

第1編  
耐震性能評価ツールを用いた  
耐震診断マニュアル

## 用語の定義

本マニュアルでは基本的に wallstat ユーザーズマニュアル（以降、「wallstat マニュアル」と称す）及びユーザーズマニュアル拡張編（以降、「wallstat 拡張マニュアル」と称す）並びに一般財団法人日本建築防災協会：「2012年改訂版 木造住宅耐震診断と補強方法 指針と解説編」（以降、「耐震診断指針」と称す）で用いている用語を使用する。

その他、「耐震診断資料」と示した場合は、一般財団法人日本建築防災協会：「2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法 例題編・資料編」を示す。

### [本マニュアルで用語を参照する文献と略称]

耐震診断指針	： 一般財団法人日本建築防災協会：「2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法 指針と解説編」
耐震診断資料	： 一般財団法人日本建築防災協会：「2012年改訂版 木造住宅の耐震診断と補強方法 例題編・資料編」
wallstat マニュアル	： 「木造住宅 倒壊解析ソフトウェア wallstat ユーザーズマニュアル」 wallstat ダウンロード時に付属されている PDF ファイル
wallstat 拡張マニュアル	： 「ユーザーズマニュアル 拡張編」 wallstat ダウンロード時に付属されている PDF ファイル

### [wallstat 関係で用いる主要なソフトの名称]

- studio : wallstat による解析において簡易的に解析モデル作成することから結果出力、分析を一つのソフトでユーザーが容易に行えることを目的として開発された（開発している）ツールのこと。  
wallstat マニュアル及び wallstat 拡張マニュアルに記載されている内容のうち、取り扱えない項目がある。
- origin : wallstat ver.4 以前の解析モデルの作成及び解析モデルの計算結果の描画を行えるツールのこと。  
wallstat マニュアル及び拡張マニュアルに記載されている内容を取り扱うことができる。

## 1. 概要

本マニュアルでは、木造住宅の耐震シミュレーションソフト「wallstat」を用い、耐震診断指針「第5章 精密診断法2」に規定される「5.2 保有水平耐力計算法による方法」及び「5.3 限界耐力計算法による方法」に準拠して行う木造軸組工法住宅の耐震診断の方法及び wallstat での解析結果を出力するまでの操作方法を示す。

### 1.1 適用範囲

本マニュアルは3階建て以下の木造軸組工法住宅のうち耐震診断指針 精密診断法1方法1を適用できる建物で、次の(1)及び(2)の建物を除く建物を対象とする。

- (1) 枠組壁工法、大規模木造建築物、丸太組構法、旧38条認定及び型式適合認定によるプレハブ工法の木造建築物。
- (2) 平面的、立面的な混構造建築物。

#### [解説]

本マニュアルは耐震診断指針「第1章 適用範囲と概要」に既定される「1.1 適用範囲」に準拠するため、階数は地上3階建て以下を適用範囲とする。

同様に耐震診断指針で適用範囲外である丸太組構法、旧38条認定、型式適合認定によるプレハブ工法及び4階建て以上の建物は本マニュアルでも適用範囲外とする。

伝統的構法、枠組壁工法、大規模木造建築物及び平面的及び立面的な混構造は、wallstat が木造軸組工法住宅を対象としていることから、wallstat によるモデル化が複雑になるため本マニュアルで適用範囲外とする。

また、木造軸組工法住宅においてもモデル化が複雑となる特殊な仕様の木造軸組工法住宅（例：木造軸組ラーメン構造）は適用範囲外とする。

## 1.2 診断の流れ

本マニュアルでは以下の流れで耐震診断を行う。

- ・耐震診断指針に規定される調査を適切に行う。
- ・耐震診断調査結果より、梁要素、耐力壁及び水平構面の配置情報、耐力壁及び水平構面の低減係数を乗じる前の応力変形特性情報、低減係数算定用情報及び解析条件を算定する。
- ・本マニュアルの「第3章 wallstat の操作方法」に従い解析モデルの簡易作成ソフト studio を用い、梁要素、壁、筋かい及び水平構面を図面より studio 上に配置する。
- ・高さ方向の荷重分布によるプッシュオーバー解析を行う。
- ・その解析結果を用い、保有水平耐力計算又は限界耐力計算を行う。
- ・保有水平耐力計算の場合は保有水平耐力及び必要保有水平耐力から上部構造評点を算定する。
- ・限界耐力計算の場合は等価一自由度系の加速度-変位関係及び必要性能スペクトルから上部構造評点を算定する。

### [解説]

準備計算として耐震診断指針「第8章 調査方法」に準拠した方法で行った耐震診断の調査結果及び解析モデル作成のために必要となる情報より、各要素の応力変形特性（2.2節参照）、低減係数（2.3節参照）を算定する。

診断の流れに関わらず数値が必要となった際に、本マニュアルの「第2章 準備計算」で規定している方法で数値を算定することも可能だが、本マニュアルでは studio の使用上の注意点も含めて操作方法を示すため、理論的な内容と操作方法をできる限り切り離して記載することとし、必要な数値は事前に算定しておくこととした。

## 2. 準備計算

### 2.1 必要な建物情報

wallstat でモデル化を行い、耐震診断を実施するためには以下の情報を必要とする。

ただし、設計者判断により wallstat でモデル化するために以下の情報では不足だと判断する場合には適宜資料を追加することとする。

- |   |   |                     |
|---|---|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>・ 平面図</li><li>・ 土台伏図</li><li>・ 梁伏図</li><li>・ 柱壁伏図（壁の配置及び仕様、柱の断面及び端部接合仕様）</li><li>・ 軸組図（部材断面、劣化部位及び状態）</li><li>・ 耐力壁及び水平構面の応力変形特性</li><li>・ 接合部の応力変形特性</li><li>・ 地盤の形質及び状態</li><li>・ 基礎の仕様、形状及び亀裂等の状態</li><li>・ 屋根、床及び壁の重量</li><li>・ wallstat でモデル化する際の土台伏図</li><li>・ wallstat でモデル化する際の梁伏図</li><li>・ 耐力壁の基準耐力及び基準剛性</li></ul> | } | 要素の入力位置を定義するための資料   |
|   | } | 要素の応力変形特性を定義するための資料 |
|   | } | 重量を定義するための資料        |
|   | } | その他必要な資料            |

これらの資料は耐震診断を行う際に特殊な場合を除き耐震診断書に示す必要がある資料である。

#### [解説]

wallstat で適切にモデル化を行うためには耐震診断指針の「第 8 章 調査方法」で規定される方法を適切に行い、必要な情報が準備されていることが本マニュアルを用いる場合の前提条件である。

その際必要な資料は、要素の入力位置を定義するための資料（土台伏図・梁伏図・柱壁伏図・軸組図等）、要素の応力変形特性を定義するための資料（耐力壁、水平構面及び接合部の応力変形特性・基礎の仕様、形状及び亀裂等の状態・情報等）及び重量を定義するための資料がある。

しかし、耐震診断指針に記載されているように目視などにより全ての箇所を直接確認することは現実として難しく、推測により判断せざるを得ない状況もあるが、できるだけ状況を把握し、構造上有利側に働かないような状況の反映及びモデル化を行う。

その他必要な資料について解説する。

wallstat でモデル化する際の梁伏図は勾配屋根を陸屋根に置換する。

これらの置換の解説は土台においては 2.2 節で、屋根においては 2.3.4 項で解説を行う。

耐力壁の基準耐力において、低減係数及び剛性を算定する際に耐力壁の基準耐力を用いる。この時の基準耐力は耐震診断指針に即した形で評価を行った際の数値とする。

## 2.2 基準の応力変形特性

解析に用いる各部の要素の劣化などによる低減係数を乗じていない応力変形特性を「基準の応力変形特性」とする。

本マニュアルで解析に使用可能な応力変形特性は、適切に評価された実験結果より wallstat マニュアルに記載してある応力変形特性に変換したもの及び wallstat をダウンロードした際のファイル内に予め用意してある応力変形特性及び特性値（以降、「初期装備パラメータ」と称す）のみとする。

wallstat マニュアルに記載してある応力変形特性への変換方法について、本マニュアルでは筋かいを含まない耐力壁、水平構面及び接合部の応力変形特性への変換方法を示す。

耐震診断書において、各要素の設置位置を記載する際、筋かいは圧縮方向に抵抗する場合と引張方向に抵抗する場合の応力変形特性が異なるため、2種類の応力変形特性を示す。

### [解説]

wallstat は個別要素法を基礎理論としているため、要素の応力変形特性が下降域（変形が進むに従い、荷重低下をする変形領域）に入っても解析を行うことができる。よって、下降域を含んだモデル化を行う必要がある。

基本的なモデル化の方法は日本住宅・木材技術センター：「2016年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」第Ⅲ部、10.6.1 項及び 10.6.2 項に示されるバイリニア、トリリニアへの変換方法を基に、エネルギー等価を原則として下降域までの変換方法としている。

### 2.2.1 初期装備パラメーター一覧

以下の仕様の接合部、筋かい、耐力壁及び水平構面は初期装備パラメータで、本マニュアルで使用可能な各部仕様である。各応力変形特性の数値は 6.2 節に示す。

表 2.2-1 引張に抵抗する接合部

仕様	wallstat での名称
短ほぞ差し	短ほぞ
HD25kN	HD25kN
L字型のかど金物 10-CN65	CP-L
T字型のかど金物 10-CN65	CP-T
引寄せ金物 φ12mm のボルト×2本	SB-E2
羽子板ボルト φ12mm 又は短冊金物	SB-E
HD10kN	HD10kN
HD15kN	HD15kN
HD20kN	HD20kN
HD25kN	HD25kN
HD30kN	HD30kN
HD40kN	HD40kN

表 2.2-2 弾塑性回転バネ

仕様	wallstat での名称
梁要素の端部用	回転バネ

表 2.2-3 耐力壁

耐力壁仕様	面材仕様	釘打ち仕様等	wallstat での名称
土塗り壁	厚さ 5.5-7.0cm	詳しい記載無し。(壁倍率 0.5 倍)	土壁
大壁仕様 (雑壁)	モルタル塗り	外壁面に使用	モルタル
面材張り大壁	構造用合板 内壁：5mm 以上 外壁：特類 7.5mm 以上 (合板 W は 2 枚使い)	N50@150 以下	合板
			合板 W
大壁仕様	石膏ボード下地	内壁面に使用	せっこうボード
大壁仕様 (雑壁)	サイディング	外壁面に使用	サイディング
受材仕様真壁※1	石膏ボード 9mm 以上	GNF32 又は GNC32@150 以下 石膏プラスターを 15mm 以上塗つたもの	ボード
受材仕様真壁※1	構造用合板 外壁：特類 7.5mm 以上	N50@150 以下	構造用合板(真壁-受材)
貫仕様真壁※2			構造用合板(真壁-貫)
面材張り大壁	構造用パネル (OSB)	N50@150 以下	構造用パネル(大壁)
受材仕様真壁※1			構造用パネル(真壁-受材)
貫仕様真壁※2	パーティクルボード 12mm 以上	N50@150 以下	構造用パネル(真壁-貫)
受材仕様真壁※1			パーティクルボード(真壁-受材)
貫仕様真壁※2	パーティクルボード 12mm 以上	N50@150 以下	パーティクルボード(真壁-貫)
面材張り大壁			パーティクルボード(真壁-受材)
受材仕様真壁※1	石膏ボード 12mm 以上	GNF40 又は GNC40@150 以下	石膏ボード(大壁)
貫仕様真壁※2			石膏ボード(真壁-貫)
受材仕様真壁※1	石膏ボード 12mm 以上	GNF32 又は GNC32@150 以下	石膏ボード(真壁-受材)
貫仕様真壁※2			石膏ボード(真壁-貫)
受材仕様真壁※1	石膏ボード 9mm 以上	GNF32 又は GNC32@150 以下 石膏プラスターを 15mm 以上塗つたもの	石膏ボード(真壁-受材)
貫仕様真壁※2			石膏ボード(真壁-貫)
面材張り大壁	硬質木片セメント板 12mm 以上	N50@150 以下	硬質木片セメント板
	炭酸マグネシウム板 12mm 以上		炭酸マグネシウム板
	パルプセメント板 8mm 以上		
	シーリングボード 12mm 以上	SN40 外周部分：@100 以下 その他の部分：@200 以下	シーリングインシュレーションボード
ラスシート 角波亜鉛鉄板 0.4mm 以上 メタルラス 0.6mm 以下	N38@150 以下	ラスシート	
木摺り壁	木づくり壁	柱及び間柱の片面に釘打ち	木づくり
土塗り壁	厚さ 7.0cm	詳しい記載無し。(壁倍率 0.5 倍)	土塗壁 (両面塗り厚 70mm 以上)
筋かい	径 9mm 以上の鉄筋	筋かい端部 平 12 建告第 1460 号第 1 イ	筋かい(鉄筋 9Φ)
	30mm×90mm 以上の木材	筋かい端部 平 12 建告第 1460 号第 1 ハ	筋かい 30×90 圧縮筋かい 30×90
	45mm×90mm 以上の木材	筋かい端部 平 12 建告第 1460 号第 1 ニ	筋かい 45×90 圧縮筋かい 45×90
	15mm×90mm 以上の木材	筋かい端部 平 12 建告第 1460 号第 1 ロ	筋かい(15×90) 圧縮 筋かい(15×90)
	90mm×90mm 以上の木材	筋かい端部 平 12 建告第 1460 号第 1 ホ	筋かい(90×90) 圧縮 筋かい(90×90)

※1：受材は 30mm×40mm 以上で N75@300 以下で釘打ちしてあることとする。

※2：貫は 15mm×90mm 以上で端部 300mm それ以外 600mm 以下の間隔で 5 段以上配置してあることとする。

表 2.2-4 床、屋根及び火打ち梁

参考としている実験の仕様			wallstat での名称
構面の仕様	受材の仕様	その他の仕様	
合板 12mm N50@150	根太 45×105 スギ@455	2-CN75 斜打 転ばし	構造用合板(12-15mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-2 級)N50@150 以下 根太(45×45~120)@500 以下 転ばし
		2-CN75 斜打 半欠き	構造用合板(12-15mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-2 級)N50@150 以下 根太(45×45~120)@500 以下 半欠き
		1-CN75 脳天頭斜め打ち 落とし込み	構造用合板(12-15mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-2 級)N50@150 以下 根太(45×45~120)@500 以下 落とし込み
合板 28mm 四周 N75@150	梁 105×150 @910	根太無し 落とし込み	構造用合板(24-30mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-2 級)又は <sup>®</sup> ティクルボート <sup>®</sup> 四周 N75@150 以下根太なし受材有り@1000 以下落とし込み
合板 28mm 川の字 75@150	梁 105×150 @910	根太無し	構造用合板(24-30mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-2 級)又は <sup>®</sup> ティクルボート <sup>®</sup> 川の字 N75@150 以下根太・受材なし梁@1000 以下
合板 9mm N50@150	垂木 45×105 スギ@455	垂木：2-CN75 斜打 5 寸勾配	構造用合板(9-15mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-3 級)N50@150 以下 垂木(45×45~90)@500 以下転ばし勾配 30 度以下
		垂木：3-CN75 斜打 矩勾配	構造用合板(9-15mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-3 級)N50@150 以下 垂木(45×45~90)@500 以下転ばし勾配 45 度以下
		垂木：3-CN75 斜打 5 寸勾配転び止め仕様	構造用合板(9-15mm)又は構造用 <sup>®</sup> 桧(1-3 級) N50@150 以下 垂木(45×45~90)@500 以下転ばし+転び止め材勾配 30 度以下
鋼製火打ち	梁 105×105	平均負担面積 5m <sup>2</sup> 以下	火打構面梁せい 105mm 以上平均負担面積 5m <sup>2</sup> 以下
		平均負担面積 3.3m <sup>2</sup> 以下	火打構面梁せい 105mm 以上平均負担面積 3.75m <sup>2</sup> 以下
		3.3m <sup>2</sup> を許容耐力分補正	火打構面梁せい 105mm 以上平均負担面積 2.5m <sup>2</sup> 以下
	梁 105×150	平均負担面積 5m <sup>2</sup> 以下	火打構面梁せい 150mm 以上平均負担面積 5m <sup>2</sup> 以下
		平均負担面積 3.3m <sup>2</sup> 以下	火打構面梁せい 150mm 以上平均負担面積 3.75m <sup>2</sup> 以下
		3.3m <sup>2</sup> を許容耐力分補正	火打構面梁せい 150mm 以上平均負担面積 2.5m <sup>2</sup> 以下
	梁 105×240	平均負担面積 5m <sup>2</sup> 以下	火打構面梁せい 240mm 以上平均負担面積 5m <sup>2</sup> 以下
		平均負担面積 3.3m <sup>2</sup> 以下	火打構面梁せい 240mm 以上平均負担面積 3.75m <sup>2</sup> 以下
		3.3m <sup>2</sup> を許容耐力分補正	火打構面梁せい 240mm 以上平均負担面積 2.5m <sup>2</sup> 以下

2.2.2 接合部の引張圧縮バネのモデル化

wallstat マニュアルに記載がある接合部の引張・圧縮バネの応力変形特性は図 2.2-1 の 3 種類である。本マニュアルに従い wallstat に入力可能な実験結果のモデル化を行う場合、適用可能な応力変形特性は[J3]のみとする。接合部の破断点まで評価できる 4 折線スリップ型の[J3]での実験結果による応力変形特性への変換の方法を次頁の①から⑨までに示す。

ただし、横架材間の接合部は応力を適切に伝達できるように初期装備パラメータの HD40kN の剛性 $K_{Si}$ を 4 倍したものを用い、横架材間の接合部で破壊の恐れがある場合には別途検討を行う。

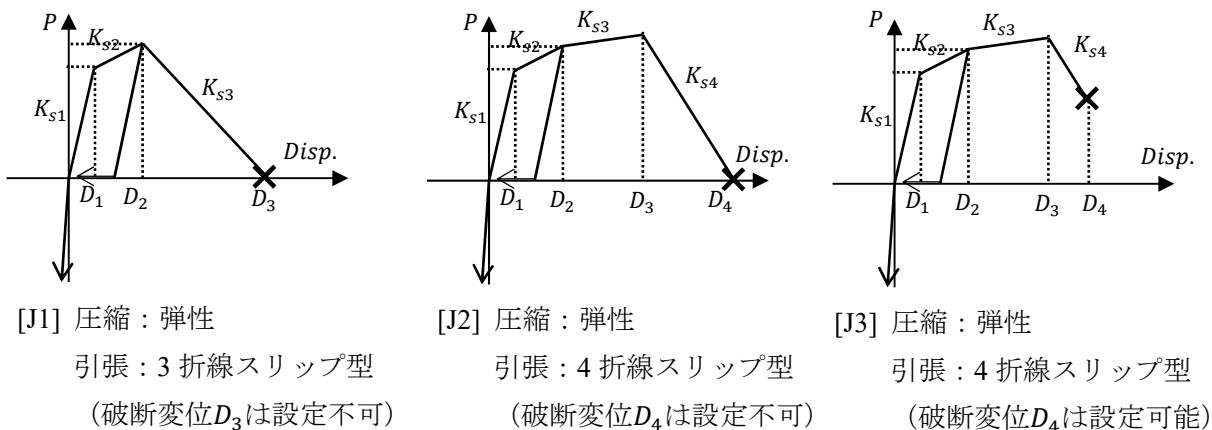


図 2.2-1 wallstat マニュアルに記載がある接合部の応力変形特性



実験結果から応力変形特性への変換の方法

- ①最大荷重 $P_{max}$ より骨格曲線上の $0.1P_{max}$ と $0.4P_{max}$ を結んだ線をⅠ、 $0.4P_{max}$ と $0.9P_{max}$ を結んだ線をⅡとする。
- ②Ⅱを平行移動し、骨格曲線に接する線をⅢとする。
- ③ⅠとⅢの交点の荷重を降伏耐力 $P_y$ とする。
- ④X軸に平行で $P_y$ を通る線をⅣとし、Ⅳと骨格曲線の交点 $(\delta_y, P_y)$ と原点を結んだ線をⅤとする。
- ⑤Ⅱを平行移動し、 $P_y$ を通る線をⅥとする。
- ⑥Ⅴ、Ⅵ、X軸に平行な線Ⅶ及びⅦと $P_{max}$ 経験後の骨格曲線との交点の変位で囲む面積に対し、骨格曲線が原点から $\delta_d$ までを囲む面積 $S_1$ が一致する線Ⅶを決定する。Ⅶが $P_{max}$ 経験後の骨格曲線と交点を持たない場合には方法Bに進む。交点を持つ場合には、その時の変位を低下変位 $\delta_d$ 、Ⅶの荷重を終局耐力 $P_u$ 、ⅥとⅦの交点の変位を降伏変位 $\delta_v$ とし、方法Aに進む。

[方法 A]

- ⑦ $0.8P_{max}$ 時の変位又は単調載荷実験により設定した最大変位のうち、小さい方を終局変位 $\delta_u$ とする。
- ⑧骨格曲線が $\delta_d$ から $\delta_u$ までを囲む面積 $S_2$ に対し、 $(\delta_d, P_u)$ を通る線ⅧでX軸が $\delta_d$ から $\delta_u$ までで囲む面積が一致する線をⅧとする。Ⅷの $\delta_u$ の時の荷重を破壊耐力 $P_d$ とする。
- ⑨ただし、wallstatで応力変形特性を設定する場合の破断変位 $D_4$ 及び $P_d$ は骨格曲線の最大変位 $\delta_{max}$ に対して、骨格曲線が $\delta_d$ から $\delta_{max}$ までを囲む面積 $S_2'$ に対し、 $(\delta_d, P_u)$ を通る線Ⅷ'でX軸が $\delta_d$ から $\delta_{max}$ までの区間で囲む面積が一致する線をⅧ'とし、Ⅷ'の $\delta_{max}$ の時の点を $D_4$ と定めても良い。

[方法 B]

- ⑦Ⅴ、Ⅵ、X軸に平行な線Ⅶ及び $0.8P_{max}$ 時の変位と単調載荷実験により設定した最大変位のうち小さい変位（低下変位 $\delta_d$ ）で囲む面積と骨格曲線が原点から $\delta_d$ までを囲む面積 $S_1$ が一致する線Ⅶを決定し、Ⅶの荷重を終局耐力 $P_u$ 、ⅥとⅦとの交点の変位を降伏点変位 $\delta_v$ とする。
- ⑧実験結果で得られた骨格曲線の最大変位時の点の変位を終局変位 $\delta_u$ とし、骨格曲線が $\delta_d$ から $\delta_u$ までを囲む面積を $S_2$ とし、 $(\delta_d, P_u)$ を通る線ⅧでX軸が $\delta_d$ から $\delta_d$ から $\delta_u$ までの区間で囲む面積が一致する線をⅧとし、Ⅷの $\delta_u$ の時の荷重を破壊耐力 $P_d$ とする。
- ⑨ただし、実験での $\delta_u$ が $\delta_d$ と一致する場合には $\delta_u$ を $1.01\delta_d$ とし、 $P_d$ は0とする。

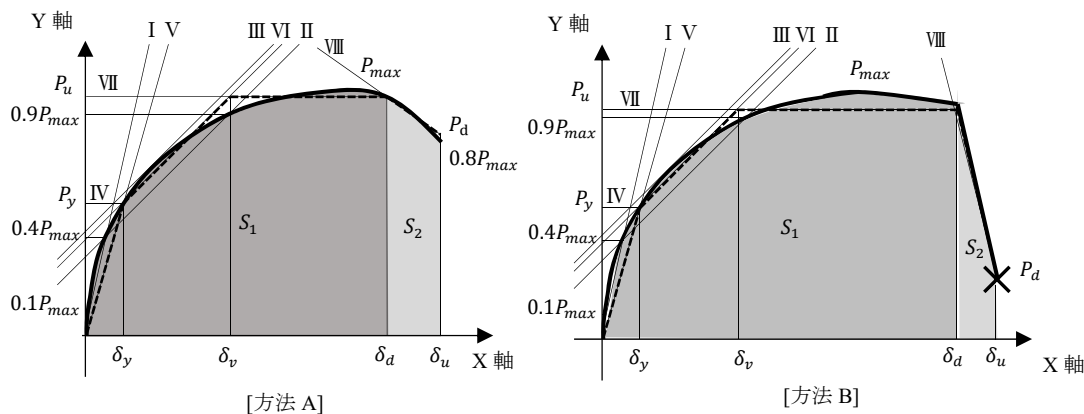


図 2.2-2 接合部の応力変形特性への変換方法

## [解説]

実験結果から wallstat に適用するモデルを作成する場合、終局状態における下降域の挙動まで再現したモデルとする。

横架材接合部については、本来合板などの接合は釘打ち位置より隣接した合板の釘打ち位置にせん断力が流れていく。

wallstat では床をブレース置換にてモデル化を行っているため、ブレース端部に応力が集中し、横架材接合部に加わる応力は実際よりも大きな応力となる可能性がある。

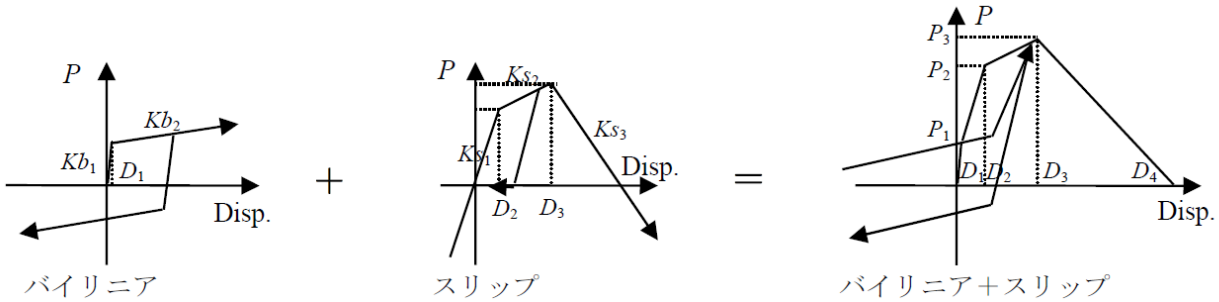
よって、横架材接合部は解析では壊れないことを想定し、実際の接合仕様よりも高い耐力と剛性を有した接合仕様として、初期装備パラメータの中で最も耐力が高い HD40kN の剛性を 4 倍した接合仕様を配置することとした。ただし、横架材接合部での破壊の恐れがある場合には別途検討を行う。

モデル化はエネルギー等価を基本原則としてモデル化を行った。

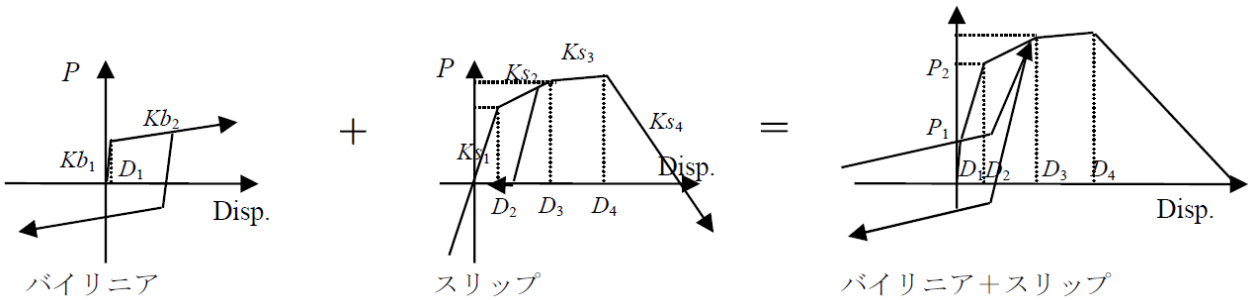
### 2.2.3 耐力壁及び水平構面のモデル化

wallstat マニュアルに記載してある耐力壁及び水平構面の水平方向の応力変形特性は図 2.2-3 の 3 種類である。

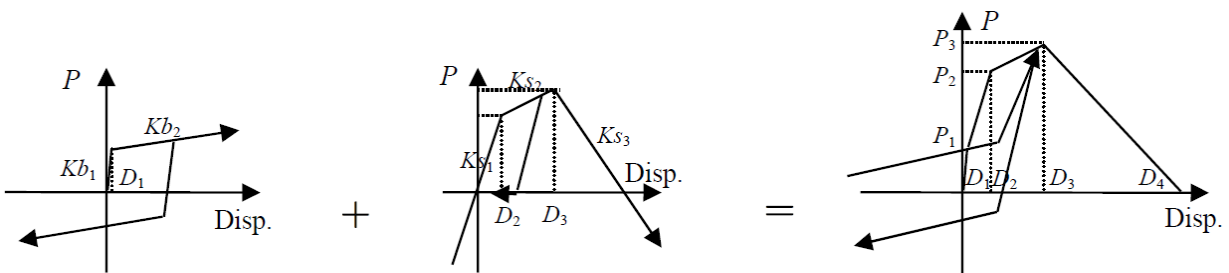
バイリニア+4折線スリップ型の[W2]での実験結果による応力変形特性への変換の方法を次頁の①から⑩までに示す。



[W1] バイリニア + 3 折線スリップ型 (バイリニア+スリップ型の荷重 $P_i$ 、変位 $D_i$ 入力)



[W2] バイリニア + 4 折線スリップ型 (バイリニア+スリップ型の荷重 $P_i$ 、変位 $D_i$ 入力)



[W3] バイリニア + 3 折線スリップ型 (バイリニア及びスリップ型の剛性 $K_{bi}$ ,  $K_{si}$ 、変位 $D_i$ 入力)

図 2.2-3 wallstat マニュアルに記載がある耐力壁及び水平構面の応力変形特性

実験結果から応力変形特性への変換の方法

- ①から③までは接合部と同様とする。
- ④X 軸に平行で $P_y$ を通る線をIVとし、IVと骨格曲線の交点の変位を降伏変位 $\delta_y$ とする。
- ⑤Y 軸通過後の再載荷曲線と骨格曲線との交点を重切耐力 $P_b$ とする。原点と $P_b$ を結ぶ線をVとし、 $P_b$ と $P_y$ を結ぶ線をVIとし、 $P_b$ の変位を $\delta_b$ とする。 $P_b$ は、交点の耐力郡の平均値を取る。
- ⑥IIを平行移動し、 $P_y$ を通る線をVIIとする。
- ⑦V、VI、VII、X 軸に平行な線VIII及びVIIIと $P_{max}$ 経験後の骨格曲線との交点の変位（低下変位 $\delta_d$ ）で囲む面積に対し、骨格曲線が $\delta_d$ までを囲む面積 $S_1$ が一致する線VIIIを決定する。VIIIが $P_{max}$ 経験後の骨格曲線と交点を持たない場合、方法 B に進む。交点を持つ場合、VIIIの荷重を終局耐力 $P_u$ 、VIIとVIIIの交点の変位を降伏点変位 $\delta_v$ とし、方法 A に進む。

[方法 A]

- ⑧ $0.8P_{max}$ 時の変位又は $1/15rad$ 時の変位のうち、小さい方を終局変位 $\delta_u$ とする。
- ⑨及び⑩は 2.2.2 項の接合部の[方法 A]の⑧及び⑨と同様とする。その際、接合部のVIII及びVIII'は線 IX 及びIX'とする。

[方法 B]

- ⑧V、VI、VII、X 軸に平行な線VIII及び $1/15rad$ 時の変位（低下変位 $\delta_d$ ）で囲む面積と骨格曲線が原点から $\delta_d$ までを囲む面積 $S_1$ が一致する線VIIIを決定し、VIIIの荷重を終局耐力 $P_u$ 、VIIとVIIIとの交点の変位を降伏点変位 $\delta_v$ とする。
- ⑨及び⑩は 2.2.2 項の接合部の[方法 B]の⑧及び⑨と同様とする。その際、接合部のVIIIは線IXとする。

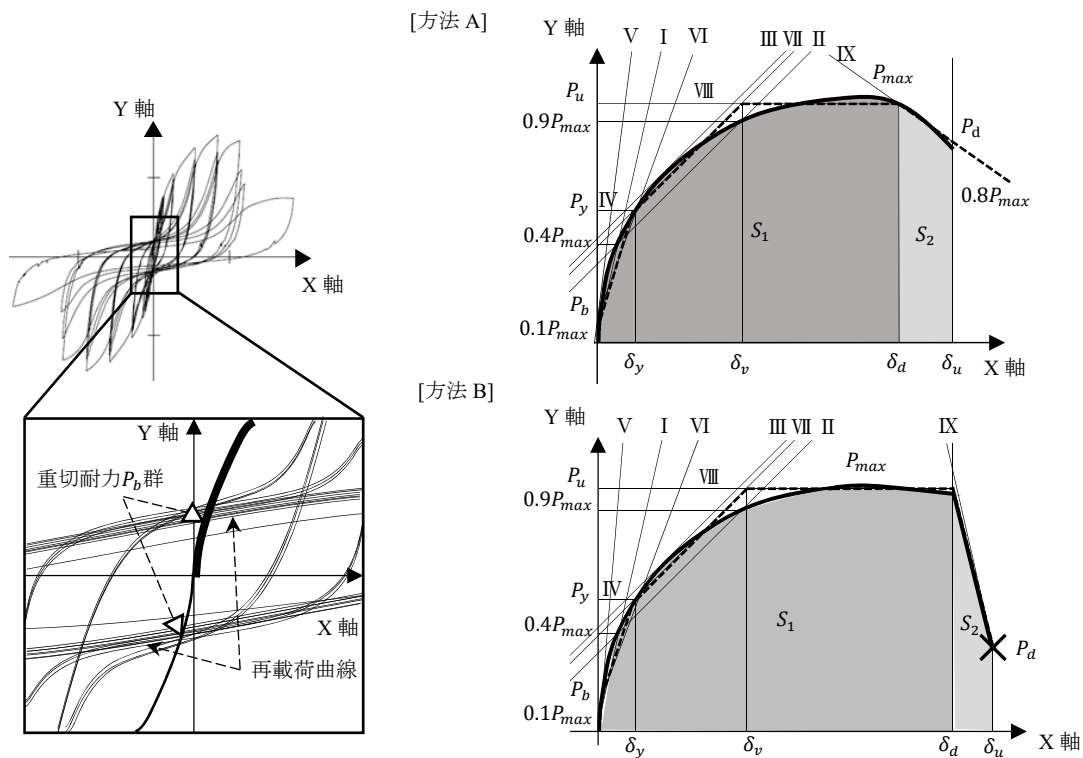


図 2.2-4 耐力壁及び水平構面の応力変形特性への変換方法

耐力壁については壁の基準耐力 $P_a$ 及び基準剛性 $K_a$ を算定する。

本マニュアルでは耐震診断指針に記載されている $P_a$ 及び $K_a$ についてはその値を適用できる。

実験より算定する場合は $P_a$ については(2.2-1)式による。

$$P_a = \alpha \times \beta \times 0.2P_u \sqrt{2\mu - 1} \quad \dots(2.2-1)$$

ここで、

$\mu$ ：塑性率。方法 A の場合は $\delta_u/\delta_v$ 、方法 B の場合は $\delta_d/\delta_v$ 。

$\alpha$ ：耐力低減係数。使用環境の影響、施工性の影響等を勘案して定める係数。ただし、耐久性の影響を勘案する必要はない。

$\beta$ ：靱性低減係数。0.8 $P_{max}$ 時の終局変位が 1/30rad 時の変位に達していない場合に式(2.2-2)により算定する。それ以外は 1.0 とする。

$$\beta = \left( \frac{\delta_u}{\delta_{1/30}} \right)^2 \quad \dots(2.2-2)$$

$\delta_{1/30}$ ：対象の実験の 1/30rad 時の変位。

同様に実験より $K_a$ を算定する場合は骨格曲線の 1/200 時の割線剛性に剛性低減係数を乗じた値とする。

剛性低減係数は①靱性を考慮した耐力に比して、剛性が大きくなる傾向がある場合、②劣化による低下が著しい場合に設定する。

#### [解説]

実験結果から wallstat に適用するモデルを作成する場合、終局状態における下降域の挙動まで再現したモデルとする。wallstat への入力する際、構面は 0.91m×2.8m の場合を入力し、縦軸は荷重(単位[kN])、横軸は変位(単位[m])であることに注意する。

耐力壁及び水平構面のモデルについて、wallstat では当該耐力壁の高さ及び幅に応じて 0.91m×2.8m で入力した応力変形特性を自動的に補正するのだが、バイリニア及びスリップ型の剛性を入力する方法では大変形時を考慮した補正方法となっていないため、本マニュアルでは取り扱わない。

よって、荷重入力の折点数が多い応力変形特性を本マニュアルでは用いることとする。

初期装備パラメータについては[W1]で設定されているが、接合部と同様に使用可能とする。

設定する応力変形特性は、wallstat では第 1 折点がバイリニア+スリップ型のバイリニアの折点と設定されているため、実験結果より $P_b$ を定める必要がある。

本マニュアルでは再載荷曲線と骨格曲線からバイリニアの折点を算定することとし、本マニュアルでは全交点のうち平均値を取ることとした。

基準耐力及び基準剛性の算定方法は耐震診断資料「4.1.2 項 耐力要素の壁基準耐力と壁基準剛性等」に記載されている方法に準拠している。

### 2.3 低減係数及び低減後の応力変形特性の算定

本マニュアルでは精密診断法2に準拠し、耐力壁の基準の応力変形特性の低減を行う。

耐力壁の基準の応力変形特性に低減係数 $K_C$ を乗じ、 $K_C$ は筋かい以外の場合は(2.3-1)式により、筋かいの場合は(2.3-2)式により算定する。

[筋かい以外の場合]

$$K_C = \min({}_dK, K_j) \quad \dots(2.3-1)$$

[筋かいの場合]

$$K_C = \min({}_dK, K_j, K_{js}) \times K_h \quad \dots(2.3-2)$$

ここで、

${}_dK$ ：耐力壁の劣化低減係数。2.3.1 項による。

$K_j$ ：基礎による耐力壁の低減係数。2.3.2 項による。

$K_{js}$ ：筋かい金物による低減係数。2.3.3 項による。

$K_h$ ：筋かいの高さ幅比による低減係数。2.3.3 項による。

#### [解説]

各低減係数は耐震診断指針に準拠し、その内、接合部の低減係数を除いた値としている。接合部の引抜耐力の不足により定められている精密診断法2の柱接合部による壁の耐力低減係数については wallstat では接合部のモデル化が自動的に行われ反映されるため、本マニュアルでは低減係数から除くこととした。

一方で本マニュアルでは筋かい端部の金物及び基礎はモデル化を行わない。筋かい金物の耐力が不足している時及び基礎が不健全である時の影響を考慮する必要があるため、耐震診断指針の精密診断法1を参考に $K_j$ 、 $K_{js}$ を設定した。

腰垂壁のモデル化を行う場合には高さによる補正が wallstat では自動的に行われるため、全面壁の耐力壁として低減係数を与える必要があることに注意する。モデル化を行わない場合には腰垂壁が取り付く柱の水平耐力を腰垂壁がある場合を想定して耐力の低減を行う。方法は耐震診断指針「4.3.3 項 保有する耐力の(2)」を参考にする。

#### 2.3.1 耐力壁の劣化低減係数

構面を構成している柱等の部材、面材、モルタル、土壁、筋かいなどの劣化による耐力壁の低減係数 ${}_dK$ は表 2.3-1 による。

表 2.3-1 構面の劣化の程度と耐力壁の劣化低減係数 ${}_dK$

構面の劣化の程度	低減係数 ${}_dK$
① 劣化が認められない。	1.00
② 部材に部分的な劣化が認められる。 (ドライバーが刺さる、部材の腐朽が見られる、面材釘接合部に軽微な腐食が見られる、モルタルに亀裂があるなど)	0.85
③ 部材に著しい劣化が認められる。 (ドライバーが簡単に深く刺さる、部材の劣化や面材釘接合部の腐食、釘の折損などにより接合部の耐力がない、モルタルや土壁が一部剥落しているなど)	0.70

### 2.3.2 基礎による耐力壁の低減係数

本マニュアルでは基礎のモデル化を行わないため、基礎の仕様による低減係数 $K_j$ を表 2.3-2 より算定する。基礎の状態は表 2.3-3 により判断する。

表 2.3-2 基礎の仕様による鉛直構面の低減係数 $K_j$

鉛直構面の配置位置	積雪区域	壁の基準耐力と基礎の仕様											
		2.0[kN/m]			3.0[kN/m]			5.0[kN/m]			7.0[kN/m]		
		基礎 I	基礎 II	基礎 III	基礎 I	基礎 II	基礎 III	基礎 I	基礎 II	基礎 III	基礎 I	基礎 II	基礎 III
平屋建て	一般地域	1.0	0.85	0.7	1.0	0.85	0.7	1.0	0.8	0.7	1.0	0.8	0.7
	多雪区域積雪 1m (雪下ろしを行う場合)	1.0	1.0	1.0	1.0	0.85	0.75	1.0	0.8	0.7	1.0	0.8	0.7
	多雪区域積雪 2m (雪下ろしを行わない場合)	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.85	1.0	0.85	0.75	1.0	0.85	0.75
	多雪区域積雪 2.5m (雪下ろしを行わない場合)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.95	0.95	1.0	0.9	0.8
2階建ての1階 3階建ての1階 3階建ての2階	一般地域	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0	0.85	0.7	1.0	0.8	0.6
	多雪区域積雪 1m (雪下ろしを行う場合)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.85	1.0	0.85	0.75
	多雪区域積雪 2m (雪下ろしを行わない場合)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.95	0.95	1.0	0.95	0.9
	多雪区域積雪 2.5m (雪下ろしを行わない場合)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.95	0.95	1.0	0.95	0.9

表 2.3-3 基礎の仕様と健全度

基礎の仕様	仕様と健全度の説明
基礎 I	健全な鉄筋コンクリート造布基礎、又はべた基礎。
基礎 II	ひび割れのある鉄筋コンクリート造の布基礎、又はべた基礎、無筋コンクリート造の布基礎、柱脚に足固めを設け鉄筋コンクリート底盤に柱脚または足固め等を緊結した玉石基礎、軽微なひび割れのある無筋コンクリートの基礎
基礎 III	玉石、石積、ブロック基礎、ひび割れのある無筋コンクリート造の基礎など

### 2.3.3 筋かい金物による低減係数

本マニュアルでは筋かい金物を含めた筋かいのモデル化を行わないため、表 2.3-4 により低減係数 $K_{js}$ を与える。ただし、告示の仕様を満足している場合は 1.0 とする。

壁高さ $H_0$ と筋かいの両端が取り付く柱間の距離 $L_d$ の比 $H_0/L_d$ が 3.5 を超える筋かいの場合に限り、(2.3-3)式にて高さ幅比による低減係数 $K_h$ を算定し、他の低減係数とは別に耐力に乗じる。

表 2.3-4 木製筋かいの接合仕様による低減係数 $K_{js}$

筋かい金物等	筋かいの要素基準耐力[kN/m]		
	3.0 未満	3.0 以上 5.0 未満	5.0 以上
2.0 倍用金物以上	1.0	0.9	0.8
1.5 倍用金物	0.9	0.8	0.7
釘打ち (2-N75 程度) 以下	0.8	0.7	0.6

$$K_h = 3.5L_d/H_0$$

...(2.3-3)

### 2.3.4 勾配屋根を陸屋根に変換する方法

wallstat では何種類かの屋根の仕様が初期装備パラメータに入っている。

初期装備パラメータにある勾配が指定されている応力変形特性については、仕様を満足している指定勾配以下の勾配にのみ水平構面への応力変形特性への置換を行わず適用しても良い。

上記以外の屋根仕様は同仕様の実験結果より、2.4.2 項により wallstat に組み込める応力変形関係とし、勾配を持った屋根面材の応力変形特性を陸屋根に貼り付けた場合の応力変形特性とするために補正する。

補正した際の耐力 $P_c$ は(2.3-4)式により算定する。

$$P_c = P \times \cos\theta \quad \dots(2.3-4)$$

ここで、

$P$  : 補正前の耐力。

$\theta$  : 屋根勾配。

#### [解説]

屋根構面及び束、母屋及び棟木などは壊れずに適切に水平力を下層へと伝達している想定での置換とする。ただし、下層へ力を伝達する箇所に注意し、置換を行うこととする。例えば、節点に重量が分配されるため、母屋及び棟木が入っていた箇所に材を入れるといった置換が想定される。



### 3. wallstat の操作方法

3 章では画面キャプチャ等により操作例を用いて作業の手順を示す。

#### 3.1 wallstat 内のファイルと用語の定義

studio、origin、wallstat マニュアル及び本マニュアルで用いる特有の名称一覧を示す。略称は「」で囲う。

名前	
origin	: 「origin フォルダ」。origin フォルダ内の構成へ。
studio	: 「studio フォルダ」。studio フォルダ内の構成へ。
readme.txt	: wallstat を使う人がはじめに読むファイル

ダウンロード時に最初に表示されるファイルとフォルダ

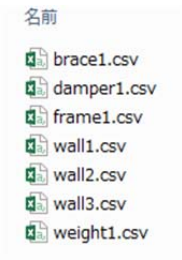
名前	
sample	: origin でモデルを作成する場合の例が入ったフォルダ。本マニュアルでは解説を行わない。
wallstat_seq	: 連続的に解析する際に必要なフォルダ。本マニュアルでは解説を行わない。
calc.exe	: 「calc」と呼ぶ計算プログラム。必要なファイルを揃え実行すると解析結果を出力する。
calc_b.exe	: Core2 以前の CPU 用の計算プログラム。本マニュアルでは解説を行わない。
default.ini	: 「計算条件ファイル」又は「default.ini」と呼ぶ計算回数、インクリメント等の計算条件が入ったファイル。
GLSharp.dll	: origin で 3D 表示する際に必要なファイル。本マニュアルでは解説を行わない。
gui.exe	: 「origin」と呼ぶ解析モデルの作成と解析結果のアニメーション確認が行える実行ファイル。
gui20.exe	: 複数の解析結果が同時に見れる実行ファイル。本マニュアルでは解説を行わない。
manual_e.pdf	: wallstat マニュアルの英語版。
manual_ex.pdf	: 「wallstat 拡張マニュアル」と呼ぶ origin 又は calc の追加機能の操作方法のマニュアル。
manual_j.pdf	: 「wallstat マニュアル」と呼ぶ origin 又は calc の操作方法のマニュアル。
OpenTK.dll	: origin で 3D 表示する際に必要なファイル。本マニュアルでは解説を行わない。
OpenTK.GLU.dll	: 同上。

#### origin フォルダ内の構成及び名称

名前	
wave	: 地震波形が 2 種類入っているフォルダ。本マニュアルでは解説を行わない。
BSL1_d.csv	: 「外力定義ファイル」の内、地震波形 BSL 波が入ったファイル。本マニュアルでは解説を行わない。
BSL2_d.csv	: 同上。
BSL3_d.csv	: 同上。
calc_1.exe	: 名称が異なるが、こちらも「calc」と呼ぶ。studio で解析を行う際に参照する計算プログラム。
calc_2.exe	: 追加解析する際に必要な計算プログラム。本マニュアルでは解説を行わない。
default.ini	: 上記説明済みのため省略。
default1.ini	: 名称は異なるが、同上。
load.csv	: 「外力条件ファイル」又は「load.csv」と呼ぶ外力情報、外力情報ファイルの参照ファイル。
parm.csv	: 「パラメータファイル」又は「parm.csv」と呼ぶ各要素の特性値情報が入ったファイル。
roof.csv	: 「屋根定義ファイル」と呼ぶポリゴン表示用ファイル。詳しい説明は wallstat 拡張マニュアルへ。
studio.exe	: 「studio」と呼ぶ容易に解析モデルの作成から解析結果の描画確認までできる実行ファイル。*
wallstat_studioの使い方.pdf	: 「studio 操作マニュアル」と呼ぶ基本的な studio の操作方法が記載されたマニュアル。
簡易重量表計算.xlsx	: 簡易的に層全体の重量算定を行うことが出来るファイル。本マニュアルでは用いない。
基準耐力定義.csv	: 「基準耐力ファイル」と呼ぶ初期装備パラメータの一部について基準耐力が記載してあるファイル。
許容耐力定義.csv	: 初期装備パラメータの一部について許容耐力が記載してあるファイル。本マニュアルでは用いない。
壁倍率定義.csv	: 初期装備パラメータの一部について壁倍率が記載してあるファイル。本マニュアルでは用いない。
編集ファイルサンプル.csv	: studio で「名前をつけて保存」した際に出力される中間ファイルのサンプル。
編集ファイルサンプル2.csv	: 同上。

※ただし、origin 又は calc に比べて一部機能制限がある。

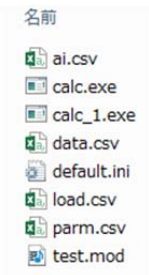
#### studio ファイルの構成及び名称



- 名前
- brace1.csv : 「筋かいファイル」又は「brace.csv」と呼ぶ筋かいに関する情報が入ったファイル。
- damper1.csv : 「制振装置ファイル」と呼ぶ制振装置の入力位置等が入ったファイル。本マニュアルでは用いない。
- frame1.csv : 「軸組ファイル」又は「frame.csv」と呼ぶ柱、横架材等の軸組に関する情報が入ったファイル。
- wall1.csv : 「構面ファイル」又は「wall.csv」と呼ぶ耐力壁及び水平構面に関する情報が入ったファイル。
- wall2.csv : 同上。
- wall3.csv : 同上。
- weight1.csv : 「重量ファイル」又は「weight.csv」と呼ぶ解析モデルの重量に関する情報が入ったファイル。

(記載してある左のファイル名は自由に変更が可能です)

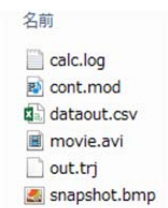
### 解析モデルファイルの作成時に必要となるファイル及び名称



- 名前
- ai.csv : 「外力情報ファイル」又は「ai.csv」と呼ぶブッシュオーバー解析に関する情報が入ったファイル。
- calc.exe : 「calc」と呼ぶ。このファイルを揃え実行すると解析結果を出力する。
- calc\_1.exe : 同上。
- data.csv : 「モニタリングファイル」又は「data.csv」と呼ぶ計算結果ファイルで出力する物理量を選択するファイル。
- default.ini : 「計算条件ファイル」又は「default.ini」と呼ぶ計算回数、インクリメント等の計算条件が入ったファイル。
- load.csv : 「外力条件ファイル」又は「load.csv」と呼ぶ外力情報、外力情報ファイルの参照内容が入ったファイル。
- parm.csv : 「パラメータファイル」又は「parm.csv」と呼ぶ各要素の特性値情報が入ったファイル。
- test.mod : 「解析モデルファイル」又は「test.mod」と呼ぶ解析モデルファイルの作成時に必要となるファイルの情報を統合したファイル。

(記載してある左のファイル名は外力情報ファイルを除き変更不可です)

### calc での解析時に必要となるファイル及び名称



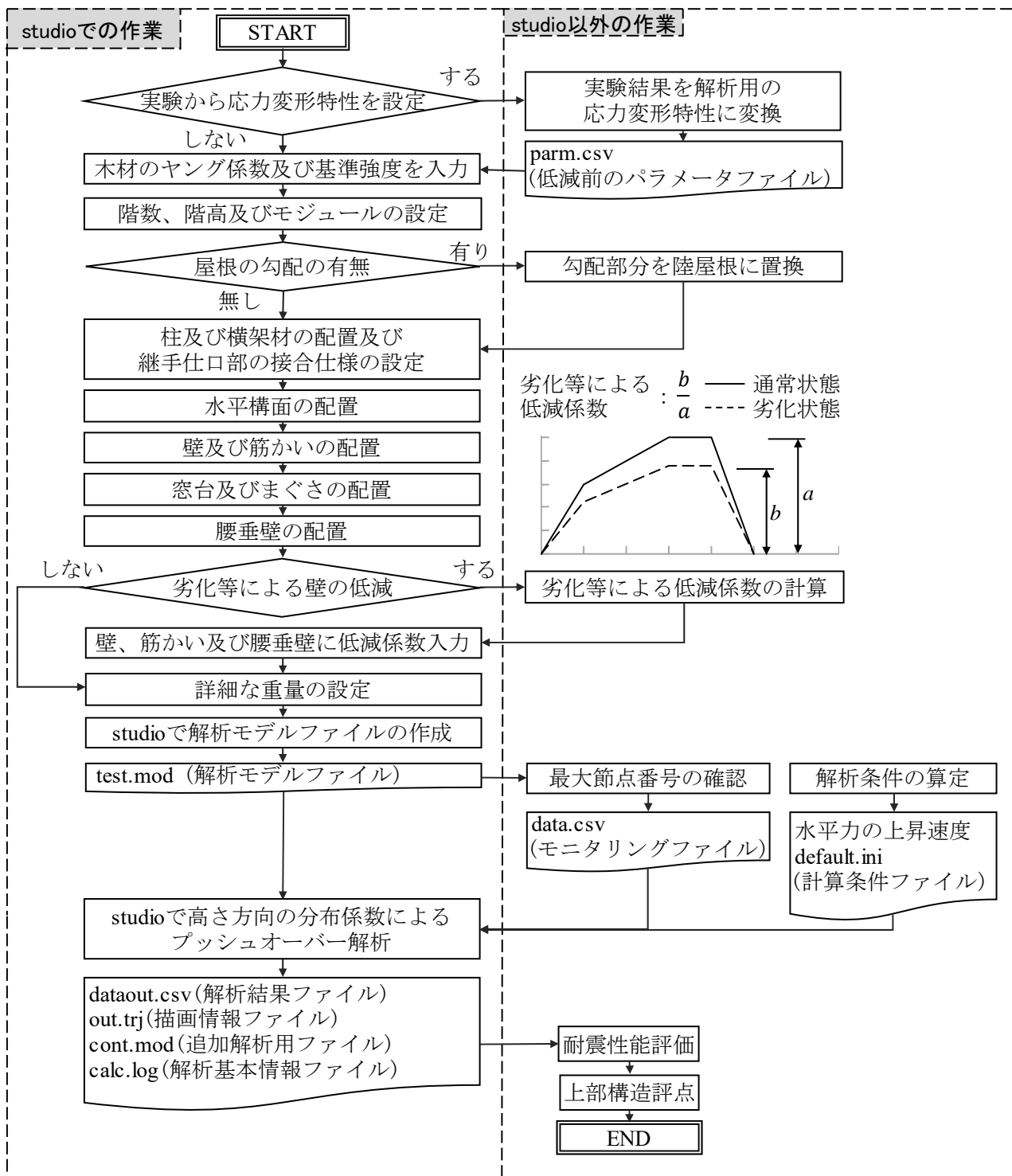
- 名前
- calc.log : 解析時間やかかった時間などが記載されたファイル。
- cont.mod : 「解析復帰ファイル」と呼ぶ解析結果から追加解析する際に必要なファイル。本マニュアルでは用いない。
- dataout.csv : 「計算結果ファイル」又は「dataout.csv」と呼ぶ解析結果が数値で出力されるファイル。
- movie.avi : origin 又は studio よりアニメーションを.avi で保存したファイル。本マニュアルでは解説しない。
- out.trj : 「軌跡ファイル」又は「out.trj」と呼ぶ origin 又は studio で動画を描画する際に必要なファイル。
- snapshot.bmp : origin 又は studio により描画した画面を.bmp で保存したファイル。

(記載してある左のファイル名は出力時の一般的な名称です。)

### 解析終了時に作成されるファイル及び名称

### 3.2 wallstat の操作フロー

以下に操作フローを示す。



### 3.3 studio の操作

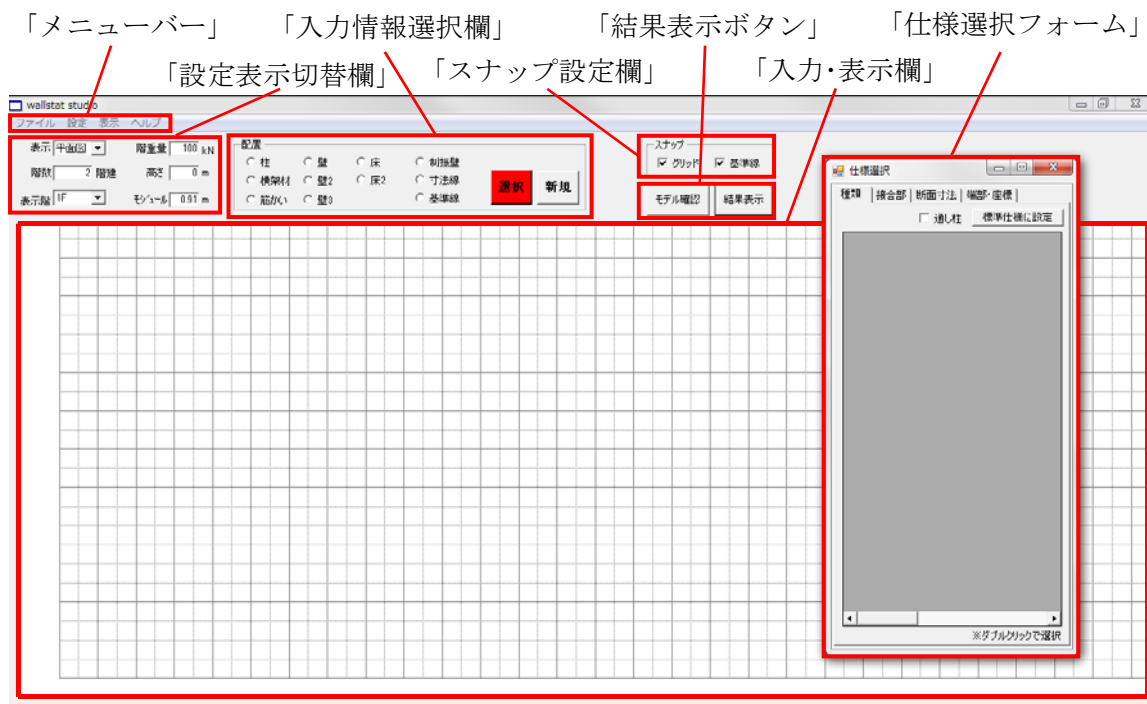
解析モデル作成のための中間ファイルを studio で作成し、出力するまでの方法を示す。

#### 3.3.1 studio の初期画面

studio の初期画面の構成は以下の図のとおりである。以降、この欄の名前を用いる。

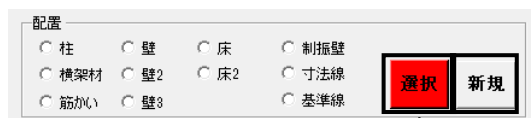
操作となる文章には◇を文頭に記載する。

注意が必要な文章には★を文頭に記載する。



studio の初期画面構成

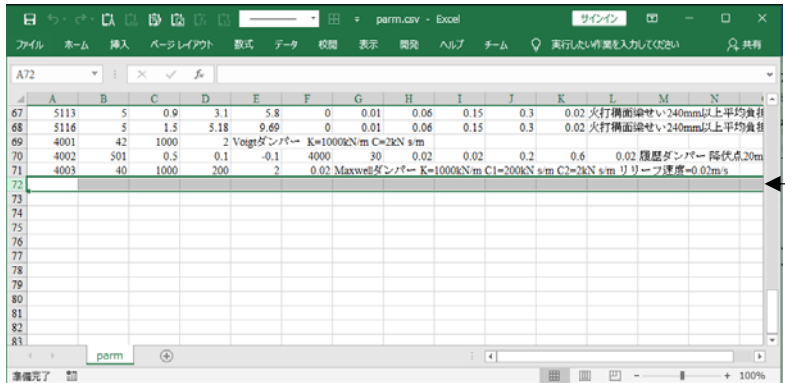
#### 「入力情報選択欄」



新規モード：入力・表示欄に新たに配置する場合に選択  
選択モード：入力・表示欄にすでに配置してある情報を選択、編集する場合に選択

### 3.3.2 接合部、耐力壁及び水平構面の応力変形特性の入力

- ◇基準の応力変形特性を、本マニュアルの「2.2 節」に従い初期装備パラメータ以外の応力変形特性を設定する場合、studio を開く前に以下の操作を行う。接合部、耐力壁及び水平構面で初期装備パラメータのみを用いる場合、3.3.3 項に進む。
- ◇studio が入っている studio フォルダ内のパラメータファイル (parm.csv) を開く。
- ◇パラメータファイルに初期装備パラメータの次の行から基準の応力変形特性を入力する。



入力は初期装備パラメータの次の行から行い、空白行を作らないようにする

入力する情報：2.2.2 項の[J3]の場合

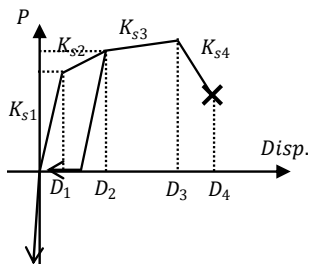
列番号	説明
A 列	パラメータ ID。2□□番、□に 2 桁の任意の整数。 <u>他のパラメータ ID と数字が重複してはならない。</u>
B 列	バネの種類。2.2.2 項の[J3]の場合は 26。
C 列から F 列まで	応力変形特性 $K_{s1}$ から $K_{s4}$ までの剛性。単位は [kN/m]。
G 列から J 列まで	応力変形特性 $D_1$ から $D_4$ までの変位。単位は [m]。
K 列	<u>studio</u> で判別する用の応力変形特性の名称。分かりやすく短い物が望ましい。

入力する情報：2.2.3 項の[W2]の場合※

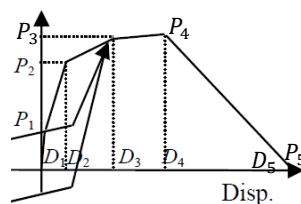
列番号	説明
A 列	パラメータ ID。5□□番、□に 2, 3 桁の任意の整数。 <u>他のパラメータ ID と数字が重複してはならない。</u>
B 列	バネの種類。2.2.3 項の[W2]の場合は 50。
C 列から G 列まで	応力変形特性 $P_1$ から $P_5$ までの荷重。単位は [kN]。
H 列から L 列まで	応力変形特性 $D_1$ から $D_5$ までの変位。単位は [m]。
M 列	バネの粘性減衰。0.02 か 0.03 とする。
K 列	<u>studio</u> で判別する用の応力変形特性の名称。分かりやすく短い物が望ましい。

※0.91m×2.8m の寸法の耐力壁の応力変形特性を入力すること。

入力した数値は配置した耐力壁形状に応じ自動的に 2 本のブレースに寸法、角度補正される。



[J3]：接合部 4 折線モデル



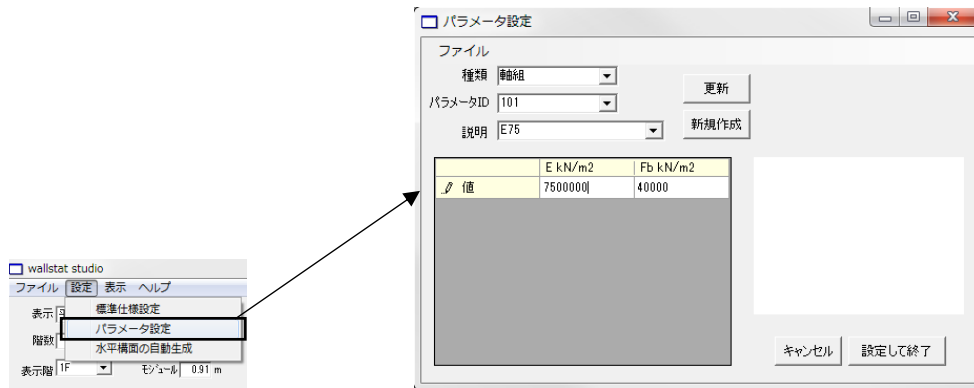
[W2]：構面 5 折線モデル

- ◇入力後、上書き保存する。ただし、ダウンロード時の元データを残しておきたい場合はダウンロード時のファイルの名称を変更し、編集したファイルを「parm.csv」で保存する。

### 3.3.3 接合部、耐力壁及び水平構面以外のパラメータの入力

◇studio フォルダ内にある studio を開く。

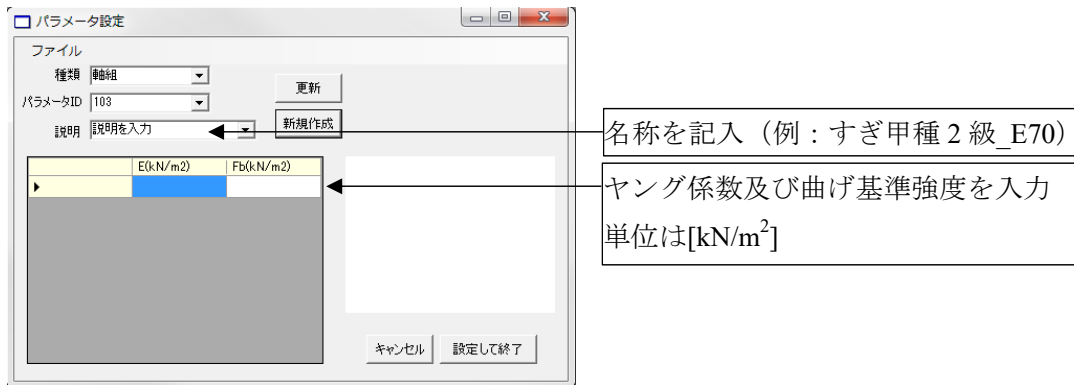
◇設定メニューのパラメータ設定を選択し、パラメータ設定フォームを開く。



◇初期装備パラメータにない軸組（木材）を用いる場合は以下の手順にて追加する。

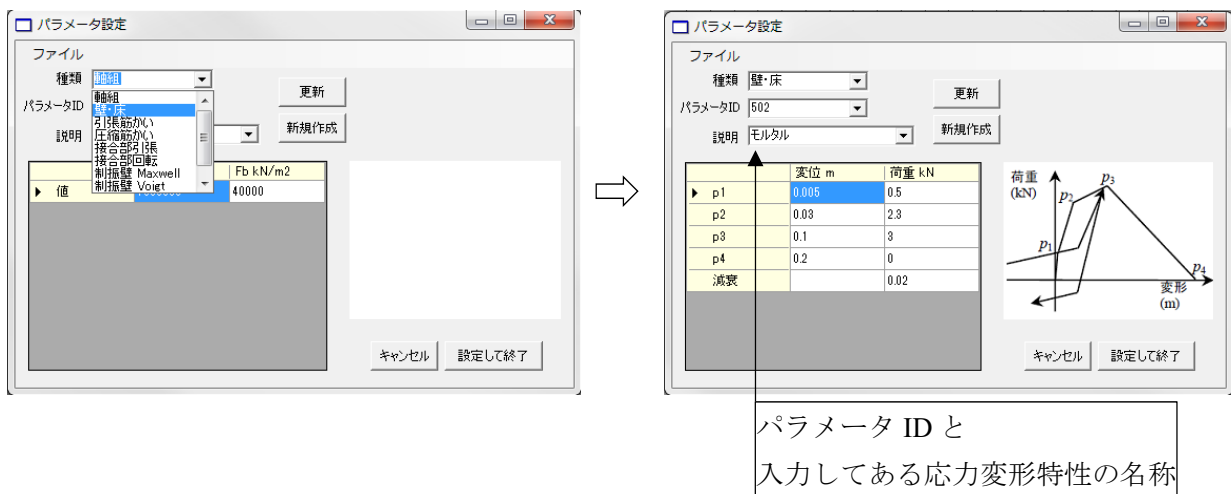
◇種類を軸組に変更して、新規作成をクリックする。

◇説明にパラメータの名称、E の列にヤング係数、Fb の列に曲げ基準強度を入力する。



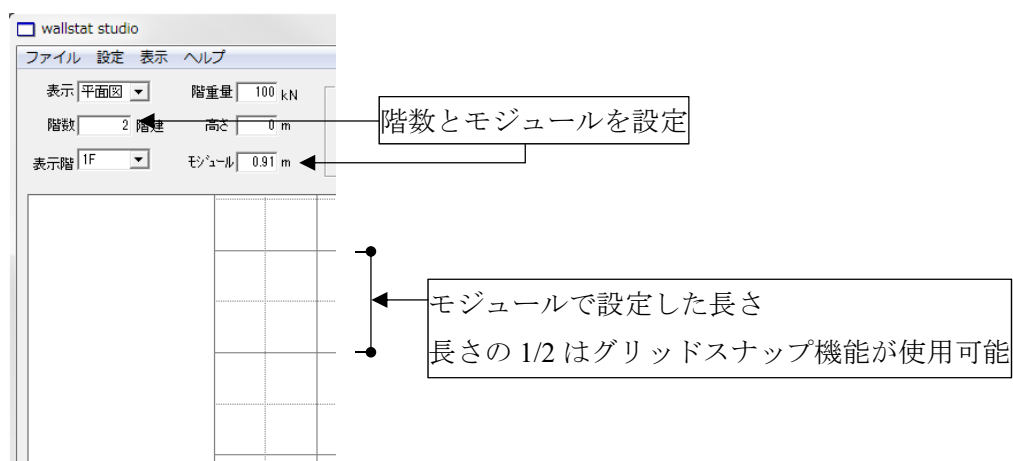
◇値の入力後、「更新」をクリックする。他にも追加する場合は「新規作成」をクリックして、1つ前の操作を行う。追加が終了した場合は「設定して終了」をクリックする。

★接合部引張及び壁・床に変更して使用するパラメータ ID と説明が一致しているかを確認する。

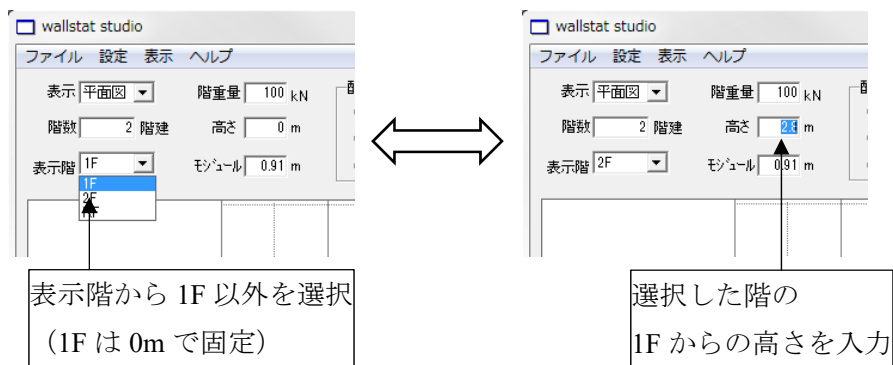


### 3.3.4 階数、階高及びモジュールの設定

◇設定表示切替欄から建物の階数と基準となるモジュールを設定する。



◇設定表示切替欄の表示階から 1F 以外の階を選択して、選択した階の床梁心の高さと土台軸心高さ間の距離を入力する。「1F」は高さ 0 で固定とする。



★各階の高さとモジュールを要素入力後に変更しても、入力済みの要素の座標設定は自動的に変更されない。

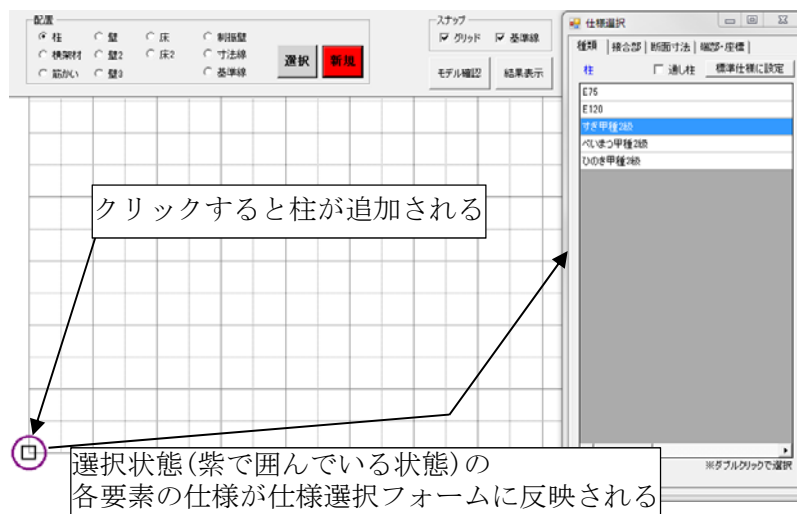
最初に正しく設定しておかない場合、モデルを組みなおす必要が出てくるため、必ず要素入力前に正しく設定を行う。

### 3.3.5 柱及び横架材の配置

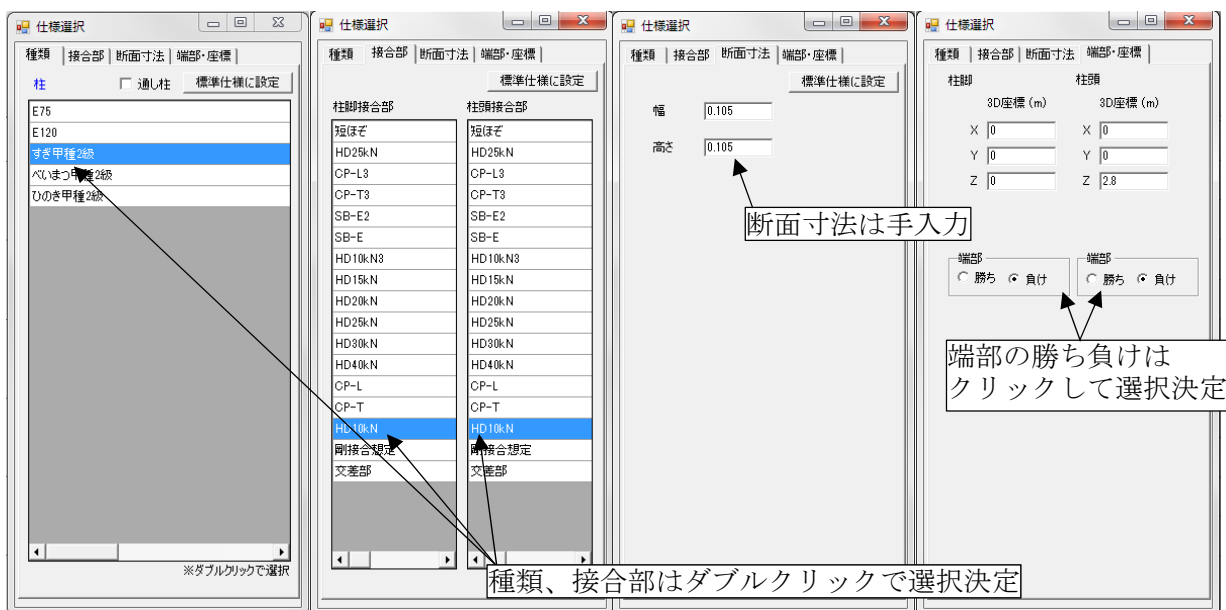
◇入力情報選択欄より柱を選択して、新たに部材を追加する場合は新規モードを選択する。



◇入力・表示欄の中で柱を置く箇所をクリックして柱を設置する。左下の端点が X 座標 0m、Y 座標 0m となる。



◇仕様選択フォームから4つの項目（種類、接合部、断面寸法、端部・座標）について、柱の仕様を設定する。各設定の選択方法は以下の通り。

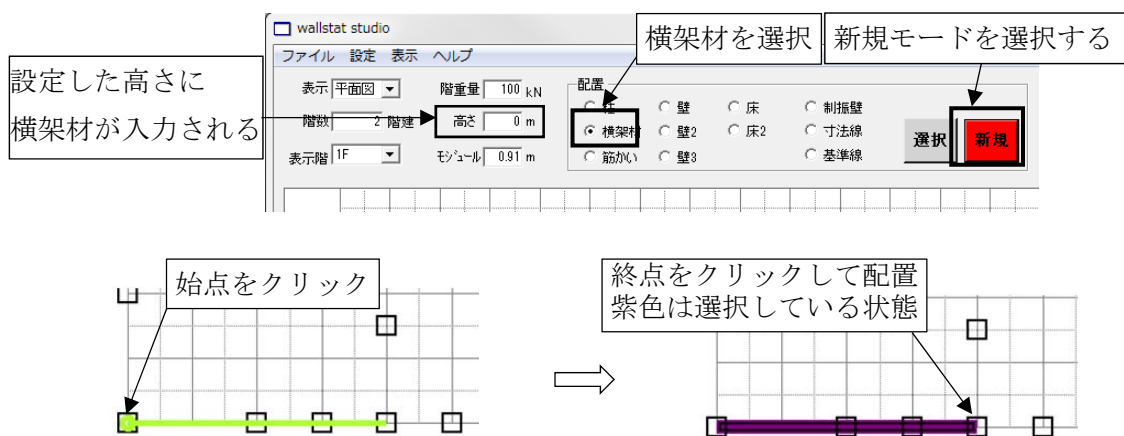


※「標準仕様に設定」をクリックすると次から入力される柱の初期仕様が選択した仕様となる。

◇当該階の柱を全て配置する。



- ◇入力情報選択欄より横架材を選択し、入力・表示欄の中で始点、終点をクリックして横架材を配置する。入力した横架材は設定表示切替欄の高さに入力された箇所に配置される。  
表示階が 1F の場合は高さが 0m で表示され、入力横架材は土台となる。それ以外は土台以外の横架材（梁）として入力される。大引の入力は行わない。



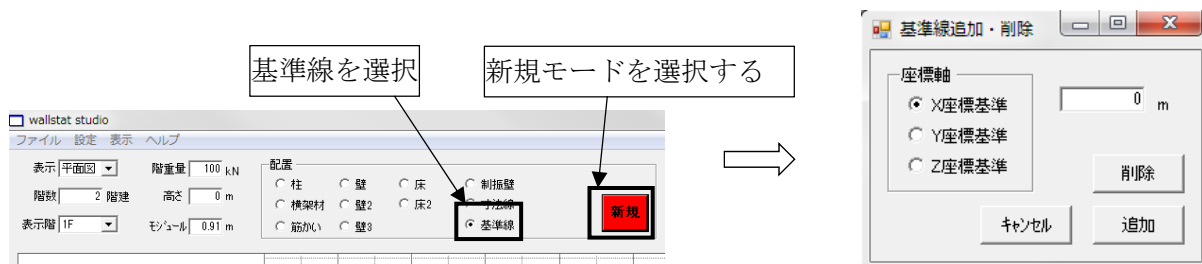
- ◇仕様選択フォームから 4 つの項目（種類、接合部、断面寸法、端部・座標）について、横架材の仕様を設定する。  
この時、横架材の部材端部は本マニュアルにおいて壊れない想定として、HD40kN の 4 倍程度の耐力を持つ接合仕様とする。

◇柱と横架材について同様の操作を全ての表示階に対して行う。

★勾配屋根がある場合には本マニュアルの 2.3.4 項によって陸屋根に置換した wallstat 入力用の図面を元に横架材を入力する。

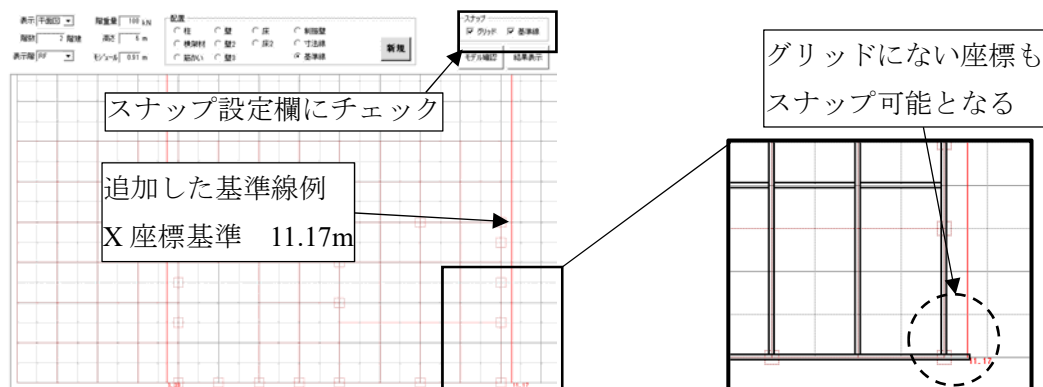
◇部材を入力したい箇所にグリッドが無くスナップできない場合、以下の手順により基準線を入力・表示欄に追加する。

◇入力情報選択欄より基準線を選択し、新規モードを選択して基準線追加・削除フォームを開く。



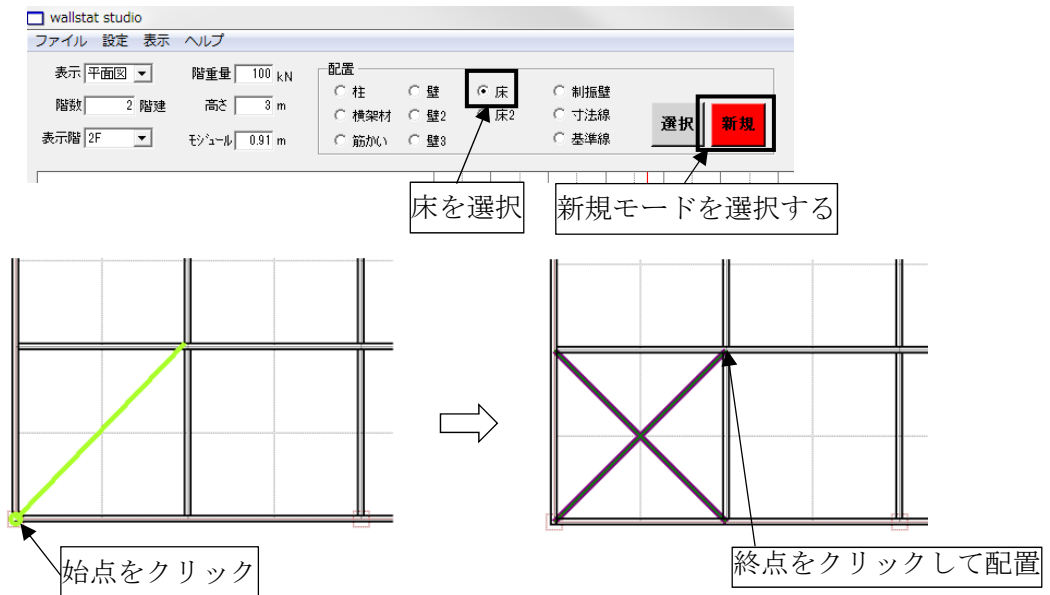
◇スナップしたい位置の座標軸と選択した座標軸上の値を入力し「追加」をクリックする。

入力・表示欄の追加した基準線がスナップ可能な座標となる。



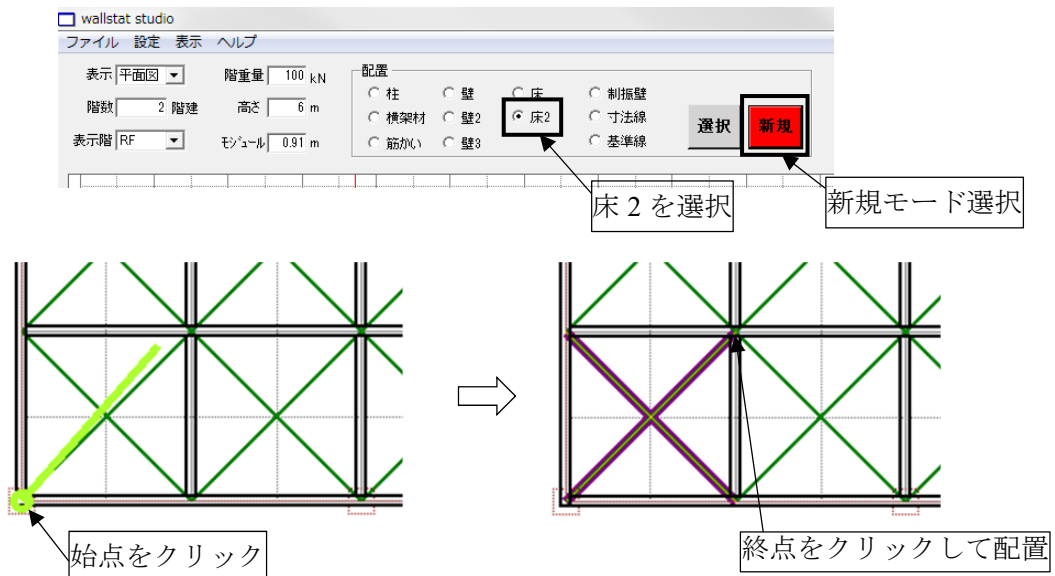
### 3.3.6 水平構面の配置

- ◇入力情報選択欄より床を選択し、新規モードを選択して、横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして床を配置する。



★始点と終点を結ぶ線上に横架材が来ないように配置する。

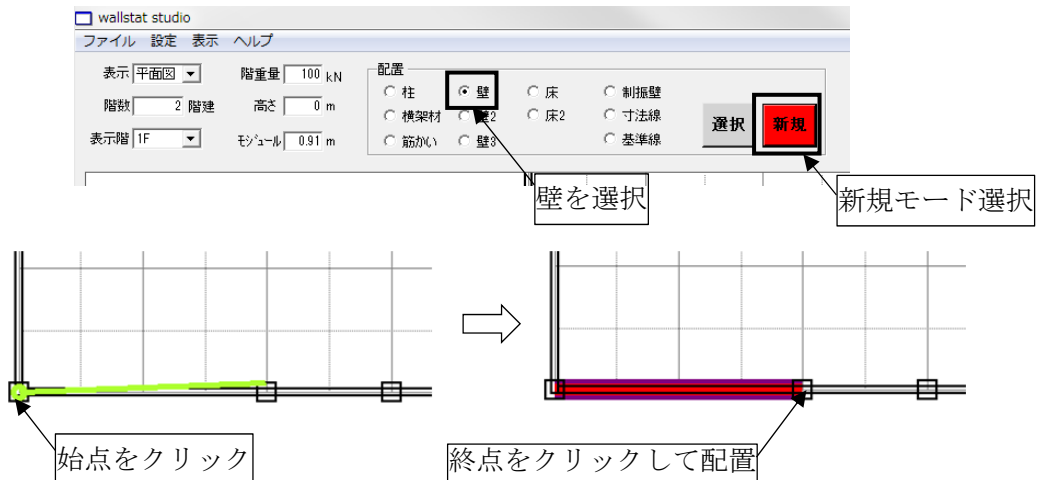
- ◇仕様選択フォームの4つの項目のうち種類の項目から床の仕様を設定する。
- ◇同じ箇所に耐力を持つ水平構面が2種類ある場合には、入力情報選択欄より床2を選択し、新規モードを選択して、横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして床を配置する。



- ◇1階床は設置しても外力を受けないため配置しない。  
それ以外の床、水平構面に置換した勾配屋根及び陸屋根を表示階の該当箇所に配置する。

### 3.3.7 耐力壁及び筋かいの配置

◇入力情報選択欄より壁を選択して、柱及び横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして壁を配置する。



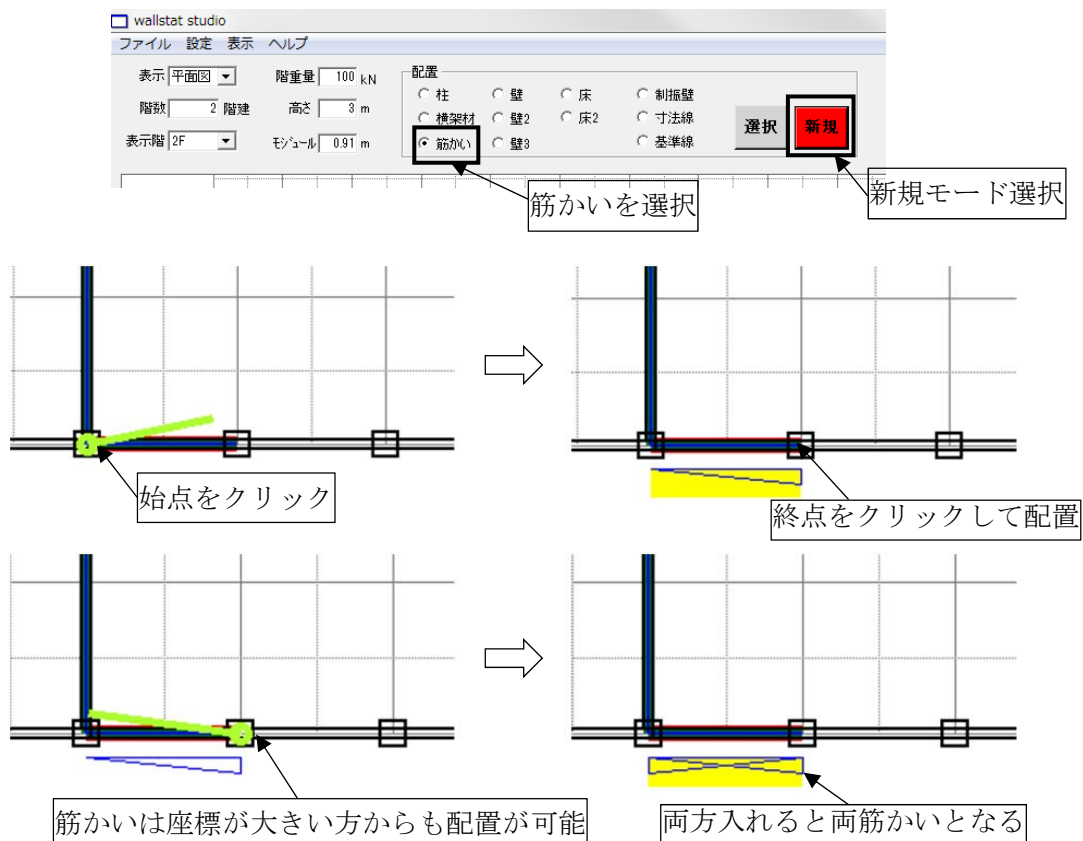
- ★横架材の入力と同様に X 座標及び Y 座標が小さい方を始点とすること。
- ★始点と終点を結ぶ線上に柱が来ないように配置する。

◇仕様選択フォームの 4 つの項目のうち種類の項目から壁 1 の仕様を設定する。

◇同じ箇所に耐力壁が 2 種類ある場合には、入力情報選択欄より壁 2 を選択して、柱及び横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして壁 2 を配置する。

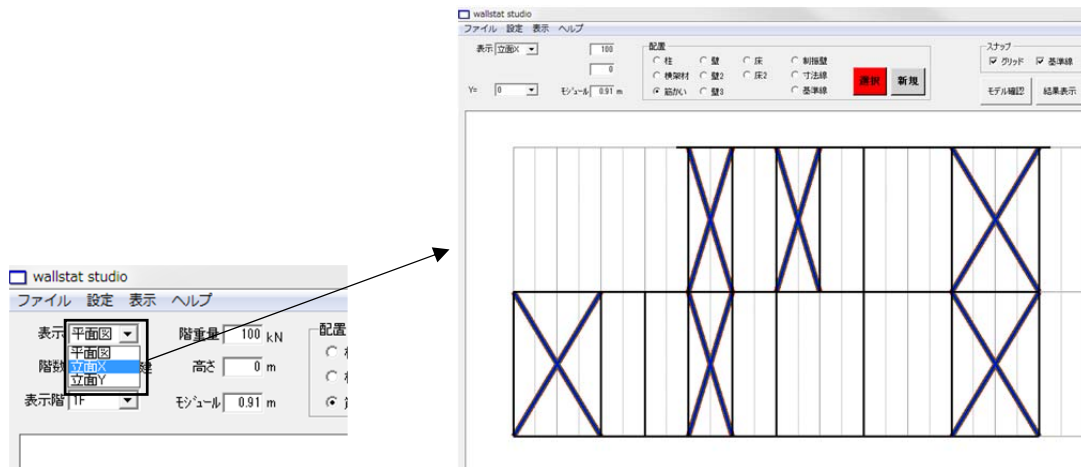
◇同じ箇所に耐力壁が 3 種類ある場合には、入力情報選択欄より壁 3 を選択して、柱及び横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして壁 3 を配置する。

◇入力情報選択欄より筋かいを選択して、柱及び横架材で囲まれた範囲で始点、終点をクリックして筋かいを配置する。



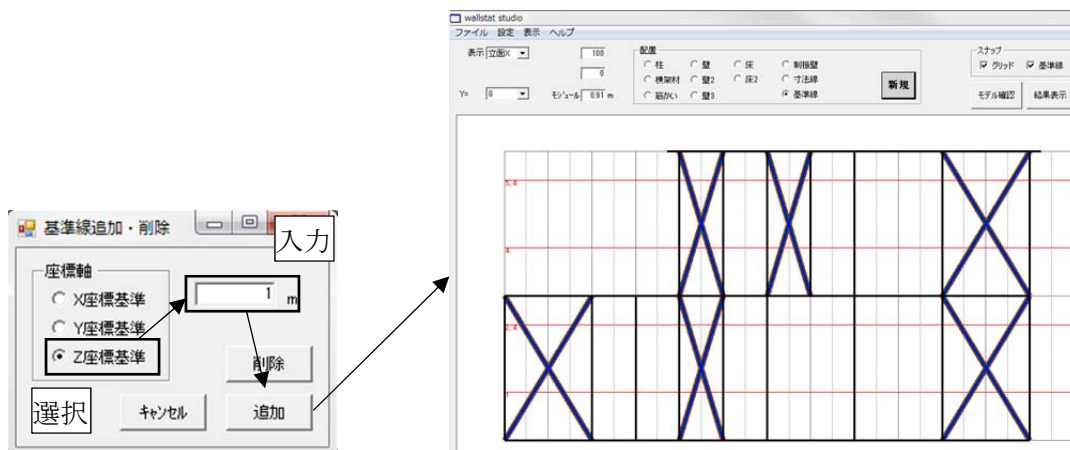
### 3.3.8 腰垂壁の配置

◇設定表示切替欄より表示から入力したい腰垂壁の方向に立面を設定する。立面の左端が座標 0m の位置となる。

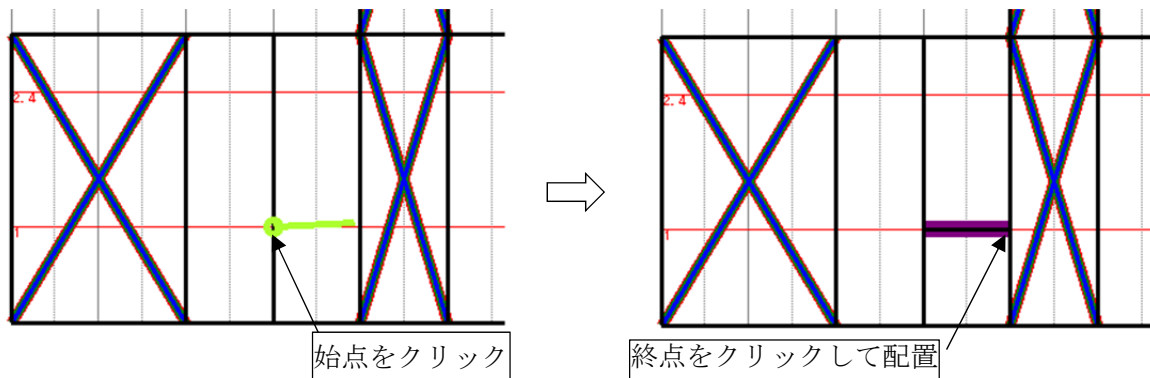


◇入力情報選択欄より基準線を選択し、新規モードを選択して基準線追加・削除フォームを開く。

◇座標軸の Z 座標基準を選択し、窓台及びまぐさを入力する高さに基準線を追加する。



◇入力情報選択欄より横架材を選択して、始点、終点をクリックして横架材を配置する。

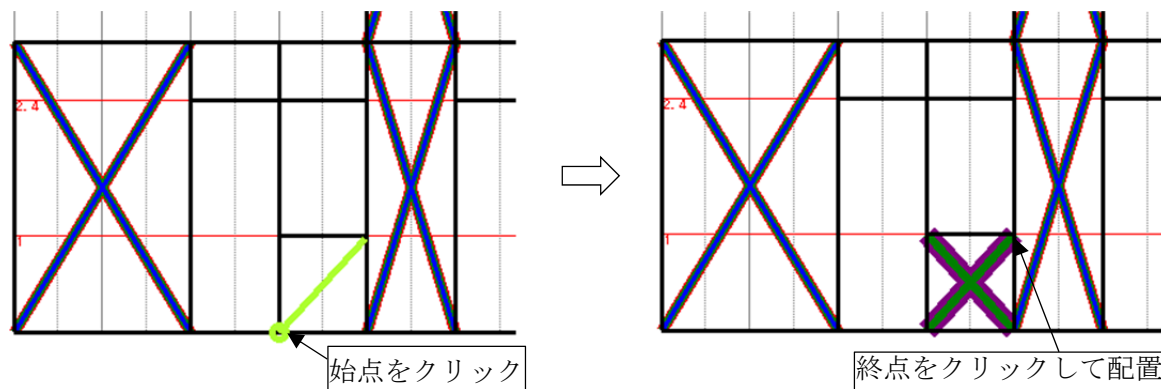


★始点と終点を結ぶ線上に柱が来ないように配置する。

◇仕様選択フォームから4つの項目（種類、接合部、断面寸法、端部・座標）について、窓台及びまぐさの仕様を設定する。

◇窓台及びまぐさを全て配置する。

◇入力情報選択欄より壁 1 を選択して、柱及び横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして壁を配置する。



◇仕様選択フォームの 4 つの項目のうち種類の項目から壁 1 の仕様を設定する。

◇同じ箇所には腰垂壁が 2 種類ある場合には、入力情報選択欄より壁 2 を選択して、柱及び横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして壁 2 を配置する。

◇同じ箇所には腰垂壁が 3 種類ある場合には、入力情報選択欄より壁 3 を選択して、柱及び横架材で長方形に囲まれた範囲で始点、終点をクリックして壁 3 を配置する。

◇腰垂壁を全て配置する。

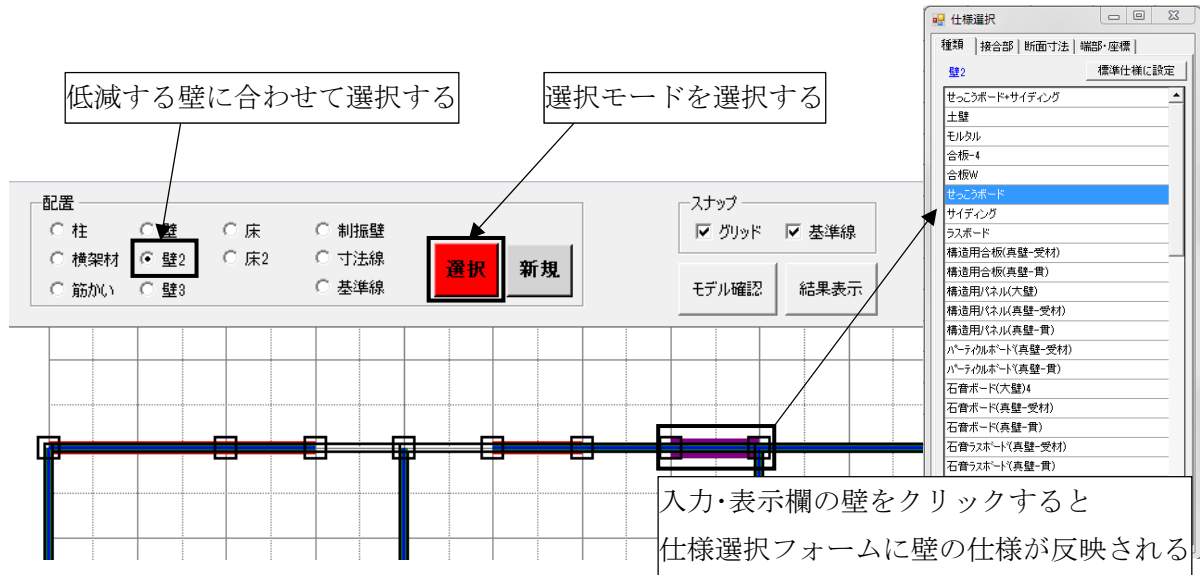
★腰垂壁のように高さ方向のプッシュオーバー解析を行う際に加力を行う高さ以外に横架材などを入力する場合は、できるだけ最後の方に作業を行うようにする。

入力作業時に studio が高さ情報を読み込み、自動的に座標を判断して入力補助を行うため、腰垂壁の入力後に入力作業を行う場合は立面での作業とし、高さ情報の判断が難しい平面での作業は避けるようにする。

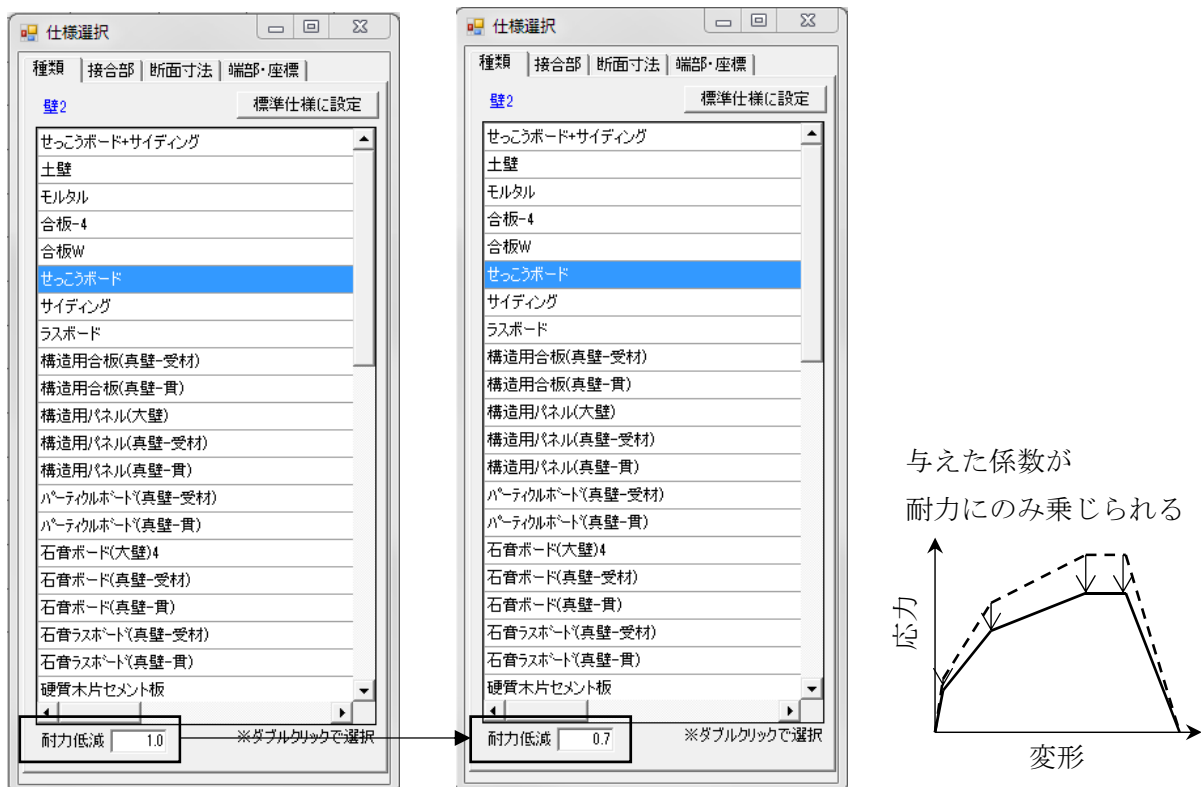
### 3.3.9 耐力壁の低減係数

◇入力情報選択欄より壁を選択して、選択モードをクリックし、2.3節より算定した低減係数を当てはめる耐力壁をクリックする。

この時、壁2で入力した耐力壁については壁2の選択モードとしなければ選択できないことに注意する。



◇仕様選択フォームの左下にある低減係数の数値に2.3節より算定した低減係数を入力する。

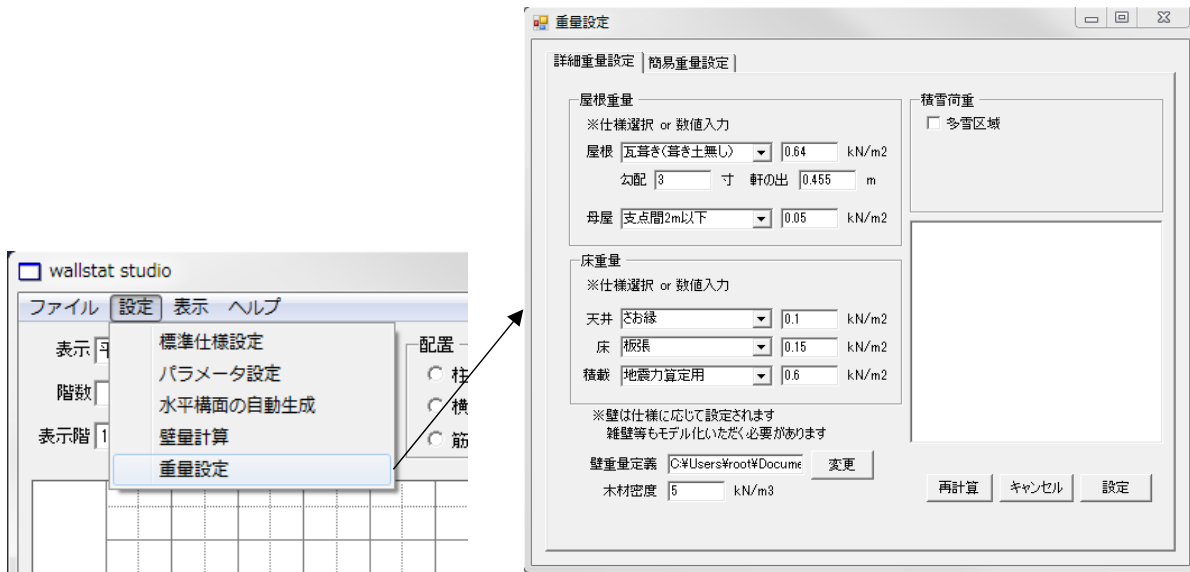


◇低減係数が1.0以外の全ての耐力壁に対して2.3節より算定した低減係数を与える。

### 3.3.10 詳細重量設定の方法

◇studio のメニューバーより「重量設定」を選択し、重量設定フォームを開く。

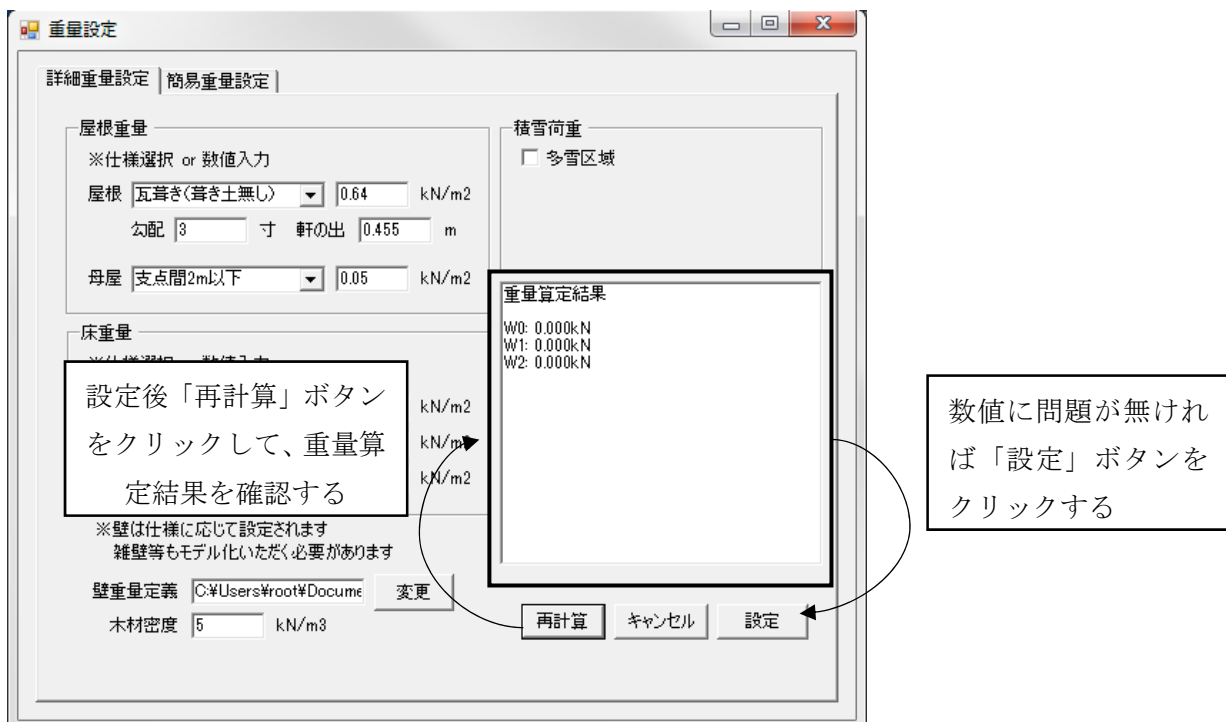
そのうち、詳細重量設定を行い、各節点の重量を自動的に算出する。



◇使用する構面のうち、床及び屋根を除いた構面について「壁重量定義.csv」ファイルから壁の単位面積当たりの重量を設定する。「壁重量定義.csv」ファイルの中の構成は以下のとおり。

A 列	B 列	C 列
パラメータ ID	単位面積当たりの重量 (単位[kN/m <sup>2</sup> ])	応力変形特性の名称
:	:	:

◇各重量を適当なものとし、再計算して画面上に出てきた数値が層の重量と大きく変わっていないことを確認し、「設定」ボタンをクリックする。





### 3.3.11 各要素の入力位置情報と応力変形特性の出力

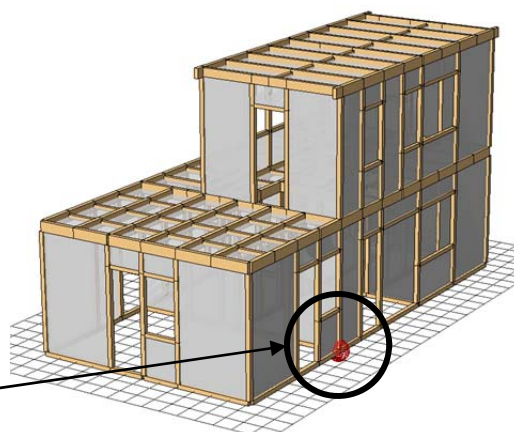
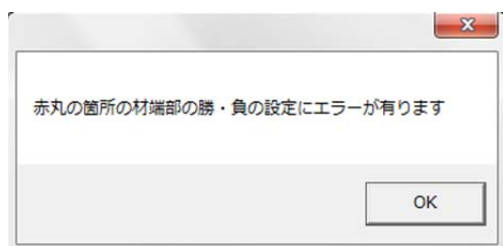
◇結果表示ボタンよりモデル確認をクリックし、モデル作成フォームからモデル作成をクリックする。



◇エラーが出ていない場合、次に進む。エラーが出た場合、端部の勝ち負けや軸組を同位置に重複して入力していないか等をチェックし、エラーが出なくなるまで作業を行う。

エラー例 1)

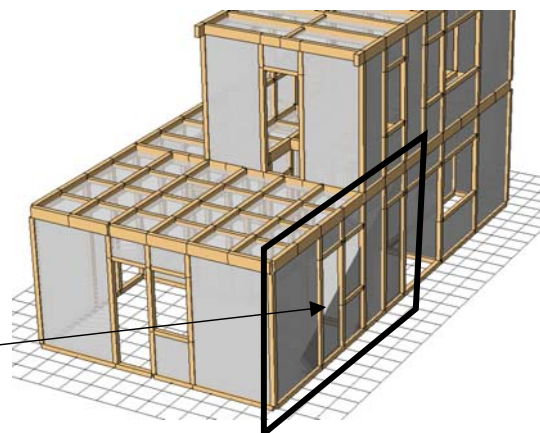
端部の勝負の設定が間違っている場合



エラー例 2)

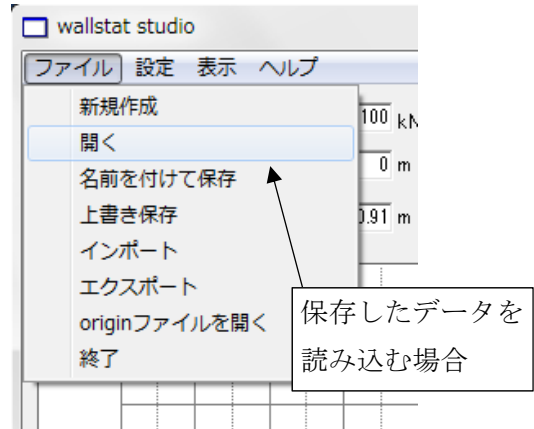
耐力壁が柱及び梁に取り付いていない場合

エラーメッセージは出力されないが、0点に向かって壁が入力される。斜めに線が入るのが目印



#### ★studio 用のファイルの保存方法

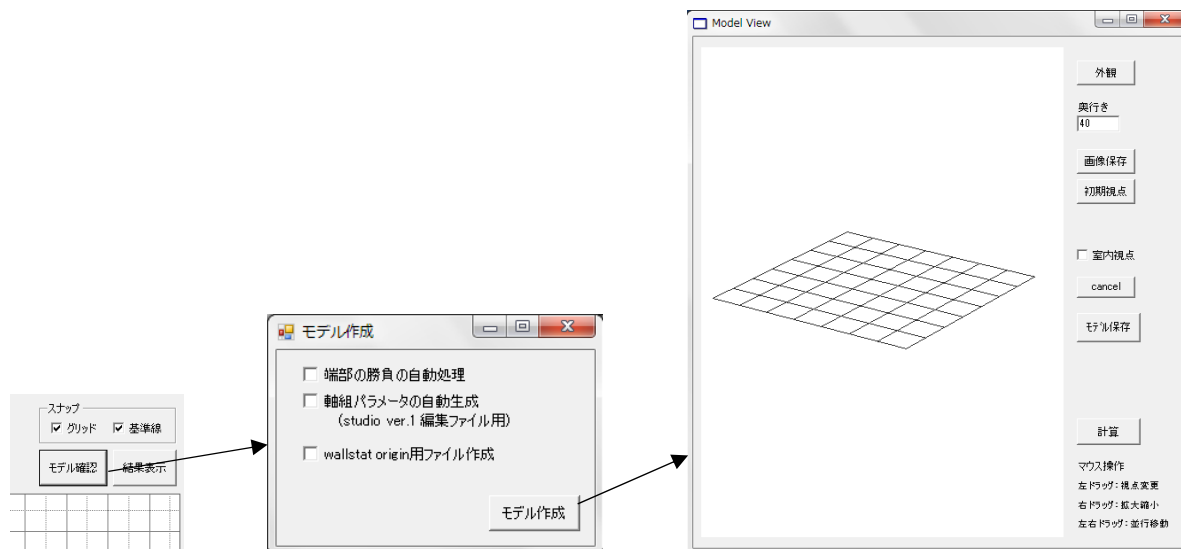
studio はファイルに変更があっても studio を閉じると変更による保存のチェックがない。また、本マニュアルを適用した際、途中経過を確実に保存できる方法としてファイルメニューの「名前を付けて保存」を推奨する。



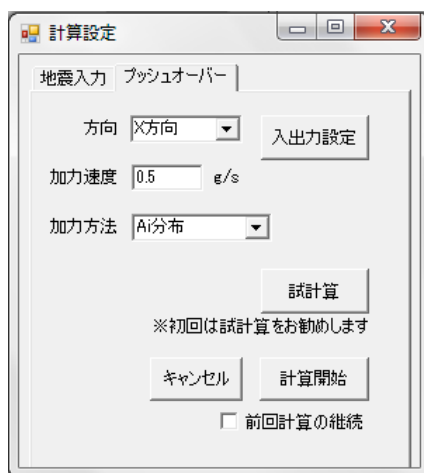
### 3.4 解析モデル作成のための手入力ファイルの作成方法

#### 3.4.1 計算開始

◇studio を開き、結果表示ボタンからモデル確認ボタンをクリックし、モデル作成フォームを表示し、モデル作成をクリックし、Model View フォームを表示する。



◇計算をクリックし、計算設定フォームを表示後、プッシュオーバータブから加力方向、加力速度（水平力の上昇速度）、加力方法「Ai 分布」を選択する。



◇計算設定フォームより計算開始ボタンをクリックする。

### 3.4.2 出力される情報

◇以下のファイルが studio フォルダに出力される。

- dataout.csv ⇒ 耐震診断に用いる解析結果が入ったファイル。
- out.trj ⇒ 解析結果を動画で確認するための描画用ファイル。
- calc.log ⇒ 解析対象時間等の情報が入ったファイル。
- cont.mod ⇒ 解析再開用の解析モデルの情報が入ったファイル。

◇dataout.csv の中身は以下の通りで並んでいる。

水平力と各階の変形の情報										重心位置の変形																																						
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN									
1	0.00021	-0.0746	-0.0506	0.72288	100.001	-0.3189	-0.1796	100.111	0	0	0	3.641	3.641	3E-04	3E-04	3.641	3.642	0.001	0.001	4.85	0	4.85	0	4.85	0	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788
2	0.00021	-0.0746	-0.0506	0.72288	100.001	-0.3189	-0.1796	100.111	0	0	0	3.641	3.641	3E-04	3E-04	3.641	3.642	0.001	0.001	4.85	0	4.85	0	4.85	0	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788
3	0.00021	-0.0746	-0.0506	0.72288	100.001	-0.3189	-0.1796	100.111	0	0	0	3.641	3.641	3E-04	3E-04	3.641	3.642	0.001	0.001	4.85	0	4.85	0	4.85	0	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788
4	0.00021	-0.0746	-0.0506	0.72288	100.001	-0.3189	-0.1796	100.111	0	0	0	3.641	3.641	3E-04	3E-04	3.641	3.642	0.001	0.001	4.85	0	4.85	0	4.85	0	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788
5	0.00021	-0.0746	-0.0506	0.72288	100.001	-0.3189	-0.1796	100.111	0	0	0	3.641	3.641	3E-04	3E-04	3.641	3.642	0.001	0.001	4.85	0	4.85	0	4.85	0	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788
6	0.00021	-0.0746	-0.0506	0.72288	100.001	-0.3189	-0.1796	100.111	0	0	0	3.641	3.641	3E-04	3E-04	3.641	3.642	0.001	0.001	4.85	0	4.85	0	4.85	0	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788	2.788

wallstat で出力される項目（先頭列から順に）

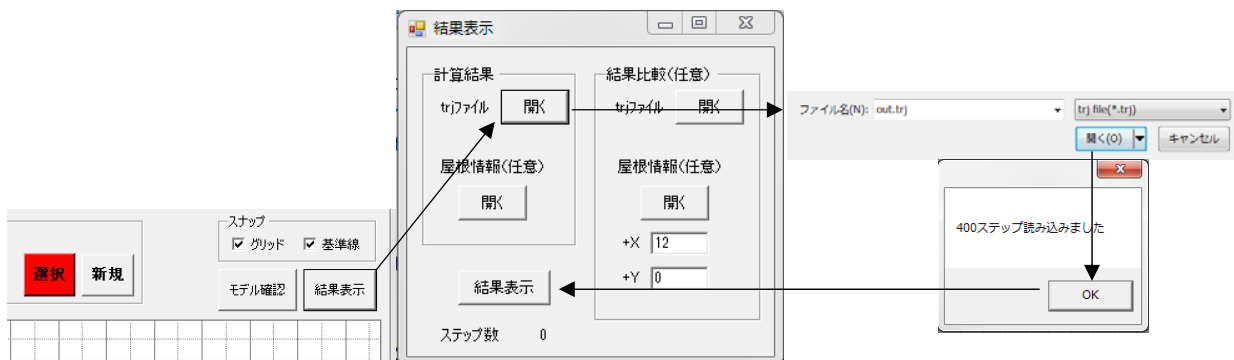
- 基礎反力  $F_x, F_y, F_z$
- $i$  層水平力  $F_x, F_y, F_z$   
(設定した階が 2 の場合は RF の水平力が 3F として出力される)
- 地盤  $GL_x, GL_y, GL_z$   
(地震波を入力した際に地震波の変位が出力される。プッシュオーバー解析の場合は 0)
- $i$  層加力位置にある節点のうち、四隅の節点の X 方向の座標。
- $i$  層加力位置にある節点のうち、四隅の節点の Y 方向の座標。
- $i$  層加力位置にある節点のうち、四隅の節点の Z 方向の座標。
- 各界の重心位置の変形

	A	B
1	基礎反力 $F_x$	基礎反力
2	0.0414592	0.20134
3	0.3711171	0.93
4	1.0759697	0.79002
5	:	:
6		

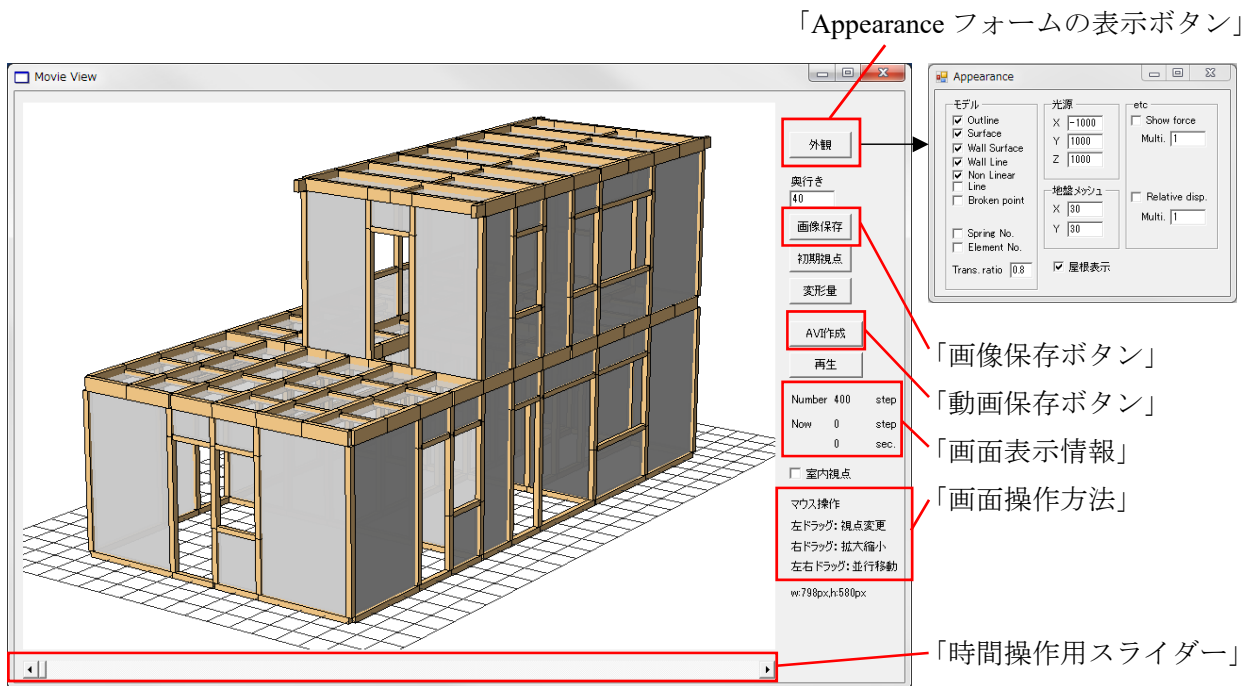
1 行分の経過時間は default.ini で設定した  
1 秒当たりの計算時間×出力頻度/10 [秒]間隔となる

### 3.4.3 解析結果の描画と画面の画像保存

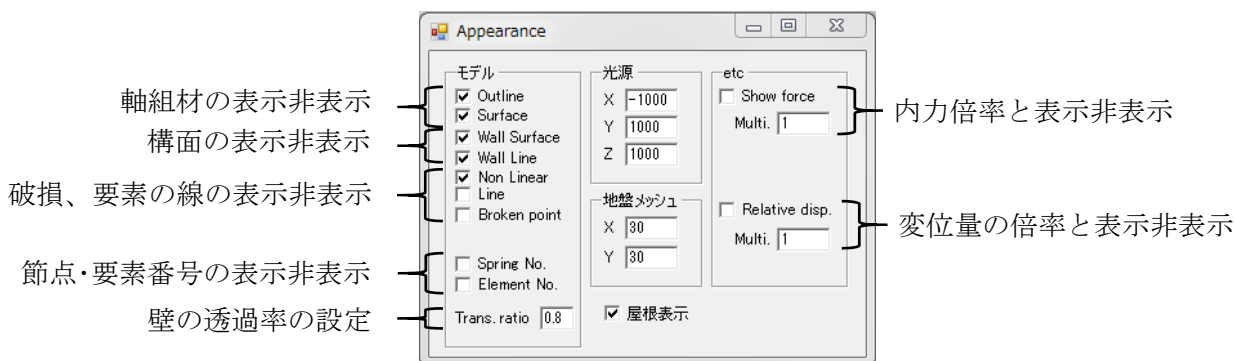
◇studio を開き直し、結果表示ボタンをクリックし、結果表示フォームを開き計算結果の trj ファイルの横にある開くボタンから出力した out.trj ファイルを選択し、フォーム内の結果表示ボタンをクリックする。



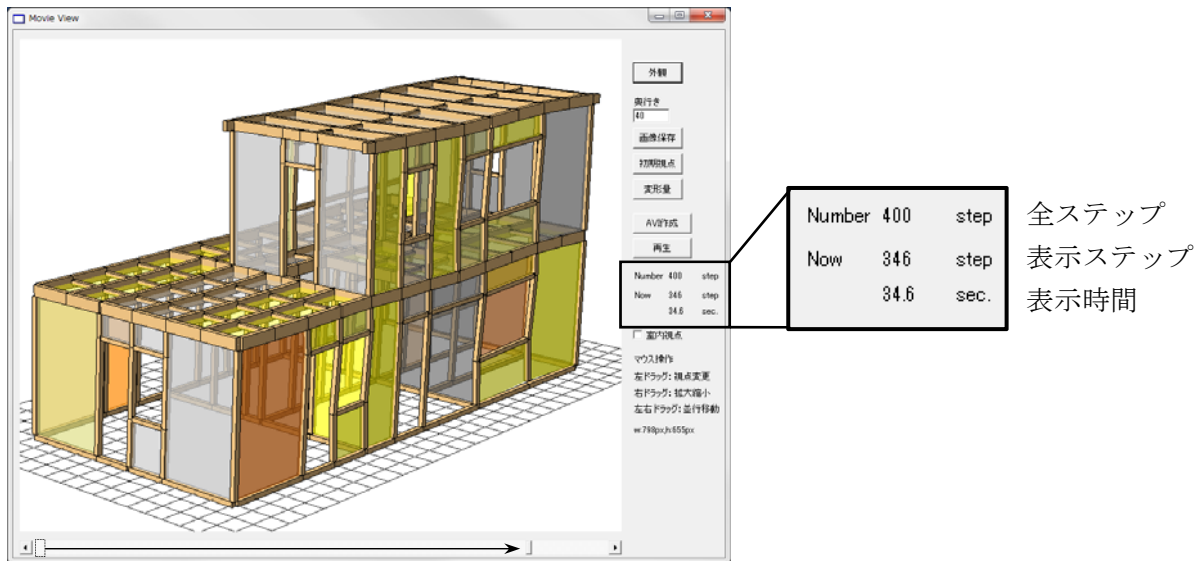
◇解析結果が視覚的に確認できる Movie View フォームの画面構成は以下のようにになっている。様々な機能があるが、本マニュアルで必要となる箇所について説明を行う。



★Appearance フォームで表示方法を変更できる。



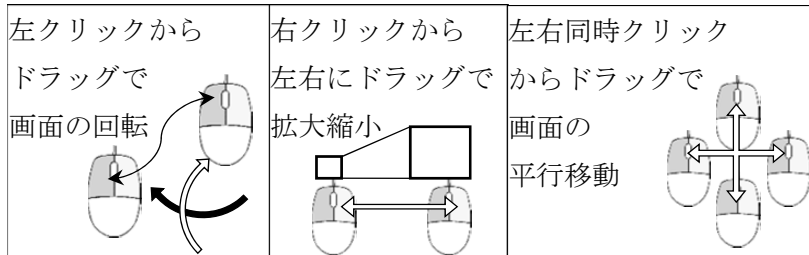
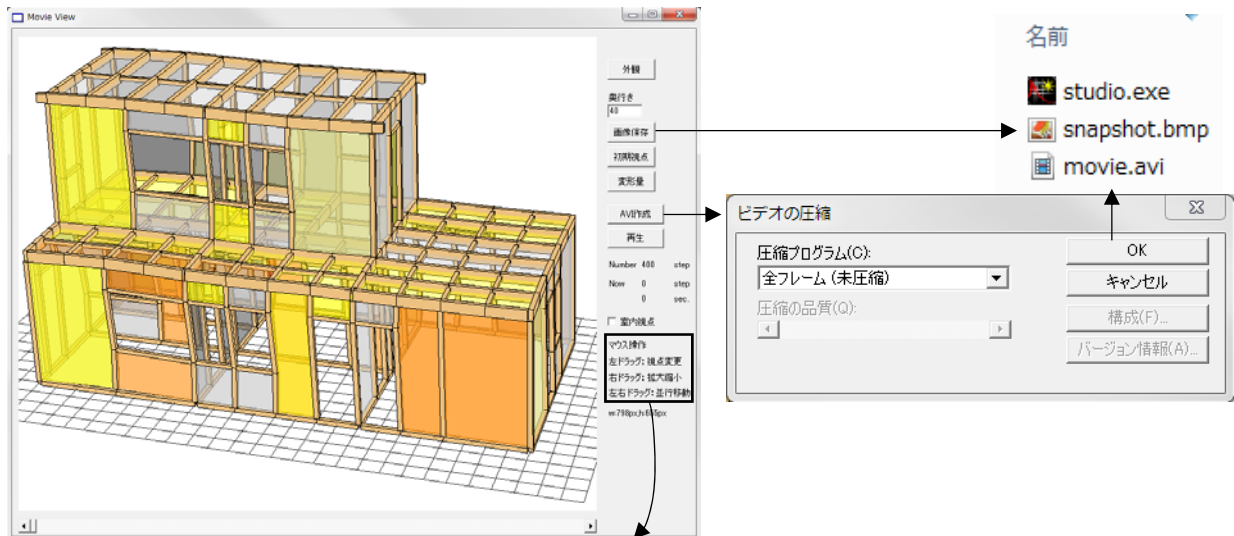
◇層間変形角 1/120 の時の変位や終局変位時など、表示したい解析対象時間に時間操作用スライダを操作して画面表示情報の表示時間がある程度一致するように調整する。



スライダーをクリックして必要な箇所までドラッグする

◇必要な画面に調整後、画面保存ボタンをクリックして描画した画面を.bmp で保存したファイル「snapshot.bmp」が studio のあるフォルダに保存される。

AVI 作成ボタンをクリックしビデオの圧縮形式を選択後、OK をクリックすると加力を動画で保存したファイル「movie.avi」が studio のあるフォルダに保存される。



#### 4. 保有水平耐力計算による診断

##### 4.1 保有水平耐力

###### 4.1.1 重心位置の算定方法

解析結果より、重心位置の変位と層せん断力の荷重変位関係を求める。

wallstat において、各層の水平力は自動で出力され、当該階より上の層の水平力の合計が当該層の層せん断力となる。

重心位置は当該層より上にある節点に対して(4.1-1)式により求める。

この時、各加力方向について重心位置を挟み、加力方向に抵抗する耐力壁があり、重心位置に最も近い2つの通りに所属する節点の変位の平均を取り出し、2つの通りの変位を按分することで、重心位置の変位とする。

$$O_{xi} = \frac{\sum(m_j \times x_j)}{\sum m_j}, \quad O_{yi} = \frac{\sum(m_j \times y_j)}{\sum m_j} \quad \dots(4.1-1)$$

ここで、

$O_{xi}, O_{yi}$  :  $i$ 層の重心の位置 (X 方向の位置及び Y 方向の位置)。

$m_j$  : 節点の負担重量。

$x_j, y_j$  : 節点の絶対座標若しくはある点からの相対座標。

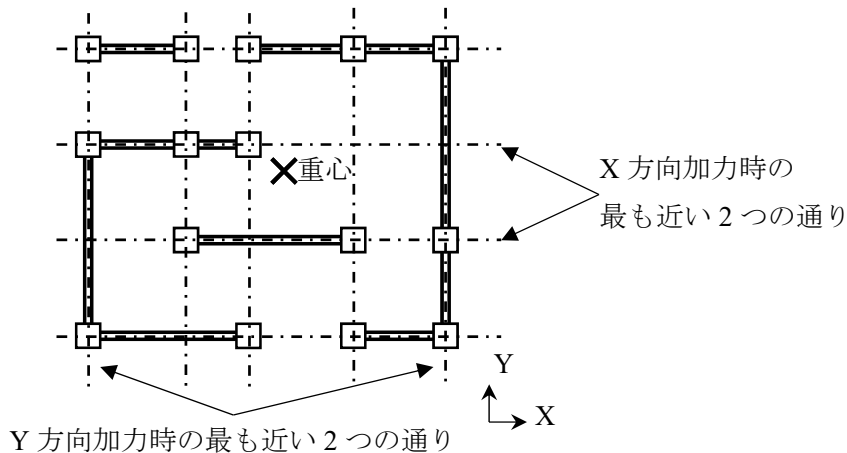


図 4.1-1 重心を挟む2つの通り

#### [解説]

耐震診断指針「第5章 精密診断法2 5.2.2項 保有水平耐力計算」の「層の荷重変形関係に基づき保有水平耐力を求める場合」に示される方法 B-2: 水平構面剛性を考慮して増分解析を行う場合に準拠して重心位置の変位と層せん断力から保有水平耐力を算定する。

wallstat において、層せん断力については各層水平力が自動的に出力され、当該階より上の層の水平力の合計が当該層の層せん断力となる。dataout.csv の最終行に重心位置は出力されている。

#### 4.1.2 保有水平耐力の算定方法

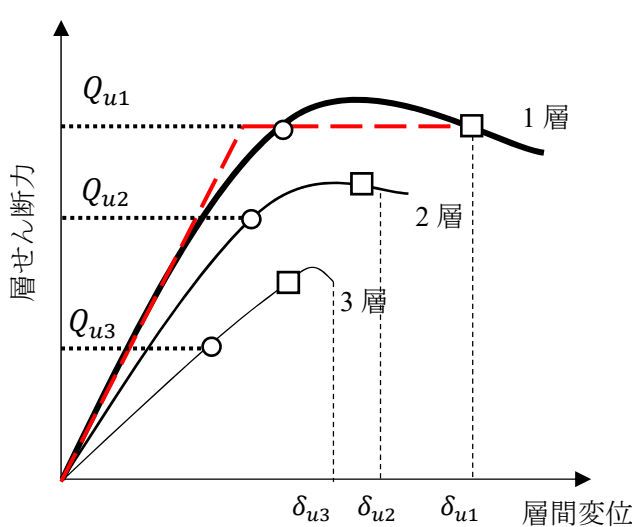
各層の保有水平耐力は以下の手順①から③により算定する。

①各層の重心位置の層間変位一層せん断力関係より、層せん断力が最大値の 80%に低下する時の層間変位、またはいずれかの層の変形角が 1/15 に達する時の層間変位のうち、最も小さい方を終局変位 $\delta_{ui}$ とする。

ただし、各層の終局変位 $\delta_{ui}$ に至る前に床等に局部的な破壊がある場合には終局変形を局部的に破壊した箇所に合わせて設定する必要がある。

②各層の終局変位のうち、解析対象時間で最も早く終局変位に達した層を崩壊層として、崩壊層の終局耐力を完全弾塑性モデルに置換し算定する。この時の終局耐力を崩壊層の保有水平耐力 $Q_{ui}$ とする。

③他の層は、崩壊層が終局変位に達した時点での各層の層せん断力を保有水平耐力とする。



左図の評価の流れ

同時刻の□から 1 層を崩壊層と判定。



1 層を完全弾塑性モデルに置換。



1 層終局耐力算定。



1 層終局耐力 = 1 層保有水平耐力 $Q_{u1}$



同時刻の○から 2 層と 3 層の  
保有水平耐力 $Q_{u2}$ ,  $Q_{u3}$ を算定。

図 4.1-2 各層重心の層間変位一層せん断力関係

※各層の以下の印は同じ解析対象時間を示す。

○ : 最大荷重経験前の 1 層終局耐力時。

□ : 1 層の終局変位到達時。

#### [解説]

保有水平耐力の算定において、崩壊層を上記の手順で定めているが、偏心や吹抜け等の影響により局部的に床などが破壊する場合は考えられる。

局部的な破壊が先行して起こったとしても建物全体の耐力は上昇する可能性があるため、局部的な破壊を考慮して終局変形を定める必要がある。

保有水平耐力を崩壊層において算定した場合、同時刻では高さ方向の分布係数によってプッシュオーバー解析を行っているため、未崩壊層の保有水平耐力については解析対象時間で崩壊層が保有水平耐力に達した時と同解析ステップの層せん断力とした。



## 4.2 必要保有水平耐力

### 4.2.1 構造特性係数の算定

(4.2-1)式及び(4.2-2)式により等価一自由度系の加速度 $A$ -変位 $\Delta$ 関係とする。その際、微小な変形領域に関しては原点より直線で推移していることとして加速度 $A$ -変位 $\Delta$ 関係として良いこととする。

$$A = Q_B \cdot \frac{\sum_i m_i \cdot d_i^2}{(\sum_i m_i \cdot d_i)^2} \quad \dots(4.2-1)$$

$$\Delta = \frac{\sum_i m_i \cdot d_i^2}{\sum_i m_i \cdot d_i} \quad \dots(4.2-2)$$

等価一自由度系を加速度 $A$ -変位 $\Delta$ 関係から完全弾塑性モデルに置換し、(4.2-3)式より構造特性係数 $D_s$ を算定する。

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{2\mu - 1}} = \frac{1}{\sqrt{2\Delta_u/\Delta_v - 1}} \quad \dots(4.2-3)$$

ここで、

$\Delta_u$  : 等価一自由度系の終局変位。4.1.2 項で定めた崩壊層の終局変位 $\delta_{ui}$ の解析対象時間で(4.2-2)式により変換した際の変位と $A_{max}$ 経験後の $0.8A_{max}$ 時の変位のうち小さい方とする。

$\Delta_v$  : 等価一自由度系の降伏点変位。完全弾塑性モデルへの変換方法は以下の①から⑦による。

①から④は 2.2.2 項の方法と同様とする。ただし、荷重 $P$ は加速度 $A$ 、変位 $\delta$ は等価一自由度系の変位 $\Delta$ とする。

⑤4.1.2 項で定めた崩壊層の終局変位 $\delta_{ui}$ の解析対象時間で(4.2-2)式により変換した変位と $A_{max}$ 経験後の $0.8A_{max}$ 時の変位のうち小さい方を終局変位 $\Delta_u$ とする。

⑥加速度 $A$ -変位 $\Delta$ 関係の $\Delta_u$ までを囲む面積 $S$ と $V$ 及び $X$ 軸と平行な線 $VI$ の $\Delta_u$ までを囲む面積が等しくなるような線を $VI$ とする。

⑦ $V$ と $VI$ の交点を降伏点変位 $\Delta_v$ とする。

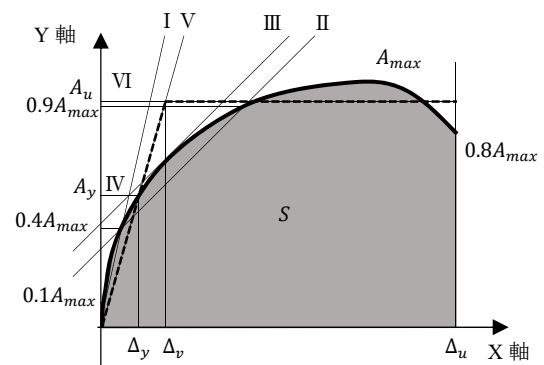


図 4.2-1 等価一自由度系の特定変位の算定方法

#### [解説]

耐震診断指針では各層の塑性率 $\mu$ を用いて構造特性係数 $D_s$ を算定する。しかし、軸組工法木造住宅のプッシュオーバー解析では多くの場合未崩壊層が存在し、 $\mu$ を層ごとに求めることは困難である。

これを考慮して日本住宅・木材技術センター：「2016年版 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」第Ⅲ部 5.2.2(2)項に準拠し、(4.2-1)式及び(4.2-2)式により等価一自由度系の加速度 $A$ -変位 $\Delta$ 関係とし、そこで得られた $\mu$ を用いることとした。

#### 4.2.2 形状係数の算定

形状係数 $F_{es}$ は(4.2-4)式により算定する。

$$F_{es} = F_e \times F_s \quad \dots(4.2-4)$$

ここで、

$F_e$  : 偏心率に応じた割増係数。表 4.2-1 により算定する。

表 4.2-1 偏心率に応じた割増係数 $F_e$

番号	偏心率	$F_s$ の数值
(一)	$R_e \geq 0.15$ の場合	1.0
(二)	$0.15 < R_e < 0.3$ の場合	(一) 及び (三) に掲げる数值を直線的に補完した数值
(三)	$R_e \geq 0.3$ の場合	1.5

この表において、 $R_e$ は各階の偏心率を表すものとする。

$F_s$  : 剛性率に応じた割増係数。表 4.2-2 により算定する。

表 4.2-2 剛性率に応じた割増係数 $F_s$

番号	剛性率	$F_s$ の数值
(一)	$R_s \geq 0.6$ の場合	1.0
(二)	$R_s < 0.6$ の場合	$2.0 - \frac{R_s}{0.6}$

この表において、 $R_s$ は各階の剛性率を表すものとする。

$R_e$ は(4.2-5)式により算定する。

$$R_{ex} = \frac{e_x}{r_{ex}} \quad R_{ey} = \frac{e_y}{r_{ey}} \quad \dots(4.2-5)$$

ここで、

$e_x, e_y$  : 偏心距離。重心、剛心をそれぞれ同一平面に投影させて結ぶ線を計算しようとする方向と直交する平面に投影させた線の長さ。(4.2-6)式による。

$$e_x = |G_{xi} - O_{xi}| \quad e_y = |G_{yi} - O_{yi}| \quad \dots(4.2-6)$$

$G_{xi}, G_{yi}$  :  $i$ 層の剛心の位置 (X 方向の位置及び Y 方向の位置)。(4.2-7)式による。

$$G_{xi} = \frac{\sum K_{Yi} \times X_{wi}}{\sum K_{Yi}} \quad G_{yi} = \frac{\sum K_{Xi} \times Y_{wi}}{\sum K_{Xi}} \quad \dots(4.2-7)$$

$K_{Xi}, K_{Yi}$  : X 方向及び Y 方向の耐力壁の基準剛性に低減係数を乗じた剛性。低減係数は 2.5 節の値を耐力に対して与えることとする。

$X_{wi}, Y_{wi}$  : ある特定の点から壁の X 方向及び Y 方向までの距離。

$r_{ex}, r_{ey}$  : 剛心回りの弾力半径。(4.2-8)式による。

$$r_{ex} = \sqrt{\frac{\sum (K_{Xi} \cdot \bar{Y}_{wi}^2) + \sum (K_{Yi} \cdot \bar{X}_{wi}^2)}{\sum K_{Xi}}} \quad r_{ey} = \sqrt{\frac{\sum (K_{Xi} \cdot \bar{Y}_{wi}^2) + \sum (K_{Yi} \cdot \bar{X}_{wi}^2)}{\sum K_{Yi}}} \quad \dots(4.2-8)$$

$\bar{X}_{wi}, \bar{Y}_{wi}$  : 剛心位置から壁の X 方向及び Y 方向までの距離。

$R_s$ は(4.2-9)式により算定する。

$$R_s = \frac{r_s}{\bar{r}_s} \quad \dots(4.2-9)$$

ここで、

$r_s$  : 各層の層間変形角の逆数。(4.2-10)式による。

$$r_s = h/\delta \quad \dots(4.2-10)$$

$h$  : 当該階の階高。

$\delta$  : 1次設計の地震力作用時に当該階に生じる層間変位。

(4.2-11)式の地震力によって各階に生じる水平力 $Q_{ud}$ に各層が達した時の変位。

$$Q_{ud} = Z \times R_t \times A_i \times C_0 \times \sum W_i \quad \dots(4.2-11)$$

$Z$  : 地震地域係数。

$R_t$  : 振動特性係数。

$A_i$  : 層せん断力分布係数。2.3節により定めた値とする。

$C_0$  : 標準せん断力係数。ここでは1次設計を想定するため0.2以上とする。

$\sum W_i$  : 2.6節により定めた値とする。

$\bar{r}_s$  : 当該建築について、 $r_s$ の合計を階数で除した数値。

#### [解説]

形状係数は耐震診断指針に準拠し、昭和55年建設省告示1792号によって算定する。各層、筋かいがある場合には各加力方向で形状係数が異なってくるため、それぞれの場合において形状係数を求める必要がある。

耐力壁の基準剛性において、梁上耐力壁の場合には剛性低減を行い評価する必要がある。算定方法は日本住宅・木材技術センター：「木造軸組工法住宅の許容応力度設計（2017年版）」 「2.5.7項 梁上に載る耐力壁の剛性低減と横架材の断面検定」によって、剛性低減率を算定し、耐力壁の低減係数を考慮した基準剛性に乘じて算定する。

### 4.2.3 必要保有水平耐力の算定

建物の必要保有水平耐力 $Q_{un}$ は(4.2-12)式により算定する。

$$Q_{un} = D_s \times F_{es} \times Q_{ud} \quad \dots(4.2-12)$$

ここで、

$D_s$  : 当該方向の構造特性係数。

$F_{es}$  : 各階の形状係数。

$Q_{ud}$  : 地震力によって各階に生じる力。(4.2-11)式により算定する。ただし、 $C_0$ は $\geq 1.0$ とする。

#### [解説]

耐震診断指針 5.2 節に準拠し、必要保有水平耐力を算定する。

本マニュアルの 4.2.2 項の(4.2-11)式の算定した地震力によって各階に生じる力の標準せん断力係数を極稀地震時における数値として、1.0 以上で必要保有水平耐力を算定する。

### 4.3 上部構造評点

耐震診断指針 第5章 精密診断法2 「5.2.4 項 評価」に示されている内容に準じて上部構造の耐力の評点を以下の(4.3-1)式により算定し、表 4.3-1 より上部構造評点から判定を行う。上部構造評点の中で最も低い値が建物の判定となる。

$$\text{上部構造評点} = \frac{Q_e}{Q_{un}} \quad \dots(4.3-1)$$

表 4.3-1 上部構造耐力の評価

上部構造評点	判定
1.5 以上	倒壊しない
1.0 以上~1.5 未満	一応倒壊しない
0.7 以上~1.0 未満	倒壊する可能性がある
0.7 未満	倒壊する可能性が高い

#### [解説]

耐震診断指針 5.2.4 項に準拠し、上部構造の評点を算定し、建物の判定を行う。

## 5. 限界耐力計算による診断

### 5.1 等価一自由度系への縮約

限界耐力計算における等価一自由度系の加速度 $A$ 及び変位 $\Delta$ は節点の質量 $m_i$ 、層せん断力 $Q_B$ 及び各節点の水平変位 $d_i$ を用いて(5.1-1)式及び(5.1-2)式により動的プッシュオーバー解析の結果を直接参照して算出する。この時、動的なプッシュオーバー解析のため、加力初期段階で縮約が正常に行えないことに注意する。

$$A_x = \frac{\sum_i m_i \times (d_{xi}^2 + d_{yi}^2)}{(\sum_i m_i \times d_{xi})^2} \times Q_{Bx} \quad \dots(5.1-1)$$

$$\Delta_x = \frac{\sum_i m_i \times (d_{xi}^2 + d_{yi}^2)}{\sum_i m_i \times d_{xi}} \quad \dots(5.1-2)$$

ここで、

$m_i$  : j 層より上の層に所属している節点の各質量。

$d_i$  : 各節点の基礎からの変位。例えば $d_{xi}$ は X 方向の基礎からの変位を示す。

$Q_{Bx}$  : j 層の層せん断力。

#### [解説]

(4.2-1)式及び(4.2-2)式で算定する方法では水平構面のねじれ変位や面内変形が考慮できていない。そのため、水平構面のねじれ変位や面内変形を考慮した(5.1-1)式及び(5.1-2)式によって算定する。

水平構面のねじれ変位や面内変形を考慮した(5.1-1)式及び(5.1-2)式は 6.3 節に導出方法を示す。ただし、導出方法では X 方向、Y 方向、Z 方向の 3 自由度で導出した式となっており、wallstat が動的プッシュオーバー解析であるため、下部に柱等がない節点の上下方向の振動の影響によって、等価一自由度系への縮約が困難になることが予想されたため、Z 方向は 1 層と 2 層で異なる動きをしないことを想定し、X 方向と Y 方向の 2 方向の等価一自由度系の変換としている。

加力初期の段階では縮約がうまく行えない可能性があるため、変形が微小な領域（例：層間変形角 1/3000 時の変位以下）については弾性範囲内であるとして、検討を行う。

## 5.2 損傷限界時、安全限界時及び等価一自由度系の特性値の算定

限界耐力計算で評価を行うため、損傷限界変位及び安全限界変位を算定し、等価減衰定数 $h$ 及び等価一自由度系の安全限界変位時の固有周期（以降、「安全限界固有周期」と称す）を算定する。

損傷限界変位 $\Delta_d$ 及び安全限界変位 $\Delta_s$ は以下の通りに設定する。

- ・ 損傷限界変位 $\Delta_d$ はいずれかの階の層間変形角 1/120 に達する時の $\Delta$ のうち小さい方とする。
- ・ 安全限界変位 $\Delta_s$ は等価一自由度系の加速度 $A$ が最大荷重経過後 80%に低下する時の $\Delta$ 及びいずれかの階が層間変形角 1/15 に達する時の $\Delta$ のうち小さい方とする。

等価減衰定数 $h$ を耐震診断指針 5.3.2 項に準拠して平 12 建告第 1457 号第 9 第 2 項第二号の規定により算定する。算定方法を(5.2-1)式に示す。

$$h = 0.20 \times \left(1 - \sqrt{D_f}\right) + 0.05 \quad \dots(5.2-1)$$

ここで、

$D_f$ ：建物の塑性率の程度を表す数値。(5.2-2)式で算定する。ただし、1 を下回る場合は 1 とする。

$$D_f = \frac{\Delta_s \cdot Q_d}{\Delta_d \cdot Q_s} \quad \dots(5.2-2)$$

$\Delta_d$ ：損傷限界時における等価一自由度系の変位。

$\Delta_s$ ：安全限界時における等価一自由度系の変位。

$Q_d$ ：損傷限界時の 1 層の層せん断耐力。

$Q_s$ ：安全限界時の 1 層の層せん断耐力。

安全限界固有周期 $T_s$ を(5.2-3)式により算定する。

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta_s}{A_s}} \quad \dots(5.2-3)$$

$A_s$ ：安全限界変位時の等価一自由度系の加速度。

### [解説]

等価減衰定数 $h$ は耐震診断指針 5.3.2 項に準拠して平 12 建告第 1457 号第 9 第 2 項第二号の規定により算定する。

その際、損傷限界変位時と安全限界変位時を定義し、上部構造評点では安全限界変位時のみに対し検討を行うことにより、等価一自由度系における等価減衰定数を建物の減衰性能とした。

損傷限界変位時及び安全限界変位時は 4.1.1 項の方法と同様に重心位置の層間変位と各層の層せん断力関係より、いずれかの階が層間変形角 1/120 に達した時の $\Delta$ を損傷限界変位、等価一自由度系の加速度 $A$ が最大荷重経過後 80%に低下する時の $\Delta$ 及びいずれかの階が層間変形角 1/15 に達する時の $\Delta$ のうち小さい方を安全限界変位とする。

### 5.3 必要性能スペクトルの算定

必要性能スペクトル $S_{af}$ を(5.3-1)式より算定する。

$$S_{af} = S_0 \times F_h \times G_s \times Z \quad \dots(5.3-1)$$

ここで、

$S_0$  : 極めて稀に発生する地震動に対応する解放工学的基盤の加速度応答スペクトル。

表 5.3-1 によって算定する。

表 5.3-1 解放工学的基盤の加速度応答スペクトル

周期 $T_s$	加速度応答 $S_0$
$T_s < 0.16$	$3.2 + 30 \times T_s$
$0.16 \leq T_s < 0.64$	8
$0.64 \leq T_s$	$5.12/T_s$

$F_h$  : 振動の減衰による加速度の低減率。(5.3-2)式により算定する。

$$F_h = \frac{1.5}{1 + 10h} \quad \dots(5.3-2)$$

ここで、

$h$  : 5.2 節により算定した等価減衰定数。

$G_s$  : 表層地盤による加速度の増幅率。第一種地盤に該当する区域の場合は表 5.3-2 により、第二種地盤又は第三種地盤に該当する区域の場合は表 5.3-3 により算定する。

表 5.3-2 第一種地盤に該当する区域の $G_s$

$T_s < 0.576$ の場合	$G_s = 1.5$
$0.576 \leq T_s < 0.64$ の場合	$G_s = \frac{0.864}{T_s}$
$0.64 \leq T_s$ の場合	$G_s = 1.35$

表 5.3-3 第二種地盤又は第三種地盤に該当する区域の $G_s$

$T_s < 0.64$ の場合	$G_s = 1.5$
$0.64 \leq T_s < T_u$ の場合	$G_s = 1.5 \left( \frac{T}{0.64} \right)$
$T_u \leq T_s$ の場合	$G_s = gv$

この表において、 $T_u$ は(5.3-3)式により算定した値とする。

$$T_u = 0.64 \left( \frac{gv}{1.5} \right) \quad \dots(5.3-3)$$

$gv$  : 地盤種別に応じて定まる数値。第二種地盤= 2.025。第三種地盤= 2.7。

[解説]

必要性能スペクトルを解放工学的基盤の加速度応答スペクトル $S_{af}$ 、振動の減衰による加速度の低減率 $F_h$ 及び表層地盤による加速度の増幅率 $G_s$ より算定する。

解放工学的基盤の加速度応答スペクトルは減衰 5%に相当する加速度応答スペクトルで、耐震診断指針では安全限界変位時の上部構造評点を定めることとしているため、 $S_{af}$ 、 $F_h$ 及び $G_s$ を算定する時の数値は安全限界固有周期となる。

安全限界変位時における振動の減衰による加速度の低減率 $F_h$ 及び表層地盤による加速度の増幅率 $G_s$ を算定する。

振動の減衰による加速度の低減率 $F_h$ は耐震診断指針 5.3.2 項に準拠し、(5.3-2)式で算定する。その際の減衰 $h$ は等価一自由度系の等価減衰定数 $h$ を用いて算定することとした。

表層地盤による加速度の増幅率 $G_s$ を平 12 建告第 1457 号第 10 に規定される表層地盤による加速度の増幅率の算出方法に基づき、同告示第 1 項により、第一種地盤に該当する区域の場合は表 5.3-2 により、第二種地盤又は第三種地盤に該当する区域の場合は表 5.3-3 により算定することとした。



## 5.4 上部構造評点

耐震診断指針 5.3.1 項の規定に準拠し、等価一自由度系の加速度 $A$ -変位 $\Delta$ 関係より、必要性能スペクトルと等価一自由度系の比較し、安全限界変位時での比率 $\alpha$ によって、一致する比率を算定し、(5.4-1)式により上部構造評点とする。

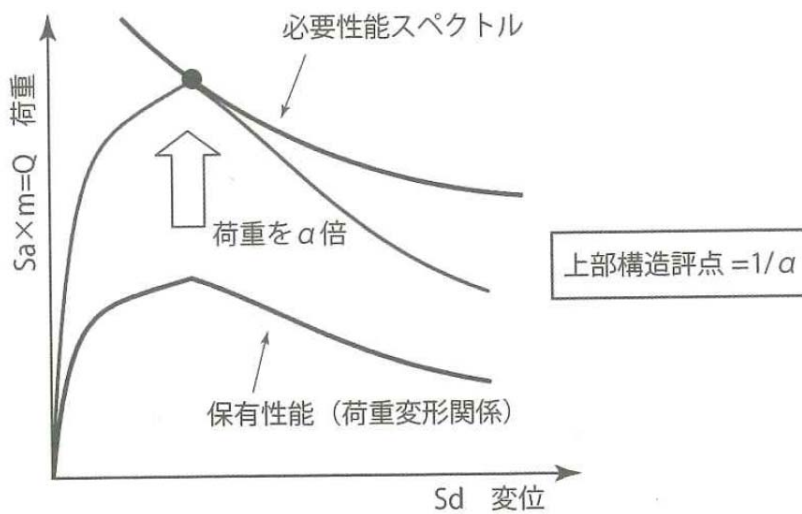
$$\text{上部構造評点} = \frac{1}{\alpha} \quad \dots(5.4-1)$$

表 5.4-1 上部構造耐力の評価

上部構造評点	判定
1.5 以上	倒壊しない
1.0 以上~1.5 未満	一応倒壊しない
0.7 以上~1.0 未満	倒壊する可能性がある
0.7 未満	倒壊する可能性が高い

### [解説]

本マニュアルでは耐震診断指針 5.3.1 項に準拠し、安全限界変位時の性能を建物の上部構造耐力の評価対象としている。その際の必要性能スペクトル曲線は安全限界変位時を対象とした曲線として定まるため、安全限界変位時の必要性能が算定でき、等価一自由度系の加速度—変位関係と直接比較をすることができる。



## 6. 資料

### 6.1 ソフトのインストール及びアンインストール

wallstat を下記 URL よりダウンロードする。尚、本マニュアルは開発者の協力の下、2019年2月26日で公開されている開発版 wallstat ver.4.1.0 に実装している機能に対応している。それ以前の wallstat では studio の機能に制限があるため、wallstat ver.4.1.0 以降をダウンロードする。

<http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/~nakagawa/>



The screenshot shows the wallstat website interface. On the left is a navigation menu with items like 'wallstat とは?', 'ダウンロード', 'ギャラリー', 'ショーケース', 'Q and A', '開発者', and 'Language'. The main content area is titled 'ダウンロード' (Downloads) and lists three versions: '開発版 wallstat ver.4.1.0β9 (約7MB ZIP圧縮)', '安定版 wallstat ver.4.0.8 (約7MB ZIP圧縮)', and '旧版 wallstat ver.3.3.11 (約7MB ZIP圧縮)'. A red box highlights the development version link, and a red arrow points to it with the text 'クリック' (Click). Below the version list, there is a disclaimer, a link to 'wallstat studio (プリ・ポスト処理プログラム) の紹介', and a link to 'wallstat studio の紹介ムービー'. At the bottom, there is a section for '利用上の注意' (Usage Notes) with a disclaimer about citing the software in research papers.

圧縮ファイルを解凍すれば使用可能となる。wallstat はレジストリの変更等は必要無く、アンインストールをしたい場合にはダウンロードしたフォルダを削除することでアンインストールとなる。

## 6.2 wallstat 内蔵のパラメータ一覧

wallstat をダウンロードした際に元から wallstat に備わっている各要素の応力変形特性（「初期装備パラメータ」）のうち、使用可能な応力変形特性を示す。

また、初期装備パラメータの一部を 2.2.2 項及び 2.2.3 項に従い、引張に抵抗する接合部は 4 折線モデル、筋かいを除く構面は 5 折線モデルでモデル化した際の数値を以下に示す。

表 6.2-1 引張抵抗する接合部の応力変形特性

名称	バネの種類 と番号	項目	単位	折点位置			
				第1折点	第2折点	第3折点	破断点
短ほぞ	[J1] : 2	荷重	[kN]	1.10	1.21	—	0.00
		変位	[m]	0.003	0.011	—	0.061
		剛性	[kN/m]	367	13	—	-24
HD25kN	[J1] : 2	荷重	[kN]	35.00	57.50	—	0.00
		変位	[m]	0.004	0.016	—	0.050
		剛性	[kN/m]	8750	1875	—	-1691
CP-L	[J1] : 2	荷重	[kN]	5.00	6.80	—	0.00
		変位	[m]	0.003	0.010	—	0.055
		剛性	[kN/m]	2000	240	—	-150
	[J3] : 26	荷重	[kN]	3.92	6.61	6.61	5.51
		変位	[m]	0.002	0.006	0.013	0.023
		剛性	[kN/m]	1712	668	0	-102
CP-T	[J1] : 2	荷重	[kN]	8.00	9.50	—	0.00
		変位	[m]	0.002	0.015	—	0.050
		剛性	[kN/m]	4000	115	—	-271
	[J3] : 26	荷重	[kN]	5.24	10.18	10.18	8.54
		変位	[m]	0.002	0.006	0.015	0.021
		剛性	[kN/m]	3275	1013	0	-308
SB-E2	[J1] : 2	荷重	[kN]	8.40	16.16	—	0.00
		変位	[m]	0.001	0.040	—	0.072
		剛性	[kN/m]	7000	200	—	-500
SB-E	[J1] : 2	荷重	[kN]	10.00	18.05	—	0.00
		変位	[m]	0.005	0.040	—	0.076
		剛性	[kN/m]	2000	230	—	-500
HD10kN	[J1] : 2	荷重	[kN]	20.00	35.00	—	0.00
		変位	[m]	0.004	0.015	—	0.050
		剛性	[kN/m]	5000	1364	—	-1000
	[J3] : 26	荷重	[kN]	22.52	34.61	34.61	28.97
		変位	[m]	0.003	0.009	0.026	0.033
		剛性	[kN/m]	6608	2328	0	-800
HD15kN	[J1] : 2	荷重	[kN]	30.00	52.51	—	0.00
		変位	[m]	0.004	0.015	—	0.050
		剛性	[kN/m]	7500	2046	—	-1500
HD20kN	[J1] : 2	荷重	[kN]	40.00	70.01	—	0.00
		変位	[m]	0.004	0.015	—	0.050
		剛性	[kN/m]	10000	2728	—	-2000
HD25kN	[J1] : 2	荷重	[kN]	35.00	57.50	—	0.00
		変位	[m]	0.004	0.016	—	0.050
		剛性	[kN/m]	8750	1875	—	-1691
HD30kN	[J1] : 2	荷重	[kN]	48.00	87.28	—	0.00
		変位	[m]	0.004	0.016	—	0.052
		剛性	[kN/m]	12000	3274	—	-2400
HD40kN	[J1] : 2	荷重	[kN]	56.00	92.00	—	0.00
		変位	[m]	0.004	0.016	—	0.050
		剛性	[kN/m]	14000	3000	—	-2706

表 6.2-2 回転バネの応力変形特性

名称	バネの種類 の番号	項目	単位	折点位置		
				第1折点	第2折点	破断点
回転バネ	3	モーメント	[kNm]	0.51	0.76	0.00
		回転角	[rad]	0.00833	0.0167	0.0930
		剛性	[kNm/rad]	61.5	30	-0.1

表 6.2-3 筋かい以外の耐力壁の応力変形特性

名称	バネの種類 と番号	項目	単位	折点位置					減衰定数
				第1折点	第2折点	第3折点	第4折点	破断点	
土壁	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	3.50	4.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.025	0.060	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	200.0	125.0	34.3	—	-19.6	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.73	3.11	4.58	4.58	0.00	0.02
		変位	[m]	0.006	0.025	0.040	0.067	0.314	
		剛性	[kN/m]	130.0	125.8	94.2	0.0	-18.5	
モルタル	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.50	2.30	3.00	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.030	0.100	—	0.200	
		剛性	[kN/m]	100.0	72.0	10.0	—	-30.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.39	1.68	2.85	2.85	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.018	0.050	0.092	0.304	
		剛性	[kN/m]	114.4	88.9	36.7	0.0	-13.4	
合板	[W1] : 5	荷重	[kN]	3.00	9.50	10.50	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.120	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	300.0	130.0	16.7	—	-58.3	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	1.49	6.33	10.40	10.40	0.00	0.02
		変位	[m]	0.006	0.031	0.072	0.121	0.471	
		剛性	[kN/m]	254.8	189.0	99.7	0.0	-29.7	
合板W	[W1] : 5	荷重	[kN]	6.00	19.00	21.00	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.120	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	600.0	260.0	33.3	—	-116.7	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	2.97	12.65	20.79	20.79	0.00	0.02
		変位	[m]	0.006	0.031	0.072	0.121	0.471	
		剛性	[kN/m]	509.6	378.0	199.4	0.0	-59.5	
せっこうボード	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.50	1.80	2.10	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.020	0.055	—	0.170	
		剛性	[kN/m]	166.7	76.5	8.6	—	-18.3	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.30	1.28	2.06	2.06	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.012	0.029	0.059	0.161	
		剛性	[kN/m]	130.0	103.9	45.7	0.0	-20.2	
サイディング	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.50	2.50	3.30	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.035	0.110	—	0.350	
		剛性	[kN/m]	100.0	66.7	10.7	—	-13.8	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.46	1.98	3.20	3.20	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.027	0.066	0.119	0.357	
		剛性	[kN/m]	89.3	67.8	31.8	0.0	-13.5	
ラスボード	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.11	3.50	4.20	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.020	0.055	—	0.170	
		剛性	[kN/m]	370.0	140.6	20.0	—	-36.5	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.60	2.55	4.12	4.12	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.012	0.028	0.059	0.163	
		剛性	[kN/m]	263.3	206.9	93.8	0.0	-39.7	
構造用合板(真壁-受材)	[W1] : 5	荷重	[kN]	3.00	9.00	10.00	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.120	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	300.0	120.0	16.7	—	-55.6	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	1.40	5.98	9.81	9.81	0.00	0.02
		変位	[m]	0.006	0.031	0.072	0.121	0.472	
		剛性	[kN/m]	240.2	178.5	94.1	0.0	-28.0	
構造用合板(真壁-貫)	[W1] : 5	荷重	[kN]	2.00	6.00	6.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.120	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	200.0	80.0	11.7	—	-37.2	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.94	3.99	6.54	6.54	0.00	0.02
		変位	[m]	0.006	0.031	0.072	0.121	0.471	
		剛性	[kN/m]	160.5	119.1	62.8	0.0	-18.7	
構造用パネル(大壁)	[W1] : 5	荷重	[kN]	3.00	8.00	9.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.045	0.110	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	300.0	142.9	26.2	—	-51.1	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	1.33	5.68	9.30	9.30	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.027	0.065	0.119	0.363	
		剛性	[kN/m]	260.0	197.9	95.1	0.0	-38.0	
構造用パネル(真壁-受材)	[W1] : 5	荷重	[kN]	2.50	7.20	8.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.045	0.110	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	250.0	134.3	23.1	—	-45.8	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	1.21	5.15	8.38	8.38	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.027	0.066	0.119	0.359	
		剛性	[kN/m]	232.5	177.1	84.0	0.0	-34.9	
構造用パネル(真壁-貫)	[W1] : 5	荷重	[kN]	2.00	5.30	6.40	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.045	0.110	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	200.0	94.3	16.9	—	-33.7	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.89	3.79	6.16	6.16	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.027	0.066	0.119	0.359	
		剛性	[kN/m]	170.7	130.2	61.7	0.0	-25.7	

名称	パネの種類 と番号	項目	単位	折点位置					減衰定数
				第1折点	第2折点	第3折点	第4折点	破断点	
パーティクルボード(真壁-受材)	[W1] : 5	荷重	[kN]	2.00	6.50	7.80	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.035	0.090	—	0.190	
		剛性	[kN/m]	400.0	150.0	23.6	—	-78.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	1.03	4.40	7.49	7.49	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.018	0.050	0.092	0.305	
		剛性	[kN/m]	302.3	233.1	96.4	0.0	-35.2	
パーティクルボード(真壁-貫)	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.50	4.70	5.80	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.035	0.090	—	0.190	
		剛性	[kN/m]	300.0	106.7	20.0	—	-58.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.76	3.25	5.53	5.53	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.018	0.050	0.092	0.306	
		剛性	[kN/m]	223.7	172.0	71.3	0.0	-25.9	
石膏ボード(大壁)	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	3.10	3.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.020	0.055	—	0.170	
		剛性	[kN/m]	333.3	123.5	17.1	—	-32.2	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.50	2.15	3.63	3.63	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.011	0.030	0.058	0.163	
		剛性	[kN/m]	230.8	177.2	81.7	0.0	-34.8	
石膏ボード(真壁-受材)	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.80	2.60	3.10	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.020	0.055	—	0.170	
		剛性	[kN/m]	266.7	105.9	14.3	—	-27.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.43	1.84	2.96	2.96	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.012	0.029	0.059	0.163	
		剛性	[kN/m]	188.5	148.3	66.3	0.0	-28.6	
石膏ボード(真壁-貫)	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.70	2.50	2.90	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.020	0.055	—	0.170	
		剛性	[kN/m]	233.3	105.9	11.4	—	-25.2	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.41	1.76	2.83	2.83	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.012	0.029	0.059	0.163	
		剛性	[kN/m]	182.0	141.6	63.8	0.0	-27.3	
石膏ボード(真壁-受材)	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	3.60	4.30	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.020	0.055	—	0.170	
		剛性	[kN/m]	333.3	152.9	20.0	—	-37.4	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.60	2.55	4.12	4.12	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.012	0.028	0.059	0.163	
		剛性	[kN/m]	263.3	206.9	93.8	0.0	-39.7	
石膏ボード(真壁-貫)	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.90	3.00	3.60	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.020	0.055	—	0.170	
		剛性	[kN/m]	300.0	123.5	17.1	—	-31.3	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.51	2.16	3.48	3.48	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.012	0.029	0.059	0.162	
		剛性	[kN/m]	221.0	174.6	78.2	0.0	-33.8	
硬質木片セメント板	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.50	5.80	6.40	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.020	0.050	—	0.250	
		剛性	[kN/m]	750.0	238.9	20.0	—	-32.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.71	3.02	6.28	6.28	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.008	0.022	0.057	0.319	
		剛性	[kN/m]	399.8	363.3	227.9	0.0	-24.1	
炭酸マグネシウム板	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	3.50	4.50	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.015	0.035	—	0.230	
		剛性	[kN/m]	500.0	192.3	50.0	—	-23.1	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.59	2.52	4.34	4.34	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.009	0.021	0.046	0.243	
		剛性	[kN/m]	302.3	263.9	152.0	0.0	-22.1	
バルブセメント板	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	4.10	5.00	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.035	0.090	—	0.190	
		剛性	[kN/m]	333.3	96.9	16.4	—	-50.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.66	2.83	4.81	4.81	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.018	0.050	0.092	0.306	
		剛性	[kN/m]	195.0	149.8	62.0	0.0	-22.5	
シーリングインシュレーションボード	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.70	3.10	3.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.035	0.090	—	0.190	
		剛性	[kN/m]	233.3	75.0	10.9	—	-37.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.49	2.09	3.57	3.57	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.018	0.050	0.092	0.305	
		剛性	[kN/m]	143.6	111.4	45.9	0.0	-16.8	
ラスシート	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	3.40	4.30	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.015	0.035	—	0.230	
		剛性	[kN/m]	500.0	184.6	45.0	—	-22.1	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.56	2.38	4.11	4.11	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.009	0.021	0.046	0.244	
		剛性	[kN/m]	286.0	250.4	144.5	0.0	-20.8	
木ざり	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.50	1.70	2.20	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.050	0.110	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	100.0	26.7	8.3	—	-11.6	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.29	1.22	2.06	2.06	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.028	0.073	0.124	0.476	
		剛性	[kN/m]	63.3	39.7	18.6	0.0	-5.9	
土塗壁(両面塗り厚70mm以上)	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.50	5.60	7.60	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.025	0.060	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	300.0	205.0	57.1	—	-31.7	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	1.18	5.00	7.32	7.32	0.00	0.02
		変位	[m]	0.006	0.025	0.040	0.067	0.313	
		剛性	[kN/m]	208.0	201.5	150.5	0.0	-29.7	
筋かい(鉄筋9Φ)	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.50	6.00	7.10	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.006	0.050	0.085	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	250.0	102.3	31.4	—	-33.0	

表 6.2-4 筋かいの応力変形特性

名称	パネの種類と番号	項目	単位	折点位置				減衰定数
				第1折点	第2折点	第3折点	破断点	
筋かい(15×90)	[W1] (引張)	荷重	[kN]	0.5	1.7	2.0	0.0	0.02
		変位	[m]	0.001	0.015	0.050	0.250	
		剛性	[kN/m]	500.0	85.7	8.6	-10.0	
筋かい(15×90) 圧縮	[W1] (圧縮)	荷重	[kN]	1.0	3.6	4.0	0.0	0.02
		変位	[m]	0.006	0.045	0.085	0.180	
		剛性	[kN/m]	166.7	66.7	10.0	-42.1	
筋かい30×90	[W1] (引張)	荷重	[kN]	0.5	2.5	2.8	0.0	0.02
		変位	[m]	0.001	0.015	0.050	0.250	
		剛性	[kN/m]	500.0	142.9	8.6	-14.0	
圧縮筋かい30×90	[W1] (圧縮)	荷重	[kN]	1.0	5.3	6.5	0.0	0.02
		変位	[m]	0.002	0.035	0.082	0.180	
		剛性	[kN/m]	500.0	130.3	25.5	-66.3	
引張	[W1] (引張)	荷重	[kN]	1.0	3.5	4.0	0.0	0.02
		変位	[m]	0.002	0.015	0.050	0.250	
		剛性	[kN/m]	500.0	192.3	14.3	-20.0	
圧縮筋かい45×90	[W1] (圧縮)	荷重	[kN]	2.0	7.0	8.5	0.0	0.02
		変位	[m]	0.006	0.040	0.090	0.180	
		剛性	[kN/m]	333.3	147.1	30.0	-94.4	
筋かい(90×90)	[W1] (引張)	荷重	[kN]	1.0	3.5	4.0	0.0	0.02
		変位	[m]	0.002	0.015	0.050	0.250	
		剛性	[kN/m]	500.0	192.3	14.3	-20.0	
筋かい(90×90) 圧縮	[W1] (圧縮)	荷重	[kN]	3.0	13.0	16.5	0.0	0.02
		変位	[m]	0.005	0.060	0.170	0.300	
		剛性	[kN/m]	600.0	181.8	31.8	-126.9	

表 6.2-5 床及び屋根の応力変形特性

名称	パネの種類と番号	項目	単位	折点位置					減衰定数
				第1折点	第2折点	第3折点	第4折点	破断点	
構造用合板(12-15mm)又は構造用パネ(1-2級) N50@150以下 根太(45×45~120)@500以下 転ばし	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.60	2.00	4.00	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.015	0.100	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	300.0	107.7	23.5	—	-20.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.60	1.72	2.84	2.84	0.00	
		変位	[m]	0.002	0.009	0.044	0.119	0.478	
		剛性	[kN/m]	300.0	150.5	32.6	0.0	-7.9	
構造用合板(12-15mm)又は構造用パネ(1-2級) N50@150以下 根太(45×45~120)@500以下 半欠き	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.70	3.00	6.50	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.020	0.120	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	350.0	127.8	35.0	—	-36.1	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.70	3.16	6.33	6.33	0.00	
		変位	[m]	0.002	0.027	0.095	0.144	0.790	
		剛性	[kN/m]	350.0	97.5	46.8	0.0	-9.8	
構造用合板(12-15mm)又は構造用パネ(1-2級) N50@150以下 根太(45×45~120)@500以下 落とし込み	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.90	3.50	8.50	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.025	0.130	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	450.0	113.0	47.6	—	-50.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	0.90	3.36	6.88	6.88	0.00	
		変位	[m]	0.003	0.025	0.094	0.132	0.497	
		剛性	[kN/m]	360.0	107.2	51.6	0.0	-18.9	
構造用合板(24-30mm)又は構造用パネ(1-2級)又はパネ(1-2級)ポット 四周N75@150以下 根太なし 受材有り@1000以下 落とし込み	[W1] : 5	荷重	[kN]	2.00	13.00	19.50	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.050	0.200	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	1000.0	229.2	43.3	—	-195.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	2.00	10.15	18.78	18.78	0.00	
		変位	[m]	0.002	0.032	0.123	0.206	0.695	
		剛性	[kN/m]	1000.0	269.7	94.6	0.0	-38.4	
構造用合板(24-30mm)又は構造用パネ(1-2級)又はパネ(1-2級)ポット 川の字N75@150以下 根太・受材なし 梁@1000以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	4.50	8.50	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.002	0.025	0.200	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	500.0	152.2	22.9	—	-85.0	
構造用合板(9-15mm)又は構造用パネ(1-3級) N50@150以下 垂木(45×45~90)@500以下 転ばし 勾配30度以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.00	2.50	4.00	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.005	0.030	0.090	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	200.0	60.0	25.0	—	-19.0	
構造用合板(9-15mm)又は構造用パネ(1-3級) N50@150以下 垂木(45×45~90)@500以下 転ばし 勾配45度以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.50	2.70	5.50	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.004	0.055	0.200	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	125.0	43.1	19.3	—	-55.0	
	[W2] : 50	荷重	[kN]	1.00	2.16	3.55	3.55	0.00	
		変位	[m]	0.005	0.031	0.069	0.120	0.283	
		剛性	[kN/m]	200.0	44.5	36.2	0.0	-21.8	
構造用合板(9-15mm)又は構造用パネ(1-3級) N50@150以下 垂木(45×45~90)@500以下 転ばし+転び止め材 勾配30度以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.70	3.00	5.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.035	0.150	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	233.3	71.9	23.5	—	-38.0	

表 6.2-6 火打ちの応力変形特性

名称	パネの種類 と番号	項目	単位	折点位置					減衰定数
				第1折点	第2折点	第3折点	第4折点	破断点	
火打構面梁せい105mm以上平均負担面積5m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.20	1.60	3.10	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.003	0.080	0.200	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	66.7	18.2	12.5	—	-31.0	
火打構面梁せい105mm以上平均負担面積3.75m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.50	3.20	5.70	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.008	0.080	0.190	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	62.5	37.5	22.7	—	-51.8	
火打構面梁せい105mm以上平均負担面積2.5m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.83	5.32	9.47	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.008	0.080	0.190	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	103.8	62.4	37.7	—	-86.1	
火打構面梁せい150mm以上平均負担面積5m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.30	2.00	3.30	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.100	0.200	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	30.0	18.9	13.0	—	-33.0	
火打構面梁せい150mm以上平均負担面積3.75m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.42	1.81	3.37	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.170	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	42.0	27.8	14.2	—	-25.9	
火打構面梁せい150mm以上平均負担面積2.5m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.70	3.00	5.60	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.170	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	70.0	46.0	23.6	—	-43.1	
火打構面梁せい240mm以上平均負担面積5m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.50	1.90	3.80	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.170	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	50.0	28.0	17.3	—	-29.2	
火打構面梁せい240mm以上平均負担面積3.75m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	0.90	3.10	5.80	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.150	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	90.0	44.0	30.0	—	-38.7	
火打構面梁せい240mm以上平均負担面積2.5m2以下	[W1] : 5	荷重	[kN]	1.50	5.18	9.69	—	0.00	0.02
		変位	[m]	0.010	0.060	0.150	—	0.300	
		剛性	[kN/m]	150.0	73.6	50.1	—	-64.6	

### 6.3 多自由度系の縮約方法

一つの質点に X, Y, Z 方向並進 3 自由度を与える場合の粘性減衰項を除く振動方程式は次のようになる。

$$\begin{bmatrix} [M] & 0 & 0 \\ 0 & [M] & 0 \\ 0 & 0 & [M] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{X} \\ \ddot{Y} \\ \ddot{Z} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} [K_{xx}] & [K_{xy}] & [K_{xz}] \\ [K_{yx}] & [K_{yy}] & [K_{yz}] \\ [K_{zx}] & [K_{zy}] & [K_{zz}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} [M]\{1\}\ddot{x}_0 \\ [M]\{1\}\ddot{y}_0 \\ [M]\{1\}\ddot{z}_0 \end{Bmatrix} \quad (6.3-1)$$

ここで、 $X = \{x_i\}$ 、 $Y = \{y_i\}$ 、 $Z = \{z_i\}$ である。これらの変位ベクトルに対する $s$ 次の固有モードベクトルを $U_s = \{u_{s,i}\}$ 、 $V_s = \{v_{s,i}\}$ 、 $W_s = \{w_{s,i}\}$ とする。この多自由度系の $s$ 次モード等価 1 質点系の応答変位を $q_s$ として、

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \sum_{s=1}^N \begin{Bmatrix} U_s \\ V_s \\ W_s \end{Bmatrix} q_s \quad \begin{Bmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{Bmatrix} = \sum_{s=1}^N \begin{Bmatrix} U_s \\ V_s \\ W_s \end{Bmatrix} \dot{q}_s \quad (6.3-2)$$

(6.3-1)式を(6.3-2)式に代入し、 $\{U_s^T, V_s^T, W_s^T\}$ を前から掛けて固有モードベクトルの直交性を考慮すれば、

$$M_s \cdot \ddot{q}_s + K_s \cdot q_s = -\beta_{x,s} \cdot M_s \cdot \ddot{x}_0 - \beta_{y,s} \cdot M_s \cdot \ddot{y}_0 - \beta_{z,s} \cdot M_s \cdot \ddot{z}_0 \quad (6.3-3)$$

ここで

$$M_s = \{u_{s,i}\}^T [M] \{u_{s,i}\} + \{v_{s,i}\}^T [M] \{v_{s,i}\} + \{w_{s,i}\}^T [M] \{w_{s,i}\} \quad (6.3-4)$$

$$K_s = \begin{Bmatrix} U_s \\ V_s \\ W_s \end{Bmatrix}^T \begin{bmatrix} [K_{xx}] & [K_{xy}] & [K_{xz}] \\ [K_{yx}] & [K_{yy}] & [K_{yz}] \\ [K_{zx}] & [K_{zy}] & [K_{zz}] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_s \\ V_s \\ W_s \end{Bmatrix} \quad (6.3-5)$$

$$\beta_{x,s} = \frac{\{u_{s,i}\}^T [M] \{1\}}{M_s} = \frac{\sum_i m_i \cdot u_{s,i}}{\sum_i m_i \cdot (u_{s,i}^2 + v_{s,i}^2 + w_{s,i}^2)} \quad (6.3-6)$$

$$\beta_{y,s} = \frac{\{v_{s,i}\}^T [M] \{1\}}{M_s} = \frac{\sum_i m_i \cdot v_{s,i}}{\sum_i m_i \cdot (u_{s,i}^2 + v_{s,i}^2 + w_{s,i}^2)} \quad (6.3-7)$$

$$\beta_{z,s} = \frac{\{w_{s,i}\}^T [M] \{1\}}{M_s} = \frac{\sum_i m_i \cdot w_{s,i}}{\sum_i m_i \cdot (u_{s,i}^2 + v_{s,i}^2 + w_{s,i}^2)} \quad (6.3-8)$$

$\ddot{x}_0$ 、 $\ddot{y}_0$ 、 $\ddot{z}_0$ それぞれによる $s$ 次の応答変位を $q_{s,x}$ 、 $q_{s,y}$ 、 $q_{s,z}$ とする。多自由度系の $s$ 次の応答変位は、線形系を考えているので、次のように $\ddot{x}_0$ 、 $\ddot{y}_0$ 、 $\ddot{z}_0$ それぞれによる応答変位を重ね合わせて得られる。

$$\begin{Bmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{Bmatrix} = \beta_{s,x} \begin{Bmatrix} U_s \\ V_s \\ W_s \end{Bmatrix} q_{s,x} + \beta_{s,y} \begin{Bmatrix} U_s \\ V_s \\ W_s \end{Bmatrix} q_{s,y} + \beta_{s,z} \begin{Bmatrix} U_s \\ V_s \\ W_s \end{Bmatrix} q_{s,z} \quad (6.3-9)$$

入力が $\ddot{x}_0$ のみの場合について考える。多自由度系の応答を仮定の $R$ 次モードで代表できるものとする。このとき、多自由度系の応答と $R$ 次モード等価 1 自由度系の応答に次の関係が成り立つ。

$$\begin{aligned} \text{応答変位} \quad \delta_{x,i} &= \beta_{x,R} \cdot u_{R,i} \cdot \Delta_R \\ \delta_{y,i} &= \beta_{x,R} \cdot v_{R,i} \cdot \Delta_R \end{aligned} \quad (6.3-10)$$

$$\begin{aligned} \delta_{z,i} &= \beta_{x,R} \cdot w_{R,i} \cdot \Delta_R \\ \text{外力} \quad P_{x,i} &= m_i \cdot \beta_{x,R} \cdot u_{R,i} \cdot A_R \\ P_{y,i} &= m_i \cdot \beta_{x,R} \cdot v_{R,i} \cdot A_R \end{aligned} \quad (6.3-11)$$

$$P_{z,i} = m_i \cdot \beta_{x,R} \cdot w_{R,i} \cdot A_R \quad (6.3-12)$$

$$\text{ベースシア} \quad Q_{Bx} = \sum_i P_{x,i} = \sum_i m_i \cdot \beta_{x,R} \cdot u_{R,i} \cdot A_R$$



ここで、 $\delta_{x.i}$ ,  $\delta_{y.i}$ ,  $\delta_{z.i}$ はそれぞれ多自由度系の X, Y, Z 方向応答変位、 $P_{x.i}$ ,  $P_{y.i}$ ,  $P_{z.i}$ はそれぞれ X, Y, Z 方向外力、 $u_{R.i}$ ,  $v_{R.i}$ ,  $w_{R.i}$ はそれぞれ X, Y, Z 方向の R 次モード固有ベクトルである。 $Q_{Bx}$ は系と地面との間で伝達される X 方向水平力の総和（ベースシア）である。 $\Delta_R$ ,  $A_R$ は等価 1 自由度系の応答変位と応答加速度である。 $\beta_{x.R}$ は X 方向外力に対応する刺激関数である、次式による。

$$\beta_{x.R} = \frac{\sum_i m_i \cdot u_{R.i}}{\sum_i m_i \cdot (u_{R.i}^2 + v_{R.i}^2 + w_{R.i}^2)} \quad (6.3-13)$$

(6.3-10)式より、

$$u_{R.i} = \frac{\delta_{x.i}}{\beta_{x.R} \cdot \Delta_R} \quad v_{R.i} = \frac{\delta_{y.i}}{\beta_{x.R} \cdot \Delta_R} \quad w_{R.i} = \frac{\delta_{z.i}}{\beta_{x.R} \cdot \Delta_R} \quad (6.3-14)$$

これを(6.3-13)式に代入して、

$$\Delta_R = \frac{\sum_i m_i \cdot (\delta_{x.i}^2 + \delta_{y.i}^2 + \delta_{z.i}^2)}{\sum_i m_i \cdot \delta_{x.i}} \quad (6.3-15)$$

等価質量 $M_{u.R}$ を次のように定義する。

$$\begin{aligned} M_{u.R} &= \sum_i m_i \cdot \beta_{x.R} \cdot u_{R.i} = \frac{(\sum_i m_i \cdot u_{R.i})^2}{\sum_i m_i \cdot (u_{R.i}^2 + v_{R.i}^2 + w_{R.i}^2)} \\ &= \frac{(\sum_i m_i \cdot \delta_{x.i})^2}{\sum_i m_i \cdot (\delta_{x.i}^2 + \delta_{y.i}^2 + \delta_{z.i}^2)} \end{aligned} \quad (6.3-16)$$

このとき、

$$Q_{Bx} = M_{u.R} \cdot A_R \quad (6.3-17)$$

(6.3-16)式、(6.3-17)式より、

$$A_R = \frac{Q_{Bx}}{M_{u.R}} = \frac{\sum_i m_i \cdot (\delta_{x.i}^2 + \delta_{y.i}^2 + \delta_{z.i}^2)}{(\sum_i m_i \cdot \delta_{x.i})^2} \cdot Q_{Bx} \quad (6.3-18)$$