平成 15 年度　農林水産省補助事業
「顔の見える木材での家づくり」推進事業

地域型長期耐用住宅における
地域材利用技術の調査・研究報告書
（宮崎地域編）

平成１６年 ３月

財団法人　日本住宅・木材技術センター

まえがき

国産材の需要拡大は、地域の林業、林産業活性化への寄与はもちろん、資源の循環利用や国土保全上からも極めて重要である。わが国の木材需要は、その6割が住宅等の建築分野であり、国産材が各地域の木造住宅用建築資材として拡大利用を図っていくためには、地域によって異なる木材の性能と住宅における生活様式に応じた技術開発の推進が必要である。

地域の木造住宅は、元来、地域の気候・風土や生活様式等を考慮した間取り、構法及びそこでの使用木材の選択やその使い方等にそれぞれ特徴があるものである。しかし、現代の木造住宅は、全国的に平準化し、地域性が希薄化しているのが実態である。住宅の品質・性能は、構造的な安定性や耐久性、健康安全性、省エネ効果等が求められてきたが、近年は、循環型社会の構築に対応した住宅生産体制の整備も求められている。

また、わが国における二酸化炭素削減計画や森林整備の充実のためには、国産材供給の主力になってきた中目材の積極的な活用も必要になっている。これらの観点から、地域の建築・木材利用技術の高度化による地域資源の有効活用や長期間の炭素固定などから、地域性を踏まえた長期耐用型住宅のシステム化が必要となっている。

本事業は、これらを踏まえ、平成13～14年度に実施した林野庁補助事業「長期耐用住宅木材利用技術高度化事業」及びこれを引き継いだ本年度の「顔の見える木材での家づくり」推進事業の一環として進められてきたものである。

日本は地域によってその気候風土は大きく異なるため、本事業では、地域特性を気候因子で代表させ、①寒冷・乾燥地域として長野県、②多雪・湿潤地域として富山県、③高温・多雨の台風常襲地域として高知県、④高温・多湿の蟻害多発地域として宮崎県の4県を選定した。前年度まで、それぞれの地域における長期耐用可能な住宅に求められる条件、各地域において長期間の供用に耐えると認識されている住宅について構法的特徴、使用材料の特徴等を実地に調査すると共に、実験的健勝を行ってきた。本年度は、更に実験的健勝を加えると共に、これまでの調査・実験に基づいて検討された今後に求められる地域型長期耐用住宅の具体的な住宅構法プランを踏まえて、そこに用いられる地域材の利用方法についての提案を行った。

本報告書は、上記4地域のうち、宮崎県（高温・多湿の蟻害多発地域地域）に関するものである。

本事業を推進するに当たり、多忙な中、精力的にご討議いただいた各委員及びご協力いただいた各県の木材関係研究機関の研究員ならびに住宅・木材関係会社・団体の関係者に対し、厚くお礼申し上げます。

平成16年3月

財団法人　日本住宅・木材技術センター
理事長　　岡　　勝　男

目　　次

はじめに・・・

はじめに

本事業は、「長期耐用住宅木材利用技術高度化事業」において平成13年度より昨年度まで実施された事業を引き継ぎ、本年度より「顔の見える木材での家づくり推進事業」の一環として進められたものである。

平成13年度は地域型木造住宅に関する調査を実施、昨年度はその調査結果を参考に地域材活用に必要な基礎実験およびモデル設計に必要な軸組構造の検討を実施した。今年度は、設備と内装を検討している。

事業の運営は委員会形式に基づき、地域を代表する専門家及び学識経験者による協議を重ねながら地域型木造住宅の研究開発に取り組んできた。厳しさを増す木材産業の現状を踏まえつつ、研究開発は近い将来を視野に入れた木造住宅の有るべき姿を提案することに重点を置いている。

木造住宅を取り巻く現在の環境は、消費者の低価格・高品質志向が強まるなか、厳しさを増しており、商品開発手法にも従来とは異なる視点が求められている。消費者ニーズに合った商品を開発するには、コスト削減努力に加えて森林資源としてスギの供給状況の把握や国際的な流れのなかで性能化に向けた動きへの対応など、幅広い角度から地域材のスギ、住宅を考え、イメージする必要がある。これらの点を踏まえてスギと地域型住宅を見直すことで自然のサイクルに沿った地産地消が実現すると思われる。

本事業では、新しい軸組構造の開発として、スギ資源の現状から地域の消費者ニーズに至る一連の調査結果を基に、スギの特性を生かした「合わせ材を軸組材とするラーメン構造」を地域に合った住宅の構造として提案している。これは国土交通省が提唱する「長寿命木造住宅整備指針」にも沿ったものとなっている。同構造の基本原理は構造材スギを板材として利用することに焦点を当て、可変性と更新の容易性を可能にするオーソドックスなスケルトン・インフィルの構造概念を導入したものでる。

今年度の報告書では、来年度に近未来に向けて実施設計としてとりまとめられる「地域型住宅」のモデル設計実現のための基本的な設計条件を整理している。

第1章の基本設計では、SI住宅（スケルトン・インフィル住宅）採用の背景や地域材スギの特性と使用する製材の強度等級を設計条件として整理している。現在の住宅建設市場の動向調査を基本構想に反映させ、コストを含めて総合的に競争力のある住宅開発を目指して研究開発の優先順位を決めている。例えば、品確法に準拠した性能レベルの選択など、基本設計の根本となる設計諸条件を整理したうえで基本設計図を提案している。

第2章では、合わせ材による軸組構造の基本となる合わせ梁の曲げ性能を、曲げヤング係数と曲げ強さ及び破壊状況を実験によって明らかにしている。これは、来年度に予定されている部材設計、断面検討の基礎資料となるものである。

第 3 章では、スケルトンとして合わせ材による軸組ラーメン構造成立の基本となる剛接合部の検討を整理している。

第 4 章では、インフィルのモデル設計を通じて合わせ材による軸組ラーメン構法に肉付けをした。また、最終年度の設備設計の基本資料となるような実質的な検討を、課題も併せて整理している。

第1章　基本設計

1　スケルトン・インフィルの採用

1.1　宮崎型住宅プランの基本的な考え方

宮崎県の地域特性は高温多湿、そして台風常襲地であることから、長期耐用を考慮すると、最も腐朽や蟻害が進む床下の換気を十分に取る必要がある。そのため、工法は床下部分に布基礎を設けないで、柱を基礎に直接緊結する柱勝ちの通気を重視する構造を採用した。

構造システムはスケルトン・インフィルを採用し、筋交い、面材張りを行わない木造軸組みが仕上げと独立するラーメン架構を主体とした。具体的には、図 1-1 に見るように4枚合わせの柱材の側面中央に孔をあけ、この孔に2枚合わせの地貫(1F 桁材)、2F 桁材、屋根部桁材を通し、柱材とこれらの横架材の交点に柱の表面から角ダボを打ち込み、柱勝ちの仕口を構成する。このダボ接合による柱と横架材の接合部がモーメントに抵抗する性能を保持するので、骨組全体として水平力に抵抗するラーメン構造が成立する。

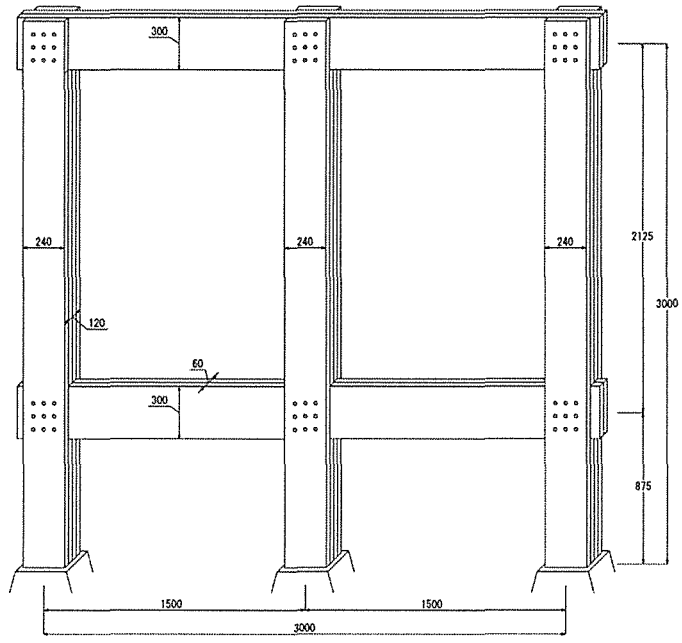


図 1-1

本構造システムに使用する地域材はスギであり、使用木材は乾燥した製材とし、板材が中心となる。用いる板材の基本断面は厚み 30mm、幅 240mm である。

本構造採用は健康への配慮を重視している。乾燥板材の合わせ材とすることで、接着剤、防腐・防虫薬剤、さらには塗料などいわゆるケミカルスの使用を出来るだけ控えていることである。このことは住宅構成部材として室内環境汚染の問題発生を防ぎ、加えてこの住宅を解体廃棄するときの環境汚染も最小となるように考慮している。

1.2　地域特性への対応

宮崎県の気候は高温多雨、しかも日射量にも恵まれ、生物の生育には良い環境といえる。その分、人工林スギの生育が早いことから年輪幅が広い。材料の特性は気乾比重が平均で0.38と軽く、そして軟らかい。この材料特性を活かすことで、先孔を小さくして角ダボを打つ合わせ材を可能としている。

地域材の資源は、戦後いち早くスギを主体とした拡大造林に取り組んできた結果、人工林面積は364千haに達し、そのうち74%の252千haをスギが占めている。その森林資源は年々成熟の度合いを増し、31～40年生のスギは平成2年から平成13年の12年間で2.7倍、105千haとなっている。また、平成13年の41年生以上のスギは平成2年の3.7倍、平成7年の2.4倍となっている。このような中で本県の素材生産量は110万m^3と横ばいで継続しているが、スギの割合が年々増加してきており、平成13年のスギの素材生産量は93万6千m^3と全国の13%を占め、平成3年以降連続して全国一の座を維持している。

合わせ材の基本となる板材の乾燥・供給は、県の補助事業として平成16年度までに110機が設備されると予想されることから可能と判断する。機械等級材は県内4社の新JAS工場が稼動しており、製材の格付けも可能である。

合わせの加工体制は、県内のプレカット工場（平成12年度で11社が稼動）で対応できる。

2　平・断面等の基本計画

宮崎型住宅の構造計画の特徴は、長期耐用住宅の基本と考えられている、スケルトン・インフィルを採用したことである。すなわちスケルトン（軸組構造体）とインフィル（造作・内装・間仕切り等）が分離できる構造となったことで、インフィルを容易に変更でき、また増改築も容易に行える。

平面計画上の基本を次のとおりとした。

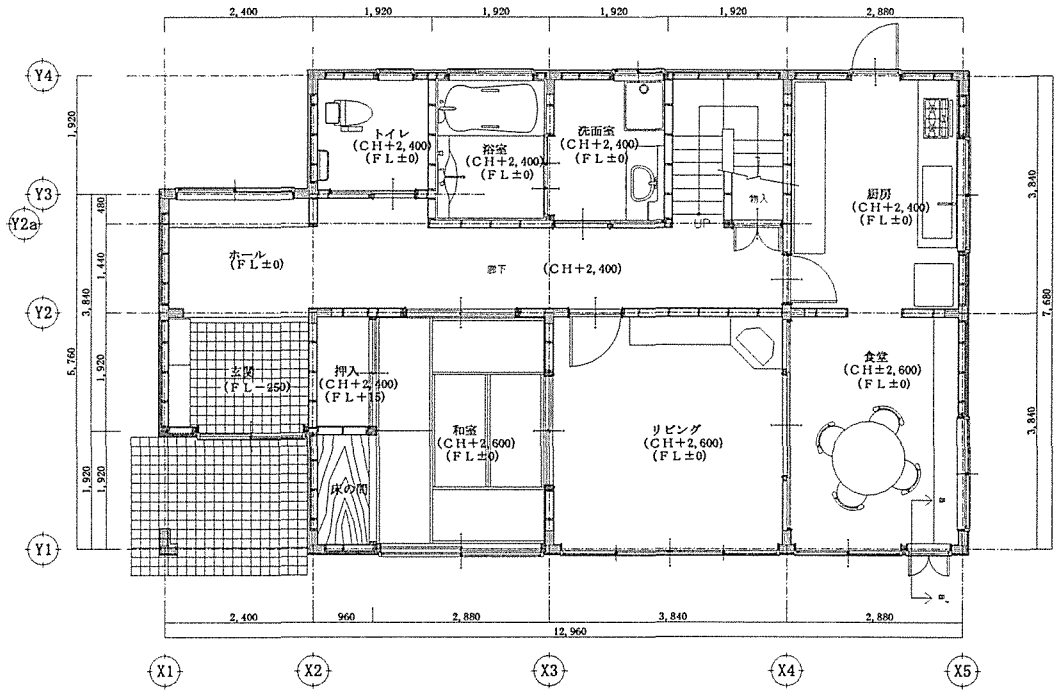
1）平面のモジュールは1.92mを基本とする。

2）軸組構造では土台と布基礎を用いない。

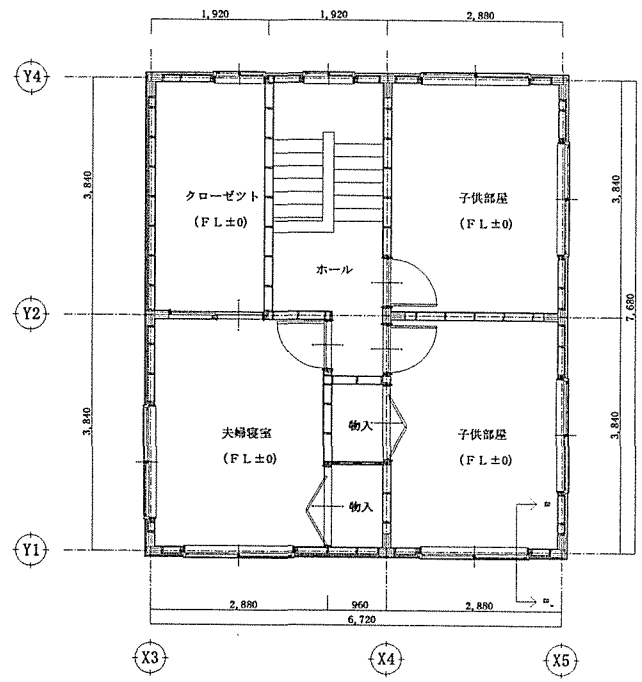
3）1FLはGL＋600mm、2FLは1FL＋2855mmとする。

4）床梁等の最大スパンは4m以下とする。

宮崎型住宅のモデルプランは、地域での市場調査から得た情報を基に、延べ床面積は40坪程度、間取りは4LDKとした。ここでの間取りは、長期間での住まい方の変化に対応でき、また増改築の容易性を配慮して地域で標準的となっているプランを基本とした（図1-2、図1-3）。



1階平面図



2階平面図

図 1-2 宮崎型住宅モデル平面図

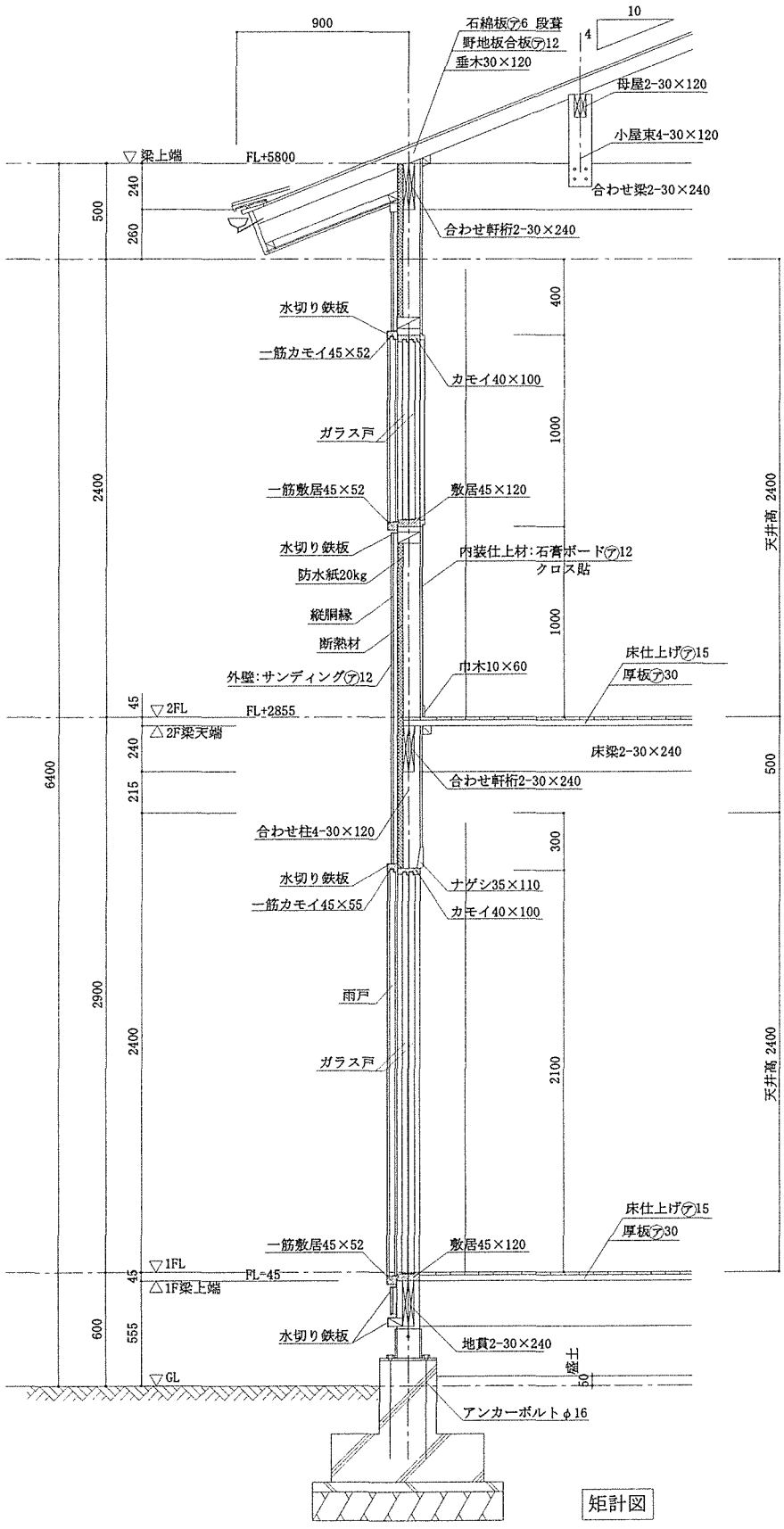


図 1-3 宮崎型住宅モデル矩計図

3　性能・仕様について

3.1　材料、部位に要求される性能

宮崎県の風土や市場における価格動向を踏まえ、地域型住宅の品質レベルについて地域委員会での協議の結果、図 1-4 に示すように各項目毎にそれぞれのバランスも考慮しながら品質レベルを設定した。レーダーチャートから分かるように、優先するものはホルムアルデヒド対策、構造の安定、劣化の軽減、そして維持管理の配慮をそれぞれレベル 3 とし、火災時の安全と音環境はレベル 1 としている。

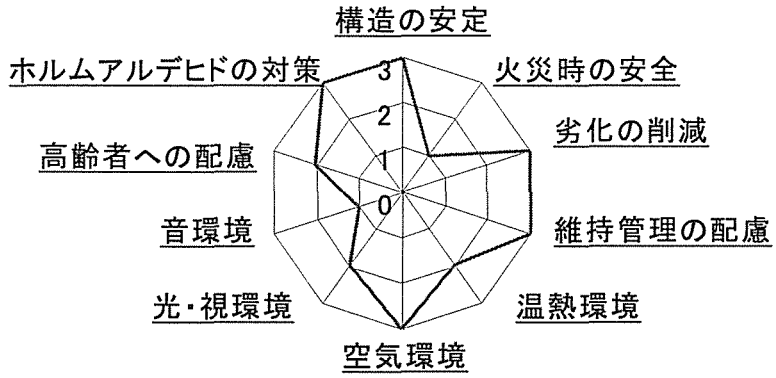


図 1-4　品質レベルを示すレーダーチャート

3.2　部位・部材として使用される木材仕様

軸組構造の仕様は、市場動行調査で得られた現在の住宅価格である坪 30 万円から 40 万円を参考に、コストバランスを配慮して決めている。

構造材として使用する板材の仕様は、E50 を基本としている。構造計算を前提とすることから、構造材スギは機械等級材としている。本構造の基本材料となる板材の品質をはじめ、使用材料等を一覧として、表 1-1 に合わせ材による軸組工事仕様書として示した。

表 1-1 合わせ材による軸組工事仕様書

<table>
<tr><th></th><th>項　　目</th><th>特　記　事　項</th></tr>
<tr><td rowspan="2">軸組工事</td><td>1 木　　材</td><td>木材の含水率による種別はSD15とする。

構造材及び下張材の製材、使用箇所に応じた材面の品質等は、自動機械プレーナー仕上げとする。
・使用箇所及び種類は、次による。

<table>
<tr><th></th><th>使　用　箇　所</th><th>構造材の種類または機械等区分</th></tr>
<tr><td>軸組</td><td>＜　柱、梁、小梁　＞</td><td>・機械等区分（・E50・E70・E90
・E110・E130・E150）</td></tr>
<tr><td>小屋組</td><td>＜小屋梁、垂木、　＞</td><td>・機械等区分（・E50・E70・E90
・E110・E130・E150）</td></tr>
<tr><td>床組</td><td>＜根太、床板、　＞</td><td>・機械等区分（・E50・E70・E90
・E110・E130・E150）</td></tr>
</table>
部材ごとの樹種
・構造材の樹種は、次による。

<table>
<tr><th></th><th>部　材　名　称</th><th>樹　種　等</th></tr>
<tr><td>軸組</td><td>＜　柱、梁、小梁　＞</td><td>＜　スギ　＞</td></tr>
<tr><td>小屋組</td><td>＜小屋梁、垂木、　＞</td><td>＜　スギ　＞</td></tr>
<tr><td>床組</td><td>＜根太、床板、　＞</td><td>＜　スギ　＞</td></tr>
<tr><td colspan="2">せん・くさび・だぼ等</td><td>＜　イチイガシ　＞</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>2 接合具及び接合金物の工法等</td><td>構造材及び下地材に対する木ダボの打込み本数等は図示による。
ボルト径は図示による。
ボルトが受ける応力の種類
・引張りを受けるボルトは図示による。
・せん断を受けるボルトは図示による。

接合金物を木材に接合するためのボルト等の種類、形状、寸法及び本数は図示による。</td></tr>
</table>

第２章　合わせ梁の曲げ試験

本章の目的は、軸組の基本とする合わせ梁の曲げ性能を明らかにすることである。試験では、まずスギ厚板のエッジワイズ方向の曲げ試験を行いその基本的な性能を把握した。次に、2 枚の厚板を木ダボで接合した合わせ梁を製造し、エッジワイズ方向の曲げ性能に及ぼす厚板の組み合わせの影響を検討した。なお、本試験における合わせ梁に関しては、厚板の有効利用と合わせ梁のヤング係数の信頼性向上を意識した厚板の構成法を採用している。

1　供試材および実験方法

1.1　供試材の材質測定

供試材には、宮崎県都城地域産のスギ厚板（厚さ 30mm、幅 180mm、長さ 4000mm）60 枚を用いた。

表 2-1 に供試厚板の概要を示す。枠組壁工法構造用製材の日本農林規格に基づき、曲げ試験時の荷重点間に存在するすべての節の位置と節径を記録し、材縁部の範囲を厚板の幅方向両端部から 5mm として材縁部節径比(K_e)を求めた。その際、引張り側の節のみをカウントした場合の値(K_{et})についても算出した。また、構造用集成材の日本農林規格に基づき、厚板木口面における年輪の曲率を測定し、採材位置（髄からの距離）を推定した。そのほか密度(D)、平均年輪幅(ARW)を測定し、含水率(MC)は試験終了後に破壊箇所近傍から切り出した小片に対して全乾法により求めた。

厚板のヤング係数は、全ての厚板について縦振動法による動的ヤング係数(E_d)、フラットワイズの曲げヤング係数(MOE_{fw})およびエッジワイズの曲げヤング係数(MOE_{ew})を測定した。E_d の測定では、クッション材で中央部を支持した厚板の木口面をハンマーで打撃して一次の固有振動数を求め、それを用いて E_d を計算した。MOE_{fw} の測定には連続送り式グレーディングマシン（飯田工業 MGFE-251T）を用い、測定スパン 900mm の中央部に 30mm の変位を与えて、厚板の長さ方向に 17mm ピッチで連続的にヤング係数を測定し、その平均値を求めた。MOE_{ew} の測定には実大強度試験機（東京衡機 WU-1000/TK21）を用い、スパン 3240mm、3 等分 4 点荷重条件で最大 2.5kN の荷重を一定速で載荷し、計測した荷重と全スパンたわみのグラフから直線部分の傾斜角を求めて計算した。

表 2-1　スギ厚板の材質

	密度 D (kg/m^3)	平均年輪幅 ARW (mm)	採材位置 DFP (mm)	材縁部節径比 K_e (%)	含水率 MC (%)	動的ヤング係数 E_d (GPa)	フラットワイズヤング係数 MOE_{fw} (GPa)	エッジワイズヤング係数 MOE_{ew} (GPa)
最小値	345	2.0	5	0.00	13.2	4.55	4.59	4.69
平均値	391	4.0	43	8.40	15.3	6.31	6.19	6.42
最大値	467	8.0	60	21.7	16.9	8.98	8.41	9.86
変動係数(%)	8.67	32.7	23.1	74.6	6.28	16.4	14.4	16.4

1.2　合わせ梁を構成する2枚の厚板の組み合わせと合わせ梁の製造法

60枚の厚板をMOE_{ew}の平均値と標準偏差がほぼ等しくなるように20枚と40枚のグループに分けて、20枚のグループは厚板単体の曲げ破壊試験体とし、40枚のグループを合わせ梁試験体の製造に用いた。なお、表2-2に両グループのMOE_{ew}の平均値と標準偏差を示したが、両者ともほぼ等しく、上記のグループ分けが目的のとおりに行われていることがわかる。

表2-2　厚板試験体と合わせ梁を構成する厚板の曲げヤング係数の分布

	MOE_{ew} (GPa)		MOE_{av} (GPa)		MOE_{dif} (GPa)		
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	最小値	平均値	最大値
厚板試験体(n=20)	6.38	1.06	—	—	—	—	—
合わせ梁を構成する厚板(n=40)	6.44	1.06	—	—	—	—	—
合わせ梁を構成する2枚の厚板の組合せ(n=20)	—	—	6.44	0.232	0.01	1.57	5.17

MOE_{ew}:厚板のエッジワイズ曲げヤング係数
MOE_{av}:合わせ梁を構成する厚板2枚の曲げヤング係数平均値
MOE_{dif}:合わせ梁を構成する厚板2枚の曲げヤング係数の差

図2-1に2枚合わせ梁試験体の概要を示す。合わせ梁の製造は以下の手順で行った。まず厚板2枚を重ねて厚さ方向にクランプで固定し、ドリルで直径7mmの先孔を設けた。その位置は図2-1に示すように試験体1体当たり22箇所で、長さ方向に250mmピッチで中央に1箇所と幅方向両端部から40mmの位置に2箇所交互に配した。次に、ハンマーを用いて長さ60mm、辺長7mm正方形断面のイチイガシ木ダボを先孔に打ち込んだ。その際、接着剤は使用していない。なお、木ダボの気乾比重は平均値0.82、曲げヤング係数は平均値15.0GPaであったが、本製造条件では打ち込みによるスギ材の割れあるいは木ダボの座屈は生じなかった。

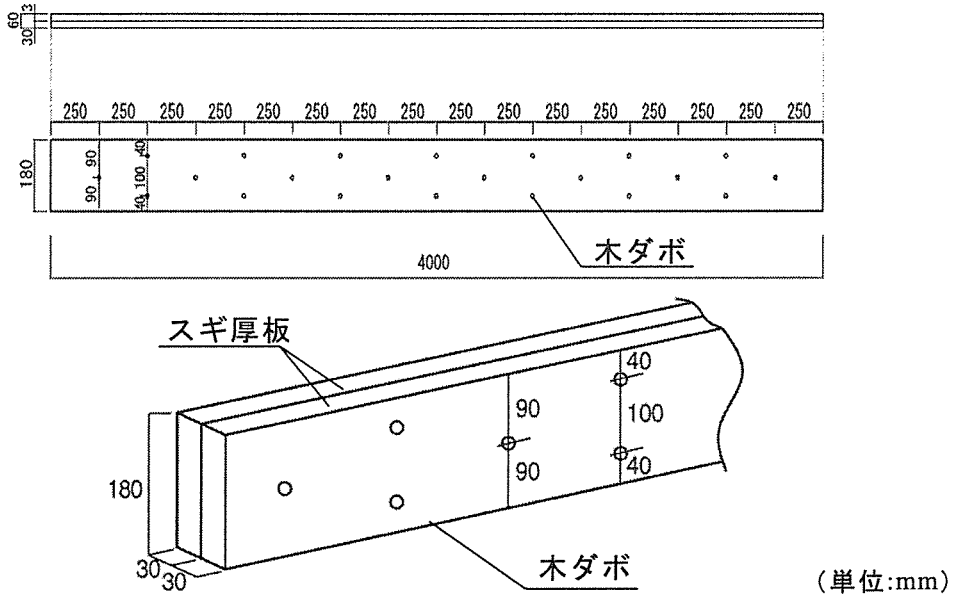


図2-1　合わせ梁の概要

表 2-2 には合わせ梁試験体を組み立てる 2 枚の厚板の MOE_{ew} の分布状態を示した。厚板の組合せは MOE_{ew} の分布を考慮して決定した。すなわち 40 枚の厚板から MOE_{ew} が最大の厚板と最小の厚板を抜き取り、この 2 枚を組み合わせて 1 体の合わせ梁試験体とした。次に残りの厚板から同様に 2 枚抜き取る作業を順次繰り返し、20 体の組み合わせを決定した。つまり、表 2 に見るように合わせ梁を構成する厚板 2 枚の MOE_{ew} の差（MOE_{dif}）は試験体によって 0.01～5.17GPa の範囲で変動するが、合わせ梁 1 体を構成する 2 枚の MOE_{ew} の平均値（MOE_{av}）は 20 体ともおおむね等しく、その標準偏差は 0.23GPa と極めて小さくなる。まさに複合効果を示している。

1.3 曲げ試験

厚板の材質を測定した後、厚板 20 体および合わせ梁 20 体についてエッジワイズの曲げ試験を行った。写真 2-1 に試験状況を示す。試験は厚板の MOE_{ew} の測定と同様、スパン 3240mm の 3 等分 4 点荷重条件で行い、全スパンたわみによる曲げヤング係数、比例限度応力並びに曲げ強さを算出し、破壊位置や破壊形態等を観察した。合わせ梁の試験では、2 枚の厚板それぞれに変位計（東京測器 SDP-200D）を設置し、2 枚の平均たわみを基に曲げヤング係数を求めた。また、合わせ梁の強度特性値の計算には、合わせ梁を一体化した完全断面とみなしたときの断面二次モーメントおよび断面係数を用いた。

試験体セット時の欠点の配置は無作為に行い、試験中はスパン内の 6 箇所に振れ止めを設けて試験体の横倒れを防いだ。破壊までに要した時間は厚板、合わせ梁ともに約 3 分であった。なお、本試験結果については含水率および寸法によるデータの調整は行っていない。

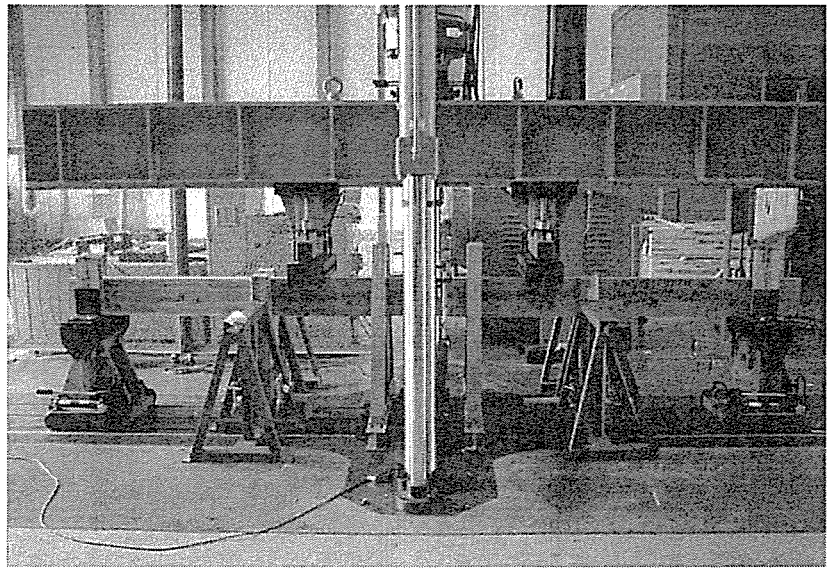


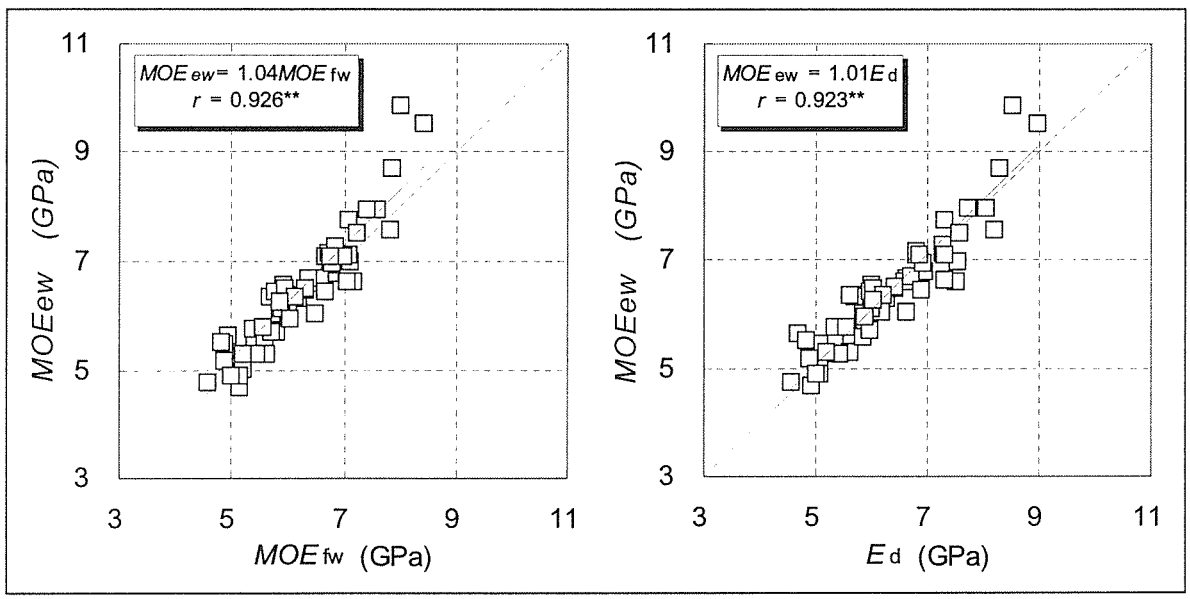
写真 2-1 曲げ試験の状況

2　結果および考察

2.1　厚板のヤング係数

ここでは、スギ厚板の非破壊試験の効率化と精度の向上を目的として、厚板のヤング係数に関する基本的な性能について検討した。厚板や合わせ梁のようなせいの高い断面形状の材料については、エッジワイズの試験よりも打撃法による動的試験やフラットワイズの曲げ試験の方が効率的である。そのため、これらの試験によるヤング係数とエッジワイズ方向に対するヤング係数の相関関係を明確にしておくことが望まれる。そこで、厚板について測定法の異なる3種類のヤング係数の比較を試みた。

表2-1には測定結果の平均値等を示す。また、図2-2にはMOE_{fw}およびE_dとMOE_{ew}の関係を示しているが、MOE_{fw}とMOE_{ew}並びにE_dとMOE_{ew}の間の相関係数（r）はそれぞれ0.926、0.923であり、いずれも極めて高い相関が認められた。これらの結果から、フラットワイズの静的測定法あるいは縦振動による動的測定法が基本となっているグレーディングマシンを用いたヤング係数の等級区分法が、エッジワイズの曲げヤング係数の評価にも十分適用できると判断される。



MOEfw ：ﾌﾗｯﾄﾜｲｽﾞの曲げﾔﾝｸﾞ係数，MOEew：ｴｯｼﾞﾜｲｽﾞの曲げﾔﾝｸﾞ係数，Ed：動的ﾔﾝｸﾞ係数

図2-2　スギ厚板のMOE_{fw}とMOE_{ew}の関係およびE_dとMOE_{ew}の関係

しかしながら、表2-1に示したヤング係数の平均値を比較すると、明らかにMOE_{ew}はMOE_{fw}よりも高い値を示している。これは、エッジワイズの曲げでは丸太外周部のヤング係数の高い部分が曲げ試験体の上下外縁部にくる確率が高いためではないかと推察される。この結果は厚板をエッジワイズ方向に用いることの優位性を示すものであるが、MOE_{ew}/MOE_{fw}の比率は平均で1.04（標準偏差SD=0.0611）でありそれほど大きくはない。スパンと梁せい比の条件が異なるため、MOE_{ew}にはフラットワイズの

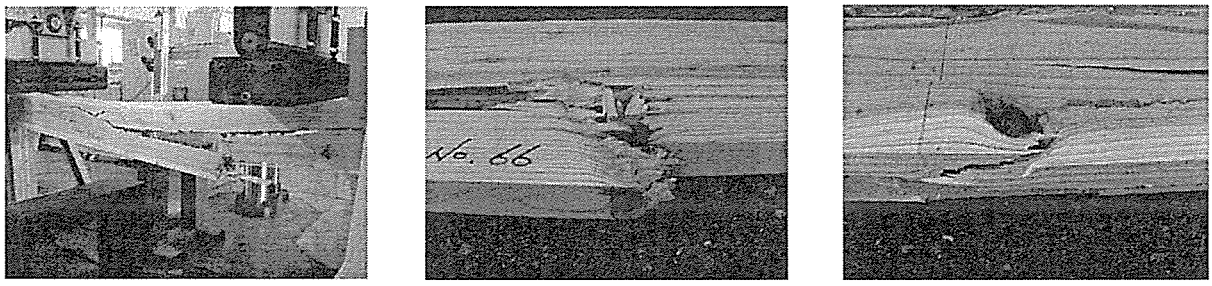
場合よりもせん断たわみの影響がやや大きく現れたことも考慮に入れておかなければならない。

ヤング係数以外の材質指標と MOE_{ew} の関係に関しては、平均年輪幅(ARW)との間に危険率 1%レベルで有意な相関が得られたものの相関は低く(r=0.397)、材縁部節径比(K_e)や密度(D)との間には統計的に有意な相関は認められなかった。また、本試験では採材位置(DFP)と MOE_{ew} の間にも有意な相関は得られなかった(r=0.057)。これは丸太内部のヤング係数の変動よりも丸太間のヤング係数の変動の影響の方が大きいためではないかと考えられる。これらの結果から、外見的因子を基準とする MOE_{ew} の区分はかなり難しいと判断すべきであろう。

2.2 厚板の曲げ強さと最大たわみ

ここでは、曲げ試験におけるスギ厚板の基本性能について検討した。

写真 2-2 には厚板と合わせ梁の破壊状況を示す。厚板の曲げ試験（20 体）では、引張り側材縁部に節を有する厚板 11 体はすべて節で破壊した。特に 11 体中 8 体(72.7%)では、目視により事前に予測した最弱部が破壊位置と一致した。有節材では目切れ型や単純引張り型の破壊が多い。一方、節の無い厚板では最外層から内層に向かって繊維破断が徐々に進行する形の破壊が多く、この場合破壊位置の予測は困難であった。また、図 2-3 には厚板と合わせ梁の応力－たわみ曲線の一例を示しているが、厚板の場合最大応力到達後の粘りはほとんど認められず、応力は直線的に降下する。



a）厚板

b）合わせ梁

写真 2-2 厚板および合わせ梁の破壊状況

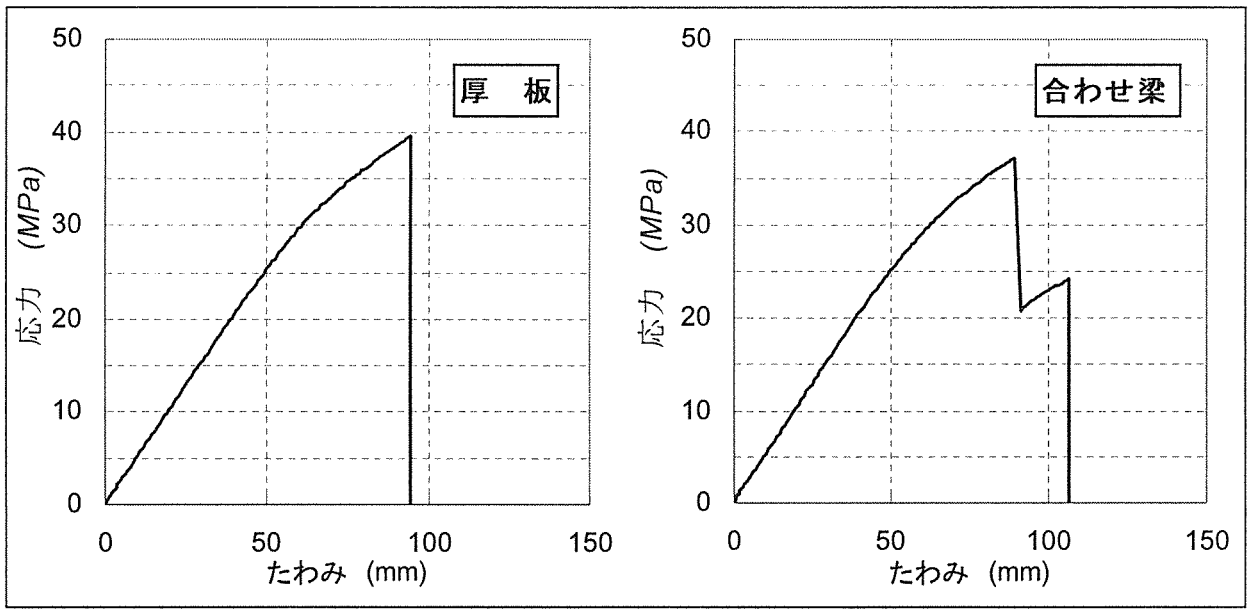


図 2-3 厚板および合わせ梁の応力ーたわみの関係

厚板の破壊には引張り側材縁部の節が支配的であったことから、次に厚板の曲げ強さ(MOR_s)に及ぼす節の影響について検討した。図 2-4 には、厚板の曲げ試験における MOE_{ew} と MOR_s の関係および厚板引張り側の材縁部節径比(K_{et})と MOR_s の関係を示す。MOE_{ew} と MOR_s 並びに K_{et} と MOR_s の間にはいずれも危険率 1% レベルで有意な相関が認められており(相関係数 r はそれぞれ 0.651、0.593)、MOE_{ew} が大きいほど、あるいは K_{et} が小さいほど、MOR_s は大きい傾向を示した。在来軸組構法の住宅に用いられるスギ製材の実験では，節径比と曲げ強さの間に相関が認められない例も複数報告されているが、本試験では MOR_s に及ぼす K_{et} の影響が看取された。厚板の場合には材厚に対する節による断面欠損の割合が大きいため、引張り側材縁部に存在する節が MOR_s の低下に大きく寄与しているのではないかと推察される。なお、圧縮側の節も含めて評価した材縁部節径比 K_e と MOR_s の間の相関係数は 0.483 となり、先に述べた引張り側材縁部の節のみカウントした場合に比べて MOR_s との相関は若干低下した。

ここで、図 2-4 の 2 つのグラフを観察すると、MOE_{ew} と MOR_s の関係において MOE_{ew} が 6GPa 付近のデータにばらつきみられるが、回帰直線から下方側にやや外れたプロットは節径比が大きい厚板のデータである。また、K_{et} と MOR_s の関係において K_{et}＝0 の厚板の MOR_s が特に大きいわけではない。すなわち、MOR_s の予測因子として見た場合、MOE_{ew} と K_{et} は MOR_s との単相関を互いに乱す関係にあるのではないかと考えられる。なお、MOE_{ew} と K_{et} の間には有意な相関関係は認められていない(r＝0.073)。そこで、次に MOE_{ew} と K_{et} を説明変数とする線形重回帰分析を行い MOR_s の予測を試みた。

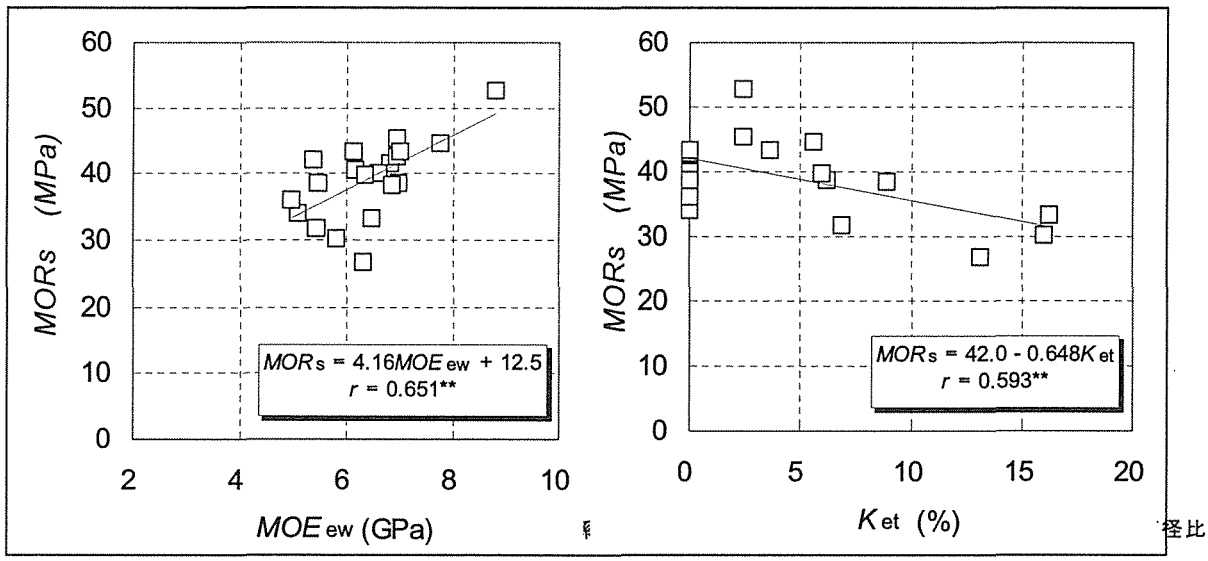
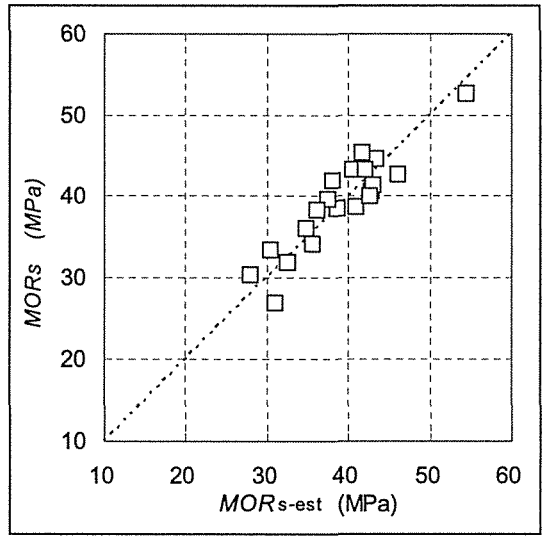


図 2-4 MOEew と MORs の関係および Ket と MORs の関係

図 2-5 にその結果を示す。同図では、得られた線形重回帰式(1)式をもとに算出した MORs の予測値(MORs-est)と実測値 MORs の関係を示している。

$$MOR_{s\text{-}est} = 13.7 + 4.46MOE_{ew} - 0.704K_{et} \quad (1)$$

重回帰分析の結果から、自由度調整済みの重相関係数および標準誤差としてそれぞれ 0.908, 2.55MPa が得られており、図 2-5 を見ても予測値が実測値とおおむね一致していることがわかる。つまり、有節材を含む厚板の MORs は、MOEew と Ket を計測することで(1)式により高い精度で予測することが可能である。



MORs : 厚板の曲げ強さ
MORs-est : 厚板の曲げ強さの予測値

図 2-5 MORs-est と MORs の関係

ところで、厚板の曲げ試験体 20 体について最大応力時のたわみ(ämax)の最小値、平均値および最大値を求めると、順に 55mm、86mm、126mm であった。変動係数は

0.201 であり、δ_{max} のばらつきは非常に大きい。そこで、この点に関する分析を試みた結果、引張り側に節のない厚板の場合には MOE_{ew} が高い厚板ほど δ_{max} は小さく、また引張り側に節を有する厚板の場合には K_{et} が大きい厚板ほど δ_{max} が小さい傾向が確認された。また、δ_{max} を目的変数、MOE_{ew} と K_{et} を説明変数とする線形重回帰分析を行った結果、自由度調整済みの重相関係数および標準誤差としてそれぞれ 0.802、10.8mm が得られ、MOR_s と同様 δ_{max} についても MOE_{ew} と K_{et} の影響を大きく受けることが明らかとなった。厚板の δ_{max} は線形重回帰式（2）によりおおむね予測可能である。

$$\delta_{max\text{-}est} = 144 - 6.29MOE_{ew} - 2.20K_{et} \qquad (2)$$

以上の結果から判断すると、MOE_{ew} と K_{et} を基準とする厚板の等級区分は MOR_s と $ä_{max}$ のばらつきの抑制に有効であろう。ただし、(1)式および(2)式では予測因子として K_e ではなく K_{et} を用いていることから、実用上 K_e による評価を行う場合には若干予測精度が低下する可能性があることを考慮しておく必要がある。

表 2-3 には、厚板および合わせ梁の曲げ試験結果を一括して示している。厚板の試験では、比例限度応力(σ_{ps})の曲げ強さ MOR_s に対する比率は平均で 0.655(SD=0.105)となっており、比例限度応力の曲げ強さに対する割合を 2/3 とする一般的な傾向とほぼ一致する結果が得られた。また、厚板の σ_{ps} および MOR_s の下限値はそれぞれ 16.1MPa, 27.7MPa であり、それぞれスギ無等級材の短期許容応力度および基準強度を満足していた。しかしながら、これまでスギ厚板のエッジワイズ方向の曲げデータは全国的にほとんど得られていないことから、今後継続してデータを蓄積する必要がある。なお、σ_{ps} と MOR_s のばらつき等については合わせ梁の結果とあわせて後で述べる。

表 2-3　厚板および合わせ梁の曲げ試験結果

試験体	*MOE* (GPa)		σ_p			*MOR*		
	平均値	標準偏差	平均値(MPa)	変動係数(%)	下限値(MPa)	平均値(MPa)	変動係数(%)	下限値(MPa)
厚板	6.38	1.06	25.6	19.3	16.1	39.2	15.2	27.7
合わせ梁	6.34	0.214	19.8	9.08	16.4	36.7	13.1	27.4

MOE：曲げヤング係数（MOE_{ew} と MOE_t），σ_p：比例限度応力（σ_{ps} と σ_{pt}），MOR：曲げ強さ（MOR_s と MOR_t）
下限値：正規分布仮定の下限5%許容限界値

2.3　合わせ梁の曲げヤング係数

ここでは、合わせ梁の曲げヤング係数(MOE_t)について、その平均値とばらつきを検討した。

表 2-3 に示すように、MOE_t の平均値および標準偏差はそれぞれ 6.34GPa、0.214GPa であった。平均値を比較すると、表 2 に示した MOE_{av} に対する MOE_t の比率は 0.984

となり両者はほぼ一致した。また、両者の標準偏差(0.232 および 0.214)もほぼ一致している。この結果は、木ダボで接合した合わせ梁の曲げ試験が正しく行われていること、すなわち 2 枚の厚板のたわみが常に同一であることを示している。

上記の曲げの条件が守られれば、合わせ梁の MOE_t はこれを構成する 2 枚の厚板の MOE_{ew} の平均値として表されることから、厚板の組合せによって合わせ梁のヤング係数を自由にコントロールすることが可能であり、厚板の構成について様々な展開が考えられる。実際的な見地からいえば、スギの幅広いヤング係数の分布をいかに抑制し、とくにヤング係数の低い厚板をどう有効に活用していくかという視点は重要であろう。図 2-6 には本試験における厚板および合わせ梁のヤング係数の分布を示す。厚板の MOE_{ew} に対する MOE_t の標準偏差の比率は 0.202 であり、合わせ梁とすることによってヤング係数のばらつきはおよそ 1/5 にまで低下した。一般に知られている標準偏差に関する積層理論によれば、厚板 2 枚をランダムに組み合わせた場合、合わせ梁の MOE_t の標準偏差は厚板の MOE_{ew} のそれに対して $1/\sqrt{2}$ (0.707) になると言われているが、本試験のように MOE_{ew} の分布を事前に把握し、MOE_{ew} が最大の厚板と最小の厚板を組み合わせる作業を繰り返すことにより、MOE_t のばらつきをより一層小さく抑えることができる。この考え方は極めて単純であるが、ヤング係数のばらつきが極めて少ない製材梁（合わせ梁）の低コスト大量生産につながる有効な手段ではないかと考えられる。

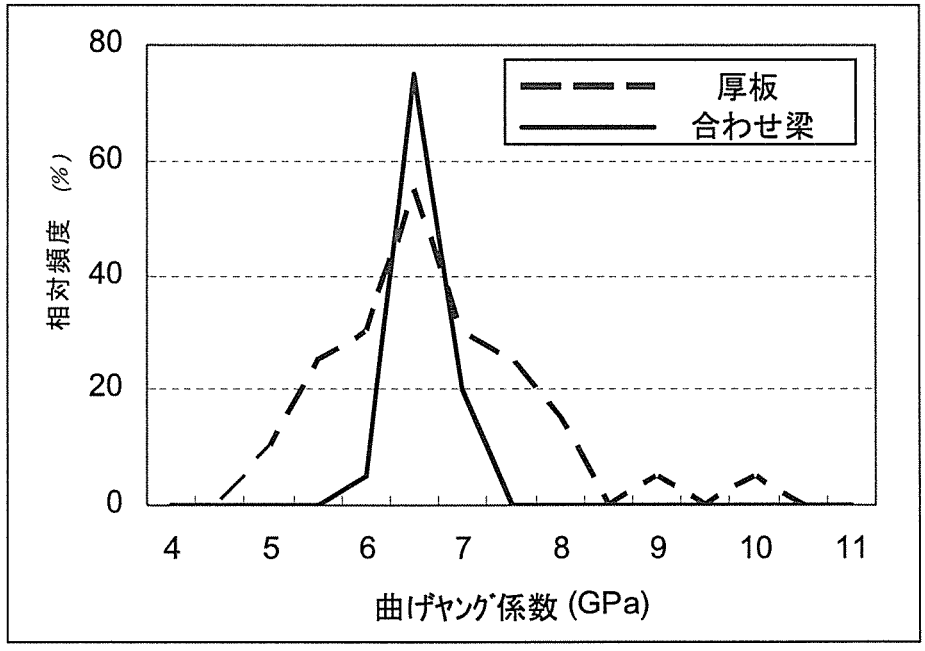
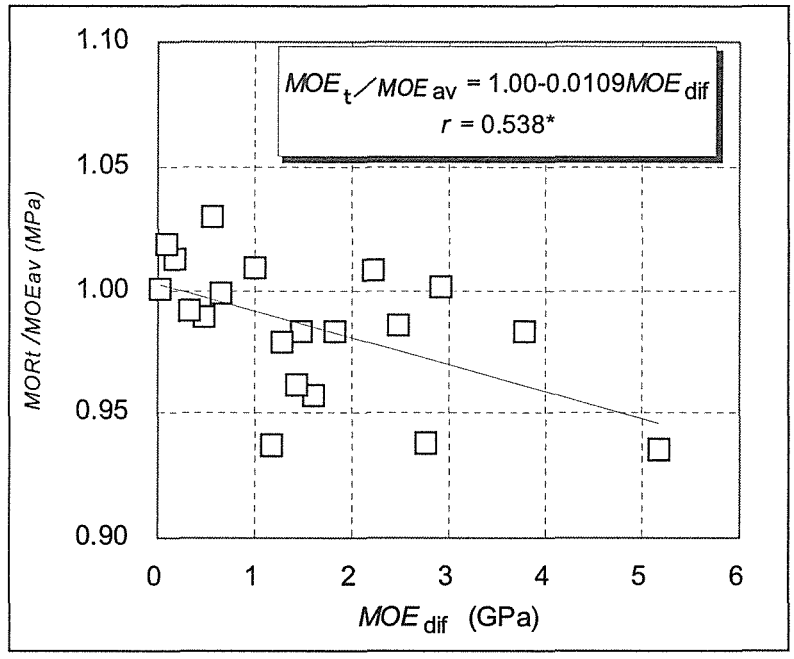


図 2-6 厚板と合わせ梁の曲げヤング係数ヒストグラム

ところで、先に述べたように MOE_t は MOE_{av} とおおむね等しいが、詳細に眺めるとその平均値は MOE_t の方が若干低い(MOE_t=6.34GPa, MOE_{av}=6.44GPa)。次にこの点

について検討した。

図 2-7 には、厚板 2 枚の MOE_{ew} の差(MOE_{dif})と MOE_t/MOE_{av} の関係を示す。同図から、 MOE_{dif} が大きくなるにつれて、2 枚の厚板の平均値として算出される MOE_{av} に対して実測値 MOE_t が僅かであるが直線的に低下する傾向が認められた。この原因は明らかではないが、厚板どうしが完全に一体化していないことに起因する現象ではないかと考えられる。つまり、MOE_{dif} が大きく各厚板の負担荷重の差が大きい場合、厚板が微少にずれながらたわみが進行した可能性がある。この場合は、2 枚の厚板をつないでいる木ダボにせん断力がかかることになる。しかしながら、本試験中に厚板のずれや木ダボ接合部のめり込み等を確認することはできなかったため、この点については今後さらに検討が必要である。なお、図 2-7 の直線回帰式から判断すると、本試験における MOE_t の MOE_{av} に対する減少率は、MOE_{dif}1GPa 当たり約 1%とみることができ、MOE_t の低下は極めて僅かであった。



MOEdif：合わせ梁を構成する厚板 2 枚のヤング係数の差
MOEt：合わせ梁の曲げヤング係数
MOEav：合わせ梁を構成する厚板 2 枚のヤング係数平均値

図 2-7 MOEdif と MOEt/MOEav の関係

2.4 合わせ梁の曲げ強さと比例限度応力

ここでは、合わせ梁の曲げ強さ(MOR_t)および比例限度応力(σ_{pt})について検討した。

合わせ梁の曲げ試験(20 体)では、当然のことながら 1 つの荷重ヘッドで変形させられる 2 枚の厚板のたわみ測定値は破壊に至るまでほぼ一致していた。

写真 2-2 に示したように、合わせ梁の破壊形態についても厚板単体の場合と同様引張り側材縁部の節での破壊が主体であったが、合わせ梁を構成する 2 枚の厚板はそれ

ぞれ独立して破壊し、2 枚がほぼ同時に破壊した 7 体を除くと応力－たわみ曲線は図 2-3 に示したように階段状を呈した。この場合，すべての試験体で先に 1 枚の厚板が破壊（以下初期破壊と呼ぶ）した時の応力が最大応力となった。本試験における合わせ梁では、初期破壊発生後も 2 番目の厚板が破壊するまである程度の応力が維持されるため、厚板単体と比較して見かけ上靭性に優れた破壊形態を示す傾向にあった。

次に、合わせ梁の比例限度応力および曲げ破壊係数の平均値や下限値について、σ_{ps} および MOR_s との比較を試みた。

表 2-3 に示すように、MOR_t の平均値は MOR_s の平均値に比べて約 6%低下している。この原因として、まず寸法効果を挙げることができる。合わせ梁の断面積は厚板の 2 倍であるため、当然ながら合わせ梁の方が試験体に欠点を含む確率が高い。厚板単体の試験体では材縁部に節を有する試験体の数が 11 体であったのに対し、合わせ梁試験体では 18 体（厚板 2 枚のうち最低 1 枚に節が存在した試験体）であった。先に述べたように厚板の破壊には材縁部に存在する節が支配的であったことから、寸法効果に伴う欠点の影響を考慮する必要があるであろう。

また、合わせ梁の MOR_t は初期破壊時の応力で決定されたが、合わせ梁の初期破壊は、負荷時の厚板 2 枚のたわみが等しい試験条件下においては、変形性能すなわち最大応力時のたわみ性能が劣る方の厚板に生じると考えられる。したがって、2 枚の変形性能が異なる場合には、合わせ梁の応力－たわみ関係は階段状となり、最大応力値そのものに関しては 2 枚の厚板の耐力を十分生かすことができないと予想される。先に、厚板の最大応力時のたわみは MOE_{ew} と K_{et} の影響を受けることを示したが、本試験における合わせ梁は厚板の MOE_{ew} のみを基準にして組み合わせを決定しており、K_{et} を考慮していないため、当然のことながら 2 枚の厚板の変形性能が異なる組み合わせも存在するであろう。このことが MOR_s に対する MOR_t の相対的な低下を招いた一因ではないかと推察される。

ところで、厚板の組み合わせに関して、本試験の合わせ梁では意図的に MOE_{dif} を変化させているが、MOE_{dif} と MOR_t の関係を調べると両者の間に有意な相関は認められなかった（$r=0.392$）。厚板の組み合わせと MOR_t の関連性については厚板のヤング係数のみで説明づけることはできないであろう。

なお、MOR_t の場合と同様合わせ梁の σ_{pt} についても厚板の σ_{ps} に対する平均値の低下が確認されたが、その低下率は約 23%となっており MOR_t の場合に比べて低下の割合が大きかった。

次に、厚板と合わせ梁の比例限度応力および曲げ強さの変動係数(CV)について、それぞれの比、すなわち厚板の CV に対する合わせ梁の CV の比(σ_{pt}/σ_{ps} および MOR_t/MOR_s)を求めると、それぞれ 0.470，0.862 であった。ヤング係数の場合ほど顕著ではないものの、合わせ梁とすることで σ_{pt} や MOR_t のばらつきが明らかに減少していることがわかる。その結果、表 2-3 に示すように σ_{pt} および MOR_t の下限値は σ_{ps}

並びに MORs のそれと同等であることが明らかとなった。

3　まとめ

スギ厚板およびそれを 2 枚並べて木ダボで接合した合わせ梁のエッジワイズ方向の曲げ試験を行い、それらの強度性能について検討した。その結果、以下に挙げることがわかった。

1)スギ厚板の曲げ性能

①厚板のエッジワイズ曲げヤング係数とフラットワイズ曲げヤング係数および動的ヤング係数との間には極めて高い相関関係が認められた。したがって、既存のグレーディングマシンを用いた厚板のエッジワイズの曲げに対するヤング係数の等級区分が可能である。

②材縁部節径比は、厚板の曲げ強さに大きな影響を及ぼす指標である。また、厚板の曲げヤング係数と材縁部節径比を説明変数とする線形重回帰分析によって、厚板の曲げ強さと最大応力時のたわみを予測することが可能である。

2)合わせ梁の曲げ性能

①合わせ梁の曲げヤング係数は、それを構成する 2 枚の厚板の平均的な値を示した。特に、厚板の曲げヤング係数の分布を考慮して厚板を組み合わせることで、材料を無駄なく利用すると同時に合わせ梁の曲げヤング係数のばらつきを極めて小さくすることが可能である。

②厚板 20 体の曲げ強さの平均値に対して、合わせ梁 20 体の曲げ強さの平均値は若干低下した。しかしながら、合わせ梁の曲げ強さのばらつきが厚板のそれに比べて相対的に減少した結果、曲げ強さの下限値は厚板、合わせ梁ともに同程度の値を示した。これらの傾向は、比例限度応力についても同様に確認された。

第３章　スケルトンのモデル設計

１　構造計画

木造軸組は、ポスト アンド ビーム形式としその交点をラーメン構造とする。

安全の確認は許容応力度設計による。

・鉛直力に対する配慮

鉛直力はビーム(梁)で受けてポスト(柱)に伝え、柱の軸力は全て基礎に伝達する。

・水平力に対する配慮

水平力は梁と柱の交点で生じる回転モーメントを木ダボのせん断力によって負担する。

屋根及床構面は、鉄筋ブレスまたは板材等を並べてせん断力を負担するダイヤフラムによる。

２　荷　重

ここでは基本設計として最低必要な項目だけを取り上げて整理した。

(1) 固定荷重

建築基準法施行令 84 条に従う

詳細設計時点で荷重を決定する

(2) 積載荷重

建築基準法施行令 85 条に従う

詳細設計時点で荷重を決定する

(3) 荷重の組み合わせ

建築基準法施行令 82 条に従う

詳細設計時点で荷重を決定する

３　剛接合部の検討

3.1　門型ラーメンのせん断試験

3.1.1 試験体図

試験に供した門型ラーメンは二つのタイプ各３体の合計６体である。最初の３体は、柱材、梁材ともすべて 4 材合わせで、120mm×300mm×3,150mm の柱材 2 本と 120mm×300mm×3,950mm の上部梁材、120mm×300mm×3,450mm の下部梁材から構成される。上部梁材が下部より長いのは荷重シリンダーのヘッドに取り付ける部分を考慮したからである。試験体と試験のイメージを図 3-1 に示す。柱材の下端から 835mm と 3,000mm の位置に梁材の中心がくるように 4 枚合わせの梁材の中央の 2 材を貫通して柱材に抱き込ませている。その交点 4 箇所は径 12mm のボルト 2 本

と 7mm×7mm 角のイチイガシの木ダボ 20 本を打ち込んで接合されている(これを A 型とする)。A 型の柱と梁の接合部を写真 3-1 に示す。後の 3 体は、梁材と地貫を 2 材合わせとし、これを柱材に貫構造的に入り込ませてある。この接合部は、最初の 3 体の試験結果から、ボルト締めの効果が無いことが判明したのでボルトを抜いて木ダボのみで接合している(これを B 型とする)。B 型の接合部を写真 3-2 に示す。

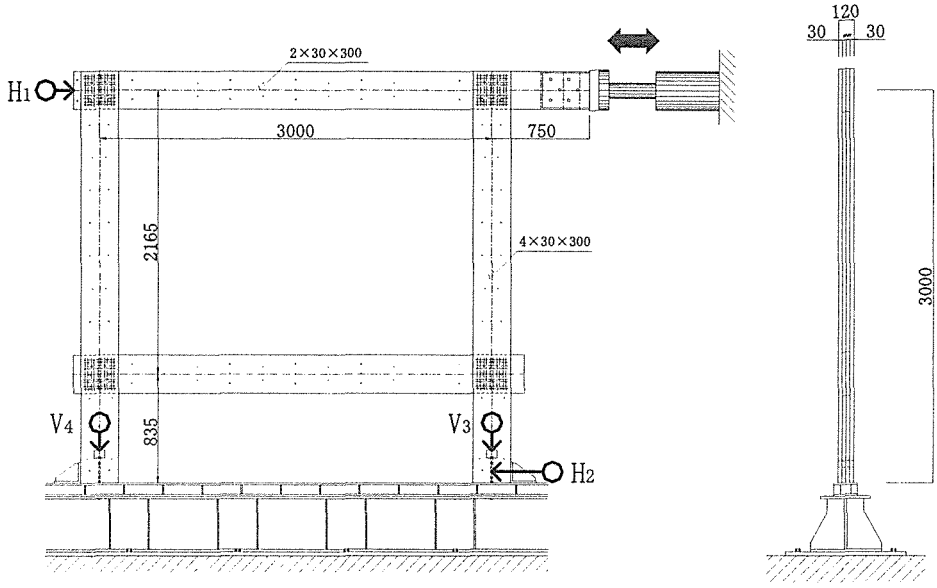


図 3-1 試験体及び水平加力試験方法(単位:mm)

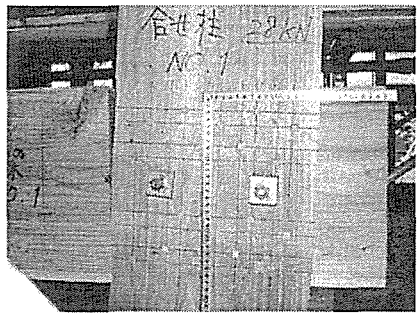


写真 3-1 A型の接合部

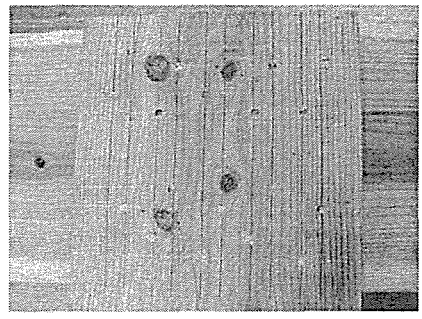


写真 3-2 B型の接合部

3.1.2 せん断試験

試験機は実大せん断試験機 ((株)鷺宮製作所製 ACT-20S 型) を用いた。柱頭部と柱脚部に変位計を取り付け水平方向の変位を試験機に取り込みながら見かけのせん断変形角に対応する変位で制御させた。垂直方向の変位についても柱脚部に取り付けた変位計でデータを採取した。試験体の固定は無載荷柱脚固定式である。加力の方法は、見かけのせん断変形角が 1/450,1/300,1/200,1/150,1/100,1/75,1/50,1/30,1/15(rad)時に正負交番の 3 回繰り返しで行った。試験の状況を写真 3-3 に示す。

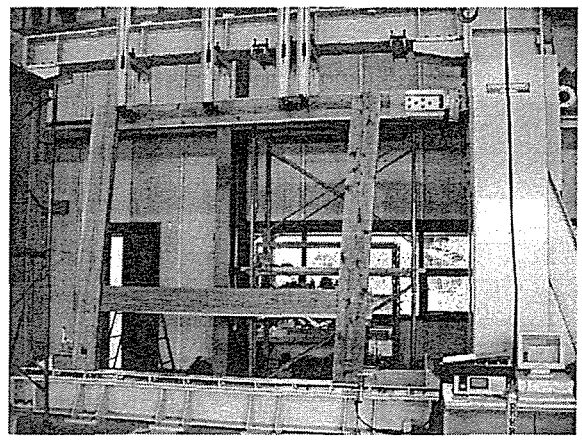


写真 3-3 水平加力試験の状況

3.1.3 試験結果

試験の評価方法を以下に示す。荷重変位曲線は図 3-2 に示すように正（引き）側と負（押し）側で 2 通りあるが、今回の 6 体は第一加力側である負側で評価した。特徴として、①剛性と耐力に関して荷重方向（引きと押し）による異方性はほとんどない、②初期がたがない、ことがあげられる。

荷重変位曲線から包絡線を作成し、降伏耐力 Py、終局耐力 Pu、構造特性係数 Ds 等を算出する。A 型の試験体№1 についての各耐力の算出過程を図 3-3 に B 型の№2 を図 3-4 に示す。各 3 体の以下の 4 項目（(a)Py、(b)Pu×0.2/Ds、(c)最大荷重 Pmax の 2/3、(d)見かけのせん断変形角 1/120 時の荷重）の平均値にそれぞれのばらつき係数を乗じて算出したうち最も小さい値を短期基準せん断耐力 P_0 とする。短期許容せん断耐力 Pa は P_0 に低減係数 α を乗じたものである。ここでは先ず、一般に普及している在来軸組木造と比較検討のために壁倍率を算出してみる。$\alpha = 1$ とし、Pa（kN）を壁長 3.00（m）と壁倍率＝1 を算定する数値 1.96（kN/m）で除した数値が壁倍率である。A 型、B 型の壁倍率の算出結果を表 3-1 に示す。

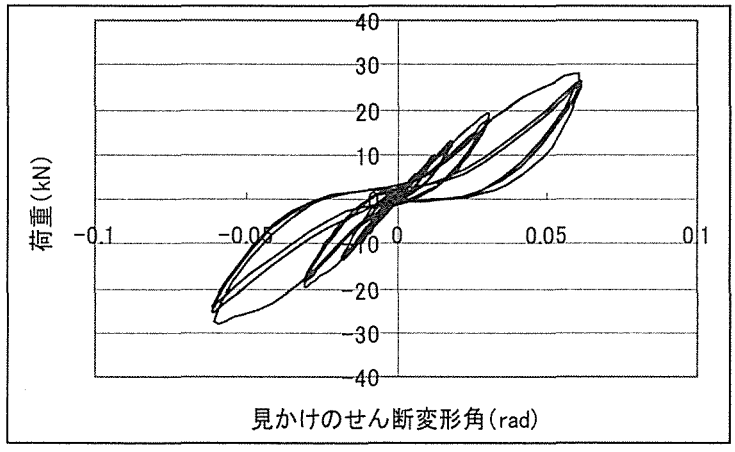


図 3-2 A型の試験体№1（A1）の荷重－変位曲線

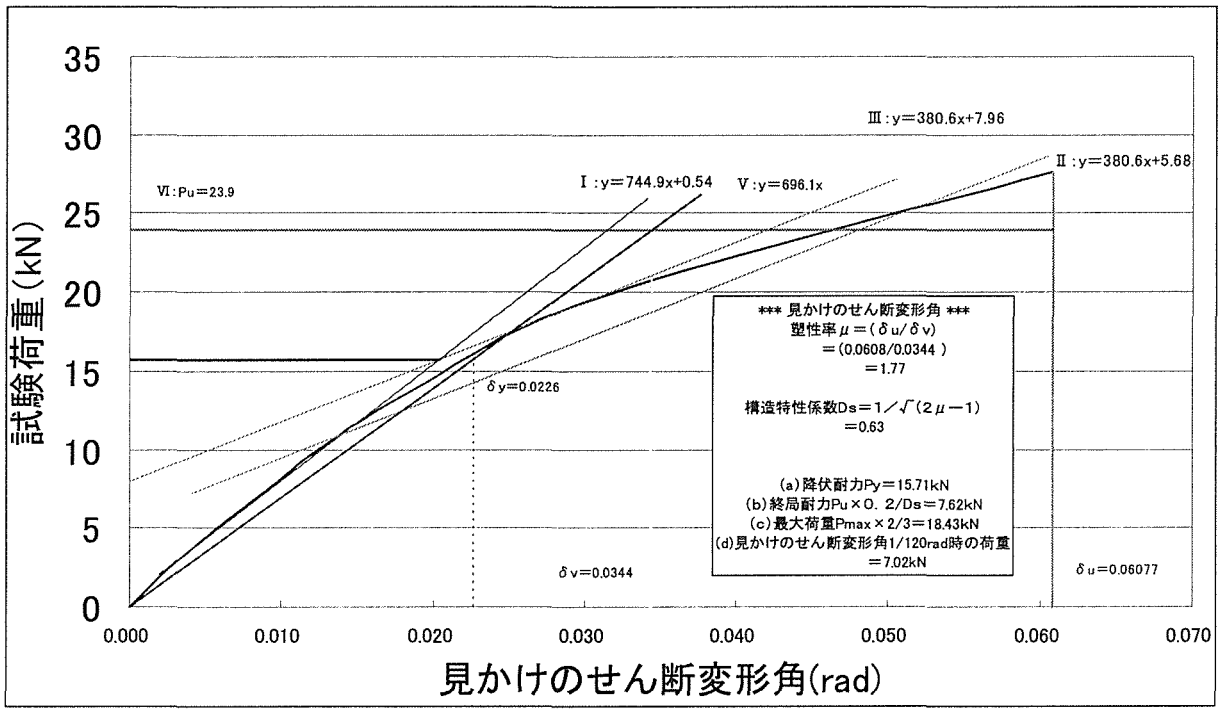


図 3-3　A1の各耐力の算出過程

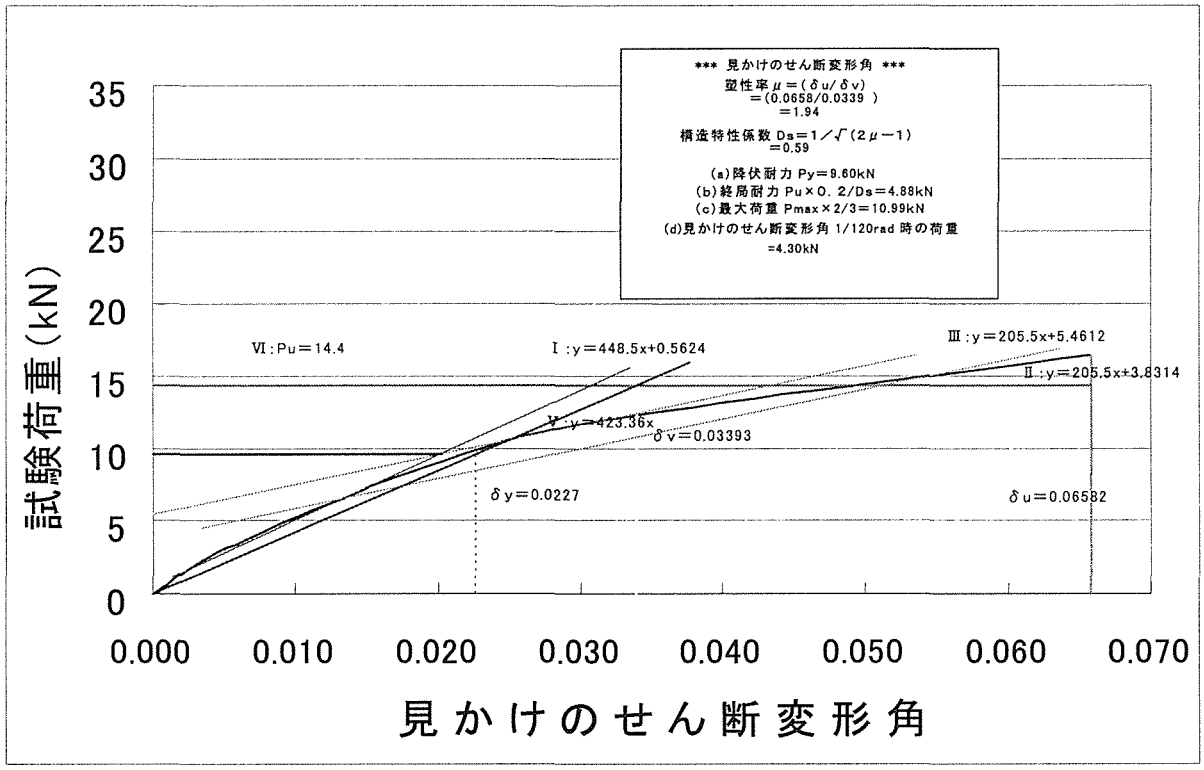


図 3-4　B2の各耐力の算出過程

表 3-1 壁倍率算出結果

試験体	1/120rad 時の荷	Py	2/3Pmax	Pu×0.2/Ds	単位
A1	7.02	15.71	18.43	7.66	(kN)
A2	7.90	17.81	17.65	7.93	(kN)
A3	7.13	18.35	18.64	7.98	(kN)
平均値	7.350	17.290	18.240	7.857	(kN)
標準偏差	0.479	1.395	0.522	0.172	
変動係数	6.5	8.1	2.9	2.2	(%)
ばらつき係	0.969	0.962	0.987	0.990	
基準耐力	7.124	16.633	17.994	7.776	(kN)
壁倍率	**1.21**	2.83	3.06	1.32	

試験体	1/120rad 時の荷	Py	2/3Pmax	Pu×0.2/Ds	単位
B1	5.30	9.46	11.46	5.55	(kN)
B2	4.48	9.60	10.99	4.89	(kN)
B3	4.25	9.56	11.43	4.76	(kN)
平均値	4.677	9.540	11.293	5.067	(kN)
標準偏差	0.552	0.072	0.263	0.424	
変動係数	11.8	0.8	2.3	8.4	(%)
ばらつき係	0.944	0.996	0.989	0.961	
基準耐力	4.417	9.506	11.169	4.867	(kN)
壁倍率	**0.75**	1.62	1.90	0.83	

A 型、B 型ともに特定変形時(見かけのせん断変形角が 1/120 時)の耐力が最低値を示した。

A 型は壁倍率に換算して 1.21 であった。1、3 体目については破壊が明確に認められなかったが、2 体目については上部梁の加力点に近い部分が曲げ破壊した。破壊の様子は、4 枚合わせの表側から 2 枚目のラミナ下部に大きな節があり、最初の－1/15(押し側)でその 1 枚が破壊し、+1/15(引き側)で残りの 3 枚も破壊した。破壊の状況を写真 3-4 に示す。

B 型は大きな破壊が見られず壁倍率は 0.75 であった。A と B の差は、B 型試験体の梁材が 2 材合わせで、柱(4 枚合わせ)との接合部における曲げとめり込みの抵抗が少なく、その結果 A 型に比べて最大試験力も低くなったことが考えられる。

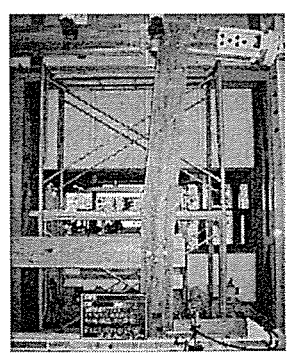


写真 3-4 A型試験体№.2の破壊状況

3.2　実験値と計算値（理論値）の比較

実験値と計算値(理論値)の比較は、接合部にボルトを用いない木ダボのみによって構成されている軸組壁体 B 型(門型フレームＢ型)を対象とした。3 体の中では B2 が中央値を示しているので、荷重変位曲線は B2 をモデルとした(表 3-1 壁倍率算出結果を参照)。

3.2.1 試験体図

門型フレームの試験体図を図 3-5 に示す。試験体の寸法押えは軸心(中立軸)を基準としている。軸組壁体の加工、組み立ては 2 軸組壁体の加工・組み立てを参照。

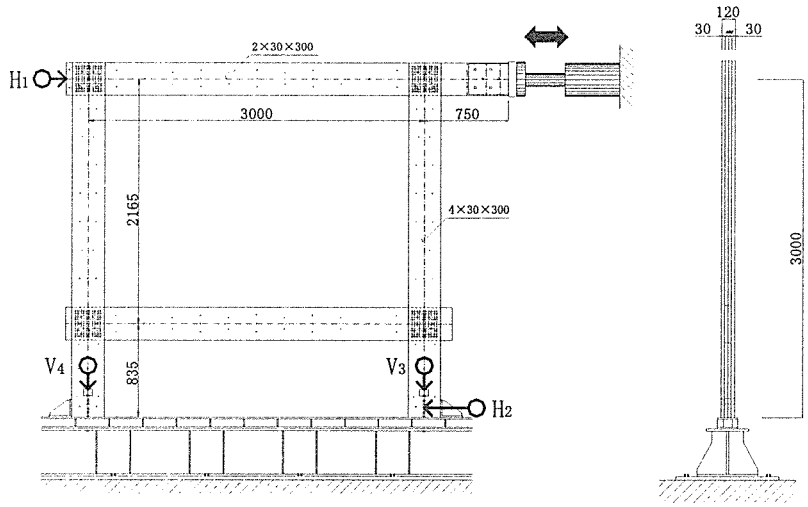


図 3-5　合わせ材を用いた門型フレームの試験体図(単位:mm)

3.2.2 試験方法

門型ラーメンのせん断試験を参照。

3.2.3 実験結果

門型フレーム B 型の試験体 B2 の荷重変位曲線を図 3-6 に示す。

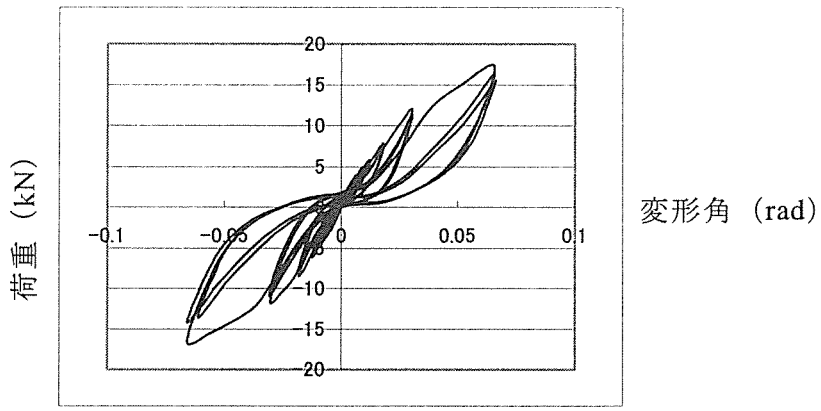


図 3-6　荷重－変位曲線

図 3-6 からは、本フレームの特徴として、剛性と耐力に関して荷重方向による異方性はほとんどなく、また初期ガタもないことが分かる。

この結果から、本フレームをラーメン構造と仮定し、ラーメンとしての計算値(理論値)と比較する。

3.2.4 門型フレームＢ型の計算値

門型フレームＢ型の応力解析をコンピュータにより、下記の条件にて実施した。使用した計算ソフトは、㈱構造システムの FAP－3 for Windows $V_{2.1.0.7}$ である。

・計算用モデルは、接合部を完全剛接とするラーメン構造とし脚部はピン条件とした。

・仮定断面は、60mm×300mm とし、曲げ弾性係数は、490.33kN/cm²(50.0tf/cm²)とした。

・荷重モデルは、水平力として 9.80kN(1.0tf)を短期荷重として入力した。

・ 計算結果を図 3-7 にモーメント図、図 3-8 にせん断力図、図 3-9 に軸力図、図 3-10 に変位図として示す。

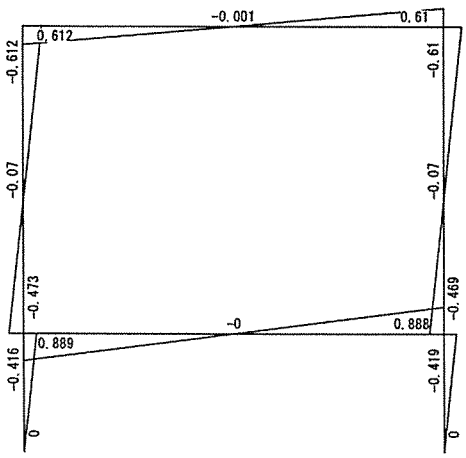


図 3-7 モーメント図(単位:tf･m)

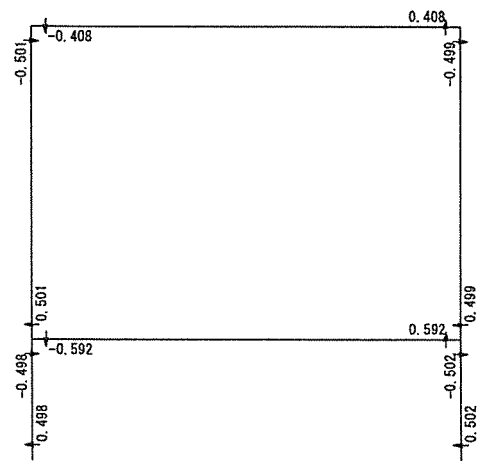


図 3-8 せん断力図(単位:tf)

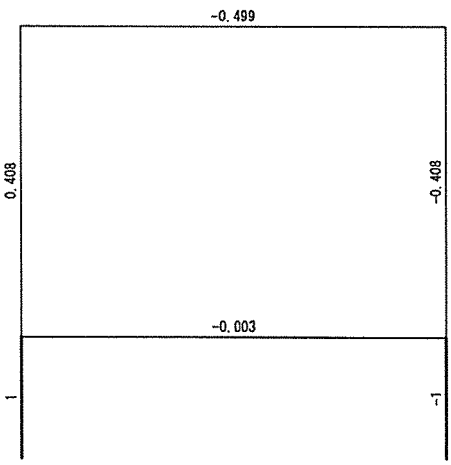


図 3-9 軸力図(単位:tf)

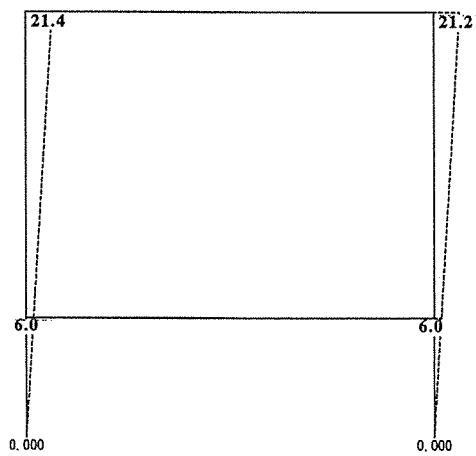


図 3-10 変位図(単位:mm)

3.2.5 実験値と計算値（理論値）の比較

実験値と計算値(理論値)の比較は、実験値をせん断変形角 1/120rad に達したときの値 4.48kN(0.457tf)とした場合(表 3-1 壁倍率算出結果を参照)、計算値が計算用モデルに荷重 4.48kN(0.457tf)でどの程度せん断変形するかその量を検討する。

図 3-10 の入力 9.80kN(1.0tf)のときのモデル変位図から 4.48kN(0.457tf)時の変位量($_C\delta_{1/120}$)を求めると、9.80kN(1.0tf)のときが変位量 21.24mm であることから、

$$_C\delta_{1/120}=21.24\times\frac{4.48}{9.80}=9.70\ (mm)$$

となる。

一方、門型フレームの高さ 3,000mm に対する見かけのせん断変形角 1/120 のときの桁レベルの変形量($_E\delta_{1/120}$)は、

$$_E\delta_{1/120}=\frac{3{,}000}{120}=25.0(mm)$$

である。

この結果、門型フレームに 4.48kN の水平力を入力して計算した変位量 9.70mm は実験結果の 4.48 kN 加力時の変位量 25.0mm と 2/5 程度になっている。このことは、接合部が完全剛接ではなく半剛接と見なせることを示している。

3.2.6 ダボ接合の回転剛性の算出

木ダボ接合を用いた接合部の回転剛性は以下により求めることができる。(図 3-11、表 3-2)

$$R_j=n_S\sum_{j=1}^{ni}\ (K_{\phi i}\times r_i^{\ 2})$$

$$K_{\phi i}=K_0\cdot K_{90}/(K_0\sin^2\phi_1+K_{90}\cdot\cos^2\phi_i)$$

ここに

R_j：接合部回転剛性(kN･m)

n_i：一せん断面当たりの接合具の数

n_s：一接合部当たりのせん断面の数

$K_{\phi i}$：繊維平行方向(X 軸)と ϕ 度の角度をなす方向のすべり係数(kN/m)

K_0：繊維平行方向に関する接合具のすべり係数(kN/m)

K_{90}：繊維直行方向に関する接合具のすべり係数(kN/m)

r_i：回転中心から接合具までの距離(m)

ただし

$n_i = 24$

$n_s = 2$

$K_0 = 2{,}620$kN/m

$K_{90} = 2{,}360$kN/m

r_i＝木ダボまでの距離

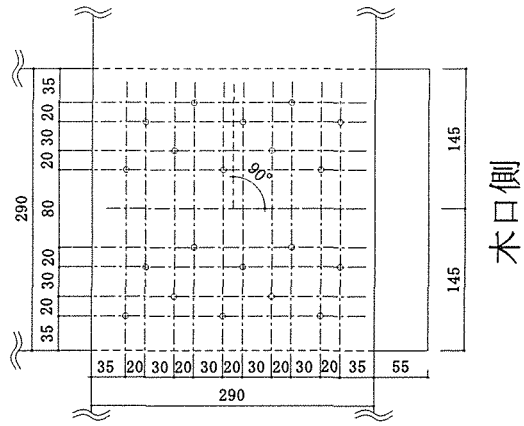


図 3-11 ダボ配置図

表 3-2 接合部回転剛性の計算

i	b×H＝60×300			
	K_0=2,620		K_{90}=2,360	
	$r_i(m)$	ϕ_i	$K\phi_i$	$K\phi_i \cdot r_i^2$
1	0.090	6	2,617	21.20
2	0.125	29	2,554	39.91
3	0.072	34	2,532	13.13
4	0.142	51	2,457	49.54
5	0.098	66	2,399	23.04
6	0.125	119	2,416	37.75
7	0.072	124	2,436	12.63
8	0.142	141	2,510	50.61
9	0.098	156	2,573	24.71
10	0.060	171	2,613	9.41
11	0.110	185	2,618	31.68
12	0.108	214	2,533	29.55
13	0.056	225	2,483	7.79
14	0.155	225	2,483	59.65
15	0.108	236	2,436	28.41
16	0.117	290	2,388	32.69
17	0.084	315	2,483	17.52
18	0.127	315	2,483	40.05
19	0.117	340	2,587	35.41
20	0.041	346	2,603	4.38
			Σ	569.05
			n s	2
			Rj(kN・m/rad) (Rj(tf・m/rad))	1138 (116.10)

この表により求められた接合部の回転剛性は、中央部貫材が鋼材などの剛体であることを前提に計算しているもので、実際には貫材も柱材と同じスギを使用している。従って同じ荷重であっても変形量は単純に 2 倍と考えられ、表より求められた回転剛性を 1/2 したものをこの接合部の回転剛性とする。

∴ R_j =1138/2=569 *kN・m/rad* (116.10/2=58.05 *tf・m/rad*)

3.2.7 貫形式による許容曲げモーメントの算出

柱部は4材から構成され、内層の2材は上部梁と地貫に突き付け接合としている。この接合部に回転モーメントが生じると、梁や地貫がそれぞれの支圧によるめり込み変形を伴ってモーメントを負担する。

めり込みによる許容曲げモーメント(M_y)は、以下により求めることができる。

$$M_y = K_0 \cdot \theta_y$$

ここに

K_0：接合部回転剛性（kN/m）

$$K_0 = \frac{X_p^2 \cdot b \cdot C_y \cdot E_1}{2 \times H} \left(H \cdot C_x - \frac{X_p}{3}\right)$$

$$\theta = \frac{\delta_y}{X_p}$$

$$\delta y = \frac{H \cdot f_m}{E_1 \cdot C_x \cdot C_y}$$

ここに

δ_y：弾性限界時の変位量(mm)

H ：地貫のせい(mm)

f_m ：めり込み弾性限界応力

$f_m = 2.4 \times 1.96 = 4.71$(N/mm²)

(48 kgf/cm²)

$E_\perp$：全面横圧縮ヤング係数

$E_\perp = 4{,}903 \times 1/50 = 98.06$(N/mm²)

(1,000 kgf/cm²)

C_x：$C_x = 1 + \frac{4 \cdot H}{3 \cdot X_p}$

X_p ：中立軸の高さ(mm)

ここでは軸心として $X_p = 300/2 = 150$(mm)とする。

$$C_x = 1 + \frac{4 \times 300}{3 \times 150} \fallingdotseq 3.67$$

C_y：$C_y = 1 + \frac{4 \cdot H}{3 \cdot n \cdot b}$

b ：地貫の幅(mm)

n ：繊維方向に対する繊維直交方向の近似置換倍率（スギ＝5）

$$C_y = 1 + \frac{4 \times 300}{3 \times 5 \times 60} \fallingdotseq 2.33$$

$$\therefore \quad \delta_y = \frac{300 \times 4.71}{98.06 \times 3.67 \times 2.33} \fallingdotseq 1.685$$

$$\therefore \quad \theta_y = \frac{0.152}{12} \fallingdotseq 0.01267 \quad (1/80rad)$$

$$\therefore \quad K_\theta = \frac{150^2 \times 60 \times 2.33 \times 98.06}{2 \times 300} \left(300 \times 3.67 - \frac{150}{3} \right)$$

$$= 540297607.05 \quad (N \cdot mm/rad)$$

$$(55.10 \quad tf \cdot m/rad)$$

$kN \cdot m/rad$ に変換すると

$$540.30 \quad (kN \cdot m/rad)$$

となる。

柱木口が地貫によって、めり込みが弾性限界（1/80rad 程度）に達する時のモーメント（M_y）は、

$$\therefore \quad M_{y1/80} = 540.30 \times 0.01123 = 6.07 \ kN \cdot m$$

$$(0.617 \ tf \cdot m)$$

となる。

3.2.8 貫形式の実験値と計算値との比較評価

実験用の門型フレームが 1/120 変形したときの荷重 4.48kN(0.457tf)によって、各接合部にはそれぞれ曲げモーメントを生じる。図 3-7 の計算モデルでは、水平力 1.0tf を入力したときに、頂部の梁両端は 0.612tf・m(6.002 k N)に対し、地貫部両端は 0.888tf・m(8.708kN・m)と大きい。従って、比較はモーメントの大きい地貫部の 0.888tf・m(8.708kN・m)を用いる。

図 3-7 の地貫の最大モーメント 0.888tf・m(8.708kN・m)を荷重 4.48kN(0.457tf)時のモーメント($_E M_{1/120}$)に換算すると、

$$_E M_{1/120} = 8.708 \times \frac{4.48}{9.80} = 3.980 \ kN \cdot m \quad (0.406 \ tf \cdot m)$$

となる。

計算値は回転剛性 $R_{j\,1/120}$ と許容曲げモーメント $M_{y\,1/80}$ についてそれぞれ計算結果を示す。

$$R_{j1/120} = 569 \times \frac{1}{120} = 4.74 \ kN \cdot m \quad (0.48 \ tf \cdot m)$$

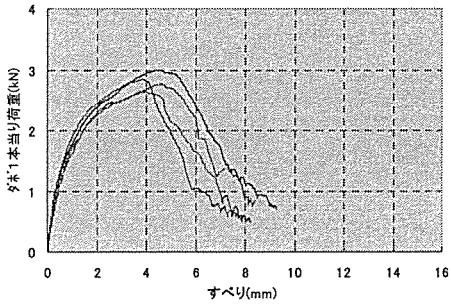
$$M_{y1/80} = 6.07 \ kN \quad (0.617 \ tf \cdot m)$$

3.2.9 考　察

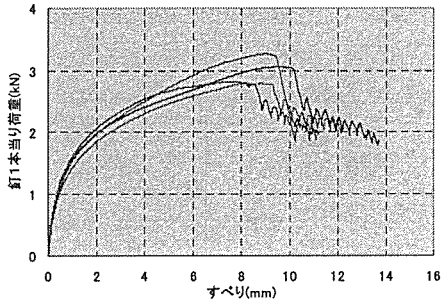
今回の実験により、接合部回転剛性の見かけの変形角が 1/120rad(0.0083rad)時によって評価すると、木ダボのせん断剛性によって決定していると考えられる。

図 3-12 木ダボを用いた 2 面せん断試験結果より木ダボのせん断弾性変形域を最大で 1mm 程度と仮定すると、最初に弾性限界に達する木ダボは図 3-11 の木ダボ配置に示された最外部の№14 で、変形角は 1/155rad(0.0064rad)、最後に弾性限界に達する木ダボは最内部の№20 で、変形角は 1/41 rad(0.024rad)である。このように外側のダボから弾性限界に達するため図 3-4 示された包絡線も、1/155rad(0.0064rad)から 1/41 rad(0.024rad)の範囲では緩やかな円弧を描いているものと考えられる。従って、№20 のダボが弾性限界を超えたときからすべてのダボが塑性域に入ることから剛性の低下が生じた(グラフの勾配が緩やかになる)と考えられる。図 3-4 ではさらに同じ勾配で荷重と変位が進行した後、緩やかな円弧を描く勾配に達している。貫形式による相互のめり込み剛性へと移行しているためと考えられる。そして、最終的な安定した直線勾配は、貫だけの剛性によるものと推察できる。このことは、実験を終了した試験体接合部を解体したときに、木ダボが特に外周部で完全破壊していることからもこの推察が裏付けられる。

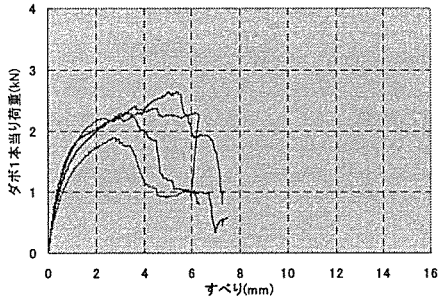
この様なことから、貫形式の剛性の役割は、初期剛性には寄与しないものの、短期的な大きな荷重、例えばレベル 2 の地震荷重などに対しては大きく寄与し、建物の倒壊を防ぐ粘り強さになると考えられる。



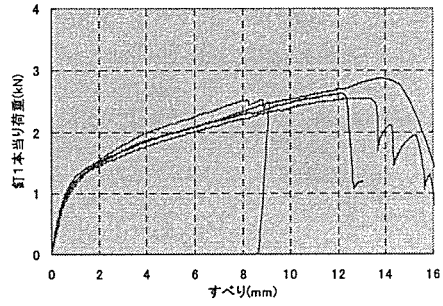
a-1) 繊維平行方向(0° 方向加力)



b-1) 繊維平行方向(0° 方向加力)



a-2) 繊維直行方向(90° 方向加力)



b-2) 繊維直行方向(90° 方向加力)

a) 木ダボ接合部　　b) 釘接合部

図 3-12 二面せん断試験 荷重とすべりの関係

第４章　インフィルのモデル設計

スケルトン(構造体)のシステムが構築された後を受け、インフィルの検討に入ることにする。インフィルについては、内外装・設備との関係を中心に、まず立体基本フレームに対し内外装の設計例を示し、次に南九州の建築物の水廻りの調査を受けて当初の宮崎型住宅のモデルプランに対し、内外装及び設備設計を行う。そのうえで、収まりの問題点や生活するうえでの問題点等を整理し、実用的な宮崎型長期耐用住宅の形態を見つけ出すことを目的とした。

1　立体基本フレームに対する内外装の試設計

まず、立体基本フレームに対して形態は忠実に守りながら、バルコニーの取り付けや出窓の取り付けの可能性をも含め内外装の試設計を行った。

外部の仕上げについては、一昨年度に調査した南九州の家の仕上げをそのまま採用せず、現在一般的に用いられている屋根や壁を採用した。屋根は荷重を少しでも軽減するためにガルバニウム鋼板張りとし、壁は中空押し出しセメント板張とした。外部建具については、アルミニュームのサッシを使用し、バルコニーは木製とした。

また、内装については基本的に床も壁もスギ板張り仕上げとし、木造を主体とした。

さらに、天井については、1階には設けず天井見出しとし、2階の天井はスギ板張りのクリヤーラッカー仕上げとした(図 4-1～図 4-10)。

その後スケルトンへの取り付けの施工性を確認するため、外壁としてサイディング(設計では中空押出セメント板であるが一般的なサイディングを採用)を張り、アルミサッシの取り付けも行った(図 4-11、図 4-12、写真 4-1～写真 4-3)。

スケルトンはラーメン構造であるため大きな開口を取ることができるが、その分壁が少なくなることで振動等の影響を大きく受けることが心配される。そこで、サッシなどの取り付けは、まぐさ・窓台・間柱・胴縁等は太めにし、強固に取り付けることが重要である。実験では、サッシの両サイド以外の間柱・鴨居・窓台を 30×105mm としたが、揺れの減衰が小さいことから 50×105mm 以上を使用することを提案したい。

また、スケルトン開発でふれたように、リユース、リニューアル、リサイクル、廃棄物の分別解体の観点から内外装材も解体を容易にすべきで、その点で外壁、間仕切り壁、内装もボルト締とするなど、接着剤や釘等をあまり使わない取り付け工法の開発が必要である。

1．工事名称・敷地概要

工事名称	宮崎型長期耐用住宅木材利用高度化事業	建築主 住所・氏名	宮崎県木材利用技術センター 宮崎県都城市花繰町２１－１
工事場所	宮崎県木材利用技術センター（敷地内） 地名地番	工期	着工 平成 年 月 日 予定
工事種別	(新築)・増築・改築・改修・用途変更		竣工 平成 年 月 日 予定
主要用途			全体工期 年 ヶ月
敷地面積	３２，１１０．１０ ㎡		
	建ぺイ率 ＿＿％ 容積率 ＿＿％		
用途地域			
防火地域	防火 ・ 準防火 ・ 指定なし ・ 法２２条の指定地域		

面積	建築面積	建蔽率	許容	1階床面積	2階床面積	延床面積	容積率	許容
	39.68(㎡)	＿＿(%)	＿＿≦＿＿	35.28(㎡)	38.65(㎡)	73.93(㎡)	＿＿(%)	＿＿≦＿＿

2．構造・規模

構造	(木造)・ＲＣ造 ・ ＳＲＣ造 ・ 鉄骨造 ・ 軽量鉄骨造 ・ その他（ ）
構造形式	(ラーメン)・壁式 ・ 立体トラス ・ シェル ・ 折版 ・ その他（ ）
基礎	地盤支持 （ ベタ ・ 布 ・ 独立 ） 杭支持 （ ＲＣ杭 ・ ＰＨＣ杭 ・ 鋼杭 ）
階数	地上 ２ 階 地下 ０ 階
軒最高高さ	６．２９３ m
建物最高高さ	８．０４０ m

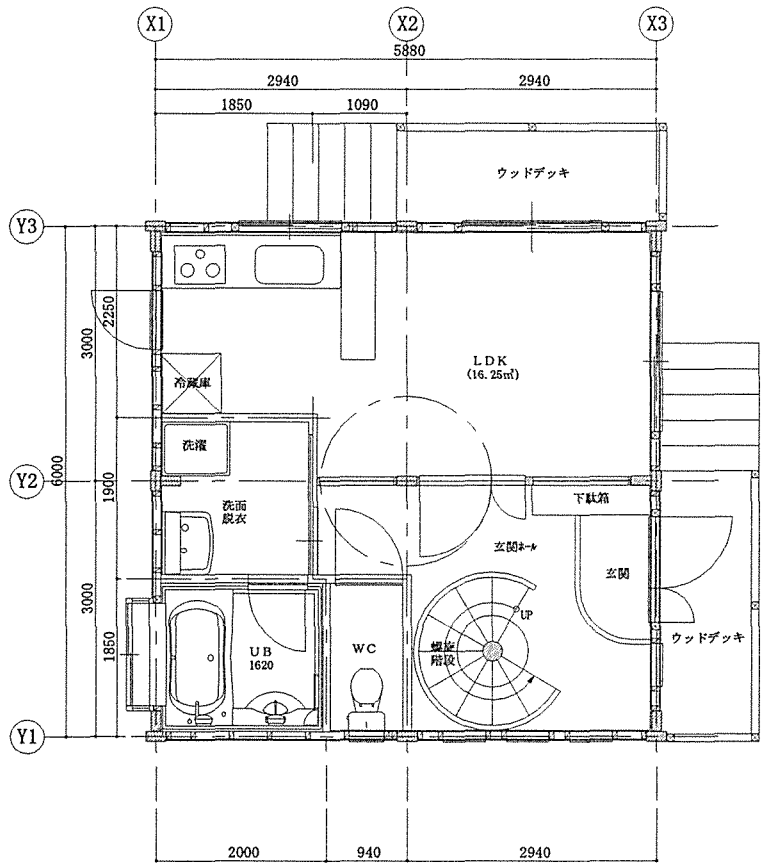
外部仕上げ表

屋根	ｶﾞﾙﾊﾞﾆｳﾑ鋼板瓦棒葺き t=0.4 ｺﾞﾑｱｽﾌｧﾙﾄﾌｪﾙﾄ22kg 耐水合板 t=15, 一部杉板 t=15	ウッドデッキ	木材保護塗料仕上げ 床：杉板 t=18 木材保護塗料仕上げ
外壁	中空押出セメント成形板ｴﾝﾀﾞｰｽ t=15（雨地）金具止 防湿透水シート	雨樋	軒樋：フロアードレン塩ビ製 竪樋：硬質塩ビVU管 φ65
笠木	ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板 t=0.4 加工	外部建具	ｱﾙﾐﾆｳﾑ押出し成形（建具表参照）
柱・梁・方杖 その他木部	杉材：加圧式防腐防蟻処理の上 木材保護塗料仕上げ	バルコニー	壁：杉板 t=15 木材保護塗料仕上げ 床：杉板 t=18 木材保護塗料仕上げ

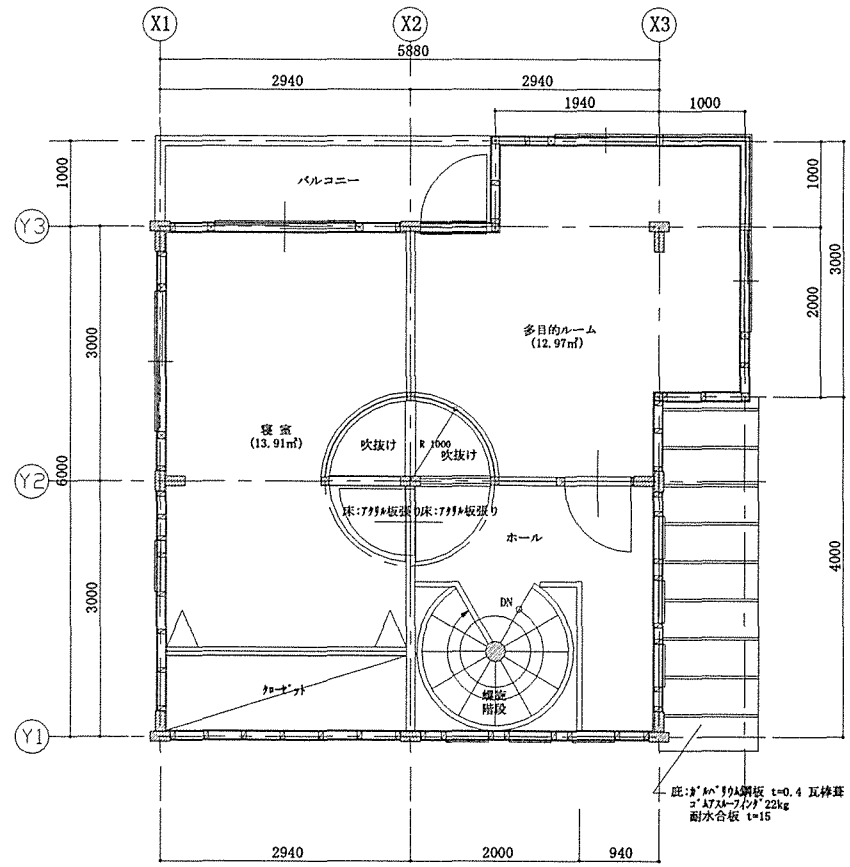
内部仕上げ表

階数	室名	床高	床	巾木	腰壁	壁	天井	天井高	室名	備考
1階	玄関		仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：天井見出し		玄関	
	玄関ホール	GL+1055	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：天井見出し	2253	玄関ホール	
	リビングダイニング	GL+1055	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：天井見出し	2253	リビングダイニング	
	便所	GL+1055	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：天井見出し	2253	便所	
	キッチン	GL+1055	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：天井見出し	2253	キッチン	
	洗面脱衣所	GL+1055	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：天井見出し	2253	洗面脱衣所	
2階	ホール	GL+3393	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=15 CL塗装	2720	ホール	
	寝室	GL+3393	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉材 CL 45x75@100	2720	寝室	
	クローゼット	GL+3393	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉材 CL 45x75@100	2720	クローゼット	
	多目的室	GL+3393	仕上げ：杉板 t=30 CL塗装	杉 t=18 CL H=75	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉板 t=12 CL塗装	仕上げ：杉材 CL 45x75@100	2720	多目的室	
階段室			仕上げ：杉板 t=60 CL塗装					階段室		手摺：杉丸太φ90 CL 手摺子：杉丸太φ60 CL

図 4-1 仕上げ表



□ 1階 平面図 □

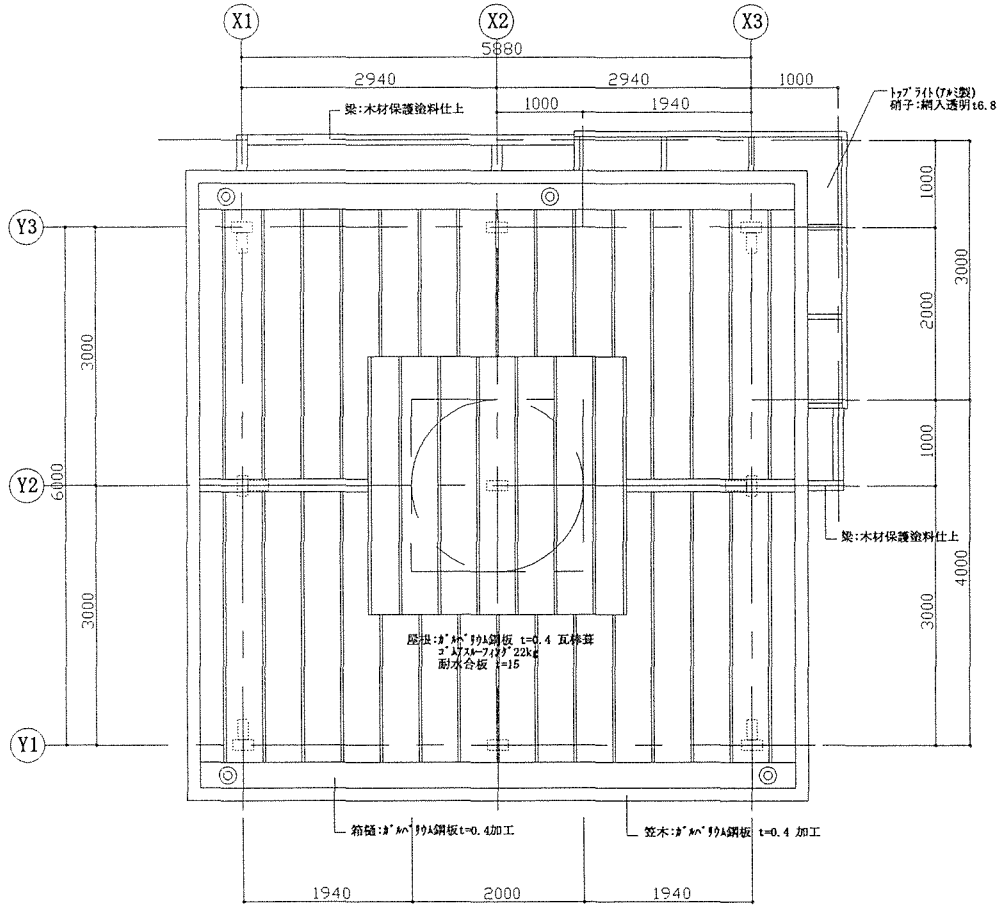


※ 外部木材見出し部分は、『加圧式防腐防蟻処理』の上木材保護塗料仕上げとする。

□ 2階 平面図 □

2階床面積：38.65㎡ (11.7坪)
1階床面積：35.28㎡ (10.7坪)
延べ床面積：73.93㎡ (22.4坪)

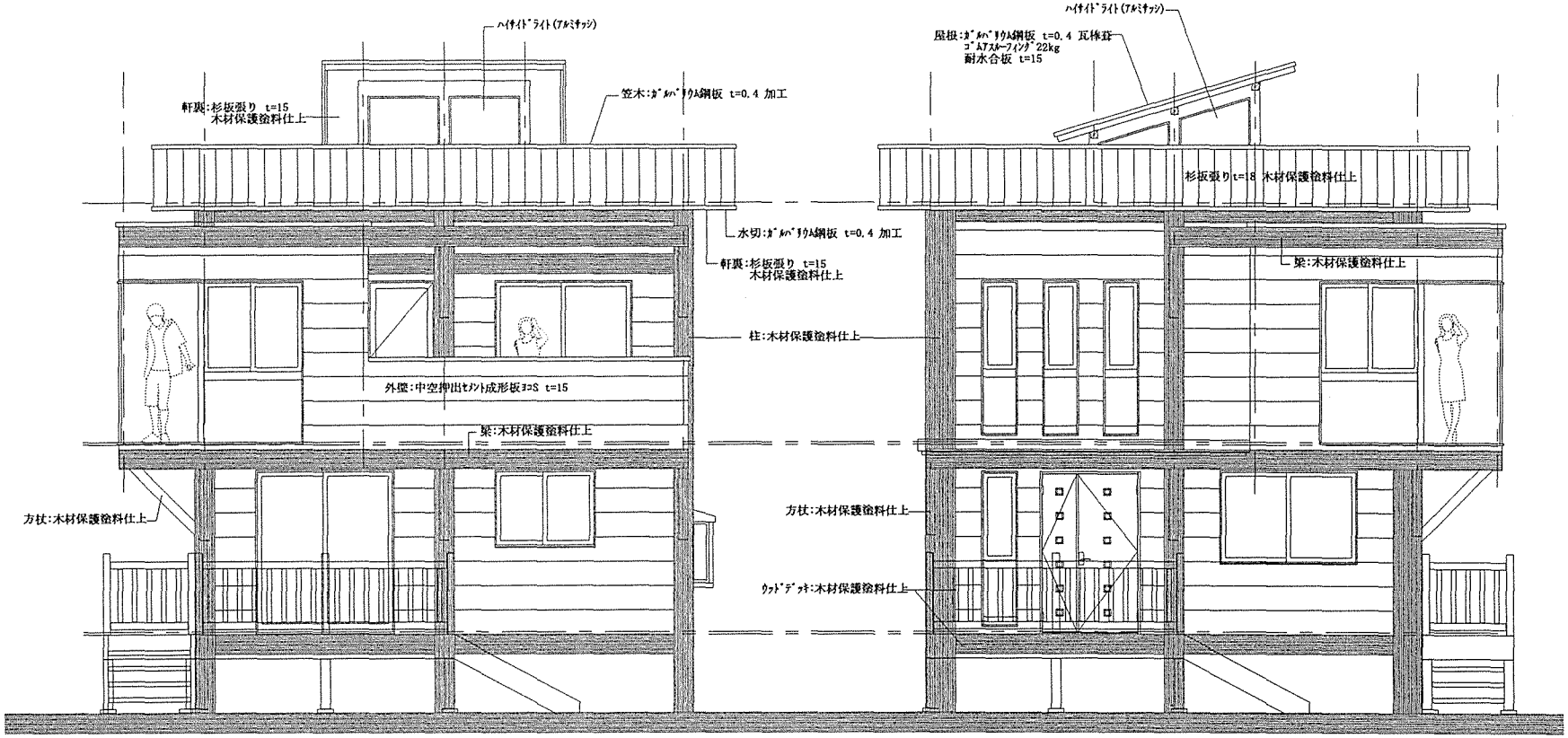
図 4-2 1･2階平面図



※ 外部木材見出し部分は、『加圧式防腐防蟻処理』の上木材保護塗料仕上げとする

□ 屋根伏図 □

図 4-3 屋根伏図

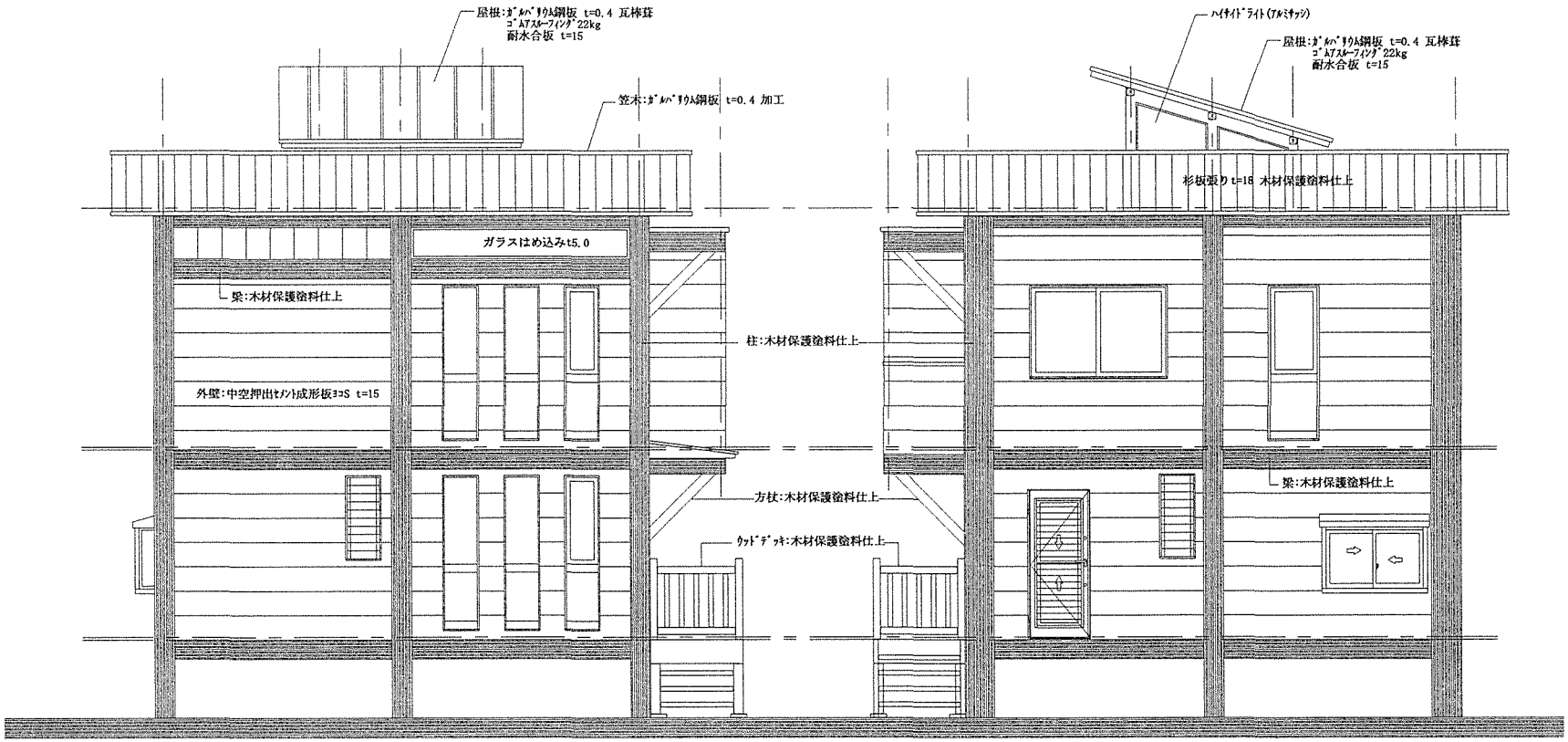


□ 南側 立面図 □

□ 西側 立面図 □

※ 外部木材見出し部分は、『加圧式防腐防蟻処理』の上木材保護塗料仕上げとする。

図 4-4 南・西側立面図



□ 北側 立面図 □

□ 東側 立面図 □

※ 外部木材見出し部分は、『加圧式防腐防蟻処理』の上木材保護塗料仕上げとする°

図 4-5 北・東側立面図

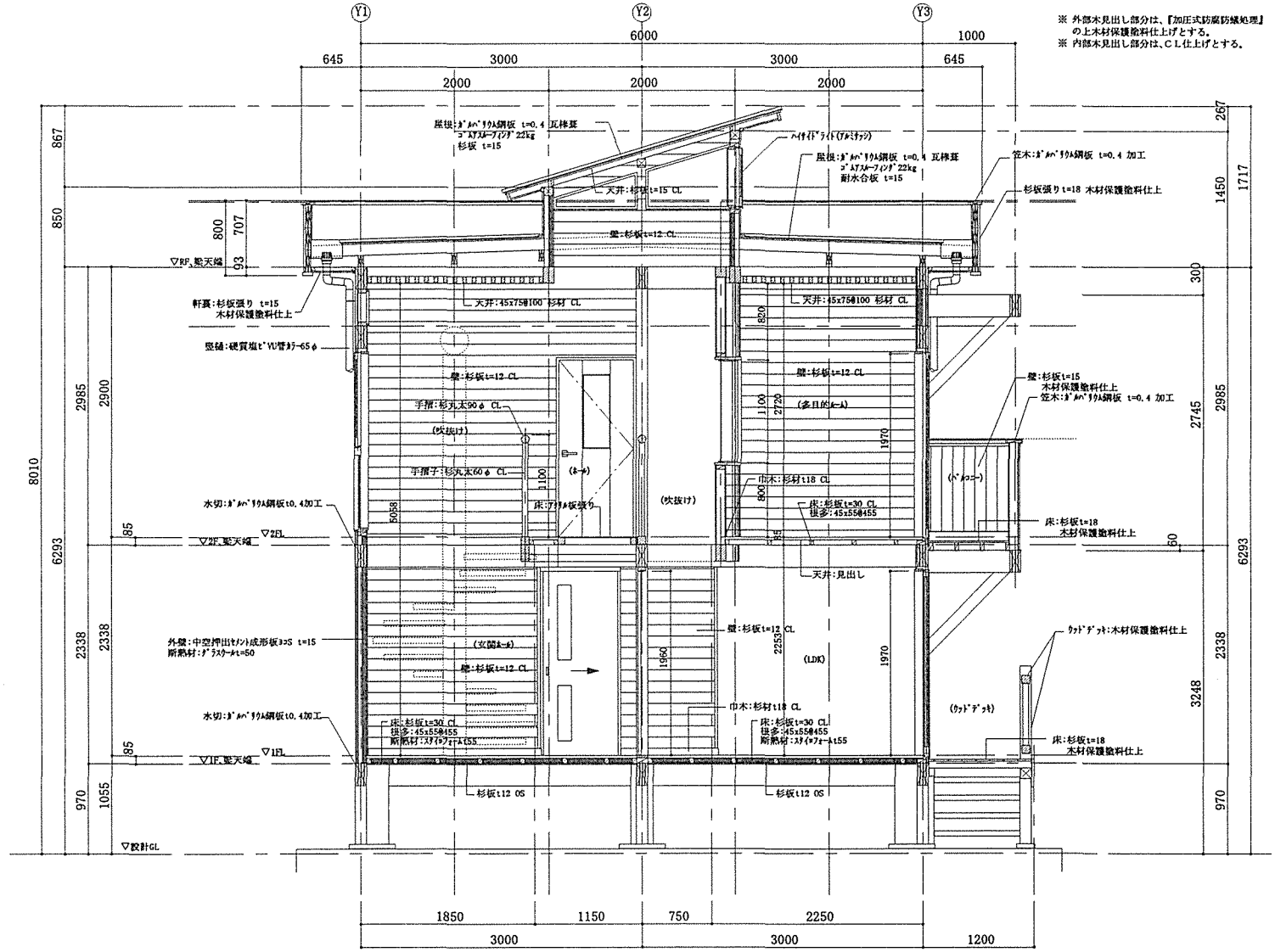
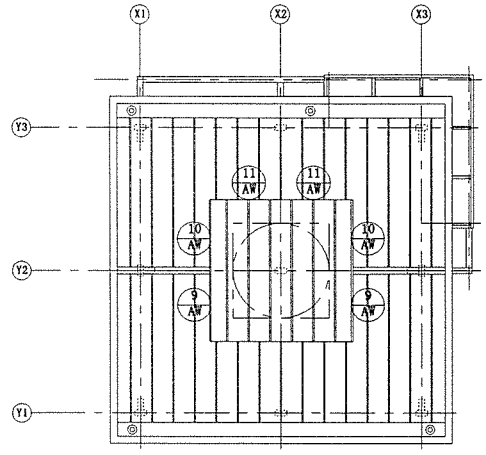
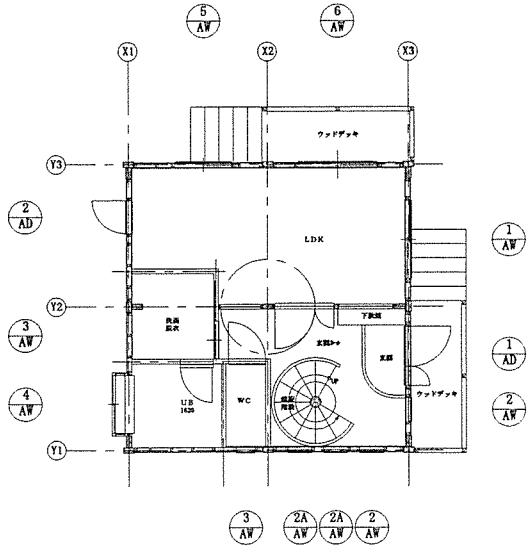

※ 外部木見出し部分は、『加圧式防腐防蟻処理』の上木材保護塗料仕上げとする。
※ 内部木見出し部分は、CL仕上げとする。
Y1
Y2
Y3
6000
1000
645
3000
3000
645
2000
2000
2000
屋根:ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板 t=0.4 瓦棒葺
ｺﾞﾑｱｽﾌｫｰﾑﾝｸﾞ 22kg
杉板 t=15
ﾊｲｻｲﾄﾞﾗｲﾄ(ｱﾙﾐｻｯｼ)
屋根:ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板 t=0.4 瓦棒葺
ｺﾞﾑｱｽﾌｫｰﾑﾝｸﾞ 22kg
耐水合板 t=15
笠木:ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板 t=0.4 加工
杉板張り t=18 木材保護塗料仕上
天井:杉板t=15 CL
壁:杉板t=12 CL
▽RF,梁天端
軒裏:杉板張り t=15
木材保護塗料仕上
天井:45x75@100 杉材 CL
天井:45x75@100 杉材 CL
壁:硬質塩ﾋﾞVU管ｸﾞﾚｰ65φ
壁:杉板t=12 CL
壁:杉板t=12 CL
壁:杉板t=15
木材保護塗料仕上
笠木:ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板 t=0.4 加工
手摺:杉丸太90φ CL
(吹抜け)
(多目的ﾙｰﾑ)
手摺子:杉丸太60φ CL
(ﾎｰﾙ)
(吹抜け)
(ﾊﾞﾙｺﾆｰ)
巾木:杉材t18 CL
水切:ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板t0.4加工
床:ｱﾙﾐﾊﾟﾈﾙ板張り
床:杉板t=30 CL
根多:45x55@455
床:杉板t=18
木材保護塗料仕上
▽2FL
▽2F,梁天端
天井:見出し
外壁:中空押出ｾﾒﾝﾄ成形板ｺﾝｸﾘｰﾄ t=15
断熱材:ｸﾞﾗｽｳｰﾙt=50
(玄関ﾎｰﾙ)
壁:杉板t=12 CL
壁:杉板t=12 CL
(LDK)
ｳｯﾄﾞﾃﾞｯｷ:木材保護塗料仕上
巾木:杉材t18 CL
(ｳｯﾄﾞﾃﾞｯｷ)
水切:ｶﾞﾙﾊﾞﾘｳﾑ鋼板t0.4加工
床:杉板t=30 CL
根多:45x55@455
断熱材:ｽﾀｲﾛﾌｫｰﾑt55
床:杉板t=30 CL
根多:45x55@455
断熱材:ｽﾀｲﾛﾌｫｰﾑt55
床:杉板t=18
木材保護塗料仕上
▽1FL
▽1F,梁天端
杉板t12 OS
杉板t12 OS
▽設計GL
1850
1150
750
2250
3000
3000
1200
8010
6293
2985
2338
970
867
850
800
707
93
2900
1055
85
85
5038
820
1100
2725
1970
800
35
1100
2253
1960
1970
267
1450
1717
300
2745
50
3248

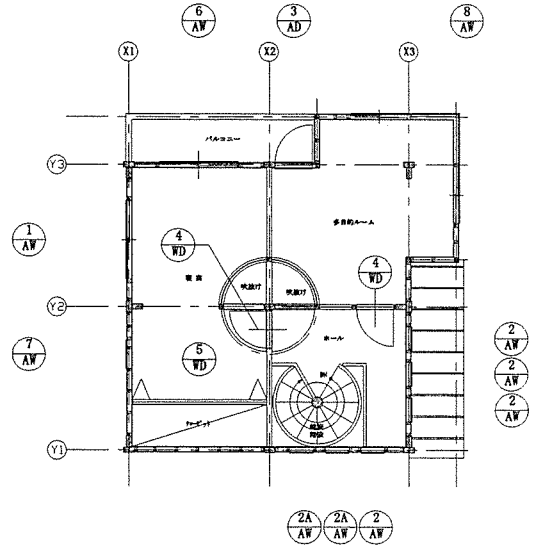
図 4-6 断面図



□ 2階上部　建具リスト □

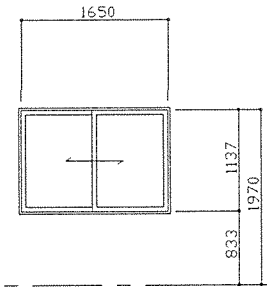
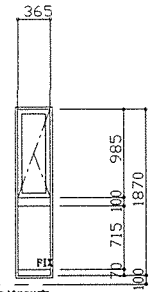
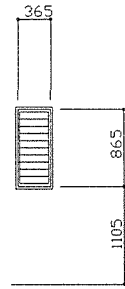
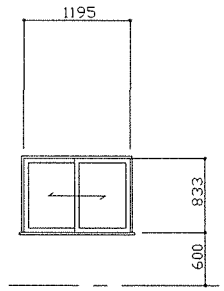


□ 1階 建具リスト □



□ 2階 建具リスト □

図 4-7　建具リスト

記号・数量	1/AW　1	2/AW・2A/AW　6・4	3/AW　2	4/AW　2
形状・寸法		 ※ 2A/AW は辷出し窓がFIX窓		
形式・場所	引き違い窓　LDK	縦辷出し窓 + FIX窓　玄関ﾎｰﾙ・2階ﾎｰﾙ	ルーバー窓　WC・LDK	出 窓　浴 室
材質・見込	ｱﾙﾐ押出し形材　見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材　見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材　見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材　見込：71
仕上・硝子	カラー　FL5	カラー　FL5	カラー　F6	カラー　FL5
金物他	標準金物一式　網 戸	標準金物一式　網 戸	標準金物一式　網 戸	標準金物一式　網 戸
備考				

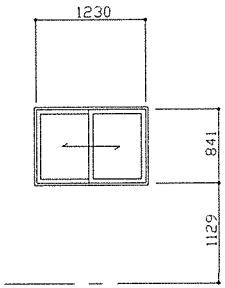
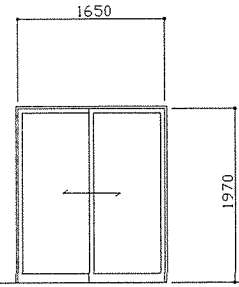
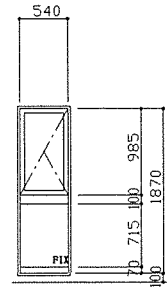
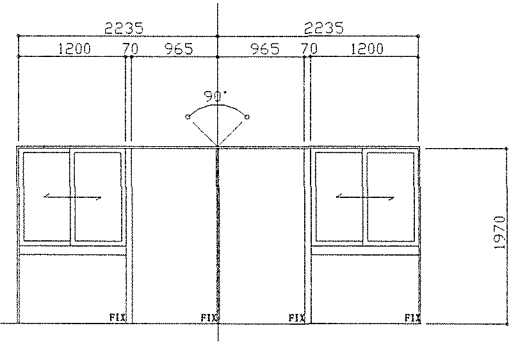
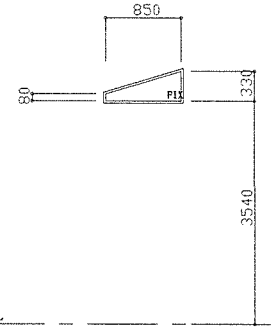
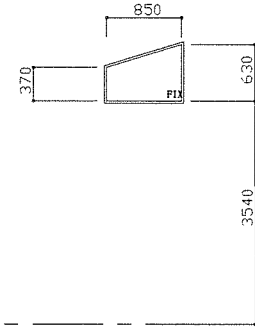
記号・数量	5/AW　1	6/AW　1	7/AW　1	
形状・寸法				
形式・場所	引き違い窓　LDK	引き違い窓（テラスタイプ）　LDK	縦辷出し窓 + FIX窓　寝 室	
材質・見込	ｱﾙﾐ押出し形材　見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材　見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材　見込：71	
仕上・硝子	カラー　FL5	カラー　FL5	カラー　FL5	
金物他	標準金物一式　網 戸	標準金物一式　網 戸	標準金物一式　網 戸	
備考				

図 4-8 建具表1

記号・数量	8 AW	1	9 AW	2	10 AW	2
形状・寸法						
形式・場所	引き違い窓	LDK	FIX窓		FIX窓	
材質・見込	ｱﾙﾐ押出し形材	見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材	見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材	見込：71
仕上・硝子	カラー	FL5	カラー	FL5	カラー	FL5
金物他	標準金物一式	網戸	標準金物一式		標準金物一式	
備考						

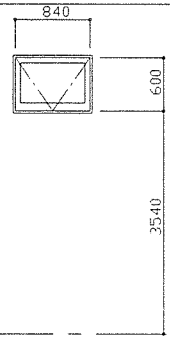
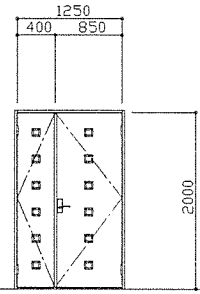
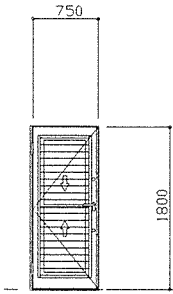
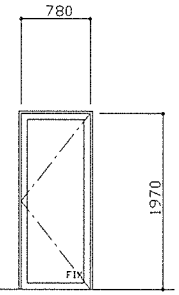
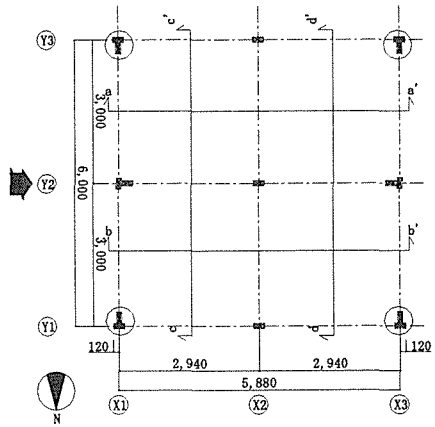
記号・数量	11 AW	2	1 AD	1	2 AD	1	3 AD	2
形状・寸法								
形式・場所	内倒し窓		玄関親子ドア	玄関	片開きドア	LDK	片開きドア	多目的ﾙｰﾑ
材質・見込	ｱﾙﾐ押出し形材	見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材	見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材	見込：71	ｱﾙﾐ押出し形材	見込：71
仕上・硝子	カラー	FL5	カラー	F6	カラー	F6	カラー	F6
金物他	標準金物一式	網戸	標準金物一式		標準金物一式	網戸	標準金物一式	
備考					上げ下げ窓			

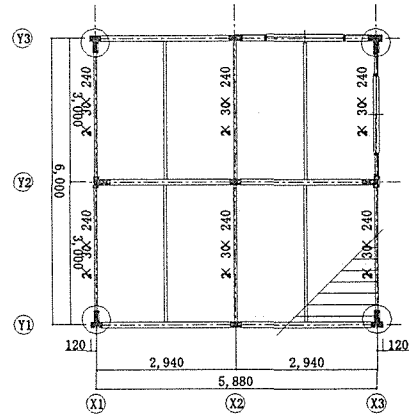
図 4-9 建具表2

記号・数量	1 WD　1	2 WD　1	3 WD　1	4 WD　2
形状・寸法	1250 850 400 1960 FIX FIX FIX	750 1960 FIX	1650 850 800 1960 FIX	800 1900 FIX
形式・場所	片開きﾌﾗｯｼｭ親子ドア　LDK	片開きﾌﾗｯｼｭドア　WC	片引き戸　洗面脱衣	片開きﾌﾗｯｼｭドア　多目的ﾙｰﾑ・寝室
材質・見込	杉　見込：36	杉　見込：36	杉　見込：36	杉　見込：36
仕上・硝子	シナベニヤ（CL塗装）　F4	シナベニヤ（CL塗装）　F4	シナベニヤ（CL塗装）　F4	シナベニヤ（CL塗装）　F4
金物他	標準金物一式	標準金物一式	標準金物一式	標準金物一式
備考				
記号・数量	5 WD　1			
形状・寸法	2340 585 585 585 585 650 90 1900 2640			
形式・場所	両側折れ戸　天袋：両開き戸　寝室			
材質・見込	杉　見込：36			
仕上・硝子	シナベニヤ（CL塗装）			
金物他	標準金物一式			
備考				

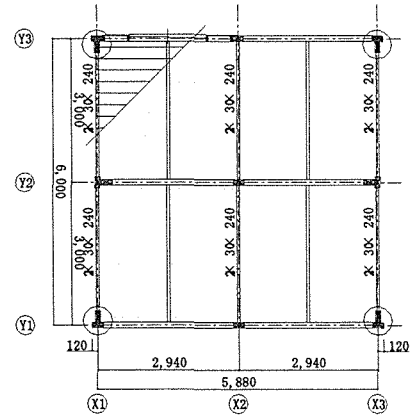
図 4-10 建具表3



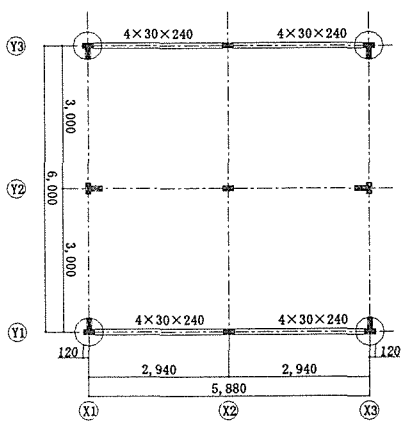
柱伏図



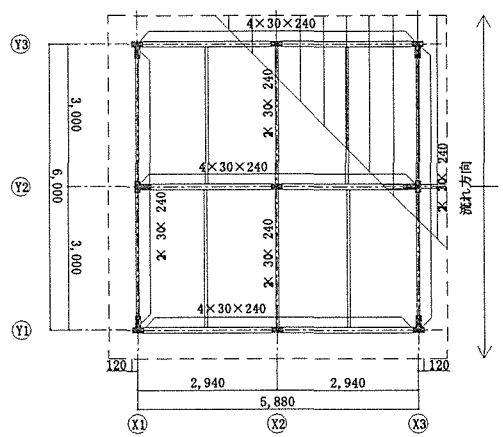
1階床伏図



2階床伏図



2階梁＋2350

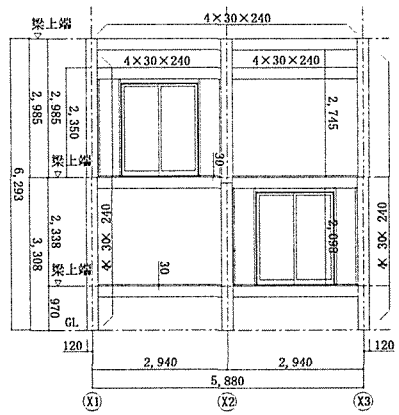


小屋伏図

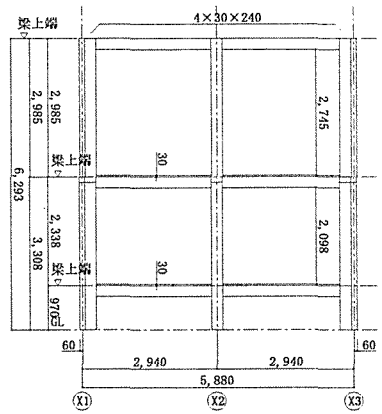
※ 加力は日鋼を介してフレームに伝達する。
引側を考慮した床板の貼り方、方向。

特記外
1. 柱:4×30×240
2. 梁:4×30×240
3. 小梁:2×30×240
4. ○ は、通し柱を示す
5. 𝕣 は、加力方向を示す
6. ＝＝:棟木
7. 垂木:
8. ▭:今回の床を張る範囲
9. 1階床板 幅240 ㋐ 30
2階床板 幅220 ㋐ 27 (リサイクル材)

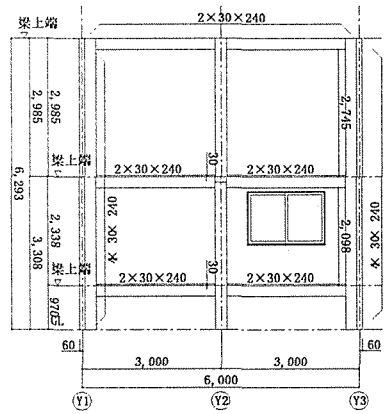
図 4-11 構造図 平面



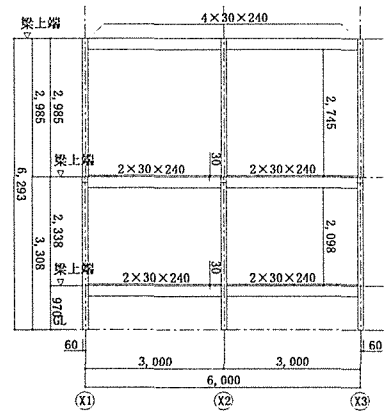
Y1・Y3通り軸組図
※Y3通りのみ壁



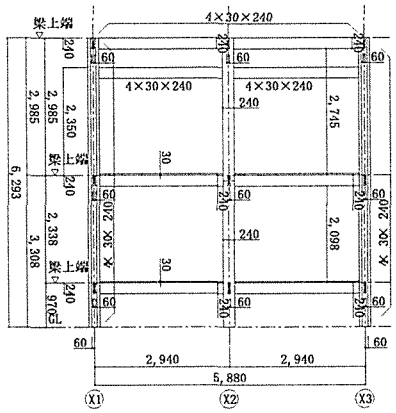
Y2通り軸組図



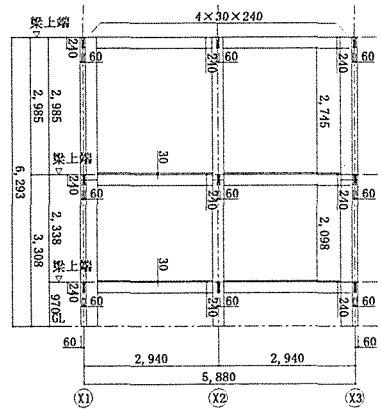
X1・X3通り軸組図
※X3通りのみ壁



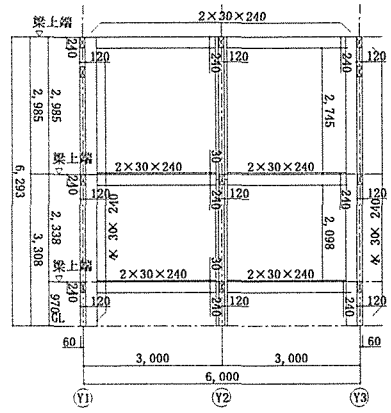
X2通り軸組図



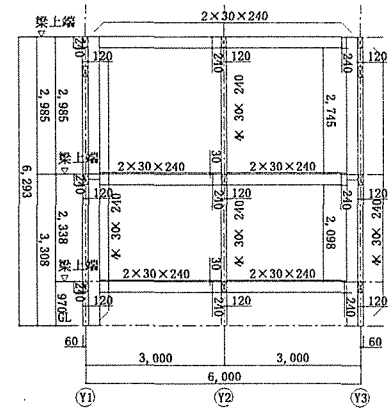
a-a' 断面図



b-b' 断面図



c-c' 断面図



d-d' 断面図

特記外
1. 柱:4×30×240
2. 梁:4×30×240
3. 小梁:2×30×240
4. □:今回の壁及び建具を張る範囲

図 4-12 構造図 断面

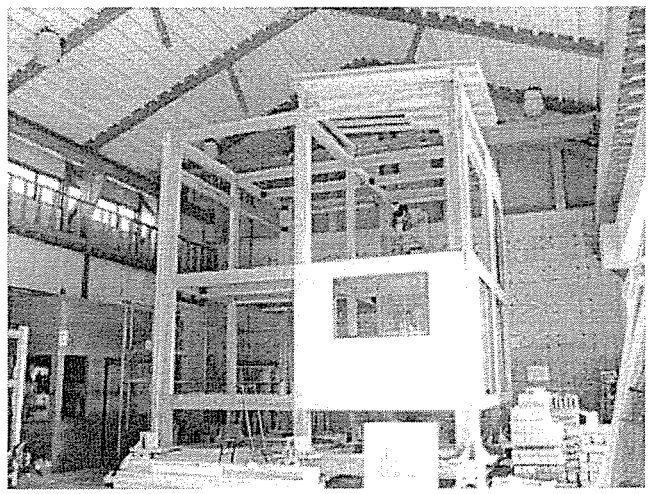


写真 4-1

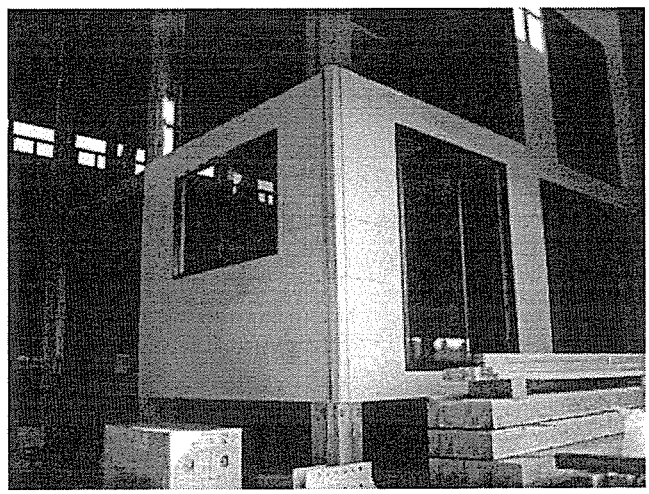


写真 4-2

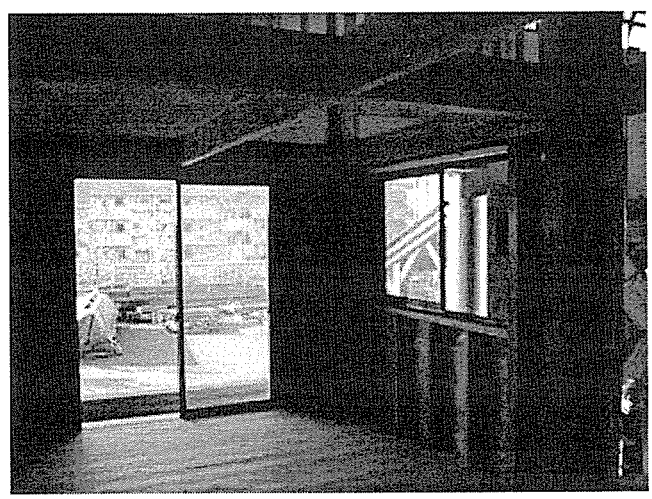


写真 4-3

2　設備（水廻り）とシロアリ被害についての調査報告

宮崎型長期耐用住宅のインフィル(仕上げ・設備)に関連して、南九州地域の気候風土にあった木造建築物の特徴を把握するために鹿児島市、種子島、奄美大島で調査を行った。現地では伝統的な建物や築後 20 年程度経過した建物並びに現在施工中の建物に対して、①シロアリ被害の実態及び対策、②木部腐食の状況、③スケルトンとインフィルの関係等について調査を行った。

2.1　鹿児島市　仙巌園

廃藩置県後の島津家の住居であった。使用材料は贅沢に太い構造部材が多く使われていた。壁は少なく礎石の上に柱を立てる構造で高床であった。また、縁側の外には垂木下に縁げたを設け柱を立て軒の出を大きくしていた。(写真 4-4、写真 4-5)

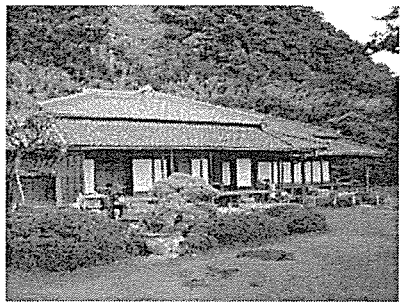


写真　4-4　全景

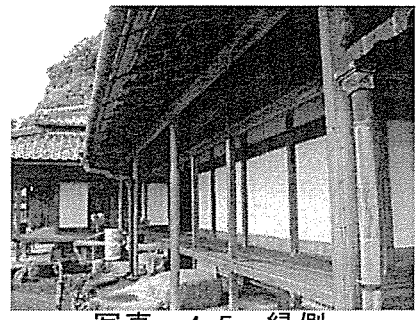


写真　4-5　縁側

2.2　種子島

2.2.1 公立病院官舎および町営住宅

中種子町と南種子町の 2 町で運営する公立病院の官舎が建築中であった。木造平屋建て 106 ㎡タイプ 4 棟と 121 ㎡タイプ 1 棟の 5 棟である。また、木造 2 階建ての町営住宅も建築中であった。木材はほとんどがスギ材で鹿児島本土のプレカット使用である。特徴としては、①木床束がない……大引きの支えはコンクリート基礎の立ち上がりか樹脂製の束とし、一間飛ばし部分は大引き材の成を 120mm としている。②風呂の床が二重スラブである……設備メンテ上の配管スペース確保と、従来は土等で埋め戻していた部分をコンクリートの空間とすることで、土に接することを控える。
(写真 4-6～写真 4-9)

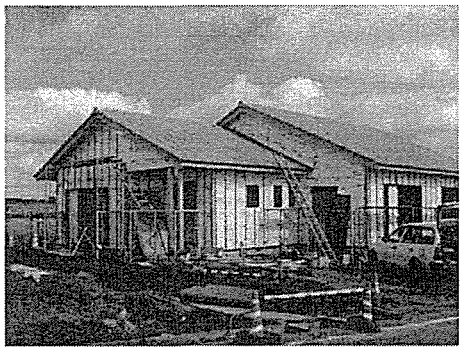


写真 4-6 公立病院官舎全景

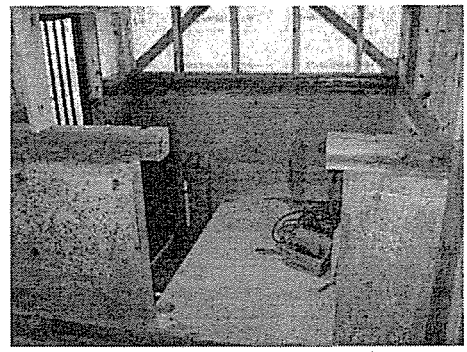


写真 4-7 二重スラブ

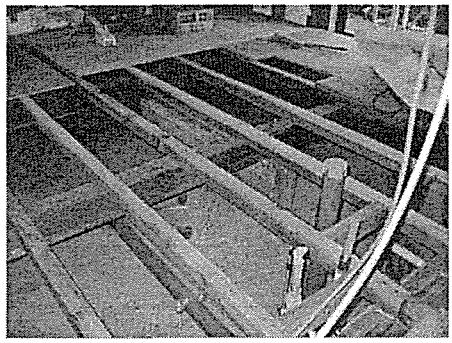


写真 4-8 大引き材(90×120)

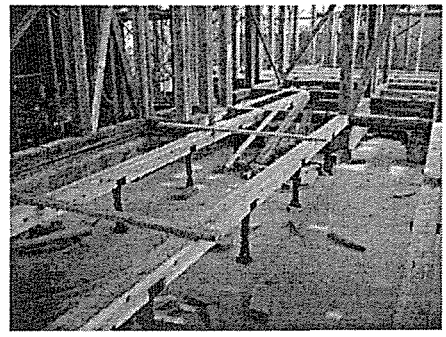


写真 4-9 樹脂製束(町営住宅)

2.2.2 古市家住宅

1846 年に建てられた武家屋敷で、種子島現存最古の住宅であった(国の重要文化財)。現在人は住んでいないが、月 20 日程度地元の方がメンテナンスに来られているため腐朽等は軽微であった。

材料にはスギが多用されており、接合具には木ダボ(主要な接合部)、竹釘(野地板)、和釘(床板、壁板)が使用されていた。高床であるため換気が良く、礎石と束の間に銅板が挟まれていた。(写真 4-10～写真 4-12)

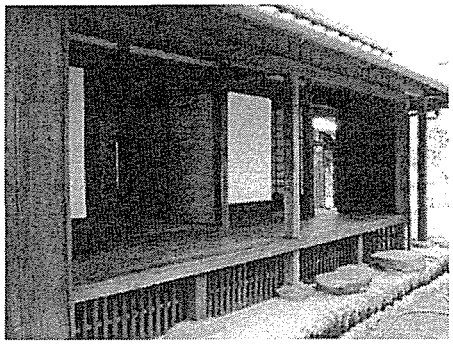


写真 4-10 縁側

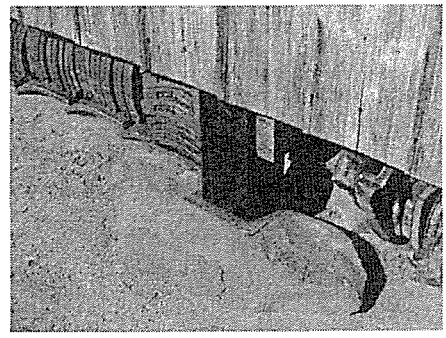


写真 4-11 銅板敷

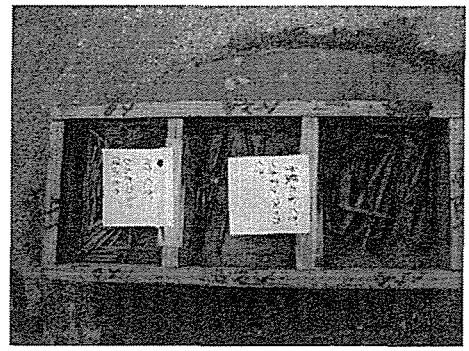


写真 4-12 和釘・竹釘

2.3 奄美大島

2.3.1 寺尾正徳邸

床高が 60cm と高いことと換気口が縦 30cm 長さ 80cm と巨大なことが特徴的であり，換気口の大きさは他の新築住宅にも共通であった。瓦は都城市内の田川粘土瓦工業で木材は持永木材のオビスギと柱にタイワンヒノキを使っている。郷土樹種としては屋敷林のイヌマキを長期天乾させて床の間に使っていた。シロアリは２年に１回定期的な業者の点検を受けている。(写真 4-13、写真 4-14)

写真 4-13 寺尾邸

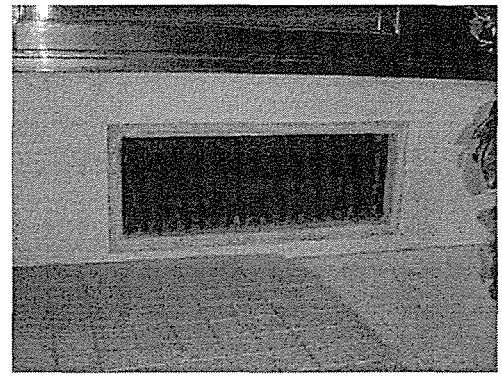


写真 4-14 換気口

2.3.2 田中一村　終焉の家

画家の田中一村が亡くなる前の 10 日間を過ごした住宅である。束石が約 10cm で束の高さが約 50cm とやはりかなりの高床であった。特徴的であったのは雨掛かりする束の面に銅板を打ちつけて耐久性を上げていたようであるが、あまり手入れがなされていないようで、軒垂木にまでシロアリの食痕がみられた。(写真 4-15～写真 4-17)

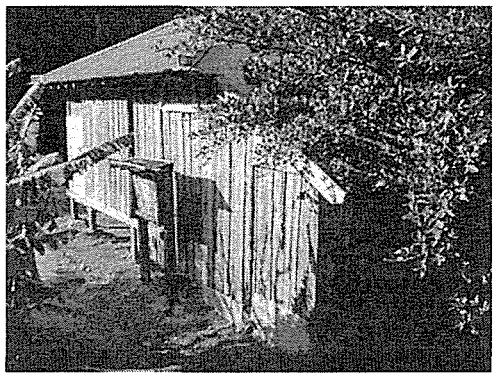


写真 4－15 全景

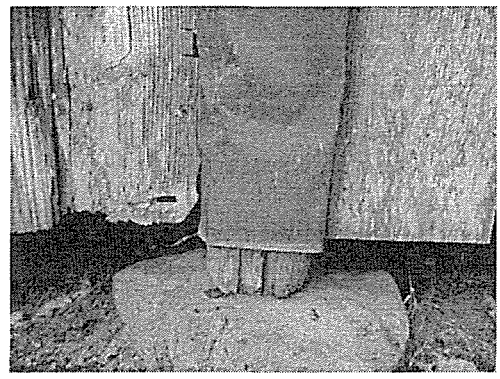


写真 4－16 束銅板葺き

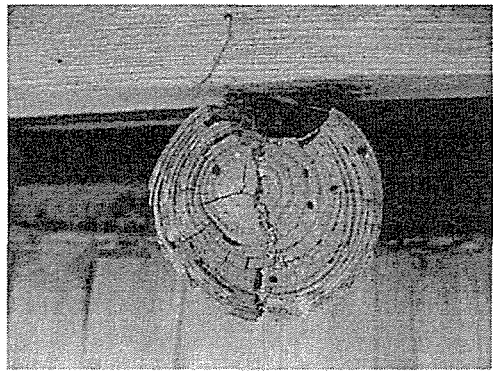


写真 4-17 シロアリ食痕

2.4 考 察

南九州の住宅は、やはりシロアリ対策が最重要課題であることは言うまでもない。調査した鹿児島県(離島を含む)は宮崎県と同じ気候風土であることから、対策としても当然同じ結果となる。そこで、上記の調査結果をふまえ、シロアリや木部の腐食対策を検討してみると、まず ①床下の通風をよくする、②特に水回りでは土と接する部分を防ぐ、③床下は木の部分を少なくする、④軒の出を長くする、⑤部材交換に配慮した施工法の確立が必要、⑥屋外の木部は水分の溜まりができないようにする等があげられる。

今回提案の宮崎型長期耐用住宅では高温・多雨・多湿である宮崎県の地域性から、通風をよくするために開口を大きくとる構造としているが、直射日光・雨対策も非常に重要なことであり、思い切った軒の出を計画することが必要である。その際注意すべきことは、台風常襲地域であることをふまえ、強風に対応できるタルキの大きさの設定を忘れてはならない。

3 宮崎型住宅に対応した設備設計

南九州の調査を受け、宮崎型住宅のモデルプランに対し、最近仕様の設備試設計を行い問題点等整理を行った。

3.1 給排水設備の検討

図 4-13 に給排水設備表を示す。

凡　例

記　号	名　称	仕　様		
——-——	給 水 管	耐衝撃性ビニル管	HI	屋外埋設 床下埋設
——-——	給 水 管	硬質塩化ビニルライニング鋼管	VLP-VB	屋内外露出
————	排 水 管	硬質塩化ビニル管	VP	屋内（但し、屋外埋設はVU）
——)——	汚 水 管	硬質塩化ビニル管	VP	屋内（但し、屋外埋設はVU）
——|——	給 湯 管	保温付被覆銅管	Cu-M	床下
——//——	給 湯 管	耐熱鳥パイプ （軒裏よりソーラ温水器まで）		
(:)	排 水 桝	小口径塩ビ桝 ワンタッチミカゲ蓋		
⊠	雨 水 桝	既製型（コンクリート格子蓋）		
——⊘	排気ダクト	スパイラルダクト		
保温工事				
給水管	インペイ 保温チューブ			
給水管	床 下 保温チューブ			
排水管	インペイ GW+アルミカラスクロス			
小型合併処理槽				
FRP製7人槽 流入水質200ppm 放流水質20ppm				
ブロワー1φ100V				
（別紙図参照）				
給湯器	屋外据置型 31000Kcal/h 減圧弁内臓形 追焚式			
	安全弁 リモコンスイッチ リモコン線 オイルタンク共（配管及び付属品共）			
ソーラ温水器	真空式 240L 安全弁 自動ミキシングバルブ 自動エアー抜き弁			
	架台及び付属品一式			

器具表

器具名	規　格	数量	設置場所
洋風大便器	エロンゲート,サイフォンジェット脱臭シャワートイレ手洗無	1	1階便所
	CS90B SH90BA TCF4041R同等		
手洗付キャビネット	オートストップ水栓 YSC46H同等	1	
タオル掛	YT40KD同等	1	
紙巻器付手掛	棚付き2連紙巻器 YH60KB同等	1	
化粧鏡	YM417同等	1	
ユニットバス	ビーバーチェリーバス（BY1720LBUW+LR）	1	浴室
	引き戸、浴槽：エセンヌ、デッキ水栓、サーモシャワー		
	手すり2本（1200L、L型）		
	UF-23A+UH-2A（ランドリーパイプ1本付）		
洗面化粧台	洗髪、洗面化粧台 化粧鏡（三面鏡） シングルレバー混合栓	1	洗面・洗濯・脱衣
	（ハンドシャワータイプ） LDSV754BS,LMV752H		
洗濯機用排水金物	板張用JT-3-DF	1	
洗濯水栓	TW10G	1	
システムキッチン	INAXベーシック・イスト同等品 1型2700 IS710LPWBSAAGA CDNRA同等		厨房
	トップ：人工代理石、 シンク：スペースアップシンク		
	水栓：シングルレバー混合水栓 ガスレンジ：3口ガスレンジ、グリル付き		
	レンジフード：換気扇フード付 食器洗浄器6人用 IS710LPWBSAAGA CDNRA同等		
洋風大便器	エロンゲート,サイフォンジェット脱臭シャワートイレ手洗付	1	2階便所
	CS90B SH91BA TCF661R（脱臭付、温風乾燥無）同等		
紙巻器付手掛	棚付き2連紙巻器 YH60KB同等	1	
タオルリング	THT13	1	
横水栓	カップリング付横水栓（LF-15G-13-CV）	1	屋外
水栓柱	ビニル製 70×70×900H	1	
地下式散水栓	T27H13 ステンレス製箱共	1	

図 4-13 給排水設備表

図 4-14 に給排水設備の設計例を示す。

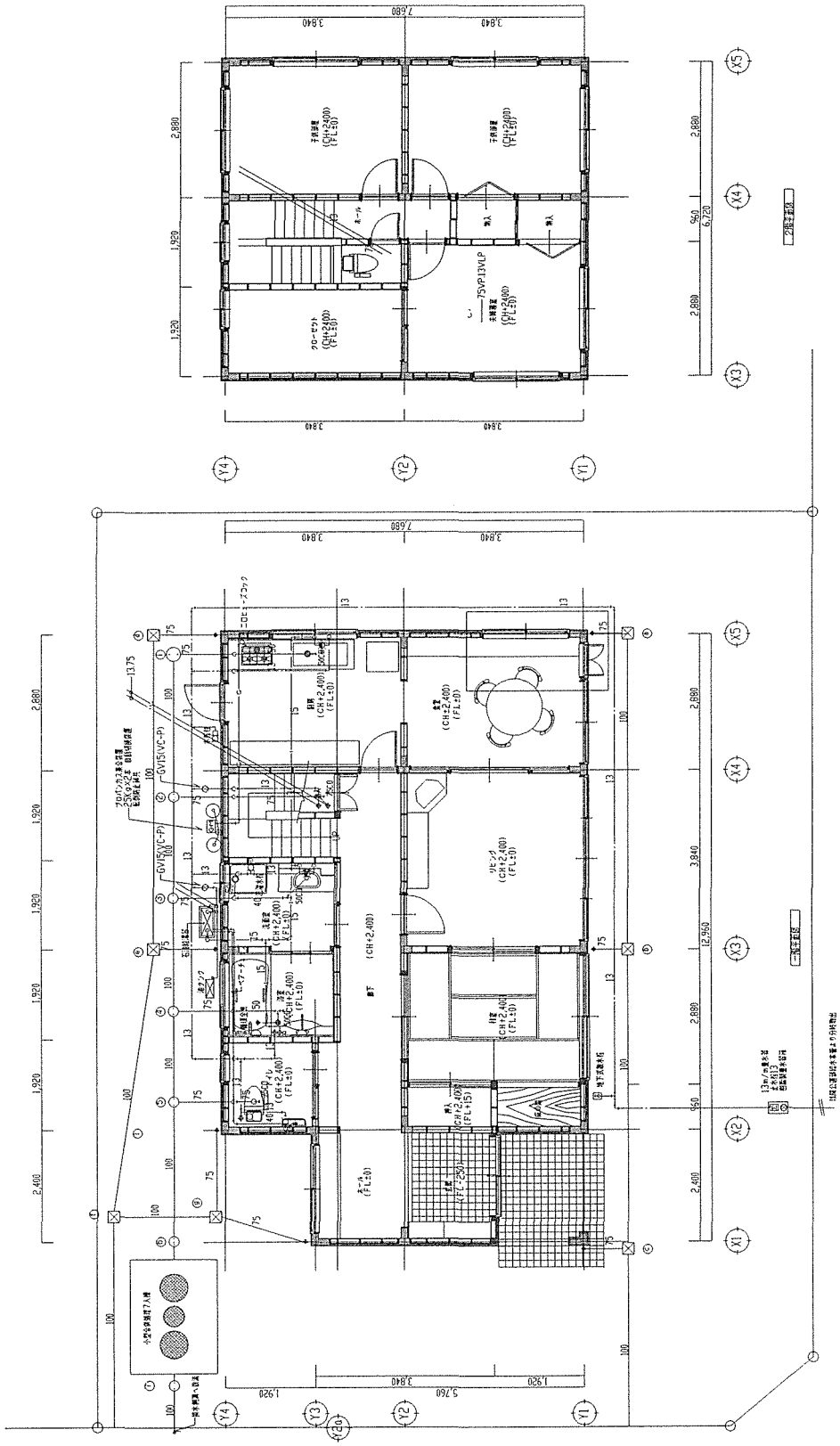


図 4-14 給排水設備平面図

3.1.1 給水、排水の配管について

通常の家庭の給水管は、口径が 13mm～20mm で、地中配管は硬質塩化ビニール管(HIVP)、建物内部は鋼管、ステンレス管で配管されるのが一般的である。屋外から建物の中に侵入するには、土中埋設、土間配管を経て、一階については壁や床下を、2 階については壁や 1 階天井内に配管することになる。壁配管の場合、給水管は結露防止として保温巻きとするため、先に述べた 20mm の口径が約 60mm の大きさとなり、この配管を収めるためには、ある程度の壁の厚さが必要である。支持の状況にもよるが、約 100mm の壁厚が必要であろう。そのことは、断熱材の挿入という点からも有利であるといえる。在来工法は一般的に 105mm～120mm の柱でのグリッド形成であるため、壁の部分は 100mm 以上の壁厚となり、保温に対しては有利だが、筋違いや桁、胴差し等(柱同寸)があることで縦方向の配管ルートに制約が生じる。宮崎型長期耐用住宅では、筋違いがないため自由な配管が可能となる。

次に、排水管については、一般的に硬質塩化ビニール管(VP)が使われるが、口径が給水管に比べ大きいこと、勾配を考慮すること、貫通部が大きくなること等により配管ルートに大きな注意を払う必要がある。提案のスケルトンは、梁の部材、柱の部材を合わせ材で構成しており、部材貫通の場合は穴の部分から合わせ材相互の分離の恐れがあること、また断面欠損による耐力低下が発生するなど、貫通部位、貫通大きさ等に慎重に対応すべきである。したがって、天井懐を大きく取るなどの配管スペースの確保は非常に重要なこととなる。

3.1.2 給水、排水の機器について

たとえば、ユニットバスを考えると、取り付け方法にもよるが、荷重に対して床根太が対応できればなんら問題はない。防水性は高く、高床であるがゆえに、配管等のメンテナンスも容易である。しかし、在来工法の風呂を考えると、コンクリート壁の立ち上がりが作れないなど、防水に対して不安が残る。そのことから、シロアリの進入も心配される。

在来の和風風呂を設置したいとするならば、スケルトン内部から切り離しを行うのも一つの方法ではないだろうか。つまり、風呂や水廻りの部分は下屋を設けスケルトン外に追い出すのである(図 4-15)。その際には当然、種子島での調査結果のように 2 重スラブを設けるなどの対策が必要となる。

また、洗面器具などの給排水器具の取り付けには十分なクリアランスを設けるなど、揺れによる部材のひずみに対して十分な振動対策を行うことが重要である。それは、スケルトンが半固定の接合部をもつラーメン構造であるため、地震などによる振動が大きくなりがちであるためである。

さらには、取り付ける背面の壁の補強、取り付け方法も大変重要になる。機器が長時間の振動等により、脱落することを防ぐためである。提案のスケルトン(柱の少ない構造体)での間仕切りの固定の方法が今後の課題であるのは言うまでもない。

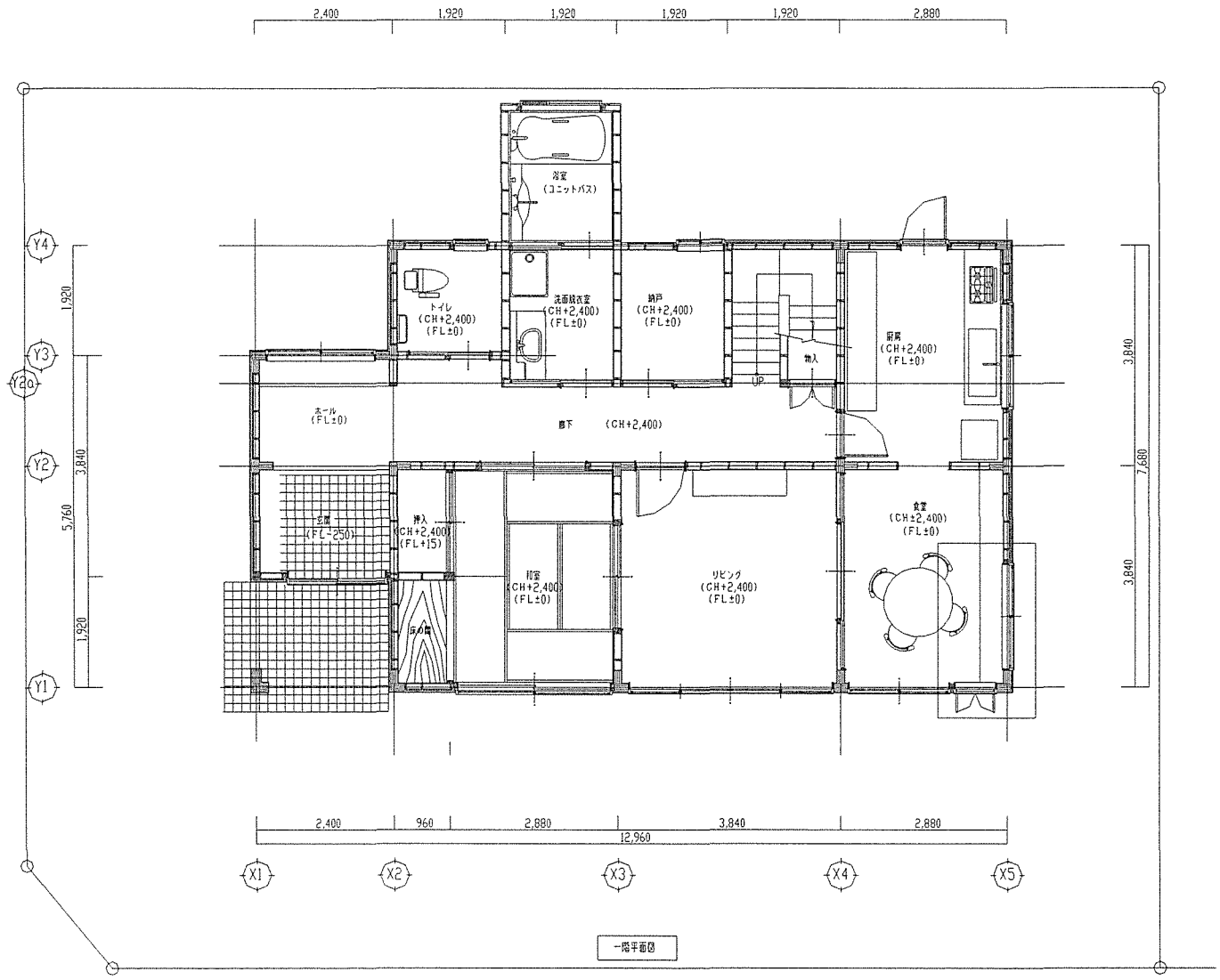


図 4-15 風呂・下屋タイプ

3.2　電気設備の検討

図 4-16、図 4-17 に電気設備の設計例を、図 4-18 に照明器具参考図を示す。

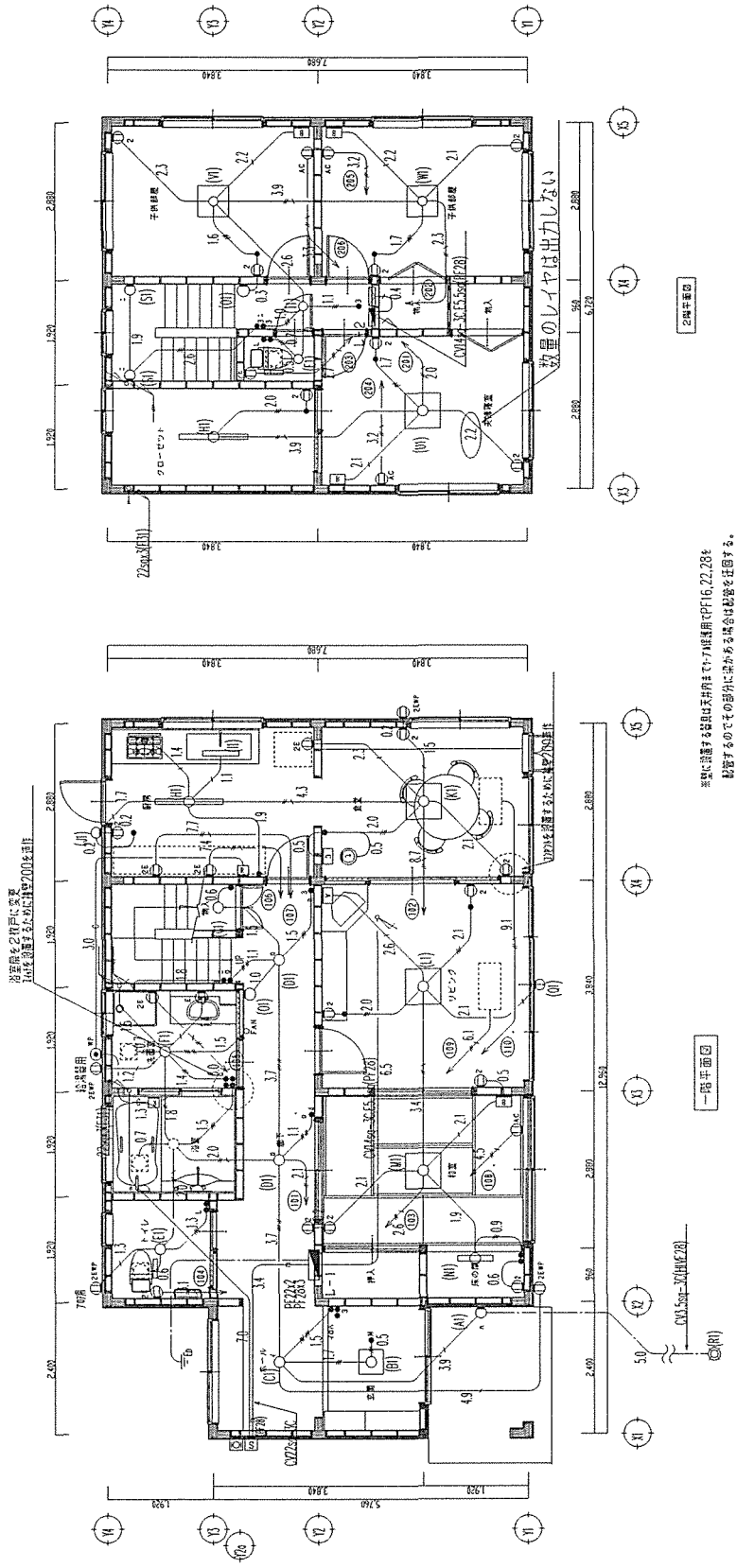
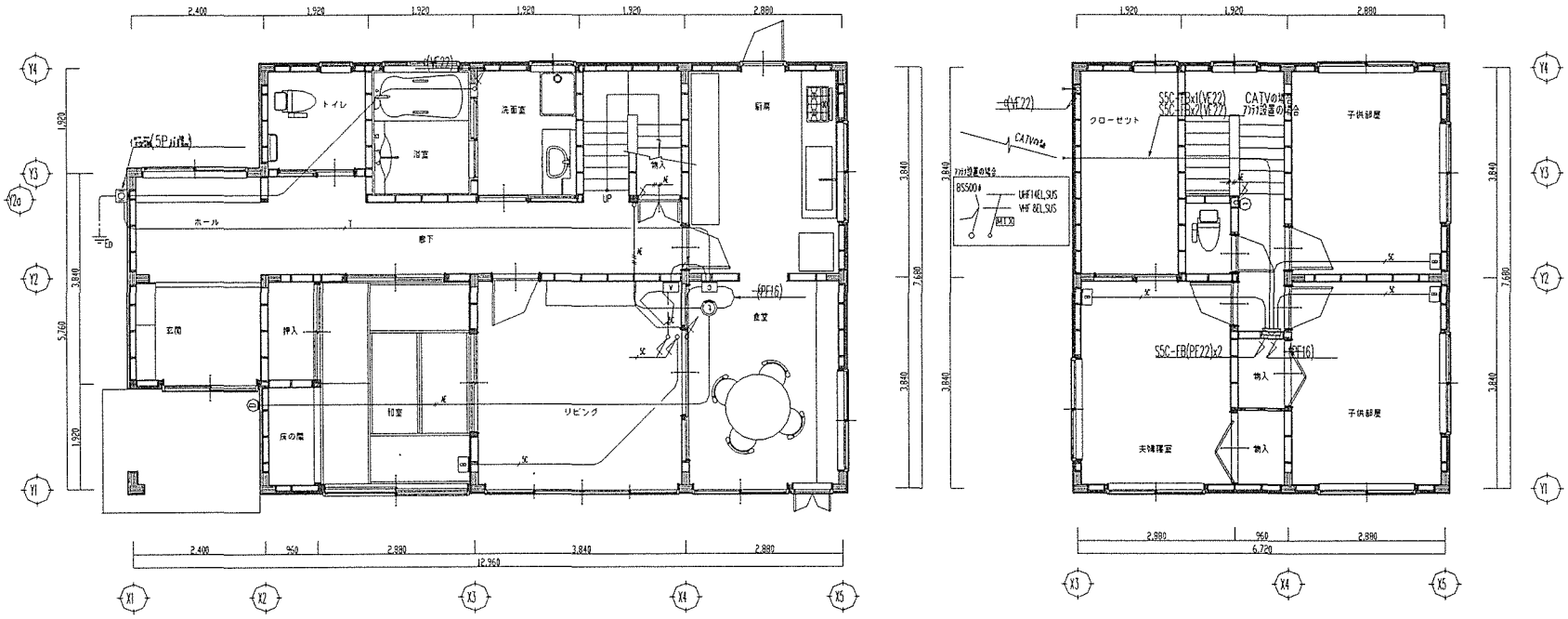


図 4-16　電灯コンセント設備平面図



※壁に設置する器具は天井内までケーブル線運用でPF16,22,28を配管するのでその部分に梁がある場合は配管を迂回する。

図 4-17 弱電設備平面図

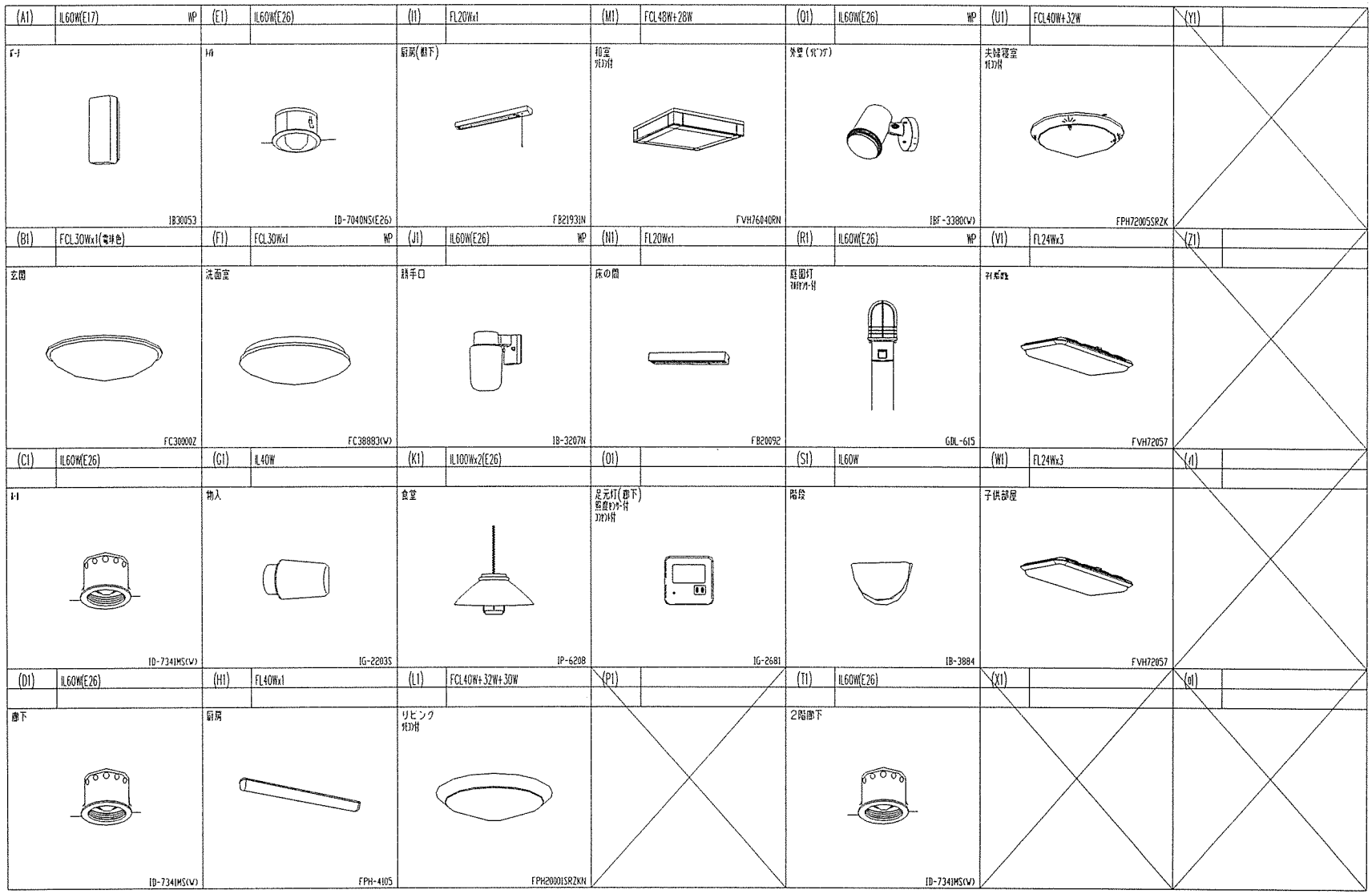

(A1) IL60W(E17) WP
ポーチ
IB30053
(E1) IL60W(E26)
トイレ
ID-7040NS(E26)
(I1) FL20Wx1
厨房(戸棚下)
FB21931N
(M1) FCL48W+28W
和室
FVH76040RN
(Q1) IL60W(E26) WP
外壁(ポーチ)
IBF-3380(W)
(U1) FCL40W+32W
夫婦寝室
FPH72005SR2K
(Y1)
(B1) FCL30Wx1(電球色)
玄関
FC30000Z
(F1) FCL30Wx1 WP
洗面室
FC38883(W)
(J1) IL60W(E26) WP
勝手口
IB-3207N
(N1) FL20Wx1
床の間
FB20092
(R1) IL60W(E26) WP
庭園灯
GDL-615
(V1) FL24Wx3
ﾃﾗｽ
FVH72057
(Z1)
(C1) IL60W(E26)
トイレ
ID-7341MS(W)
(G1) IL40W
物入
IG-2203S
(K1) IL100Wx2(E26)
食堂
IP-6208
(O1)
足元灯(廊下)
IG-2681
(S1) IL60W
階段
IB-3884
(W1) FL24Wx3
子供部屋
FVH72057
(a1)
(D1) IL60W(E26)
廊下
ID-7341MS(W)
(H1) FL40Wx1
厨房
FPH-4105
(L1) FCL40W+32W+30W
リビング
FPH20001SR2KN
(P1)
(T1) IL60W(E26)
2階廊下
ID-7341MS(W)
(X1)
(o1)

図 4-18 照明器具姿図

3.2.1 配線配管について

電気の配線配管は、比較的小径の線材であることから、配管ルート等に問題は少ないが、水分による配管材の腐食、小動物等による電線破壊には十分考慮する必要がある。

また、電気配線は一般的に天井配線から壁内を上から下へと配線することになるが、ここでも筋違いがないため、給水管と同様にスムーズな配線が可能となる。

3.2.2 機器について

電気照明類については、天井懐があればなんら問題はないが、壁の配線配管では、給水配管でも触れたように、コンセントボックス、スイッチボックス等の関係から、ある程度の壁厚が必要となる。

3.3 空調設備の検討

図 4-19 に空調設備の設計例を示す。

3.3.1 ダクト等について

通常家庭用の空気調和設備は、空冷ヒートポンプ方式の空調機械が主流である。したがって、配管は冷媒管(束ねると径約 60mm 程度)、ドレン配管(VP 径 15mm 程度)がありその他は電気配線程度である。冷媒管については、ある程度曲げなどに追従できるが、ドレン配管は勾配を考慮しなければならない。最近ではジャバラ型のチューブが出回っているが、排水設備と同様に梁などを貫通させる可能性があることから、吊り位置や吊り支持の方法等の検討が重要となってくる。

また、ダクト方式や換気扇設備についても、当然上記の注意を払う必要がある。

そこで、便所の換気扇ダクトの収まりから、天井高さを H=2400mm とした場合の階高を割り出してみると、約 3000mm が最適高さといえる。吊り支持については、振動による脱落防止のため、振動を吸収するような支持金物等を選択する必要がある。

3.3.2 機器について

室内機は、天吊り型、壁掛け型、天井埋め込み型、床置き型、ダクト方式などさまざまであるが、天井付近に取り付くものは、大きな荷重による落下対策が重要となる。当然十分な補強が必要だが、その際、室内機に与える振動等を最小限にするような支持の方法を考え、合わせ材のねじれ等も生じさせないようにしなければならない。したがって、補強材(支持元)はある程度大きな材料を使用し、広い範囲で負担をするような方法をとるべきである。また天井埋め込み型やダクト方式の吹き出し口等については、洗面器具等と同様に、十分なクリアランスの確保、フレキシブルジョイント、などの使用に十分配慮する必要がある。

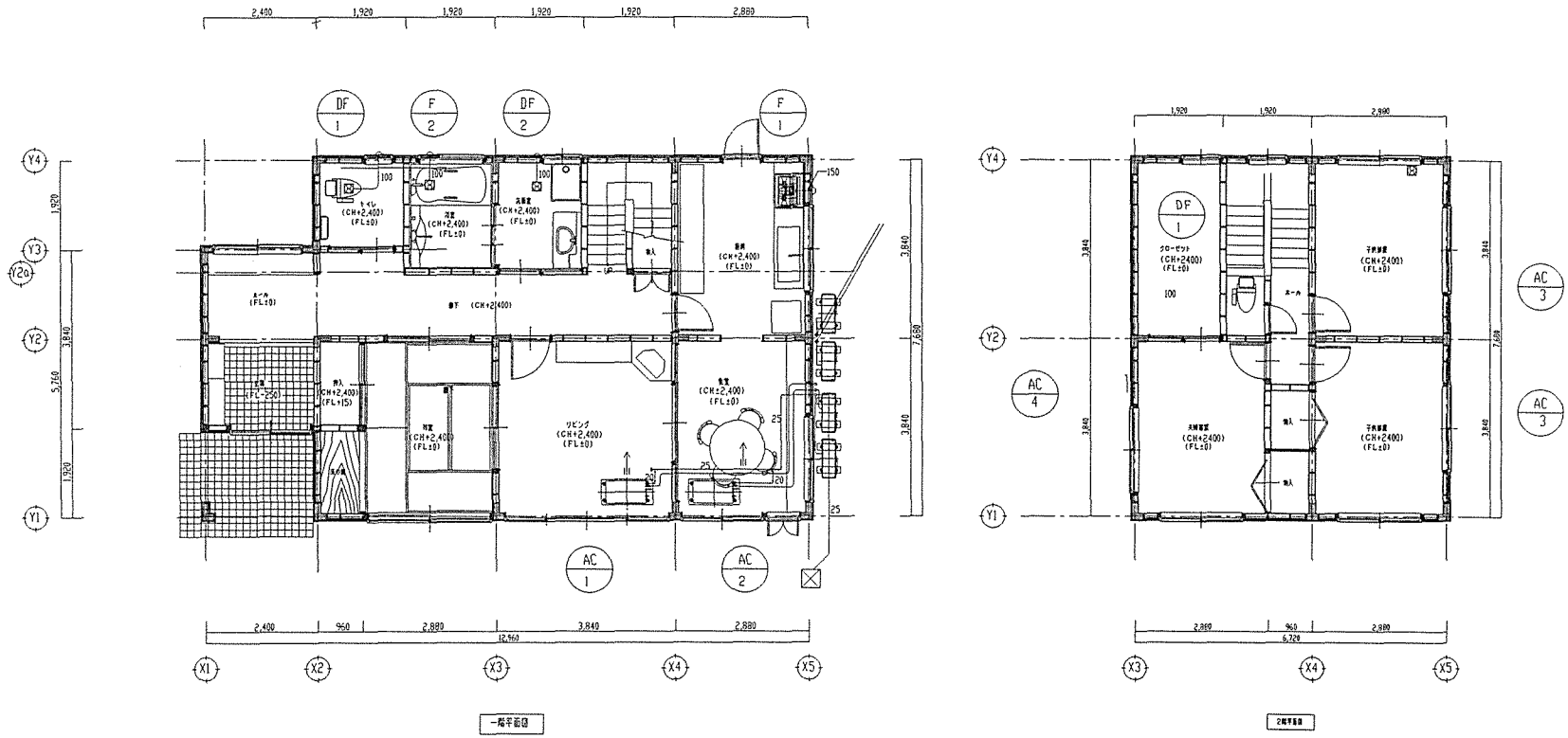


図 4-19 冷暖房・換気設備平面図

4　設備、内外装についての今後の課題

一般的に設備(機器等)の耐用年数は、10 年前後といわれるが、最近の機器は、性能が向上したことで非常に長持ちである。しかし、現実は機器のモデルチェンジや新製品の開発などで、ほとんどのものは 10 年程度で取り替えを行っており、期間は、スケルトンに比べると非常に短い。したがって、この長期耐用住宅では、スケルトンはさることながら、まず設備を長期耐用させることが重要であり、改めて設備の維持管理、取り替え、水回りにおけるシロアリ対策、腐食対策等を重点的に研究する必要がある。

また、これまでの見解は、設備設計をした段階での重要点として整理したもので、今後は、実際に配管を行うなど、収まり等を詳細に検証すべきである。

平成 15 年 7 月 1 日から施行された建築基準法の改正を受け、シックハウス対策を十分考慮することは当然であるが、宮崎県のスギ生産の地域性からも、できるところは木板張りを中心に考えるべきで、昨今の健康志向の高まりからも、自然素材の使用が不可欠である。

そして、あらゆる設備配管、機器などに対し、すぐに維持管理ができる、また、リユース、リサイクルが対応できる内装システムを開発することが重要である。したがって、今後はスケルトンを守るための設備、設備を守るための内装とうい一連の考えの中から、研究開発をしていくべきである。