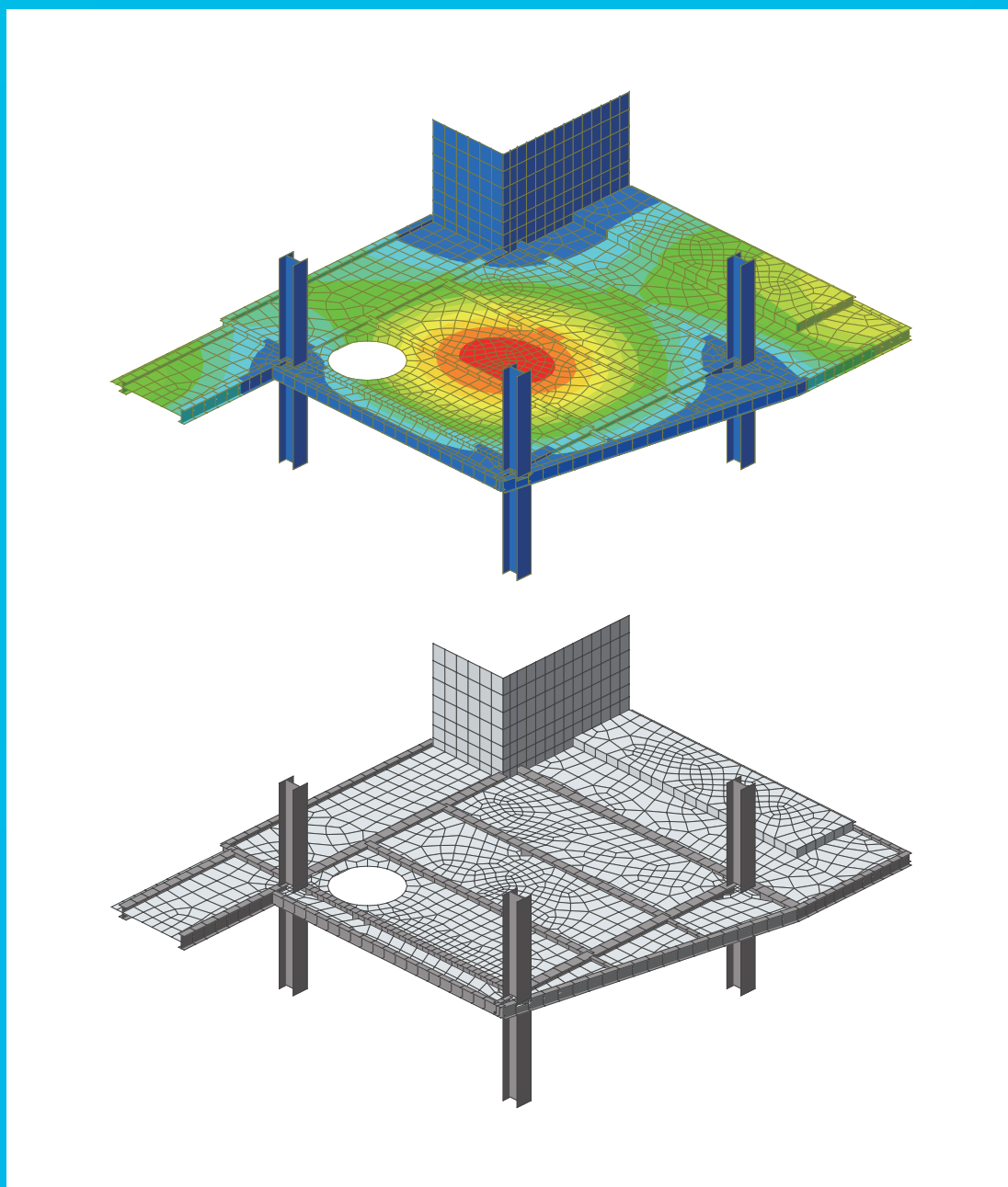


板要素を利用したFEM解析

MIDAS BUILDING TECHNICAL EDUCATION SEMINAR



WE WILL CHANGE THE WORLD

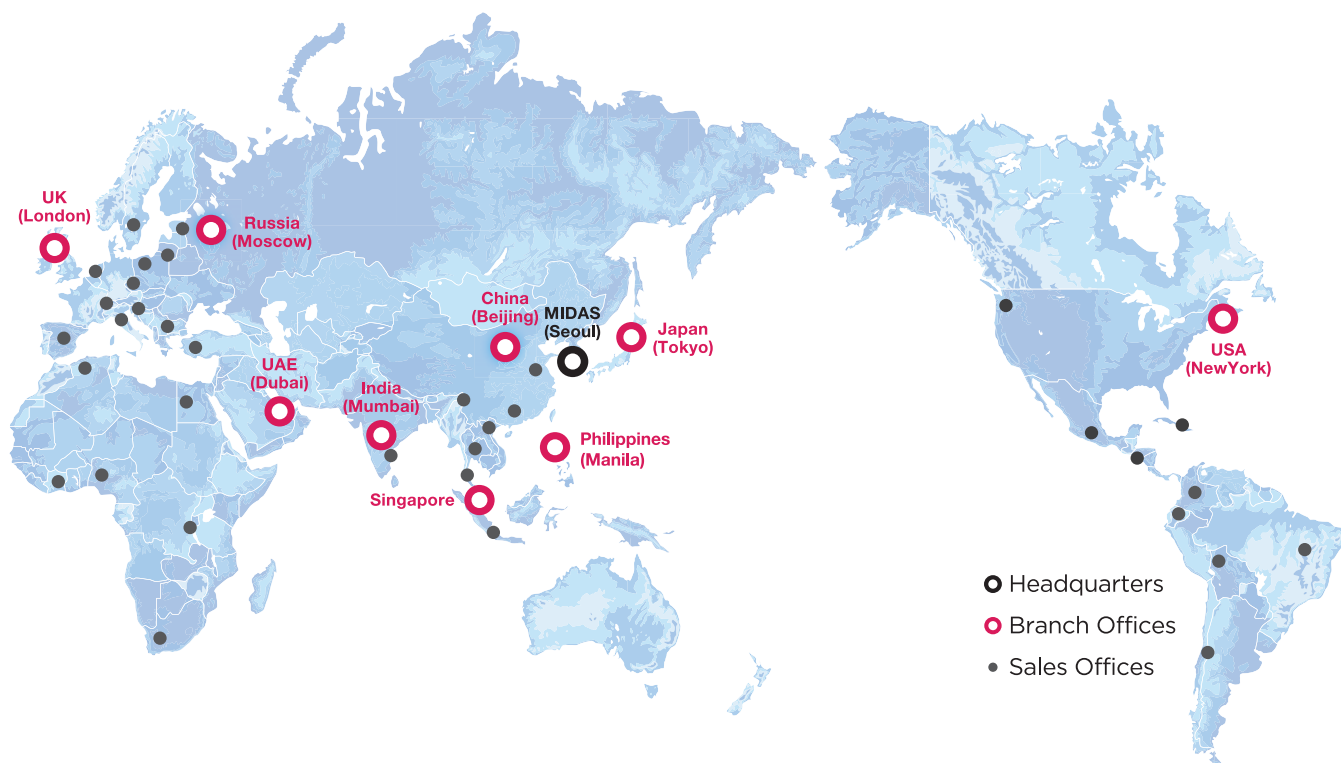
The World's Best
Total Engineering Solution
Provider & Service Partner

建設業界 **No.1**

現地法人 **9**

海外代理店 **35**

輸出国 **110**



- Headquarters
- Branch Offices
- Sales Offices

MIDAS IT

MIDAS ITは、工学技術用ソフトウェア開発および普及、そして構造分野のエンジニアリングサービスとウェブビジネス統合ソリューションを提供する会社です。

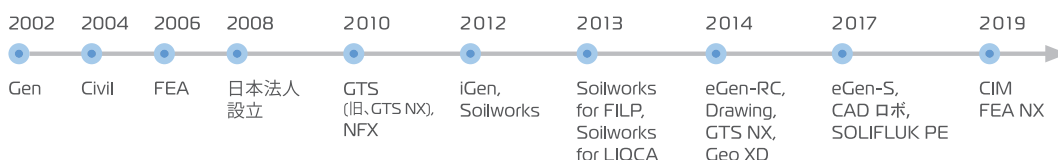
1989年から活動を開始し、2000年9月にマイダスイティを設立、現在は約600名の世界的な専門技術者を保有し日本、アメリカ、中国、インド、ロシア、イギリス、ドバイ、シンガポール、フィリピンの現地法人や35ヶ国の代理店などの全世界ネットワークを通し、110ヶ国に工学技術用ソフトウェアを販売する世界的な企業として成長しました。

MIDAS IT JAPAN

マイダスイティジャパンは、マイダスイティの日本法人です。

2008年に建築工学技術用ソフトウェアの普及からスタートし、現在は土木/地盤/機械の分野まで事業を拡張しています。日本国内では1,300社6,500ライセンスが使用されており、建築分野から土木/地盤分野（橋梁、トンネル、地下構造物、土構造物等）、機械分野（自動車、精密機器、医療等）にかけて、多分野で活用されるまでに成長しました。

PRODUCT HISTORY



MIDAS BUILDING TECHNICAL EDUCATION

05-37

板要素を利用した FEM解析チュートリアル

38-44

板要素の正しい使用のためのガイドライン

45-56

実務におけるスラブの FEM解析活用例

57

よく使うツールボタン説明



建築分野 汎用構造解析

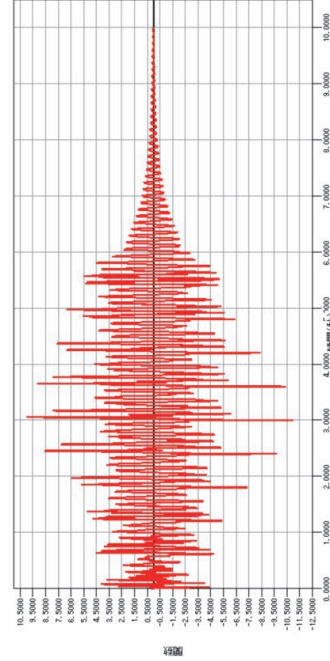
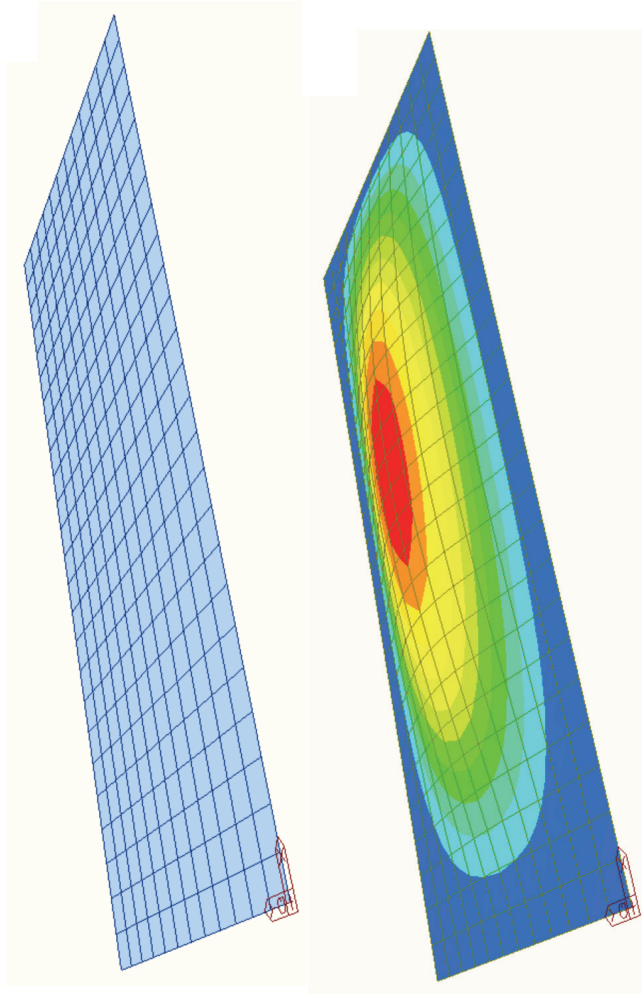
Step

00

midas iGen 板要素を利用したFEM解析

目次

- Step 01-02 モデルの概要
- Step 03 新規プロジェクト&解析モデルの基本設定
- Step 04 材料と厚さの設定
- Step 05 節点と要素の生成
- Step 06 オートメッシュ生成
- Step 07 節点と要素の番号並べ替え
- Step 08 境界条件の指定
- Step 09 自重の入力
- Step 10 圧力荷重の入力
- Step 11 荷重組み合わせ
- Step 12 解析実行
- Step 13-15 結果確認
- Step 16 設計活用の例 - iGenと設計式の結果比較
- Step 17 設計活用の例 - 鉄筋の配筋
- Step 18 質量の入力
- Step 19 固有値解析
- Step 20 固有値解析 - 固有モード形状の確認
- Step 21 時刻歴応答解析 - 解析準備
- Step 22 歩行荷重の設定
- Step 23 時刻歴荷重ケースの定義
- Step 24-25 歩行荷重の入力
- Step 26-29 時刻歴応答解析 - 結果確認
- Step 30 1/3オクターブ分析の比較
- Step 31 活用例1 - モデル概要
- Step 32 活用例1 - モデリングおよび解析結果
- Step 33 活用例2 - 看板のマットスラブ



Step 01

モデルの概要

本チュートリアルで作成するモデル

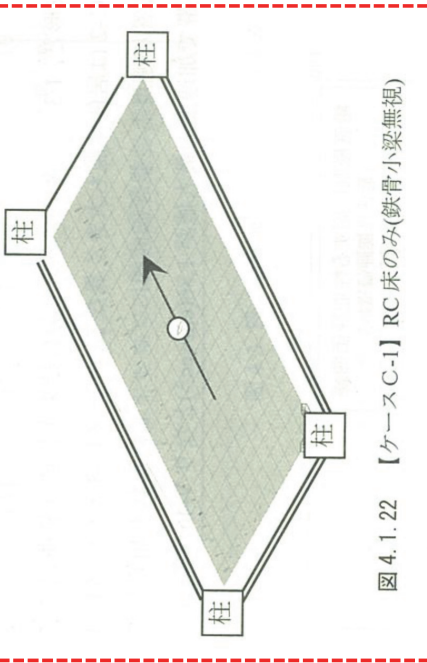


図 4.1.22 【ケース C-1】 RC床のみ(鉄骨小梁無視)

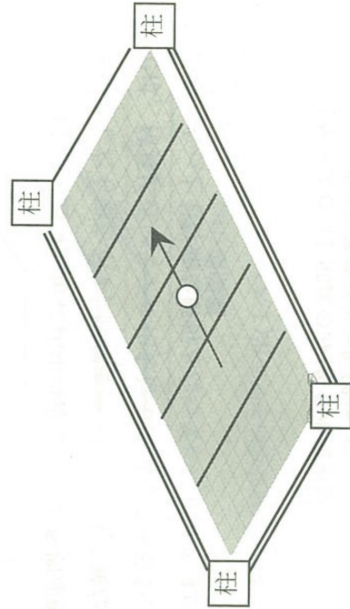


図 4.1.23 【ケース C-2】 RC床のみ(小梁位置にピン支点)

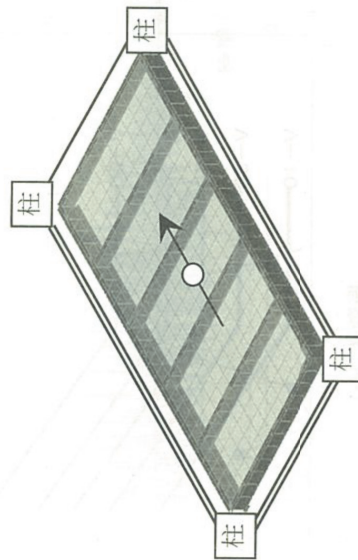


図 4.1.24 【ケース C-3】 鉄骨梁のモデル化(1 スパン)

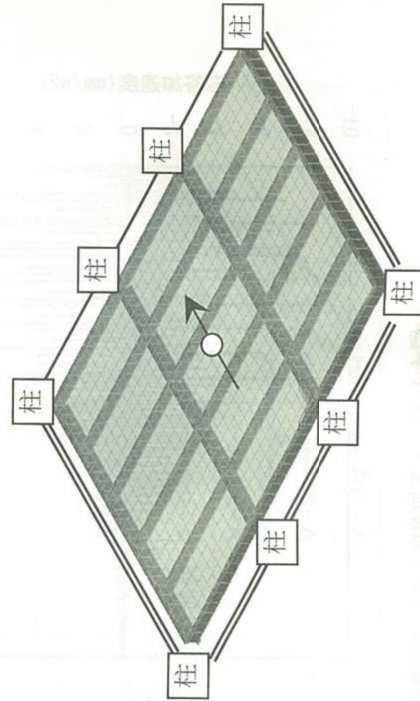


図 4.1.25 【ケース C-4】 鉄骨梁のモデル化(3 スパン)

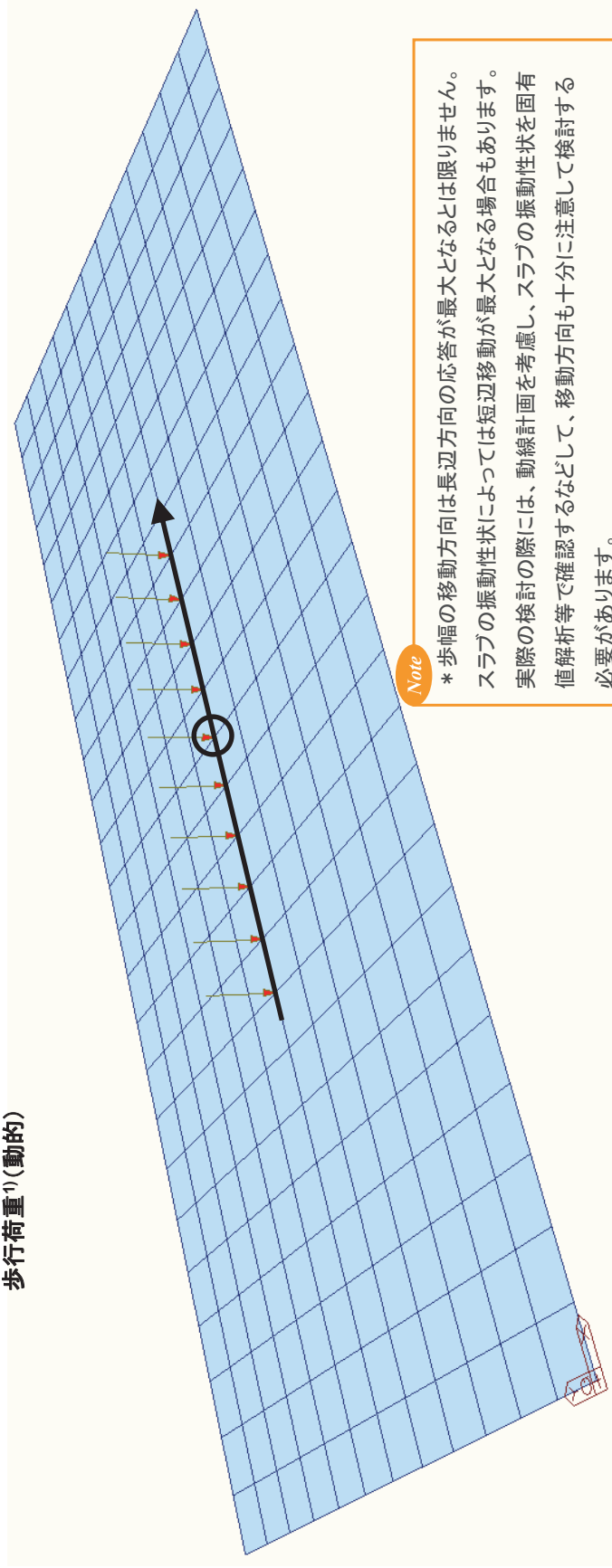
※ 環境振動性能設計ハンドブック 日本建築学会, 2010年, P69

Step

02

モデルの概要

- ・ 使用材料
 - コンクリート : $F_c=21\text{N/mm}^2$
- ・ 床のサイズ
 - 長辺 : 15m
 - 短辺 : 7.2m
 - 厚さ : 150mm
- ・ 適用荷重
 - 自重 + 圧力荷重 (静的) : 1.05kN/m^2
 - 歩行荷重¹⁾ (動的)
- ・ 歩行荷重の加振位置
 - 床中央10節点 (→ 表示) (歩幅/メッシュ間隔 600mm)
 - 応答加速度検討位置
 - 床中央節点 (○ 表示)
- ・ 動的解析形式
 - 線形解析 (モード法)
 - 減衰
 - 定値減衰 (全モードに対して減衰定数 h は2%とする)



Note

* 歩幅の移動方向は長辺方向の応答が最大となるとは限りません。
スラブの振動性状によっては短辺移動が最大となる場合があります。
実際の検討の際には、動線計画を考慮し、スラブの振動性状を固有
値解析等で確認するなどして、移動方向も十分に注意して検討する
必要があります。

1) 日本建築学会: 居住性能に関する環境振動評価の現状と規準, 第1版, 2000.6

Step

03

新規プロジェクト&解析モデルの基本設定

手順

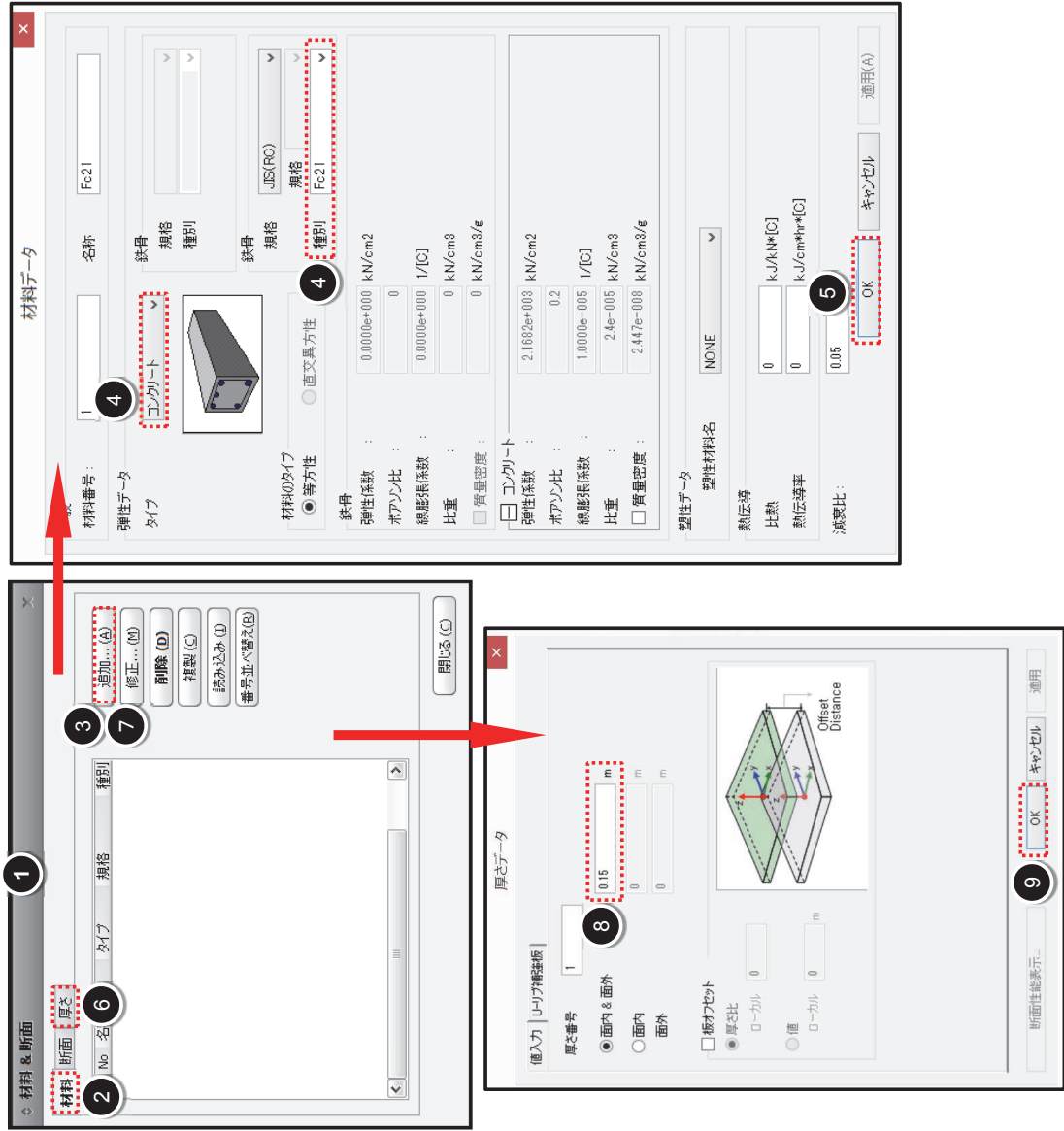
- ① 「ファイル>新規プロジェクト」をクリック
- ② 単位系設定：kN, m に変更
- ③  節点番号をオン
- ④ 「モデル>基本設定」をクリック
- ⑤ 自重を質量に変換 をチェック
- ⑥ Z方向に変換 をチェック
- ⑦ [OK] をクリック



Step 04 材料と厚さの設定

手順

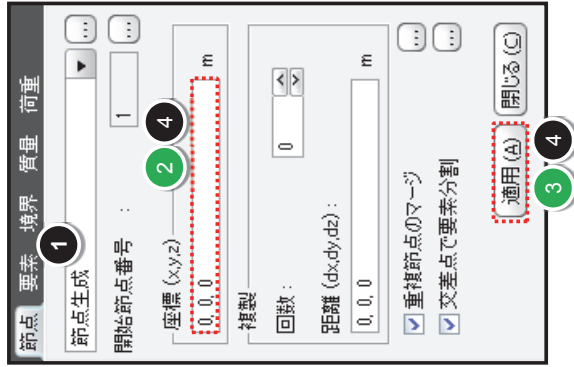
- 1 「モデル」>「材料/断面」>「材料」>「材料」をクリック
- 2 材料 タブを選択
- 3 [追加] をクリック
- 4 タイプからコンクリートを選択
種別から Fc21 を選択
- 5 [OK] をクリック
- 6 厚さタブを選択
- 7 [追加] をクリック
- 8 0.15 と入力
- 9 [OK] をクリック



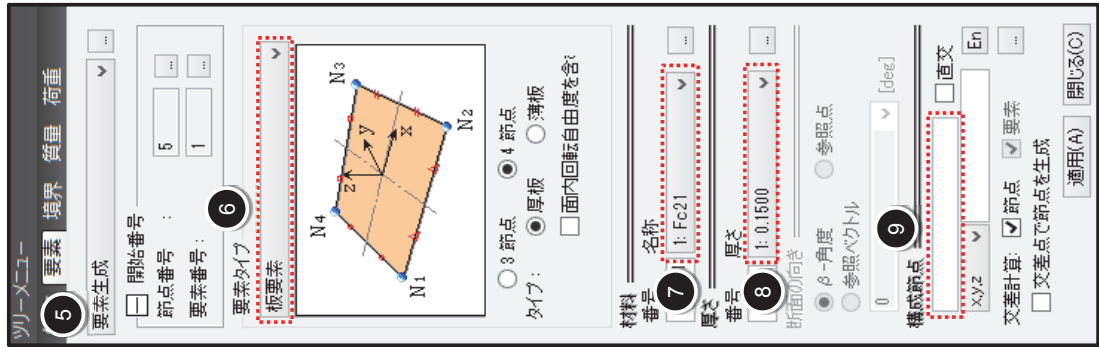
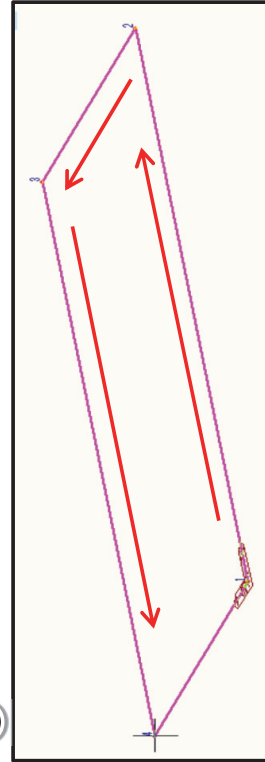
Step 05 節点と要素の生成

手順

- ① 「モデル>節点>生成」をクリック
- ② 座標 (x,y,z) : 0, 0, 0 を入力
- ③ [適用] をクリック
- ④ ②～③ を繰り返すし、以下を入力
座標 (x,y,z) : 15, 0, 0
座標 (x,y,z) : 15, 7.2, 0
座標 (x,y,z) : 0, 7.2, 0
- ⑤ 「モデル>要素>生成」をクリック
- ⑥ 要素タイプから 板要素 を選択
- ⑦ 材料: Fc21 を確認
- ⑧ 厚さ: 1: 0.1500 を選択
- ⑨ 構成節点をクリック
モデルビュー上で、生成した節点 (No.1, No.2, No.3, No.4) をクリック



⑨ 要素の生成

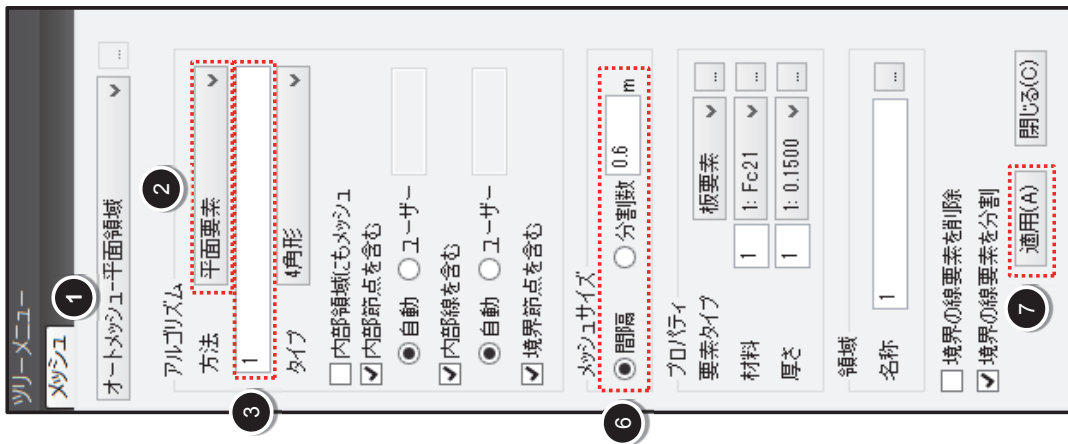


Step

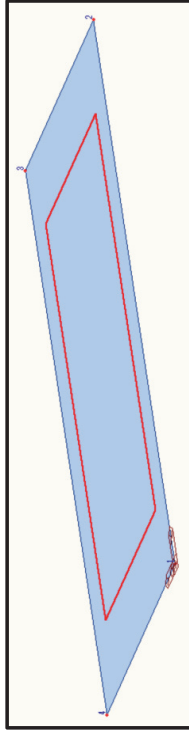
06 オートメッシュ生成

手順

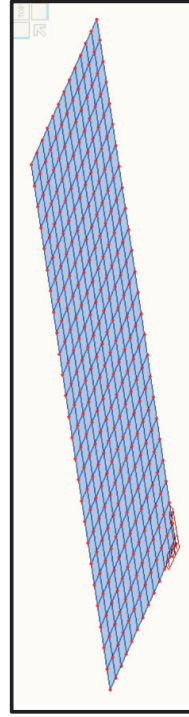
- 1 「モデル>メッシュ>平面領域」をクリック
- 2 アルゴリズムの方法から平面要素を選択
- 3 空白をクリック
- 4 単一選択 をクリック
- 5 モデルビュー上で、生成した板要素をクリック
- 6 0.6m 入力
- 7 [適用] をクリック



- 5 生成した板要素をクリック



- 6 オートメッシュの生成

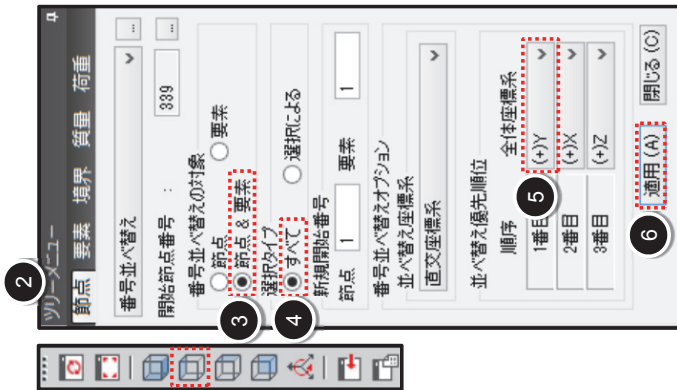


Step

07 節点と要素の番号並び替え

手順

- 1 アイコンメニューから 上部図をクリック
- 2 「モデル>節点>編集>編集>番号並び替え」をクリック
- 3 番号並び替えの対象で、節点&要素を手エック
- 4 選択タイプで、すべてを手エック
- 5 並び替え優先順位の1番目の全体座標系で(+Y) を選択
- 6 [適用] をクリック
- 7 節点の番号の並び替えを確認
- 8 節点番号をオフ
- 9 要素番号をオン
- 10 要素の番号の並び替えを確認



7 節点の番号の並び替え

313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338
277	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286
235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234
183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208
157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

9 要素の番号の並び替え

276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275
226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225
176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

Step 08 境界条件の指定

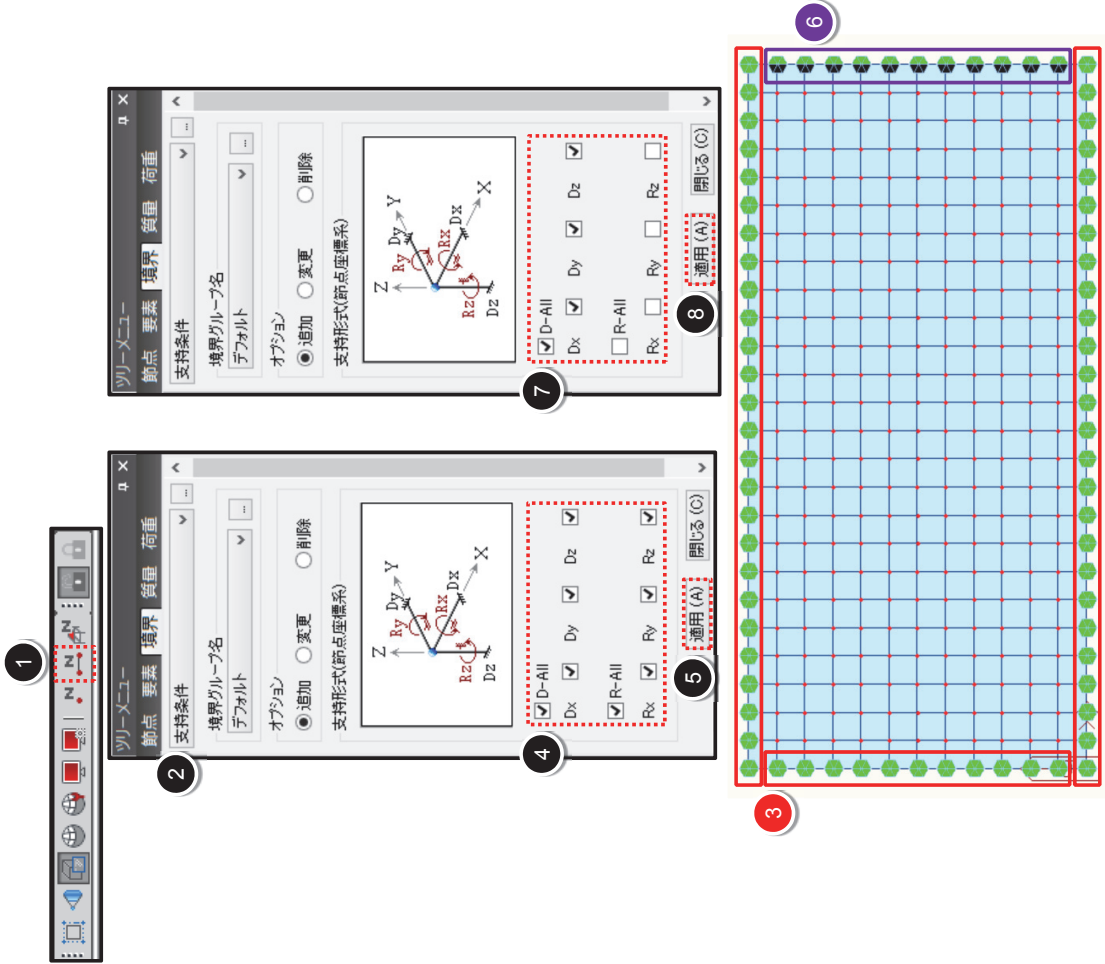
手順

- 1 要素番号 をオフ
- 2 「モデル>境界条件>支持条件」をクリック
- 3 ウィンドウで選択を利用して、固定端に指定する節点を選択
- 4 支持形式で、**D-All**、**R-All** をチェック
- 5 **[適用]** をクリック
- 6 ウィンドウで選択を利用して、単純支持に指定する節点を選択
- 7 支持形式で、**D-All** をチェック
- 8 **[適用]** をクリック

Note

支持形式で拘束する自由度成分を指定します。

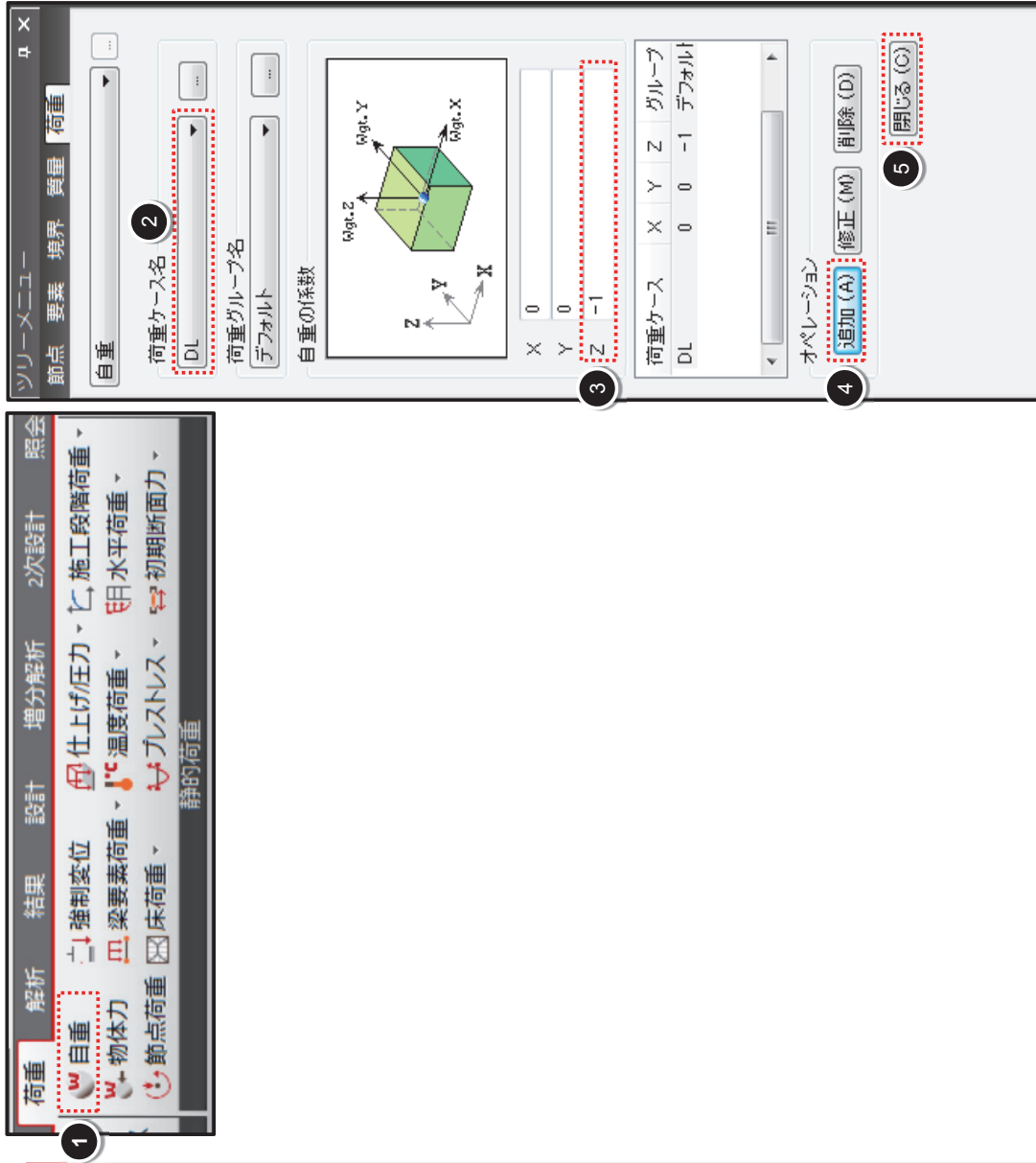
- ・ Dx,Dy,Dz : 変位自由度
- ・ Rx,Ry,Rz : 回転自由度



Step 09 自重の入力

手順

- ① 「荷重」>「静的荷重」>「自重」をクリック
- ② 荷重ケース DL を選択
- ③ 自重の係数で、Z=-1 を入力
- ④ [追加] をクリック
- ⑤ [閉じる] をクリック



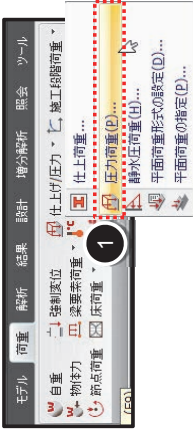
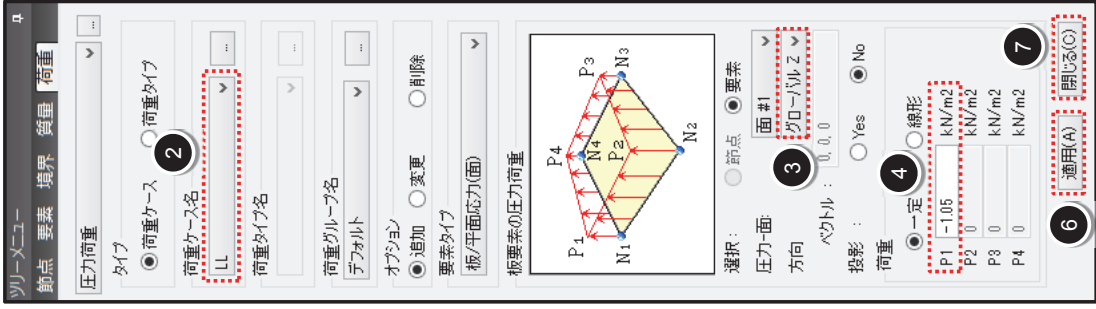
Step 10 圧力荷重の入力

手順

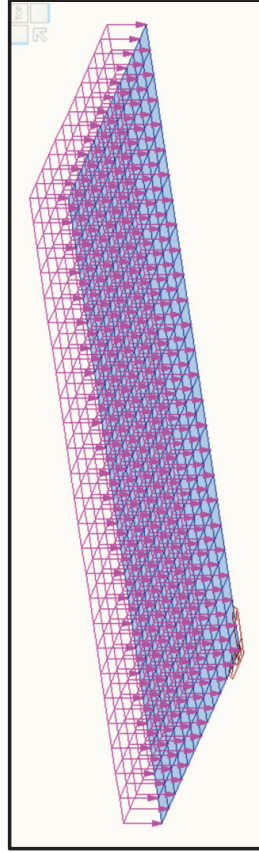
- 1 「荷重」>「静的荷重」>「仕上げ/圧力」>「圧力荷重」をクリック
- 2 荷重ケース名で、LL を選択
- 3 板要素の圧力荷重の方向で、グローバルZ を選択
- 4 荷重のP1に-1.05 を入力
- 5 **すべて選択** をクリック
- 6 **[適用]** をクリック
- 7 **[閉じる]** をクリック

Note

- * 荷重の作用方向
 - ローカル: 要素座標系
 - グローバル: 全体座標系
- * 入力する圧力荷重はスラブの仕上げ重量であるが、本チュートリアルでは複数の荷重ケースを時刻歴荷重にて初期荷重として読み込ませる手順を学ぶため、デフォルトで作成される荷重ケース「LL」に載荷しています。



圧力荷重の入力



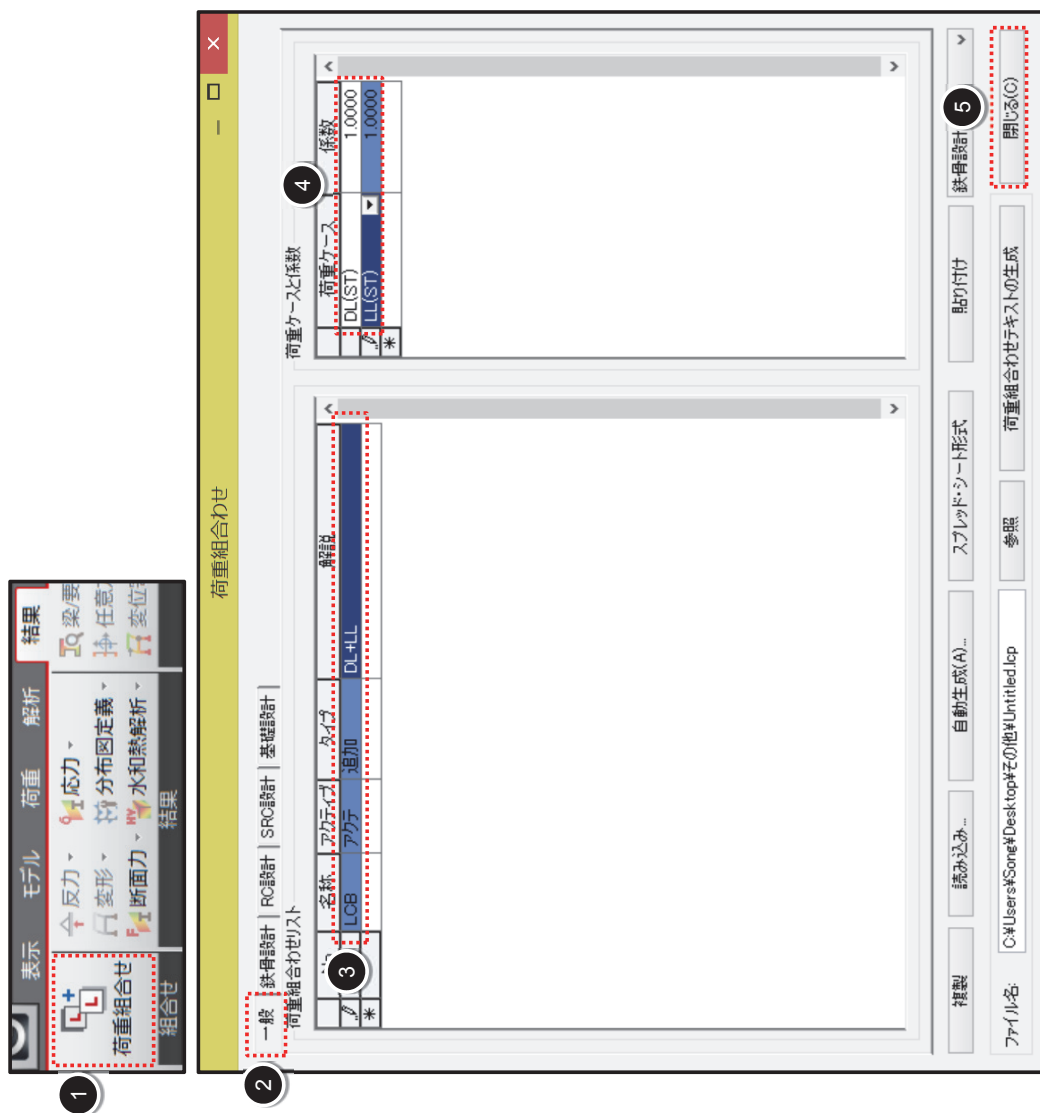
Step

11

荷重組み合わせ

手順

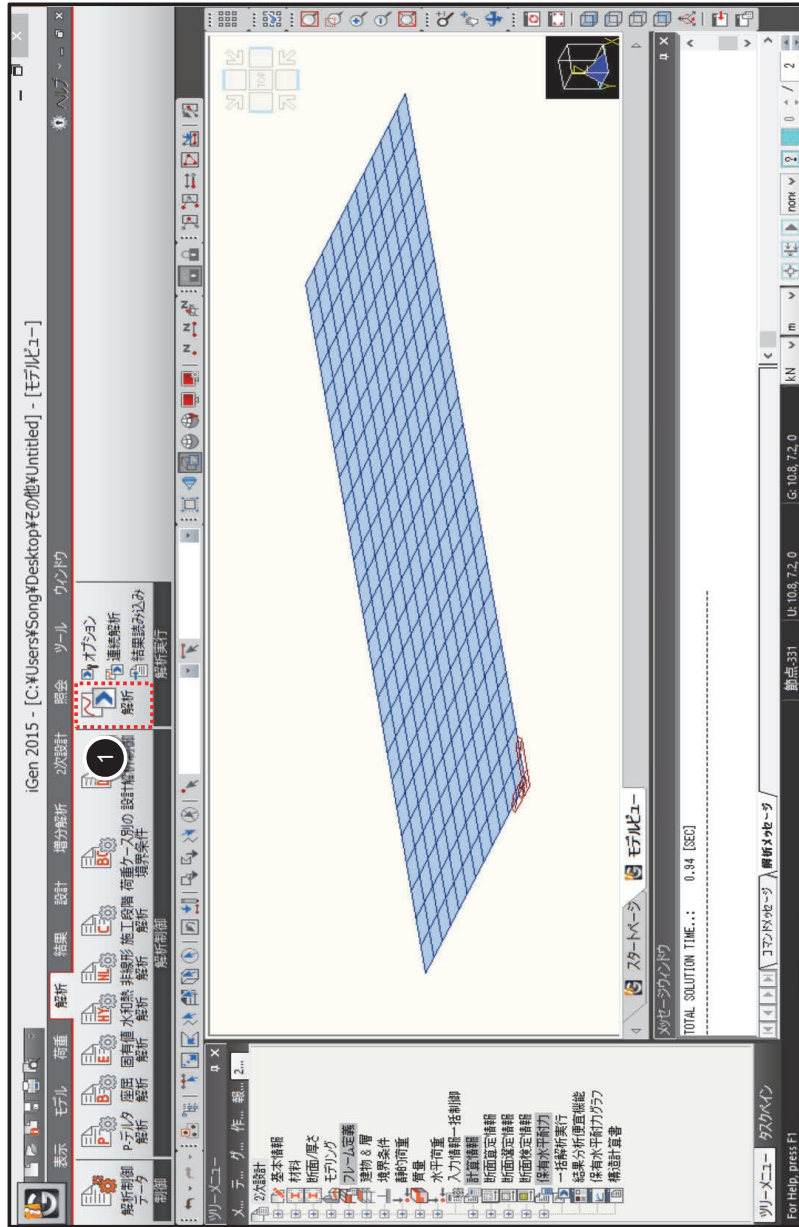
- ① 「結果>組合せ>荷重組合せ」をクリック
- ② 一般 タブを確認
- ③ 名称にLCB を入力
解説にDL+LL を入力
- ④ 荷重ケースで、DL(ST)とLL(ST) を選択
- ⑤ [閉じる] をクリック



Step 12 解析実行

手順

① 「解析」＞「解析」をクリック



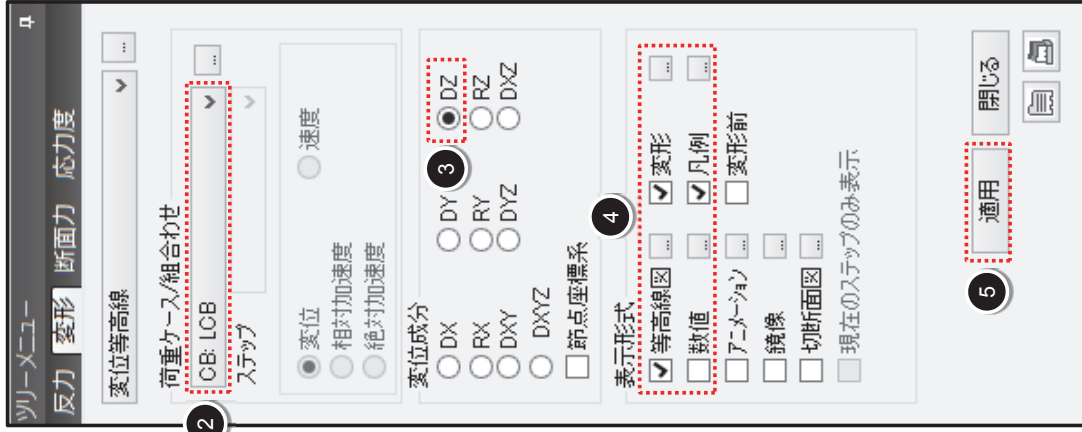
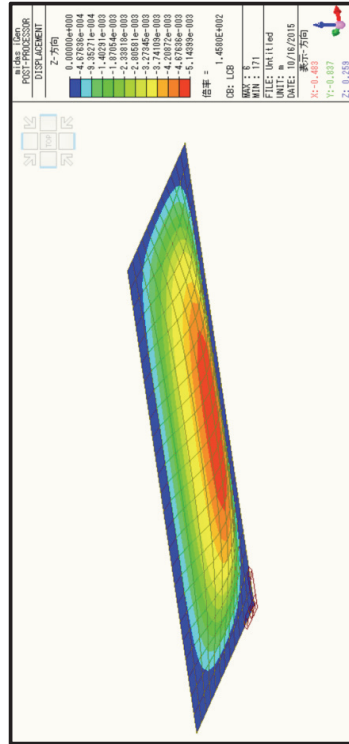
Step 13 結果確認

手順

- ◆ 変形の確認
- ① 「結果 > 変形 > 変形 > 変位等高線」をクリック
- ② 荷重ケース/組合せで、**CB:LCB** を選択
- ③ 変位成分で、**DZ** をクリック
- ④ 表示形式で、等高線図と変形、凡例にチェック
- ⑤ **[適用]** をクリック



変位の確認



Step 14 結果確認

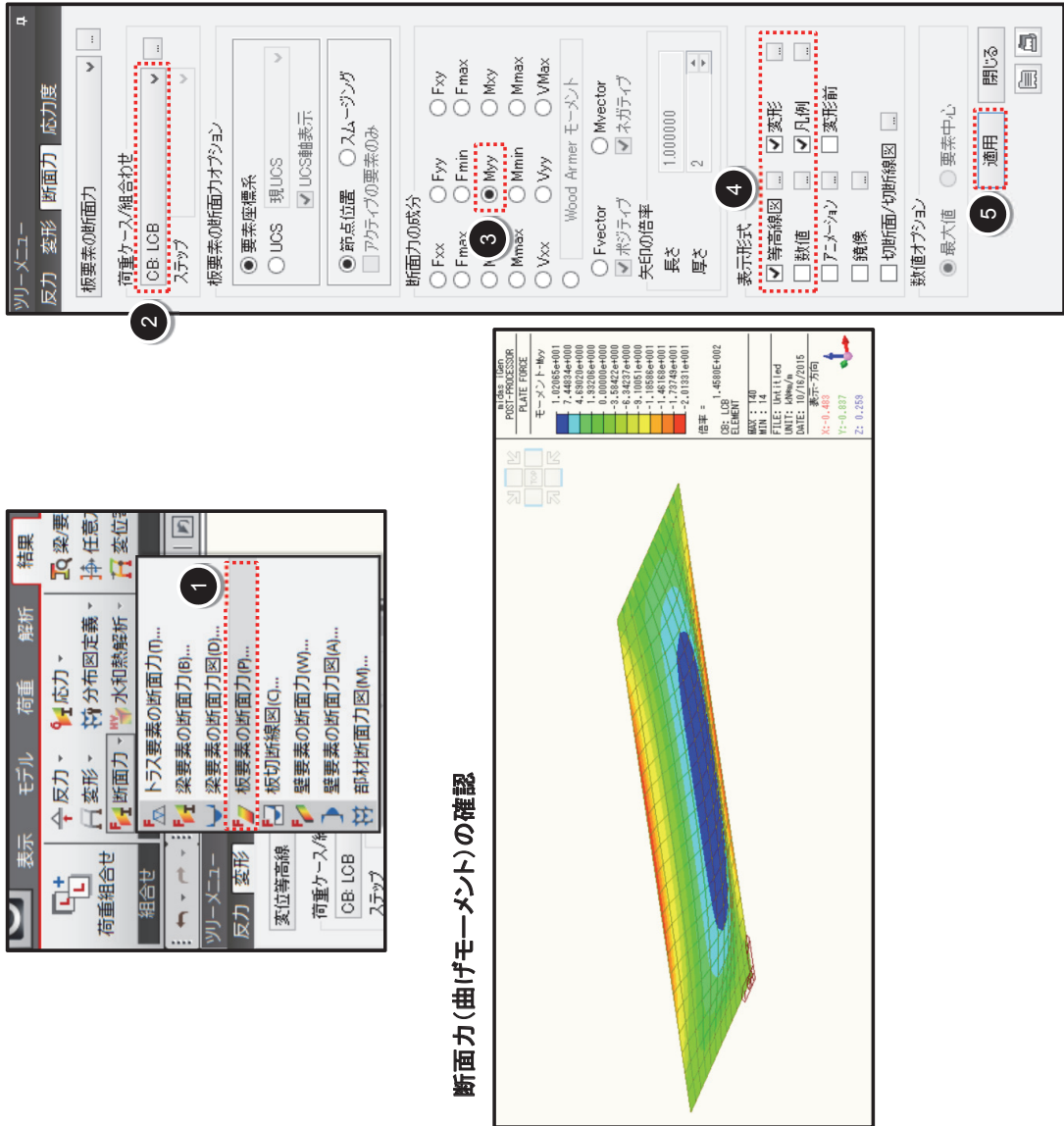
手順

◆ 断面力の確認(曲げモーメント)

- 1 「結果」>「断面力」>「板要素の断面力」をクリック
- 2 荷重ケース/組合せで、**CB:LCB** を選択
- 3 断面力の成分で、**Myy** をクリック
- 4 表示形式で、等高線図と変形、凡例にチェック
- 5 **[適用]** をクリック

Note

- * 断面力の成分
 - M_{xx} : 要素座標系x軸方向の単位幅あたりの曲げモーメント
 - M_{yy} : 要素座標系y軸方向の単位幅あたりの曲げモーメント
 - M_{xy} : 要素座標系のy-z平面及びx-z平面に対する単位幅あたりのねじりモーメント



断面力(曲げモーメント)の確認

Step 15 結果確認

手順

- ◆ 断面力の確認(曲げモーメント)
- ① 節点番号 をオン
- ② 表示形式で、**切断面/切断面図** にチェック
- ③ 切断ダイアグラムが出たら、モデルビュー上で、**節点15と節点327** をクリック
- ④ **[追加]** をクリック
- ⑤ **反転** にチェック
- ⑥ 切断ダイアグラムを閉じる
- ⑦ **[適用]** をクリック

①

② 切断面/切断面図

③ 切断線 #1

④ 追加

⑤ 適用

⑦ 適用

切断線の確認

表示形式

節点番号

切断面/切断面図

最大値

要素中心

適用

閉じる

反力 変形 断面力 応力度

板要素の断面力

荷重ケース/組み合わせ

CB: LCB

ステップ

板要素の断面力オプション

要素座標系

UCS 現UCS

UCS軸表示

節点位置 スムージング

アクタイブの要素のみ

断面力の成分

Fxx Fyy Fxy

Fmax Fmin Fmax

Mxx Myy Mxy

Mmax Mmin Mmax

Vxx Vyy VMax

Wood-Armer モーメント

Fvector Mvector

ポジティブ ネガティブ

矢印の倍率

長さ 1,000,000

厚さ 2

表示形式

等高線図 変形

数値 凡例

アニメーション 変形前

鏡像

切断面/切断線図

数値オプション

最大値 要素中心

適用

閉じる

切り取り

拡大

縮小

リセット

切断ダイアグラム

切断線/切断面の指定

切断線 切断面

登録された切断線

Out-Line #1

削除

修正

切断線の定義

名称: Cut-Line #2

Point: Pnt1: 84, 0, 0 Pnt2: 84, 72, 0

オプション

法線方向 面内方向

倍率: 1

グラフ 最大/最小のみ

反転 値出力

モーメント-Myy

MAX: 1.0206e+001

MIN: 7.4485e+000

1.3226e+000

-3.5645e+000

-8.2427e+000

-3.1005e+000

-1.1858e+001

-1.4516e+001

-2.2131e+001

OR: LCB ELEMENT

MAX: 140

FILES: 板2要素

UNIT: kN/m/m

DATE: 10/27/2015

表示方向

X: 1,000 Y: 8,000 Z: 8,000

Step **16**

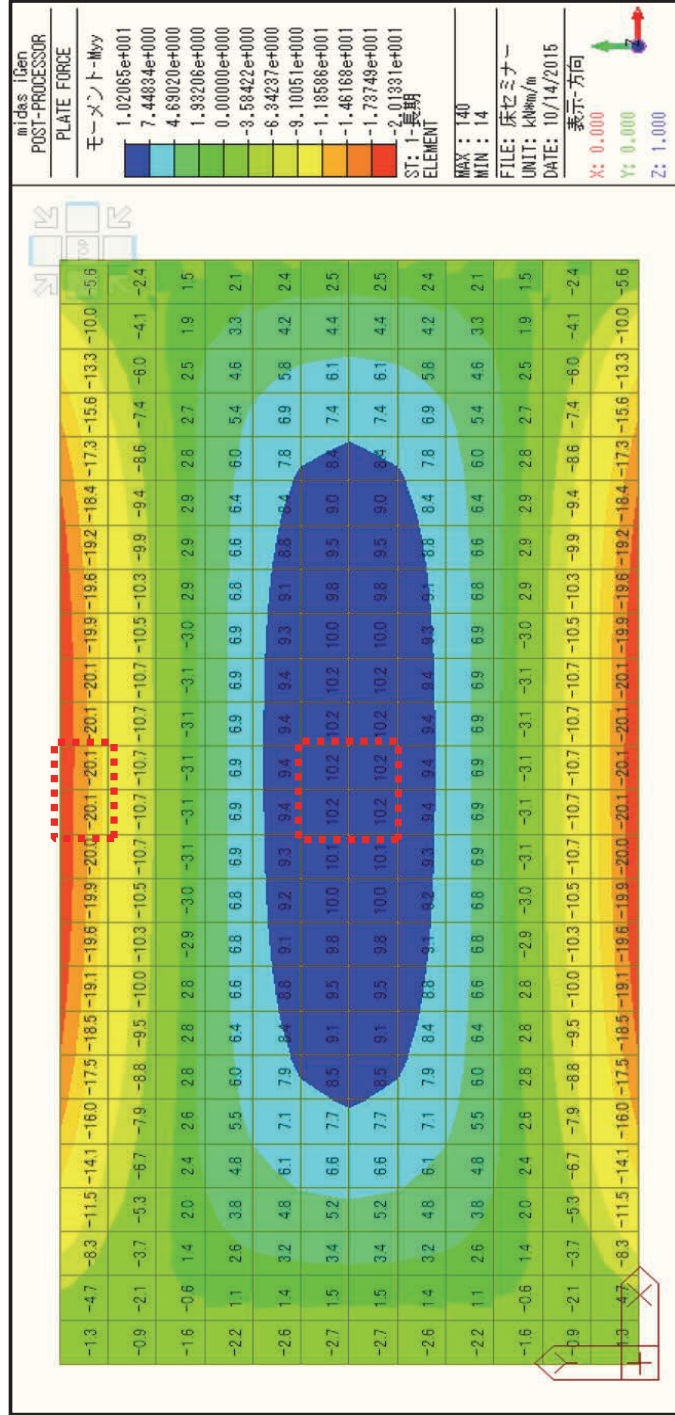
設計活用の例 - iGenと設計式の結果比較

◆ 周辺固定とみなすことのできる長方形スラブが等分布荷重を受ける場合

曲げモーメント算定式

$$M_{\text{端部}} = -\frac{1}{12}wl^2 = -19kN \cdot m \quad (iGen: -20.1kN \cdot m)$$

$$M_{\text{中央}} = \frac{1}{18}wl^2 = 13kN \cdot m \quad (iGen: 10.2kN \cdot m)$$



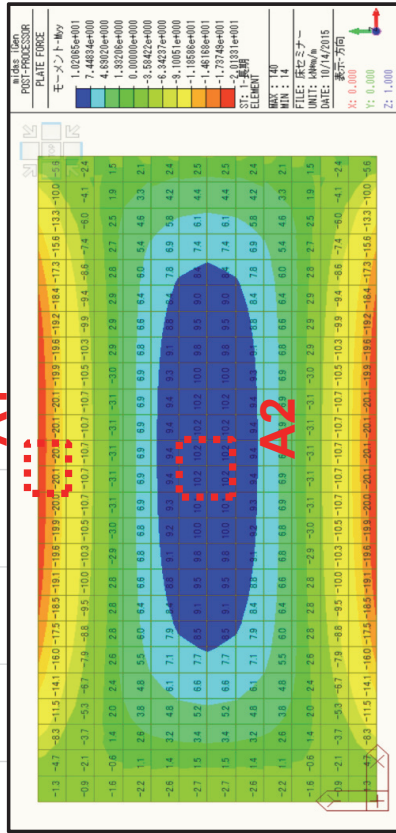
※ λが超えるため、一方向板として比較

Step 17

設計活用の例 - 鉄筋の配筋

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
3	4-6 FEMによる床版の設計											
4	□設計方針											
5	・断面算定は代表箇所の最大応力と該当箇所の許容応力を比較する。											
6	断面算定箇所は次頁からの応力図に示す。											
7	・評価式は以下による。											
8	$MLa = at \cdot ft \cdot j <kNm>$											
9	下表中 番号 1 など…各方向各配筋の許容応力を割り当てた番号を示す。											
10	算定箇所 A1など…解析結果中の断面算定を行う箇所の番号を示す。											
11	・断面算定の行い方は解析結果中の番号(A1など)と許容応力の番号(1など)を比較する。											

A1



12	A1 < 1 → OK 検定比 = 1/A1											
13												
14	□許容応力の算定											
15	< t = 150 の床版 >											
16	方向	番号	配筋	◎	D	d	MLa					
17				mm	mm	mm	kNm/m					
18	主筋方向	1	D10	200	150	100	6					
19		2	D10	100	150	100	12					
20		3	D13	200	150	100	11					
21		4	D13	100	150	100	22					

22												
23	スラブ記号 / スラブ厚 / 階数	方向	設計用 応力	番号	許容応力	判定	検定比	位置	配筋			
24												
25	S1 t=150	A1	Y-主筋方向	20	22	O.K	0.93	上端	D13 @100			
26		A2		10	12	O.K	0.84	下端	D10 @100			

Step 18 質量の入力

手順

- 1 解析前処理モードをクリック
- 2 「モデル>基本設定」をクリック
- 3 自重を質量に変換で、Z方向に変換を確認
- 4 [OK] をクリック
- 5 「モデル>質量>荷重>質量」をクリック
- 6 質量方向で、Z をクリック
- 7 荷重ケースで、LL を選択
- 8 [追加] をクリック
- 9 [OK] をクリック

1

2

3

4

5

6

7

8

9

荷重を質量に変換

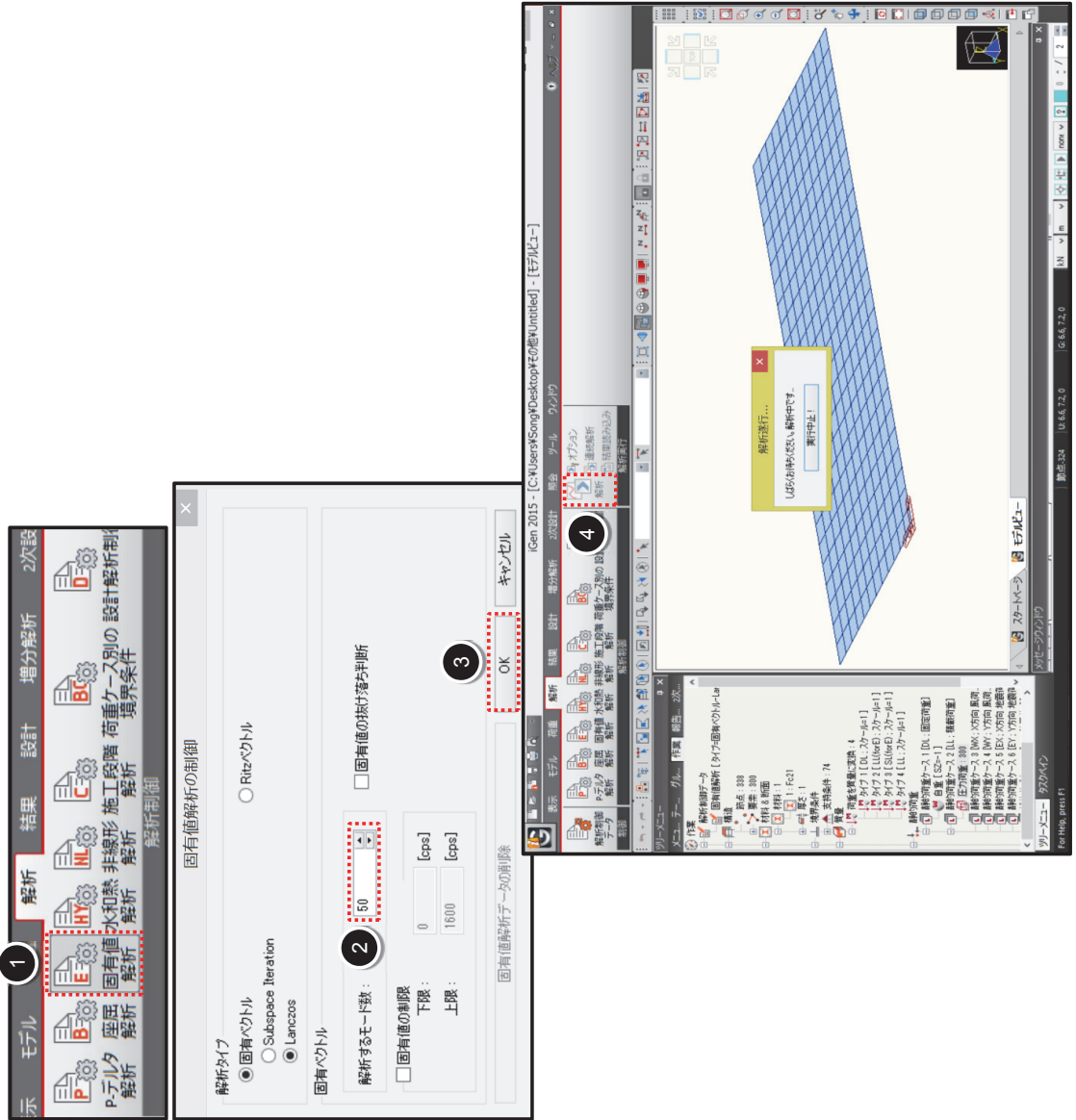
Step 19 固有値解析

手順

- ① 「解析」＞「固有値解析」をクリック
- ② 解析するモード数に50を入力
- ③ [OK] をクリック
- ④ 「解析」＞「解析」をクリック

Note

* 解析するモード数 (50) は、有効質量比の合計値が90%以上になるよう、設定しました。



Step **20**

固有値解析 - 固有モード形状の確認

手順

- ① 「結果」>「固有モード形状」>「固有モード形状」をクリック
- ② 荷重ケースで、Mode1 を確認
- ③ 表示形式で、等高線図 にチェック
- ④ [適用] をクリック
1次モード形状を確認
- ⑤ 複数モードをクリック
- ⑥ モード数で、[Ctrl]キーを押したまま、「Mode1, 4, 8, 10」を選択
- ⑦ [OK] をクリック
- ⑧ 「結果」>「テーブル」>「断面力/変形/モード」>「固有モード形状」をクリック
- ⑨ [OK] をクリック
テーブルで、各モード別の固有値解析結果を確認

1次モード形状

選択した各モード形状

テーブルで各モードの固有値解析結果を確認

モード No.	モード	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
1	1	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
2	2	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
3	3	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
4	4	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
5	5	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
6	6	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
7	7	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
8	8	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
9	9	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
10	10	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
11	11	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
12	12	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
13	13	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
14	14	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
15	15	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
16	16	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
17	17	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
18	18	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
19	19	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
20	20	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
21	21	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
22	22	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
23	23	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
24	24	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
25	25	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
26	26	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
27	27	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
28	28	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
29	29	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
30	30	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
31	31	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
32	32	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
33	33	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
34	34	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000
35	35	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000	0.0000E+000

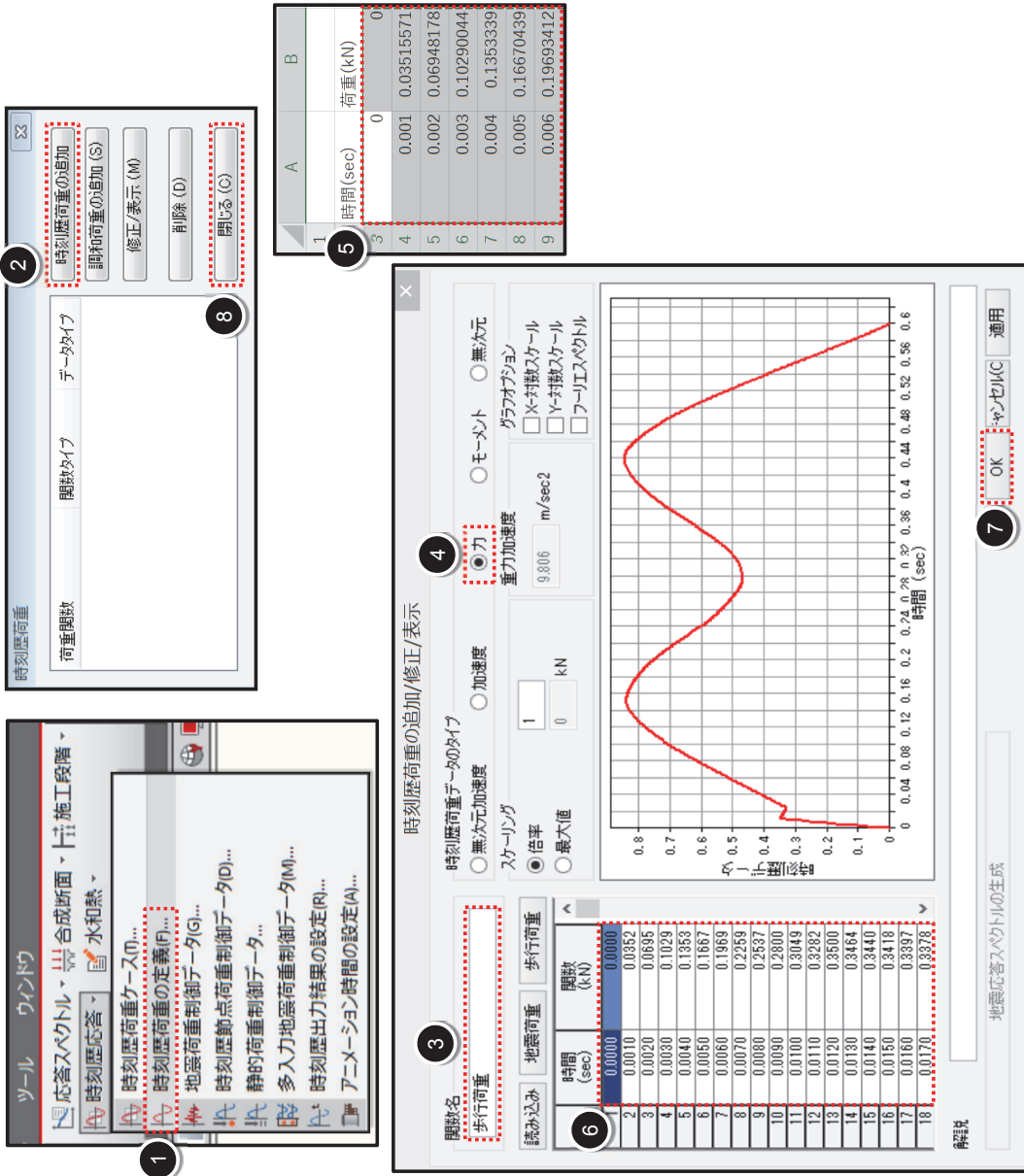
歩行荷重の設定

手順

- ① 「荷重」>「解析データ」>「時刻歴応答」>「時刻歴荷重の定義」をクリック
- ② 時刻歴荷重の追加 をクリック
- ③ 関数名に、歩行荷重 を入力
- ④ 時刻歴荷重データのタイプで、力をクリック
- ⑤ エクセルの入力波データをコピー
- ⑥ iGenに入力波データを貼り付け
- ⑦ [OK] をクリック
- ⑧ [閉じる] をクリック

Note

* 入力した歩行荷重は、「居住性能」に関する環境振動評価の現状と規準、第1版、2000.6」をもとに作成したものです。
 * また、0.7kNの一人歩行を想定しています。



Step 22

時刻歴荷重ケースの定義

手順

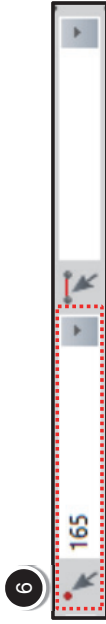
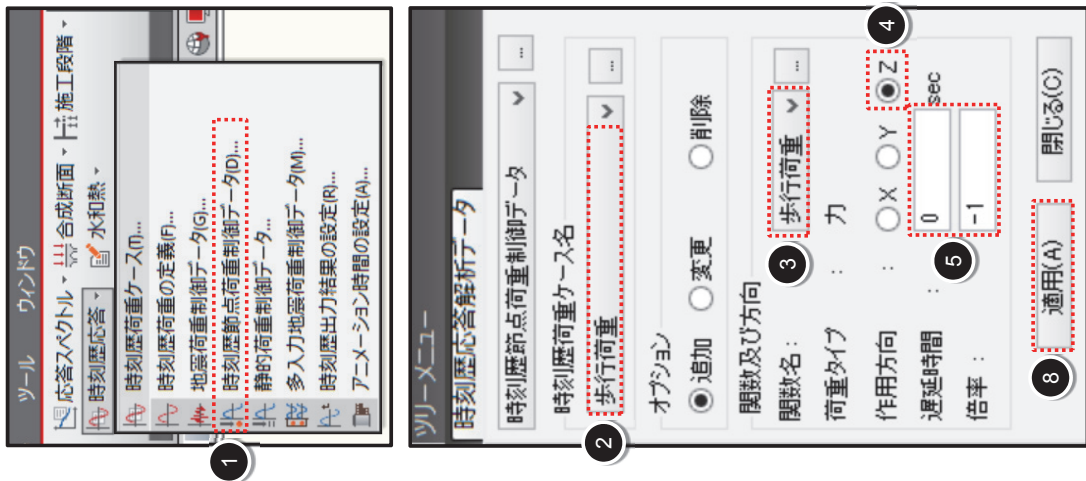
- 1 「荷重」>「解析データ」>「時刻歴応答」>「時刻歴荷重ケース」をクリック
時刻歴荷重ケース」をクリック
- 2 追加 をクリック
- 3 名称に歩行荷重 を入力
- 4 継続時間に 10sec
時間増分に 0.002sec を入力
- 5 減衰手法で、モード減衰 を選択
- 6 全モードに対する減衰定数に、
0.02 を入力
- 7 [OK] をクリック
- 8 [閉じる] をクリック



Step 23 歩行荷重の入力

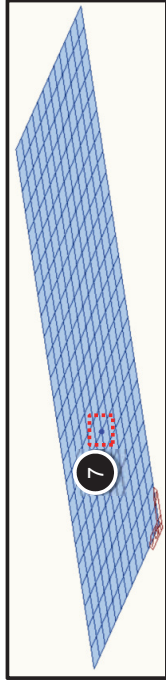
手順

- ① 「荷重」>「解析データ」>「時刻歴応答」>「時刻歴節点荷重制御データ」をクリック
- ② 時刻歴荷重ケース名で、歩行荷重を確認
- ③ 関数名で、歩行荷重を選択
- ④ 作用方向で、Zにチェック
- ⑤ 遅延時間で、0secを確認
- ⑥ 節点入カウインドウに165を入力し、[Enter]
- ⑦ 選択された節点を確認
- ⑧ [適用]をクリック

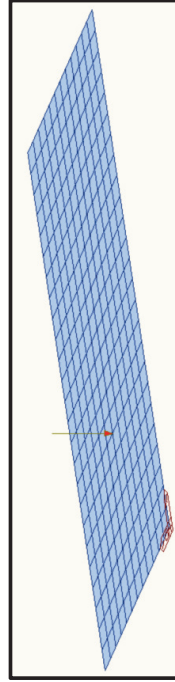


⑥ 165

選択された節点を確認



歩行荷重の入力



Step 24

歩行荷重の入力

手順

- ① 「荷重」>「テーブル」>「静的荷重」>時刻歴節点荷重制御データ」をクリック
- ② エクセルの歩行荷重の入力データをコピー
- ③ iGenに歩行荷重の入力データを貼り付け
- ④ 「解析」>「解析」をクリック

1

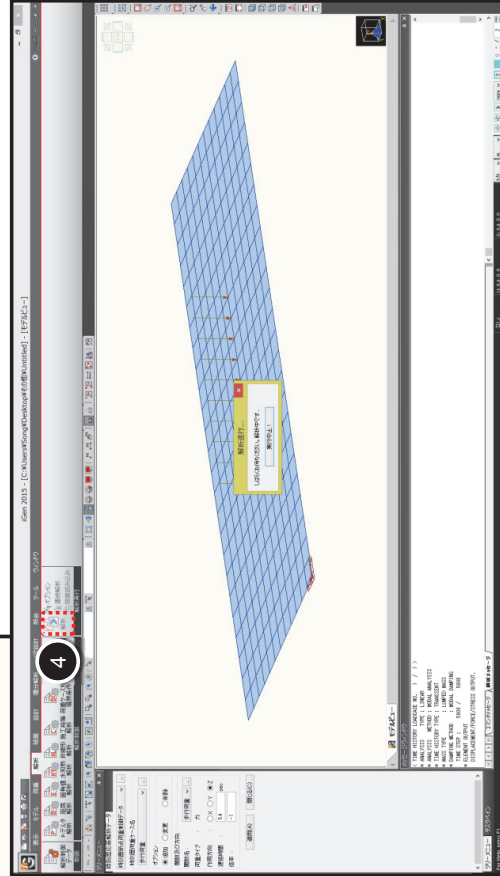
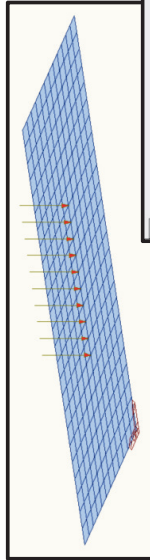
節点	荷重ケース	荷重タイプ	間数	作用方向	遅延時間 (sec)	倍率
165	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	0.00	-1.00

3

節点	荷重ケース	荷重タイプ	間数	作用方向	遅延時間 (sec)	倍率
165	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	0.00	-1.00
166	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	0.60	-1.00
167	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	1.20	-1.00
168	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	1.80	-1.00
169	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	2.40	-1.00
170	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	3.00	-1.00
171	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	3.60	-1.00
172	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	4.20	-1.00
173	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	4.80	-1.00
174	歩行荷重	力	歩行荷重	Z	5.40	-1.00

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	0.6	-1
3		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	1.2	-1
4		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	1.8	-1
5		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	2.4	-1
6		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	3.0	-1
7		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	3.6	-1
8		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	4.2	-1
9		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	4.8	-1
10		歩行荷重	力	歩行荷重	Z	5.4	-1

歩行荷重の入力

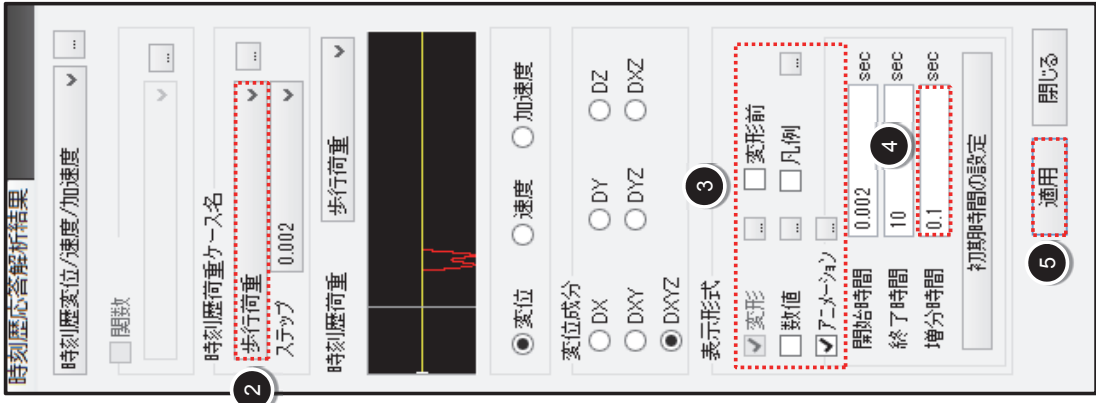
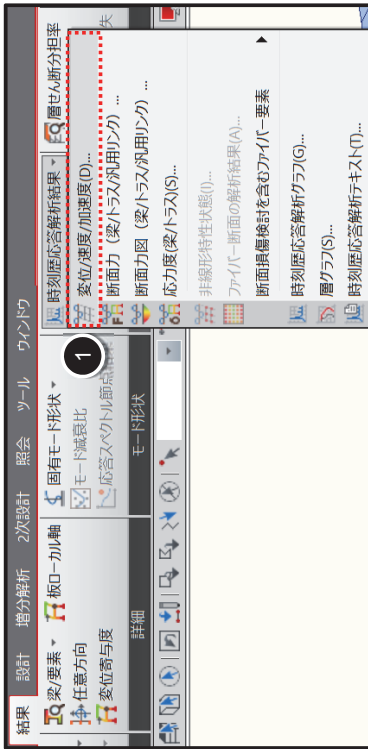


Step 25

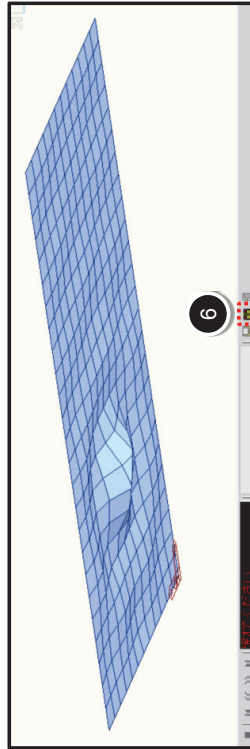
時刻歴応答解析 - 結果確認

手順

- ◆ 変位の確認
- ① 「結果」>時刻歴応答解析>時刻歴応答解析結果>変位/速度/加速度」をクリック
- ② 時刻歴荷重ケース名で、歩行荷重を確認
- ③ 表示形式アニメーションをチェック
- ④ 増分時間に0.1を入力
- ⑤ [適用]をクリック
- ⑥ レコードをクリックし変位を確認



変位の確認



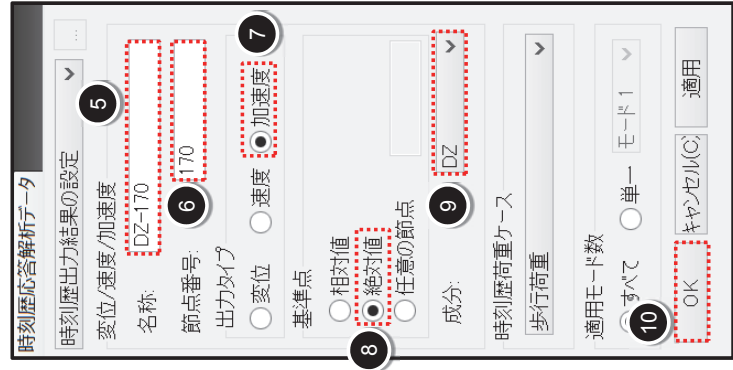
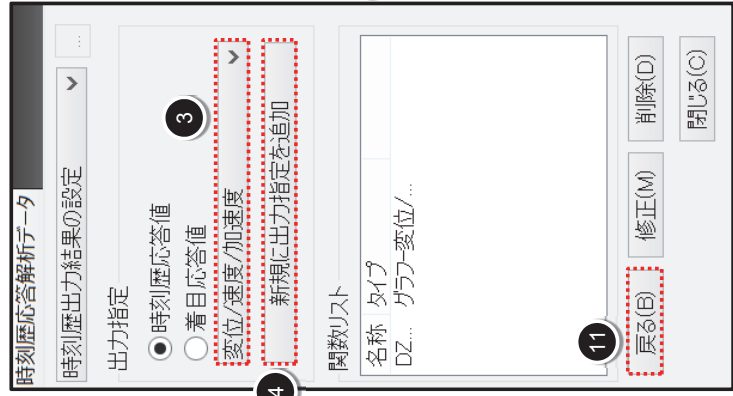
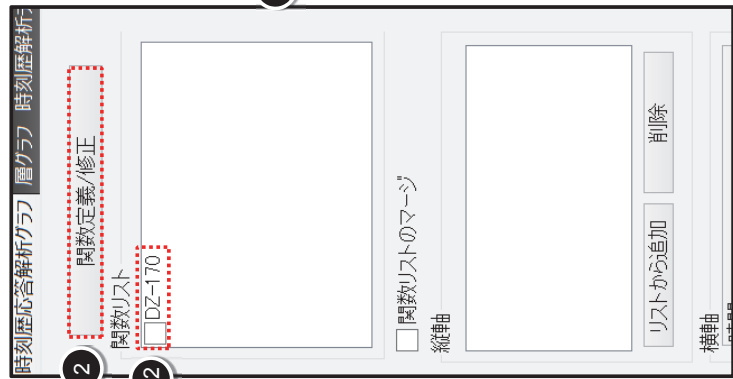
Step

26

時刻歴応答解析 - 結果確認

手順

- ◆ 加速度の確認(節点170番)
- ① 「結果」>時刻歴応答解析>時刻歴応答解析結果>時刻歴応答解析グラフをクリック
- ② 関数定義/修正 を確認
- ③ 変位/速度/加速度 を選択
- ④ 新規に出力指定を追加 をクリック
- ⑤ 名称に DZ-170 を入力
- ⑥ 節点番号に 170 を入力
- ⑦ 出力タイプで 加速度 をクリック
- ⑧ 基準点で 絶対値 を確認
- ⑨ 成分で DZ を選択
- ⑩ [OK] をクリック
- ⑪ [戻る] をクリック
- ⑫ 関数リストに DZ-170 が生成されていることを確認



Step 27

時刻歴応答解析 - 結果確認

手順

- ◆ 加速度の確認(節点170番)
- ① 単位系設定: mをcmに変更
- ② 関数リストでDZ-170をチェック
- ③ リストから追加をクリック
- ④ グラフをクリック
- ⑤ 最大加速度の時刻歴応答を確認
- ⑥ グラフ上でマウスを右クリックし、ポップアップメニューで時刻歴⇔振動数領域を選択
- ⑦ ポップアップメニューでX方向の対数スケールを選択し、周波数領域での応答を確認

The screenshot displays the software's time history analysis results. On the left, a unit selection menu shows 'mm', 'cm', 'in', and 'ft', with 'cm' selected. Below it, a function list contains 'DZ-170', which is checked. A 'リストから追加' (Add from List) button is highlighted. The main graph area shows a time-domain plot of acceleration (mm) versus time (sec) for node 170, with a peak value of approximately 9.5 mm. A 'グラフ' (Graph) button is visible. On the right, a frequency domain plot shows acceleration (mm) versus frequency (Hz) for node 170, with a peak value of approximately 9.5 mm at 8.300 Hz. A '時刻歴応答解析グラフ' (Time History Analysis Graph) button is highlighted.

Step 28

時刻歴応答解析 - 結果確認

手順

- ◆ 1/3オクターブ分析 (節点170番)
- ① タイプで 居住性能評価(1/3オクターブ分析) を選択
- ② グラフ をクリック
- ③ 1/3オクターブ分析結果を確認

時刻歴応答解析グラフ 層グラフ 時刻歴解析行

関数リスト

DZ-170

リストから

横軸 時間

縦軸

関数リスト

DZ-170

③ 1/3オクターブ分析結果

ALJによる居住性能評価(1/3オクターブ分析)

表示形式

グラフタイトル:

X軸小数点以下桁数 指数

Y軸小数点以下桁数 指数

1/3オクターブ分析 実行値

最大

最小振動 >=1

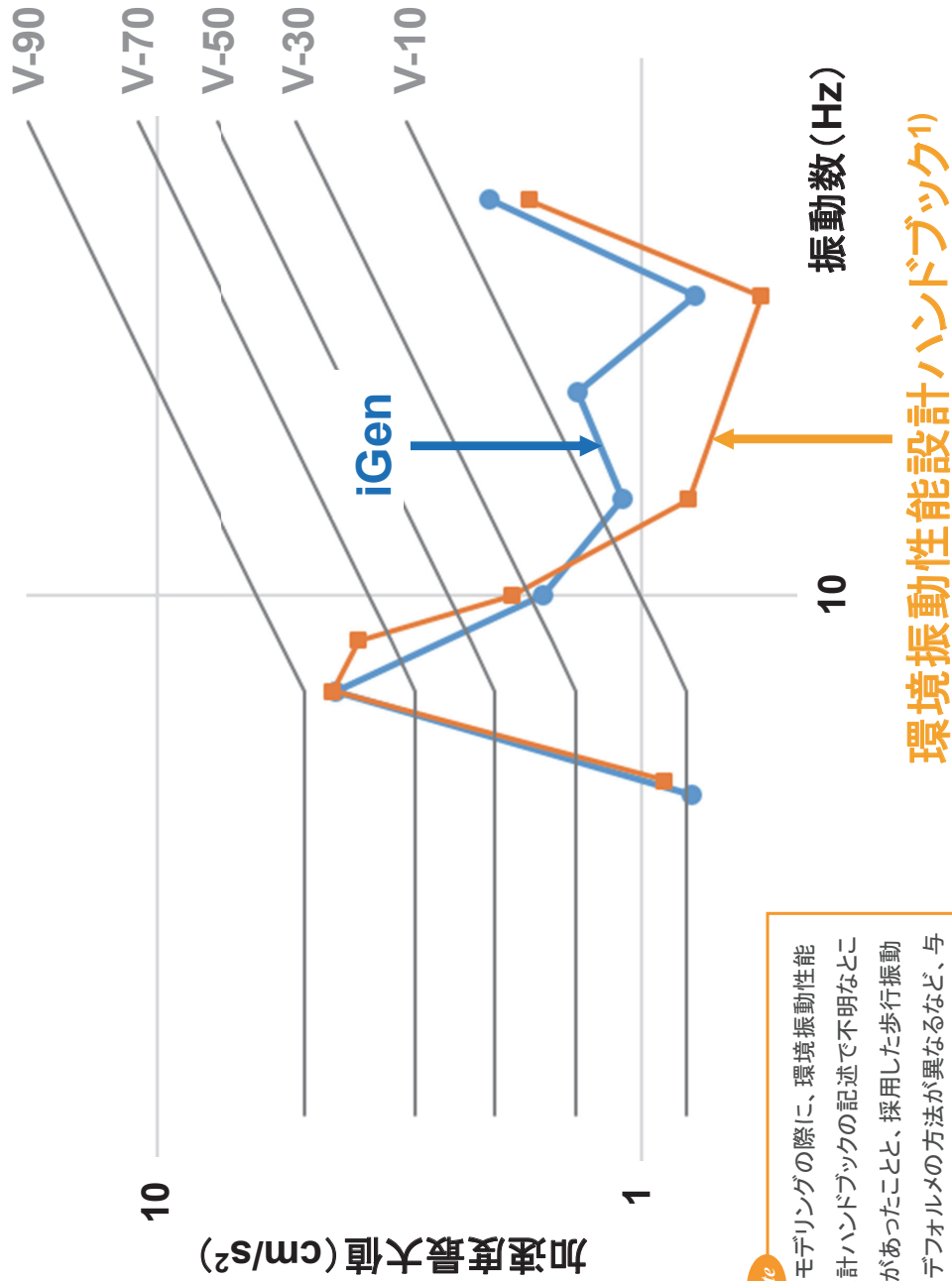
最大振動 <=100

タイプ: 居住性能評価(1/3オクターブ分析)

②

Step 29

1/3オクターブ分析の比較



Note
 * モデリングの際に、環境振動性能設計ハンドブックの記述で不明なところがあったことと、採用した歩行振動のデフォルメの方法が異なるなど、与条件の違いにより両者の結果は一致していません。

1) 日本建築学会：環境振動性能設計ハンドブック，2010

Step

30

活用例 1 - モデル概要

- ・ 構造形式：鉄骨構造
- ・ 建物用途：住居施設
- ・ 建物規模：地上37階
- ・ 構造システム

Lateral System：RCせん断壁

Floor System：Deck(THK 130)と補強の鉄骨梁

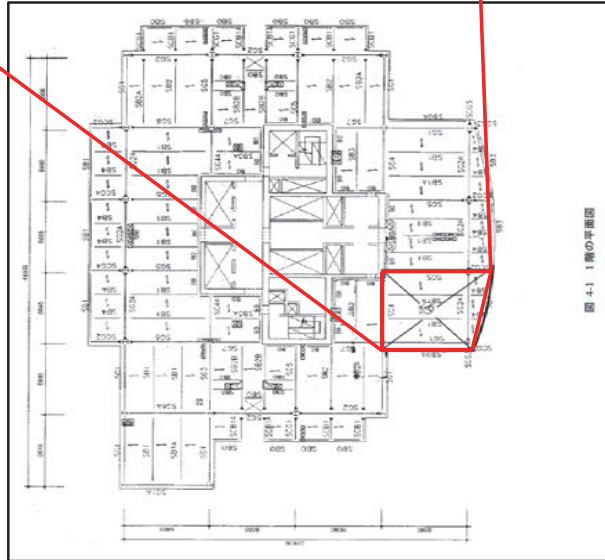
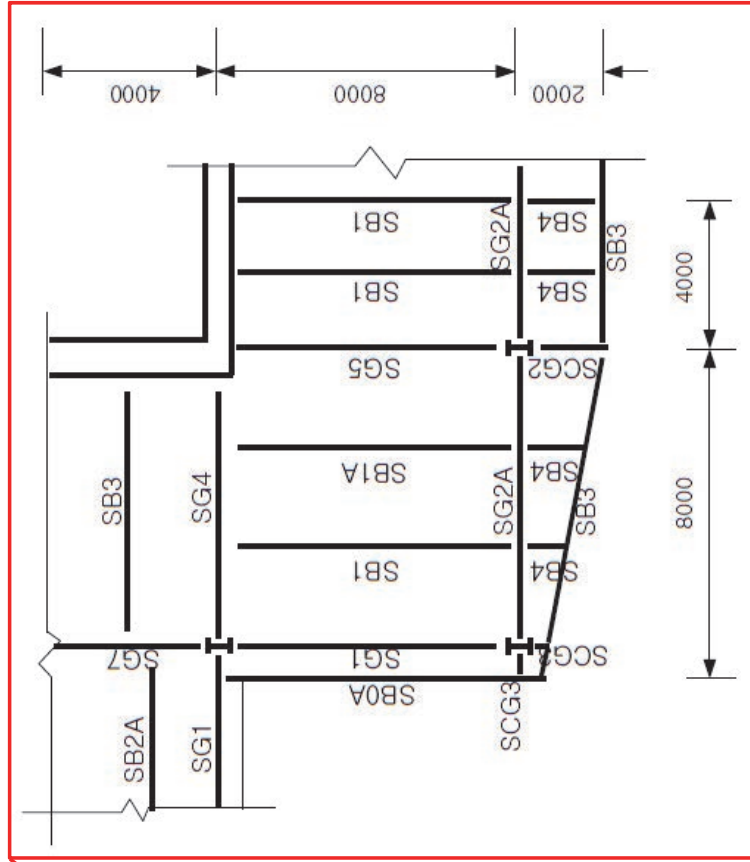
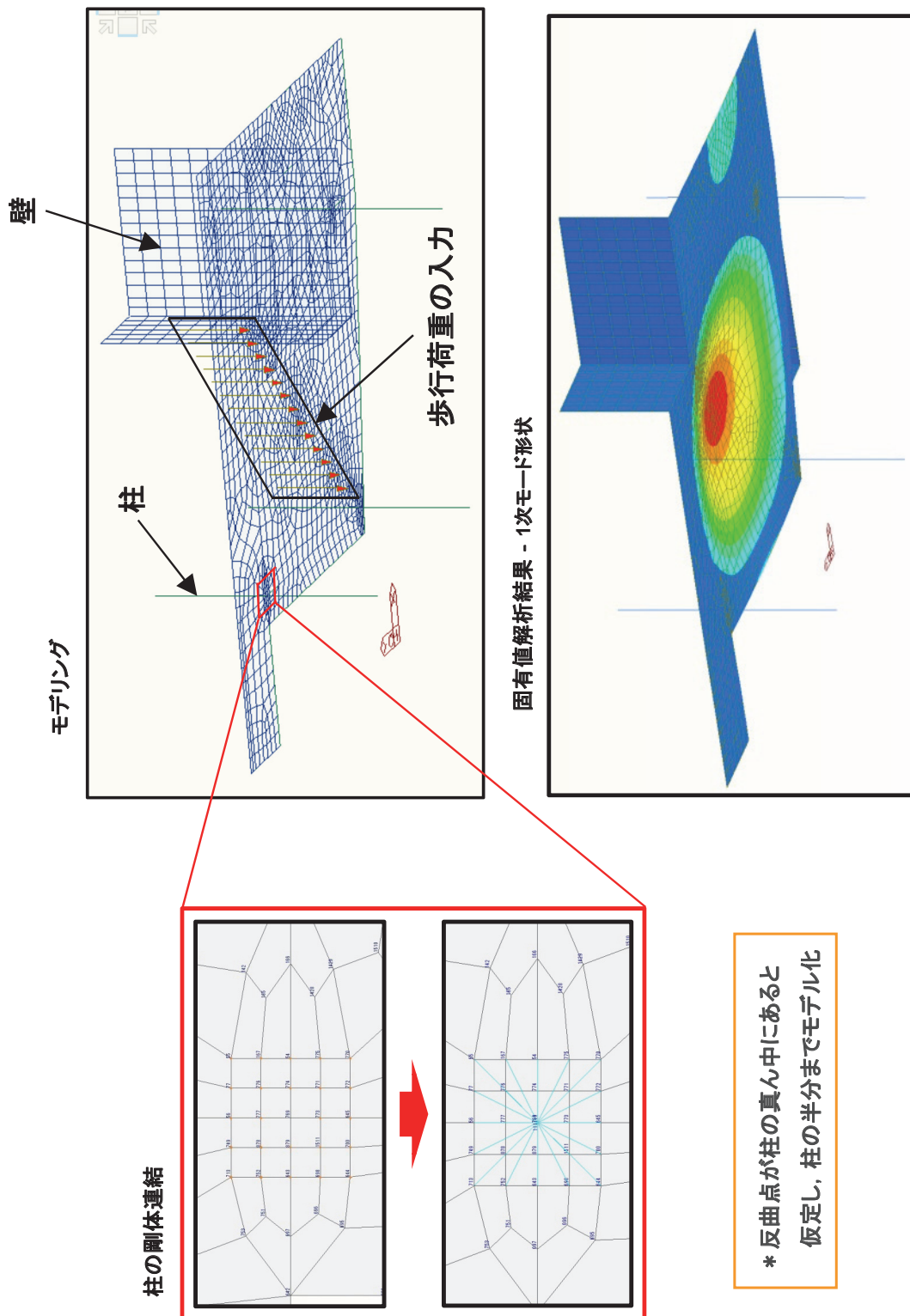


図 4.1 1階の平面図

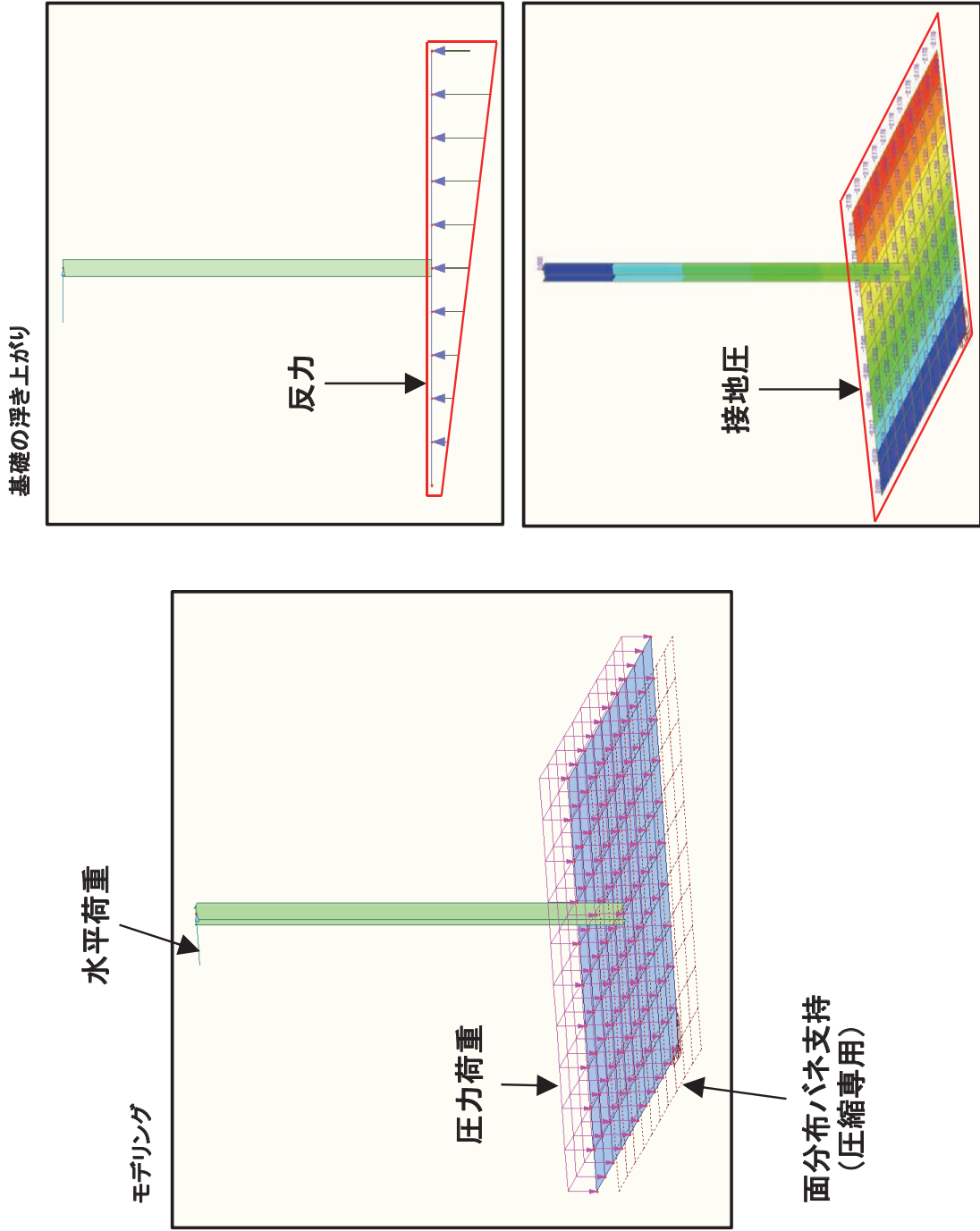
Step 31

活用例 1 - モデリングおよび解析結果



Step 32

活用例 2 - 看板のマットスラブ





midas iGen

板要素の正しい使用のための ガイドライン

1. 概要
2. 板要素の性能
3. 板要素の選択
4. 板要素の性能に影響を与える形状因子
5. 板要素を使う時に考慮しなければならない事項

1. 概要

有限要素法を使った解析では全体構造物を分割して多くの有限要素を生成し、これを組み合わせて構造物全体に対する力と変位の関係を作る。すなわち、全体構造物の剛性が個別要素剛性の正確性に依存することとなる。

実務において主に使う梁要素の場合には要素剛性が理論的に正確な式を通じて構成されるから正確な解を得ることができるが、それ以外の要素(2次元, 3次元)に対しては正確な理論式がないから誤差を含むしかない。

スラブや壁体のような2次元平面構造モデルでたくさん使われる板要素も多くの種類の要素が開発されたが正解を見せてくれることはなく、適切な仮定を通じてどの程度正確な解に近接するかを見せてくれるのが大部分である。

板要素に正確な解がないということは、荷重、境界条件、または物性値の変化によって仕分けされる一つの2次元平面領域に対しても要素一つでは正確な解を求めることができないというのである。また板要素の形状が要素の剛性構成に仮定される条件に符合しなくなれば誤差が大きくなることを意味する。2次元や3次元要素を使う場合にはこのような要素の誤差を認知して可能な限り誤差を最小にする構造モデルを作って解析を遂行することが必要となる。

ここでは、実務でよく使われる板要素に対して誤差を誘発する要因にはどのようなことがあり、またどのようにすれば誤差を最小化することができるかを提示し、板要素の正しい使い方に対するガイドラインを提示しようとする。

2. 板要素の性能

単位節点変位に対する要素の力の伝達程度は要素剛性(Element Stiffness)で表現される。そして要素を通じて構造物内で力が伝わる経路及び力の平衡状態を表すために、個別要素の剛性は全体構造物に対して統合され組み立てられる。そして構造物に荷重及び境界条件を与えれば、各節点での変位を未知数とする連立方程式が構成される。

$$[K]\{u\}=\{F\}$$

最終的に連立方程式を数値的に計算して各節点での変位を計算する。そしてこれを基本にして構造物内の任意点でのひずみ、応力度などの結果値は補間を通じて近似的に得られる。以上の内容で要素の重要な性能は次の二つで要約することができる。

- 力が伝達する剛性をどの程度よく表わすか
- 任意点でのひずみ、応力度などをどの程度よく補間することができるか

このような要素性能に関して要素の定式化を含んだ大部分の事項は解析プログラムが直接処理するようになるが、使用者によって選択される要素の種類や形状などは解析結果に大きい影響を及ぼす。したがって、ここではまずプログラムが提供する多くの板要素の中で適切な要素選択のためのガイドラインに関して簡単に説明し、次に板要素の性能に影響を与える主要な形状因子に対して説明する。最後に板要素を使う時考慮しなければならない重要事項に対して記述する。

3. 板要素の選択

板要素は長辺長さ(L)に対する厚さ(t)の比が 1/10 程度に小さい要素で、外部荷重を面内膜作用 (in-plane membrane action) と面外曲げ作用 (out-of-plane bending action) によって効果的に支持する要素である。

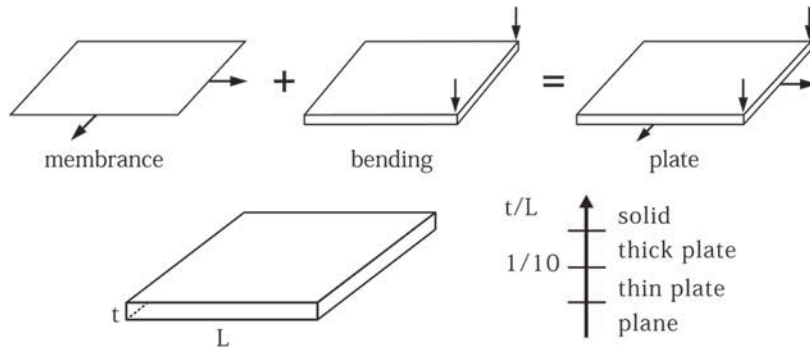


図1. 板要素の区分

板の厚さが薄くなるとせん断変形の影響は殆ど無視することができるほど小さくなり、曲げ挙動が全体挙動を支配するようになる。よって、図1のように長さに対する厚さの比がおおよそ 1/10 以上である板を厚板、それ以下である板を薄板と言う。厚板は曲げ変形とせん断変形の両方を考慮することができるし、薄板ではせん断変形を無視して曲げ変形だけを考慮する。

薄板でせん断変形の影響を無視することで発生する誤差はおおよそ 2% 位に微小である。そして、長さに比べて厚さがとても小さな場合には板要素代わりに平面応力要素を使うのがより効果的で、反対にとても大きい場合には立体要素を使った方が良い。

また、板要素の厚さを入力する時、面内 (in-plane) 厚さと面外 (out-of-plane) 厚さに異なる数値を入力することができ、前者は膜作用に対する厚さ (membrane thickness) であり、後者は曲げ作用に対する厚さ (bending thickness) である。だから必要な場合にはこの厚さを利用して該当の挙動に対する剛性を調節することができる。

図2は midas/iGen で提供する板要素の性能を評価するために代表的なモデル (1/4 原版) を使って長さ と 厚さの比及び要素メッシュの粗密度に対して厚板と薄板の変位の収束度を測定したものである。誤差の符号は理論値より大きく (+) または小さく (-) 計算されたことを意味する。

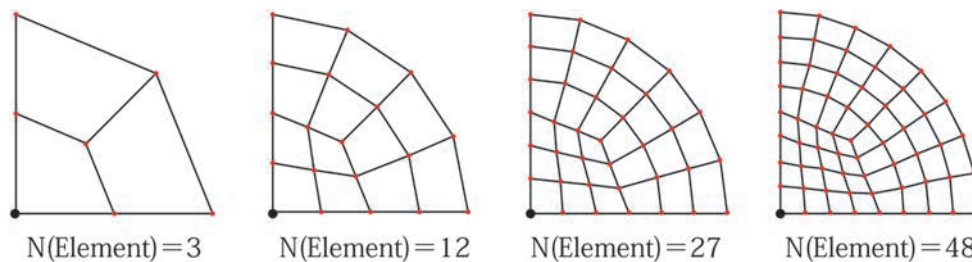


図2. 板要素の区分テストモデルの要素メッシュ構成

3 個のグラフで長さに対する厚さの比がおおよそ 1/10 を界にしてそれ以下である場合には薄板が、それ以上である場合には厚板がより正確な結果を見せることが分かる。特に、板が厚くなるほどせん断変形の影響によって要素メッシュの粗密度に無関係に薄板による誤差が厚板に比べてより大きくなること分かる。

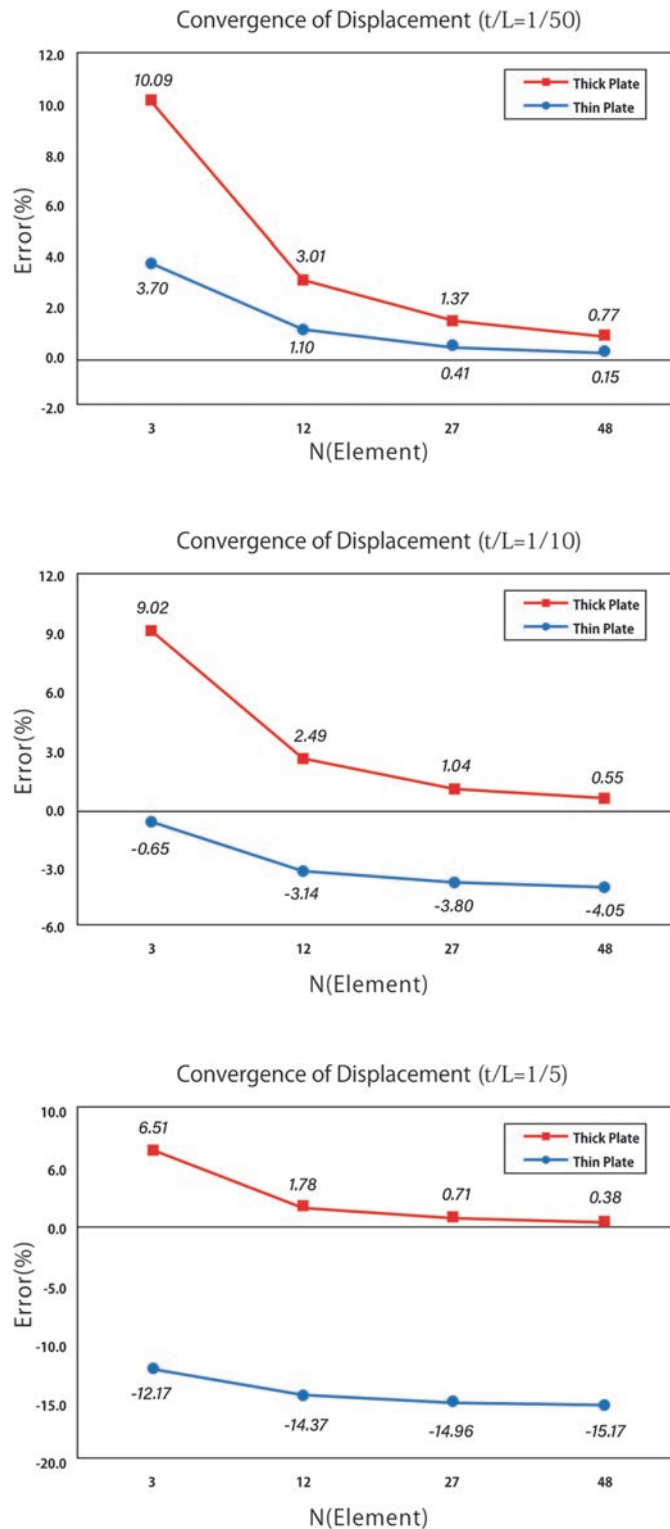


図3. 厚板と薄板の変位の収束結果

4. 板要素の性能に影響を与える形状因子

解析結果に重要な影響を及ぼす要素形状因子の中でヤコビアン行列式(Jacobian determinant)は要素の剛性値に影響を及ぼす因子で、aspect ratio、skew angle、taper、warpなどは計算された節点変位を基本に要素内の任意点で各種結果値を補間する時大きい影響を及ぼす重要な形状因子である。

計算された節点変位を基本に任意点でのひずみ、応力度などを適切に計算することができないことを Interpolation failure と言う。これは特定の変形状態で剛性が過度に計算されることを表し、構造物の挙動が急に剛(stiff)になる locking 現象と密接な関係がある。ところで要素の形状から見るとこのような locking 現象は aspect ratio, skew angle, taper, warp のような形状因子が悪くなるほど発生する可能性が高い。

(1) ヤコビアン行列式(Jacobian determinant ($|J|$))

等媒介変数要素(isoparametric element)では任意形状を持つ要素を辺の長さが2である正四角要素(master element)で考慮し、数値積分を通じて剛性を計算する。この時、本来の要素の面積とマスタ要素の面積比を表すのが Jacobian determinant ($|J|$)である。

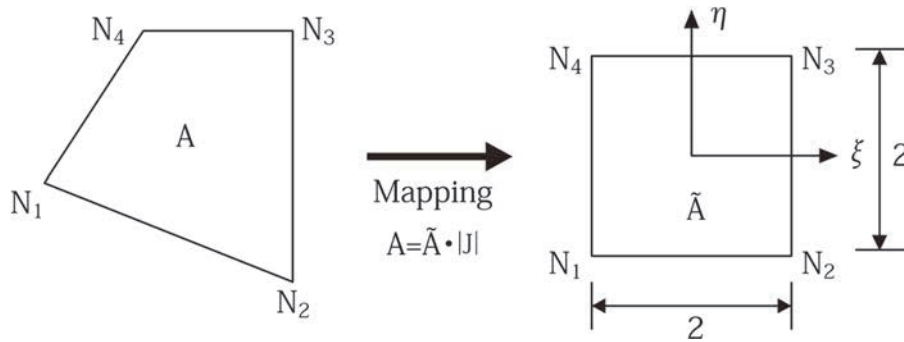


図4. アイソパラメトリック要素の正四角要素化

ところで4節点の形状は四辺がお互いに交差せず凹形になっていないひとつの閉角形にならないといけない。そうでないと $|J|$ の値が0または負(-)の値を持つようになり、これに従って要素剛性も0または負(-)の値を持つようになる。また参照にした要素内で最大と最小 Jacobian determinant の比が2を越えてはいけなく、この値は4節点四角形要素の内角が 90° から離れるほどほど大きくなる。

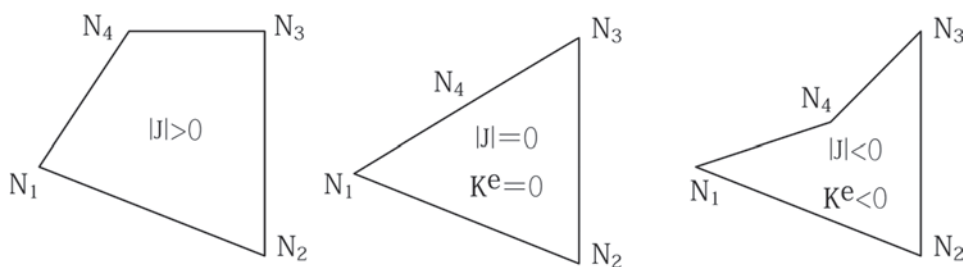
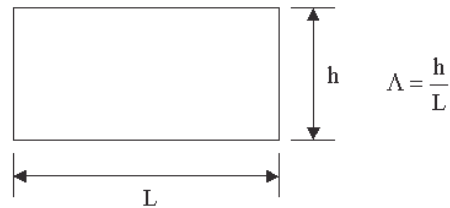


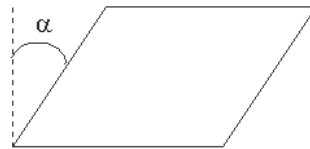
図5. 要素の形状とJacobian determinant の関係

(2) aspect ratio (Λ)

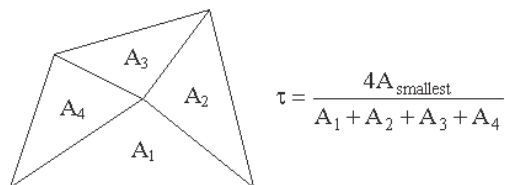
Aspect ratioは要素で一番長い辺の長さ一番短い辺の長さの比である。一番良い要素形状は aspect ratio が 1 である辺の長さであり、aspect ratio が悪くなるほど 1 から離れるようになる。したがって、応力評価が重要な場合には 1/3 を越さないようにし、変形(変位)評価が重要な場合には aspect ratio が 1/5 を越さないようにする。そして非線形解析の場合は線形解析の結果より要素 aspect ratio の変化により敏感に反応する。

図6. aspect ratio (Λ)(3) skew angle (α)

Skew angleは要素の形状が直角の四角形から脱した程度(angular deviation)を角度で現わしたものである。一番良い要素形状は skew angle が 0° である正四角形で、skew が悪くなるほど 0° から離れるようになる。したがって良い解析結果を得るためには skew angle が 45° を越してはいけなく、四角形要素のすべての内角が $45^\circ \sim 135^\circ$ の間に存在するようにした方がよい。

図7. skew angle (α)(4) Taper (τ)

Taperは要素の形状が直四角形から脱した程度(geometric deviation)を幾何的に測定したものである。Taperが 1 である場合が一番良く、テーパが悪くなるほど 1 から離れるようになる。

図8. Taper (τ)

(5) warp (ω)

四角形要素の四節点が同一平面から脱した程度を測定することで、aspect ratio、skew angle、taper が in-plane offsetを評価することに対し、warpは out-of-plane offsetを評価するものである。Warpが 1/100 を越さないようにしなければならないように、特に二つの曲面の接合部位に生成される四角形要素で気を付けなければならない。

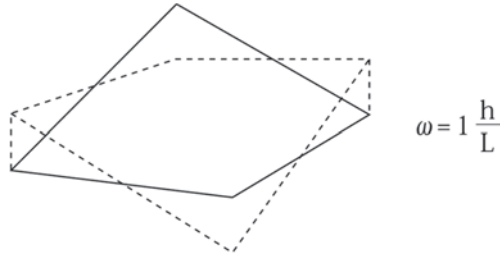


図9. warp (ω)

5. 板要素を使う時に考慮しなければならない事項

- 要素の形状は三角系より四角形要素を使った方が良いが、形状が良くない（許容範囲を超える）四角形要素よりは三角形要素を使うほうが良い。
- 板要素には曲げ応力が存在するため上端面（top surface）と下端面（bottom surface）が区別される。よって、接した板要素たちはお互いに上面と下面を一致させ、必ず要素の法線方向を一致させなければならない。
- 要素は持っている自由度によって、変位自由度だけ持つ弾性要素（elasticity element）と変位自由度と回転自由度を持つ構造要素（structural element）に仕分けされる。ところで構造要素と弾性要素が接する所ではヒンジが生成される。構造要素である板要素は弾性要素であるソリッド要素と結合されて使うことができるように、この場合二つの要素が接続する結合部分には共有することができる板要素を挿入するか、剛体拘束条件（rigid link）または剛体梁要素などを使ってモーメントを伝達できるようにしなければならない。
- 板要素は法線方向に対する回転剛性（Rz）がない。したがって、特異性エラー（singular error）を防止するために回転自由度（qz）を拘束させるか、または小さな剛性を持つ仮想回転バネを設けなければならない。そして、板要素に垂直で梁が繋がれた場合にはトルクを伝達するために板要素内に梁を連結するようにする。iGenでは自動で板要素に適切な剛性値を持つ仮想回転バネが設定される。
- 対称構造物で三角形要素を使う場合には解析結果が非対称にならないように要素の配置において最大限対称性を維持しなければならない。



実務におけるスラブの FEM 解析活用例

1. スラブの FEM 解析モデル例と結果比較

- 1-1. 支持条件のモデル化
- 1-2. スラブ段差のモデル化
- 1-3. 梁レベルのモデル化
- 1-4. 板要素と梁要素の連結部のモデル化

2. 地盤のバネと浮き上がりを考慮した基礎スラブの解析例

- 2-1. モデルの作成例
- 2-2. モデル化の注意点
- 2-3. 解析結果例

スラブの FEM 解析では支持条件や段差、開口の影響を適切に評価することが重要となります。ここでは、構造設計の実務でよく利用されるモデル化の手法とその結果の比較を紹介します。

1-1. 支持条件のモデル化

通常のスラブは大梁や小梁を介して柱や壁などの鉛直部材により支持されます。そのため、スラブの応力や変形、振動性状を適切に評価するためには、スラブを支持する鉛直部材の剛性を考慮する必要があります。

スラブと梁だけのモデルではこれらの影響を考慮することが難しいため、設計実務ではスラブと梁、それらを支持する鉛直部材を一体でモデル化する方法が用いられます。

よく利用される方法としては、鉛直部材では層の上下に取りつく柱や壁を階高の 1/2 までモデル化し、その切断端部にピン支持を設定します。水平部材では隣接する梁やスラブをスパンの 1/4 までモデル化し、その切断端部にピン支持を設定するか、スパンの 1/2 までをモデル化し、その切断端部に回転を固定したローラー支持を設定します。

ここでは、鉛直部材のモデル化の有無の違いのある二つのモデルを作成し結果を比較してみます。

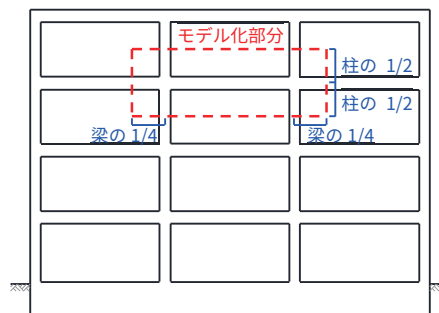


図1. スラブのモデル化範囲

(1) モデル概要

スラブを板要素で、柱と梁を梁要素でモデル化します。

- 境界条件 : 柱と梁端部にピン支持
- 荷重 : 固定荷重と積載荷重を鉛直下向きに考慮

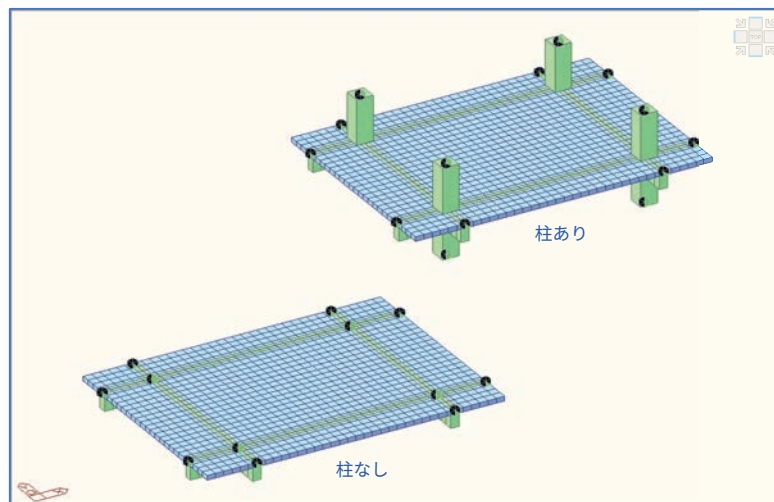


図2. 支持条件の異なる解析モデル

(2) 結果

応力解析結果を下記に示します。

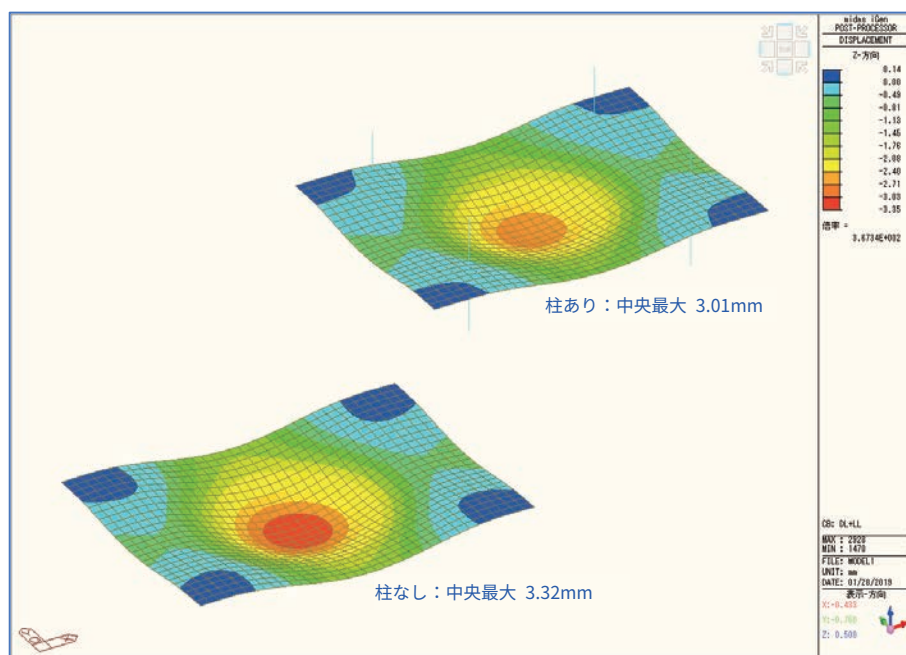


図3. 変位等高線図

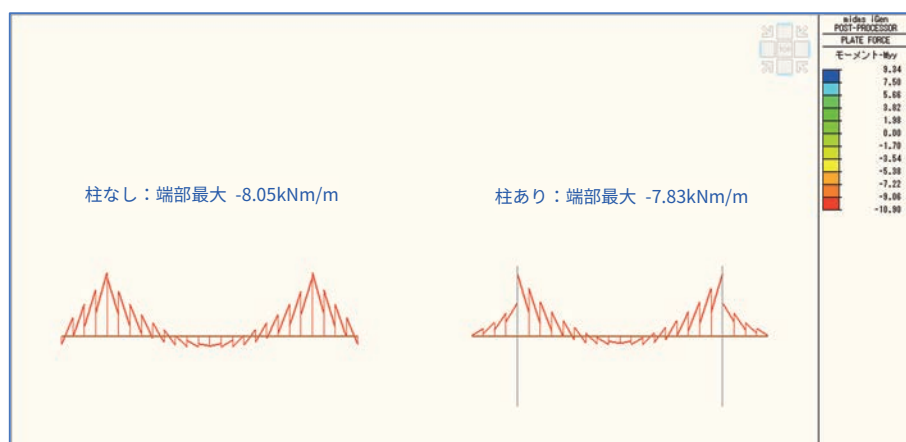


図4. 柱際単位幅曲げモーメント切断線図

表1. 支持条件の違いによる結果の差

モデル	垂直変位 mm	単位幅曲げモーメント kNm/m	周期 s
柱無モデル	3.319	-8.047	0.080
柱有モデル	3.012	-7.831	0.075
差	9.3%	2.7%	5.6%

1-2. スラブ段差のモデル化

よく利用されるスラブ段差部のモデル化例を5つ挙げます。

- ①スラブを板要素、段差部を梁要素でモデル化し、同一レベルに配置したモデル
- ②スラブと段差部を板要素でモデル化し、図心レベルに配置したモデル
- ③スラブを板要素、段差部を梁要素でモデル化し、図心レベルに配置後に剛体連結で接続したモデル
- ④スラブを板要素、段差部を梁要素でモデル化し、同一レベルに配置後に偏心機能で部材レベルを設定したモデル
- ⑤ソリッド要素によるモデル

(1) モデル概要

- 境界条件 : スラブ外周と段差部材外端に固定支持
- 荷重 : 固定荷重と積載荷重を鉛直下向きに考慮

表 2. スラブ段差のモデル化例

	モデル図	段差部要素配置拡大図	垂直変位コンター図
① 段差なし			
② 板のみ			
③ 剛体連結			
④ 偏心			
⑤ ソリッド			

(2) 結果

応力解析結果を下表に示します。

ソリッド要素モデルが最も実状に近い解析結果が得られる手法ですが、モデル化の労力大きいことと、結果の把握が煩雑であることから、スラブの FEM 解析で利用されることは稀です。

実務では応力の把握が容易でモデル化が簡便な板要素を利用したモデルがよく利用されます。

板要素モデルの中では、③と④の段差部を梁要素でモデル化しスラブのレベル差を考慮したモデルが最もソリッド要素モデルの結果に近い結果となります。

また、③と④は全く同じ結果であり、スラブのレベル差を直接モデリングしても偏心機能で設定しても同様の結果が得られることが分かります。

上記よりスラブの段差を考慮する場合、④のモデル化が最も簡便で精度を確保できる方法と言えます。

表3. スラブ段差のモデル化の違いによる結果の差

モデル	垂直変位 mm	
	最大	差
① レベル差なし	0.557	30.1%
② 板のみ	0.503	17.4%
③ 剛体連結	0.434	1.4%
④ 偏心	0.434	1.4%
⑤ ソリッド	0.428	0.0%

1-3. 梁レベルのモデル化

一般的なスラブではスラブと梁の天端レベルが一致するため、スラブと梁の図心レベルは一致しません。設計実務のスラブの FEM 解析では、この図心のズレはよく無視してモデル化されます。

ここでは、このレベルの差の影響がどの程度なのか、3つのモデルを用いて比較します。いずれのモデルもスラブは板要素、梁は梁要素でモデル化します。

- ①スラブと梁を同一のレベルに配置したモデル
- ②スラブと梁をそれぞれ図心レベルに配置し、剛体連結で接続したモデル
- ③スラブと梁を同一レベルに配置し、偏心機能で部材レベルを設定したモデル

(1) モデル概要

- 境界条件 : スラブ外周と梁部材外端に固定支持
- 荷重 : 固定荷重と積載荷重を鉛直下向きに考慮

表4. 梁レベルのモデル化例

	モデル図	要素配置拡大図	垂直変位コンター図
① 同一 レベル			
② 剛体連結			
③ 偏心			

(2) 結果

応力解析結果を下表に示します。

スラブと梁のレベル差を考慮すると変位、応力ともに小さくなることが確認できます。

梁のレベル差を考慮しなくても設計上は安全側であり、一方より詳細な検討をする場合でも、偏心機能で簡単に梁のレベルを考慮できることが分かります。

表5. 梁レベルのモデル化の違いによるスラブの解析結果の差

モデル	垂直変位 mm		単位幅曲げモーメント kNm/m			
	最大	差	下端	差	上端	差
① 同一レベル	0.566	18.7%	3.762	0.4%	-10.364	6.0%
② 剛体連結	0.477	0.0%	3.747	0.0%	-9.775	0.0%
③ 偏心	0.477	0.0%	3.747	0.0%	-9.775	0.0%

表6. 梁レベルのモデル化の違いによる梁の解析結果の差

モデル	垂直変位 mm		単位幅曲げモーメント kNm/m			
	最大	差	最大	差	最大	差
① 同一レベル	0.523	9.8%	-34.322	30.2%	19.266	41.3%
② 剛体連結	0.390	0.0%	-26.358	0.0%	13.608	0.0%
③ 偏心	0.390	0.0%	-26.358	0.0%	13.608	0.0%

1-4. 板要素と梁要素の連結部のモデル化

板要素と梁要素を併用した FEM 解析では、板要素と梁要素の接続部の局所的な変形の影響で、構造物の剛性を適切に評価できない場合があります。実務ではこの問題に対処するために、線要素の断面サイズの範囲に平面保持を仮定して剛体で連結する手法が用いられます。具体的には柱の断面の領域に合わせてメッシュを作成し、梁要素と板要素の接続する節点と断面領域内にある節点を剛体で連結します。

(1) モデル概要

- 境界条件 : 柱と梁端部にピン支持
- 荷重 : 固定荷重と積載荷重を鉛直下向きに考慮

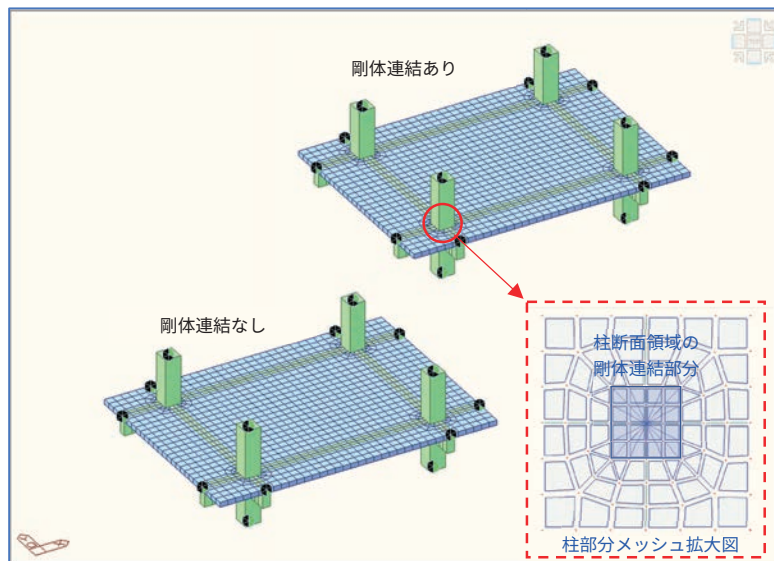


図5. 剛体連結のモデル化

(2) 結果

応力解析結果を以下に示します。

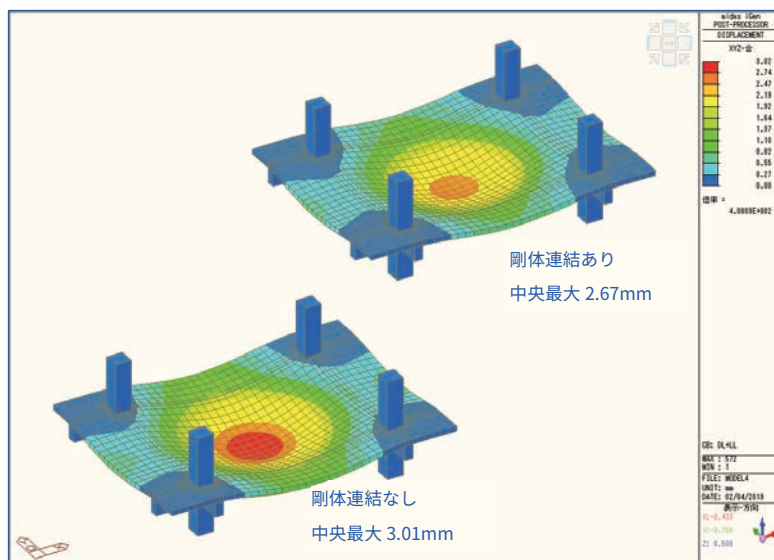


図6. 変位等高線図

表7. 剛体連結の有無による解析結果の差

モデル	垂直変位 mm	周期 s
剛体連結なし	3.015	0.075
剛体連結あり	2.668	0.071
差	11.5%	5.9%

浮上りが生じる建物の基礎スラブの設計では、地盤のバネや浮き上がりを考慮した基礎スラブの FEM 解析による詳細検討が行われます。ここでは、基礎構造部分のみをモデル化した基礎分離モデルによる浮き上がりを考慮した接地圧解析について紹介します。

2-1. モデルの作成例

- 基礎構造のモデル化
基礎梁を梁要素、基礎スラブを板要素によりモデル化します。
- 地盤バネのモデル化
板要素に面分布バネを設定します。
面分布バネの値は地盤反力係数を入力することで自動計算されます。
基礎の浮き上がりは、圧縮専用タイプを選択することで考慮します。
- 荷重の設定
上部構造の解析結果による支点反力を入力します。
- 支持条件の設定
地盤バネを鉛直方向にのみ設定するため、支持条件により水平方向の移動を拘束します。

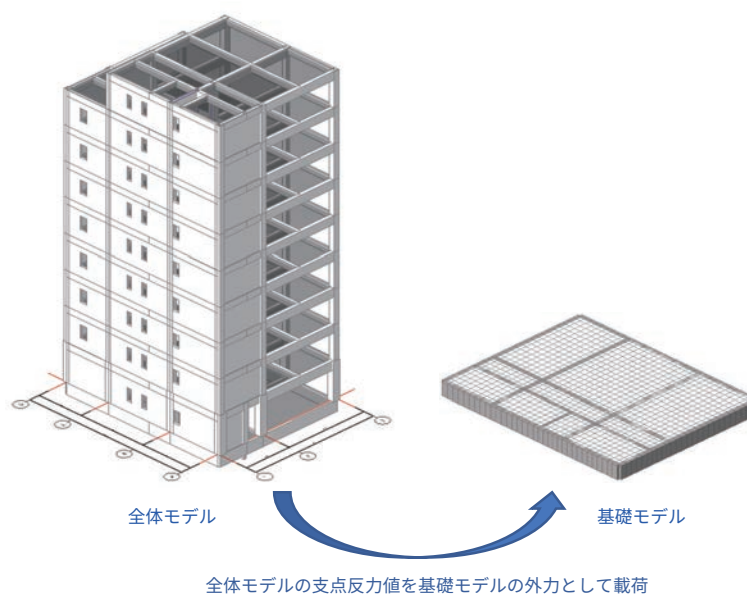


図7. 基礎分離モデルのモデル化

2-2. モデル化の注意点

(1) 面分布バネ使用上の注意点

iGen で使用できる板要素の面分布バネは、(a)節点タイプと(b)要素（分布）タイプの2種類があります。

節点タイプは要素の各接点にバネを設置し、要素タイプは要素に等分布でバネが設置されます。

節点タイプでは変形が荷重点に集中し、要素タイプでは変形が剛性の大きい部分に集中する特長があります。

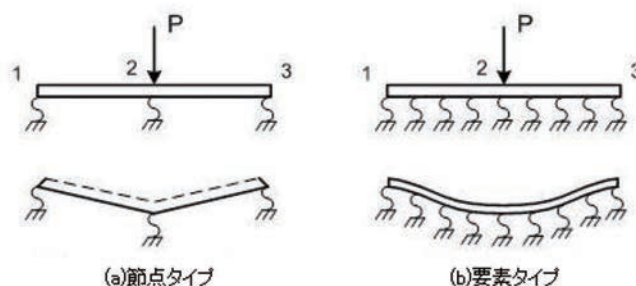


図8. 面分布バネのタイプ

節点タイプを使用する場合には以下の注意が必要です。

- ・ 節点タイプには節点バネと弾性連結要素の2種類があります。計算結果は全く同一となりますが、弾性連結要素では接地圧応力の結果を出力することができません。
- ・ 節点タイプは面分布バネを設定した時点でのメッシュサイズからバネの値を計算して節点バネ支持を自動で生成します。面分布バネを設定後にメッシュサイズや形状を変更した場合には、一度生成された節点バネ支持を削除して、再度面分布バネを配置する必要があります

(2) 浮き上がりを考慮する場合の注意点

面分布バネでは、圧縮専用タイプを選択することにより、浮き上がりを考慮することができます。

浮き上がりを考慮した解析を行う場合には以下の注意が必要です。

- ・ 荷重組合せ結果
浮上りを考慮した場合には、プログラム内部で自動反復計算による非線形解析を行います。そのため、解析後に荷重ケースごとの結果を組み合わせた値は力学的に意味のある値ではありません。組み合わせられた荷重に対する結果を求める場合には、1つの荷重ケースにおいて組み合わせる荷重を同時に考慮する必要があります。
- ・ 収束結果の確認
非線形解析の結果は、計算が十分に収束していないと正しい結果が得られません。
解析終了後にメッセージウィンドウに以下のメッセージが出力される場合には、結果が正しくない可能性が高いため、モデルを見直す必要があります。

例： メッセージ：“LOADCASE： * HAS NOT SATISFIED CONVERGENCE TOLERANCE.”

2-3. 解析結果例

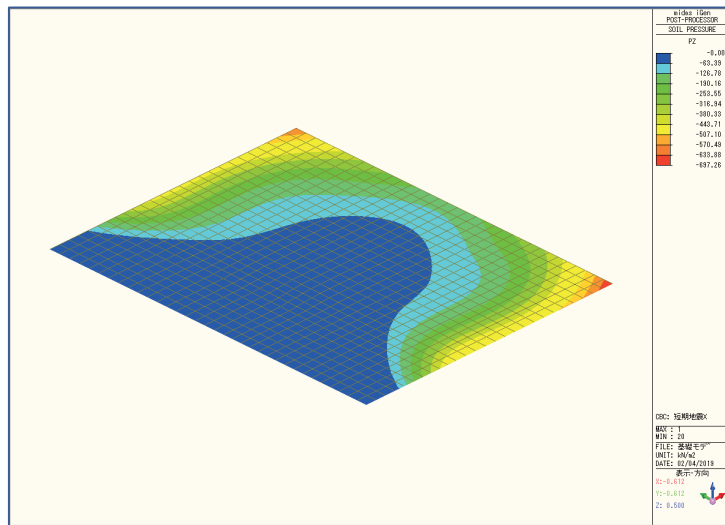


図9. 接地圧応力図

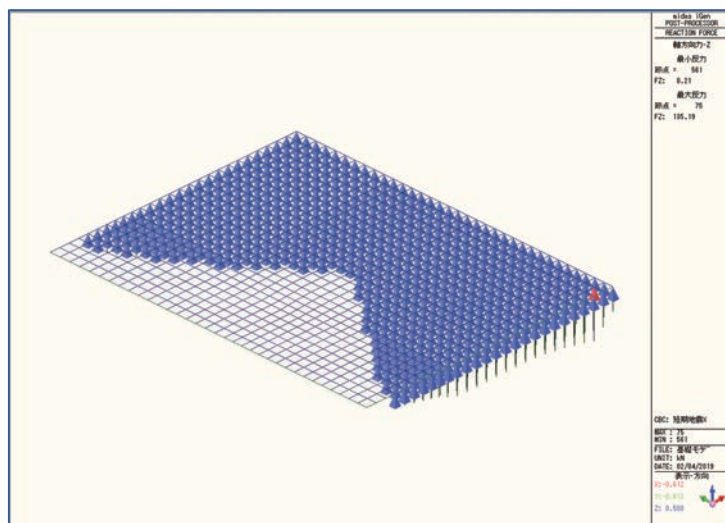








図10. 鉛直方向支点反力図

選択ツールバー

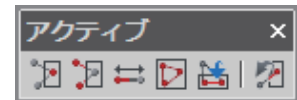
モデルビュー上で節点・要素を選択するボタンが配置






	単一	節点・要素を1つずつ選択 (Ctrl+Shift+S)
	ウィンドウ	マウスカーソルを左から右に移動→実線矩形窓の範囲内の要素・節点を選択 マウスカーソルを右から左に移動→破線矩形窓の範囲内と交差している要素・節点を選択
	すべて	モデル上の全ての節点・要素を選択 (Ctrl+Shift+A)
	選択解除	選択を解除 (Esc)
		節点番号入力で選択
		要素番号入力で選択

アクティブツールバー

モデルビュー上の節点・要素の表示/非表示





	アクティブ	選択された節点・要素のみが表示
	非アクティブ	選択された節点・要素のみが非表示
	アクティブオール	モデル上の全ての節点・要素を表示 (Ctrl+A)

ダイナミックツールバー

モデルビュー上の節点・要素の表示/非表示






	移動	モデルビュー上を移動 (ホイールボタン)
	回転	モデルビューを回転 (Ctrl+ホイールボタン)

ズームツールバー

表示節点・要素の拡大/縮小








	ズームフィット	表示節点・要素に画面を合わせて拡大/縮小 (Ctrl+0)
	ズームウィンドウ	マウスカーソルで指定した矩形範囲を画面に合わせて拡大/縮小 (Ctrl+Shift+W)
	自動フィット	節点・要素の新たに入力後も常に画面に合わせて拡大/縮小

視覚調節ツールバー

モデルの表示効果





	要素縮小表示	要素の大きさを一定の比率で縮小 (Ctrl+K)
	隠線除去表示	要素の断面/厚さを隠線除去して表示 (Ctrl+H)
	節点番号表示	節点番号を表示
	要素番号表示	要素番号を表示
	ディスプレイ	表示させる項目の設定 (Ctrl+E)

元に戻す/やり直しツールバー

操作を元に戻す・やり直す





	要素縮小表示	操作を元に戻す (Ctrl+Z)
	要素縮小表示	操作をやり直す (Ctrl+Y)

モード変更ツールバー

モードの切り替え



	解析前処理モード	データの入力・修正モード (F7)
	解析後処理モード	解析結果の表示モード (Ctrl+F7)

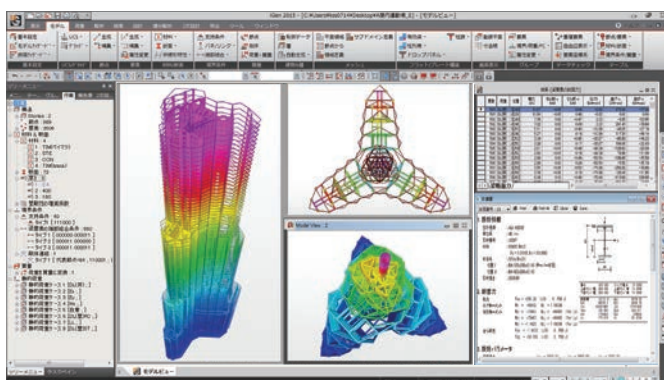
解析実行

(F5)

MIDAS

MIDAS BUILDING SOFTWARE

a total of over 30,000 licenses used worldwide in over 110 countries
The Largest CAE Software Developer
in Civil Engineering

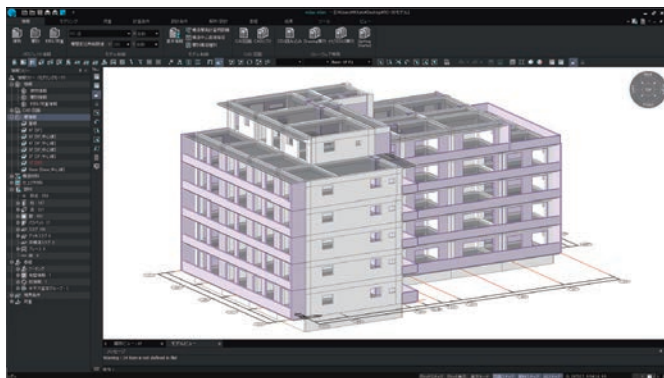


midas iGen

多様な解析を実現する 汎用解析ソフトウェア

midas iGenは、建物全体のフレーム解析からFEMによる詳細解析まで、建築構造分野での様々なニーズに応える汎用解析ソフトウェアです。

どのような形状でもモデリングが可能で、静的解析、板・ソリッド要素などのFEM解析、免・制振、材料・幾何非線形解析、増分解析など多様な解析を効率良く行うことができます。

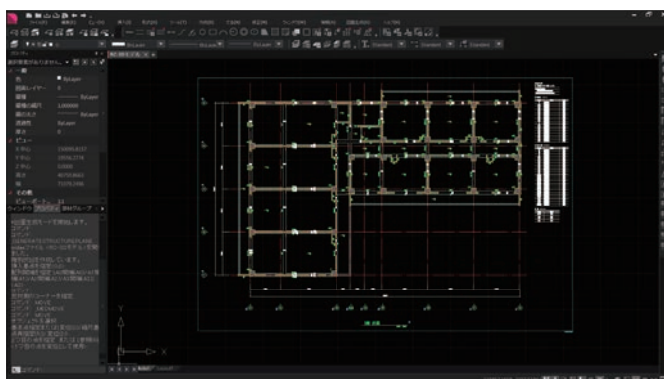


midas eGen

形状に制限がない 一貫構造計算ソフトウェア

midas eGenは、形状に制限がない一貫構造計算ソフトウェアです。

CAD基盤の新しいモデリング機能や、簡単に便利な作業環境を提供します。また、部材ごとに所属層を分類できる「層グループ」の概念が導入されているため、層の不整形な建物の合理的な設計が行なえます。



midas Drawing

建築構造図面の自動生成CAD

midas Drawingは、情報基盤CADです。midas eGenから3次元の構造モデル情報を取得し、ワンクリックで、伏図・軸組図・部材リストを自動生成することができます。

実施設計レベルの図面品質はもちろん、構造計算書との整合性を確保します。また、eGenのモデルの変更を図面に自動で更新できるため、プロジェクトを通して図面作業の効率化が図れます。

MIDAS BUILDING TECHNICAL EDUCATION SEMINAR



株式会社マイダスイテジヤパン

〒101-0021 東京都千代田区外神田5-3-1 秋葉原OSビル7F

TEL 03-5817-0783 | FAX 03-5817-0780 | e-mail b.support@midasit.com | URL <https://jp.midasuser.com/building>

© Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.