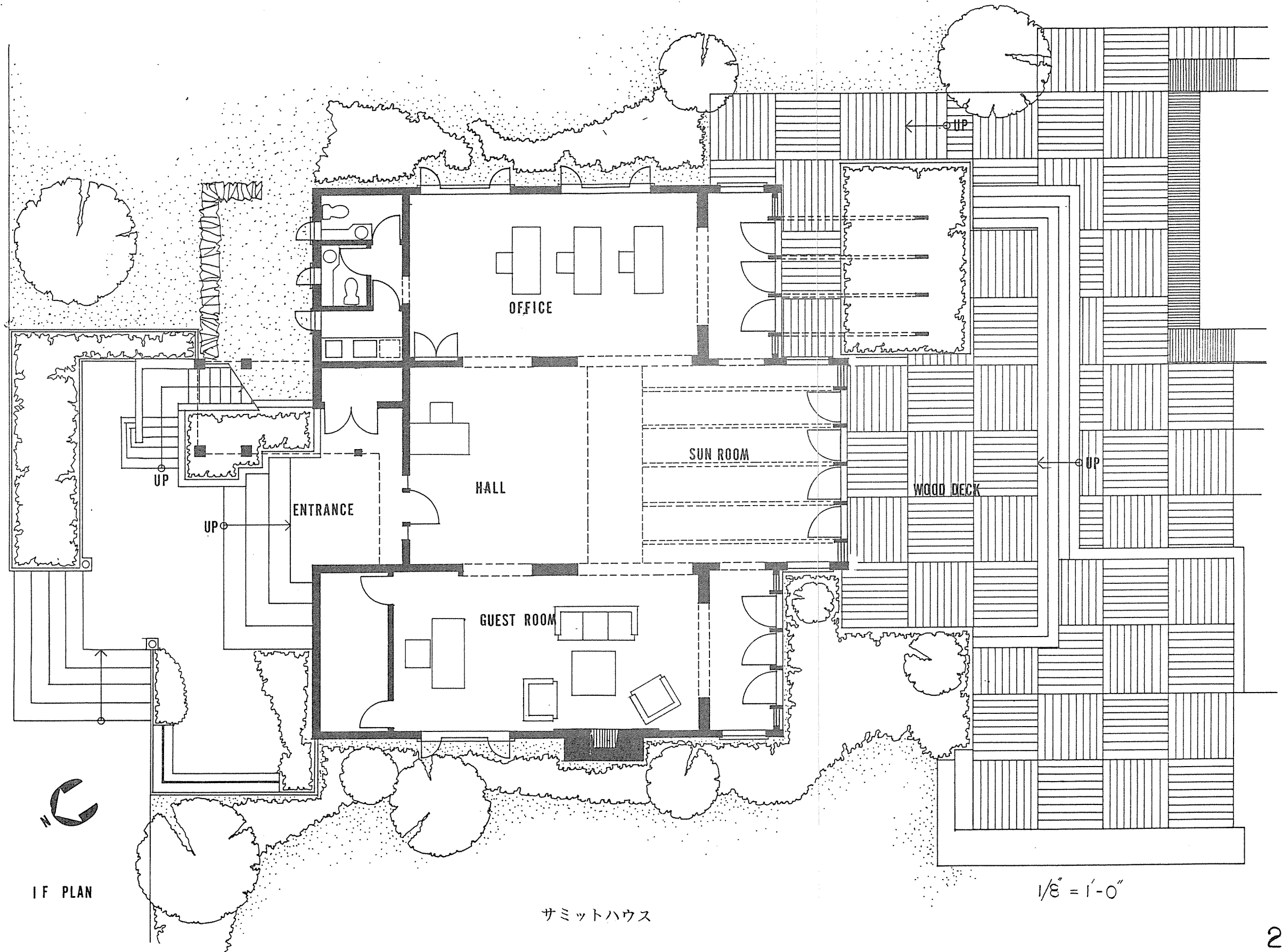
屋根梁と桁の接合部仕口



柱、梁、まぐさに構造用単板積層材



2階床、壁を支えるまぐさと木質I型複合梁の床根だ

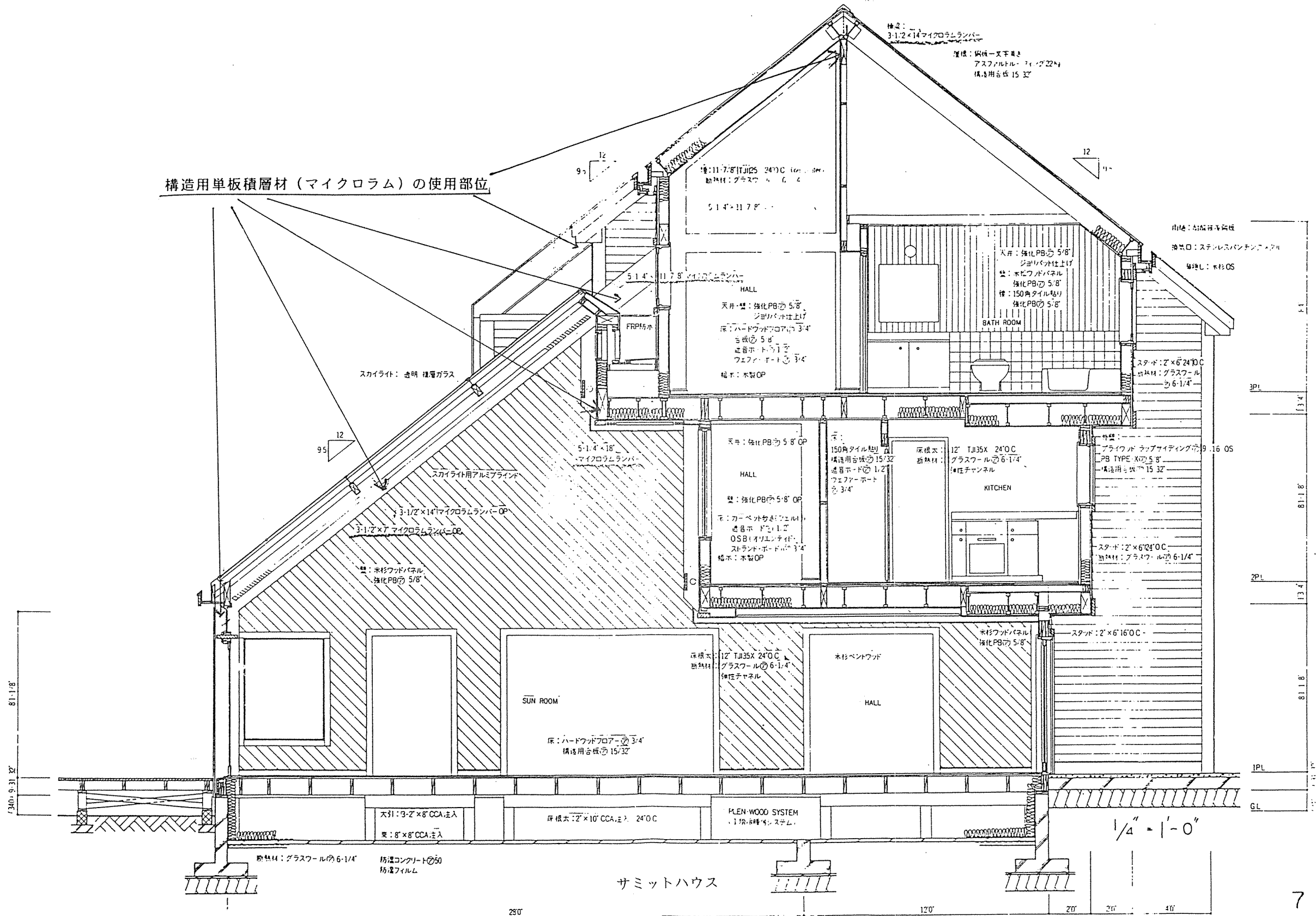


1 F PLAN

サミットハウス

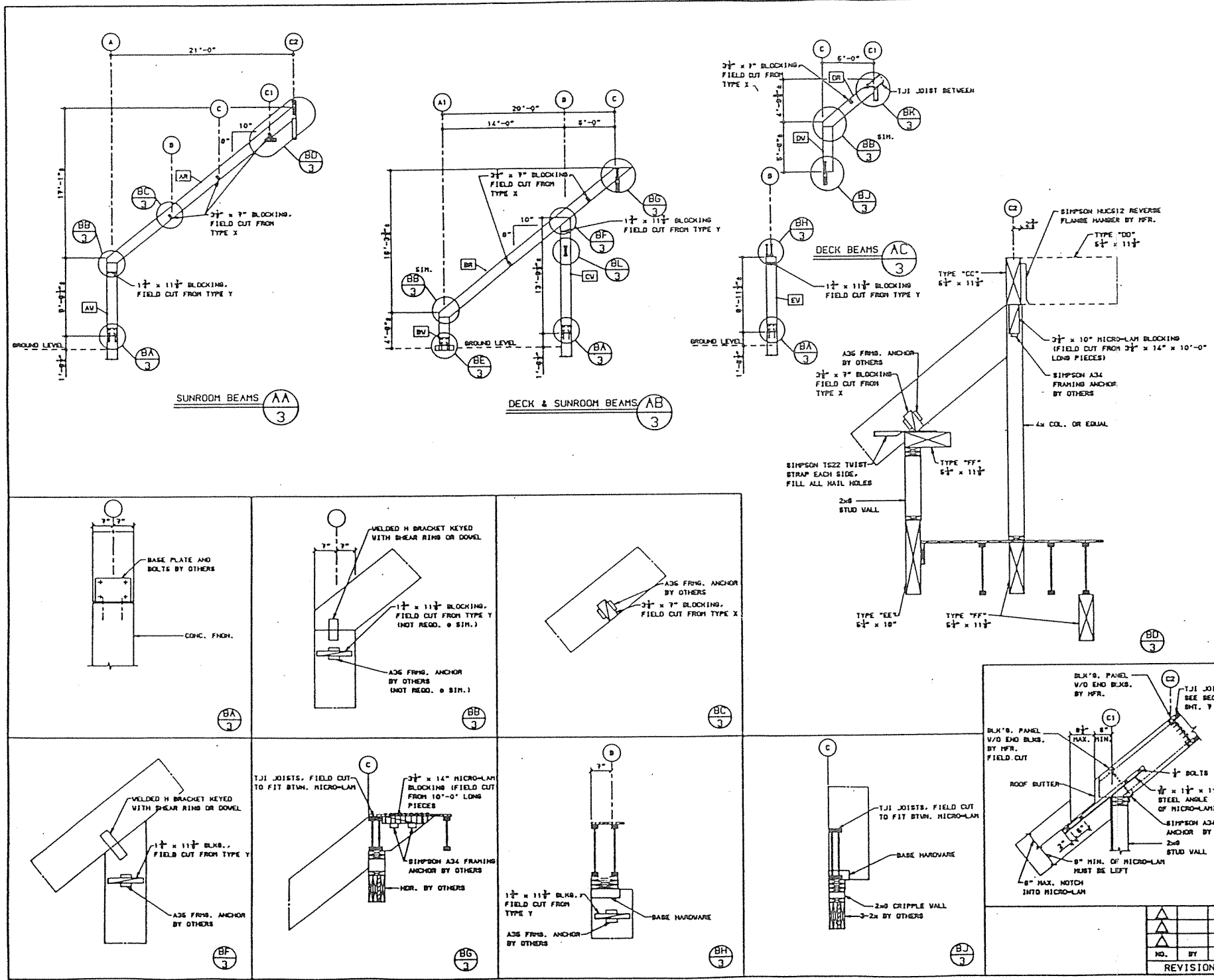


構造用単板積層材（マイクロラム）の使用部位



サミットハウス





MICRO-LAM LAMINATED LUMBER HEADER MATERIAL LIST							
QTY.	TYPE	WIDTH/DEPTH	LENGTH	ROUGH OPEN'g.	MIN. PERS.	GRADE	NOTE
5	AV	3" x 14"	12'-0"		N/A	2800	
5	AR	3" x 14"	20'-0"		N/A	2800	
6	Z	3" x 7"	18'-0"		FIELD CUT BLKS.	2800	
3	Y	1 1/2" x 11 1/2"	18'-0"		FIELD CUT BLKS.	2800	
5	BV	3" x 14"	8'-0"		N/A	2800	
5	BR	3" x 14"	20'-0"		N/A	2800	
4	CV	3" x 14"	18'-0"		N/A	2800	
4	DV	3" x 14"	8'-0"		N/A	2800	
4	DR	3" x 14"	14'-0"		N/A	2800	
4	EV	3" x 14"	12'-0"		N/A	2800	
4		3" x 14"	10'-0"		FIELD CUT BLKS.	2800	

© BEARING LENGTH BASED ON 500 PSI PERPENDICULAR TO GRAIN FOR LAMINATED LUMBER.

NOTE: FIELD VERIFY ACTUAL BUILDING DIMENSIONS AND CONDITIONS BEFORE CUTTING ANY MATERIALS

NO.		BY	DATE	DESIGNED BY	DATE	CHECKED BY	DATE	ORDER NO.	1-88-008	SHT. 3 OF 7
REVISIONS		R.S.	1-14	SEM	2-4					

サミットハウス

860227







## 6. 大鹿振興株式会社中央研究所

### 1. 建物の概要等

本建物は、米国T J インターナショナル（旧トラスジョイスト）社の構造用単板積層材マイクロラム及びそれを利用したI型木質複合梁材T J Iの日本輸入窓口となっている大鹿振興株式会社が、それら製品のデモンストレーションを兼ねて建築した研究所棟である。設計もサミットハウスを手掛けた株式会社一色建築設計事務所納賀雄嗣設計によるもので、準防火地域内に建てられる大型木造建築として一つの道を開いたものである。

### 2. 構造用単板積層材の使用部位、寸法

	厚み	背	長さ・スパン
柱	150mm	500mm	
	76mm	500mm	
梁	150mm	500mm	
	76mm	500mm	
	76mm	430mm	
	76mm	350mm	
	76mm	336mm	
	45mm	235mm	

76mmは38mm(1・1/2インチ)を2枚、150mmは同じく4枚をレゾルシノール樹脂接着剤で再積層し、45mmは1・3/4インチの製品そのままから所定寸法に切り出す。

### 3. 使用量

構造用単板積層材（マイクロラム）		51.5 m <sup>3</sup>
フランジ材 I型木質複合梁として		
床根太・屋根たる木	TJI35 - 235	52本
	TJI35 - 305	164
	TJI35 - 406	3
	TJI35 - 508	20

#### 4. 仕口、金物等

梁材で柱を挟みつけドリフトボルト止め接合。

鋼板挿入型継ぎ手金物でRC柱あるいはマイクロラム柱に接合。

(別紙金物図面参照)

I型複合梁は専用ねだ受け金物を使用。

#### 5. 構造設計の考え方

準防火地域での 建坪639.21m<sup>2</sup> 延1,151.11m<sup>2</sup> 総2階建て、事務所、研究作業用途の建物として、主構造柱、梁をRC造りとして、外壁と立体縦割りの3区画の界壁をブロック積み工法としてイ簡耐構造を満たし、各区画内の2階床、小屋を可能な限り単板積層材などを使用した木構造とした。

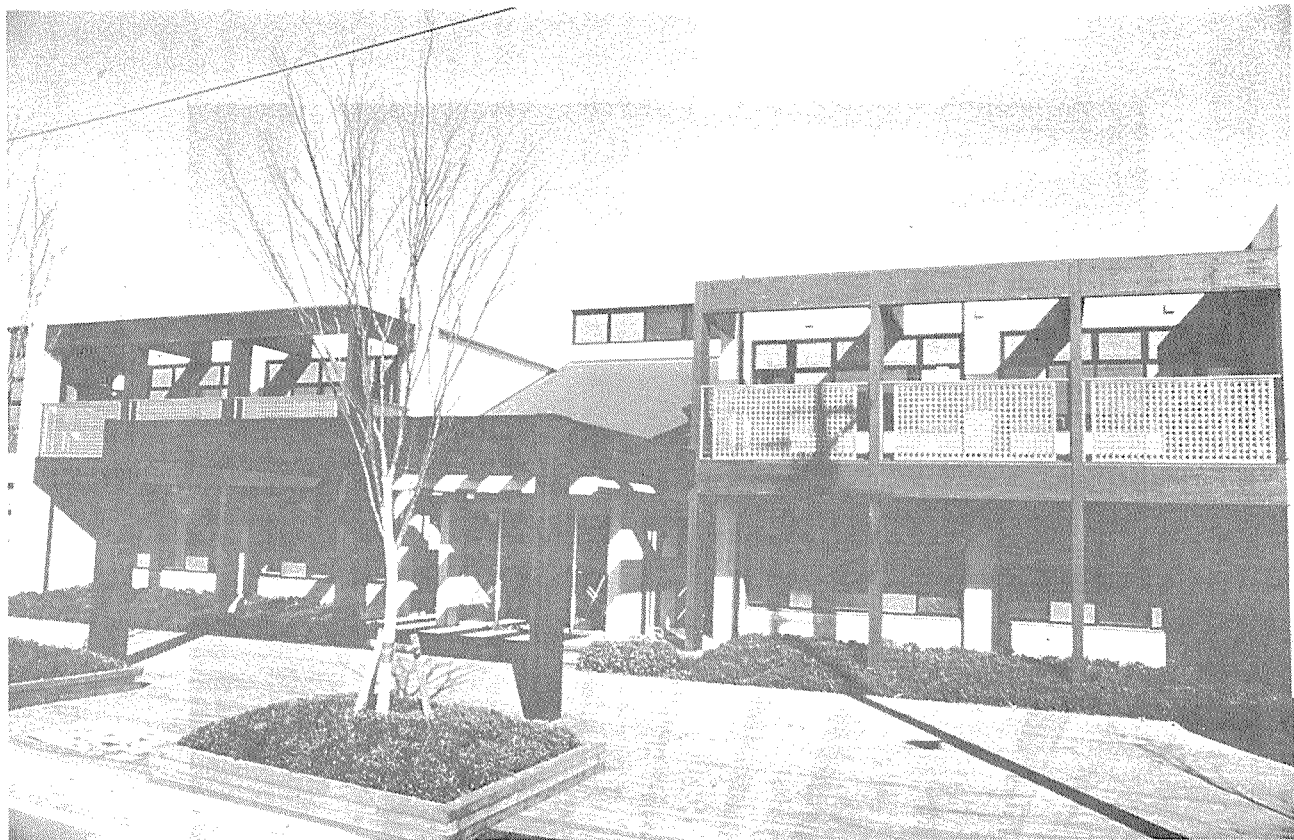
部材寸法を決定するための構造用単板積層材(マイクロラム)の許容応力度として、曲げヤング率は140,000kg/cm<sup>2</sup>、曲げ強さ145kg/cm<sup>2</sup>、せん断強さ13kg/cm<sup>2</sup>を採用している。

木質I型複合梁(TJI)は建築基準法38条による建設大臣の認定を受けた剛性値を用いており、この時の許容曲げモーメントはTJIの種類、背で35,300kg・cmから122,300kg・cm、許容せん断力も321kgから663kg、まで、ヤング率はウエップ部分は安全側に零として取扱いフランジ材の構造用単板積層材マイクロラムのみとして、それを140,000kg/cm<sup>2</sup>と認知されている。

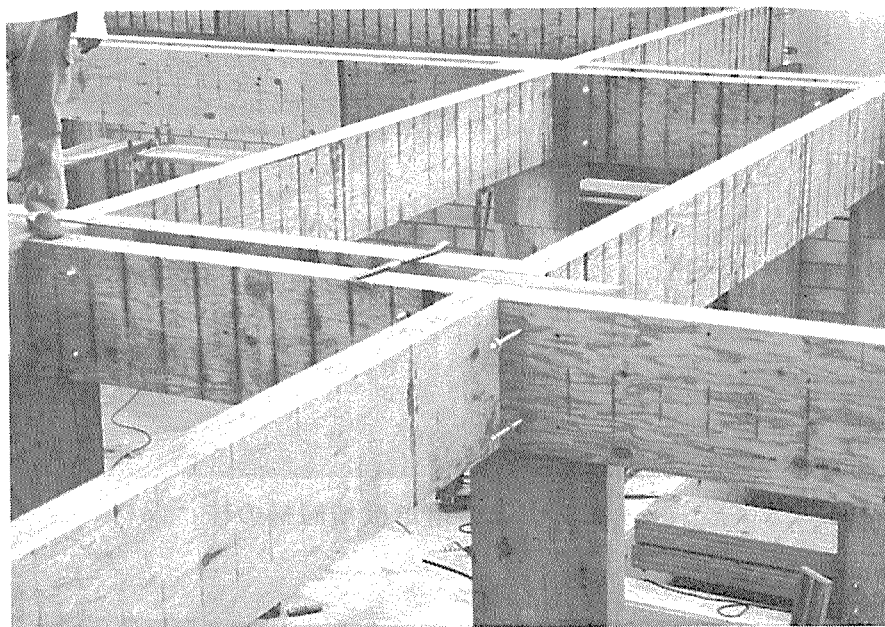
#### 6. 施工機械設備

仕口には継ぎ手金物を設計し、梁材などの構造用単板積層材には仕口加工を行わずクロスカットで済まし、柱を抱かえた挟み梁とするなど板状をしている構造用単板積層材の特徴を生かした施工法となっている。

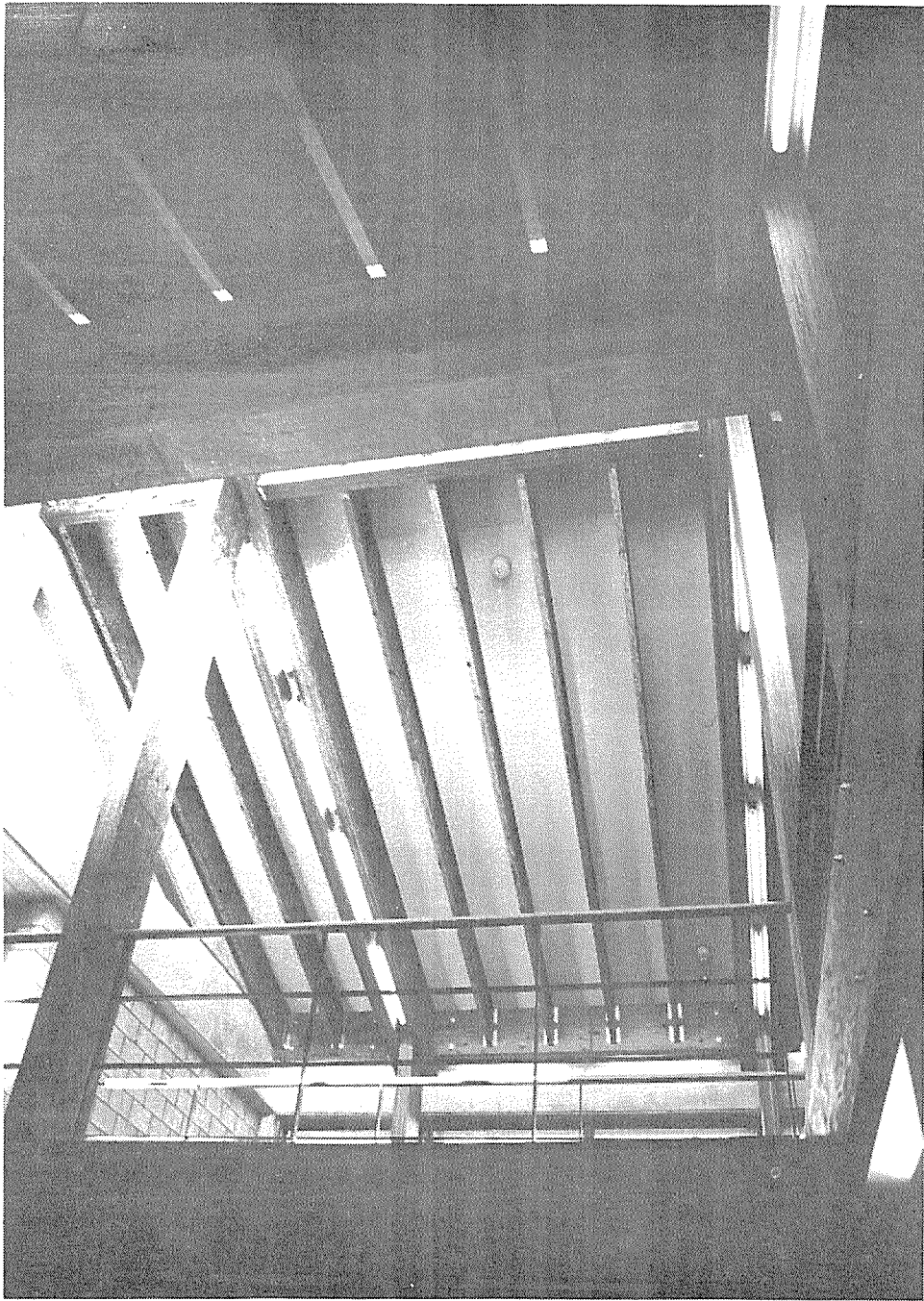
建て込にはレッカー吊り上げ施工。



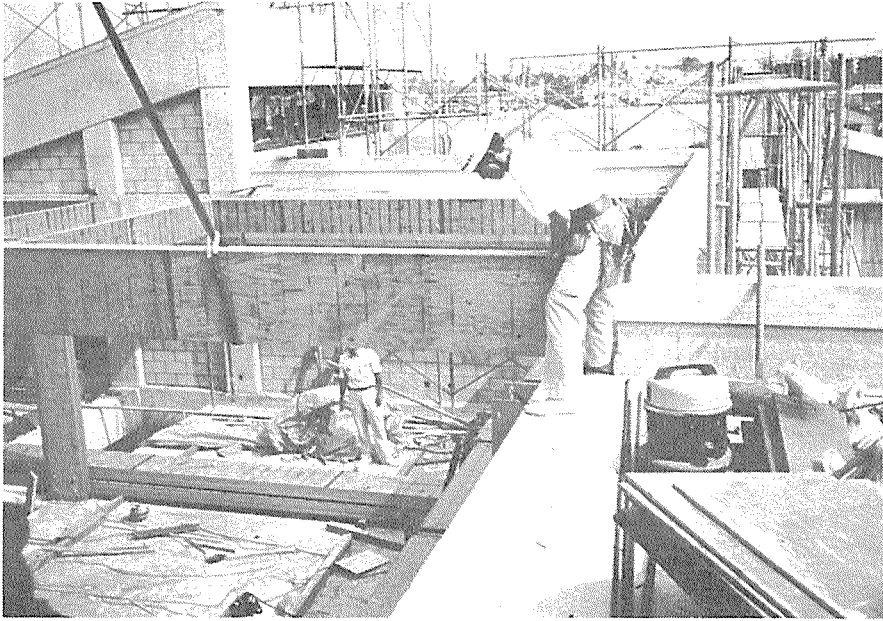
正面全景



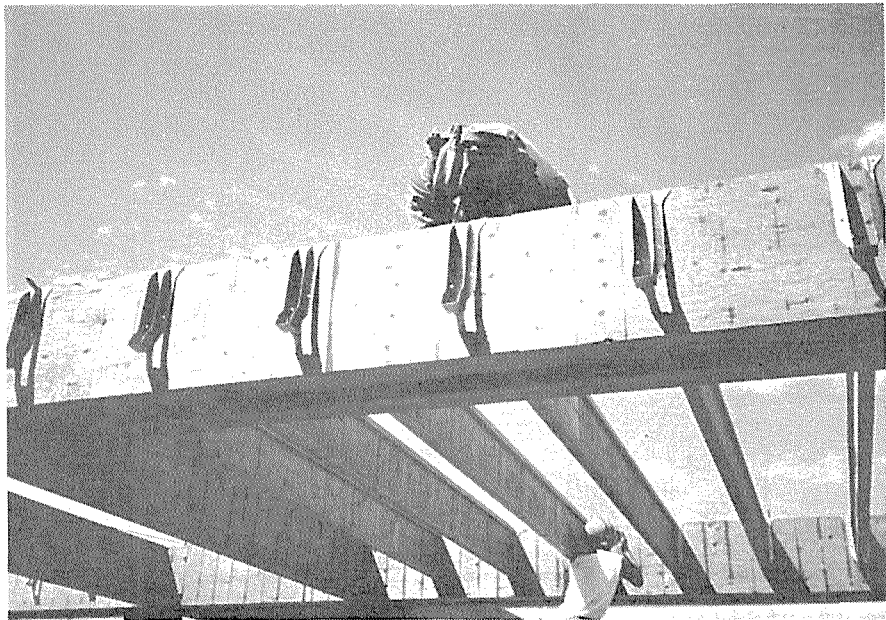
2階部の構造に構造用単板積層材を大量に使用



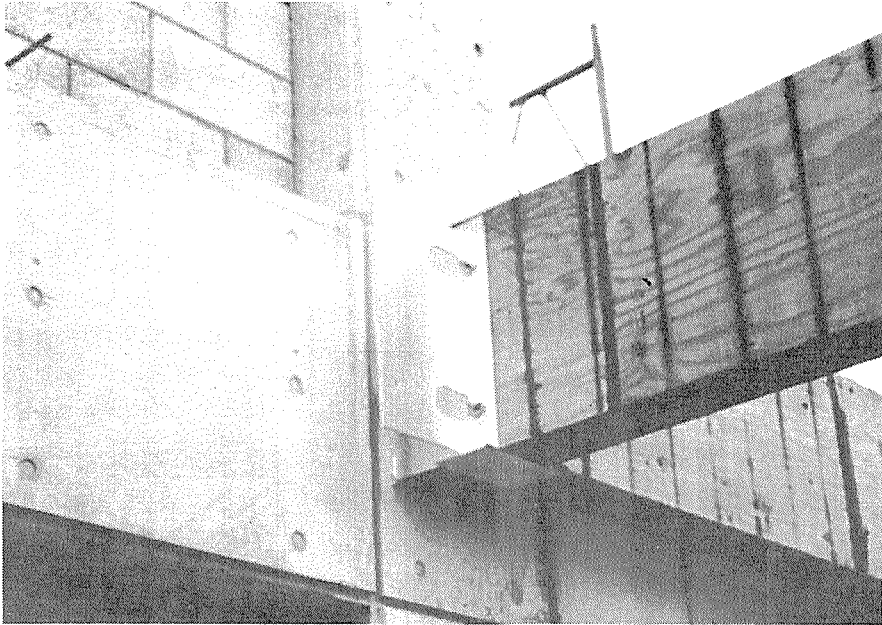
エントランスの構造用単板積層材の柱、梁材



R C 梁に取り付けられた金物に挿入される構造用単板積層材の梁材



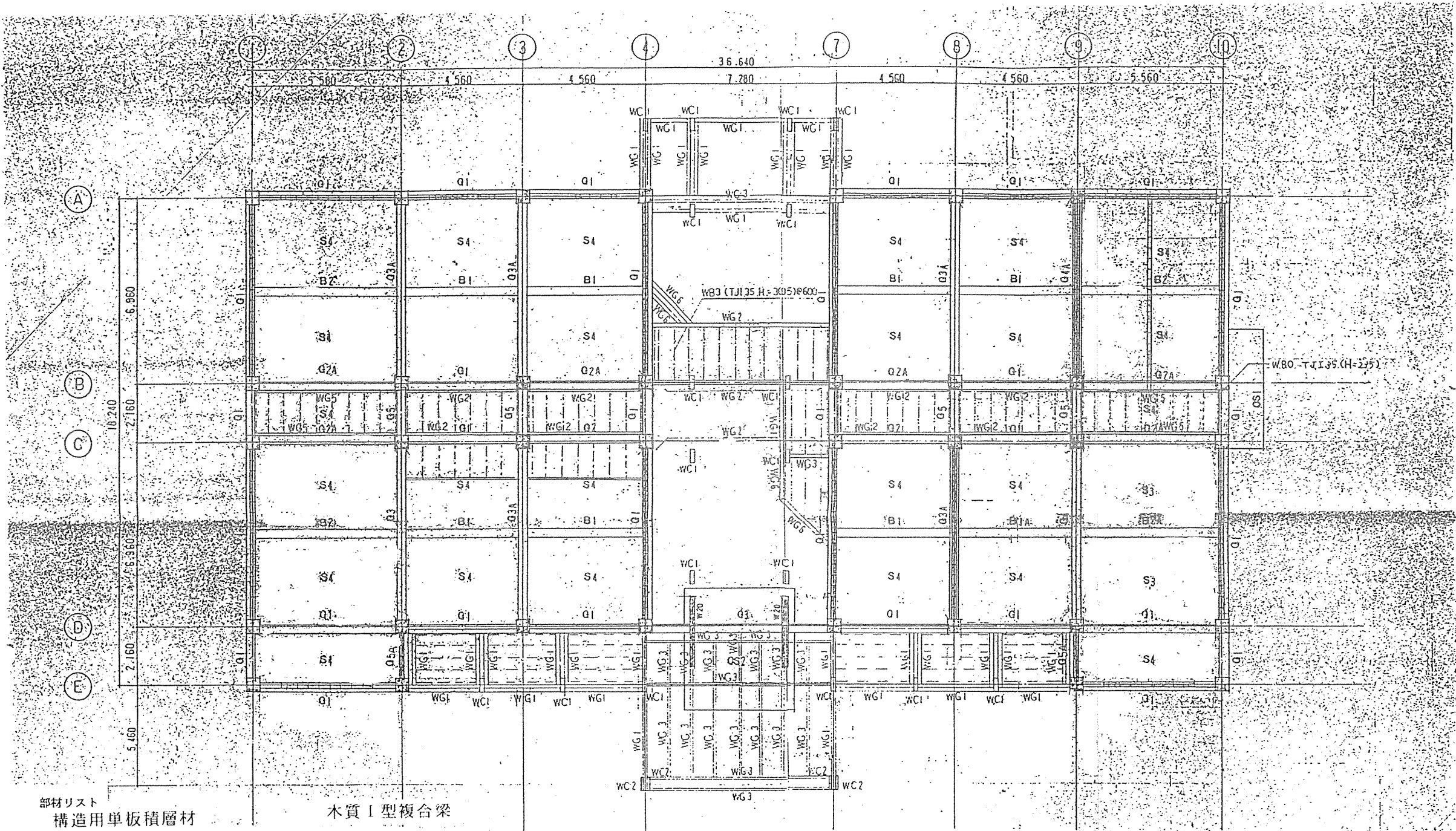
木質 I 型複合梁の母屋を受ける専用金物



左図の仕口の納まりの様子



左図に母屋が納められた状態



部材リスト

構造用単板積層材	
WC1	150×500 (マイクロラム)
WC2	76×500 ( " )
WG1	150×500 ( " )
WG2	76×500 ( " )
WG3	76×350 ( " )
WG4	45×235 ( " )
WG5	76×336 ( " )
WG6	76×430 ( " )

木質I型複合梁

WB0	TJI 35 H235
WB1	TJI 35 H305
WB2	TJI 35 H356
WB3	TJI 35 H406

2階 梁床伏図 1:100

大鹿振興株式会社総合研究所

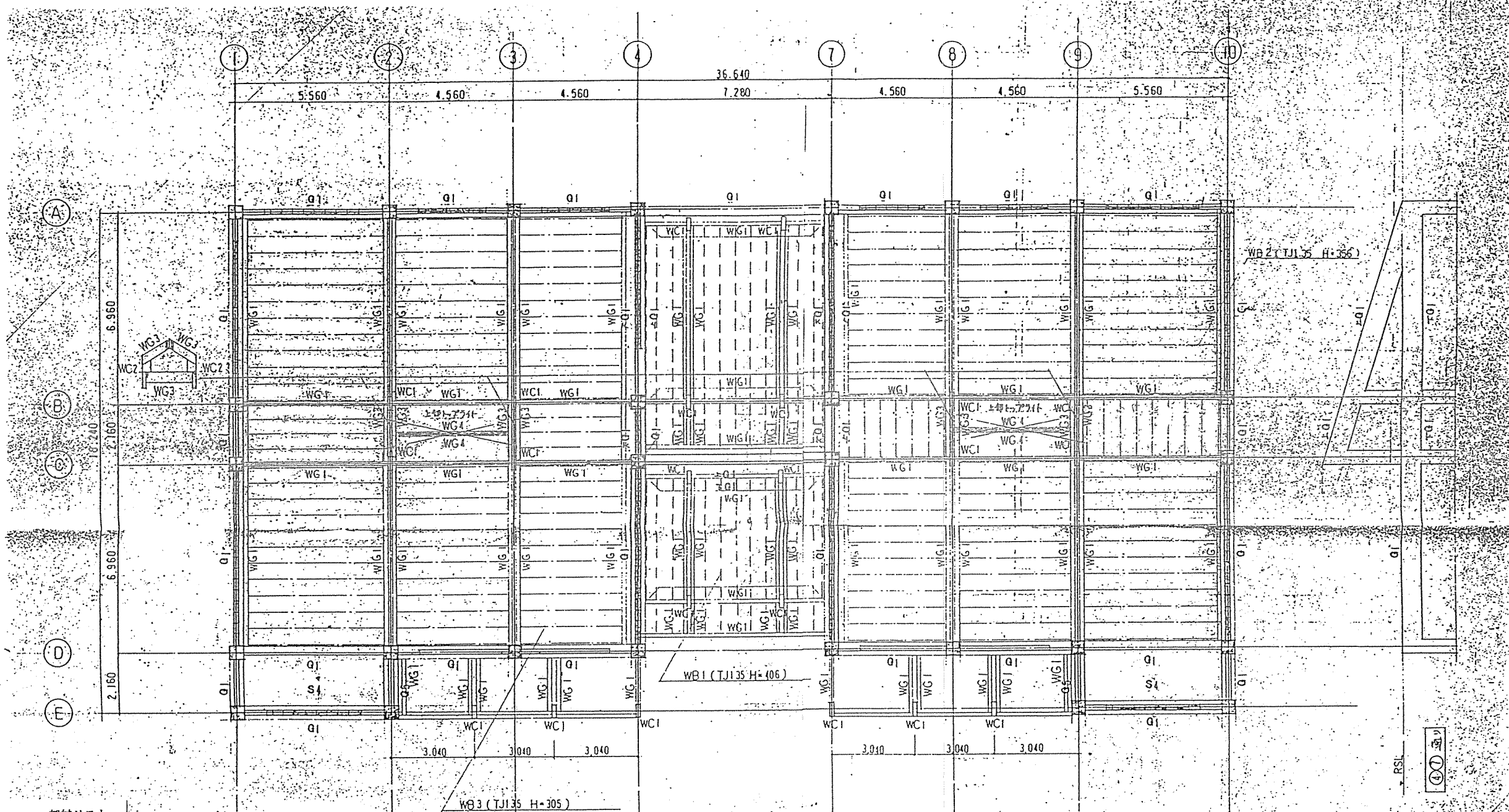
1級建築士  
104293  
菊池時夫

LE	NAME	SCALE	DESIGN	DRAWING	CHECK	ETC	DATE	CONSTRUCTION NO	SHEET NO
6	大鹿振興株式会社総合研究所 新築工事	2階 梁床伏図 (下注) 1:100							S6









部材リスト

構造用単板積層材

- WC1 150×500 (マイクロラム)
- WC2 76×500 ( " )
- WG1 150×500 ( " )
- WG2 76×500 ( " )
- WG3 76×350 ( " )
- WG4 45×235 ( " )
- WG5 76×336 ( " )
- WG6 76×430 ( " )

木質I型複合梁

- WB0 TJI 35 H235
- WB1 TJI 35 H305
- WB2 TJI 35 H356
- WB3 TJI 35 H406

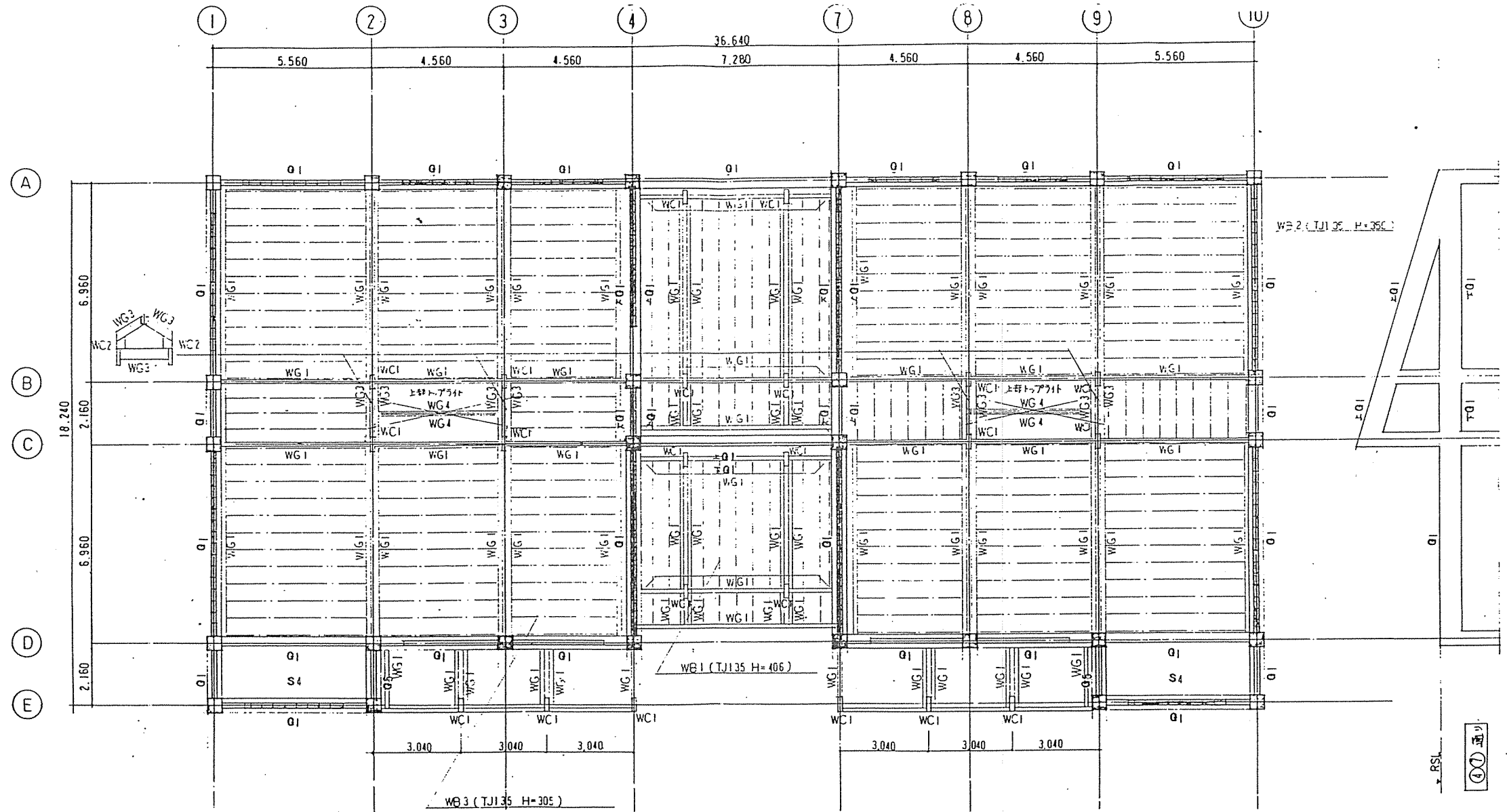
R階 梁床伏図 1:100

〃 TJI 35 (H=235) 表  
 〃 TJI 35 (H=305) 表  
 〃 TJI 35 (H=356) 表  
 〃 TJI 35 (H=406) 表  
 桁架脚 TJI 600 表

1級建築士  
 104293  
 菊池時平

大鹿振興株式会社総合研究所





R階 梁床伏図 1:100

構造用  
単板積層材

部材リスト (材)		
WC 1	150x500	(マ1703/ハ 32x16)
WC 2	76x500	( )
WG 1	150x500	( )
WG 2	76x500	( )
WG 3	76x350	( )
WB 1	TJI 35 H=305	WB 0 TJI 35 H=235
WB 2	TJI 35 H=356	
WB 3	TJI 35 H=406	
WG 4	15x235	(マ1703/ハ 32x16)

木質I型  
複合梁

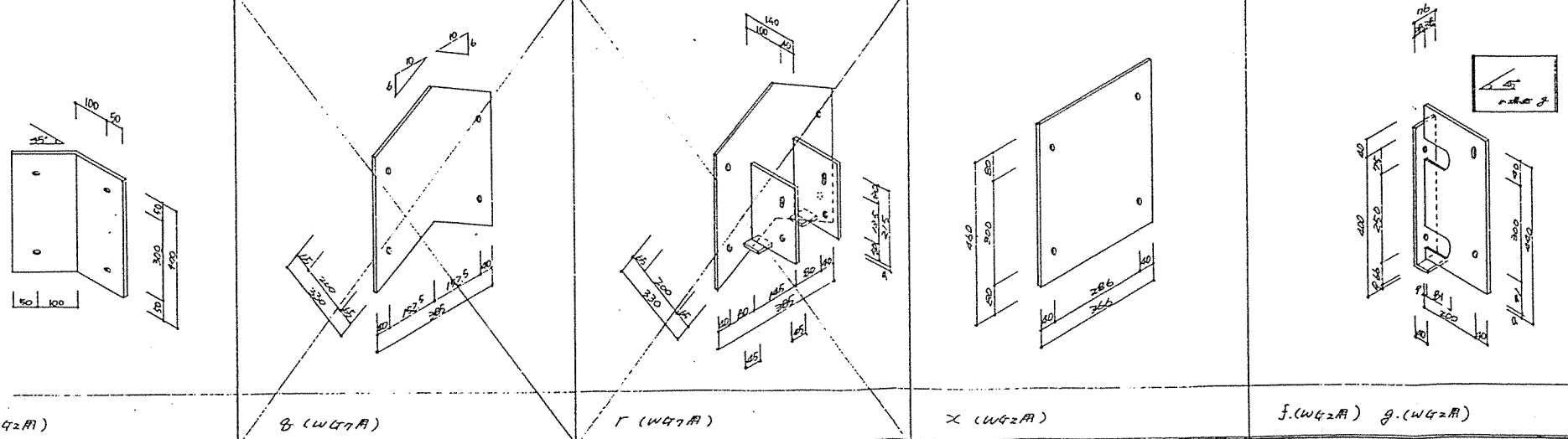
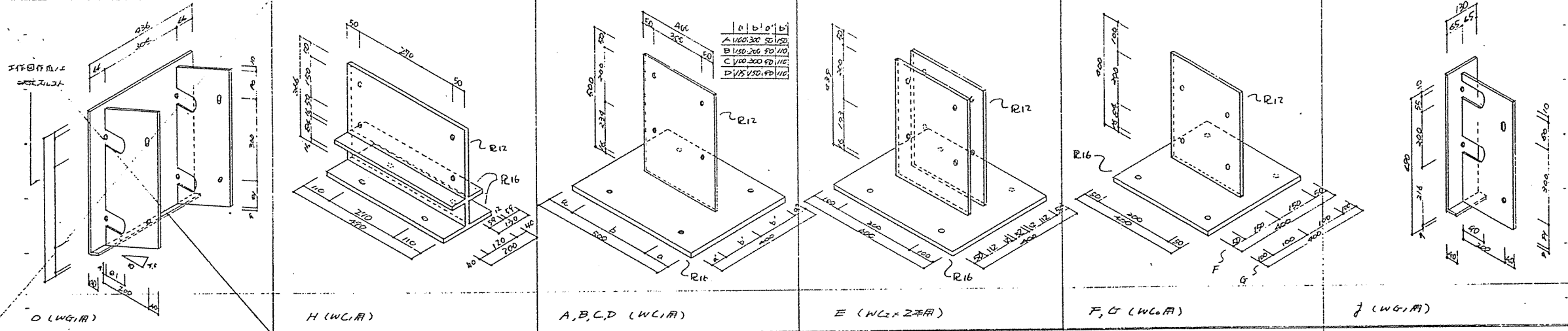
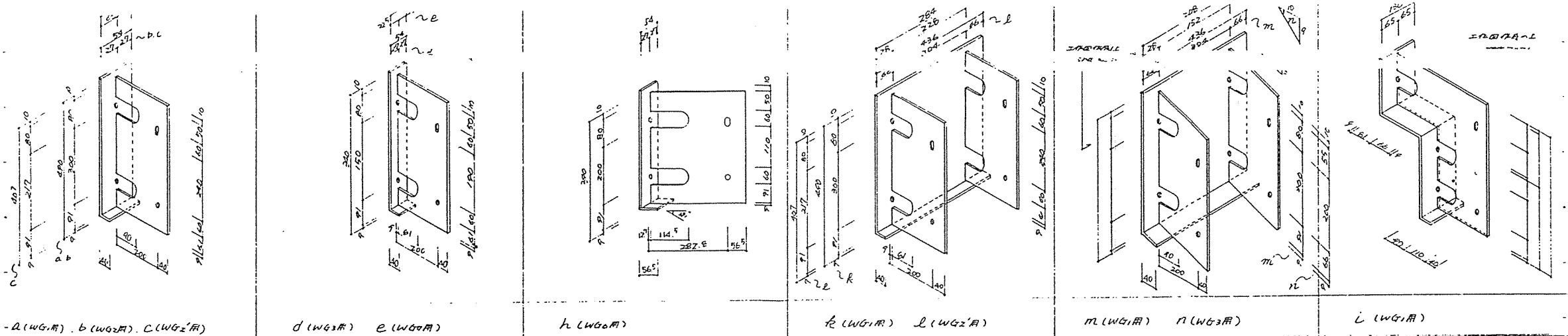
CB 20 1/3

- TJI 35 (H=235) 表
  - TJI 35 (H=305) 表
  - TJI 35 (H=356) 表
  - TJI 35 (H=406) 表
- ※ 材種は TJI 材に 600 1/3

TITLE 7	NAME 大鹿振興舟渡総合研究所新築工事	SCALE R階 梁床伏図 (本誌) 1:100	DESIGN [Stamp]	DRAWING [Stamp]	CHECK [Stamp]	ETC [Stamp]	DATE	CONSTRUCTION NO	SHEET NO 87
------------	-------------------------	-----------------------------	-------------------	--------------------	------------------	----------------	------	-----------------	----------------

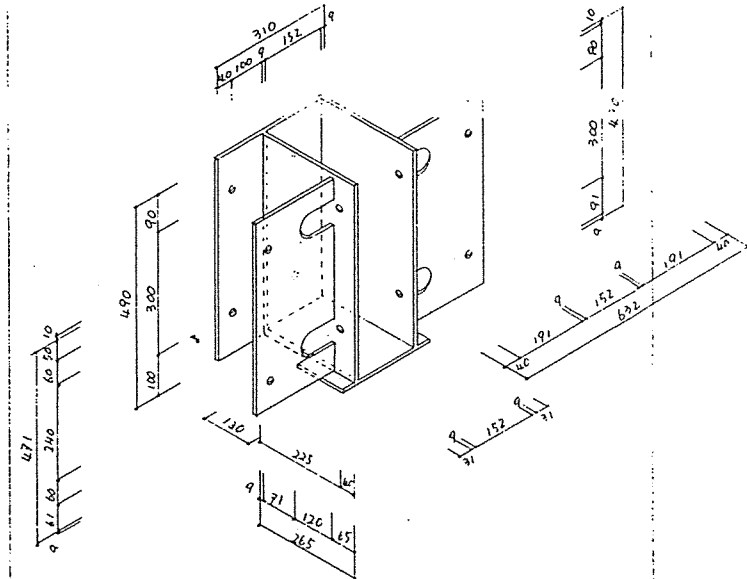
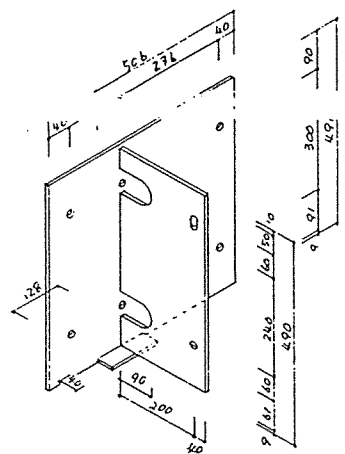






- 一般事項
- ・ T-ボルト M16.
  - ・ ボルト M12.
  - ・ 孔径全.
  - ・ 押込材は凡が9トスル.
  - ・ 取付金具以外はボルトにT-ボルト.
  - ・ 全角金具は取付金具に9トスル.





S (WG4用)

I (RC+WG13用)

TITLE

大鹿振興舟渡総合研究所 新築工事

NAME

接合部形状のラジエタ...

SCALE

1:10

DESIGN DRAWING CHECK ETC

Ich...

DATE

199.06.29

CONSTRUCTION NO

SHEET NO

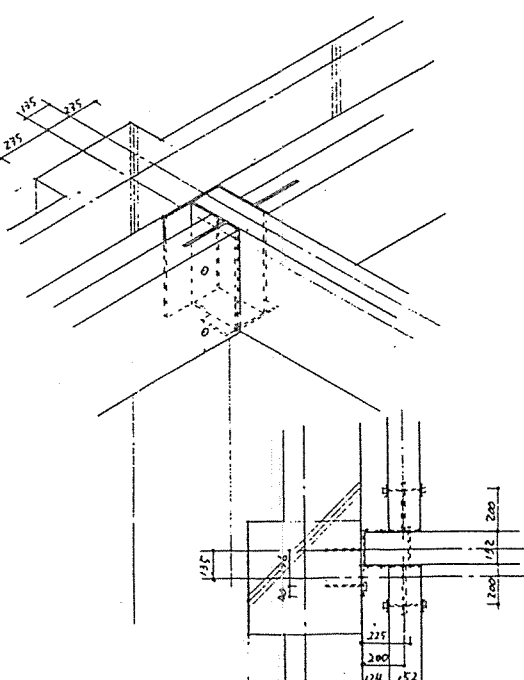
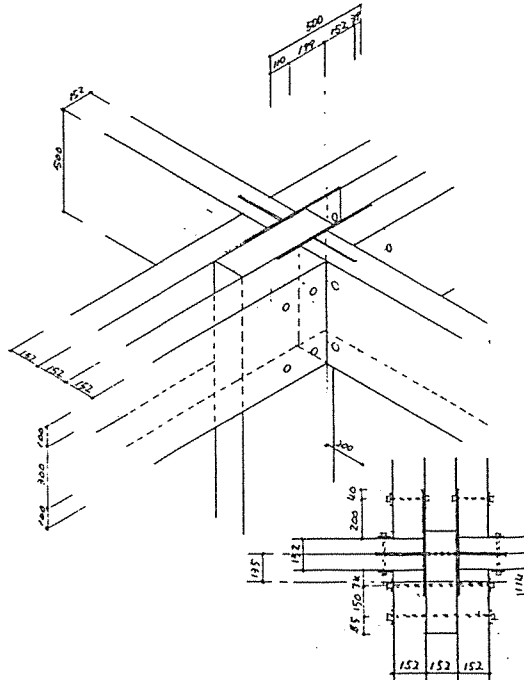
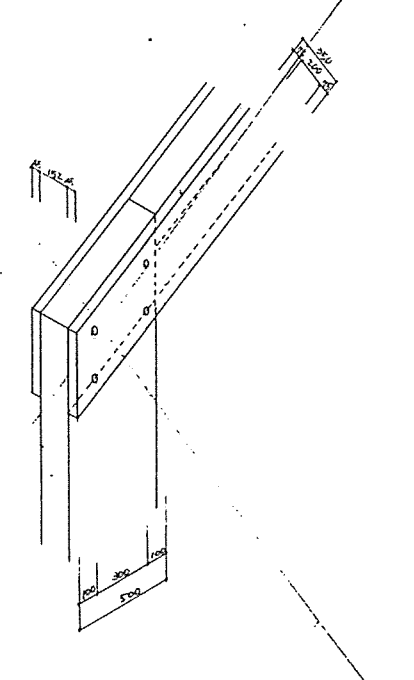
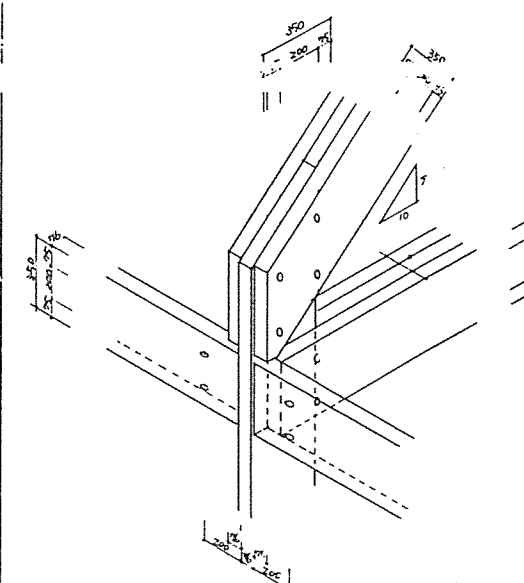
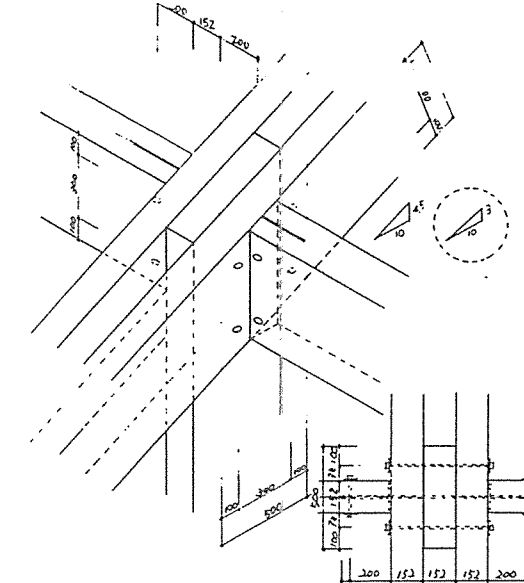
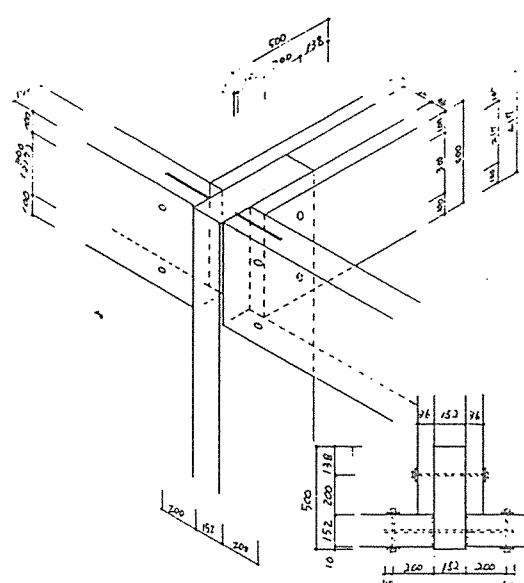
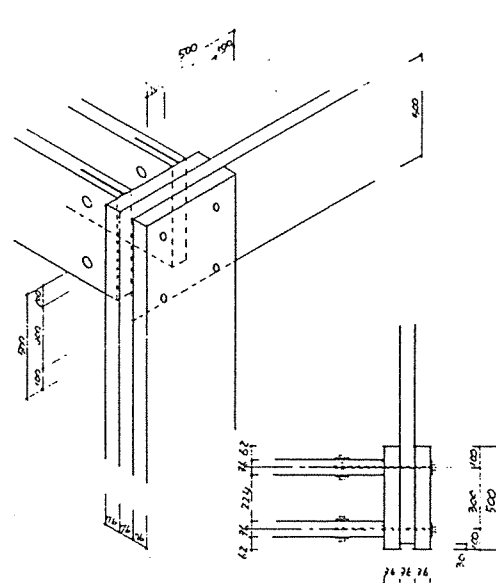
S16




ISSIKI ASSOCIATES & ARCHITECT







凡此  
凡此

TITLE 大鹿振興舟渡総合研究所新築工事	NAME 接合部詳細図	SCALE 1:20	DESIGN DRAWING CHECK ETC 47	DATE 89. 6. 29	CONSTRUCTION NO SHEET NO <b>S17</b>	 ISSIKI ASSOCIATES & ARCHITECT
--------------------------	----------------	---------------	--------------------------------	-------------------	---	---

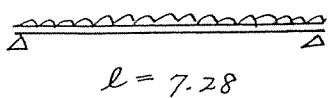


# 小梁の計算

マイクロラム  $Lf_D = 196 \times 0.94 = 184 \text{ Kg/cm}^2$  ( $D=50 \text{ cm}$ )  
 $E = 1.4 \times 10^5 \text{ Kg/cm}^2$

WG1  $b \times D = 15 \times 50 \text{ (cm)}$   $I = 1.56 \times 10^5 \text{ cm}^4$   
 $Z = 6250 \text{ cm}^3$

2F B 通り 4~7 間



$$w = 0.39 \times 1.1 = 0.43$$

$$H = \frac{1}{8} \times 0.43 \times 7.28^2 = 2.85$$

$$\frac{V}{f} = (2.85 \times 10^5 / 6250) / 184 = 0.25 < 1.0 \text{ OK}$$

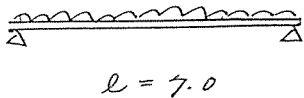
$$\delta = \frac{5 \times 4.3 \times 7.28^4}{384 \times 1.4 \times 10^5 \times 1.56 \times 10^5} = 0.69$$

$$\delta/l = 1/1055 < \frac{1}{300} \text{ OK}$$

WG1

RF 9 通り A~B 間

$$b \times D = 15 \times 50$$



$$l = 7.0$$

$$w = 2.8 \times 0.25 = 0.7 \text{ t/m}$$

$$M = \frac{1}{8} \times 0.7 \times 7.0^2 = 4.29 \quad Q = 2.45$$

$$\frac{V}{f} = (4.29 \times 10^5 / 6250) / 184 = 0.37 < 1.0 \text{ OK}$$

$$\delta = \frac{5 \times 7 \times 7.0^4}{384 \times 1.4 \times 10^5 \times 1.56 \times 10^5} = 1.0 \text{ cm}$$

$$\delta/l = 1/700 < \frac{1}{300} \text{ OK}$$

WG1

RF C通り 4~7)間

$$l = 7.0$$

$$w = 0.15 \times (7.0 + 2.1) / 2 = 0.68$$

$$M = \frac{1}{8} \times 0.68 \times 7.0^2 = 4.17 \text{ t.m} \quad Q = 2.38 \text{ t}$$

$$S/f = (4.17 \times 10^5 / 6250) / 184 = 0.36 < 1.0 \text{ OK}$$

$$\delta = \frac{5 \times 6.8 \times 7.0^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 1.56 \times 10^5} = 0.973 \quad \delta/l = 1/719 < \frac{1}{300} \text{ OK}$$

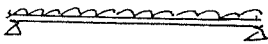
TJIの計算は標準施行仕様(付 1.2)による

TJI 35

D = 305 mm  
(=歩行部)

I = 7909 cm<sup>4</sup>    Z = 518.6 cm<sup>3</sup>  
許容曲げモーメント 662 × 10<sup>2</sup> Kg.cm  
許容せん断力 408 Kg

$$w = 0.15 \times 0.6 = 0.09 \text{ t/m} \quad (600 \text{ @})$$



$$l = 5.56$$

$$M = \frac{1}{8} \times 0.09 \times 5.56^2 = 0.35 \text{ t.m} \quad 350 \times 10^2 \text{ Kg.cm} < 662 \times 10^2 \text{ OK}$$

$$Q = 0.09 \times 5.56 / 2 = 0.25 \text{ t} \quad 250 \text{ Kg} < 408 \text{ OK}$$

$$\delta = \frac{5 \times 0.9 \times 5.56^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 7909} + \frac{0.9 \times 5.56^2}{0.482 \times 30.5 \times 10^5}$$

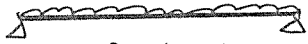
$$= 1.01 + 0.19 = 1.2 < 2.0 \text{ cm}$$

$$\delta/l = 1/463 < \frac{l}{300} \text{ OK}$$

RF (歩行部)  $D = 356 \text{ mm}$  (TJI 35)

$$w = 0.25 \times 0.6 = 0.15 \text{ t/m} \quad I = 11196 \text{ cm}^4, \quad Z = 629.0 \text{ cm}^3$$

許容モーメント  $802 \times 10^2 \text{ Kg}\cdot\text{cm}$  許容せん断力  $473 \text{ Kg}$



$$l = 5.56 \quad w = 0.25 \times 0.6 = 0.15 \text{ (600 @)}$$

$$M = \frac{1}{8} \times 0.15 \times 5.56^2 = 0.58 \text{ t}\cdot\text{m} \quad 580 < 802 \quad \text{OK}$$

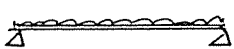
$$Q = 0.15 \times 5.56 / 2 = 0.417 \quad 417 < 473$$

$$\delta = \frac{5 \times 1.5 \times 556^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 11196} + \frac{1.5 \times 556^2}{0.482 \times 35.6 \times 10^5} = 1.19 + 0.27$$

$$= 1.46 \text{ cm} < 2.0 \quad \text{OK}$$

$$\delta/l = 1/380 < \frac{1}{300} \quad \text{OK}$$

RF (歩行部) TJI 35,  $D = 305 \text{ mm}$ ,  $I = 7909 \text{ cm}^4$ ,  $Z = 518.6 \text{ cm}^3$



$$l = 4.56 \quad \begin{array}{l} \text{許容モーメント} \quad 662 \times 10^2 \text{ Kg}\cdot\text{cm} \\ \text{許容せん断力} \quad 408 \text{ Kg} \end{array}$$

$$w = 0.25 \times 0.6 = 0.15 \text{ t/m}$$

$$M = \frac{1}{8} \times 0.15 \times 4.56^2 = 0.39 \text{ t}\cdot\text{m} \quad 390 < 662 \quad \text{OK}$$

$$Q = 0.15 \times 4.56 / 2 = 0.342 \text{ t} \quad 342 < 408 \quad \text{OK}$$

$$\delta = \frac{5 \times 1.5 \times 456^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 7909} + \frac{1.5 \times 456^2}{0.482 \times 30.5 \times 10^5} = 0.76 + 0.21$$

$$= 0.97 < 2.0 \quad \text{OK}$$

$$\delta/l = 1/470 < \frac{1}{300} \quad \text{OK}$$

2F □-力 TJI 35  $D=306 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \overline{\Delta} \quad w &= 0.49 \times 0.6 = 0.294 \text{ t/m} \quad (600 \text{ @}) \\ l &= 2.16 \quad H = \frac{1}{8} \times 0.294 \times 2.16^2 = 0.17 \quad 170 < 662 \text{ OK} \\ Q &= 0.294 \times 2.16 / 2 = 0.318 \quad 318 < 408 \text{ OK} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5 \times 2.94 \times 2.16^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 7909} + \frac{1.5 \times 2.16^3}{0.482 \times 30.5 \times 10^5} = 0.08 + 0.05 \\ &= 0.13 < 2.0 \quad \text{OK} \end{aligned}$$

$$\delta / l = 1 / 1661 < \frac{1}{300} \quad \text{OK}$$

2F 合成室 ) TJI 35.  $D=40.6$ ,  $I=14976 \text{ cm}^4$ ,  $Z=737.7 \text{ cm}^3$   
 会議室 )  
 事務室 )

許容モーメント  $942 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{cm}$   
 許容せん断力  $536 \text{ kg}$

$$\overline{\Delta} \quad w = 0.51 \times 0.45 = 0.23 \text{ t/m} \quad (450 \text{ @}) \\ l = 4.56$$

$$M = \frac{1}{8} \times 0.23 \times 4.56^2 = 0.598 \text{ t} \cdot \text{m} \quad 598 < 942 \text{ OK}$$

$$Q = 0.23 \times 4.56 / 2 = 0.524 \text{ t} \quad 524 < 536 \text{ OK}$$

$$\delta = \frac{5 \times 2.3 \times 4.56^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 14976} + \frac{2.3 \times 4.56^3}{0.482 \times 40.6 \times 10^5} = 0.62 + 0.24$$

$$= 0.86 < 2.0 \quad \text{OK}$$

$$\delta / l = 1 / 530 < \frac{1}{300} \quad \text{OK}$$

ZF 食堂  
事務室

TJI 35

$D = 40.6$

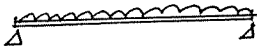
$I = 14976 \text{ cm}^4$ ,  $Z = 737.7 \text{ cm}^3$

許容モーメント

$942 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{cm}$

許容せん断力

$536 \text{ kg}$



$l = 5.56 \text{ m}$      $w = 0.39 \times 0.45 = 0.176 \text{ (450 @)}$

$M = \frac{1}{8} \times 0.176 \times 5.56^2 = 0.68$      $680 < 942 \text{ OK}$

$Q = 0.176 \times 5.56 / 2 = 0.49$      $490 < 536 \text{ OK}$

$\delta = \frac{5 \times 0.176 \times 5.56^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 14976} + \frac{1.76 \times 5.56^2}{0.482 \times 40.6 \times 10^5} = 1.04 + 0.28$

$= 1.32 < 2.0 \text{ OK}$

$\delta / l = 1 / 421 < \frac{1}{300} \text{ OK}$

RF

TJI 35

$D = 40.6$



$w = 0.15 \times 0.6 = 0.09$

$l = 6.96$

$M = \frac{1}{8} \times 0.09 \times 6.96^2 = 0.545$      $545 < 942 \text{ OK}$

$Q = 0.09 \times 6.96 / 2 = 0.313$      $313 < 536 \text{ OK}$

$\delta = \frac{5 \times 0.09 \times 6.96^4}{384 \times 140 \times 10^3 \times 14976} + \frac{0.9 \times 6.96^2}{0.482 \times 40.6 \times 10^5} = 1.31 + 0.22$

$= 1.53 < 2.0 \text{ OK}$

$\delta / l = 1 / 454 < \frac{1}{300} \text{ OK}$

らせて接合すると相じゃくり加工も必要としない。

## 5. 構造設計の考え方

固定荷重 屋根葺材料 50 kg/m<sup>2</sup>

トラス重量 32.94 kg/m

積雪荷重 一般地 最深垂直積雪量  $h = 30$  cm

構造用単板積層材の許容応力度を曲げ強さ 145 kg/cm<sup>2</sup> 水平せん断強さ  
13 kg/cm<sup>2</sup> 曲げヤング率 140,000 kg/cm<sup>2</sup> として構造計算を行つている。

その詳細は別紙の通り。

## 6. 施工機械設備

桁材の上端に平行弦トラスを取り付ける仕口金物Aを定位置に取り付け、そのあとレッカーで吊り上げて、柱上に溶接された仕口金物Bに設置施工する。

21m スパンのランバー材平行弦トラスの吊り上げには構造用単板積層材の  
166 mm× 400 mm 長さ10,000mmを吊り上げ補助具として2点支持吊り上げ  
方式として、吊り上げ補助バーとしてもその剛性を利用した。



## 7. 三菱商事千葉木材埠頭倉庫

### 1. 建物の概要等

三菱商事株式会社輸入木材専用埠頭木材置場に上屋を建設することとなり、同社ならびに関東ギャングネイルトラス株式会社の関係者の努力で3棟中1棟は木材埠頭での木構造展示の木造とすることとなった。

ホークリフトなどの作業のため軒高は9m一杯まで取り、21.0m×33.2mの大架構である。従い、柱脚は角型鋼材を用いて基礎に剛結合とし、小屋組と柱の接合仕口の単純化を計った。柱上部に桁材受け金物（第2図面B詳細図）を設け、これに構造用単板積層材（マイクロラム）厚み90mm、背610mm、長さ（スパン）8,300mmの桁材を架け、その桁行き方向にピッチ1,660mmで21,000mmのランバー材平行弦ギャングネイルトラスを掛け渡し、屋根構面とし、切板葺としている。

### 2. 構造用単板積層材の使用部位、寸法

桁材 厚み 90mm 背 610mm 長さ 8,300mm

90mm×610mmは、マイクロラム45mm(1 3/4インチ) 幅 610mm(27吋)の長尺材を2枚レゾルシノール樹脂接着剤で積層接着して使用している。

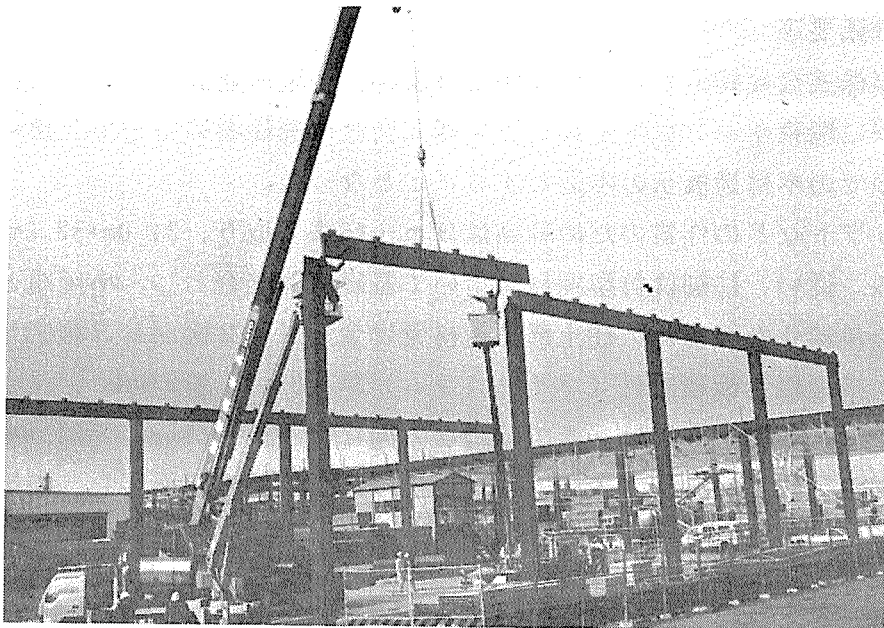
### 3. 使用量

構造用単板積層材（マイクロラム） 3.645m<sup>3</sup>

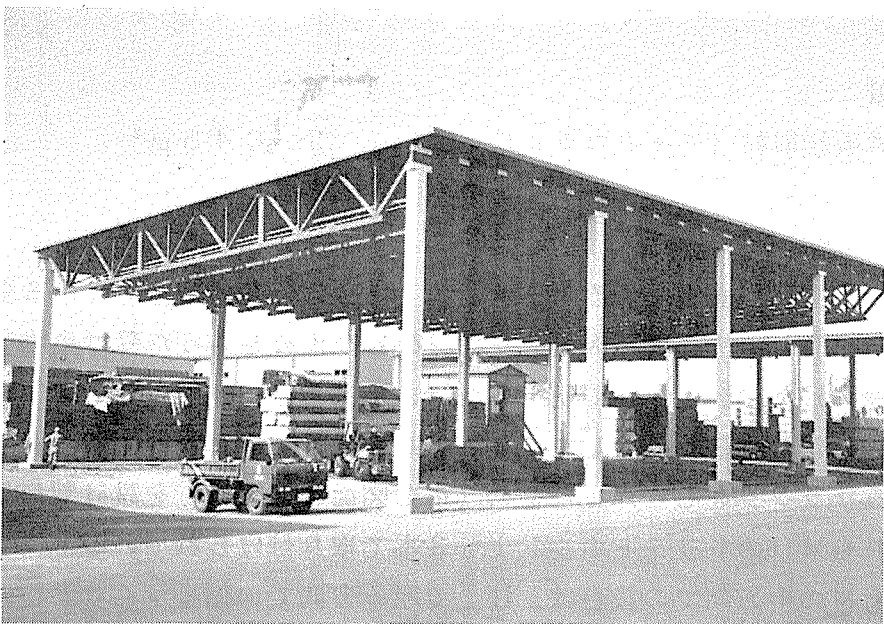
### 4. 仕口、金物

桁材を剛柱上部に固定させるために、柱上に垂直方向の荷重を受ける受台と、併せて背610mmの構造用単板積層材桁材の転び止めをもった受け金物（第2図面B詳細図）を設計製作して使用した。また、平行弦トラスを桁上に載架する部分の金物として桁材の上端をはさみボルト固定し、直交載架するトラスを取り付けるフランジをもった受け金物（第2図面A詳細図）を設計製作使用した。いずれもM16のドリフトボルト1～3本で取り付けられている。

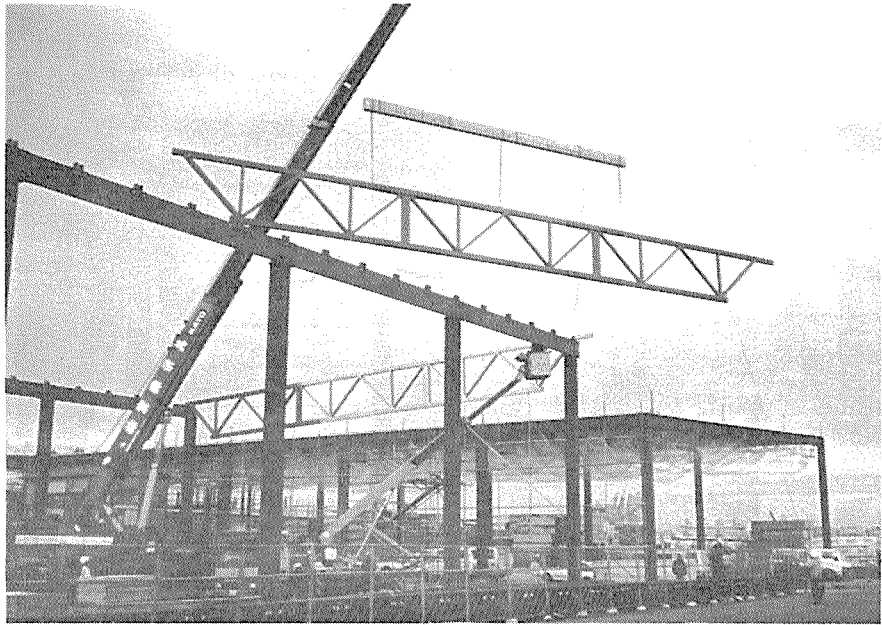
また、桁材の桁方向での接合は、柱上で厚み方向での相じゃくりとした。この場合45mm2枚の再積層なので、積層時に相じゃくり分だけ桁の長手方向にず



構造用単板積層材の桁材を鋼柱上に施工



完成使用中



木製平行ギャングネイルトラスを桁上に載せる。  
吊り上げ補助バアは構造用単板積層材



小屋組完了時、トラスの配列が美しい



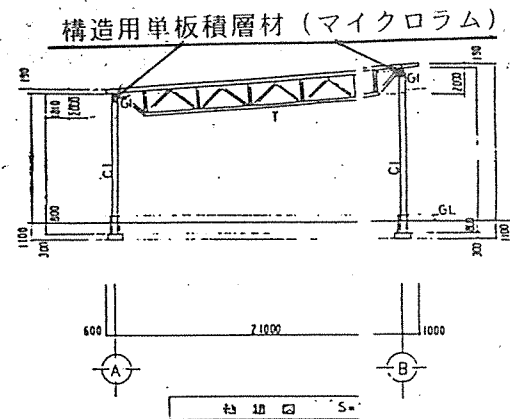
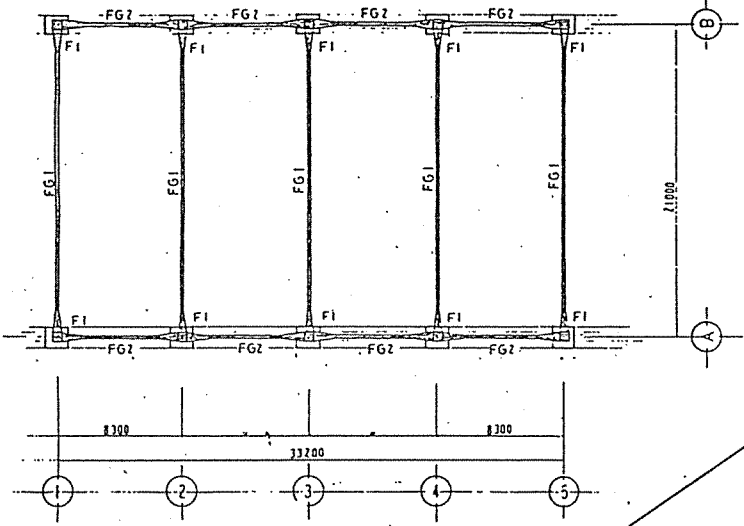
構造用単板積層材の桁材を仰ぐ

材 質 表	
構造用単板積層材	$F_c = 9.0 \text{ N/mm}^2$
鋼材	$F_c = 210 \text{ N/mm}^2$
鋼管	S10
鋼板	SS41
鋼線	SF 2.0
鋼丸	φ10
鋼釘	φ4.5
鋼ボルト	φ10

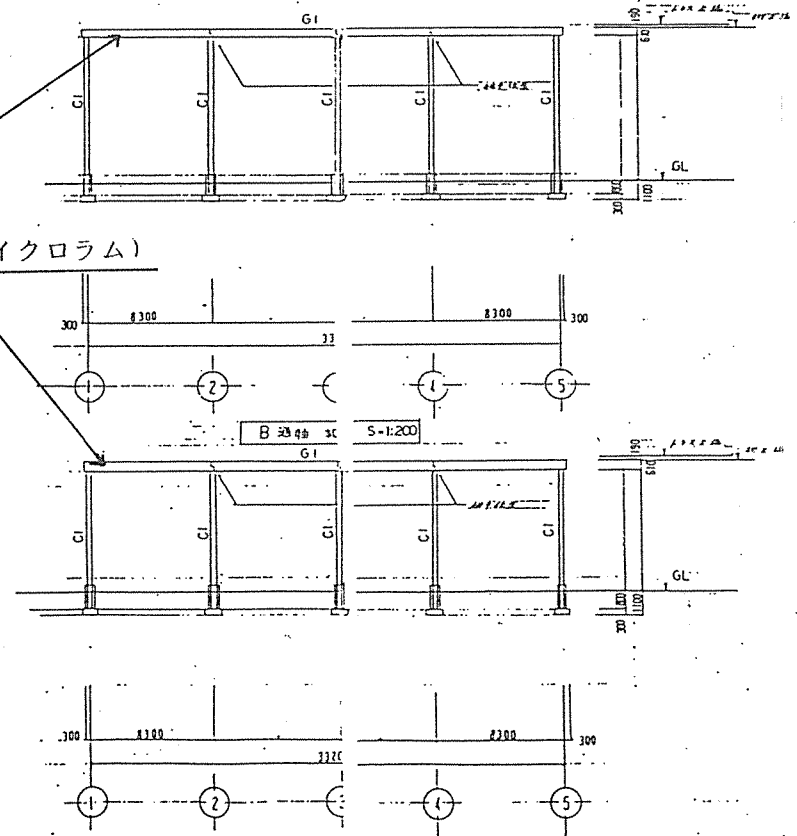
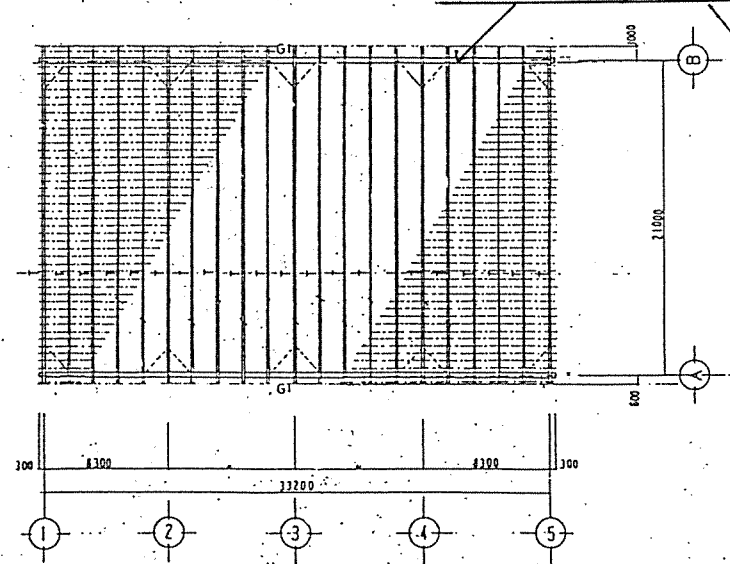
材 質 表	
鋼管	φ100
鋼板	90
鋼線	φ10
鋼釘	φ4.5
鋼ボルト	φ10

鋼管 鋼板 S=130

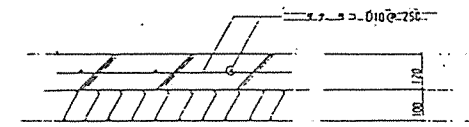
	FG1	FG2	FG3
B×D	450×800	450×800	450×800
鋼管	3-D29	3-D29	3-D29
鋼板	4-D29	4-D29	4-D29
鋼線	4-D13	4-D13	4-D13
鋼釘	φ-D13 @ 250	φ-D13 @ 250	φ-D13 @ 250



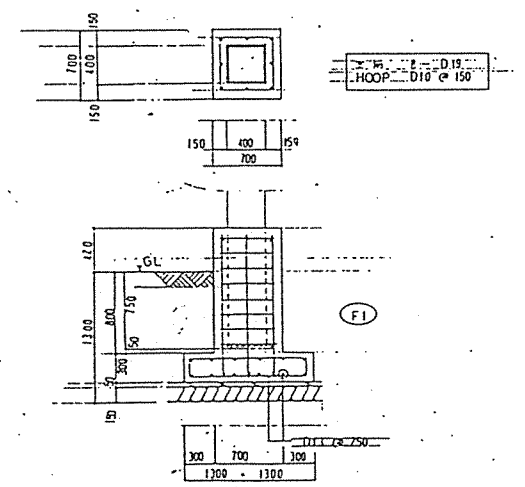
鋼管 鋼板 S=1:200 構造用単板積層材 (マイクロラム)



鋼管 鋼板 S=1:10



鋼管 鋼板 S=30



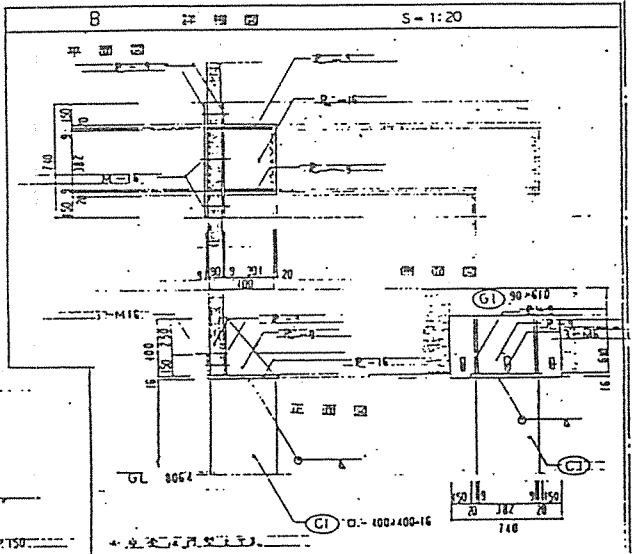
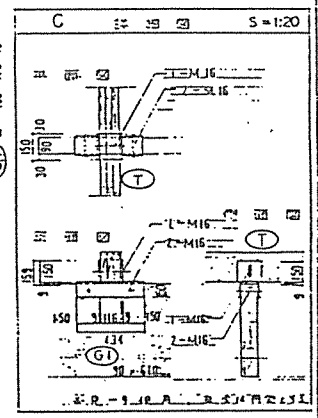
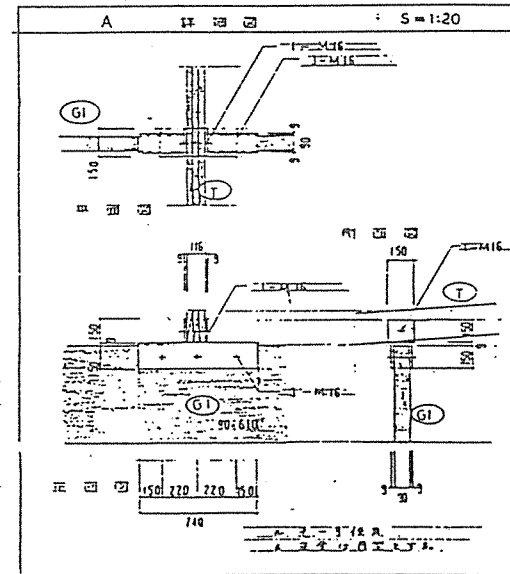
三菱商事千葉木材埠頭倉庫

東京都江東区木場5丁目6番11号  
 関東ギャングネイトラス株式会社  
 〒135 TEL 03 (643) 3310



構造用単板積層材 (マイクロラム) の桁材

マイクロラム  
 (G) 30×410



断面図 S=1:30

断面図 S=1:30

三菱商事千葉木材埠頭倉庫





## § 4 部材断面の設計

### 4-1 梁の断面算定

#### 1) GI

1. スパン 8300 mm, 荷重負担幅 10.500 mm.

2. 荷重計算

$$W_G(\text{屋根面}) = 50 \text{ kg/cm}^2 + \text{屋根梁自重}$$

$$W_G(\text{水平面}) = (1.020 \times W_G(\text{屋根面})) + \text{屋根梁自重}$$

$$W_G = 51.0 \text{ kg/cm}^2 + \text{屋根梁自重.}$$

$$W_{\text{snow}} = 2 \times 30 = 60 \text{ kg/cm}^2 (\text{短期用}) > W_G.$$

∴ 短期荷重  $sW = 51.0 + 60 \text{ kg/cm}^2 + \text{屋根梁自重}$  にて決定

USE. マイクロラム 2.0E (曲げヤング係数  $140000 \text{ kg/cm}^2$ )

断面  $90 \times 610 \times \frac{8300}{\text{スパン}}$

$$\left( \begin{array}{l} I = \frac{9.0 \times 61^3}{12} = 170235 \text{ cm}^4, \quad A = 549 \text{ cm}^2. \\ z = 5581.5 \text{ cm}^3. \\ \text{自重 } 9.0 \times 61 \times 0.6 / 1000 = 32.94 \text{ kg/cm} \end{array} \right)$$

$$\therefore \text{長期荷重 } LW = \frac{1}{2} (111.0 \times 10.5 + 32.94) = 599.3 \text{ kg/cm}^2.$$

② 曲げモーメントに対する検討

$$M = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} \times 5.993 \times (830)^2 = 5160.7 \times 10^2$$

$$\alpha = \frac{M}{Z} = \frac{5160.7 \times 10^2}{5581.5} = 92.46 < 196 \quad \therefore \text{ok.}$$

③ 許容せん断力に対する検討.

$$\alpha = \frac{wl}{2} = \frac{5.993 \times 830}{2} = 2487.1$$

$$\bar{\sigma} = \frac{3}{2} \frac{\alpha}{A} = \frac{3 \times 2487.1}{2 \times 549} = 6.79 < 2.0 \quad \therefore \text{ok.}$$

④ 変位量の検討

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{5 w l^4}{384 E I} = \frac{5 \times 5.993 \times (830)^4}{384 \times 140000 \times 170235} \\ &= 1.55 \text{ cm} < \frac{l}{300} = 2.77 \text{ cm} < 3 \text{ cm.} \\ &\therefore \text{ok.} \end{aligned}$$

## 8. 株式会社滋賀原木ウッドランド温室

### 1. 建物の概要等

建築主の株式会社滋賀原木は製材及び木材抽出成分（ログウッド）の販売を中心に木材製品販売を拡大するためにウッドランド展示場を彦根市内に設置、ここにデモンストレーションとしての温室 10.8m×13.5mを木構造で造りあげることが計画された。

各柱材は鉄道枕木の合わせ柱、桁材、棟木、床梁材を構造用単板積層材（マイクロラム）、屋根たる木をI型木質複合梁（T J I）で構成した。また、屋根たる木の木質I型複合梁の転び止めを兼ねてごう天井式にT J I Bパネルを使用した。

### 2. 構造用単板積層材の使用部位、寸法

桁・棟木	厚み 152mm	背 610 mm	長さ 8,100mm
ひじ木	厚み 76mm	背 417 mm	長さ 1,983mm
床梁	厚み 152mm	背 610 mm	長さ 10,800mm
床根太	厚み 76mm	背 305 mm	長さ 5,400mm

厚みは38mm, 45mm を複数枚レゾルシノール樹脂接着剤で積層接着して再構成し使用している。

### 3. 使用量

構造用単板積層材（マイクロラム）	35.17 m <sup>3</sup>
フランジ材	I型木質複合梁として（T J I 35-406） 510 m

### 4. 仕口、金物

桁材、棟木は柱上に受けひじ木で固定させ金具は使用していない。

I型木質複合梁（T J I）の屋根たる木は棟木・桁材の上面に傾斜プレートを入れてフランジ底面を密着させて平打ち釘打ち施工している。

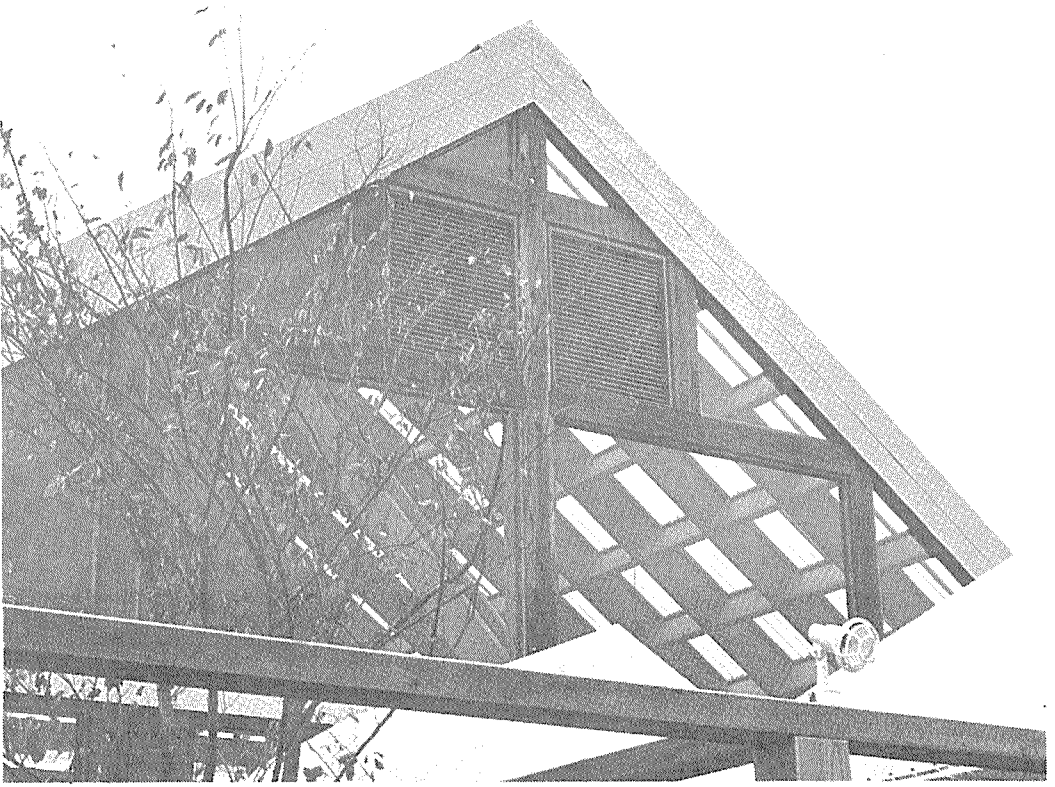
## 5. 構造設計の考え方

固定荷重 屋根葺材料 ガラス  $\text{kg/m}^2$

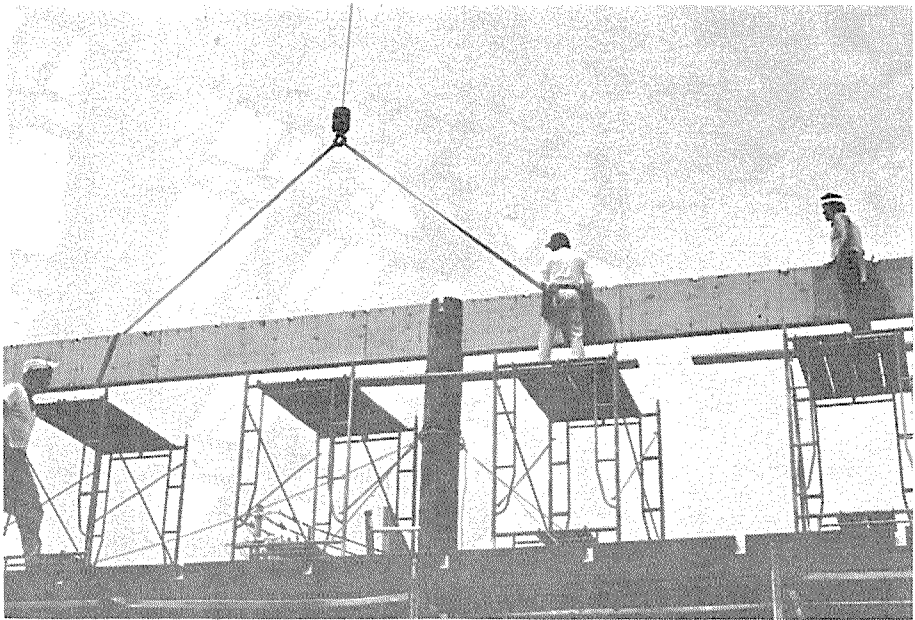
積雪荷重 一般地 最深垂直積雪量  $h = 75\text{cm}$

## 6. 施工機械設備

棟梁は柱上部に受け仕口を設け、それに構造用単板積層材の梁材を載せ柱にボルト締めとした。ほおずえは挟み梁として施工された。従い単板積層材の施工用の加工としてはクロスカットの単純なものとなった。



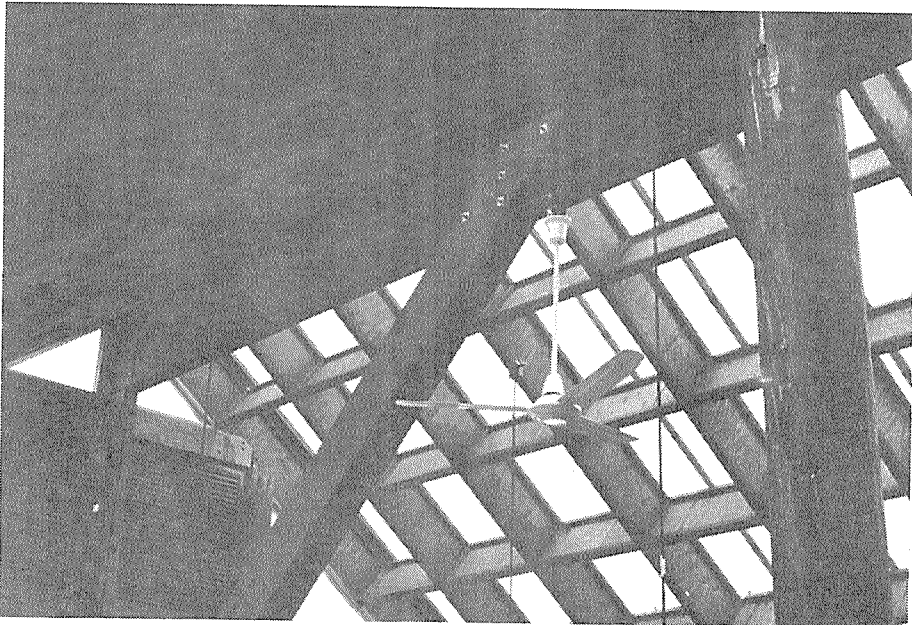
建物外観



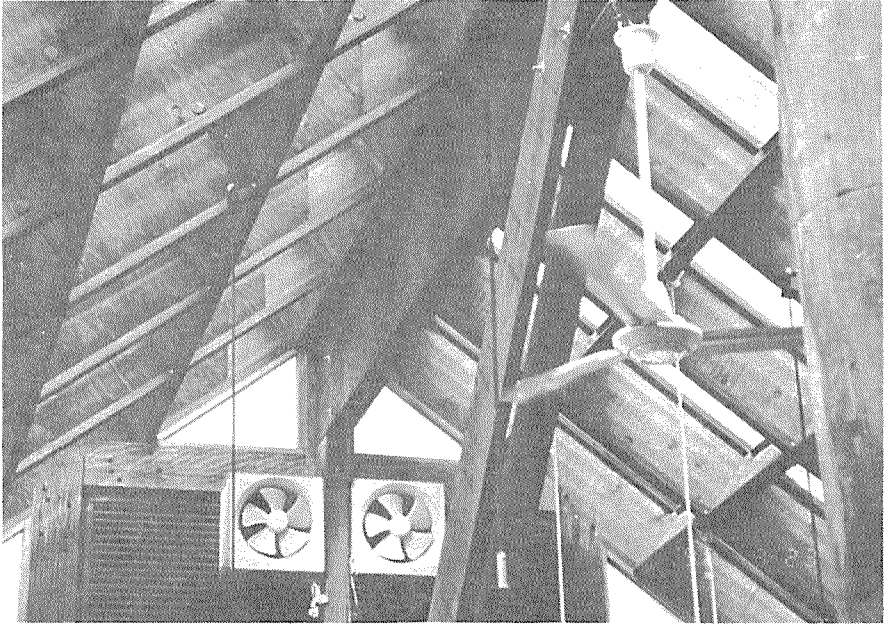
構造用単板積層材の桁材を柱上に載せる



2階床根太を受ける床梁



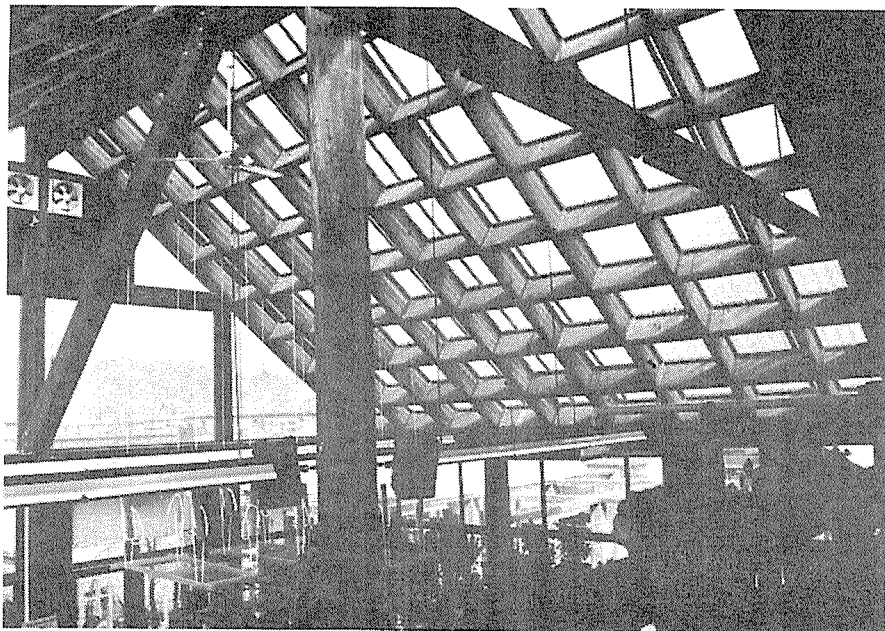
小屋組の様子がよく分かる



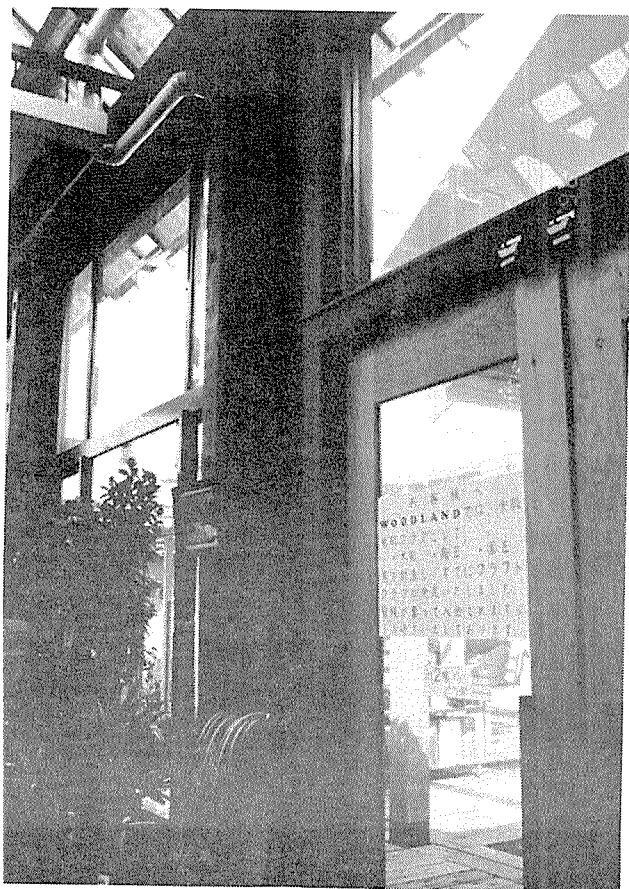
棟木、ほおずえの構造用単板積層材



置物や人の腕から大きさが分かる

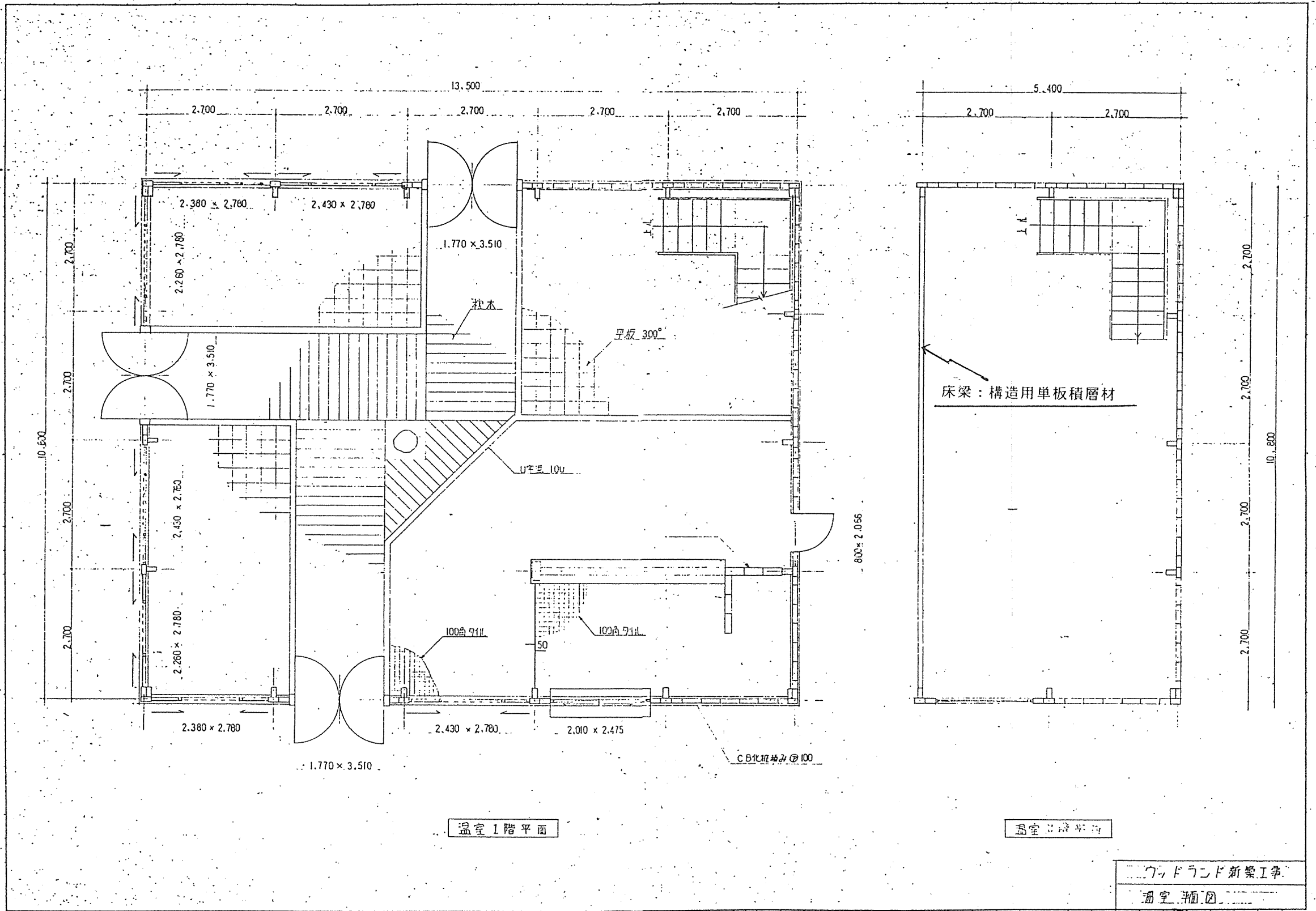


棟きとほおずえが構造用単板積層材、  
ごう天井の様に転び止めを入れた木質I型複合梁



インサイジングされた枕木を抱き合わせて柱材としてある





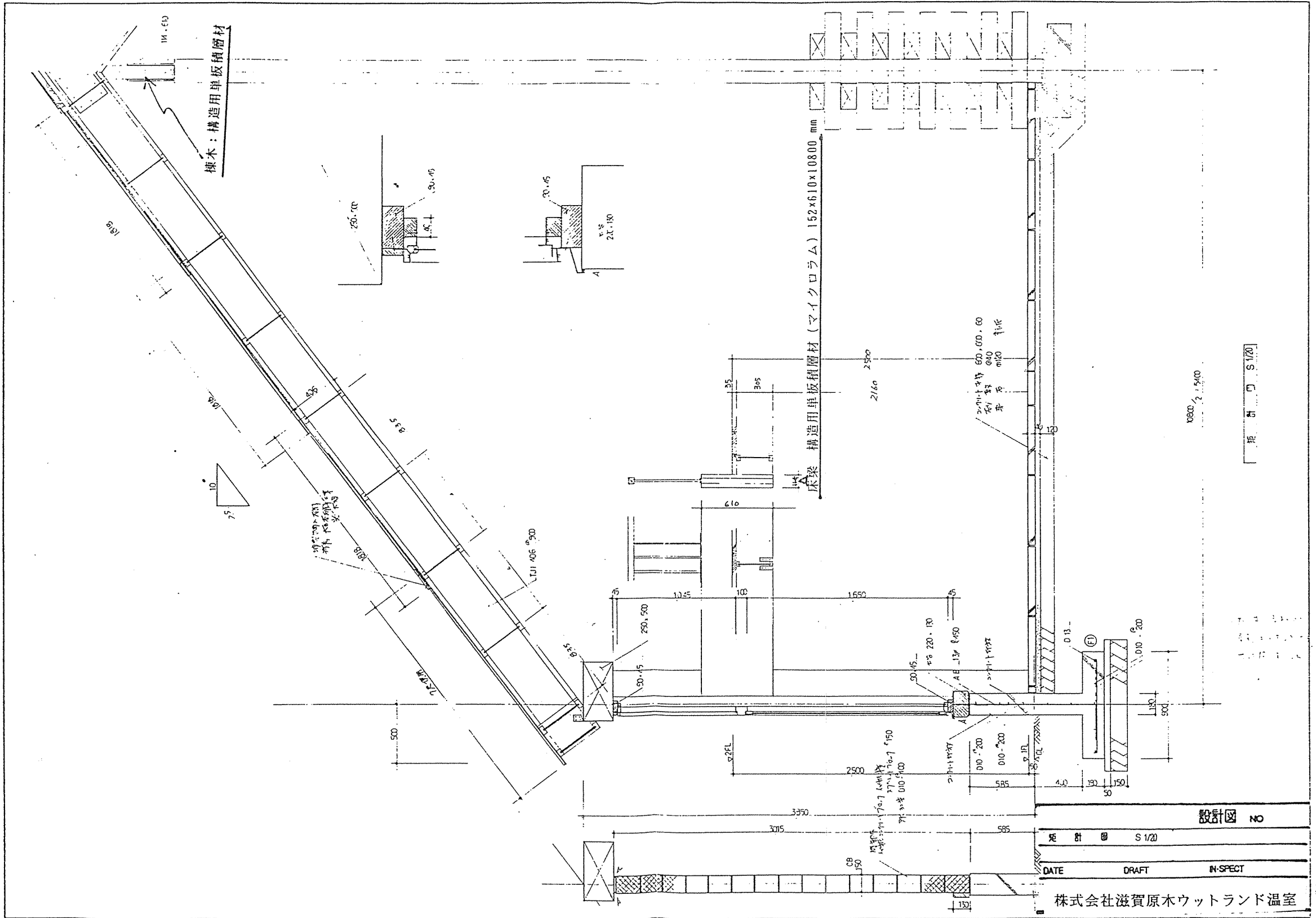
温室1階平面

温室2階平面

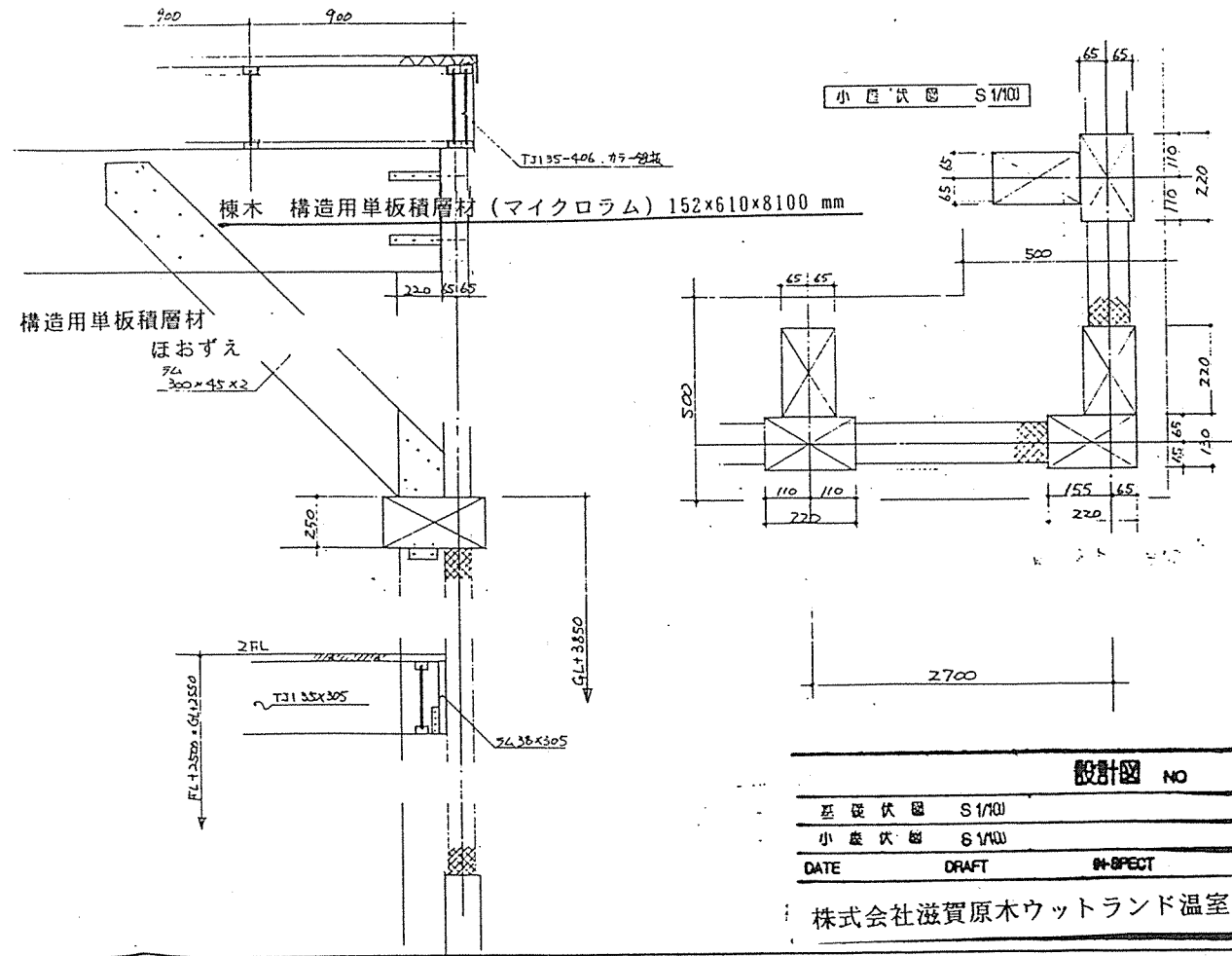
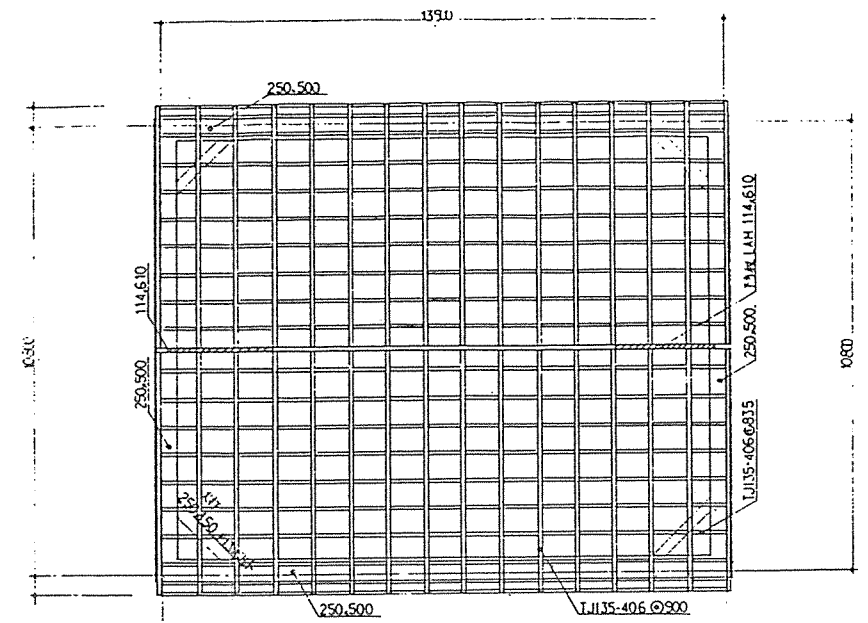
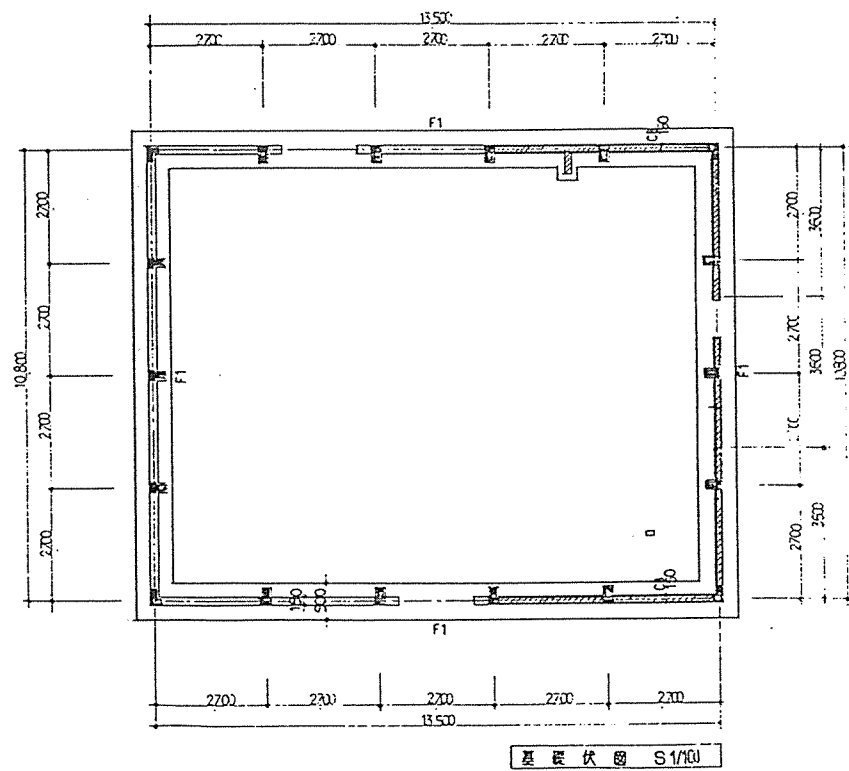
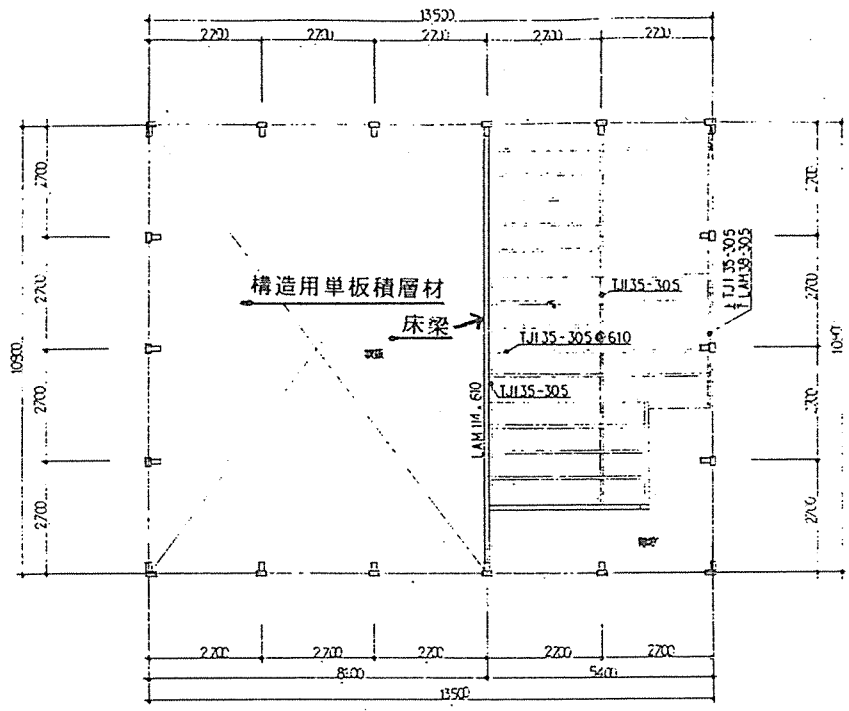
ウッドランド新築工事  
 温室 平面図

SECRET AZ NO. 2151K







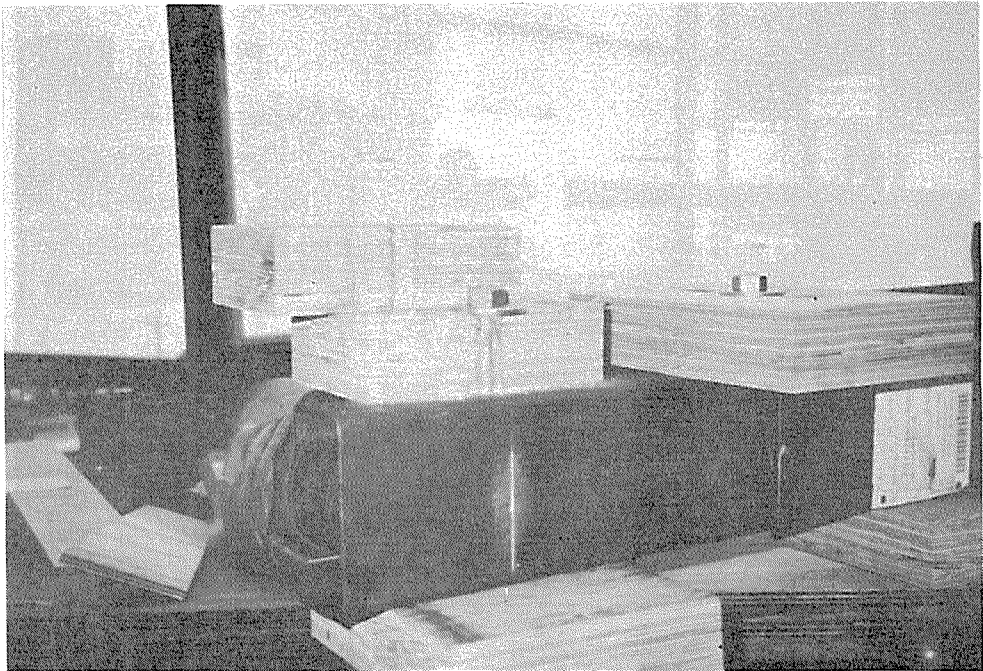


設計図 NO		
基礎伏図	S1/100	
小座伏図	S1/100	
DATE	DRAFT	IN-SPECT
株式会社滋賀原木ウッドランド温室		



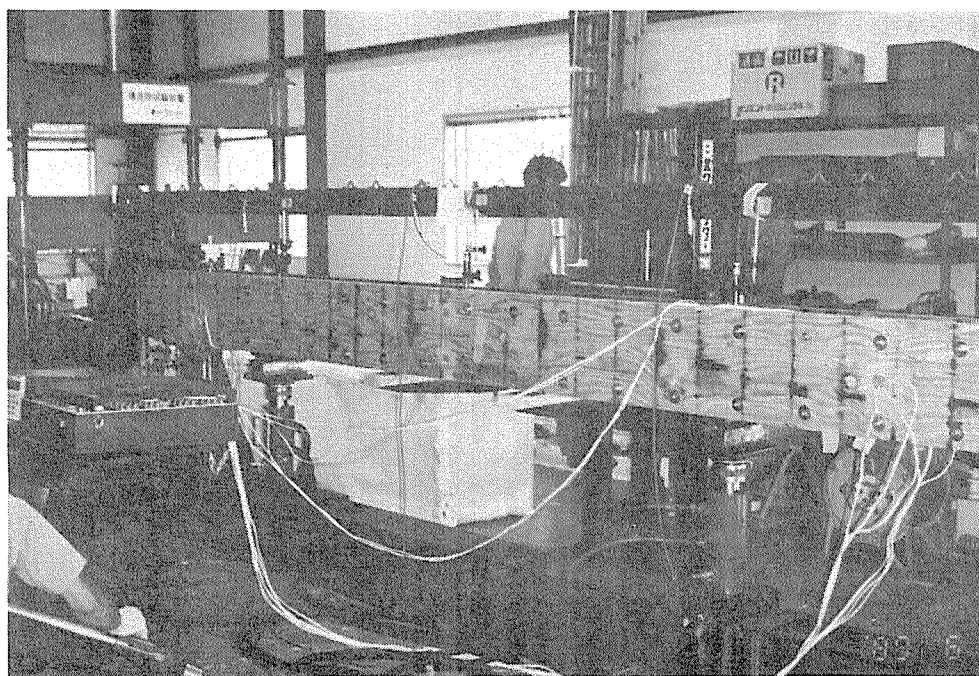
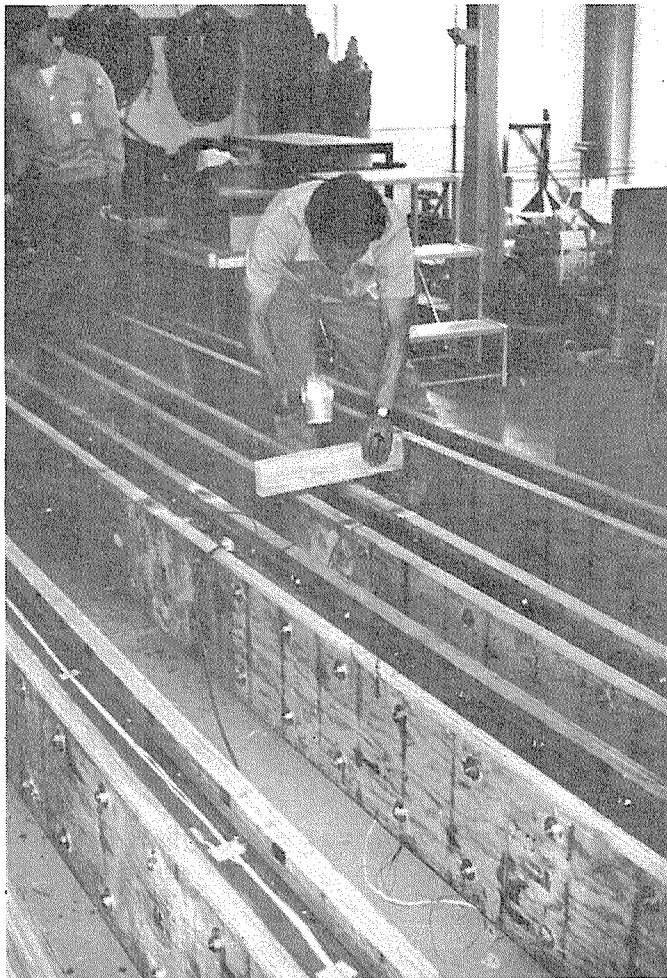


合成梁の心材となるC型鋼をフランジとしたトラス



ボルトと接着剤による構造用単板積層材との緊結状況

完成した試験用  
ハイブリット梁材



曲げ試験中の状況



## 9 株式会社紀陽本社

### 1. 建物の概要等

建築用構造材特にツーバイフォー用材を販売するコンポーネント会社である建築主が、本社建築にあたり木構造とすることとしたが、事務所棟である為スパンも大きく、設計荷重も大きいので、床梁用材料として、剛性が高くまたバラツキが少ない構造用単板積層材と鋼材トラスのハイブリッド梁材とした。

勿論このハイブリッド梁材は新しい材料なので実物テストを実施、建築確認を得た上で施工された。

### 2. 構造用単板積層材の使用部位、寸法

床 梁 厚み 90mm 背 610mm 長さ 10010 mm 2枚を両側に配置し、背75mmのC型鋼をフランジとしたラチス梁をその中央に挟んで、エポキシ樹脂とボルト併用で一体化したハイブリッド梁材を構成するメンバーとして使用している。

### 3. 使用量

構造用単板積層材 (マイクロラム)	7.71 m <sup>3</sup>
TJ135-356 延べ長さ	405.44 m

### 4. 仕口、金物

ハイブリッド梁材は設計した金物で柱に接続し、控え柱を両側の構造用単板積層材で挟みつけて固定させている。

### 5. 構造設計の考え方

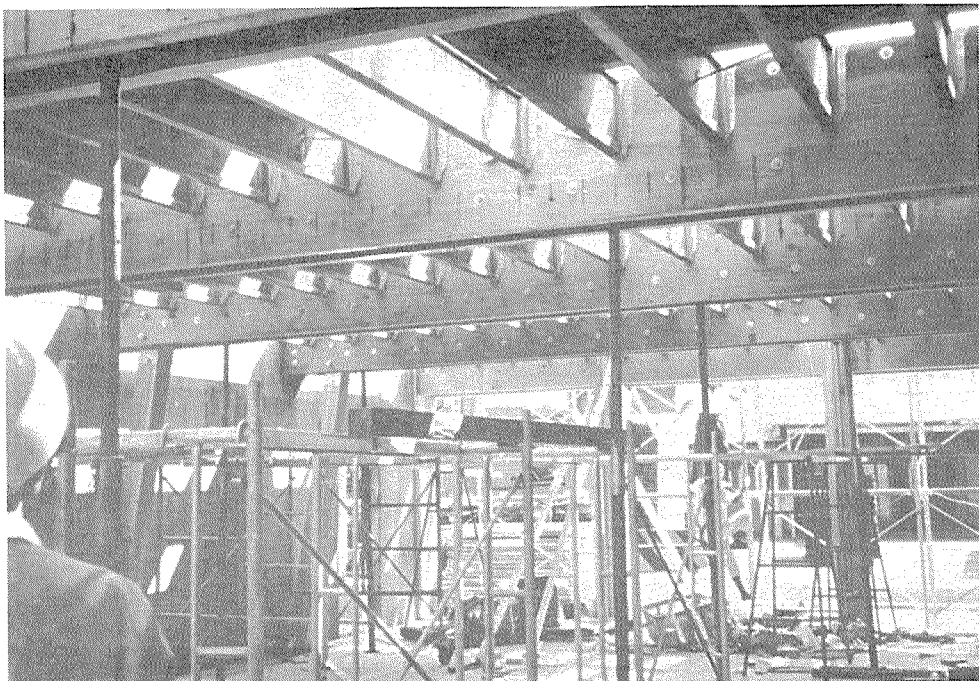
ハイブリッド梁材の構成部材として、構造用単板積層材のほか構造用集成材、米松挽き材、鋼材ラチス梁を組み合わせた四種類の梁材を実大の2分の1で作成し、試験を行なった。

その結果、たわみ量では構造用単板積層材マイクロラムは表示された  $E = 1.4 \times 10^5$  と集成材では J A S 規定値  $1.2 \times 10^5$  を用いた理論計算値に良く一致し

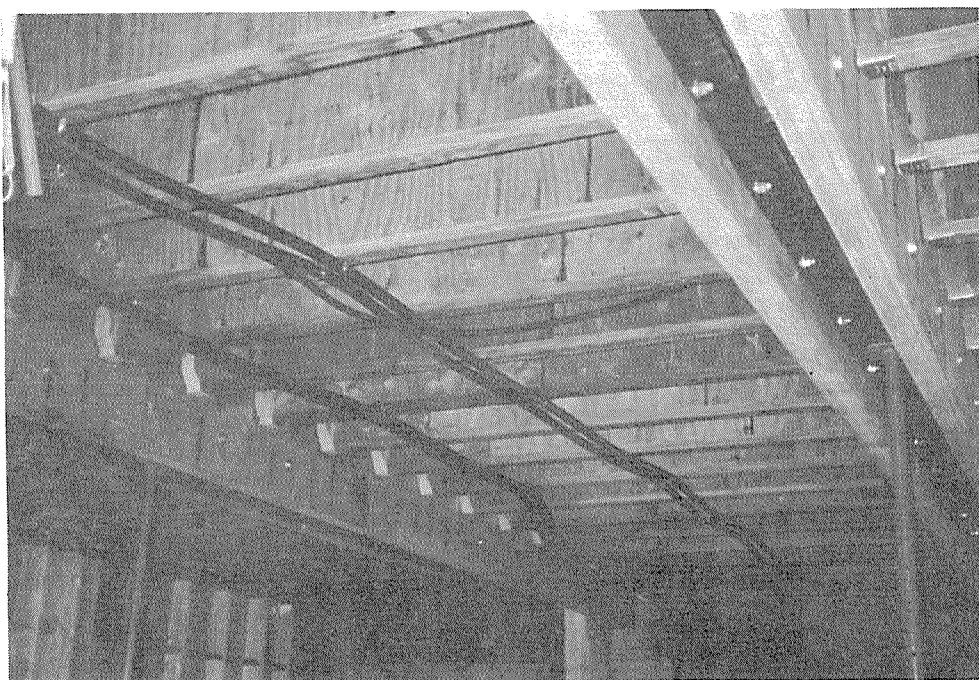
、ずれ変形量も十分小さく、残留変形量も見受けられなかった。この試験からも構造用単板積層材が鋼材と同様に計算して設計出来るだけの安定した材料であることが立証された。

## 6. 施工機械設備

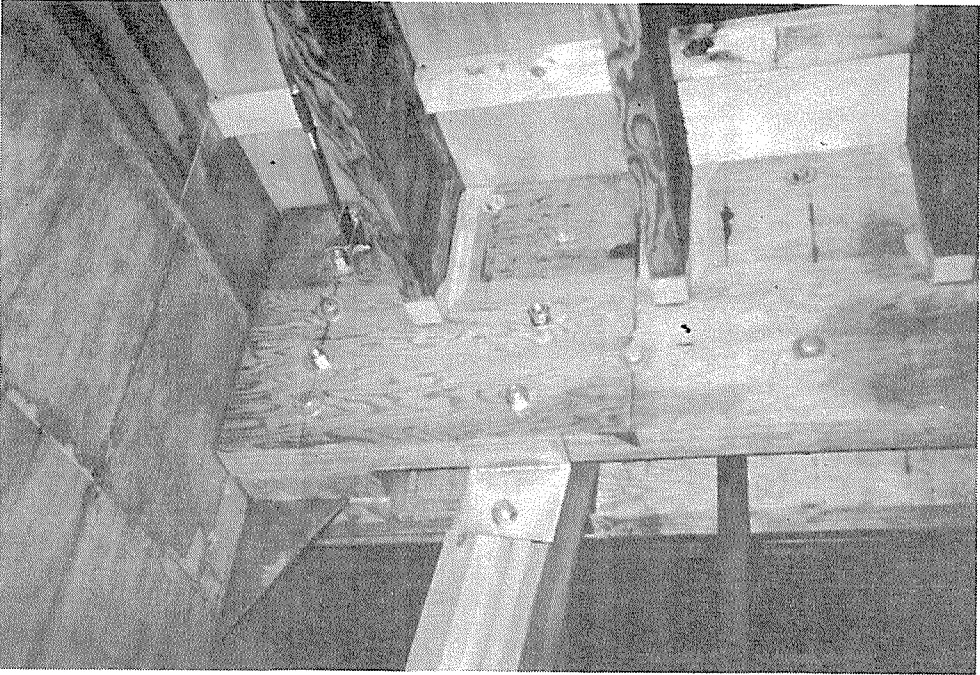
加工は構造用集成材製造工場で実施して、特別な加工機は必要としなかった。施工に当ってはレッカーで吊り上げ設置施工した。



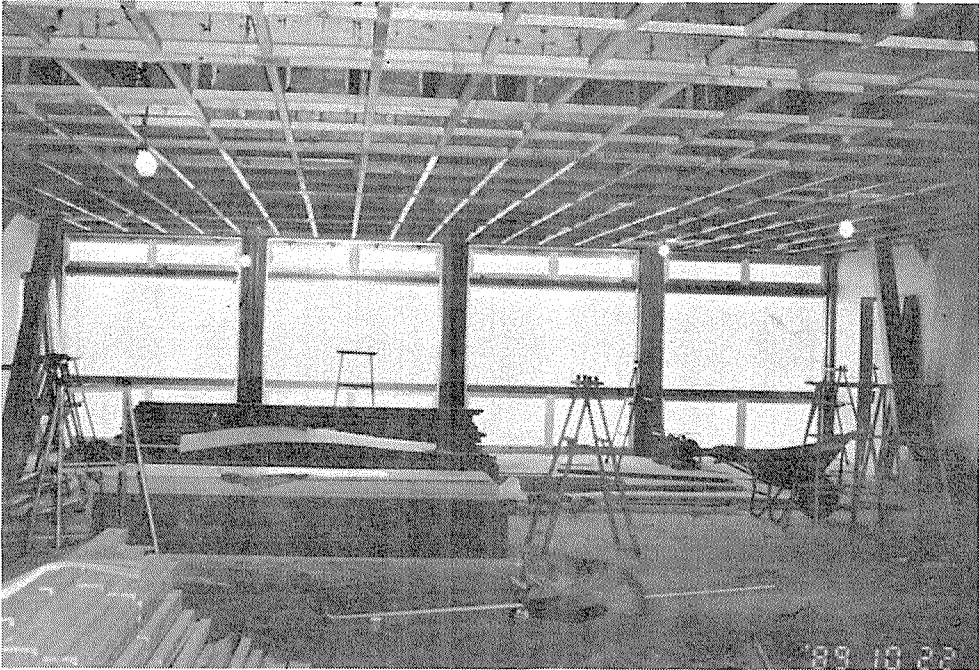
現場で施工されたハイブリット梁材



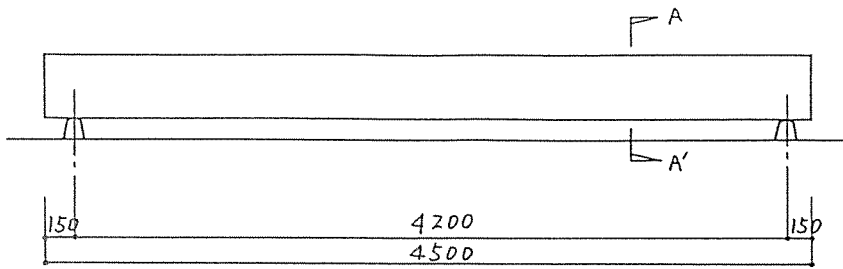
ハイブリット梁材の床梁に木質 I 型複合梁を床根だとして施工



柱とハイブリット梁材の接合仕口

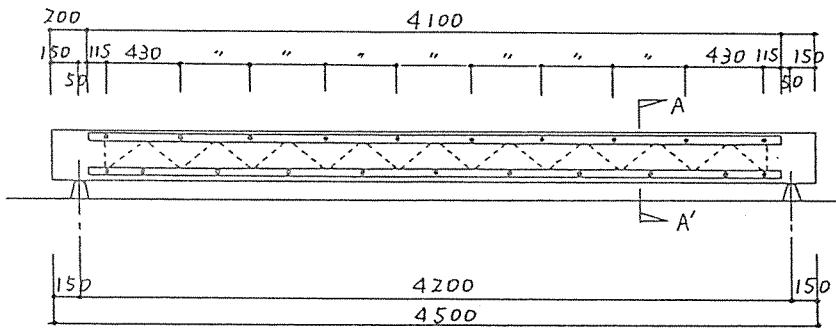


天井の施工作业に入る



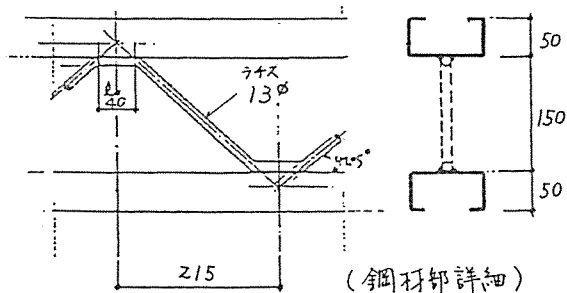
(A-A' 断面図)

(図 - 1) 試験体：タイプ A



(A-A' 断面図)

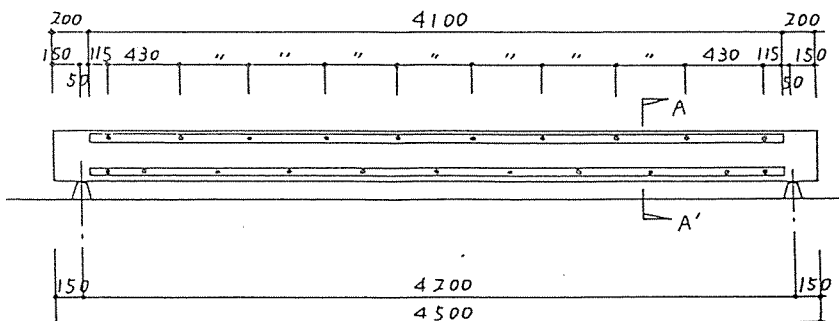
(図 - 2) 試験体：タイプ B-1



チャンネル

C - 100 x 50 x 20 x 2.3

(鋼材部詳細)

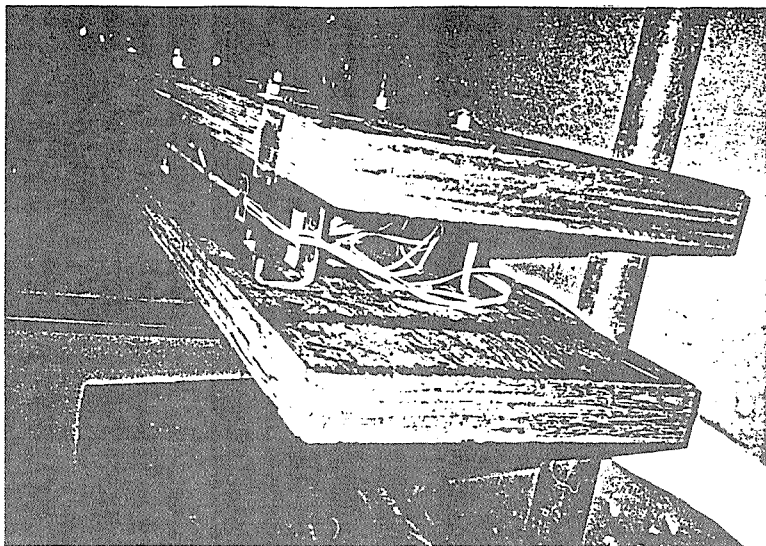


(A-A' 断面図)

(図 - 3) 試験体：タイプ C-1

No. \_\_\_\_\_

箱尺1/2試驗体



No. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. 序論

近年、木造建築が社会的に注目されている。国内の動きとしては、1. 建築基準法の改正(1987.5)により、(1) 準防火地域での3階建の解禁 (2) 「大断面木造建築物」の規定がなされた。2. 木構造計算規準・同解説の刊行(1988.11) 3. 建設省総プロ「新木造建築技術の開発」(1985～5ヶ年)等の研究成果があげられる。しかしながら、木造長スパン床構造を合理的に提供できる技術は見あたらない。

このような背景のもと、紀陽本社新築工事では、木材と鉄骨との合成梁(以下合成梁と呼ぶ)を開発することにより、10mスパンを無柱で実施した。開発にあたっては(株)紀陽と共同研究契約を結び、1/2モデル

の実験を行い、設計の妥当性を確認した。

2. 本論

2. 1. 建物概要

建物の概要を図-1に示す。構造設計のテーマとして、(1) 2×4(ツーバイフォー; 枠組壁工法)を極力取入れた上で(2) 10mの長スパン空間を合理的に提供する。を掲げ取組んできた。表-1には2階床梁の比較表を示す。総合評価から、控柱と合成梁によるC案を採用した。

2. 2. 開発の計画

図-2に合成梁の詳細図を示す。木材は、米国トラスジョイント社(TJ社)のLVL(Laminated Veneer Lumber; 単板積層材)である、マイクロラム(M=L)2.0Eと称す集成材を用いている。2.0Eマイクロラムの許容応力度は米国( $f_b=196 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $E=1.4 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ )とJAS( $f_b=145 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $E=1.2 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ )とは多少異なる。

鉄骨はM=Lとつづり合わせボルトで緊結することによって合成梁の左右の根太との一体化を図っている。ボルトと木材とのガタ(クリアランス)は、丸七住研工業(株)が開発したエポキシ注入ボルトを用い、エポ

建物概要	
規模・構造	木造2階
建築面積	414.14 m <sup>2</sup>
延面積	794.07 m <sup>2</sup>
工期	平成元年7月～平成2年1月

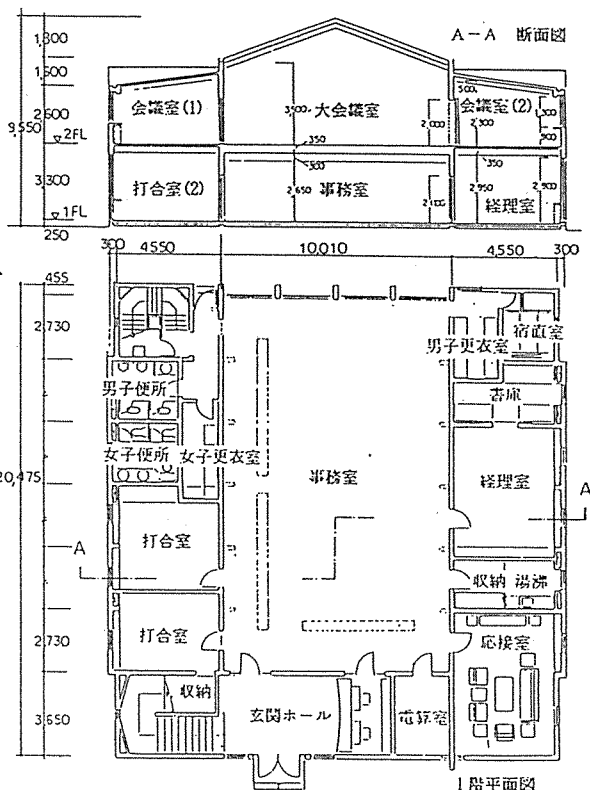


図-1 建物概要

キシ樹脂を注入する。今回はもえ代設計が要求されない建物であり、ボルトは露出のままとした。設計上の問題として、鉄骨と柱とは直接接合することができないので、鉄骨の応力伝達の面で不安があった。そこで、設計法の妥当性の確認およびエポキシボルトの注入等の施工確認の目的で、

1/2モデル実験を主体とした開発計画を立案した。実験は、1. 鉛直載荷実験、固有振動数の測定(5/31 ~6/1)、2. クリープ試験(7/1~11/30)。につづいて10月末に3. 現地振動実験 その後 4. 破壊実験 を実施する予定である。以下現在までの実験結果および今後の実験のねらい等について記述する。

### 2. 3. 鉛直載荷実験

試験体は計画案の1/2モデルとする。試験体の計画に際しては、計画案の合成梁の剛性と試験体の剛性がほぼ等しくなる様な集成材、鋼材を選定し、断面を決定した。実験の主目的は、合成梁の設計法を確認することで、具体的には

1. 木材と鋼材の荷重分担率の確認
2. つづりあわせボルトピッチが合成梁の力学的性状に及ぼす影響の確認

の2点に主眼を置くため、表-2に示す5種類の試験体を設定した。表中には鉄骨と木材とのヤング係数比を15 ( $2.1 \times 10^6 / 1.4 \times 10^5$ )として計算した有効断面二次モーメントを示す。計画案における梁中央の最大たわみ量は、スパン 8.64m 両端ピンのあるとき、 $\delta_{max}=12\text{mm}$ となる。実験における荷重レベル及び載荷位置は、実験条件として2点載荷としたときの梁中央のたわみが計画案の1/2となる様に定めた。このときの荷重は約 2.4tfとなり、計画案の長期応力状態に対応している。載荷実験の最大荷重は、長期応力の2倍の5tfを目標とするが、つづり合わせボルトピッチの大きいC-1では曲げ応力に対する木材と鉄骨間のずれ応力に対して、ボルトの短期支圧強度以下に収まる値である4.5tf

表-1 2階床梁比較表

	A	B	C	D
鉄材対象床梁 W-395 kg/m	135 175 155	150 175 150	135 175 135	
断面図				
2階床伏図				
0				
振動感覚	○	○	◎	◎
使い易さ	◎	◎	○	△
C	128	132	100	104
その他	木材と鉄骨との合成効果の確認が必要		木材と鉄骨との合成効果の確認が必要	
総合評価	○	○	◎	○

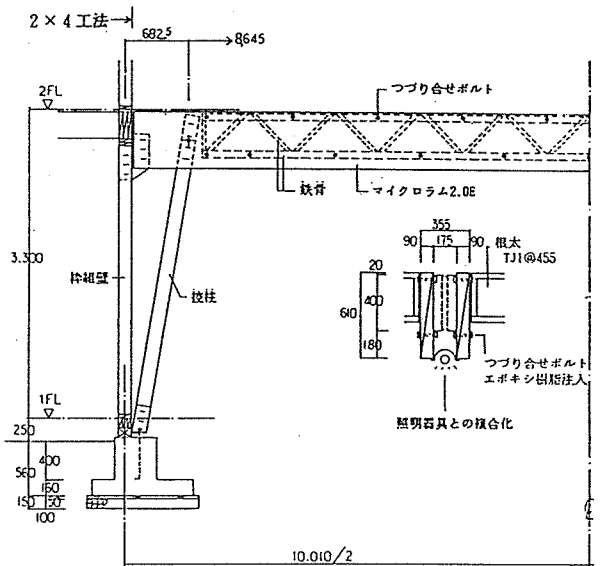


図-2 合成梁の詳細図



とした。加力は油圧ジャッキ2台の上に試験体を乗せ下からつき上げる形で、0.5tf ピッチで行った。測定は図-3に示した位置での変位および、木材と鉄骨各々のひずみに対して行った。木材と鉄骨が一体の合成梁として挙動する仮定の下で、合成梁の荷重-変位(中央最大たわみ)と各部の許容応力の関係を予測すると図-4のようである。次に実験結果について述べる。図-5は荷重-変位図を示す。A(木材)の実験結果では、載荷の途中からバックリングによる横移動が生じたため、見かけ上、剛性が上がったように見えるが、 $E=1.4 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ として算定した曲げたわみ量によく一致した。合成梁は、B-1モデルで計算値とよく一致したほか、C-2, C-1, B-2の順に剛性が高く、いずれも $E=1.2 \times 10^5$ から $E=1.4 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ とした

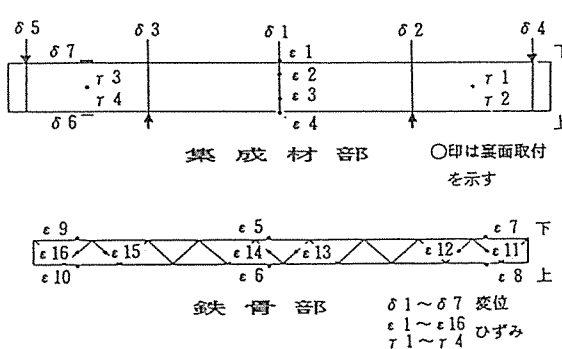


図-3 変位・ひずみ測定位置

計算値の間に入っている。また除荷の際の残留変形量は、いずれのモデルも見うけられず、載荷荷重の範囲では弾性的な挙動を示した。図-6の曲げひずみモード図では、中立軸は断面の図心を通り、平面保持の仮定の採用が可能と思われる。これらの結果から、ラチスのないCタイプの設計法としては、せん断は木材で、曲げは木材と鉄骨の剛性に応じて負担する設計法がとれること。またラチスのあるBタイプの設計法は、曲げ、せん断共、木材と鉄骨の剛性に応じて負担する設計法が適切と判断され、当

表-2 試験体一覧表

名称	材料	断面寸法 (mm)		有効断面二次モーメント $I_u(\text{cm}^4)$	つづり合せボルト	最大荷重 (tf)
		外形寸法	核寸法			
A	木	90 × 365	90 × 365	3,647 E4	—	5.0
B-1	合成梁	190 × 300	190 × 300	M=L Z=1 (G=300)	H12@430	4.5
B-2		ラチス13#	190 × 300	190 × 300	M=L Z=1 (G=300)	H12@215
C-1	合成梁	190 × 300	190 × 300	M=L Z=1 (G=300)	H12@430	4.5
C-2		ラチスなし	190 × 300	190 × 300	M=L Z=1 (G=300)	H12@215

外観図 (図はB-1モデルを示す)

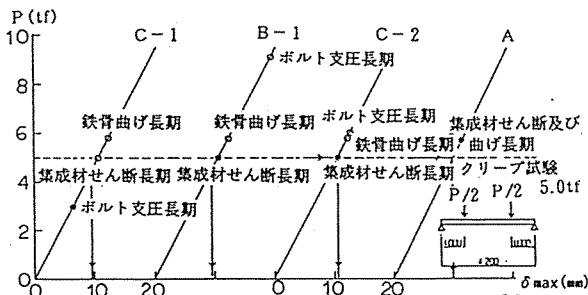
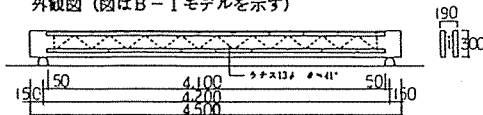
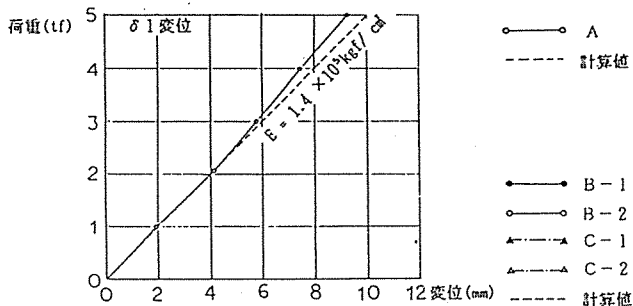


図-4 試験体の荷重-変位関係(予測)



荷重-変位図(1)

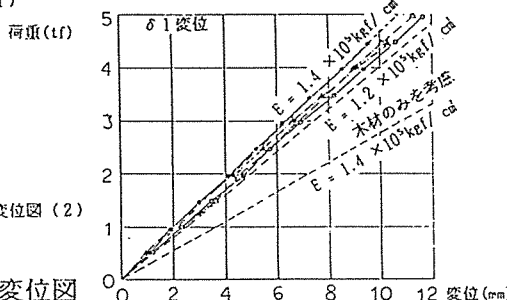


図-5 荷重-変位図

初の予測と一致する結果となった。しかしながら短期応力レベルの実験の範囲内では、BおよびCタイプの合成梁の間に大きな性能の差はないと結論づけられる。この時点で採用する合成梁の選択にせまられた。C-1を指向したいが、クリープ性状の確認を行っていないため、当初の計画通りB-1を採用した。

### 2. 4. クリープ試験

クリープ試験は、鉛直載荷試験と同様に2点集中載荷で、約5.0tfの荷重を吊下げた。試験体は、採用案B-1と本来合成梁として指向したいC-1を選定した。7/1から60日後までの

$\log t-S$ (変位量)のグラフを図-7に示す。60日時点でのクリープ係数( $\delta_{60} / \delta_0$ )

はB-1で1.202, C-1で1.398とラチスを入れたことにより、クリープ性状が大巾に改善される。

## 3. 結論

### 3. 1. 成果

木材と鉄骨の合成梁の開発を通じて下記の成果が得られた。

- (1) 両者を一体と考えて合成梁の設計が行なえる。
- (2) ラチスを入れた合成梁とすることにより、木材のクリープ性状が著しく改善される。
- (3) 「木材と鋼材による合成梁」, 「木造建物の構築工法」の2件の工業所有権を出願。

### 3. 2. 今後の課題

- (1) 現地振動実験を行い、振動に対する合成梁の性能を評価する。
- (2) もえ代設計に対する合成梁の提案を行う。

#### 開発実施者

(設計部) 小野 鎮, 梶原泰男  
 (技術部) 大久保英二  
 (見積部) 小松由久  
 (技術研究所) 木村 衛, 楠 寿博

#### 間接的参画者

(設計部) 伊達忠則, 佐藤正二  
 (技術部) 竹本周二  
 (技術研究所) 阿部隆之, 横山 裕

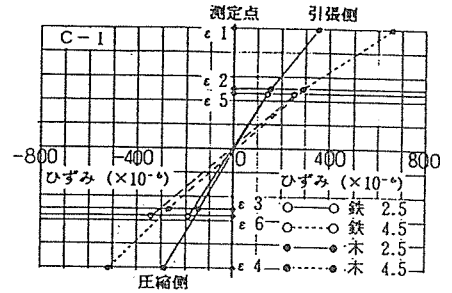
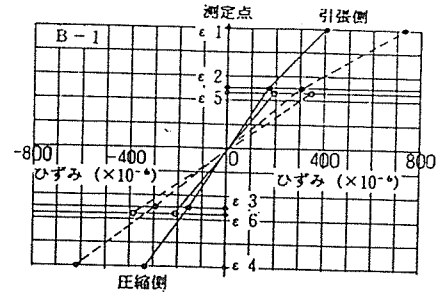


図-6 曲げひずみモード図

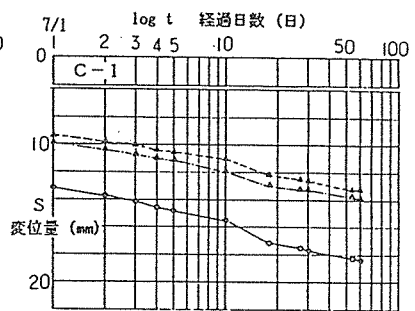
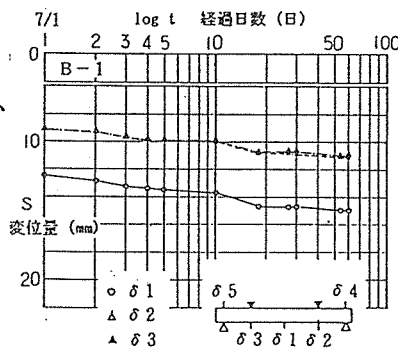
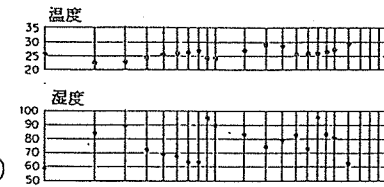


図-7 クリープ「log t-S」

# 10 大一ウッド株式会社出雲工場 L - P L Y工場

## 1. 建物の概要等

島根県出雲に古くから合板工場を持つ大一ウッド株式会社は、木材加工の分野で一頭地を築いてきた特色をもった企業である。早い時期から単板積層材の将来性を看取り、国産単板積層材製造装置の設置に先だって、工場建て屋を集成材、単板積層材、木質I型複合梁などの新木質構造材で建築する事とし、設計をサミットハウスの設計者である一色建築設計事務所納賀雄嗣氏に依頼した。

柱、梁は、アメリカからの輸入通直集成材を用いた陸屋根、平家建ての長さ53844.8mm 幅15682.6mm、屋根下地構造用合板、切板葺の建物である。

## 2. 構造用単板積層材の使用部位、寸法

母屋材	厚み	45 mm	背	360mm	長さ	4,877 mm
-----	----	-------	---	-------	----	----------

## 3. 使用量

構造用単板積層材 (マイクロラム)	5.94 m <sup>3</sup>
-------------------	---------------------

フランジ材	木質I型複合梁として (T J I 35- 3 5 6)
	延べ長さ 541.44 m

## 4. 仕口、金物

梁材と母屋材の取り付け仕口は構造用単板積層材、木質I型複合梁 (T J I ) の母屋材は専用根だ受け金物、釘による施工

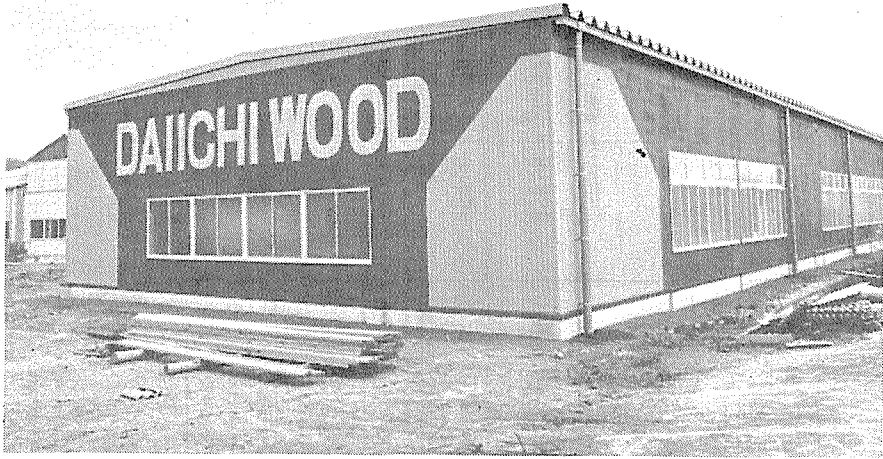
## 5. 施工機械設備

レッカーで吊り上げ設置施工する。

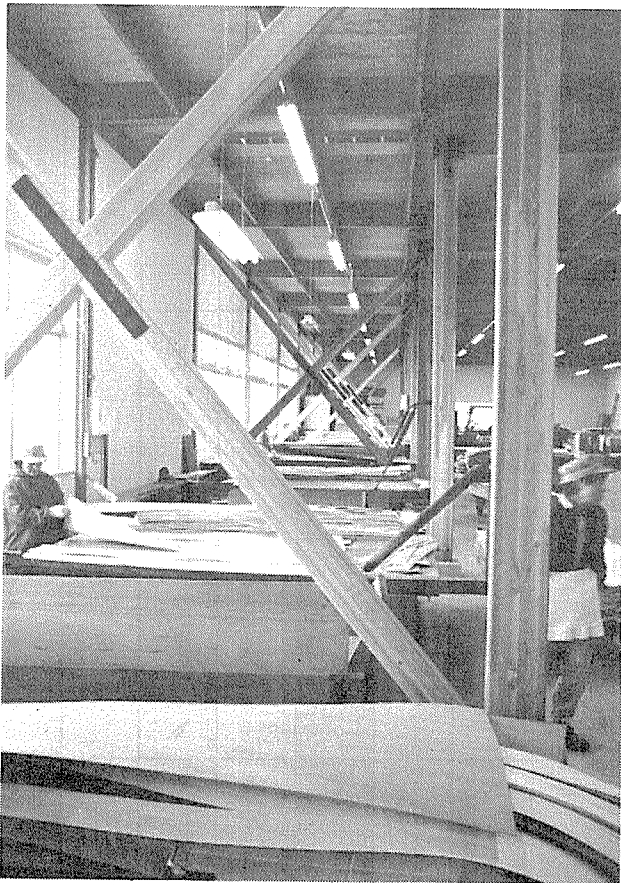
項 目	記 事
使用建築物名 建築物所在地	大一ウッド株式会社出雲工場 L - P L Y 工場 島根県出雲市知井宮町
建築主 設計者 設計事務所	大一ウッド株式会社 ☐ 株式会社一色建築設計事務所
工事せ施行者 構造用単板積層材の 生産（販売）者	株式会社中筋組 トラス・ジョイスト社一（大鹿振興）
工 事 年 次	昭和63年
敷 地 の 位 置 建築物の用途	都市計画区域 なし 用途地域 なし 防火関係地域 なし 多雪寒冷地域 積雪 I M 工場
構 造 の 方 式 規 模	木造スジカイ構造・木造ラーメン構造・混構造 敷地面積 42,401.42M <sup>2</sup> 建築面積 852.9M <sup>2</sup> 延面積 838.67M <sup>2</sup> 最高高さ 5,800 最高軒高 5,167 建物の階段 1 L V L 使用部分 小梁部分
工 期	6 5 日
使用状況 使用部位の構造計算 使用接合金物	別紙 不詳 別紙図面参照
使用上の特徴	
施 工 方 法	使用施工機械 1 基 5 日 時間 施工手順 別紙工程表の通り
使 用 所 感	

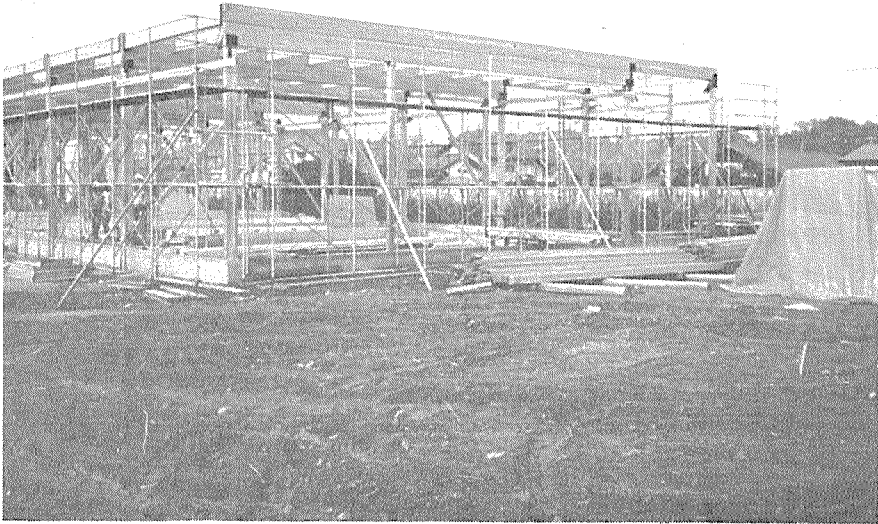
使用状況

使用部分	柱		ジョイント	梁			まぐさ		計
形状	矩	形		矩	形	TJI-35	マイクログラム	矩	形
長さ	4,876.8	4,876.8	7400.0						
巾	130.1	130.1	152.4	800.1	381.0	356.0	360.0	4,876.8	7,924.8
せい	228.6	152.4	130.1	130.1	130.1	58.0	45.0	254.0	381.0
スパン長				11,872.0	4,817.0	4,876.8	4,876.8	130.1	130.1
樹種	ダグラス・ファー		ダグラス・ファー	ダグラス・ファー					
材積	34.525 m <sup>3</sup>								



完成工場の外観





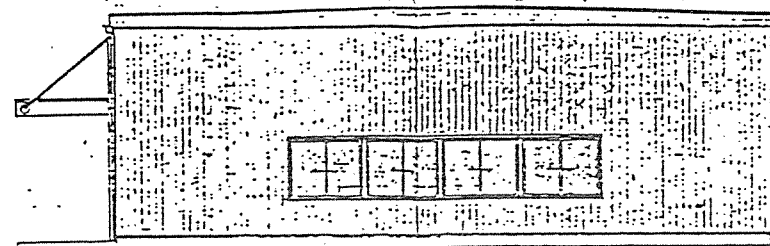
構造が建ち上がった時の遠景



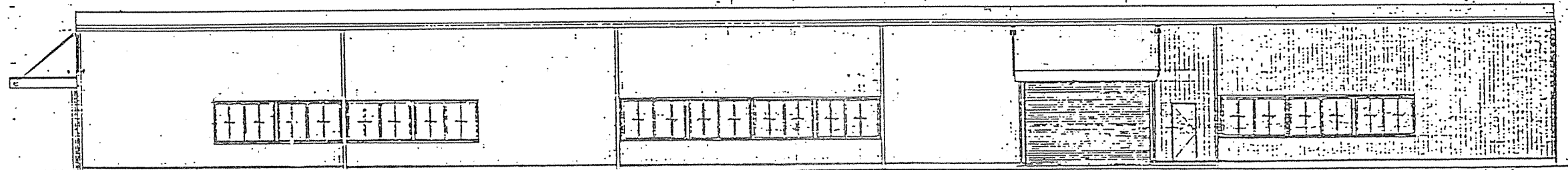
集成材の梁に構造用単板積層材の小梁を掛け、  
その間の母屋材に木質 I 型複合梁を配した







EAST ELEVATION



SOUTH ELEVATION

大ーウッド出雲工場

TITLE

大ーウッド出雲工場L-PLY工場新築工事

NAME

ELEVATION - I (立面図) 1:100

SCALE

DESIGN

DRAWING

CHECK

ETC



DATE

88. 9 . 7

CONSTRUCTION NO

NO

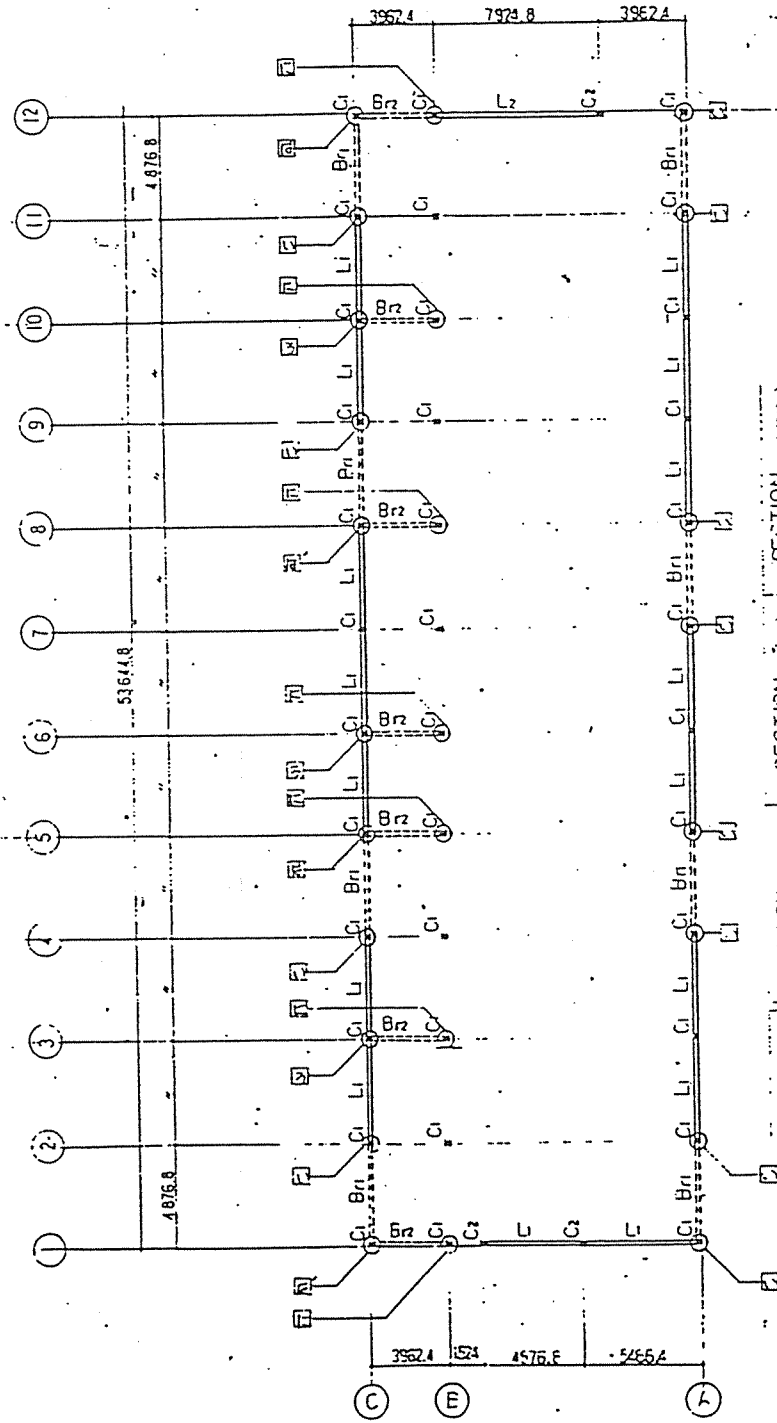
SHEET NO

04



IS THE ARCHITECTS PARTNERS

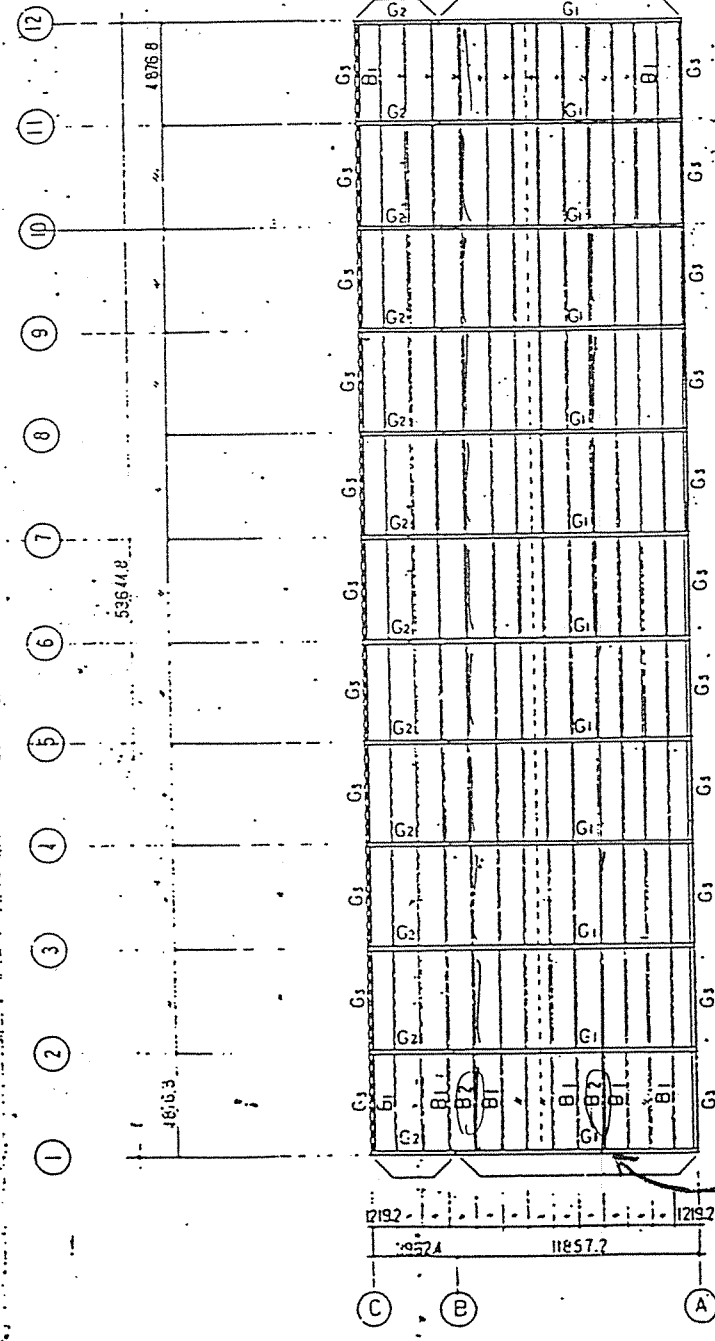




この図は、  
この図は、  
この図は、  
この図は、

MARK	SECTION (inch)	SECTION (mm)
C1	5/8 x 9	130.1 x 228.6
C2	5/8 x 6	130.1 x 152.4
L1	5/8 x 6	130.1 x 152.4
L2	5/8 x 10	130.1 x 254.0
Br1	5/8 x 15	130.1 x 381.0

1/8インチ

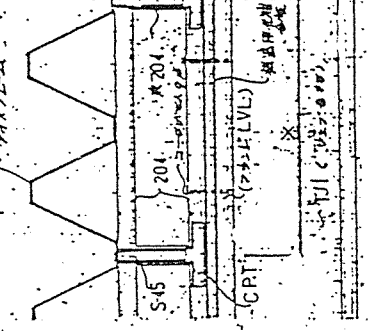


マーク B 2 が構造用単板横置材

1/8インチ

MARK	SECTION (inch)	SECTION (mm)
G1	5/8 x 31/2	130.1 x 800.1
G2	5/8 x 15	130.1 x 381.0
B1	5/8 x 15	130.1 x 381.0
B2	3/4 x 35	58.0 x 356.0
	3/4 x 35	45 x 360.0

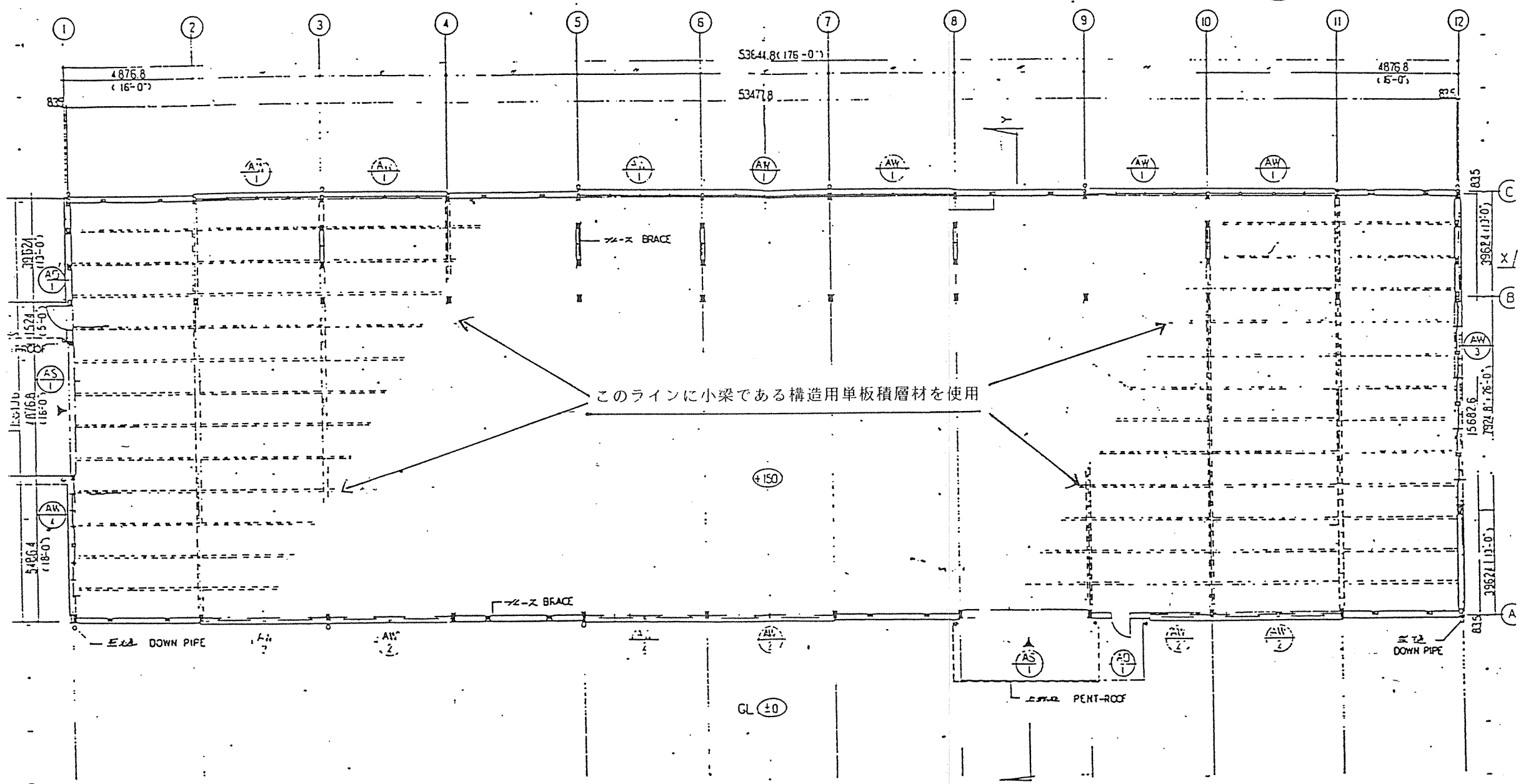
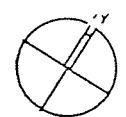
大一ウッド出雲工場



TITLE 大一ウッド出雲工場-PLY工場新築工事	NAME 床 伏 岡 小 屋 伏 岡	SCALE S - 1 : 200 1 : 10	DESIGN 	DRAWING 	CHECK, ETC 	DATE 28. 9. 17	CONSTRUCTION NO	SHEET NO S-2
------------------------------	-----------------------	--------------------------------	------------	-------------	----------------	-------------------	-----------------	-----------------







このラインに小梁である構造用単板積層材を使用

SITE AREA (敷地面積)	42401.42 M <sup>2</sup>	12826.42 T
BUILDING AREA (建築面積)	352.95 M <sup>2</sup>	258.01 T
TOTAL FLOOR AREA (延面積)	838.67 M <sup>2</sup>	253.69 T

大一ウッド出雲工場

TITLE	NAME	SCALE	DESIGN	DRAWING	CHECK	ETC	DATE	CONSTRUCTION NO	SHEET NO
大一ウッド出雲工場 - PLN 工場新築工事		1:100					88-9-17		10





## 11. YES' 89 横浜博覧会 IBM 人間館

### 1. 建物の概要等

本建築物は横浜港未来博覧会に参加したIBM社「人間館」として、大断面構造用集成材による六角形の平面を基軸とした全木造建築で、同博覧会では、横浜館の鹿島-三井木材-WWS-ウエアハウザーによるものと併せてわずか2棟であった。

この建物は、竹中-ABC開発-阪神土木工業によって隣接の食堂棟の同形小型建築物2棟を併せて建設された。

構造用単板積層材は六角塔状のこの建物の中に周壁に添って設置された観覧者通路のスロープの床根太、2階観覧室の床根太として、大重量を支える強度部材として使用された。使用位置によってスパンが異なるので構造用単板積層材の厚みも38mm, 45mm, 76mm (最多) 109mm 等、背は統一して508mm、スパン長は6.6mから11.5m が使用された。

スパンの短い部位では木質I型複合梁(TJI35-508)が当てられた。

### 2. 構造用単板積層材の使用部位、寸法

床根た梁	厚み	76mm	背	508mm	長さ	316.50m	材積	12.2169m <sup>3</sup>
	45		508		38.6		0.8839	
	38		508		46.0		0.8878	
	109		508		6.6		0.3655	
								合計14.3541

いずれもトラスジョイスト社製 米松構造用単板積層材(マイクロラム)  
厚み76mmは38mmを2枚積層再接着、109mmは45mmを2枚と19mmを1枚の3層接着である。

### 3. 使用量

構造用単板積層材(マイクロラム)	14.3541m <sup>3</sup>
木質I型複合梁(TJI35-508)延べ長さ	699.36m

#### 4. 仕口・金物

構造用単板積層材、木質 I 型複合梁の床根太は全て梁、桁上に載せて釘打ち。  
金物は使用していない。

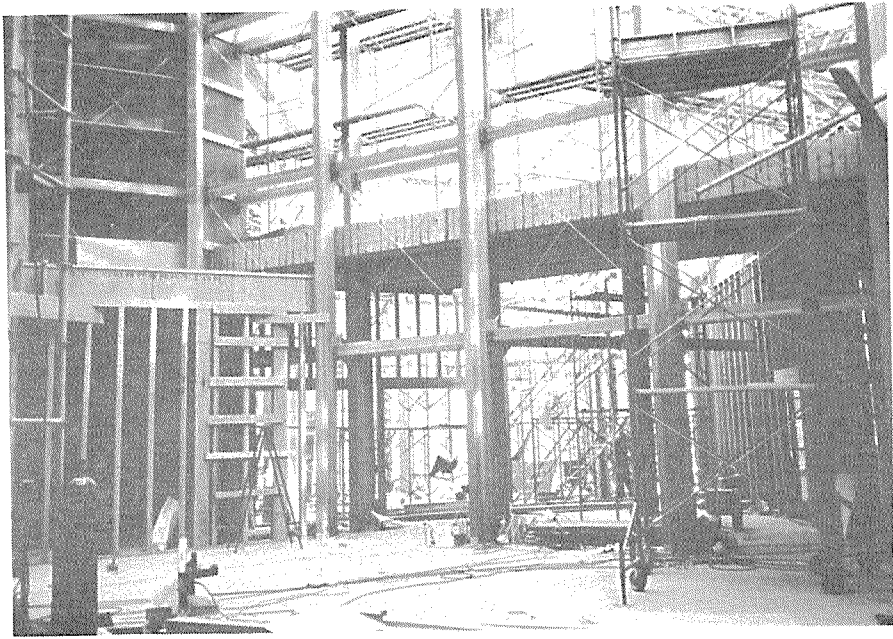
#### 5. 構造設計の考え方

$E = 1.4 \times 10^5$  で計算された。

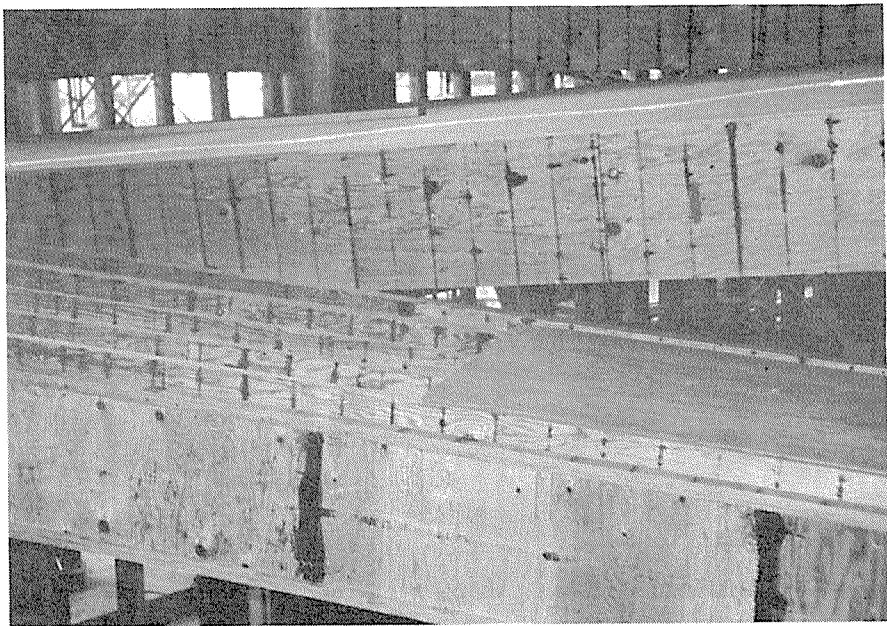
#### 6. 施工機械器具

仕口の加工が無いので、スキルソーで長さを合わせるだけの現場合わせで出来で問題はない。施工に当ってはレッカーで吊り上げ設置施工した。

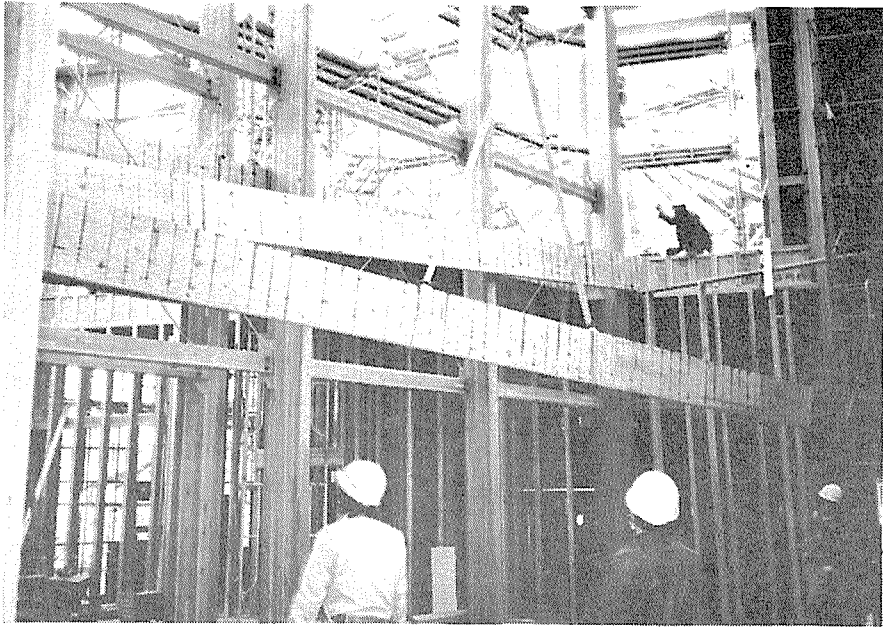




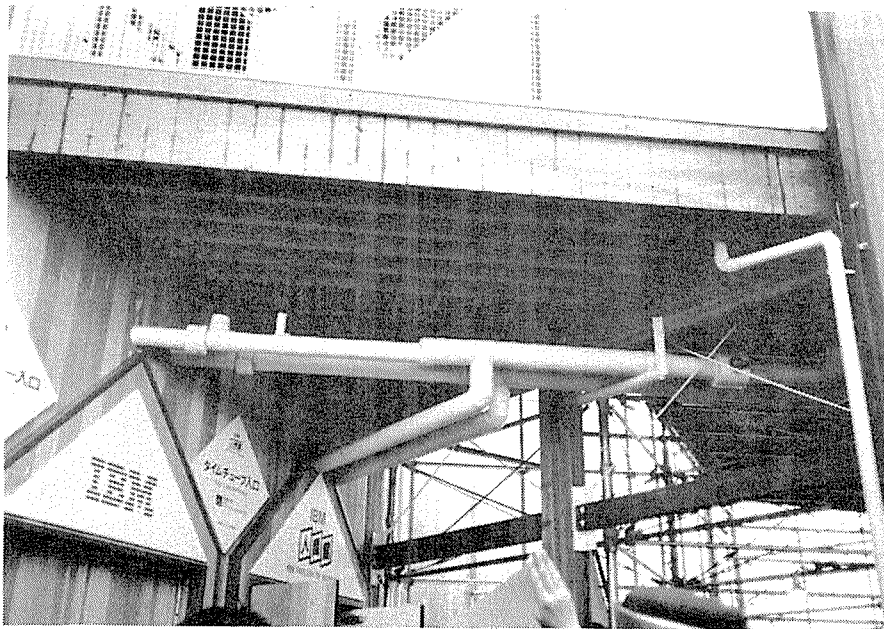
構造用単板積層材の2階床根だ施工状況



2階えのスロープ部の床根だに施工された構造用単板積層材



スロープに施工中の構造用単板積層材



2階床根だに施工された構造用単板積層材



2階床根だに施工された木質I型複合梁



完成近い入り口部

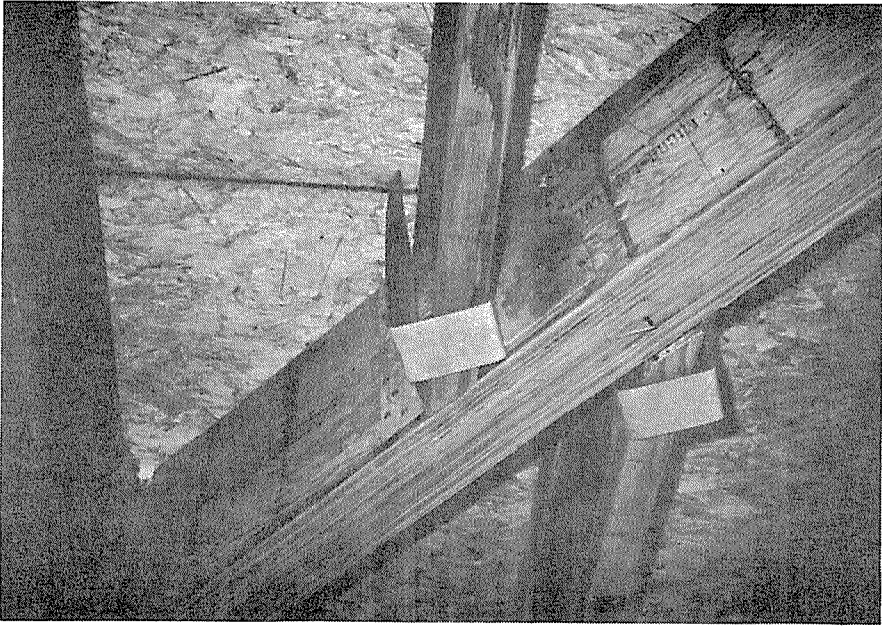




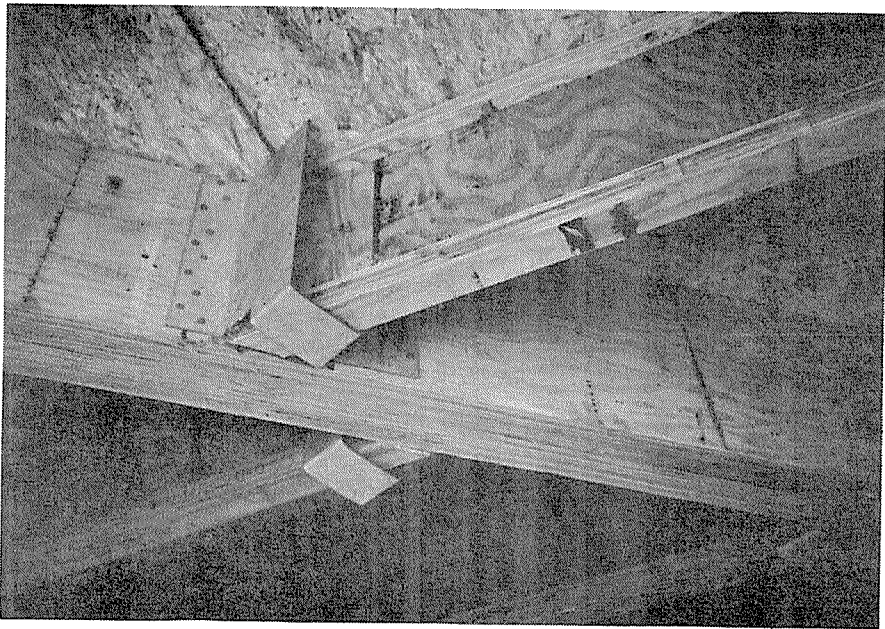
## 12. 外国での使用例

構造用単板積層材の実用使用は、アメリカではTRUS JOIST社により1972年工業化された連続プレスによる長尺構造用単板積層材 MICRO=LAM が、木質I型梁やハイブリットのオープンウェブのフランジ材として使われることで始まり、建築物の構造材に、なかでもアイダホ大学の多目的ホールであるキビードームまでを完成させている。それに続いてヨーロッパではフィンランドのMETSA SERLA 社が独自のやはり連続製造装置によるKERTOPUUの商品名の構造用単板積層材を生産し、フィンランドをはじめとする北欧三国、フランス、西ドイツ、オランダ更にアメリカまで大型木構造建築を中心に使用実施例を重ねている。アメリカでは TRUSJOIST 社のベイマツ構造用単板積層材 MICRO=LAM はC A B O (Council of American Building Official) によりNational Research Board N B R - 1 2 6 March 1983で前述の強度が認められており、主に通直の横架材として使用されている。スパンの大きい開口部の梁、桁材、まぐさ、また、小屋組み材として屋根棟木、母屋、ろく梁、小屋梁、更に屋根たる木としての使用が目立ち、通常まぐさ材としては普通商品として極一般的に流通使用されている。その他、橋梁の桁材、特種には高圧送電線塔の柱材などの過酷な使用例も報告されている。

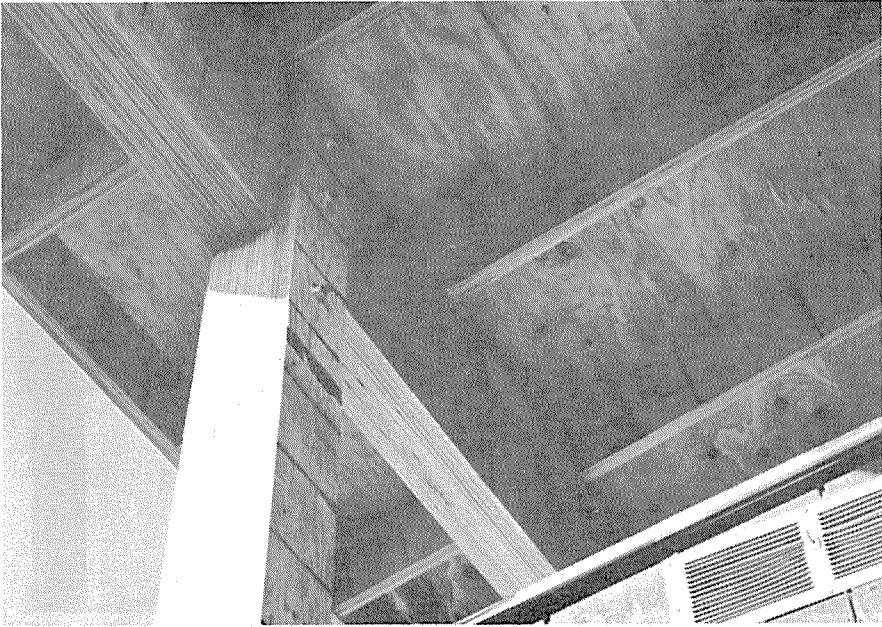
フィンランドのMETSA-SERLA 社のスプルー材を使用した構造用単板積層材 KERTOPUUは、フィンランド、北欧三国、西ドイツ、フランス、アメリカでTYPE=APPROVAL を受け、既に10年間のヨーロッパ地区での使用実績を重ね、構造用梁、根太、トラス弦材、コンクリート型枠用材、仮設足場板、トラック荷台甲板等に展開している。特にフィンランド・オウルのオウルドームは、この KERTOPUU を三角形として構成しシェル構造に組みあげた直径115mの大型木構造建築である。このような大型木構造の構造部材に使用しているのはじめ、木造、鉄骨造、RC造の建築物の屋根棟木、小屋梁、ろく梁、母屋、屋根たる木に多用されているようである。更に積極的な使用例で、この構造用単板積層材で構成したアーチを使用してスリーヒンジアーチ架構、トラス架構、ラーメン架構と従来の集成材の使用法と同じ使い方を行っている。



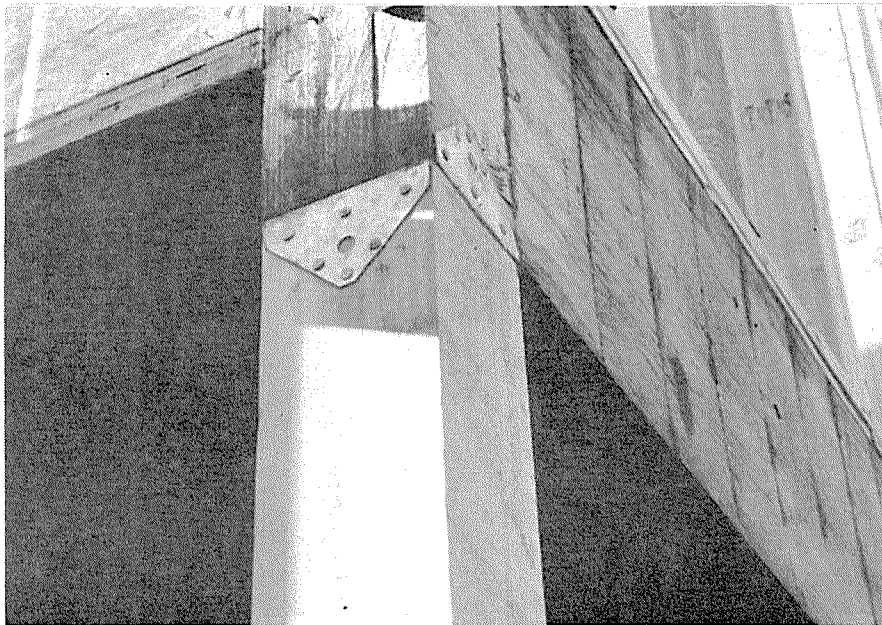
沢山の床根だの集まる床梁に使う



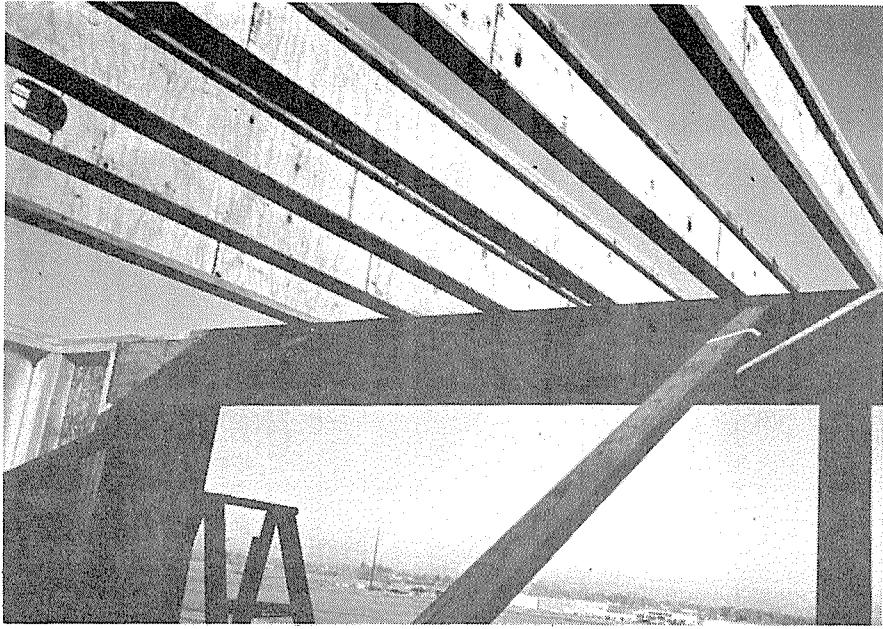




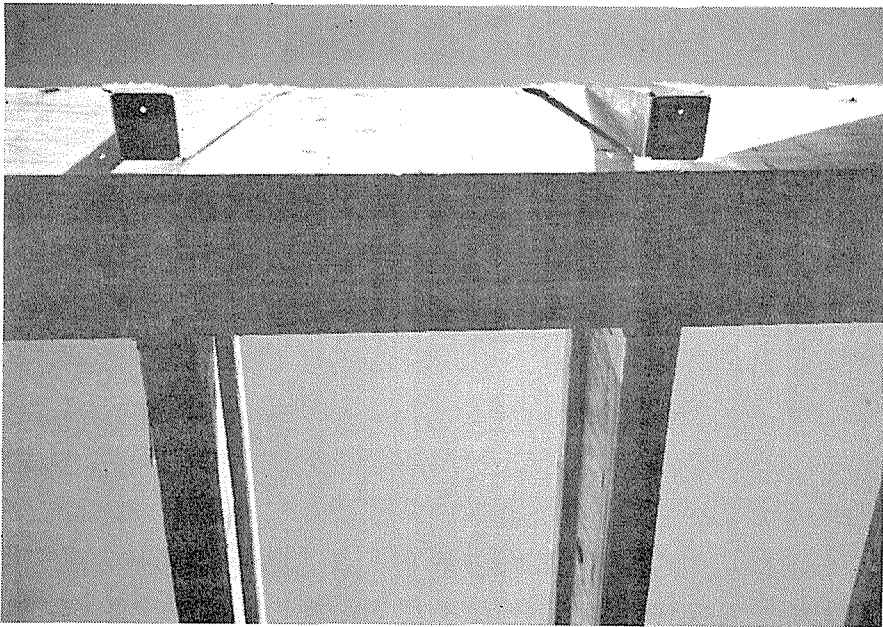
柱、梁、床根だ全て構造用単板積層材



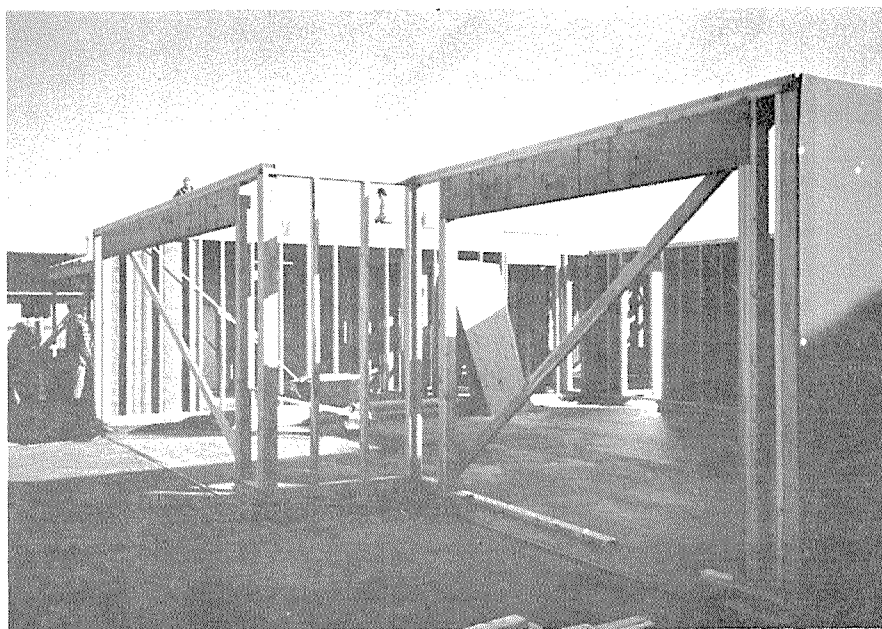
三枚合わせの梁材



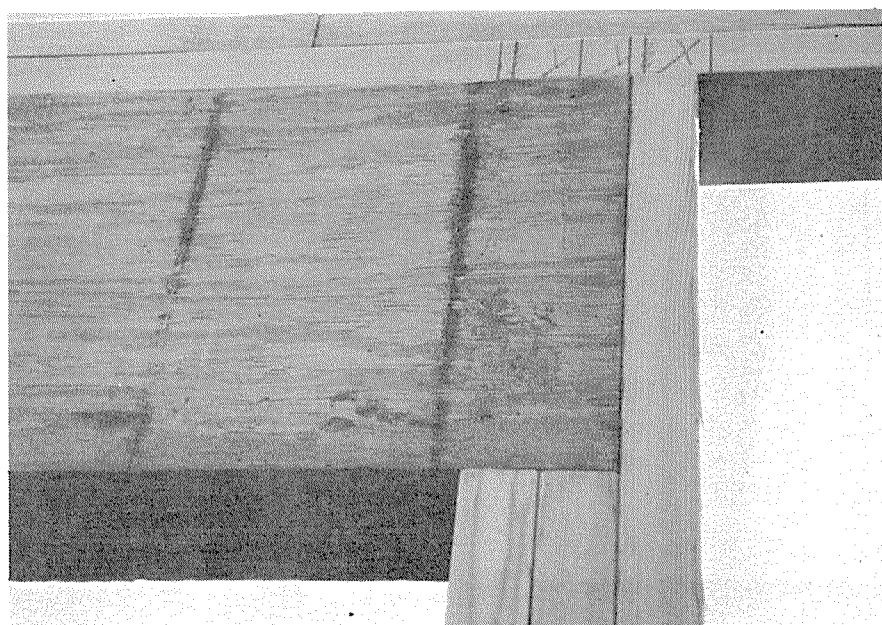
開口部のまぐさとして使う



合わせ梁として使われている構造用単板積層材



枠組壁工法の大開口部での典型的な使い方



まぐさ受けで支えられる構造用単板積層材



C、LVLの構造利用に関する

今後の取組について

## LVLの建築構造利用に関する今後の取組について

木構造はその用途から住宅用とその他に区分されるが、後者は比較的大規模な建築物としては極めて少なかった。しかしながら近年大規模木構造が見られるようになってきた。現在の大規模木造建築物を大きく区分すると通直材を基本とした軸組構法の木構造の規模が大きくなった構造、通直にとらわれずに比較的大きな架構を形成する主として集成材による構造、あるいはシェル、立体トラスなどがある。このなかで、とくに大規模建築物として中心的なものと考えられるのは集成材構造であり、その技術開発に関しては集成材の製造、施工および構造設計における問題点を実験によって確認し、技術資料の整備が行われてきた。一方、住宅も規模の拡大と居住空間の多様化から大きな空間が要求されるようになってきたし、日米林産物協議で話題になった木造3階建共同住宅への対応なども重要な課題となっている。

このように最近の木構造を取り巻く状況は急速であり、たとえば構造用大断面集成材の日本農林規格が制定され、各地でも木材需要の活性化に関連し、大規模な集成材構造が建設実績を徐々にみるようになってきた。本プロジェクトのLVLについても構造用のJASS規格が整備され、認定工場や協会など受け皿としての整備も整ってきている。それはLVLが造作用においてかなり実績とつんできたこと、構造用についても輸入商品で枠組壁工法などでの実績をみるに至ったことが挙げられよう。また、木材資源の状況からも重要度は今後も大きくなって行くことが当然予想されているが、その特性をもとにした用途の検討が必要となってきた。

このような背景から、本材料の構造になじみの少ない発注者、設計者の理解の一助にするために、(財)日本住宅・木材技術センターの「構造用単板積層材の建築構造利用調査委員会」が設計、施工、加工、施工機械などの実務面の現状を踏まえ、問題点、整備すべき点を検討した。細部については各章に述べられているので、そのなかで、とくに今後の実務面から開発が望まれる技術について以下に簡単に示す。

### 1. LVLの特性と構造利用への展開

一般にLVLの長所としては

(1) 節などの構造上の欠点となる部分を分散させることによって強度や剛性の安定したばらつきの少ない材がえられる。

(2) 単板は乾燥後接着されるので乾燥による割れ、狂い、寸法変化などが少なく、精度がよい。

(3) 構成によって各種強度、目的に応じた大断面、自由な長さあるいはアーチなどの自由な形状が小径材からもえられる。

などが挙げられている。

しかしながら、材料としてのこれらの長所はむしろ設計、施工上で発揮されるものである。したがって、そのような長所が生きるような、あるいは生かすような建築物、用途でないかぎり、材料としてみたときには過剰な性能をもった材料としか受けとられないであろう。そのようなジレンマは、価格が安くないかぎり需要に限られるという集成材がたどってきた道に極めて類似している。

このような状況のもとで以下のような展開が必要であろうと思われる。

(1) 事例の整備すること。

LVLを構造材料とした構造、建築物が性能的にも、経済的にもあるいは近代的という感覚的にも一般化していない。すなわち、俗ないかたをみると、どのような事例があるのか、経済性を伴った現代に訴える良い構造、建築物が可能であることをビジュアルに示すことである。

(2) 構造材料としての基本的な設計用データを整備すること。

許容応力度

強度や剛性を担保する規格、等級区分

接合など耐力評価

耐久性能の基準

(3) LVLの特異とする使用法

縦使い

寸法精度と断面、長さの自由度

## 2. LVLの各種用途への対応

既存の各種用途に対応するには同等であるためのなんらかの性能的な確認必要であるが、LVLの特性から以下のような技術的な検討も重要であろう。

(1) 各種木質系住宅への対応

在来工法－ 接合、横架材、長スパン化、プレカットへの適合

枠組壁工法－長スパン化、ユニット化

木質接着パネル工法－

(2) 大断面木造建築物への対応

防耐火性能への材料的な確認と共同住宅などへの展開が考えられる。

施工面ではLVLは寸法精度とくに長さ方向の寸法精度、直角度、ボルト穴明けとその位置決めなどにはきわめてすぐれていると思われるが、運搬における制限から接合法は重要である。通直を組み合わせることが主とはいえ、集成材と同じく、多彩であるため接合具の開発への対応が重要である。あわせて現場作業性の良さを検討する必要がある。建築物の規模、施工条件によって、開発される加工機械の型として定置型、移動型（材が定置）の両者が考えられる。

## 3. LVLに適した建築物の施工技術の開発

現場までの搬送、組立て、建て上げ、の手順あるいは規模による現場施工機具、機械設備のメニュー化の整備。

現場接合に適した加工機具とくに穴明けなど、および施工精度を補う技術、たとえば接着剤の適性利用や補助金物など。

建方手順に応じた接合具の選択とメニュー化