平成９年度ティンバーエンジニア養成研修会テキスト

木造住宅の性能明示型構造設計法

平成９年１１月

財団法人　日本住宅・木材技術センター

目次

第１章　木造住宅の性能明示型構造設計法を実用化するための推進計画 －－－－－－ 1

１．木質構造設計体系における住木センター推進計画の位置づけ －－－－－－－－ 1

２．ルート４に基づく構造設計法の概要 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 1

３．データベース用の構造実験およびその試験法と評価法の概要 －－－－－－－－ 2

４．標準試験法 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 2

５．標準評価法 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 5

第２章　性能明示型構造設計法の枠組み －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 7

１．使用者側から望ましい設計体系のあるべき姿とは －－－－－－－－－－－－－ 7

２．設計法のルート分けの大原則 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ 8

３．構造モデル化と構造安全性の検討項目 －－－－－－－－－－－－－－－－－－ 8

４．ルート１（みなし仕様規定）による構造計画ルールの例 －－－－－－－－－ １１

第３章　ルート４（精緻型）の構造設計法 －－－－－－－－－－－－－－－－－－ １２

１．はじめに －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ １２

２．雑壁と水平構面を含む終局耐力計算の必要性 －－－－－－－－－－－－－－－ １２

３．力学的に考慮すべき要素 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ １３

４．建物のモデル化の方法 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ １３

５．簡易３次元解析モデルのつりあい方程式 －－－－－－－－－－－－－－－－－ １５

６．まとめ －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ １７

７．任意の面材と一部に筋かいをもつ、小壁・腰壁付き耐力要素の一般式 －－ １８

８．「一部筋かい＋小壁・腰壁付き」耐力要素のＰ－δ包絡線の算定方法 －－ ２２

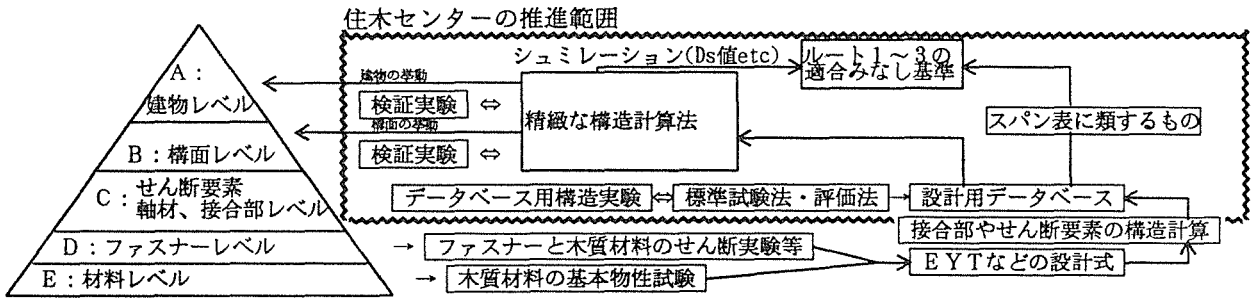
第４章　パソコンによる構造計算ソフト（ルート４に基づく）－－－－－－－－－ ２４

１．入力手順の概説 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ ２４

２．計算結果の出力 －－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－－ ４１

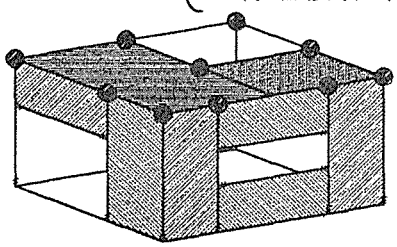
第１章　木造住宅の性能明示型構造設計法を実用化するための推進計画

１．木質構造設計体系における住木センター推進計画の位置づけ

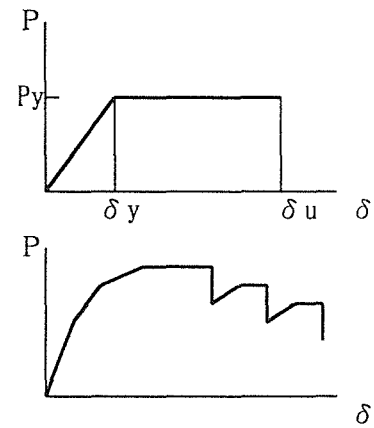


２．ルート４に基づく構造計算法の概要

①　建物を{・せん断要素 ・曲げ軸材 ・材端接合部}から成るモデルに置換する。



それぞれの要素には、
実験又は計算から求めた右図のような完全弾塑性の設計用データが与えられる。



②節点荷重を計算し、各要素間の力と変形のつり合い方程式（三次元剛性マトリクス）を解くことにより、各部の応力と変形が計算できる。

③これを増分解析法のループに入れれば、建物の各構面のＰ－δ包絡線(右図）が生成され、終局耐力が可能となる。

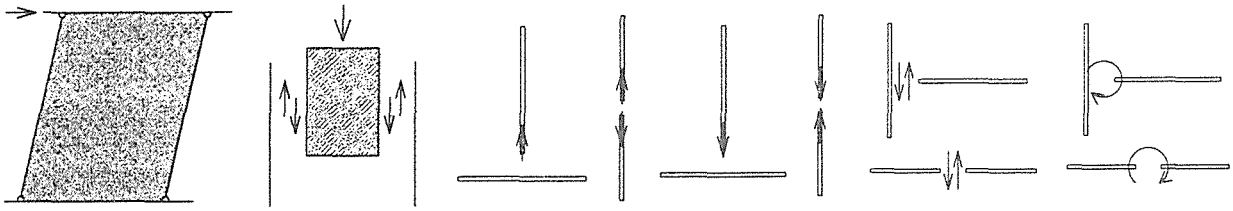
・小壁、腰壁の効果、直交壁の効果、水平構面の負担、継手の影響などを考慮した、弾性域から終局耐力まで含む構造設計法である。

→これをパソコンプログラム化し、実用レベルの精緻な設計法を全国の工務店に普及させる。

→このプログラムによって、ルート１～３の適合みなし仕様基準（Ds表etc）をつくるシュミレーションを行う。

3．データベース用の構造実験及びその試験法と評価法の概要

（1）データベース用構造実験の分類（[ ]内は対応部位）



①せん断要素の面内せん断試験 [外壁面、内壁面、床面、屋根面、筋違い入り軸組]

②せん断要素と軸材間のせん断試験 [屋根面—軒桁、下屋-2階外壁]

③材端接合部の引張試験 [柱—土台、柱—梁、梁—梁(仕口)、梁—梁(継手)、開口端部、etc]

④材端接合部の圧縮試験

⑤材端接合部のせん断試験

⑥材端接合部の曲げ試験 [ﾗｰﾒﾝ 柱—梁、ﾗｰﾒﾝ 柱脚、ﾗｰﾒﾝ 継手]

（2）試験法と評価法

枠組壁工法建築物構造計算指針（1997年版）に掲載予定の試験法・評価法（案）に原則として準拠する。ただし、試験体数や繰り返し回数等の便法（安全側）も用意する。

4．標準試験法

（1）試験体の作成と数

分類①、②のせん断要素試験：繰り返し加力3体以上

分類③～⑥の接合部試験　　：繰り返し加力6体以上

試験体各部の樹種を記録し、また、試験体に用いられる木材は、きざみ前に含水率と比重を、試験時に含水率を必ず測定しておくこと。

（2）試験体の形状及び寸法、並びに試験装置

別紙参照

（3）試験方法

1）正負繰り返しか片方向繰り返しか

a：加力の正側と負側でメカニズムが同じものは、正負繰り返し加力を行う。

b：加力の正側と負側とでメカニズムが異なるものは、正側負側別々に片方向繰り返し試験を行ってもよく、別々に破壊と最大耐力を求めることが出来る（例えば③と④）。この場合、破壊と最大耐力は、正側で上記試験体数分、負側で上記試験体数分行わなければならない。

ただし、正側の加力によるめり込みや損傷によって負側の剛性や耐力に影響がある場合については、正負繰り返し試験でなければならない。

2）繰り返し載荷の制御方法と加力サイクル、繰り返し回数など

・繰り返し載荷は変位（変形角）制御で行うものとする。加力サイクルの折り返し変位点は、目標降伏点変位δy_0までに4回の繰り返しが行われるように定めるものとし、次に示す等比数列方式、等差数列方式のどちらでも可とする（いずれも、目標降伏点変位δy_0を1とした場合）。

a：等比数列方式：$\frac{\sqrt{2}}{4}$、$\frac{1}{2}$、$\frac{\sqrt{2}}{2}$、1、$\sqrt{2}$、2、$2\sqrt{2}$、4、$4\sqrt{2}$、以下$\sqrt{2}$倍ずつ増加

b：等差数列方式：$\frac{1}{4}$、$\frac{1}{2}$、$\frac{3}{4}$、1、2、4、6、8、12、16、24、以下4ずつ増加

・各グループにおける繰り返し回数は、原則として1/2δyまでは1回ずつ、その後は3回ずつとする。ただし、過去の実験において疲労破壊その他、多数回繰り返しの影響のないことが推測される試験体については、すべて1回繰り返しでよいこととする。

（分からない場合は、予備試験体1体と本試験体1体を用いてそれぞれ1回繰り返しと3回繰り返しで試験を行い、破壊形状、最大耐力、じん性がほぼ同じと判断された場合には、その後の本試験体は1回繰り返しでよい。）

・加力速度は、1サイクル当たり1秒以上とする。

・加力の終了は、記録された最大荷重Pmaxに対し、そのサイクル以降で加力を続けて、正負共に折り返し変位点での荷重値が0.8Pmaxに達しなかった場合、そのサイクル終了時をもって打ち切るものとする。いつまでも最大荷重が更新され続ける場合には、30㎜（変形角制御の時は1/30）を越える任意の繰り返しサイクルが終了した時点で打ち切るものとする。

・ボルト穴のガタなど初期あそびがある試験体で正負繰り返し加力を行う場合は、微少荷重で正負プレロードを行って、原点が中央に来るよう調整を行ってからスタートする。

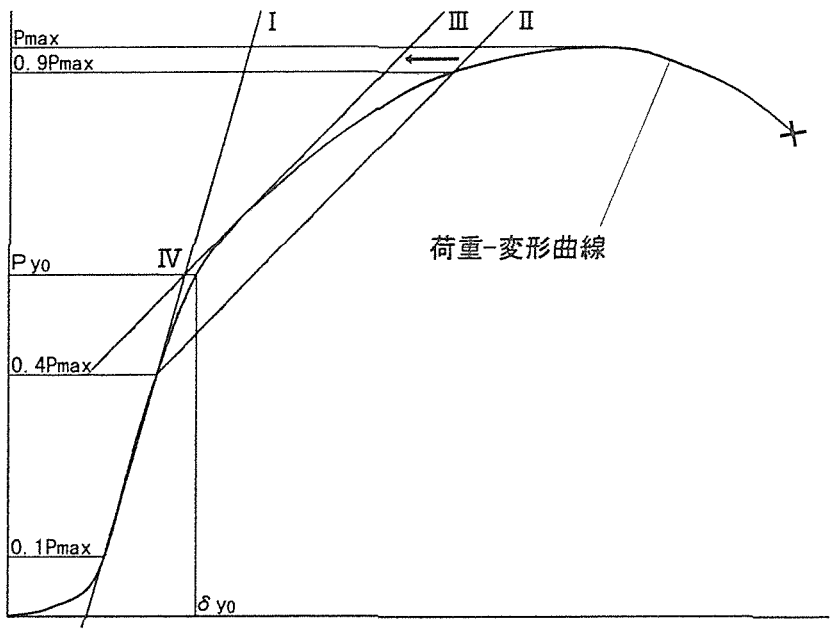
3）目標降伏変位δy_0の定め方

目標降伏点δy_0は当該試験体の降伏点変位の推定値とする。

具体的に求める方法は以下の通りとする。ただし、他の方法で合理的に算出できる場合は、その方法によってもよい。

a：予備試験体からδy_0を求める方法

（1）で述べた繰り返し加力試験体数の他に、もう1体予備試験体を作成しておき、最初に予備試験体の片方向単調加力試験を行い、この荷重-変形曲線をもとに下図の方法でδy_0を求める。なお、正側と負側でメカニズムが異なるため正と負でδy_0が異なると思われるものについては、正側と負側それぞれについて予備試験を行ってδy_0を求める。



Ⅰ）0.1Pmaxと0.4Pmaxを通る直線を引く（第Ⅰ直線）

Ⅱ）0.4Pmaxと0.9Pmax　〃　（第Ⅱ直線）

Ⅲ）第Ⅱ直線を平行移動し、荷重変形曲線に接するところを第Ⅲ直線とする。

Ⅳ）第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の荷重をPy_0とし、荷重変形曲線におけるPy_0の時の変位をδy_0と定める。

※）初期あそびがある試験体の場合は、微少荷重で正負プレロードを行って、原点が中央にくるよう調整してから、片方向単調加力試験をスタートする。

b：予備試験体によらないでδy_0を求める方法

ア）：せん断要素の面内せん断試験（分類①）の場合

通常は、真のせん断変形角で、$\delta y_0 = 1/300$とする。接着パネルなど、剛性が極めて高いと思われる試験体については、過去の実験結果や計算によって、1/300以下の値でδy_0を定める。

イ）：接合部試験（分類②～⑥）の場合

過去の実験結果や計算によってδy_0を定めてよい。

〔釘やボルトなど接合部を構成するファスナーの降伏によってδy_0が決まる場合には、ファスナーの径をdとして〔$\delta y_0 \leqq d/4$かつ$\delta y_0 \leqq 2$㎜〕によるか、または、ヨーロッパ型降伏理論による降伏耐力と、弾性床上梁理論式によるせん断剛性を計算によって求め、ここからδy_0の計算値を推定するか、のいずれかとする。〕

5．標準評価法

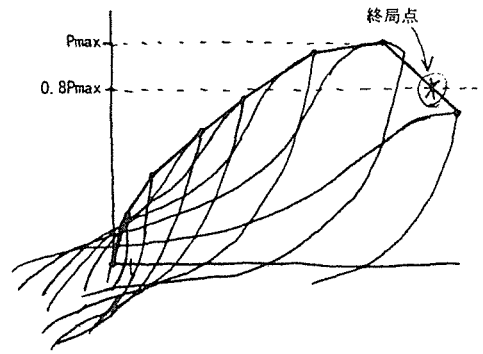
荷重変形関係の評価は以下のように行う。ただし、途中で許容損傷レベルを越える損傷を生じた場合には、その変位をもって終局点とする。

（1）繰り返し加力試験の荷重－変形曲線から包絡線を作成する方法（図1）

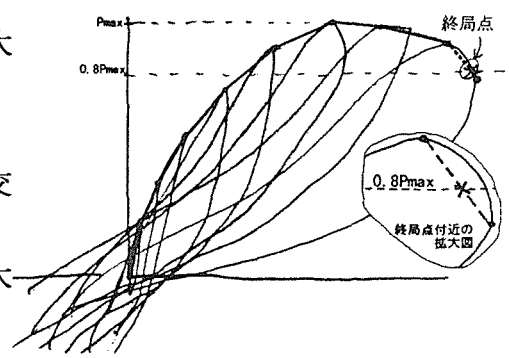
Ⅰ）正負それぞれ荷重最大点と最終サイクルの最大変位点を変位の小さい順に結んで包絡線とする。

Ⅱ）包絡線とy=0.8Pmaxの荷重最大点以降における交点を終局点とする。…a）、b）
ただし交わらない場合は、最終サイクルの最大変位点を終局点とする。…c）

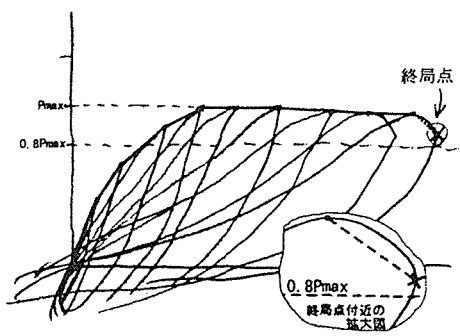
Ⅲ）この操作を、正側と負側それぞれについて行う。データベースには、ここで求めた正負それぞれの各点の荷重と変形を記録する。



a）最終サイクルの最大荷重≦0.8Pmax



b）最終サイクルの最大荷重荷重＞0.8Pmax≧最終サイクルの経験最大変位点の荷重の場合



c）最終サイクルの経験最大変位点の荷重＞0.8Pmax の場合

図1

（２）完全弾塑性モデルへの置換方法

Ⅰ）包絡線上の0.1Pmaxと0.4Pmaxを結ぶ直線を引く（第Ⅰ直線）。

Ⅱ）包絡線上の0.4Pmaxと0.9Pmaxを結ぶ直線を引く（第Ⅱ直線）。

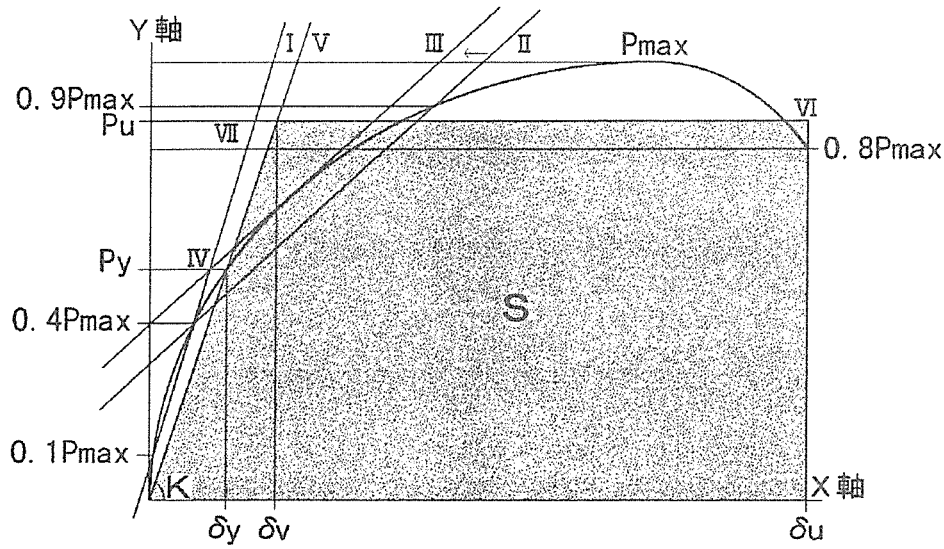
Ⅲ）第Ⅱ直線を平行移動し、包絡線に接するところを第Ⅲ直線とする。

Ⅳ）第Ⅰ直線と第Ⅲ直線との交点の荷重をＰｙとし、包絡線上のＰｙのときの変位をδｙとする。

Ⅴ）原点と（δｙ、Ｐｙ）を結ぶ直線を第Ⅴ直線とし、これを完全弾塑性モデルにおける初期剛性Ｋと定める。

Ⅵ）包絡線の最終点である0.8Pmaxの点における変位を終局変位δｕと定める。

Ⅶ）包絡線とＸ軸およびδｕで囲まれる面積をＳとする。これに対し、第Ⅴ直線とδｕと



Ｘ軸およびＸ軸に平行な直線で囲まれる台形の面積がＳと等しくなるようにＸ軸平行線を引いたとき、その荷重を完全弾塑性モデルの仮想降伏点荷重Ｐｕと定め、そのときの変位を「仮想降伏点変位δｖ」とする。

（３）初期剛性、降伏耐力、終局耐力、最大耐力、仮想降伏点変位、終局変位の整理

・初期剛性Ｋ、降伏耐力Ｐｙ、終局耐力Ｐｕ、最大耐力Pmax、仮想降伏点変位δｖ、終局変位δｕについて、それぞれ平均値、標準偏差を算出する。

・降伏耐力Ｐｙ、終局耐力Ｐｕ、最大耐力Pmaxについてはさらに、信頼水準75％における95％下側許容限界を算出する。

第２章　性能明示型構造設計法の枠組み

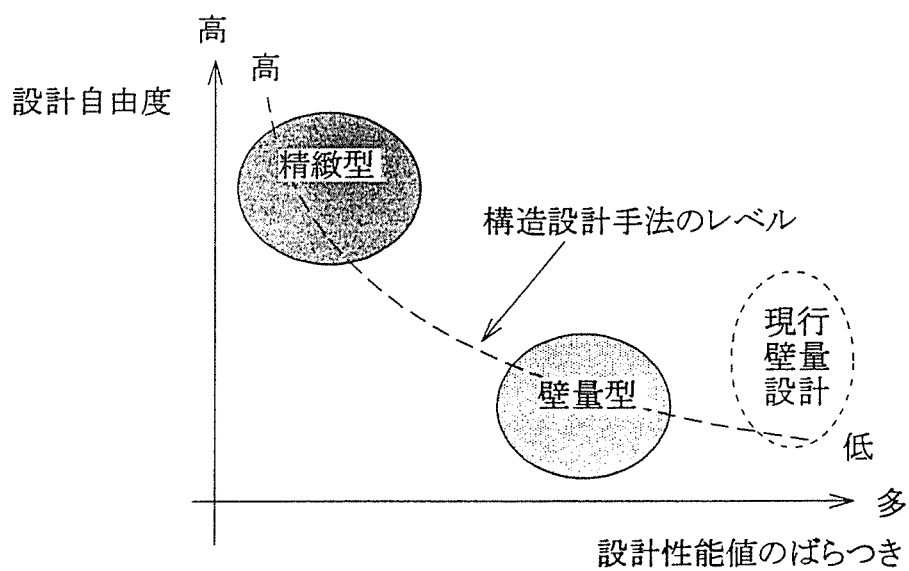
１．使用者側から望ましい設計体系のあるべき姿とは

性能規定型設計体系により、
個別の住宅に対応した自由度の高い設計が、住み手の要求に合わせた性能値に対し高い精度で実現可能となるようにしたい。

設計自由度の項目

1. 開口部の大きさ(壁開口、屋根開口、吹き抜け等)
2. 間取りの自由性(狭小間口対応、下屋形状対応等)
   ・・・壁配置のバランスとの対応
3. 部屋の大きさの自由性(大空間対応)
   ・・・壁線間距離との対応
4. 必要最低壁量
5. 建物高さ(3階屋根裏部屋付き等)
6. 混構造に対する許容度(ラーメン構造、S構造、RC構造等)
7. 新しい構法、材料等に対する許容度

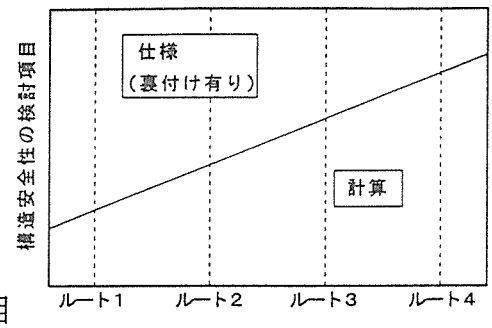
etc.



2．設計法のルート分けの大原則

①ルートが低くても、必要な構造安全性の検討項目は全て仕様規定または構造計算でチェックされていなければならない。

②ルートの区分は、構造形態、要求性能、外力、耐力、変形、構造計画の精度によって分けられ、設計者の判断により選択可能とする。



3．構造モデル化と構造安全性の検討項目

（1）構造形態と構造計画

非／耐力の区別	耐力壁仕様（90cm以上）	非耐力壁も考慮
耐力壁線	仕様規定	
壁線間距離	仕様規定	
囲まれる面積	仕様規定	
外壁開口条件	仕様規定	
隅角開口	仕様規定	
吹き抜け	仕様規定	
剛柔床	仕様規定：剛床	
セットバック	仕様規定	
オーバーハング	仕様規定	
偏心率	釣り合い良く	
剛性率	釣り合い良く	
狭小性	仕様規定高さ／幅比	
平屋～3階建て	2階建てまで	

（2）剛性評価

屋根	ファスナー		剛	非線形剛性
小屋	面材		剛	線形剛性
下屋	ファスナー		剛	非線形剛性
	面材		剛	線形剛性
床水平構面	面材	ファスナー	剛	非線形剛性
		面材	剛	線形剛性
	軸組	軸材	剛	線形剛性
		梁－梁継手	剛	非線形剛性
		接合部	剛	非線形剛性
		火打ち	剛	非線形剛性
耐力壁	内外装材		無視	考慮／無視
	筋交	軸	実験等価剛性	線形剛性
		接合部		非線形剛性
	面材	ファスナー	実験等価剛性	非線形剛性
		面材		線形剛性
	軸組	軸	剛	線形剛性
		接合部	剛	非線形剛性
		軸力効果	剛	線形剛性
垂れ腰壁		面材	無視	線形剛性
		接合	無視	非線形剛性
軸組	柱	軸	剛	線形剛性
		接合部	剛	非線形剛性
	間柱	軸	直接考慮せず	線形剛性
		接合部	直接考慮せず	非線形剛性
	梁胴	軸／曲げ	剛	線形剛性
		接合部	剛	非線形剛性
土台基礎	土台		直接考慮せず	非線形剛性
	ｱﾝｶｰﾎﾞﾙﾄ		直接考慮せず	線形剛性

（３）応力解析法（解析モデル）

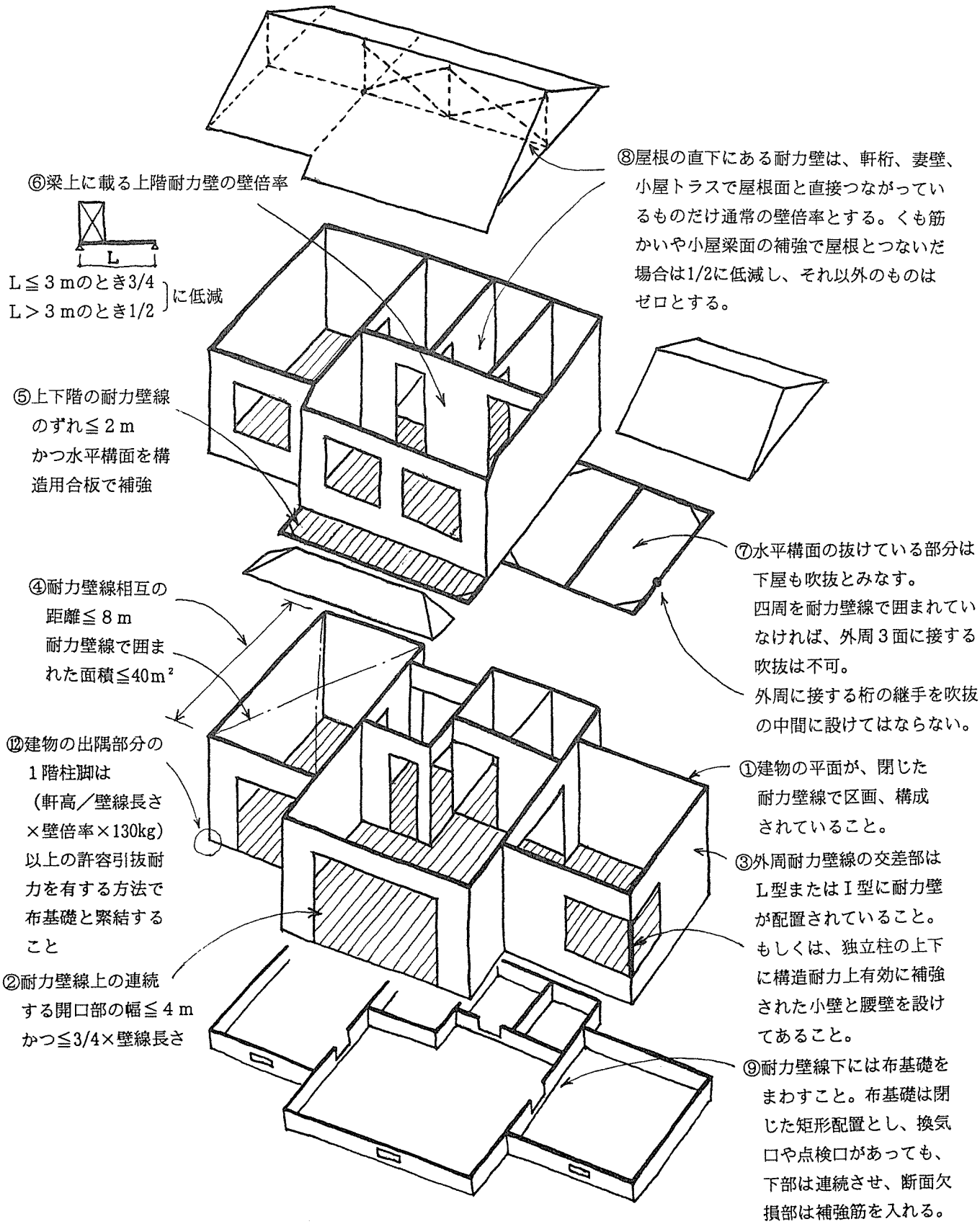
	ルート１	ルート２	ルート３	ルート４
中地震時　応力	壁平均せん断力 脚部引き抜き力	壁せん断、曲げ 軸力	部材、接合部 線形応力	部材、接合部 非線形応力
中地震時　変形	概算 層間変形角	層間変形角	各柱層間変形角 接合部線形変形	各柱層間変形角 接合部非線形変形
２階壁水平剛性 側柱の押さえ込み 直交壁の押さえ込み 軸力評価 ねじり考慮 非線形性 立体効果 スペクトル 等価粘性振動 非線形振動解析				
大地震時 極大地震時　応力	層せん断	層せん断 脚部応力	層せん断 接合部応力	部材応力 接合部応力
大地震時 極大地震時　変形	評価出来ず	層間変形角	層間変形角 脚部変形	各柱層間変形角 接合部非線形変形
地盤振動特性	地震せん断力係数割り増し	地震せん断力係数割り増し	上部構造と込みで考慮	上部構造と込みで考慮
保有耐力	略算	Ｄｓによる		
エネルギー吸収		層せん断モデルとして	疑似立体モデルとして	立体モデルとして
非線形振動特性			等価粘性振動 ｽﾍﾟｸﾄﾙ／質点系	
立体非線形振動				疑似立体非線形振動

（４）許容耐力、変形制限と許容損傷検討部位

			仕様規定	計算で確認
屋根面		面と横架材のせん断		
		面材のファスナーせん断（転び込み）		
		面材の破壊		
小屋組		束のすっぽ抜け		
		くも筋かい引張、座屈		
下屋		２階外壁面と下屋面の接続部せん断		
		下屋面と１階軒桁の接続部せん断		
		下屋の梁の面外せん断あるいは曲げ破壊		
床水平構面		ファスナーせん断		
		面材の破壊		
		火打ち部の梁の面外曲げ		
		梁－梁継手の引張、せん断		
床吹き抜け		吹抜け部の胴差し、軒桁の継ぎ手		
		吹抜けまわりの補強		
層間変位 機能限界 躯体 雑壁 修復限界 倒壊限界 建物転倒				
壁力壁	内外装	亀裂、剥落		
	筋かい耐力壁	筋かい座屈		
		端部めり込み		
		端部引き抜け		
		ファスナーせん断		
	面材	面材周辺釘損傷 面材の破壊		
	軸組	柱脚の引き抜け		
		柱脚のめり込み		
腰壁面材 垂壁接合		亀裂、剥落 ファスナーせん断		
軸組		柱の曲げ破壊		
		梁（ほぞ有・無）曲げ破壊		
		ファスナーのせん断		
垂れ壁 腰壁		面材の破壊		
		枠材の引き抜け		
土台・基礎		アンカーボルトの引張		
		アンカーのせん断による布基礎の割裂		
		基礎の曲げ破壊		
		基礎のせん断破壊		
		布基礎の転倒		
		アンカーボルトの偏在による土台の曲げ		
		土台継ぎ手とアンカーボルトと柱の位置関係		

4．ルート１（みなし仕様規定）による構造計画ルールの例

壁量計算以外に考慮すべき耐震構造計画ルール



第３章　ルート４（精緻型）の構造設計法

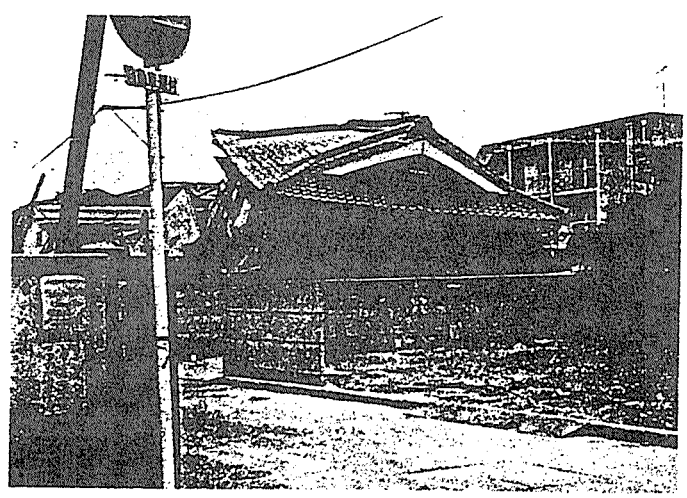
１　はじめに

本設計法は、荷重・外力を受ける木造建築物において力学的に考慮すべき全ての部位の応力と変形を、簡単なパソコン計算程度でおおむね正確に計算する設計法である。性能明示型設計法のレベルＡ～レベルＤのなかでは最も精算型の設計法であり、雑壁部分や水平構面の力の流れも考慮して、弾性計算および増分法による塑性計算を行うことができる。主として在来軸組構法を対象に（枠組壁工法や伝統構法などにも適用可能）、必要最小限の変形成分のみに単純化された、［せん断パネル＋曲げ材＋材端軸方向バネ］から成る３次元構造モデルを、応力変形解析の基本としている。

２　雑壁と水平構面を含む終局耐力計算の必要性

実大振動実験によれば、耐力壁など従来の構造設計対象範囲よりも、それ以外の部分（以後、雑壁部分と呼ぶ）のほうが力の負担割合が大きく、しかも雑壁部分を含めなければ耐力壁だけでは神戸海洋波クラスの大地震に対する終局耐力設計が成り立たないことが明らかになってきた[*1]。今後の設計法を考えるとき、阪神大震災クラスの大地震に対して終局耐力設計を行って安全性を確認することは必須条件であると思われる。この終局耐力設計を成立させるためには、必要壁量を大幅に増やして本来の耐力要素だけでも大地震に耐え得るようにするか、あるいは、雑壁部分も構造設計対象に含めてトータルで終局耐力を算定するか、のいずれかしかない。現行法の必要壁量を大幅に増やすことは、設計上の制約とコストアップを招くため住宅業界の猛反発は必至であるばかりか、世の中のほとんどの住宅に既存不適格のレッテルを貼ることにもつながるため、現実問題としてほとんど不可能といってよい。したがって、今後は実際に耐力負担している雑壁部分の力の流れについての解明と設計法の確立が急務であると考えられる。

また、在来軸組構法においては、上下階の壁線の不一致が多く、とくに下屋付き２階建て住宅では、下屋の水平構面としての性能が不十分であったために鉛直構面より先に致命的な破壊に至ったと推測される被災住宅が阪神大震災でみられた（右写真）。このように、上下階の鉛直構面のずれや壁線間距離の大きさによっては、鉛直構面より水平構面によって建物の終局耐力が決まる場合もあり得る。本設計法では、雑壁部分や水平構面も含めて、建物の実際の力の流れと変形や破壊を、初期から終局段階まで予測し、建物の耐震性能に影響を及ぼす部位は全て構造計算で検討できることを目指すものである。



3　力学的に考慮すべき要素

雑壁と称され、単体耐力壁の総和以外で建物の層せん断耐力に寄与しているのは、次の要素と考えられる。

・外装部分の下地(木刷り等)と仕上げ材(モルタル等)
・内壁部分の石膏ボード類の下地
・垂れ壁や腰壁部分の剛域効果
・上部横架材による曲げ戻し効果
・直交壁によるフランジ効果

構造設計上これらを耐震要素として期待して良いか否かは別として、建物のどこにどれだけ力が流れてどの部位がどういう破壊を生じるかを正しく把握するためには、これらの要素が考慮されなければならない。

また、以下の構造計画上の検討事項を力学的根拠にもとづいて決定するには、鉛直構面と同時に水平構面の力の流れと変形を計算できなければならない。

・上下階の壁線のずれに対して必要となる水平構面のせん断耐力と剛性
　(とくに下屋について)
・壁線間距離や壁線で囲まれる面積に対して必要な水平構面の耐力と剛性
　およびフランジ材の継手の引張耐力
・壁の平面配置のつりあい悪さによる偏心やねじれに対して必要な水平構面の耐力と剛性

4　建物のモデル化の方法

前記の考慮すべき項目が全て計算でき、かつ実用設計ﾚﾍﾞﾙ(ﾊﾟｿｺﾝﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑ化したとき1棟あたり入力時間が30分以下)を前提条件として、次のようなﾓﾃﾞﾙ化を行った(図4-1、4-2)。

■建物各部を、①柱梁などの軸材、②軸材で囲まれた長方形の平面、③軸材端部の接合部、に要素還元し、①を曲げ材、②をせん断パネル、③を軸方向バネに置換する。
建物においてはこの3つの変形成分が卓越するものと考え、これ以外の変形成分(例えば長方形面の曲げ変形など)は無視あるいは①②③の剛性評価に等価近似式を用いて組み込んでおく。

■せん断パネルは、直交3次元平面上に属し、同一のせん断剛性Gを有し、せん断変形角γで変形する単位長方形要素とする。　内外壁下地や床下地だけでなく、筋かい軸組や火打ち梁軸組もせん断パネル置換して扱う。屋根面は、寄棟部分なども含めて水平投影した長方形せん断パネルとみなす。

■曲げ軸材は、直交3次元軸のいずれかに属し、軸方向に同一変形δで動き、直交2軸方向にそれぞれの曲げ剛性ＥＩを有し、直交軸材との節点に曲げ変形Δを有する単位線材要素とする。線で接するせん断パネルとの間で軸方向力の伝達が行われる。また、直交する軸材との間で材端バネを介して反力の伝達が行われる。壁面の窓の四隅や床の吹き抜けの隅のように、入隅部の奥に軸材がない場合には仮想軸材を設ける。

■軸方向バネは、軸材(仮想を除く)端部と直交軸材上の節点をつなぐ。圧縮剛性k_cと引張剛性k_tが異なるものとして別々に与えておき、平均値でマトリクス計算を1回行って圧縮か引張かを決定した後、再計算させる。

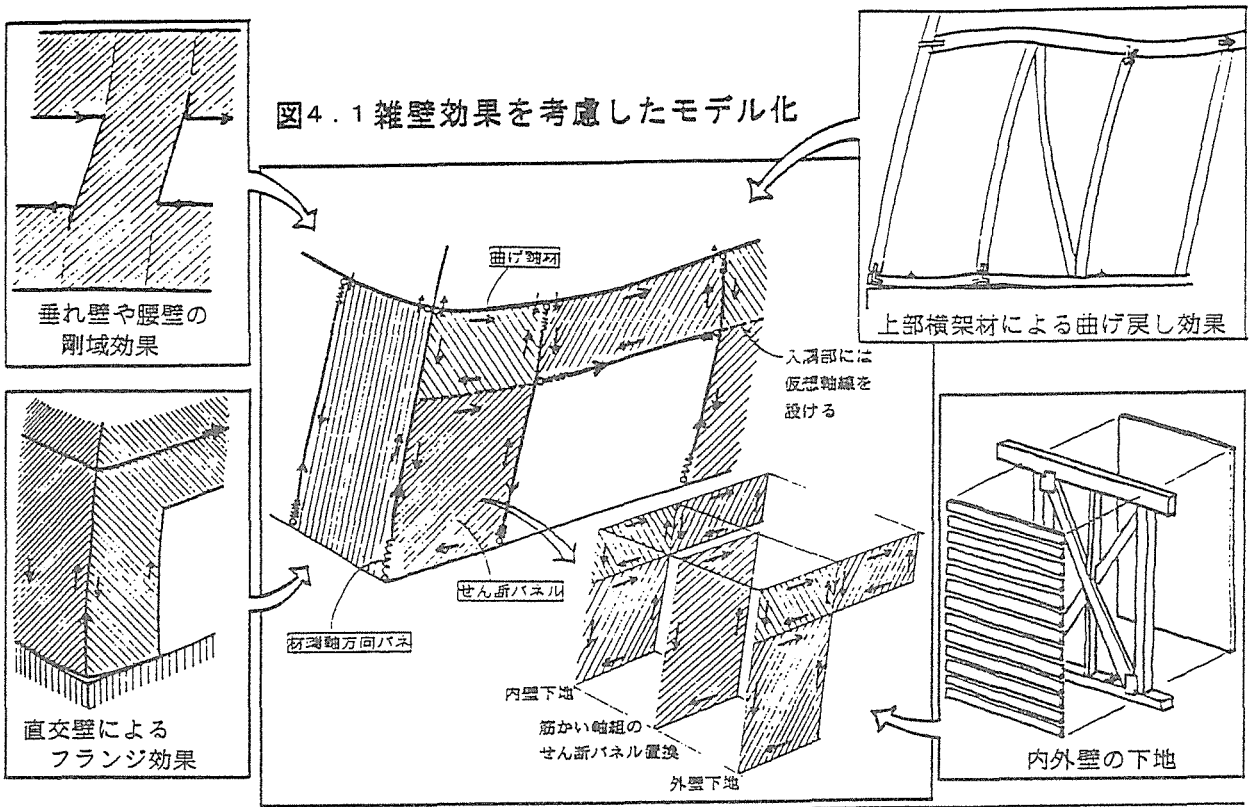


図4．1雑壁効果を考慮したモデル化

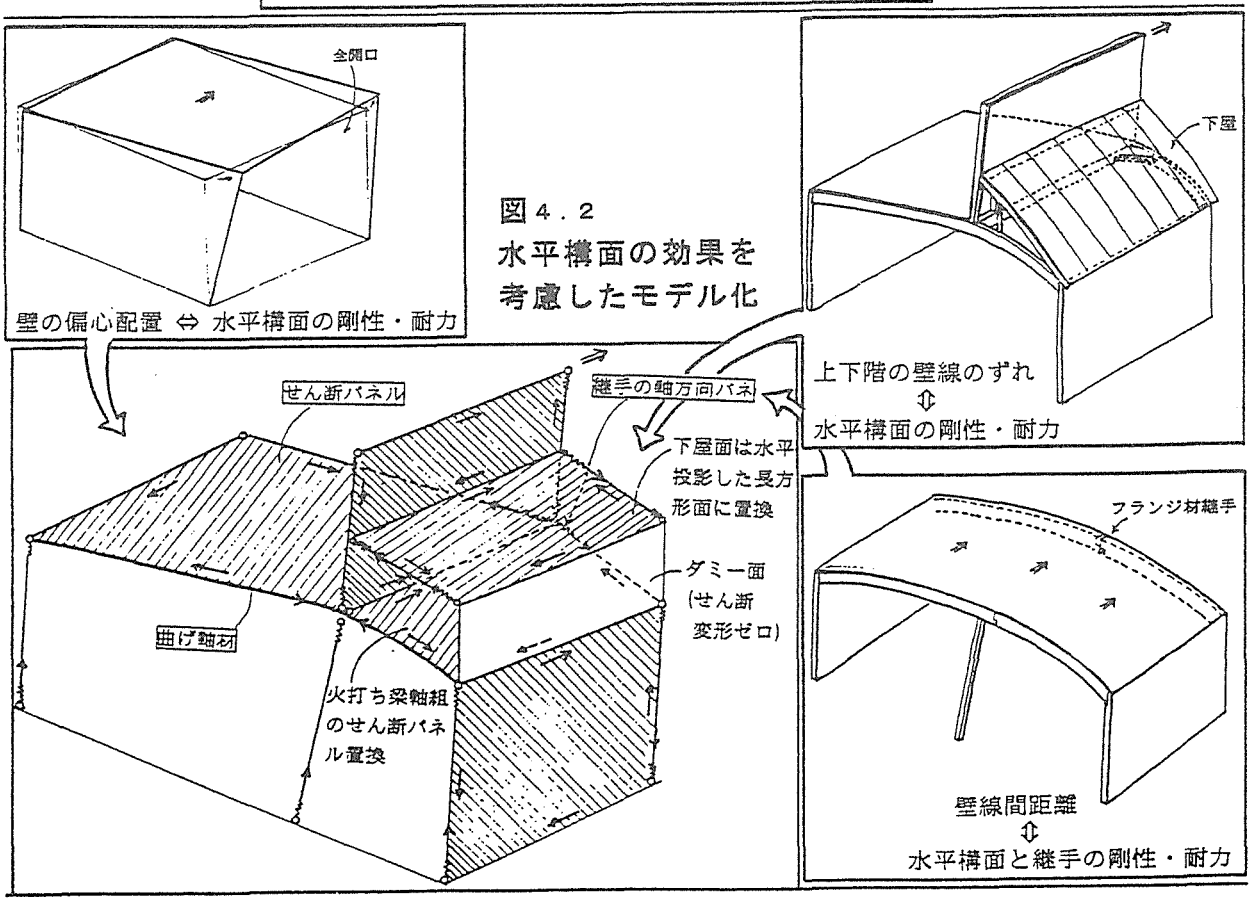


図4．2
水平構面の効果を考慮したモデル化

5　簡易３次元解析モデルのつりあい方程式

５．１　軸材の軸方向力のつりあい方程式

図4.3に示すように、軸材につながっている長方形面ｉに流れるせん断力Q_i、直交軸材ｊの曲げ反力R_j、材端バネの軸力N_a、N_b、および軸方向外力P_0の力のつりあいより、

$$\Sigma Q_i+\Sigma R_j+N_a+N_b+P_0=0 \qquad \cdots式①$$

長方形面ｉのせん断力Q_iとせん断変形角γ_iの関係式

$$Q_i=G_i\cdot L_i\cdot\gamma_i \qquad \cdots式②$$

G_i:長方形面の単位長さあたりのせん断剛性(kg/cm)

L_i:せん断長さ(cm)

図4.4に示す曲げを受ける軸材の反力Ｒと節点変位Δの関係式は、

（反力節点数が３の場合。４以上についても用意する）

$$\begin{bmatrix}R_1\\R_2\\R_3\end{bmatrix}=3EI\begin{bmatrix}\frac{1}{a^2l} & \frac{-1}{a^2b} & \frac{1}{abl}\\ \frac{-1}{a^2b} & \frac{1}{a^2b^2} & \frac{-1}{ab^2}\\ \frac{1}{abl} & \frac{-1}{ab^2} & \frac{1}{b^2l}\end{bmatrix}\times\begin{bmatrix}\Delta_1\\\Delta_2\\\Delta_3\end{bmatrix} \qquad \cdots式③$$

式③より、反力節点の曲げ剛性マトリクスをＡ()と表して一般化したとき、反力節点数ｓの直交軸材ｊが当該軸材から反力を受ける節点番号をｑとすると、R_jは、

$$R_j=EI_j\{A_j(q,1)\cdot\Delta_{j1}+\cdots+A_j(q,s)\cdot\Delta_{js}\}$$
$$=EI_j\Sigma\{A_j(q,k)\cdot\Delta_{jk}\} \qquad \cdots式④$$

なおここで、$\Delta_{jq}=\delta_0$：当該軸材の軸方向変位

材端バネk_aが取り付く直交軸材ｕの節点変位Δ_{ua}と、当該軸材の軸方向変位δ_0の関係より、N_aは、

$$N_a=k_a(\delta_0-\Delta_{ua}) \qquad \cdots式⑤$$

以上より、式②、式④、式⑤を式①に代入すると、当該軸材の軸方向力のつりあい方程式は、軸方向変位δ_0、曲げを受ける直交軸材の節点変位Δ、当該軸材に接する長方形面のせん断変形角γを変数として表される。

$$\Sigma G_i\cdot L_i\cdot\gamma_i+\Sigma[EI_j\cdot\Sigma\{A_j(q,k)\cdot\Delta_{jk}\}]$$
$$+k_a(\delta_0-\Delta_{ua})+k_b(\delta_0-\Delta_{vb})+P_0=0 \qquad \cdots式⑥$$

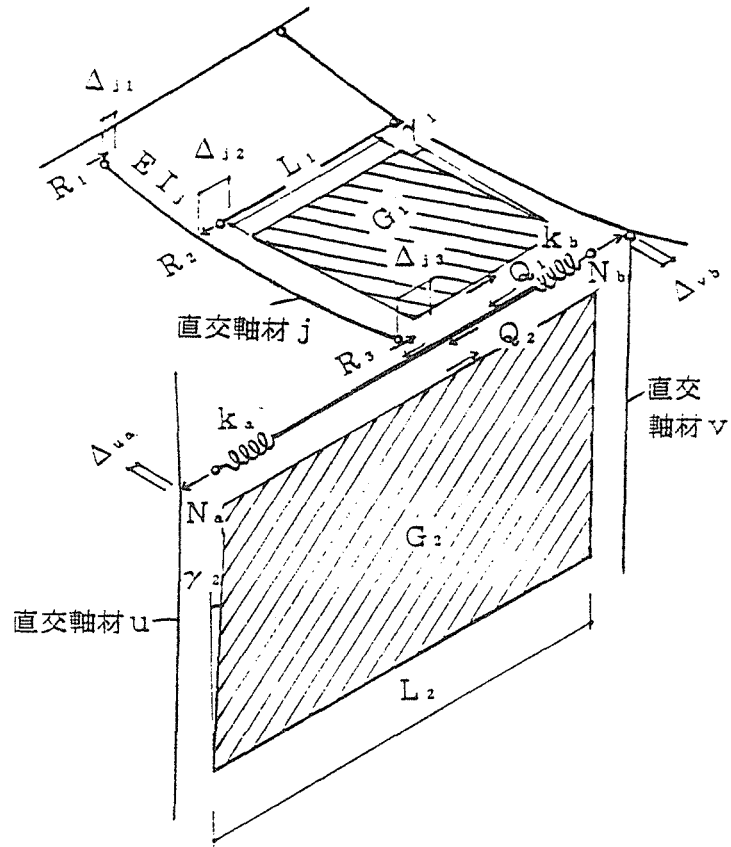


図4.3 軸材の軸方向力のつりあい

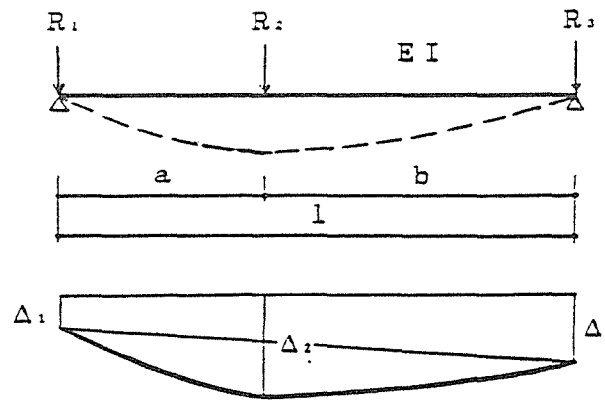


図4.4 曲げ材の反力と節点変位

５．２　曲げを受ける軸材の節点のつりあい方程式

図4.5に示すように、当該節点ｑの変位Δ_qの方向に追随して曲げを受ける軸材ｊの反力R_j、および節点変位Δ_qの方向につながっている材端バネａ、ｂの軸力N_a、N_bの力のつりあいより、

$$\Sigma R_j + N_a + N_b = 0 \qquad \cdots式⑦$$

式⑦に式④、式⑤を代入すると、当該節点のつりあい方程式は、Δ、δを変数として、次のように表される。

$$\Sigma [EI_j \cdot \Sigma \{A_j(q,k) \cdot \Delta_{jk}\}] + k_a(\delta_1 - \Delta_q) + k_b(\delta_2 - \Delta_q) = 0 \qquad \cdots式⑧$$

５．３　せん断パネルのつりあい方程式

図4.6に示すように、長方形面の４辺の軸材の軸方向変位δと、当該面のせん断変形角γの関係より、

$$\gamma_{xy} = \frac{\delta_{x2} - \delta_{x1}}{L_y} + \frac{\delta_{y2} - \delta_{y1}}{L_x} \qquad \cdots式⑨$$

５．４　建物の３次元モデルの系剛性方程式

式⑥、式⑧、式⑨により、軸材の軸方向変位δ、曲げを受ける軸材上の節点変位Δ、長方形面のせん断変形角γを変数とする変位ベクトルδと系剛性マトリクス［D］および外力ベクトルPによって、３次元建物モデルの系剛性方程式が表される。

$$[D]\,\delta = P \qquad \cdots式⑩$$

このうち、系剛性マトリクス［D］は変えることなく、外力ベクトルPだけを、1)長期軸力、2)X方向水平力、3)Y方向水平力、の３とおりに置き換えて解く。

５．５　簡易３次元解析モデル化のまとめ

通常の３次元解析では１節点あたり６変数必要であるのに対し、ここでは主要な変形成分のみを変数としているため、通常の半分以下の行列ｻｲｽﾞと入力手間で、雑壁や水平構面を含む建物各部の応力計算が可能となる。例えば、図4.7に示す建物モデルでは、材端バネを含めて通常の３次元解析にかけると計558変数が必要なのに対し、この簡易３次元解析法で計算すると計99変数で済む。

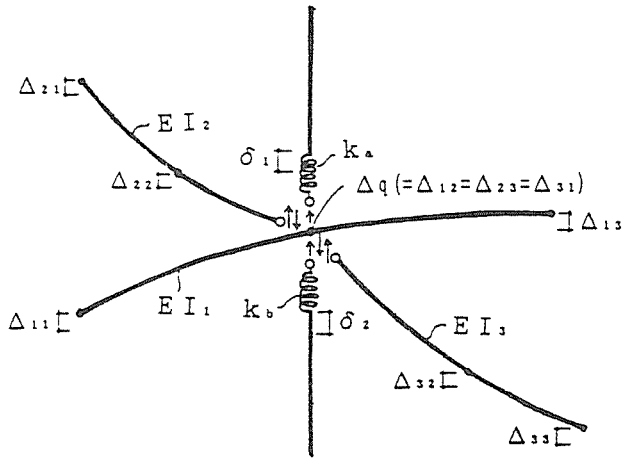


図4.5 曲げを受ける軸材上の節点のつりあい

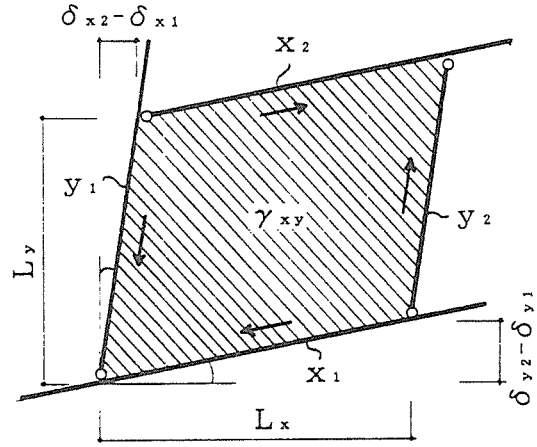


図4.6 せん断パネルの変形のつりあい

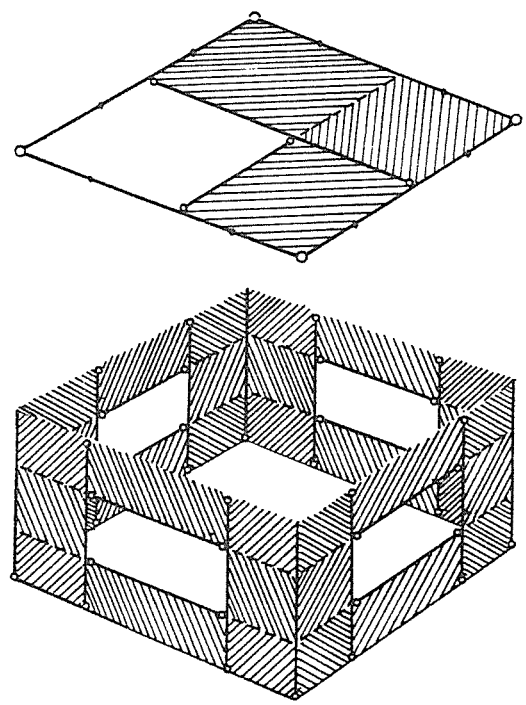


図4.7 簡易３次元モデルの例

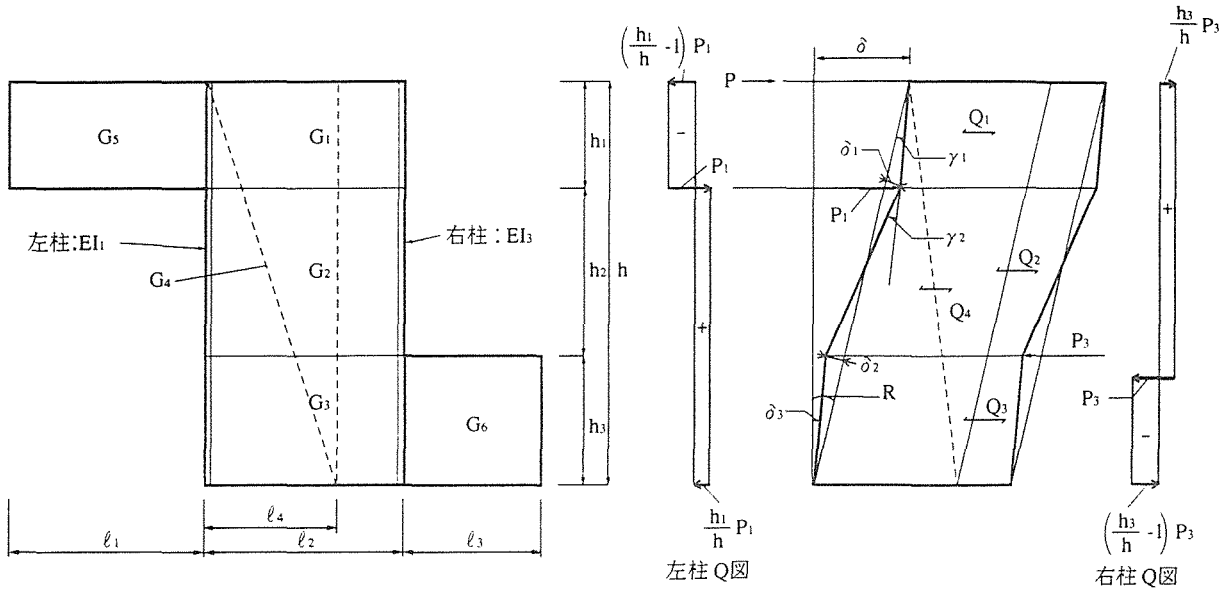
6　まとめ

本設計法により雑壁や水平構面を含む建物のｼﾐｭﾚｰｼｮﾝ計算が簡単に行えるようになれば、水平構面の仕様に応じた耐力壁線間距離などの構造計画規定を力学的根拠に基づいて決定することが可能となる。また、建物各部の構造実験法と評価法を、構造設計に用いるデータ収集という目的において標準化することができる。すなわち、構造計算における建物の単位要素の分割ルールと計算に必要な値の受け渡しが本設計法により明確になるため、たとえて言えば電子部品のソケットの規格が決定されたようなもので、あとは各ユニットごとに必要な値をOUTPUTするための実験方法および計算式がいろいろな研究機関からばらばらに提案されても、パーツを組み立てるように建物の構造計算に組み入れることが可能となる。また、現在どのパーツの実験データや計算式が不足しているか、ということが一目瞭然でわかるため、木質構造研究の欠損分野の開拓が進展することが期待できる。

現在、この方法による一貫構造計算プログラムソフトを作成中である。また、雑壁や水平構面の効果の検証実験を計画しており、この結果の解析による修正をふまえて、最終的には実大水平加力実験の結果とおおむね合致することが確認できれば、木造住宅の性能明示型構造設計法として実用化が期待できる。

*1)坂本功、大橋好光、宮沢健二、神谷文夫他：軸組構法住宅の実大振動実験(Ａ棟～Ｆ棟)，
日本建築学会大会学術講演梗概集、pp129-156、1996.9

7．任意の面材と一部に筋かいをもつ、小壁・腰壁付き耐力要素の一般式



G_1～G_6 ：壁の面材などによるせん断弾性係数〔厚さを含んだディメンジョン(kg/cm)〕

G_4 ：筋かい軸組部分をせん断パネル置換したときのG(kg/cm)〔筋かい両端接合部バネを含む〕

Q_1 ：上部面材部分の負担せん断力　G_2：中央部面材部分の負担せん断力　G_3：下部面材部分の負担せん断力

Q_4 ：筋かい軸組の負担せん断力

P ：水平力、δ：層間変位　R：層間変形角

P_1 ：※小壁の下枠材が左側の柱を押す水平圧縮力　P_2：腰壁が右柱を押す水平圧縮力

γ_1 ：上部面材部分のせん断変形角、γ_2 ：中央部面材部分のせん断変形角　γ_3：下部面材部分のせん断変形角

δ_1 ：P_2によって左柱に生じる曲げたわみ　δ_3：P_3によって右柱に生じる曲げたわみ

※左小壁の下枠が押す力は、左側の柱だけを曲げて、右側の柱は影響を受けないものとした

力と変形のつりあい方程式

$$\gamma_1=\frac{Q_1}{G_1\ell_2+G_5\ell_1},\quad \gamma_2=\frac{Q_2}{G_2\ell_2},\quad \gamma_3=\frac{Q_3}{G_3\ell_2+G_6\ell_3},\quad R=\frac{Q_4}{G_4\ell_4}$$ …各部のせん断力とせん断変形角の関係

$$R=\frac{\delta}{h}=\frac{\gamma_1 h_1+\gamma_2 h_2+\gamma_3 h_3}{h},\quad \delta_1=(R-\gamma_1)h_1,\quad \delta_2=(R-\gamma_3)h_3$$ ……変形角と変位の相互関係

$$\delta_1=\frac{P_1 h_1^2(h_2+h_3)^2}{3EI_1 h},\quad \delta_1=\frac{P_3 h_3^2(h_1+h_2)^2}{3EI_3 h}$$ ……柱の曲げ剛性、長さとたわみの関係

$$Q_1+\left(\frac{h_1}{h}-1\right)P_1+\frac{h_3}{h}P_3=P-Q_4$$

$$Q_2+\frac{h_1}{h}P_1+\frac{h_3}{h}P_3=P-Q_4$$

$$Q_3+\frac{h_1}{h}P_1+\left(\frac{h_3}{h}-1\right)P_3=P-Q_4$$

……上部／中央部／下部のせん断力のつりあい

$$\delta_1=(R-\gamma_1)h_1=\frac{Q_4 h_1}{G_4 \ell_4}-\frac{Q_1 h_1}{G_1 \ell_2+G_5 \ell_1}=\frac{P_1 h_1^2(h_2+h_3)^2}{3EI_1 h} \quad \cdots\cdots ①$$

$$\delta_2=(R-\gamma_3)h_3=\frac{Q_4 h_3}{G_4 \ell_4}-\frac{Q_3 h_3}{G_3 \ell_2+G_6 \ell_3}=\frac{P_3 h_3^2(h_1+h_2)^2}{3EI_3 h} \quad \cdots\cdots ②$$

$$Q_1+\left(\frac{h_1}{h}-1\right)P_1+\frac{h_3}{h}P_3=P-Q_4$$

$$-)\ Q_2+\frac{h_1}{h}P_1+\frac{h_3}{h}P_3=P-Q_4$$

$$Q_1-Q_2-P_1=0$$

$$Q_3+\frac{h_1}{h}P_1+\left(\frac{h_3}{h}-1\right)P_3=P-Q_4$$

$$-)\ Q_2+\frac{h_1}{h}P_1+\frac{h_3}{h}P_3=P-Q_4$$

$$Q_3-Q_2-P_3=0$$

より $P_1=Q_1-Q_2 \quad \cdots\cdots ③$　　$P_3=Q_3-Q_2 \quad \cdots\cdots ④$

$$R=\frac{\gamma_1 h_1+\gamma_2 h_2+\gamma_3 h_3}{h}=\frac{1}{h}\left\{\frac{Q_1 h_1}{G_1 \ell_2+G_5 \ell_1}+\frac{Q_2 h_2}{G_2 \ell_2}+\frac{Q_3 h_3}{G_3 \ell_2+G_6 \ell_3}\right\}=\frac{Q_4}{G_4 \ell_4}$$

$$\frac{h_1}{G_1 \ell_2+G_5 \ell_1}Q_1+\frac{h_2}{G_2 \ell_2}Q_2+\frac{h_3}{G_3 \ell_2+G_6 \ell_3}Q_3-\frac{h}{G_4 \ell_4}Q_4=0 \quad \cdots\cdots ⑤$$

③,④より、$Q_2+\frac{h_1}{h}P_1+\frac{h_3}{h}P_3=Q_2+\frac{h_1}{h}(Q_1-Q_2)+\frac{h_3}{h}(Q_3-Q_2)=P-Q_4$

$$Q_2 h+Q_1 h_1-Q_2 h_1+Q_3 h_3-Q_2 h_3+Q_4 h=Ph$$

$$Q_1 h_1-Q_2 h_2+Q_3 h_3+Q_4 h=Ph \quad \cdots\cdots ⑥$$

$$\frac{Q_4}{G_4 \ell_4}-\frac{Q_1}{G_1 \ell_2+G_5 \ell_1}=\frac{(Q_1-Q_2)h_1(h_2+h_3)^2}{3EI_1 h}, \quad \frac{Q_4}{G_4 \ell_4}-\frac{Q_3}{G_3 \ell_2+G_6 \ell_3}=\frac{(Q_3-Q_2)h_3(h_1+h_2)^2}{3EI_3 h}$$

$$\frac{Q_4}{G_4 \ell_4}-\left\{\frac{1}{G_1 \ell_2+G_5 \ell_1}+\frac{h_1(h_2+h_3)^2}{3EI_1 h}\right\}Q_1+\frac{h_1(h_2+h_3)^2}{3EI_1 h}Q_2=0 \quad \cdots\cdots ⑦$$

$$\frac{Q_4}{G_4 \ell_4}-\frac{Q_3}{G_3 \ell_2+G_6 \ell_3}=\frac{(Q_3-Q_2)h_3(h_1+h_2)^2}{3EI_3 h}$$

$$\frac{Q_4}{G_4 \ell_4}-\left\{\frac{1}{G_3 \ell_2+G_6 \ell_3}+\frac{h_3(h_1+h_2)^2}{3EI_3 h}\right\}Q_3+\frac{h_3(h_1+h_2)^2}{3EI_3 h}Q_2=0 \quad \cdots\cdots ⑧$$

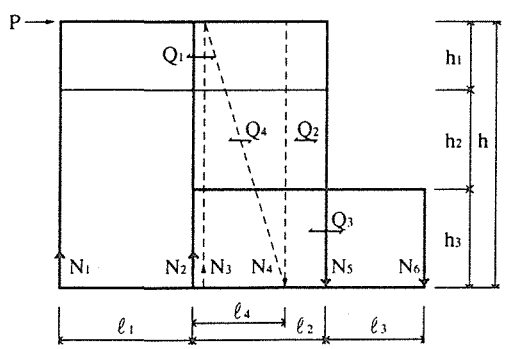
式⑤、⑥、⑦、⑧、より、$Q_1 \sim Q_4$を変数とする4元連立方程式は以下のとおりとなる。

$$\begin{bmatrix} \frac{h_1}{G_1\ell_2+G_5\ell_1} & \frac{h_2}{G_2\ell_2} & \frac{h_3}{G_3\ell_2+G_6\ell_3} & -\frac{h}{G_4\ell_4} \\ h_1 & h_2 & h_3 & h \\ -\left\{\frac{h_1}{G_1\ell_2+G_5\ell_1}+\frac{h_1(h_2+h_3)^2}{3EI_1}\right\} & \frac{h_1(h_2+h_3)^2}{3EI_1} & O & \frac{h}{G_4\ell_4} \\ O & \frac{h_3(h_1+h_2)^2}{3EI_3} & -\left\{\frac{h}{G_3\ell_2+G_6\ell_3}+\frac{h_3(h_1+h_2)^2}{3EI_3}\right\} & \frac{h}{G_4\ell_4} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} O \\ Ph \\ O \\ O \end{bmatrix}$$

これを解いて、$Q_1 \sim Q_4$を得る。このとき、耐力要素の水平剛性D(kg/cm)は、

$$D=\frac{P}{\delta}=\frac{P}{Rh}=\frac{P}{h}\times\frac{G_4\ell_4}{Q_4}=\frac{PG_4\ell_4}{Q_4h} \quad \cdots\cdots⑨$$

また、各柱脚部の鉛直方向軸力は、次のようになる(引張方向を正とした)。



$$N_1=Q_1\times\frac{\ell_1}{\ell_1+\ell_2}\times\frac{h_1}{\ell_1}=\left(\frac{h_1}{\ell_1+\ell_2}\right)Q_1 \quad \cdots\cdots⑩$$

$$N_2=Q_2\times\frac{h_2}{\ell_2}+Q_3\times\frac{h_3}{\ell_2+\ell_3} \quad \cdots\cdots⑪$$

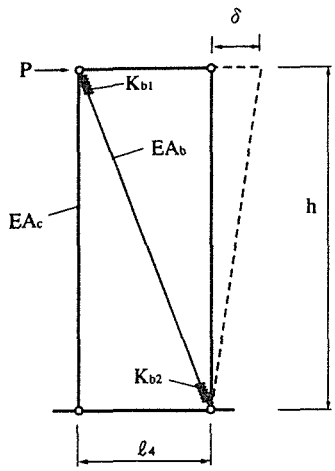
$$N_3=-N_4=Q_4\times\frac{h}{\ell_4} \quad \cdots\cdots⑫$$

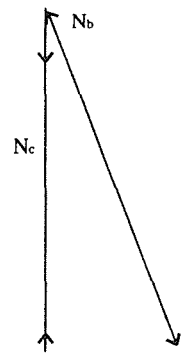
$$N_5=-\left(Q_2\times\frac{h_2}{\ell_2}+Q_1\times\frac{h_1}{\ell_1+\ell_2}\right) \quad \cdots\cdots⑬$$

$$N_6=-\left(Q_3\times\frac{h_3}{\ell_2+\ell_3}\right) \quad \cdots\cdots⑭$$

筋かい軸組の柱と、壁部の柱が一致するときは、N_2+N_3 および N_4+N_5 となる。

筋かい軸組のせん断パネル置換式誘導





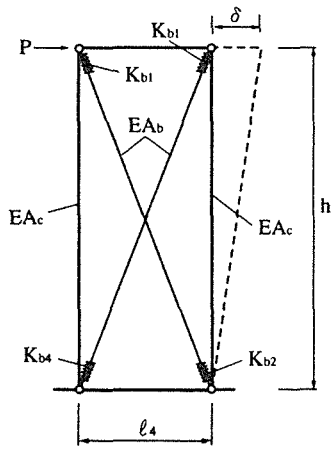
※柱脚バネは、全ての耐力要素の計算終了後に、柱鉛直荷重と、左右の耐力要素からの軸力を加えてから導入する。

$$N_c=\frac{Ph}{\ell_4}\qquad N_b=\sqrt{\frac{P^2h^2}{\ell_4^2}+P^2}=P\sqrt{1+\frac{h^2}{\ell_4^2}}$$

$$\delta=\int\frac{N_0N_1}{EA}ds=\frac{\frac{Ph}{\ell_4}\times\frac{h}{\ell_4}\times h}{EA_c}+\frac{P\left(1+\frac{h^2}{\ell_4^2}\right)\times\sqrt{\ell_4^2+h^2}}{EA_b}+\frac{P(\ell_4^2+h^2)}{K_{b1}\ell_4^2}+\frac{P(\ell_4^2+h^2)}{K_{b2}\ell_4^2}$$

$$=\frac{Ph^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{P(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}+\frac{P(\ell_4^2+h^2)}{K_{b1}\ell_4^2}+\frac{P(\ell_4^2+h^2)}{K_{b2}\ell_4^2}=\frac{Ph}{G_4\ell_4}\quad\text{より}$$

$$\therefore G_4=1\Big/\left\{\frac{h^2}{E_cA_c\ell_4}+\frac{(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{E_bA_b\ell_4h}+\frac{\ell_4^2+h^2}{K_{b1}\ell_4h}+\frac{\ell_4^2+h^2}{K_{b1}\ell_4h}\right\}\cdots\cdots\cdots\cdots\text{片筋かい}$$



$$\delta=\frac{P_1h^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{P_1(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}+\frac{P_1(\ell_4^2+h^2)}{K_{b1}\ell_4^2}+\frac{P_1(\ell_4^2+h^2)}{K_{b2}\ell_4^2}$$

$$=\frac{(P-P_1)h^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{(P-P_1)(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}+\frac{(P-P_1)(\ell_4^2+h^2)}{K_{b3}\ell_4^2}+\frac{(P-P_1)(\ell_4^2+h^2)}{K_{b4}\ell_4^2}$$

$$P_1\left[\left\{\frac{2h^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{2(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}\right\}+\frac{(\ell_4^2+h^2)}{\ell_4^2}\left\{\frac{1}{K_{b1}}+\frac{1}{K_{b2}}+\frac{1}{K_{b3}}+\frac{1}{K_{b4}}\right\}\right]$$

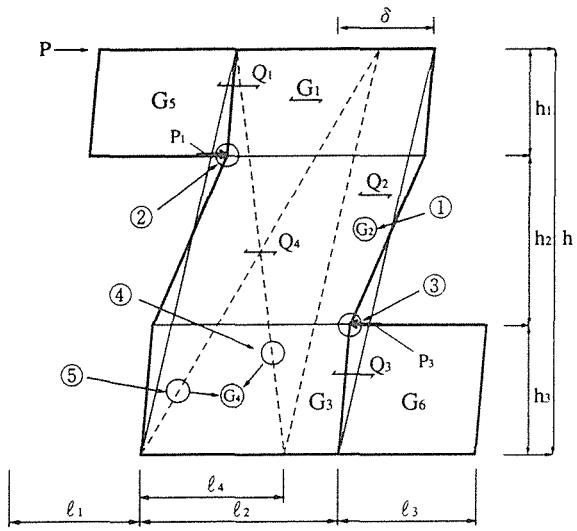
$$=P\left[\left\{\frac{h^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}\right\}+\frac{(\ell_4^2+h^2)}{\ell_4^2}\left\{\frac{1}{K_{b3}}+\frac{1}{K_{b4}}\right\}\right]$$

$$\therefore G_4=\frac{\frac{\ell_4h}{\ell_4^2}\left[\frac{2h^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{2(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}+\frac{(\ell_4^2+h^2)}{\ell_4^2}\left\{\frac{1}{K_{b1}}+\frac{1}{K_{b2}}+\frac{1}{K_{b3}}+\frac{1}{K_{b4}}\right\}\right]}{\left[\frac{h^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}+\frac{(\ell_4^2+h^2)}{\ell_4^2}\left\{\frac{1}{K_{b1}}+\frac{1}{K_{b2}}\right\}\right]\left[\frac{h^3}{EA_c\ell_4^2}+\frac{(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}}{EA_b\ell_4^2}+\frac{(\ell_4^2+h^2)}{\ell_4^2}\left\{\frac{1}{K_{b3}}+\frac{1}{K_{b4}}\right\}\right]}\cdots\cdots\cdots\cdots\text{両筋かい}$$

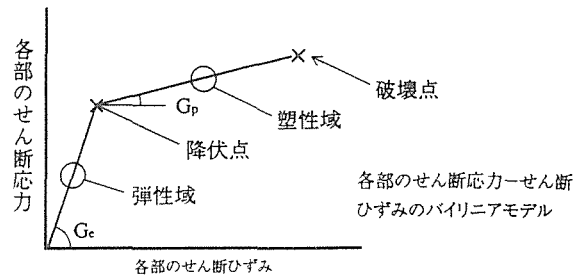
$$=\frac{E_cA_cE_bA_b\ell_4h\left[2E_bA_bh^3+2E_cA_c(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}+E_cA_cE_bA_b(\ell_4^2+h^2)\left\{\frac{K_{b2}K_{b3}K_{b4}+K_{b1}K_{b3}K_{b4}+K_{b1}K_{b2}K_{b4}+K_{b1}K_{b2}K_{b3}}{K_{b1}K_{b2}K_{b3}K_{b4}}\right\}\right]}{\left[E_bA_bh^3+E_cA_c(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}+E_cA_cE_bA_b(\ell_4^2+h^2)\left\{\frac{K_{b1}+K_{b2}}{K_{b1}K_{b2}}\right\}\right]\left[E_bA_bh^3+E_cA_c(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}+E_cA_cE_bA_b(\ell_4^2+h^2)\left\{\frac{K_{b3}+K_{b4}}{K_{b3}K_{b4}}\right\}\right]}\times E_c^2A_c^2E_b^2A_b^2$$

$$=\frac{E_cA_cE_bA_b\ell_4h\left[2K_{b1}K_{b2}K_{b3}K_{b4}\left|E_bA_bh^3+E_cA_c(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}\right|+E_cA_cE_bA_b(\ell_4+h^2)(K_{b2}K_{b3}K_{b4}+K_{b1}K_{b3}K_{b4}+K_{b1}K_{b2}K_{b4}+K_{b1}K_{b2}K_{b3})\right]}{\left|E_bA_bh^3K_{b1}K_{b2}+E_cA_c(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}+K_{b1}K_{b2}+E_cA_cE_bA_b(\ell_4^2+h^2)(K_{b1}K_{b2})\right|\left|E_bA_bh^3K_{b3}K_{b4}+E_cA_c(\ell_4^2+h^2)^{\frac{3}{2}}K_{b3}K_{b4}+E_cA_cE_bA_b(\ell_4^2+h^2)(K_{b3}K_{b4})\right|}$$

8．「一部筋かい＋小壁・腰壁付き」耐力要素のP－δ包絡線の算定方法



左図の①～⑤の各部分が、Pの増加に伴い、弾性域→降伏点→塑性域→破壊



のどの段階に、どういう順番で達するかを追跡することで、P－δ包絡線が求められる。

①：壁の面材のせん断破壊。なお、$G_2=G_{2外}+G_{2内}$としておき、外壁側面材と内壁側面材のバイリニアモデルを別々に与え、それぞれの降伏、破壊を追跡する

②：小壁の下枠材が左側の柱を押す力によって起こる柱の曲げ破壊

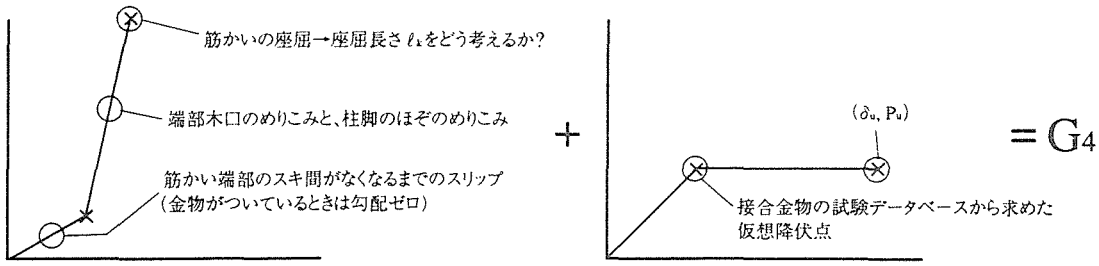
③：腰壁の上枠材が右側の柱を押す力によって起こる柱の曲げ破壊

…木材の曲げ破壊は、ほとんど脆性破壊に近い性状であるため、塑性域はなしとする。

なお、枠材と柱の接点で、柱に断面欠損がある場合は、それを考慮したZとすること。

④：圧縮筋かいの、初期スリップ（すき間がなくなるまで）、端部めりこみ、座屈破壊

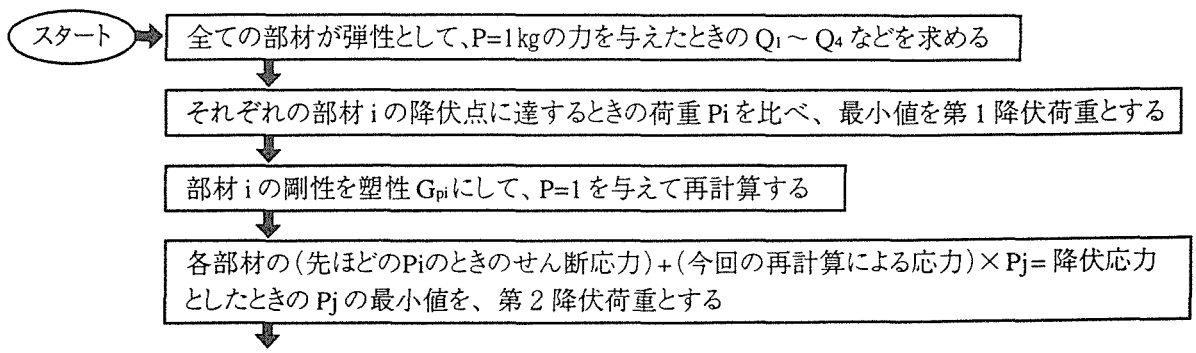
⑤：引張筋かいの、端部接合金物の降伏、破壊



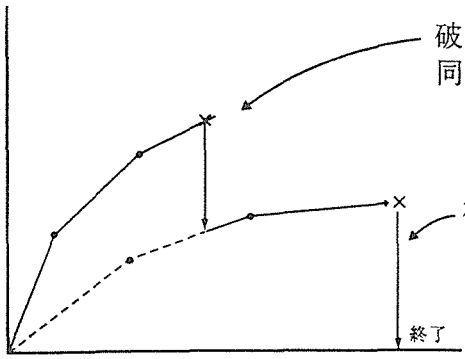
圧縮筋かい　　引張筋かい

荷重増分解析の方法

せん断弾性係数をGe、塑性係数をGpとしたとき、



破壊点に達したときは、それぞれの部材ごとに、次のように対応する

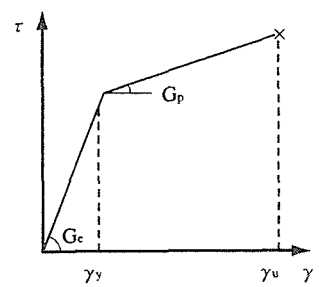


破壊に達したら、その部材がない場合のP-δグラフの同変位上の点に移動して続行する。(①、④、⑤の場合)

破壊に達したら、その時点で終了する。(②、③の場合)

計算に必要な各部材の入力情報

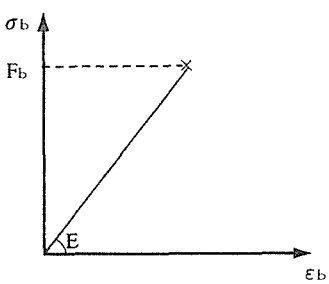
①



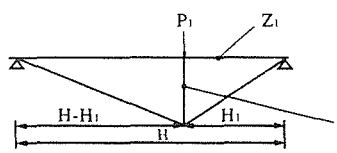
外壁面材　内壁面材それぞれについて

せん断弾性係数：Ge(kg/cm)
せん断塑性係数：Gp(kg/cm)
降伏せん断変形角：γy(rad)
最大せん断変形角：γu(rad)

②,③

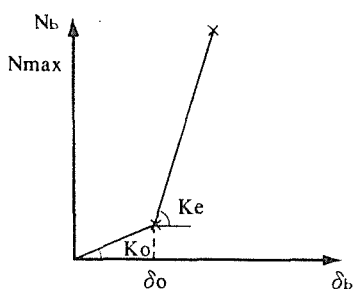


柱材の曲げヤング係数：E(kg/cm)
柱材の終局曲げ強度：Fb(kg/cm)



$M=\frac{P_1 \cdot H_1 \cdot (H-H_1)}{H}$　$\sigma_b=\frac{M}{Z_1}$

④



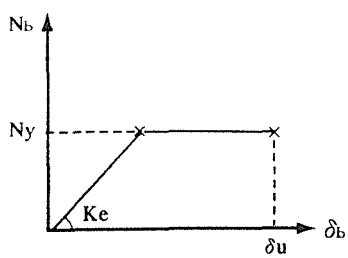
圧縮筋かい端部のスキ間がなくなるまでのオフセット変位：δo(cm)
圧縮筋かいの座屈軸力：N max(kg)

細長比が100以上のときは、$N\max=\frac{\pi^2 E_b I_b}{\ell_k}$…オイラー式
細長比が100以下のときは、$N\max=(1.3-0.01\lambda)F_{cb}\cdot A_b$…テトマイヤー式

圧縮筋かいの初期スリップ剛性：Ko
…kb1、kb2をゼロ、又は「筋かい金物+釘」のすべり剛性としたもの

圧縮筋かいの弾性剛性：Ke
…kb1、kb2に、端部木口のめりこみと柱脚ほぞのめりこみによる圧縮剛性を入れたもの

⑤



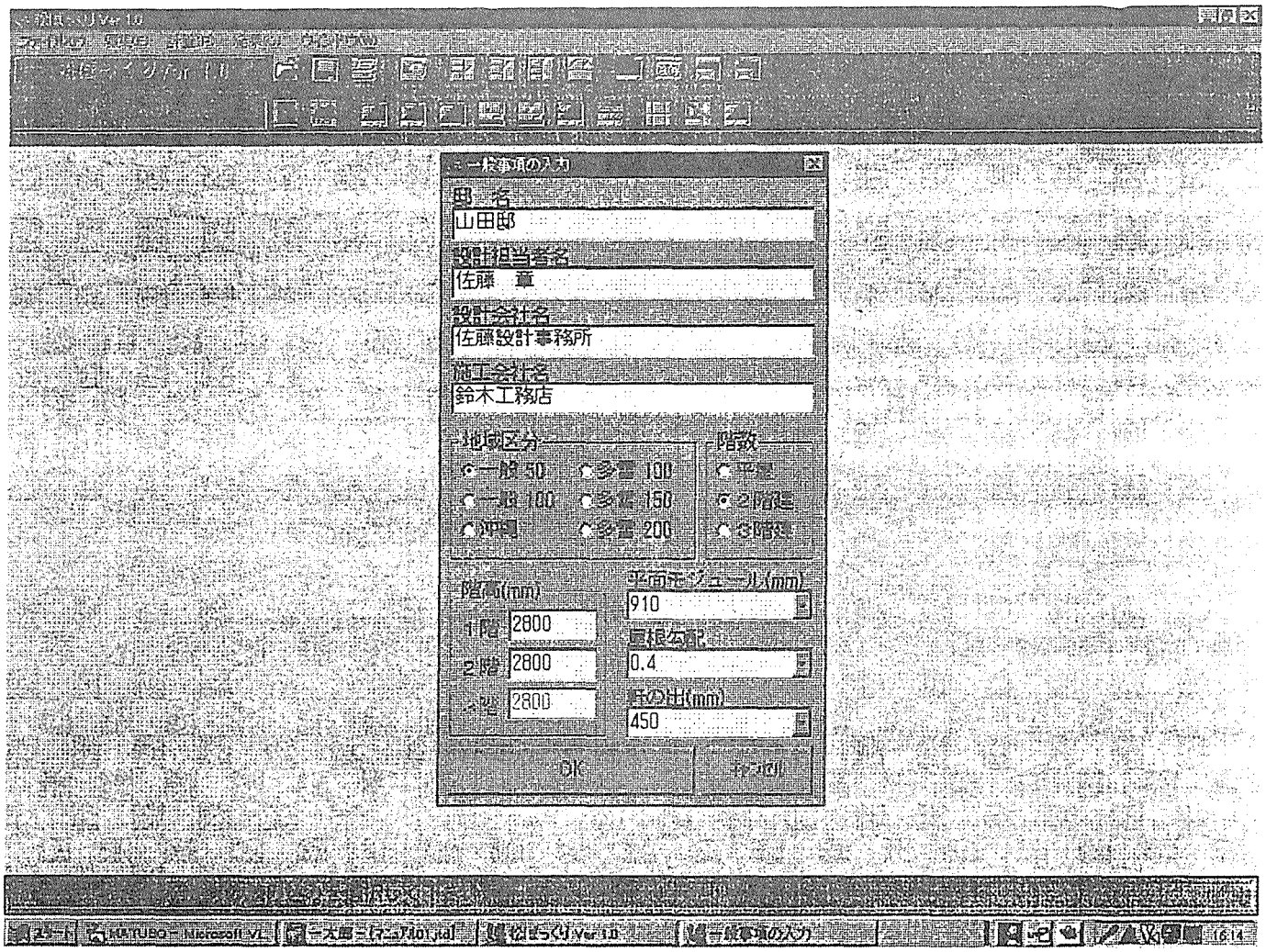
引張筋かい端部の接合金物の仮想降伏点荷重：Ny

引張筋かいの弾性剛性：Ke
…Kb3、Kb4に、接合金物の弾性剛性を入れたもの。
接合金物の終局変位にもとづく　δu

第４章　パソコンによる構造計算ソフト（ルート４に基づく）

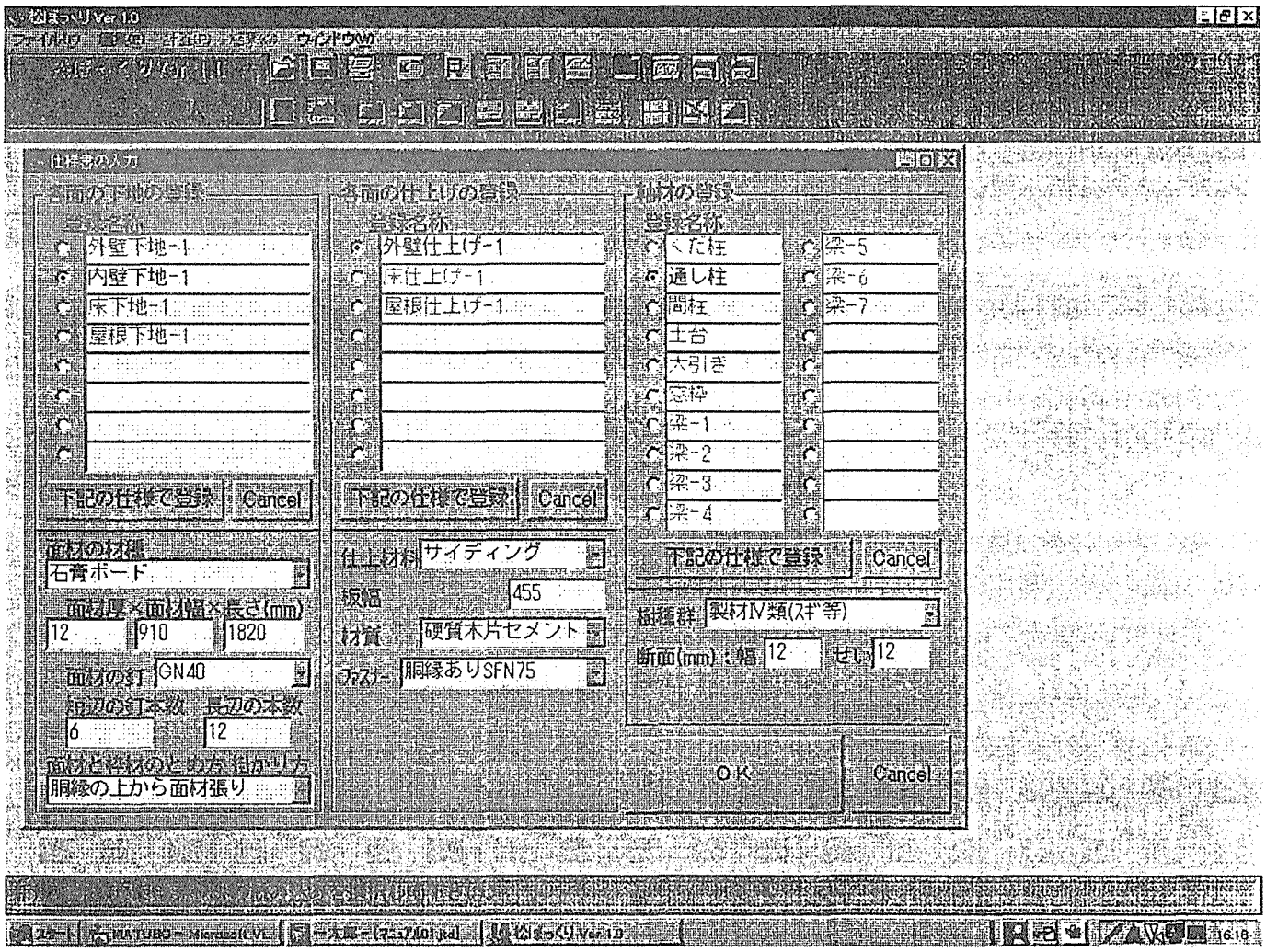
１．入力手順の概説

■一般事項の入力



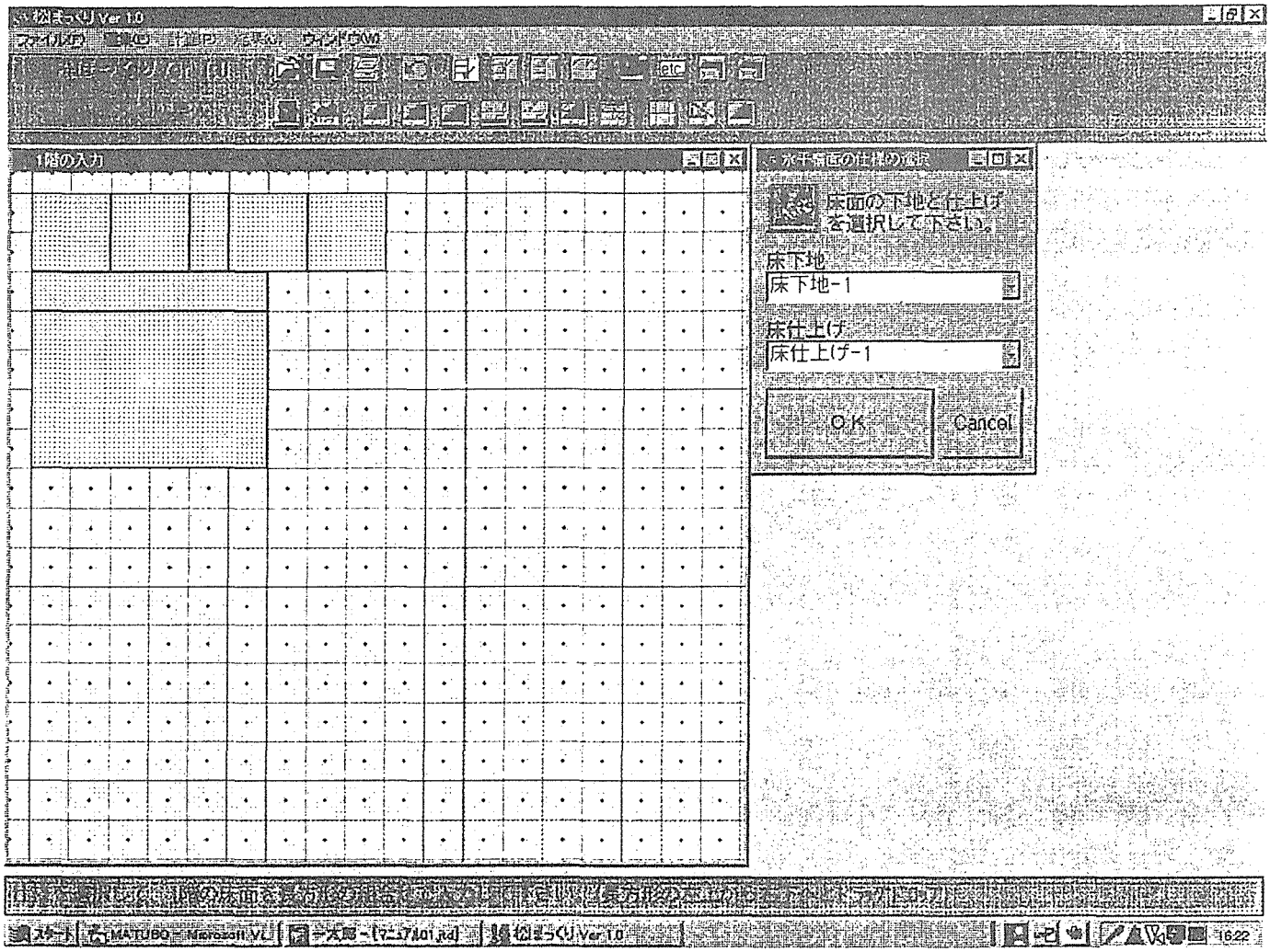
邸名などを文字入力し、地域と階数を選択して下さい。階高寸法を入力し、平面モジュールと屋根勾配と軒の出を選択または数値入力して下さい。ＯＫボタンを押すと次へ進みます。

■仕様書の入力



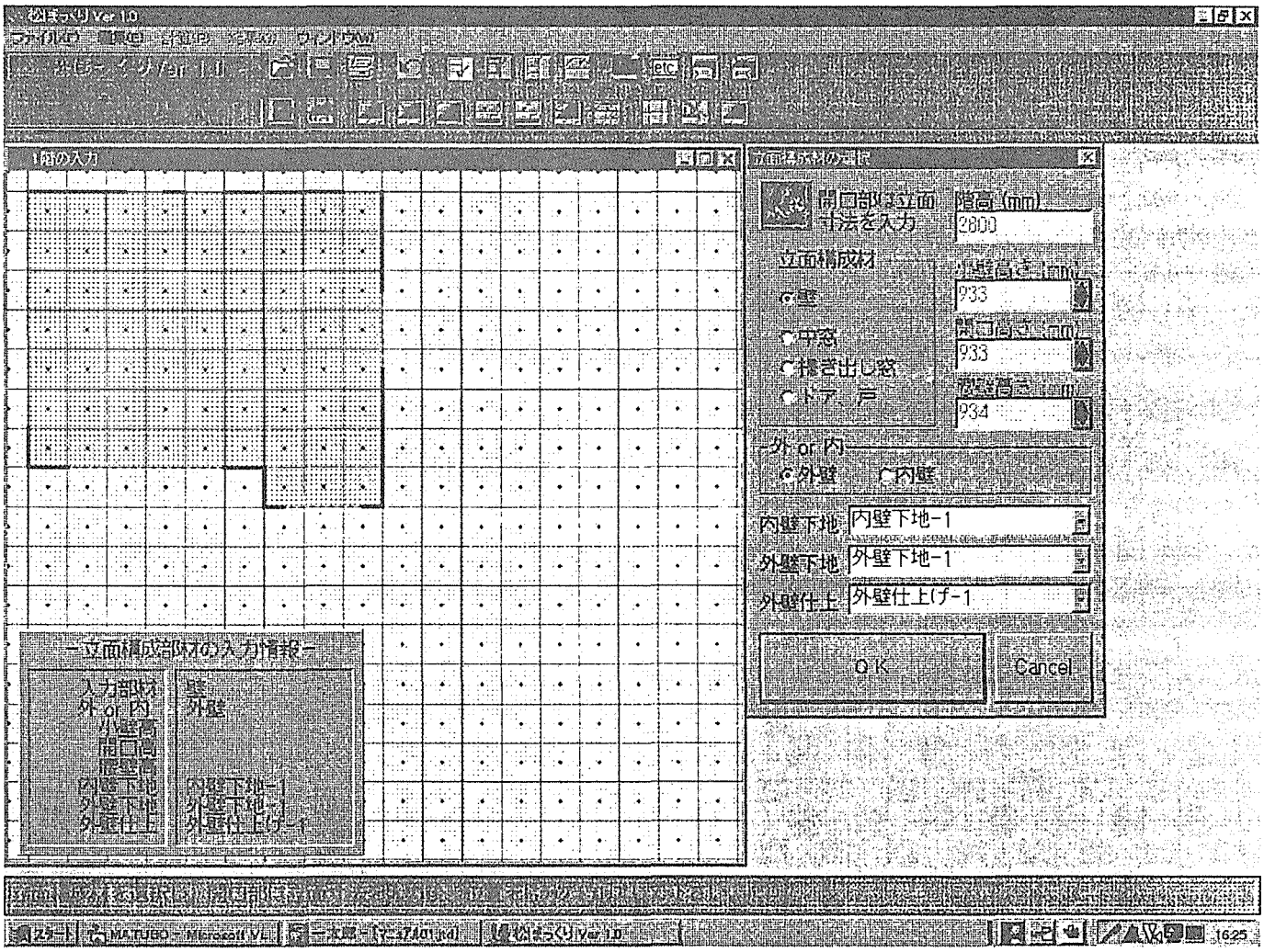
「各面の下地の登録」「各面の仕上げの登録」「軸材の登録」を行います。この先の床、壁、柱梁などの平面入力の際には、ここであらかじめ仕様や断面が登録された種類のなかから選択していきます。材料やファスナーは、データベースに登録されているものだけが選択できるようになっています。全ての種類の登録が完了したら、ＯＫボタンを押します。

■１階床面の入力



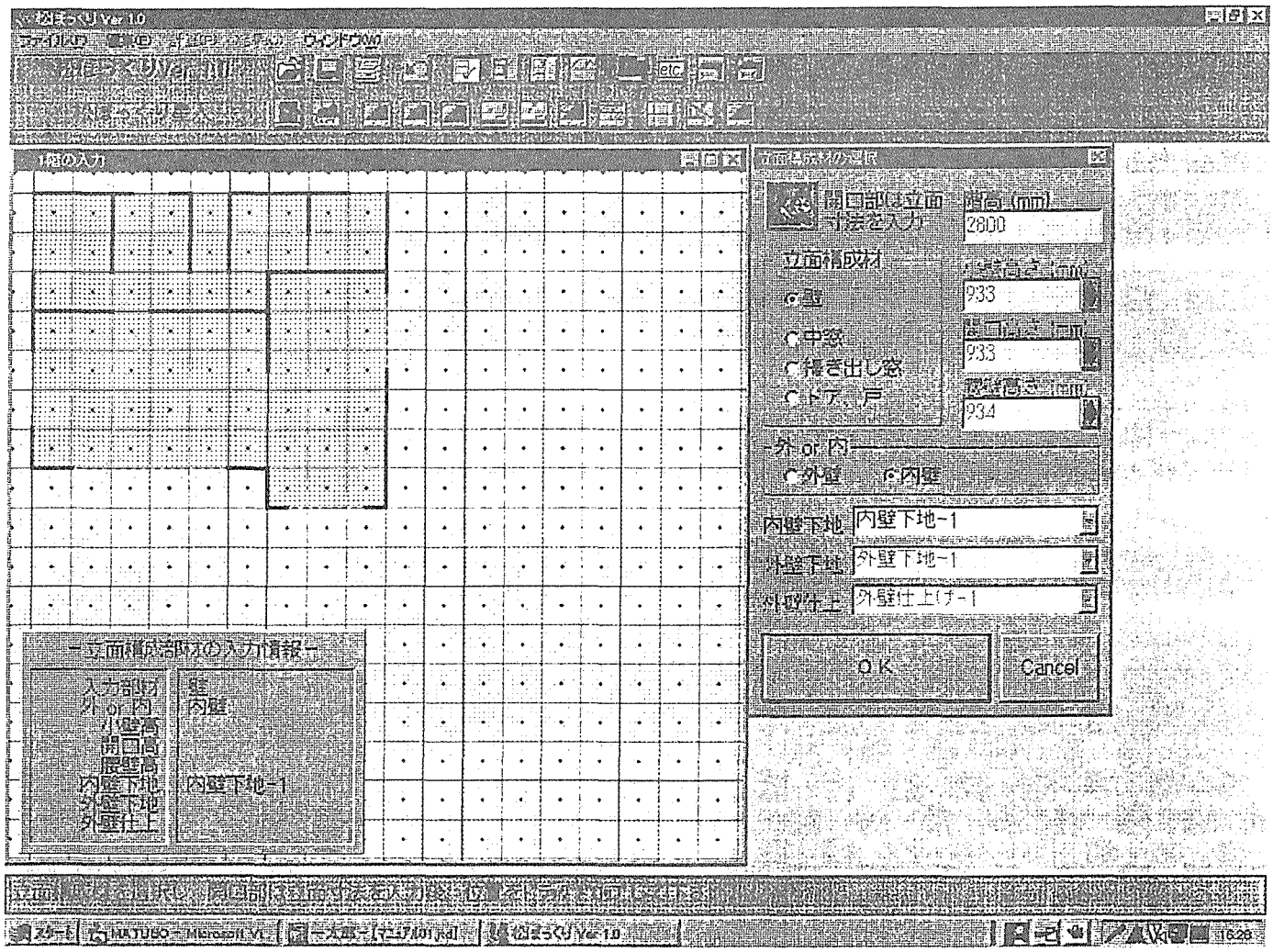
「水平構面の仕様の選択」ウィンドウの中から、床下地と床仕上げを選択して、ＯＫボタンを押します。平面グリッド上で床面を長方形の組み合わせで入力していきます。入力方法は、長方形の左上から右下へとドラッグ＆ドロップします。

■ 1階外壁の入力



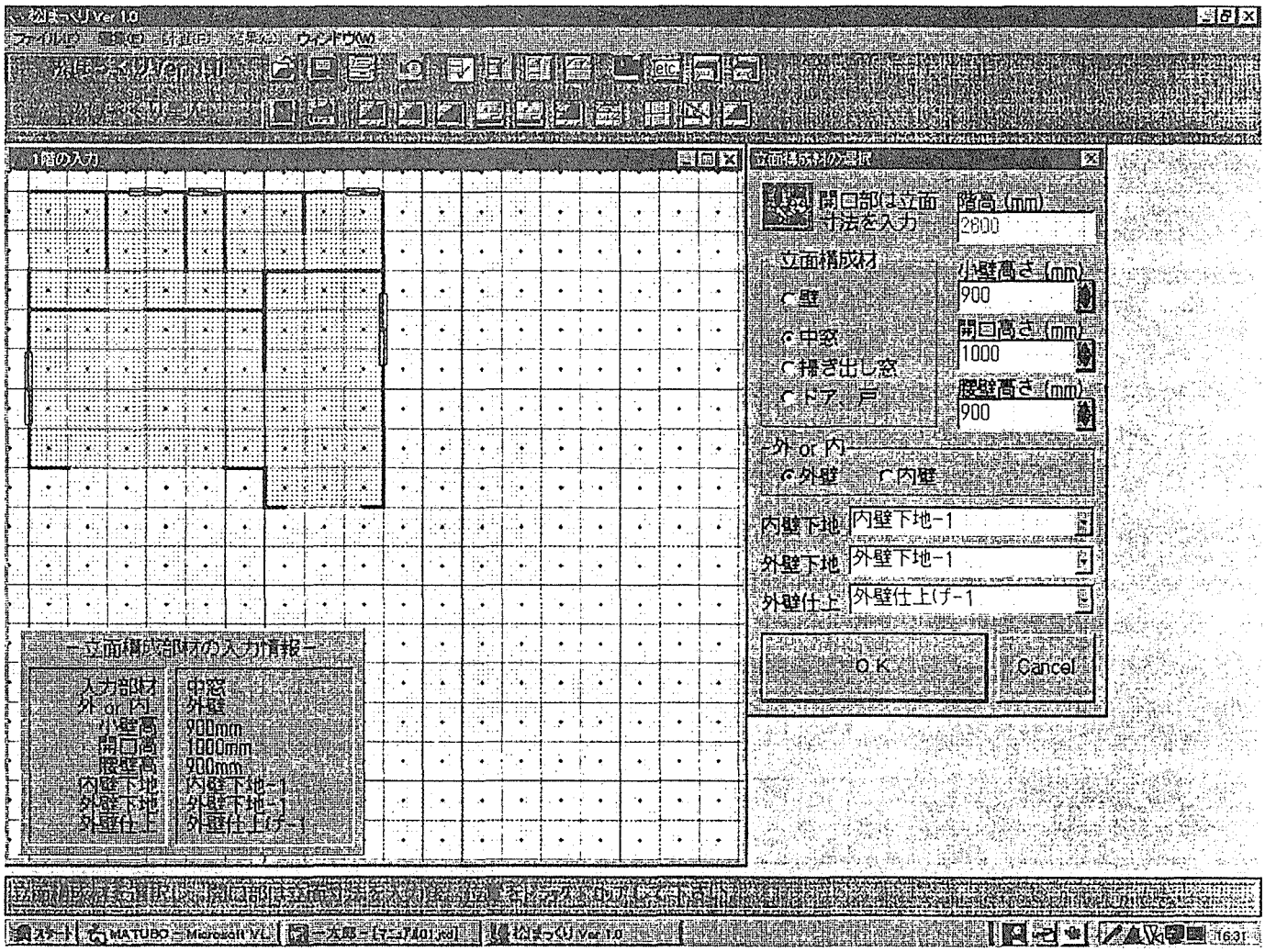
「立面構成材の選択」ウィンドウの中から、外壁を選択し、内壁下地と外壁下地と外壁仕上げを、仕様書で登録した中から選択して、ＯＫボタンを押します。平面グリッド上の入力情報が間違っていないことを確認したら、グリッド上の外壁の位置を始点から終点までドラッグ＆ドロップして入力します。同じ仕様であればグリッド上に続けて入力していくことが出来ます。

■ １階内壁の入力



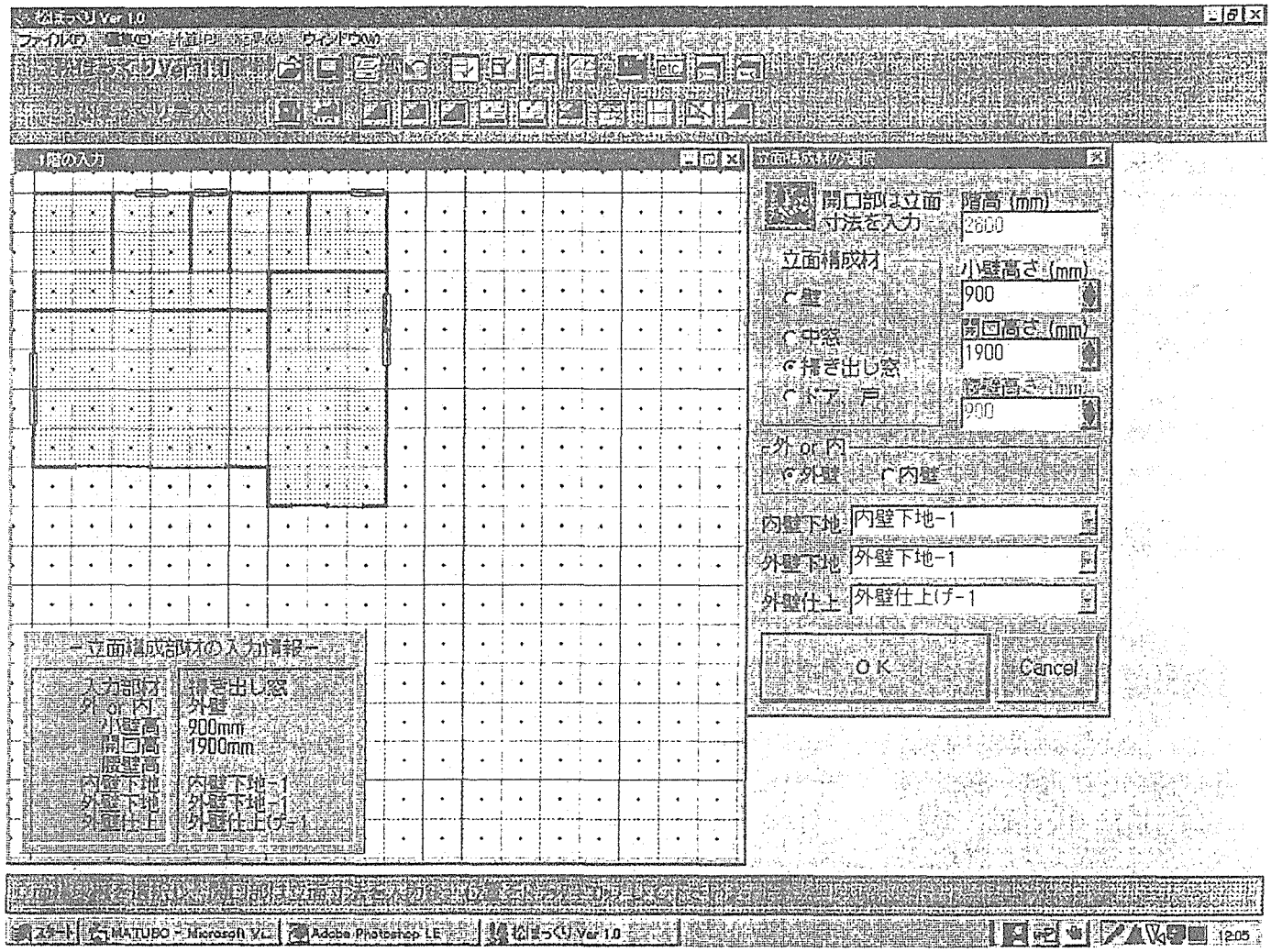
「立面構成材の選択」ウィンドウの中から、内壁を選択し、内壁下地を仕様書で登録した中から選択して、ＯＫボタンを押します。平面グリッド上の入力情報が間違っていないことを確認したら、グリッド上の内壁の位置を始点から終点までドラッグ＆ドロップして入力します。同じ仕様であればグリッド上に続けて入力していくことが出来ます。

■ 1階外周開口部の入力－1



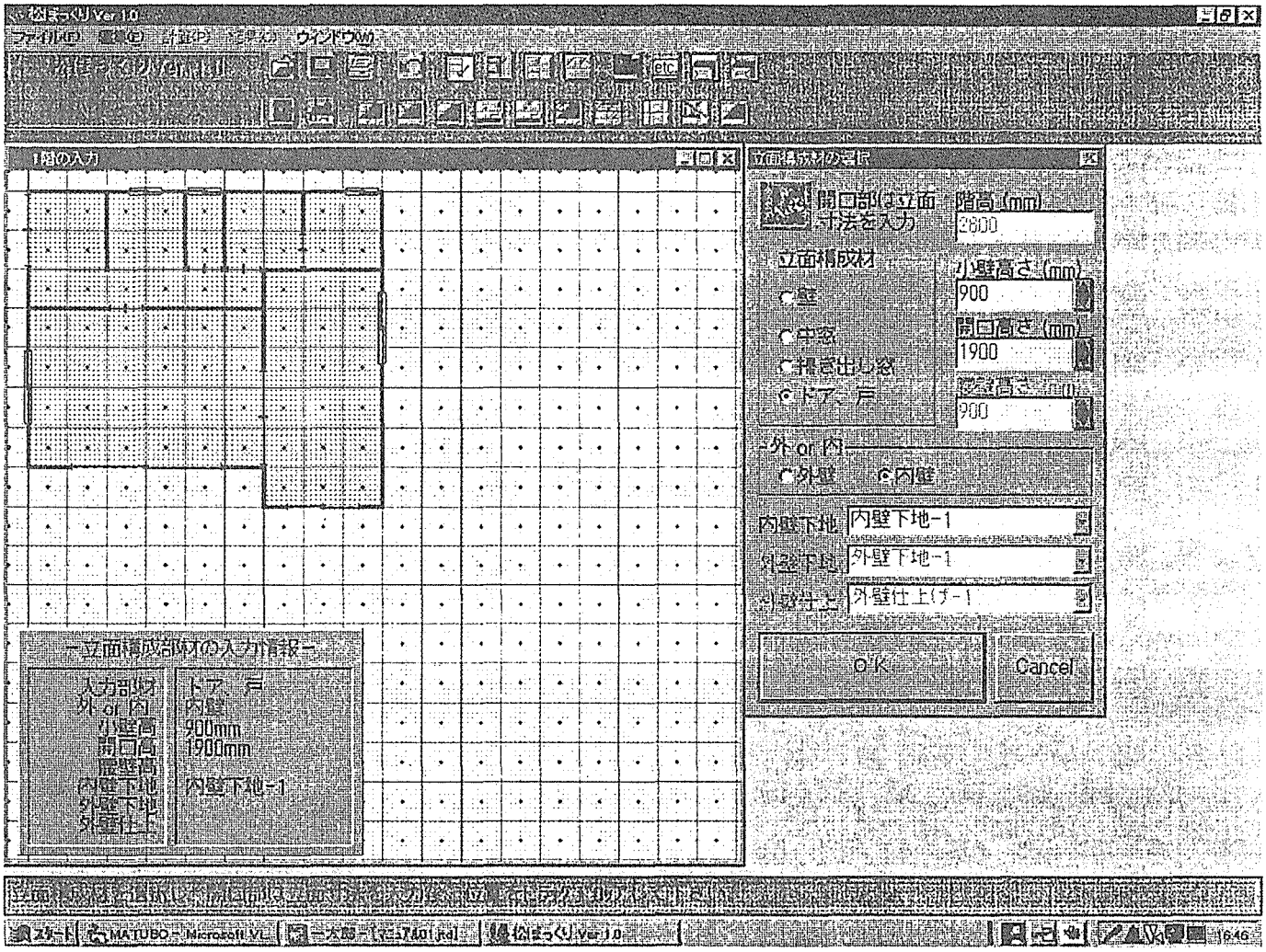
「立面構成材の選択」ウィンドウの中から、中窓を選択し、小壁の高さと開口高さと腰壁高さを数値で入力します。さらに、外壁を選択し、内壁下地と外壁下地と外壁仕上げを選択して、ＯＫボタンを押します。平面グリッド上の入力情報が間違っていないことを確認したら、グリッド上の開口部の位置を始点から終点までドラッグ＆ドロップしていきます。

■ １階外周開口部の入力－２



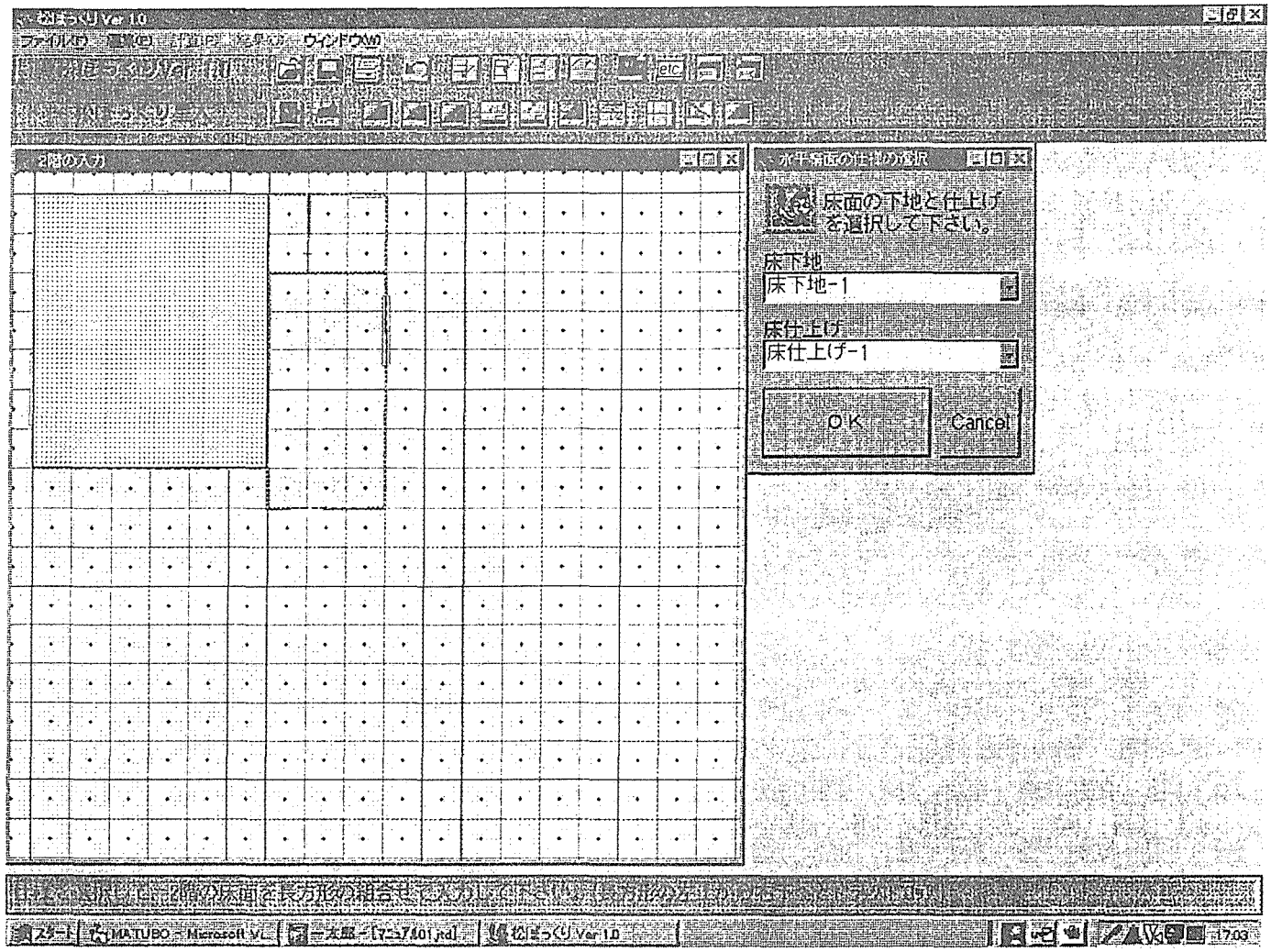
「立面構成材の選択」ウィンドウの中から、掃き出し窓を選択し、小壁の高さと開口高さの数値を入力します。さらに、外壁を選択し、内壁下地と外壁下地と外壁仕上げを選択して、ＯＫボタンを押します。平面グリッド上の入力情報が間違っていないことを確認したら、グリッド上の開口部の位置を始点から終点までドラッグ＆ドロップします。

■ １階内周開口部の入力



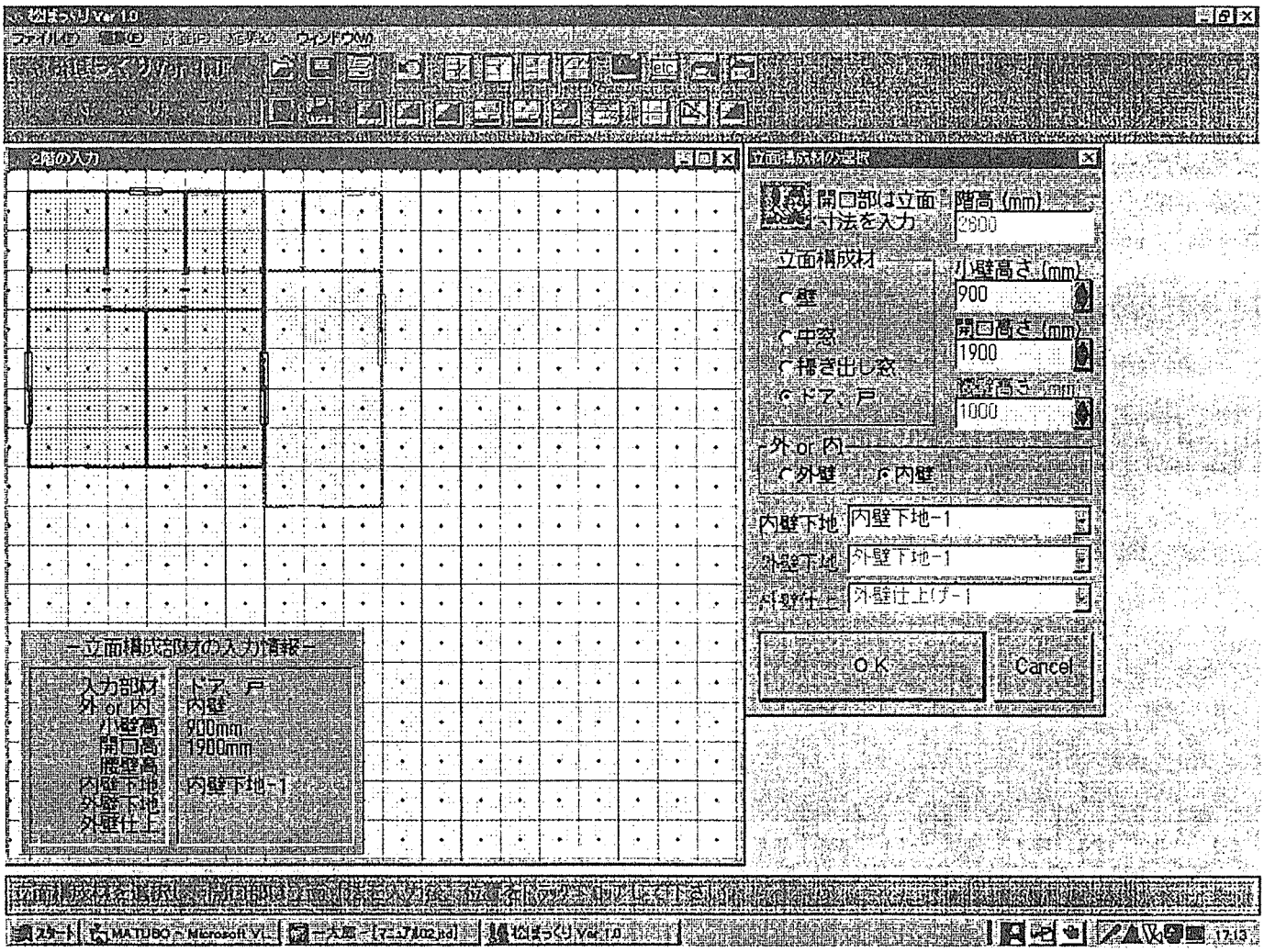
「立面構成材の選択」ウィンドウの中から、ドア、戸を選択し、小壁の高さと開口高さの数値を入力します。さらに、内壁を選択し、内壁下地を選択して、ＯＫボタンを押します。平面グリッド上の入力情報が間違っていないことを確認したら、グリッド上の開口部の位置を始点から終点までドラッグ＆ドロップします。ドアや戸がなく垂れ壁だけが存在する箇所も、ここで入力して下さい。

■ ２階床面の入力



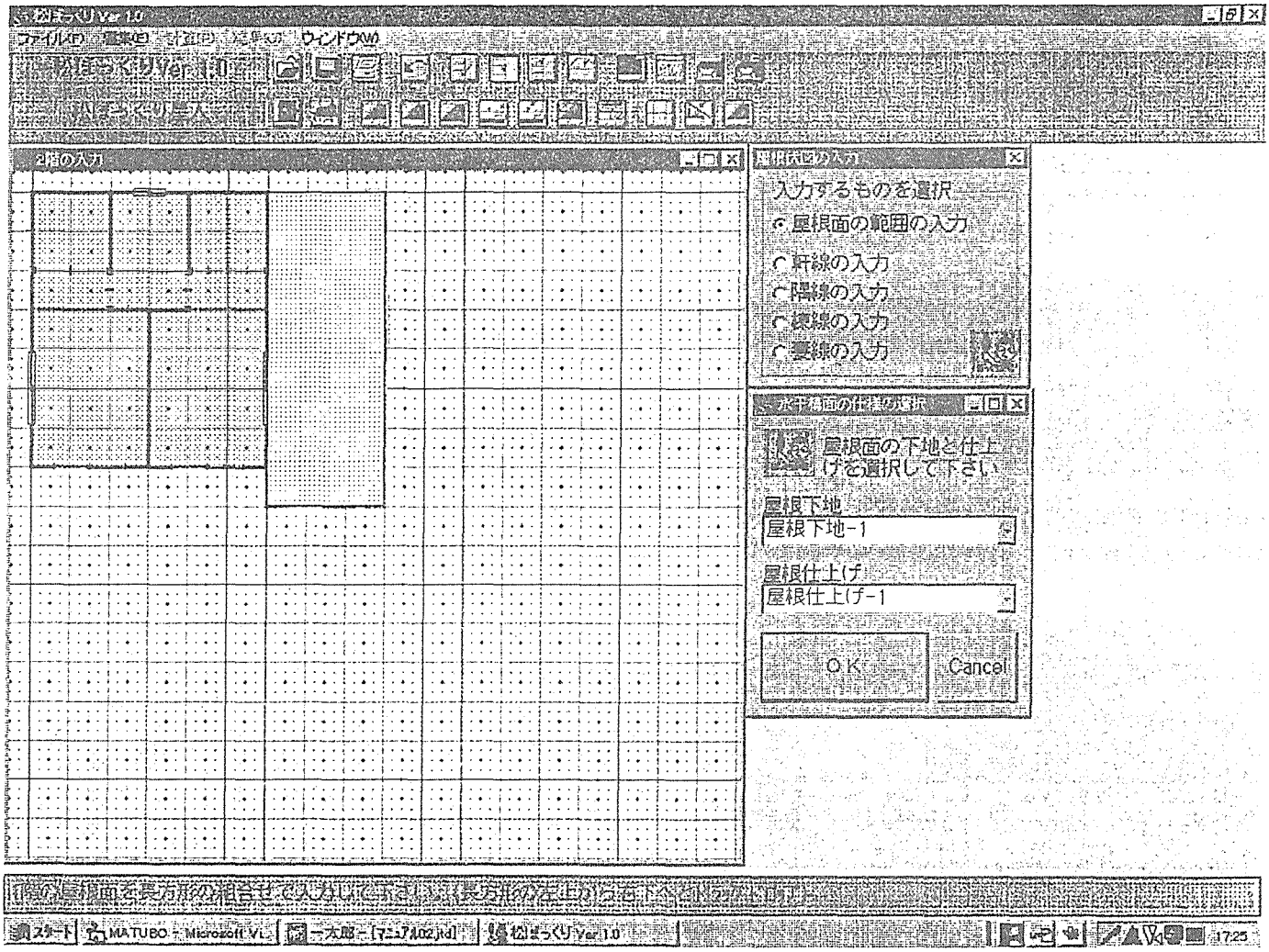
１階平面の入力が終了したら、上段６番目のツールボタンを押すと１階平面図の色が薄くなり、２階平面の入力に移ります。「水平構面の仕様の選択」ウィンドウの中から、床下地と床仕上げを選択して、ＯＫボタンを押します。平面グリッド上で１階平面図の上から、２階床面を長方形の組み合わせで入力していきます。入力方法は、長方形の左上から右下へとドラッグ＆ドロップします。

■ ２階立面構成材の入力



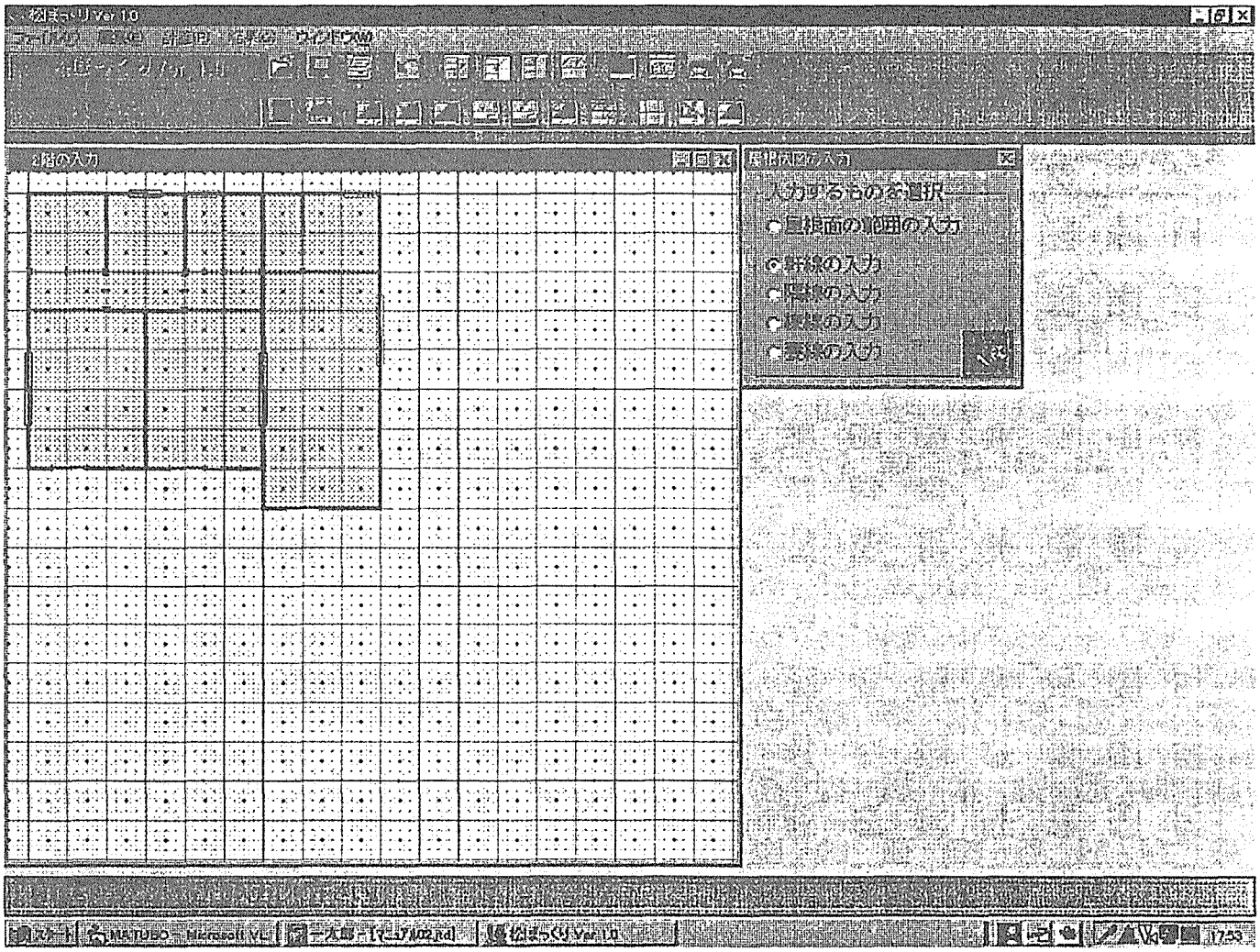
１階と同様の方法で、２階の外壁、内壁、外周開口部、内周開口部を入力していきます。

■１階屋根範囲の入力



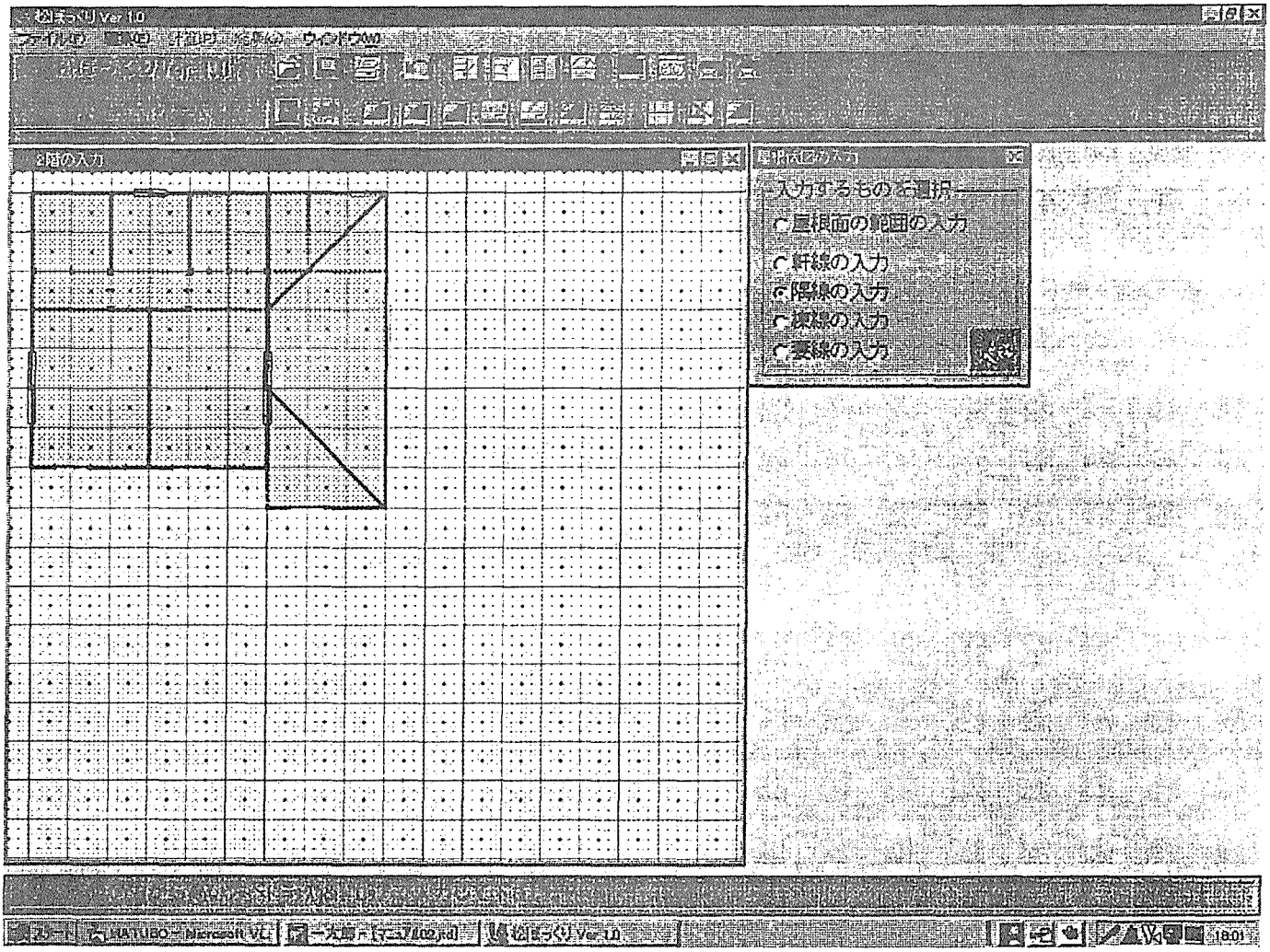
２階の平面入力が終了したら、上段右から２番目のツールボタンを押すと、１階屋根（下屋）の入力に移ります。まず、屋根の仕様を選択し、屋根範囲（軒の出部分は除く）を１階平面図の上からドラッグ＆ドロップして入力します。

■ 1階屋根の軒線の入力



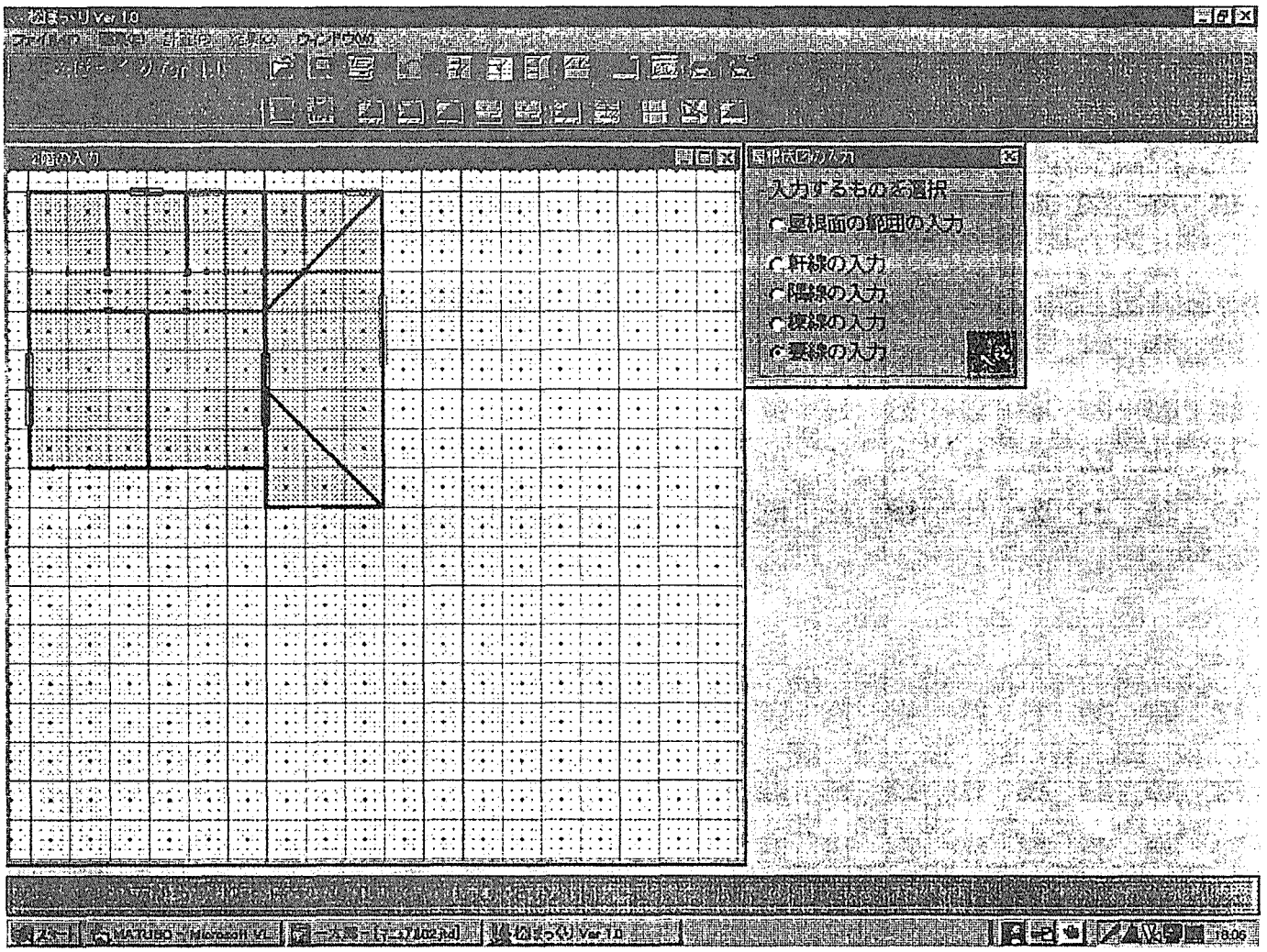
「屋根伏図の入力」ウィンドウの中から、軒線を選択し、軒桁の位置を始点から終点までドラッグ＆ドロップして入力します。

■ 1階屋根の隅線の入力



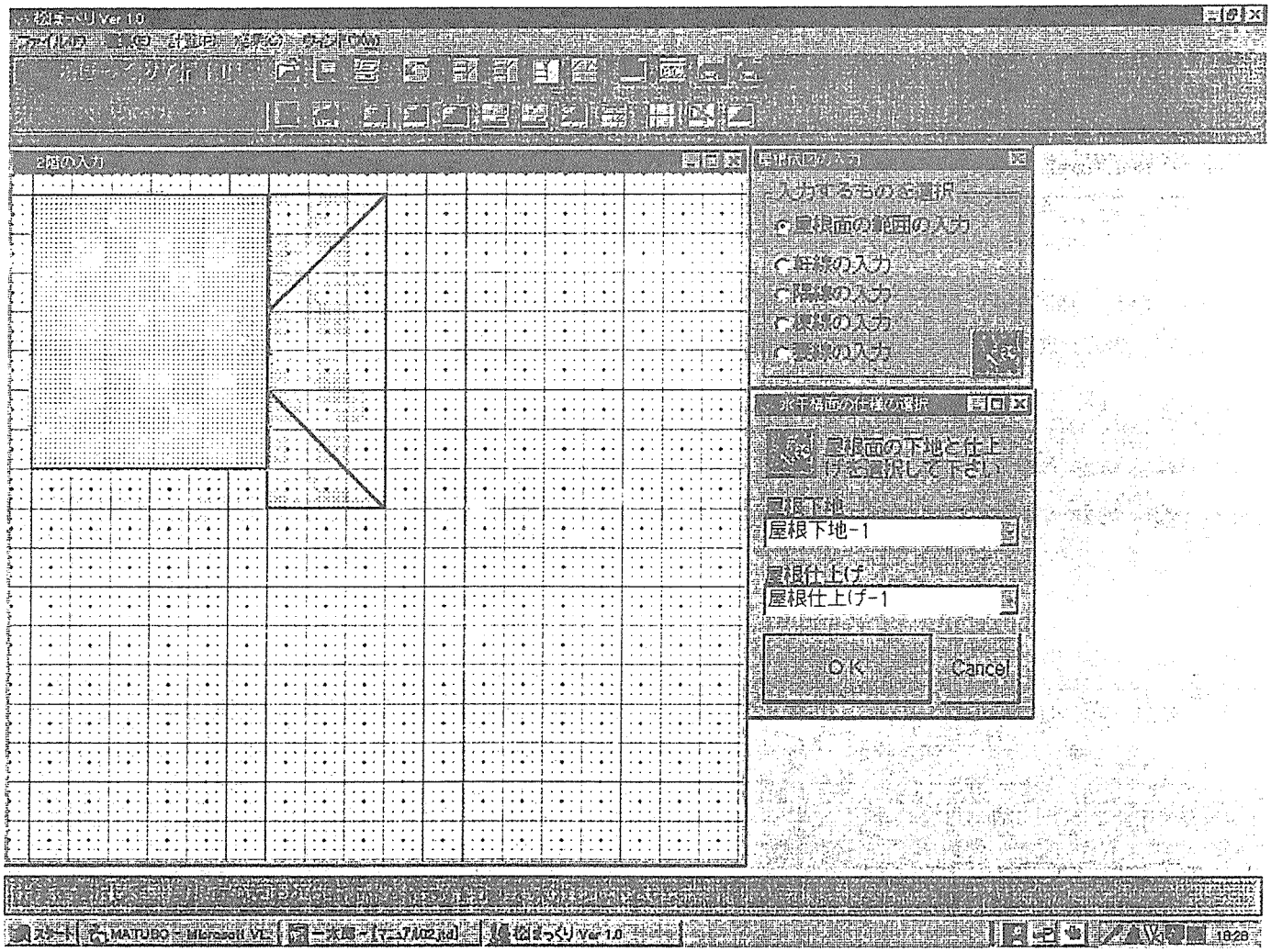
「屋根伏図の入力」ウィンドウの中から、隅線を選択し、隅木に沿って軒から棟に向かってドラッグ＆ドロップします。

■ 1階屋根の棟線、妻線の入力



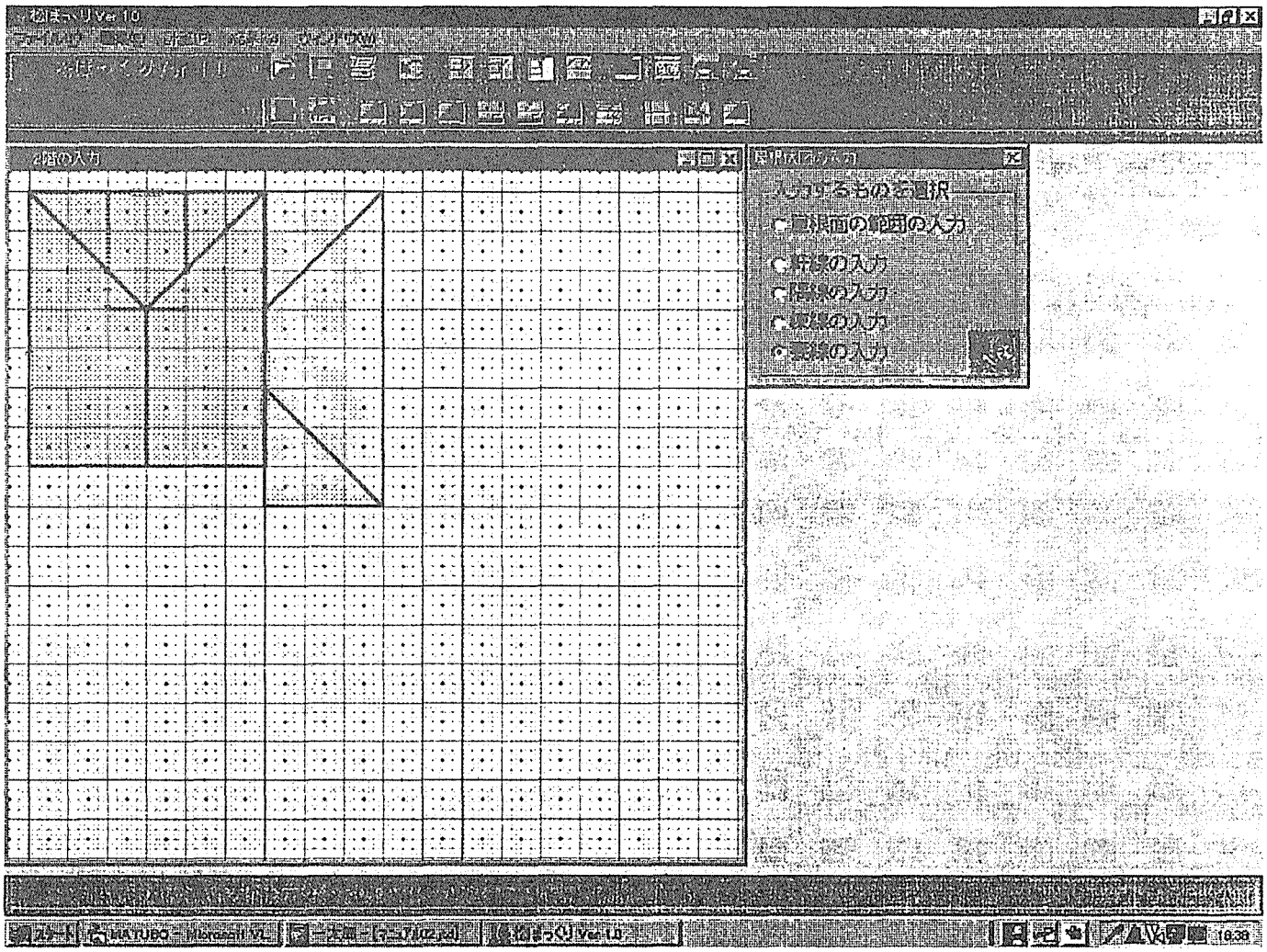
このような下屋の場合、2階の外壁に接する線分も入力しなければなりません。2階の外壁に接する線分のうち、水平部分は棟線として、勾配部分は妻線として入力します。「屋根伏図の入力」ウィンドウの中から選択し、妻線は低い方から高い方に向かって、ドラッグ&ドロップします。

■ 2階屋根範囲の入力



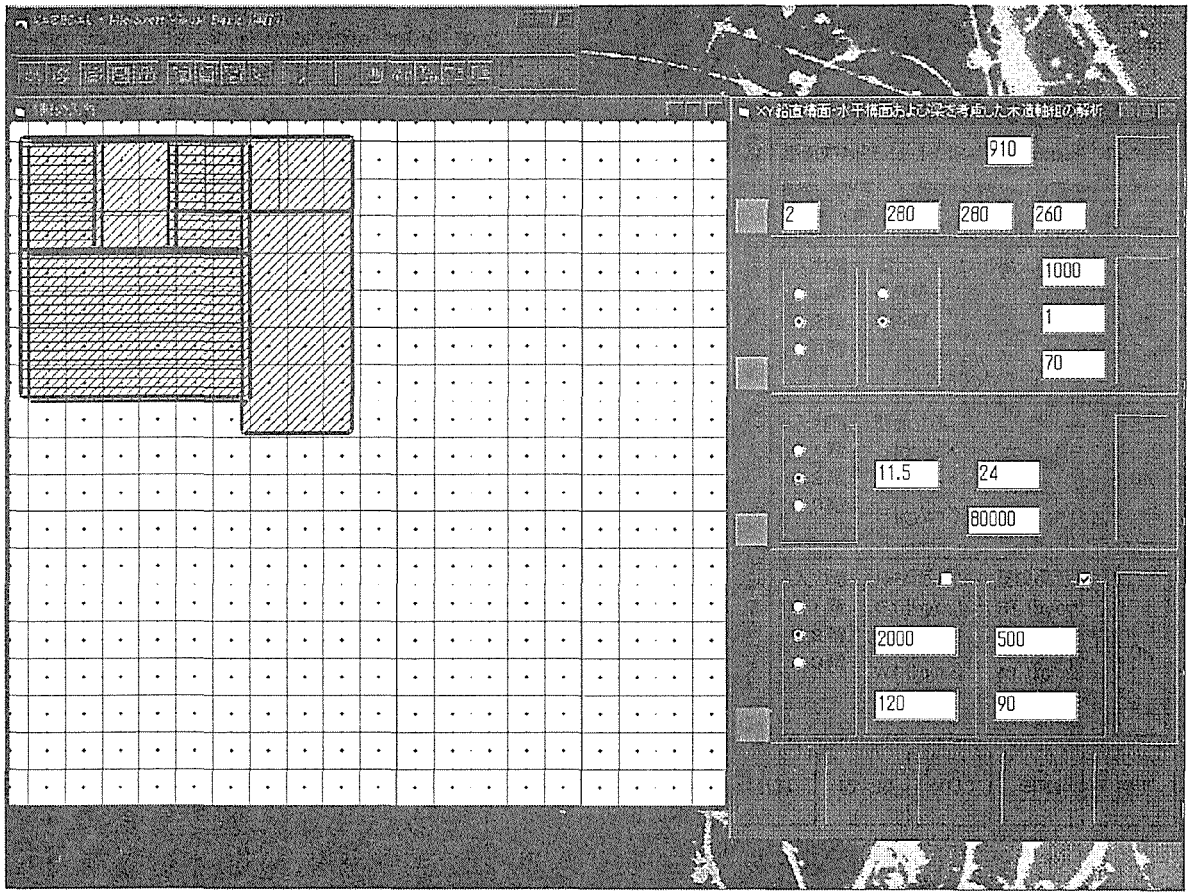
下屋の入力が終了したら、上段一番右のツールボタンを押して、2階屋根の入力へと進みます。1階と同様に、まず屋根の仕様を選択し、屋根範囲をドラッグ＆ドロップで入力します。

■ ２階屋根の入力



１階屋根と同様に、軒線、隅線、棟線、妻線をドラッグ＆ドロップで入力します。２階の屋根入力が終了したら、上段一番右のツールボタンを押して、構造材の入力にうつります。

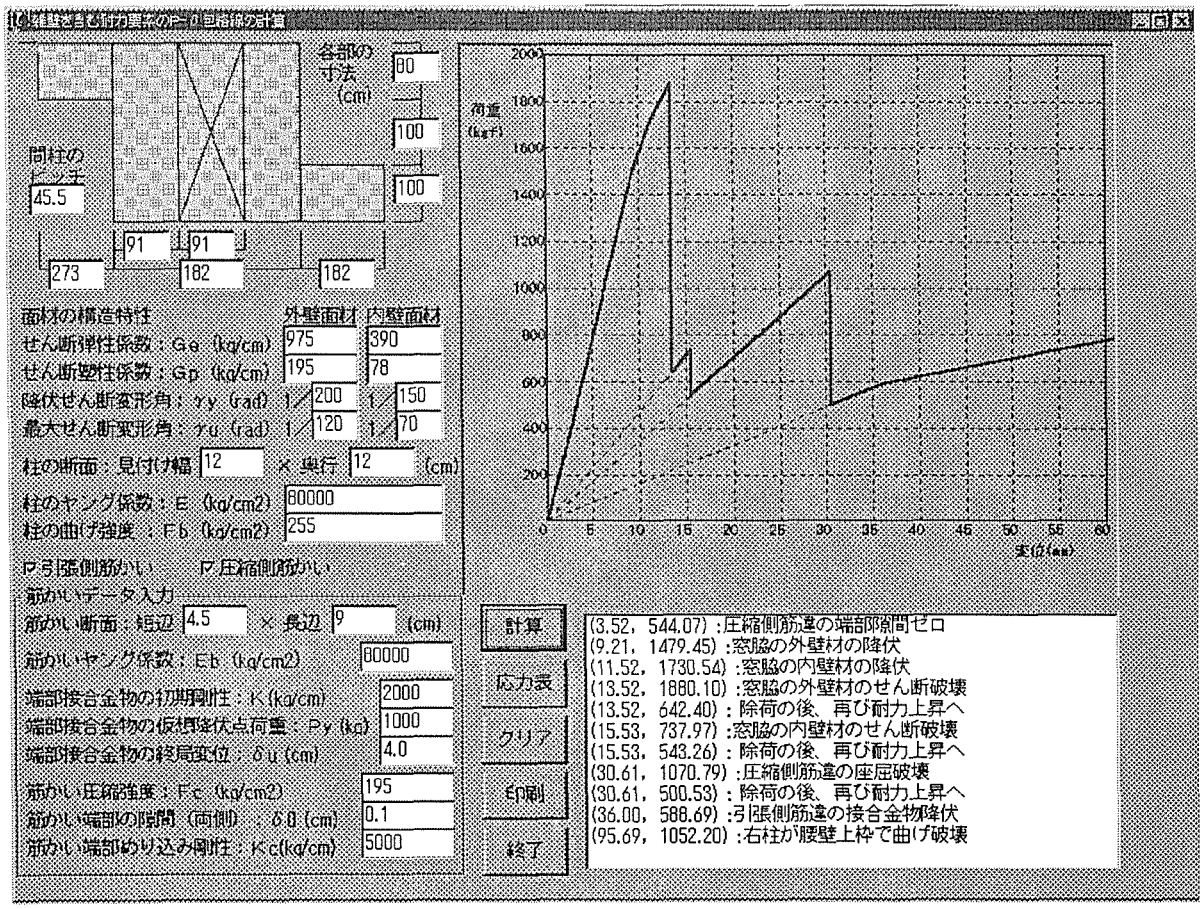
■計算のためのインターフェイス



入力された壁、開口部、床、屋根、柱、梁などの情報を計算部分に渡すために、中間処理が必要となります。例えば、入り隅のある面要素は、仮想軸線を設けて分割されます。この画面は、計算部分に渡される情報を直接入力できるようにしたものです。

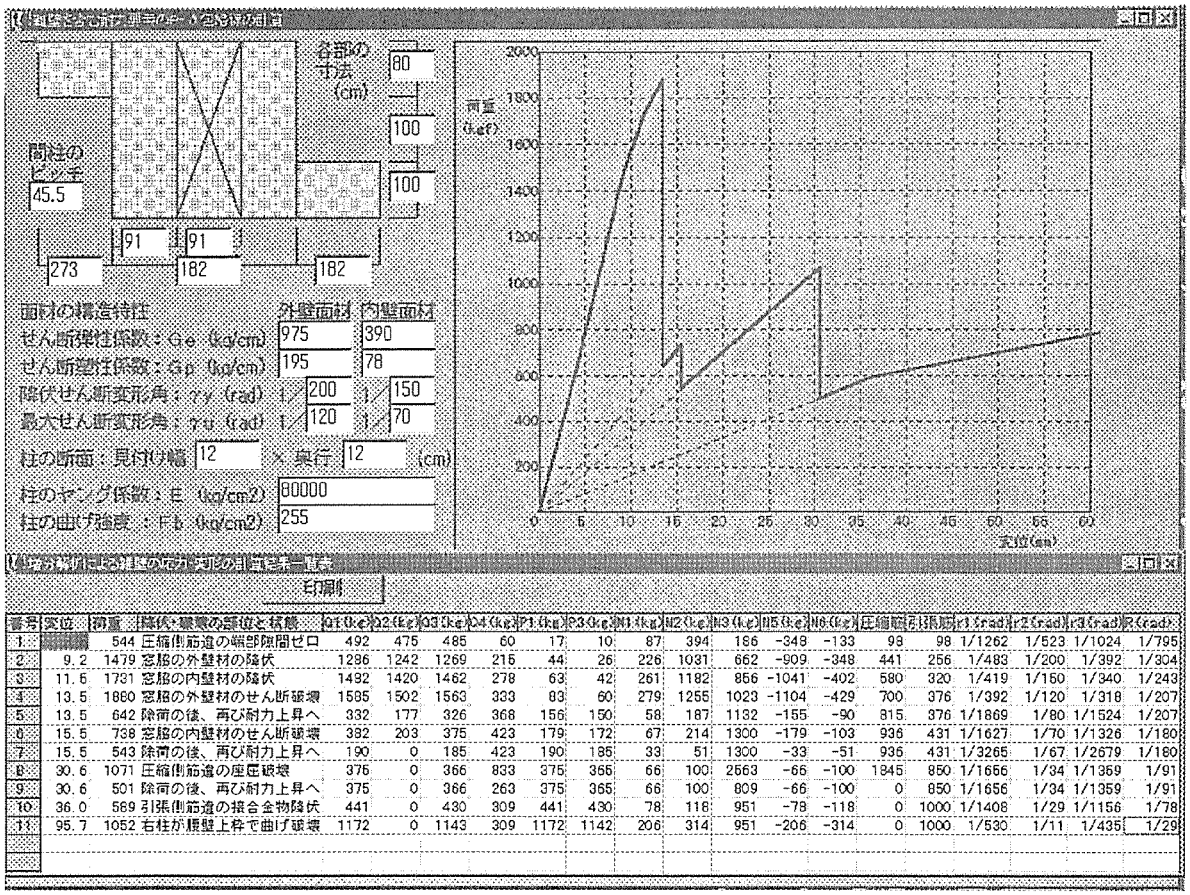
2．計算結果の出力

■計算結果の出力－1



計算は、入力された壁、床、屋根、柱、梁、接合部それぞれに関する、剛性、降伏耐力、塑性率をもとに、増分解析によって各鉛直構面の荷重－変形曲線が図のように出力されます。また、各降伏点の変位と荷重および、どの部位がどういう破壊性状によって降伏したかという経歴が表示されます。

■計算結果の出力－2



番号	変位	荷重	降伏・最終の部位と状態	Q1(kg)	Q2(kg)	Q3(kg)	Q4(kg)	P1(kg)	P3(kg)	N1(kg)	N2(kg)	N3(kg)	N5(kg)	N6(kg)	圧縮耐力	引抜耐力	r1(rad)	r2(rad)	r3(rad)	R(rad)
1		544	圧縮側筋違の端部隙間ゼロ	492	475	485	60	17	10	87	394	186	-348	-133	98	98	1/1262	1/523	1/1024	1/795
2	9.2	1479	窓脇の外壁材の降伏	1296	1242	1269	215	44	26	226	1031	662	-909	-348	441	256	1/483	1/200	1/392	1/304
3	11.6	1731	窓脇の内壁材の降伏	1492	1420	1462	278	63	42	261	1182	856	-1041	-402	580	320	1/419	1/160	1/340	1/243
4	13.5	1860	窓脇の外壁材のせん断破壊	1585	1502	1563	333	83	60	279	1255	1023	-1104	-429	700	376	1/392	1/120	1/318	1/207
5	13.5	642	除荷の後、再び耐力上昇へ	332	177	326	368	156	150	58	187	1132	-155	-90	815	376	1/1869	1/80	1/1524	1/207
6	15.5	738	窓脇の内壁材のせん断破壊	382	203	375	423	179	172	67	214	1300	-179	-103	936	431	1/1627	1/70	1/1326	1/180
7	15.5	543	除荷の後、再び耐力上昇へ	190	0	185	423	190	186	33	51	1300	-33	-51	936	431	1/3265	1/67	1/2679	1/180
8	30.6	1071	圧縮側筋違の座屈破壊	376	0	366	833	375	365	66	100	2663	-66	-100	1845	850	1/1656	1/34	1/1359	1/91
9	30.6	501	除荷の後、再び耐力上昇へ	375	0	366	263	375	365	66	100	809	-66	-100	0	850	1/1656	1/34	1/1359	1/91
10	36.0	569	引張側筋違の接合金物降伏	441	0	430	309	441	430	78	118	951	-78	-118	0	1000	1/1408	1/29	1/1156	1/78
11	95.7	1052	右柱が腰壁上枠で曲げ破壊	1172	0	1143	309	1172	1142	206	314	951	-206	-314	0	1000	1/530	1/11	1/435	1/29

詳細な計算結果が見たいときは、応力表を出力します。応力表には、各せん断要素の負担するせん断力とせん断変形角、および軸材の軸方向力とせん断力、構面の層間変形角などが一覧表示されます。これによって、外力によってどの部位にどれだけの応力が加わりどのくらい変形しているかが、建物の全ての部位についてわかります。