For utmost Accuracy & Productivity, MIDAS provides the best solutions in Structural Engineering. We Analyze and Design the Future.



MIDAS

Structural Analysis

midas Civilで学ぶ構造力学 | 構造編 |

For utmost Accuracy & Productivity, MIDAS provides the best solutions in Structural Engineering. We Analyze and Design the Future.



Structural Analysis

midas Civilで学ぶ構造力学 | 構造編 |

MIDAS

About Contents

本書の構成について

本書は全10章で構成されており、各章は概念の理解、チュートリアル、構造計算の解説、練習 問題の順で構成されています。

「概念の理解」は構造形式のモデルに対する基本的な構造力学の概念を説明し,数値計算に 必要な解析概念および理論式について説明します。

「チュートリアル」では、実務で必要となる多様な構造形式を提示し、プログラムを利用したモデルの生成、荷重・境界条件の入力方法などを段階ごとに詳しく説明し、誰でも簡単に正確な 構造計算が行えるようにしました。また、荷重や境界条件などを変えながら複数のモデルに対 し解析を実行し、これらの力学的な挙動及び部材力を比較分析する方法を説明します。

「構造計算の解説」では、チュートリアルで提示した解析モデルを数値計算で直接計算することで、プログラムによる解析の結果値に対する理解度をより深められるようにしました。

「練習問題」では、チュートリアルでも提示したような実務的な構造形式を取り上げることで、 応用力の充実を図ります。

本書では構造力学の基本知識やプログラムの基本的な使用法に関する説明は最小限にし、 学校で学んだ構造力学の知識を実務で適用し、理解することに重点を置きました。従って、本 書の内容で取り上げられる構造概念や解析理論また、プログラムの使用法に関するより詳し い内容については、市販の構造力学のテキストやMIDASのプログラムマニュアルをご参照くだ さい。プログラムマニュアルはプログラムの画面上でヘルプメニューをクリックして確認するこ とができます。プログラムで適用される要素、境界条件、解析の機能及び前処理・後処理段階 において使用される全ての機能について詳しく説明されています。

なお、プログラムの基本使用法に関するオンラインの講義資料を当社HPの教育センターに 用意しておりますので、どうぞご活用ください。 (http://jp.midasuser.com/civil) 体験版 (Trial Version) 使用法

お買い求めの参考や学習のため、使用可能な機能や期間を限定させていただきました体験 版が1回に限り試用できるようになりました。手順は次の通りです。

申し込みの手順 1. 会員登録: MUSS(MIDAS User Support System、http://kor.midasuser.com/civil)

- 2. サインイン
- 3. 申し込み: [ダウンロード] → [Civil2012+] → [Trial Version]
- 4. 体験版の承認
- 5. ダウンロード/実行(使用)

体験版の承認 承認後、ダウンロードの経路を示したメールを送信

*本書はMidas Civil815ver(2013)、SI単位を活用して制作されています。

midas Civilで学ぶ構造力学



構造編

TABLE OF CONTENTS

1 単純梁の解析

2 片持ち梁の解析

3 トラスの解析

4

アーチの解析

5 連続梁の解析

6

フレームの解析

7 傾斜支点を持つフレームの解析

8

バネの解析

9

強制変位による解析

10 移動荷重の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 |構造編 |

1 単純梁の 解析

TABLE OF CONTENTS

- 01 概念の理解
 - 01.1 単純梁解析の概念 1-1

02 チュートリアル

- O2.1 モデルの概要1-6O2.2 作業環境の設定1-7
- 02.3 材料及び断面の定義 1-9
- 02.4 節点及び要素の生成 1-12
- 02.5 境界条件の入力 1-15
- 02.6 荷重の入力 1-17
- 02.7 構造解析の実行 1-20
- 02.8 解析結果の確認 1-22

03 構造計算の解説

- O3.1 力学的概念の理解及び
数値計算1-31
- 04 練習問題 1-32

1. 単純梁の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

01. 概念の理解

01.1 単純梁解析の概念

単純梁は部材の形状,支持条件または,作用荷重などが単純であるという意味 から「単純」という修飾がついた用語である.

図 1.1 は、全体座標系の X-Z 平面(2 次元の空間)に存在する単純梁とそこに作用する荷重及び反力を表したものである.要素座標系の x 軸は部材の長さ方向の軸を意味し、x 軸に垂直の方向が z 軸、そして右手の法則により y が定まる.

ここで,軸の方向を小文字の*x*, *y*, *z* で表記したのは,要素座標系と全体座標系 (X, Y, Z)を区分するためである.



単純梁の両端はヒンジやローラーで拘束されているが、両端での回転変形は拘束 されていない.したがって、X-Z 平面の2次元の空間である構造物が動かないように するためには、X 方向とZ 方向の移動、そしてY 軸を中心に回転するY 軸周りの回転 の、3 方向の動きを拘束すればよい.この状態では各方向の力の合力がゼロとなるこ とになるため、次のような式(力の釣り合い条件)で表すことが出来る.

$$\sum F_X = 0, \quad \sum F_Z = 0, \quad \sum M_Y = 0$$

▶式 1.1

力の釣り合い条件を表す式が3つであるため、単純梁の3つの反力 (H_A, V_A, V_B) も全て求められる.単純梁のように反力(未知数)と力の釣り合い条件の数が同一であ

1. 単純梁の解析



構造力学|構造編

る構造物を静定構造物という.しかし,未知数である反力の数が力の釣り合い条件 の式の数より多い場合には追加条件が必要となる.このように,未知数の数が力の 釣り合い条件の数より多い構造物を不静定構造物といい,連続梁などがこれに当た る.

以上のような方法で反力が求められると、部材内部の任意の位置(断面)で発生する 断面力を算定する.部材の軸方向に任意の距離 x に位置する断面での断面力は軸力 (N(x)), せん断力 (V(x)), モーメント(M(x))の3種類で表現される.これらの 断面力は図 1.2 の右図の自由体に力の釣り合い条件を適用することで求められる.





構造力学|構造編

1. 単純梁の解析

部材の長さ方向に沿ってせん断力とモーメントの分布を求めるためには、図1.2の 微少片(*dx*)に対し、図1.4のような力の釣り合い条件が適用できる.

▶図 1.4 分布荷重-せん断力-モーメント の相関関係



▶式 1.3

 $\frac{dV}{dx} = -q \quad (または, \quad V_B - V_A = \int_A^B -qdx)$ $\frac{dM}{dx} = V \quad (または, \quad M_B - M_A = \int_A^B Vdx)$

以上のことから、せん断力を微分すると荷重になり、モーメントを微分するとせん断力になることが分かる. 言い換えると、2 つの点(A 点と B 点)の間のせん断力の 差は分布荷重の面積に等しく、2 点のモーメントの差はせん断力図の面積に等しいと もいえる.

部材に外力(反力を含む)が作用すると変形が起き、変形はたわみ角(θ_y)とたわみ(ω)で表すことが一般的である.

任意の点x でのたわみ角はその点での変形前の部材の軸と、変形後の軸がなす角度を意味し、変形後の部材の軸はその点での接線(微分)を意味する.

たわみ角とモーメント,曲率の添字 y は y 軸が断面の回転軸であることを示す.



1. 単純梁の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

▶式 1.4

たわみ角:
$$\theta_y = -\frac{\partial w}{\partial x}$$

曲率: $\phi_y = -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$

たわみ角とたわみが発生したことは、部材に軸方向の変形とせん断変形が発生し たことも意味し、梁のように断面の大きさに比べ長さが長い構造物の場合はせん断 変形は無視できるほど小さい.

上図のように、+z 方向にたわみを発生させるようなモーメントが作用した場合に は、断面の上端では伸び(引張)が、断面の下端では縮み(圧縮)が発生する.また、こ れらの伸び縮みは全て断面に対し垂直方向、すなわち x 軸方向の変形(図 1.5 のu(z)) を発生させる。したがって、断面に軸方向でひずみ($\varepsilon_x(z)$)が発生し、ひずみ分布が せん断面と成す角が曲率(ϕ_y)となる。曲率、たわみ角、たわみの関係は図 1.5 及び 式 1.4 に示すとおりである.つまり、たわみを微分するとたわみ角になり、たわみ角 を微分すると曲率となる.ここで、符号が換わる理由は符号の規約を従った結果で ある.また、図 1.5 から、モーメントー曲率の関係は次のように誘導できる.

$$\phi_y = \frac{M_y}{EI_y}, \quad \sigma_x(z) = -\frac{M_y}{I_y}z$$

式 1.4 でのように、たわみを微分したわみ角が得られ、再び微分し曲率が得られ るということは、逆にいえば、曲率を積分することでたわみ角が得られ、再び積分 するとたわみが得られるとも表現できる.したがって、モーメントの分布がわかれ ばたわみ角やたわみが算定できる.

単純梁の中央に集中荷重が作用する場合(図 1.6)に対し、せん断力図、モーメント、 たわみ角、たわみを求める過程を例として見てみよう.



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析



A と C 間のせん断力の差は分布荷重の面積であるが、分布荷重がないため、A と C 間のせん断力は一定であることが分かる.また、A と C 間のモーメントの差はせん断力図のグレーに塗りつぶされている部分の面積と等しいため、C 点のモーメントは $P\ell/4$ となる.A端のたわみ角は A と C 間の曲率分布図(M_y/EI_y)の面積と等しく、中央の C 点のたわみは A と C 間の曲率分布図の面積の A 点に対するモーメントと等しい.

 $\theta_A = \frac{1}{EI_y} \left(\frac{\ell}{2} \cdot \frac{P\ell}{4}\right) \cdot \frac{1}{2} = \frac{P\ell^2}{16EI_y}$ $\delta_C = \frac{P\ell^2}{16EI_y} \cdot \frac{2}{3} \left(\frac{\ell}{2}\right) = \frac{P\ell^3}{48EI_y}$

以上の計算は曲率を積分するとたわみ角になり,再び積分するとたわみになる原 理から誘導された,モーメント-面積法によるものである.

▶式 1.6



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

単純梁の解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

梁の片方はヒンジ,他方はローラーで構成されている単純梁の変形及び部材力を Civil で確認し,数値計算の結果と比較する.



▶ 材料

コンクリート:24 MPa (弾性係数E = 2.2668×10⁷ kN/m²)

▶ 断面

断面積: $8 \times 10^{-1} \text{ m}^2$

断面 2 次モーメント(I_v): 4.266667×10⁻² m⁴

▶ 荷重

1. モデル1:等分布荷重1.0 kN/m 載荷

2. モデル2:集中荷重10.0 kN 載荷



midas Civil で学ぶ **構造力学**|構造編

1. 単純梁の解析

02.2 作業環境の設定

02.2.1 単位系の 構造解析のモデリングを開始するため、新しいプロジェクトを開きファイルを保 設定 存する.

メインメニュー^図 > **二** *新規プロジェクト*... メインメニュー 💽 > 日 保存

1. ファイル名: "単純梁" と入力し[保存]をクリック

使用する単位系を設定する.

メインメニュー「ツール]>「セッティング]> 「単位系]

2. 長さ> 「m」, 力> 「kN(ton)」を選択

3. [OK]をクリック

▶⊠ 1.8 ファイルの保存 単位系の設定

న.





構造力学 | 構造編 |

単純梁の解析

Civil は 3D 構造物の解析までを考慮するプログラムであるため、2 次元の平面で挙 02.2.2 作業平面の 設定 動する構造物に対し不必要な自由度を拘束することで面外挙動を制限する必要があ る. 例えば、X-Z 平面内での挙動のみを考慮する場合は全ての節点の D_v(Y 方向の変 形), R_v(X 軸回転), R_v(Z 軸回転)自由度を拘束しなければならない.

> Civil ではこのように構造物の挙動を特定平面上で制限したい場合に、基本設定で 簡単に自由度が拘束できる.

> 本チュートリアルでは全体座標系(Global Coordinate System, GCS)を基準に X-Z 平 面の挙動のみ許容するため構造形式を2D挙動の構造物(X-Z平面)と指定する.

メインメニュー 「ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. **[OK]**をクリック

NE 1 0	解析モデルの基本設定
▶ 因 1.9 作業平面の設定	構造形式 ◎ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束
	質量コントロールパラメータ
	◎ 集中質量
	🔤 非対角質量を考慮
	🥅 刺激係数を求める時の回転開催モードの考慮
	◎ コンシステント質量
	■ 自重を質量に変換
	◎ XY.Z方向に変換 ○ XY方向に変換 ○ Z方向に変換
	重力加速度: 3.000 m/sec2
	利用加益度: U [C]
	□梁断面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。
	スラブ(ブレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。
	2 OK キャンセル

1. 単純梁の解析



midas Civil で学ぶ **構造力学** | 構造編 |

02.3 材料及び断面の定義

Civil では構造材として使用される鋼材とコンクリートの材料情報が搭載されてい 02.3.1 材料の定義 る. 規格や種別から選択でき、材料の特性を直接入力することも可能である.

- メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]
- 1. 「追加...]をクリック
- 2. 名称: "コンクリート"入力
- 3. 弾性データ > タイプ > 「コンクリート」を選択
- 4. コンクリート > 規格 > 「JIS(RC)」を選択, 種別 > 「Fc24」を選択
- 5. [OK]をクリックした後, [閉じる]をクリック

	「材料 & 断面	X	材料データ
▶⊠ 1.10	材料 断面 厚さ		一般 2
材料の定義	No 名称 タイプ 規格 種別	追加(A)	材料番号: 1 名称 コンクリート
111110000		修正(M)	弾性データ 3 鉄骨
Tin		前15余(D)	刻7 1200-1 規格
		(C) (C)	種別
● 任意の材料を使用する場合,		読み込み(D) 新売前が読み(D)	
タイプを「ユーザー定義」にする		WIS LEVEL AUV	規格 JIS(RC) マ
と 物性値が直接入力でき			● 等方性 ○ 直交異方性 種別 Fc24 ▼
			鉄骨
ි.			弾性係数 : 0.0000e+000 kN/mm2
(T			線膨張係数 : 0.0000e+000 1/[C]
		開じる	比重 0 kN/mm3
■ 「○レフiボか.たりしゅりすると			□ 質量密度 : 0 kN/mm3/g
[UN]/パランセンリックタると,			□ コンクリート 弾性係数 : 2.2668e+001 kN/mm2
材料テータのリイントリか闭しる			ポアソン社 : 02
ため,複数の材料を定義する			線膨張係数 : 1.0000e-005 1/[C]
場合は[適用]ボタンをクリック			比重 2.4e-008 kN/mm3
し,続けてデータを入力した			LINE KN/mm3/g
後,最後に「OK1ボタンをクリック			塑性データ
ਰੋਨ			32(1:1474)-6 NUNE •
<i>y</i> 01			Han 0 kcal/kN*fC]
			熱伝導率 0 kcal/mm*f#*[C]
			减衰比 0.05 5
			OK キャンセル 適用(A)



構造力学|構造編

単純梁の解析

02.3.2 断面の定義 Civil では断面寸法を入力すると、断面積、断面 2 次モーメントなどの構造解析で 使用される断面特性が自動的に計算されます.

- メインメニュー [材料/断面] > [断面] > **[断面]** 1. **[追加...]**をクリック,名称: "梁"入力 2. 断面形状 > **直方体**を選択,定義方法 > **ユーザー**を選択
- 3. H : "0.8"入力, B: "1"入力
- 4. 「せん断変形を考慮する」にチェックオフ
- 5. [断面性能表示...]をクリック
- 6. 断面性能を確認し, [閉じる]をクリック
- 7. [OK] をクリックした後, [閉じる] をクリック



Area:断面積

Asy: ローカルy方向のせん断に対する せん断面積 Asz: ローカルz方向のせん断に対する せん断面積 Ixx:ねじり定数

Iyy: ローカル yを中立軸にする断面 2 次
 モーメント
 Izz: ローカル zを中立軸にする断面 2 次
 モーメント

「せん断変形を考慮する」機能 は断面のせん断変形の考慮の 有無を設定するオブションであ る.一般的に、構造力学の計 算ではせん断変形は微少であ るため無視するが、解析プログ ラムでは微少な変形も考慮す る.せん断変形を無視する構 造力学の計算結果と比較する ため、本チュートリアルではオプ ションにチェックオフすることで条 件を統一する.

Tip



[断面性能表示...]ボタンを クリックすると、プログラムで自動 計算された断面性能が確認で きる.

▶図 1.11 断面の定義



構造力学|構造編

1. 単純梁の解析



▶図 1.12 軸変形

▶図 1.13 断面剛性



midas Civil で学ぶ **構造力学** | 構造編 |

1. 単純梁の解析

02.4 節点と要素の生成

02.4.1 節点の生成

要素を生成する位置に節点を生成する.



Civilのような有限要素解析 プログラムは,解析する構造物 を節点(Node)を繋いだ要素 (Element)でモデリングする. 要素の種類は引張と圧縮だけ で表現できるトラス要素, 軸方 向の力と曲げが考慮できる梁要 素,面を表す板要素などがあ న.

解析する挙動の特性を持つ 要素を適切に使用する必要が ある. また, 要素は小さく分割 してモデリングすることで、より精 密な解析結果が得られる.

▶⊠ 1.14

節点の牛成

節点

メインメニュー [節点/要素] > [節点] > [節点生成] 1. 座標 (x, y, z) : "**0, 0, 0**" 入力 2. コピーの回数 : "10"入力 3. 距離(dx, dy, dz): "1, 0, 0"入力 4. [適用]をクリック

5. 節点番号, 自動フィット, 正面(トグルオン)





構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析

02.4.2 **要素の生成** 節点を連結して要素を生成する.

メインメニュー [節点/要素] > [要素] > **[要素生成]**

- 1. 要素タイプ > 「一般梁/テーパー断面梁要素」を選択
- 材料 > 「1:コンクリート」を選択, 断面 > 「1:梁」を選択
- 3. 構成節点の入力ボックス内をクリックし緑色に変わったことを確認し、モデル ビューから節点1と節点11を順番にクリック
- 4. モデル縮小表示, 要素番号(トグルオン)

▶図 1.15 要素生成

() 縮小表示は節点を基準に部材 の連結状況を確認する場合に有 効である.部材が節点で連結さ れている場合に、図のように分割 されて表示される.

0.000000		Civil 2015 - [C:WUsersWL	ecture3PC-04#Desktop#Civil	しTutorialsWildesで構造力	ディ現由成×車代 会] - [モデル	ビュー]	-	
		2007-03 HIPOS	本 日本日本 日本 トイン 本でアクラ・ファクラ・ スクラ・ビー 第一日日 日本 日本	→ E UCSOS - E FMF - 375E S3797 - S3797 - S152 S12 S12 S12	Fritter 9:15	日期じる・ 日本平に加べて表 の次へ の「印刷へ でしたべて表 たまなて表示 2027/20 2027/2025日		
DO LA NF PLE Réd (##10.4) * -	Hi ~~2	11H		4	4			
7		2 3 3	4 4 5	5 6 6	7 7 8	8 9 9 10	10	k
	🔊 B E97122							5
	メーロージッシントウ 自動電行機能により、プロジ)) コーロート コマントン (コマントン)	▲クトを得存します。 - 人 ■MX5セーブ /	112 -112-11-00	0140	i cu	a	11:73	

Tip 要素を入力する際に便利なオプション

節点スナップ:モデルビュー上でマウスで位置を指定する際に、最も近い
 節点の位置を自動で追跡する.
 交差計算:要素が生成される位置に節点がある場合、当該位置で要素を
 自動的に分割する.



構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析

02.4.3 **要素の複製** 生成された部材を複製する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [複製/移動]
- 1. モード > 「**コピー**」を選択
- 2. コピー/移動 >「等間隔」> dx, dy, dz : "0, 0, 3"入力 > 回数: "1"入力
- 3. 💽 全て選択をクリック
- 4. [適用]クリック



▶図 1.16 要素の複製

1. 単純梁の解析



midas Civil で学ぶ **構造力学**|構造編

02.5 境界条件の入力

梁の両端部の支持条件を、左側はヒンジ、右側はローラーで入力する.

メインメニュー「境界条件]>「支持]> **[支持条件]**

- 1. 縮小表示,要素番号(トグルオフ)
- 2. 支持形式 > **Dx. Dz** (チェックオン)
- 3. **国ウィンドウで選択**をクリックし,**節点1**と**節点12**を選択
- 4. 「適用]をクリック
- 5. 支持形式 > Dx (チェックオフ)
- 6. 「マウィンドウで選択をクリックし, 節点 11 と節点 22 を選択
- 7. [適用]をクリック



▶⊠ 1.17 支持条件の入力

Tip

基本設定で構造形式を

「X-Z 平面」と設定したため,

他の自由度に関しては自動的

に拘束されている. そのため,

各節点では Dx, Dz, Rvの 自由度だけ考慮すればよい.

は Dz のみが拘束される.



構造力学 | 構造編 |

単純梁の解析



1. 単純梁の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.6 荷重の入力

02.6.1 荷重条件の定義 荷重を入力するため,予め荷重の種類(荷重条件)を定義する.

メインメニュー[荷重/静的荷重]>[荷重ケースの生成]>**[静的荷重ケース]**

- 1. 名称 : "**梁荷重**"入力
- 2. タイプ:「ユーザー定義荷重(USER)」選択
- 3. [追加]をクリック,
- 4. [閉じる]をクリック

▶図 1.21 荷重条件の定義

Тір
実務では「タイプ」で死荷重または
活荷重など、実際入力する荷重
条件を区分し定義する. 解析後
の設計段階では、ここで入力した
荷重条件別に異なる係数が適用
された荷重組合わせの部材力で
設計しなければならないためであ
る.

名称	33	梁荷重		Ý	追加 (A)	3
ケース	8	全ての荷	重ケース	•	修正 (M)	
タイプ	32	ユーザー気	官義荷重 (USER)	•	[削除 (D)	
角罕言兑	8					
No	1	名称	919	T	角罕言兑	
1	梁神	苛重	ユーザー定義荷重 (USER)			
N				0.4		
						All the second



構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析

02.6.2 荷重の入力 集中荷重を入力する.

- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重タイプ/質量] > [節点荷重]
- 1. 荷重ケース名 > 「**梁荷重**」を選択
- 2. オプション > 「追加」選択
- 3. 節点荷重 > FZ: "-10"入力
- 4. 🔄 ウィンドウで選択で節点6を選択
- 5. [適用]クリック



		Civil 2015 - [C:WUsersW RE SCH 612 C BE 5-1947) C BER 5-1947 C BARR 0 BRAD L BRAC 17 RE 11 URDUCT 1911	ecture3PC-044Ded 在 前行信い 日 前行信い 日 前 日 前 日 前 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日 日	HapHOvel_Tutoria 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日本 日本	1997年1485で構成 - 世刊 の構成・日期 の構成・日期 1997年11日 1997年11111日 1997年1111111111111111111111111111111111	5学+講直道+単純 一九 期が変力・ 荷価の指定・ 責任上市重 正分加2000	R *) - (モデルビ:	1-]		
	119 4 ®1 1 H ~-2	EIH:		8年17日1月						N N N N N N
用数 ⁻⁷⁻⁷⁵ 構成型 ・	12	13 14	15	16	17	18	19	20	21	22
PX 0 NN 3 FX 0 NN 3	1	2	4	5	6	7	8 1	9	10	1 1
5		_	_	_	_	_	_	_	_	
2040 <u>91-751-</u>	≪ e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×e×	/##X38-9 /		2.9			1.0	Termin		



構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析

- - -

02.6.3 **分布荷重の入力** 等分布荷重を入力する.

寺乃仰何里を八刀する。

1. 荷重ケース名 > 「梁荷重」 2. 荷重タイプ > 「等分布荷重」 Tip >「グローバルZ」 3. 方向 相対値:x1, x2 を全長に対する > x1: "0", w: "-1", x2: "1"入力 4. 値入力 割合で入力する方法 値入力 5. 節点番号(トグルオフ), 要素番号(トグルオン) 相対値
 絶対値 ×1 0 w =1 6. 🛐 ウィンドウで選択で要素 11~要素 20 を選択 ×2 0.5 0 ×3 0 0 7. [適用]をクリック 0 x4 0 単位: kN/m Chill 2015 - IC Witnessel a iesで構造力学+構造構+単純梁]-[モデルビュー] $\overline{}$ RE 161 ● 日本 さ・物体力
 ・ かん可当 (*) かん可当
 ご かん可当 (*) かん可当
 ご かれたな いど 利益を利益に定め
 ・ かたいいど ありたり 四日本 田道校 品支型 ジャ英同島の株主・ - 世 初期新聞力 + 二 床荷重の指定
 (二) 炭高仕上荷重 2m 6 2 1 5 6 SCEWE1 EXCLUSION AND A > 袖| 5 5 Hi ~- 2 EIH (注意本資金(要求) 10 1 絶対値:x1, x2 を絶対長さで入 間重ケース名 温用重 . 力する方法 商業グループ名 ダフォルト . 13 14 15 16 18 19 20 値入力 17ション ※通知 ○ 東更 ◎ 相対値 🛛 (◎) 絶対値 ORDE (2 荷重917 福分布同重 x1 0 w -1 ×2 0.5 0 ШШ x3 0 0 1 30 x4 0 0 n 単位: kN/m 1944 3 方向 00-/66 Z + 12.01 Yes GK No. + + 1.4 14 1.0 16 催入力 ● 相印1個 0.187118 4 12 13 14 2m WED KN/m ·通用KA) 開におに) (7) G ETAKA-▶⊠ 1.23 目標存機能により、プロジェクトを得存します。 等分布荷重の入力

V E-392888 2 E-3628428 E / 11 (1)

メインメニュー「荷重/静的荷重]>「梁要素荷重]>[要素]

• 🛄 • 🖛 • 🕅 🕾 🕨 📾 • 🗊 🚺

655,0,1



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析

02.7 構造解析の実行

02.7.1 入力データの 作業ツリーを利用し、モデリングデータを確認する.作業ツリーで確認したい項 検討 目でマウスの右ボタンをクリックし表示されるコンテキストメニューからデータの 確認および修正が可能である.





構造力学 | 構造編 |

る.

1. 単純梁の解析

解析用のモデルの部材生成、荷重条件および境界条件の入力が終了したら、構造 02.7.2 構造解析の 実行 解析を実行する.

> メインメニュー [解析] > [解析実行] > [解析実行] 1.メッセージウィンドウで解析終了のメッセージが表示される.





midas Civil で学ぶ **構造力学** | 構造編 |

単純梁の解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 反力

Civilの解析による反力を確認し、数値計算の結果と比較する.

メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_v] > [反力/モーメント] 1. 要素番号(トグルオフ) 2. 荷重ケース/組合せ > 「ST:梁荷重」選択 3. 反力成分 > 「**FXYZ**」選択 4. 表示形式 > **数値, 凡例**(チェックオン) 5. [適用] クリック



反力が数値計算の結果の5kNと一致することが確認できる.



構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析

02.8.2 変位及び変形 Civilの解析による変位を確認し、数値計算の結果と比較する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > [変位等高線図]
- 1. 荷重ケース/組合せ > 「ST:梁荷重」選択
- 2. 変位成分 > 「**DXYZ**」選択
- 3. 表示形式 > 等高線図,変形,数値,凡例(チェックオン)
- 4. [適用]クリック
- 5. 画面下のステータスバーで、長さの単位を「mm」に変更

Civil 2015 - [C:WUsersWLecture3PC-04WDesktop#Civil_TutoralsWMdesで構造力学V構造構V単純型] - [モデルビュー] - 10 11 100.00 ATRA (100 (1) 総数 注意料
 (1) クリーブ/(2)(単原用 (2)) 付益 日本語を特性・ 語クループ末度・ Meelt算のファイバー要素 TH BHENREDOR B 1 1 -發性材料 新聞ク THE LEVEL B 型信 EIH: **末位Withit** 1 荷重ケース/組合わせ ST 201 ... 相可加速度 絶対加速度 0.109 0.128 0.128 0.135 2 Didukti SP Didukti SP Didk Didk Didkov Didkov 0 DY 0 DZ 0 RY 0 RZ 0 DYZ 0 DVZ 信车 2.3212E ● Ditra ■ 節点座標品 Max: 0.1346 表示形式 3 VARIO VAL O 0.054 0.122 0 171 1.200 |現在のステップのみ表示 |スタージ/ステップの実際実行 #14.2 THE: ビジ状態 60M 4) Max : 0.2154 G EFREA--SOLUTION TERMINATED OUR WISHE JOB IS SUCCESSFULLY COMPLETED OTAL SOLUTION TIME..: 0.13 [SEC] 5 •[aa + + mm + 2 = 1 * /

数値計算の結果(等分布荷重モデル: 0.1346 mm, 集中荷重モデル: 0.2154 mm)と 一致することが分かる.

▶図 1.28 変位の結果



構造力学 | 構造編

1. 単純梁の解析

02.8.3 部材力 せん断力図及び曲げモーメント図を確認する.

メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > **[梁要素の断面力図]**

- 1. 画面下のステータスバーで,長さの単位を「m」に変更
- 2. 荷重ケース/組合せ >「ST:梁荷重」
- 3. 断面力の成分 > 「Fz」
- 4. 表示形式 > 等高線図,数値,凡例(チェックオン)
- 5. [適用]クリック
- 6. 断面力の成分 > 「**My**」
- 7. [適用]クリック



せん断力の数値計算の結果(最大値:5kN)と一致することが確認できる.

▶⊠ 1.29

せん断力(Fz)の結果



構造力学 | 構造編 |

▶⊠ 1.30

モーメント(My)の結果

1. 単純梁の解析



モーメントの数値計算の結果(等分布荷重モデル:12.5kNm,集中荷重モデル:25 kNm)と一致することが確認できる.



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

1. 単純梁の解析




構造力学|構造編

1. 単純梁の解析

02.8.4 **応力** せん断力が最も大きい支点部のせん断応力と曲げモーメントが最も大きい中央部 の曲げ応力を計算する.

▶⊠ 1.32 W(1)応力度の計算 Ţ A(0.8) I(0.04267) *l*(10) せん断応力 せん断力図 5 VQ/Ib(9.37) 曲げモーメント図 曲げ応力 **1**y My/I(117.2) 12.5 断面性能 単位 値 Tip 8.000000e-001 m2 Area 8,000000e-001 m2 6,66667e-001 m2 6,66667e-001 m2 8,758668e-002 m4 4,26667e-002 m4 5,00000e-001 m 4,00000e-001 m 4,00000e-001 m Asy Asz Ixx Iyy Izz Сур y Czp Czp Czm 4.000000e-001 m2 1.250000e-001 m2 3.600000e+000 m Qyb $\rightarrow V$ Q/b Qzb Czm Peri:O Peri:I Center:y 0.000000e+000 m 5.000000e-001 m 5.000000e-001 m 4.000000e-001 m 5.000000e-001 m 5.000000e-001 m 4.000000e-001 m Center:z Cym Cyp y1 y2 z2 y3 z3 y4 z4 5.000000e-001 m -4.000000e-001 m -5.000000e-001 m -4.000000e-001 m ОК

> 応力は断面内の位置により異なる値を持つ. Civil では,断面で 1 つの応力を出力 するが,出力の位置は C 値(Cyp, Cym, Czp, Czm)と y 及び z 値(y1~y4, z1~z4)を入力し 調整できる.



構造力学 | 構造編 |

単純梁の解析





構造力学|構造編

1. 単純梁の解析

分布荷重によるせん断応力と曲げ応力を確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [応力_v] > *[梁要素の応力度図]*
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:梁荷重」
- 2. 応力度の成分 > 「Ssz」 選択
- 3. 表示形式 > 等高線図, 数値, 凡例(チェックオン)
- 4. [適用]クリック
- 5. 応力度の成分 > 「Sbz」 選択
- 6. [適用]クリック
- ▶図 1.34 せん断応力の結果





構造力学|構造編|

1. 単純梁の解析



▶図 1.35 曲げ応力の結果



1. 単純梁の解析

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算 の解説

03.1.2 断面カ モデル1とモデル2の断面力の計算結果は次の通り. Civil の計算結果と一致する ことが分かる.



1. 単純梁の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

下図のように、一端はヒンジ、他端はローラーで構成された単純梁の変形及び 反力、せん断力、モーメントを求めなさい.(但し、せん断変形は無視する.)



▶ 材料

コンクリート: 24 MPa (弾性係数 E = 2.2668×10⁷ kN/m²)

▶ 断面

断面積:3.0×10⁻¹ m² (0.4m×0.75m) 断面2次モーメント(I_v):1.406250×10⁻² m⁴

▶ 荷重

1. モデル1:等分布荷重1.0 kN/m 載荷 2. モデル2:集中荷重10.0 kNを上図のように2点に載荷



2. 片持ち梁の 解析

TABLE OF CONTENTS

01 概念の理解

01.1 片持ち梁解析の概念 2-1

02 チュートリアル

02.1 モデルの概要	2-4
02.2 作業環境の設定	2-5
02.3 材料及び断面の定義	2-7
02.4 節点及び要素の生成	2-9
02.5 境界条件の入力	2-12
02.6 荷重の入力	2-13
02.7 構造解析の実行	2-15
02.8 解析結果の確認	2-17

03 構造計算の解説

 O3.1 力学的概念の理解及び

 数値計算
 2-22

04 練習問題 2-23

2. 片持ち梁の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

01. 概念の理解

01.1 片持ち梁解析の概念

片持ち梁は単純梁と同じ静定梁であるが、支持条件が異なる.図2.1は全体座標系の X-Z 平面(2 次元空間)に存在する片持ち梁とそこに作用する荷重及び反力を表した図である.

図2.1のように、片持ち梁は左側(A端)は水平・垂直方向の移動及び回転に対し 全て拘束されているが、右側(B端)は拘束されていない.



力の釣り合い条件を適用し、片持ち梁の反力が求められたら、部材内部の任意の 位置(断面)で発生する断面力を算定する.部材の軸方向の任意の距離xに位置する断 面での断面力は、軸力(N(x))、せん断力(V(x))、モーメント(M(x))の3種類で 表せる.これら断面力は図 2.2(b)のような自由体に力の釣り合い条件を適用するこ とで求められる.



2. 片持ち梁の解析



▶式 2.1

$$\sum F_{x} = 0: \quad H_{A} + N(x) = 0$$

$$\sum F_{z} = 0: \quad V_{A} + (-)qx + V(x) = 0$$

$$\sum M_{y} = 0: \quad M_{A} + V_{A}x + \frac{1}{2}(-q)x^{2} + M(x) = 0$$

片持ち梁での荷重-せん断力-モーメントの相関関係と、任意の断面での変形 - ひず み - 応力の相関関係は単純梁でのそれと同様である.

片持ち梁でのたわみ-たわみ角-曲率の関係を説明するため,図2.3のようにスパン 長さが ℓ の単純梁とスパン長さが ℓ/2の片持ち梁に一定のモーメント *M* が作用する 場合を考える.モーメントが一定であるため,弾性係数と断面の大きさが変わらな い限り曲率も一定である.この場合,単純梁での中央部のたわみと端部のたわみ角 は片持ち梁でのそれと等しい.



2. 片持ち梁の解析

曲率, すなわち M/EI_y を意味する下図の塗りつぶした部分の面積が等しいから である. たわみ角は塗りつぶした部分の面積で, たわみはその面積のモーメントに 当たる.



▶式 2.2

 $\theta = \frac{M}{EI_y} \left(\frac{\ell}{2}\right) = \frac{M\ell}{2EI_y}, \quad \delta = \frac{M}{EI_y} \left(\frac{\ell}{2}\right) \left(\frac{\ell}{4}\right) = \frac{M\ell^2}{8EI_y}$

ここでは便宜上の理由で、たわみ角及びたわみの方向に対する符号は省いた. 単純梁と片持ち梁の変形値が一致することは、図の内容からでも推測できる. 単純梁の中心から右側の変形形状は片持ち梁のそれと同じである.単純梁の中央部 分でのたわみに対する接線の勾配がゼロであるため、この部分が固定端と同じ効果 を示すためである.



2. 片持ち梁の解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

次のように片持ち梁に荷重が作用する場合の反力,変位,部材力を確認する.



▶ 材料

鋼材:SM490 (弾性係数 E = 2.00×10⁸ kN/m²)

▶ 断面

断面積:4.678×10⁻³ m² (H 300×150×6.5×9 mm) 断面2次モーメント (I_v):7.21×10⁻⁵ m⁴

▶ 荷重

1. モデル1:集中荷重5.0 kN 載荷

2. モデル2:等分布荷重1.0 kN/m 載荷



2. 片持ち梁の解析

02.2 作業環境の設定

OK

適用

02.2.1 単位系の設定 構造解析のモデリングを開始するため,新しいプロジェクトを開きファイルを 保存する.

> メインメニュー 💟 > 🗅 *新規プロジェクト...* メインメニュー 💽 > 🗟 保存 1. ファイル名: "片持ち梁"と入力し, [保存]をクリック

使用する単位系を設定する.

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]

- 2. 長さ>「m」,力>「kN(ton)」を選択
- 3. **[OK]**をクリック



単位系の設定は画面下のステー タスバーでも簡単に操作できる.

キャンセル



2. 片持ち梁の解析

Civil は 3D 構造物の解析までを考慮するプログラムであるため、2次元の平面で挙動 02.2.2 作業平面の 設定 する構造物に対し不必要な自由度を拘束することで面外挙動を制限する必要がある. 例えば、X-Z 平面内での挙動のみを考慮する場合は全ての節点のD_v(Y 方向の変形),R x(X 軸回転), R₂(Z 軸回転)自由度を拘束しなければならない.

> Civil ではこのように構造物の挙動を特定平面上で制限したい場合に、基本設定で 簡単に自由度が拘束できる.

> 本チュートリアルでは全体座標系(Global Coordinate System, GCS)を基準に X-Z 平 面の挙動のみ許容するため構造形式を2D挙動の構造物(X-Z平面)と指定する.

メインメニュー 「ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. [OK]をクリック

▶⊠ 2.6	解析モデルの基本設定	8
乍業平面の設定	1 構造形式	
	◎ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束	
	質量コントロールパラメータ	
	 集中質重 事対角質量を考慮 	
	🔄 刺激係数を求める時の回転開始モードの考慮	
	◎ コンシステント質量	
	重力加速度: 9.806 m/sec2	
	初期温度: 0 [C]	
	□ 梁断面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。	
	スラブ(ブレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように卸置して表示する。 2 0K キャンオ	セル

1 伯



2. 片持ち梁の解析

02.3 材料及び断面の定義

02.3.1 材料の定義 Civil のデータベースに内装されている SM490 を使用する.

メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]

- 1. [追加...]をクリック
- 2. 弾性データ > タイプ > 「鉄骨」を選択
- 3. コンクリート > 規格 > 「**JIS-Civil(S)**」を選択

種別 > 「SM490」を選択

4. [OK]をクリックした後, [閉じる]をクリック

材料 断面 厚さ				一般 ##約素是 1		之称	SM490	
Nie 278tr b	(-) ini≎ 14	PII	istn(A)	1011189-55 - /		-10117	Children	
NO 2519 9	/ 19418 1里	.51		弾性データ		44.00		
			181E(M)	タイプ 鉄	骨 🔹	鉄骨	C	-
			育15余(D)			規格	JIS-Civil(S)	
			複製 (C)			種別	SM490	
			(#12.12.0)					
			870720 W			コンクリート		
			番号並べ替え(R)			相格		
				材料のタイプ			1848	
				 等方性 	直交異方性	(CCD)	792.18	
				-		相望 5月		
				お合われており				
				5年1至1余数 :	2.0000e+002 k	N/mm2		
				ポアソン比:	0.3			
				線膨張係数	1.2000e-005 1	/[C]		
			(4)	比重	7.7e-008 k	N/mm3		
			開じる	同發导物度。	7.852e-012 k	N/mm3/e		
					0.0000=+000).			
				2#11.17.0X	0.00000 k	IN/ mm2		
				ボルシンモー	U			
				線膨張係数	0.0000e+000	I/[C]		
				比重	0 k	N/mm3		
				□ 質量密度:	0 4	N/mm3/g		
				塑性データ				
				塑性材料名	NONE	•		
				熱伝導				
				-i-#h	0	cal & NKICT		
				Markit	0	CONVINTIO]	70.3	
				然伝導率	lu k	cal/mm*hr*	101	
				STORE :	0.02			





構造力学 | 構造編 |

2. 片持ち梁の解析





機能は断面のせん断変形の 考慮の有無を設定するオプシ ョンである.一般的に、構造 力学の計算ではせん断変形 は微少であるため無視する が,解析プログラムでは微少 な変形も考慮する. せん断 変形を無視する構造力学の 計算結果と比較するため, 本チュートリアルではオプション にチェックオフすることで条件を



2. 片持ち梁の解析

02.4 節点及び要素の生成

要素が入力される位置にまず節点を作成する.

02.4.1 節点の生成

- メインメニュー [節点/要素] > [節点] > **[節点生成]** 1. 座標 (x, y, z) : "0, 0, 0"入力 2. コピー > 回数 > "5"入力 距離 > "1, 0, 0"入力
- 3. 節点番号 (トグルオン)
- 4. [適用]クリック
- 5. 自動フィット,正面(トグルオン)



▶図 2.9 節点の生成



構造力学 | 構造編 |

2. 片持ち梁の解析

02.4.2 要素の生成
要素生成機能を利用し,既に作成した節点の位置に梁要素を生成する.
メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [要素生成]
1. 要素タイプ > 「一般梁/テーパー断面梁要素」選択
2. 材料 > 「1: SM490」選択
3. 断面 > 「1: H 300×150×6.5/9」選択
4. 交差計算 > 節点,要素(チェックオン)
5. 構成節点の入力ボックスをクリックし,緑色に変換されたらモデルビューで
節点1と節点6を順番にクリック

6. **隠線除去表示**(トグルオン)

▶図 2.10 梁要素の生成





構造力学|構造編|

2. 片持ち梁の解析

02.4.3 要素の複製 生成された部材の材質,断面,長さと同一条件で複製する. メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [複製/移動] 1. モード > 「コピー」選択

- 2. コピー/移動 > 「**等間隔**」選択
- 3. dx, dy, dz > "0, 0, 2" 入力
 回数 > "1" 入力
- 4. 💽 全て選択をクリック
- 5. [適用]クリック

▶図 2.11 要素の複製

	CVI2	015 - [C:WUNersWLecture3PC	-04#Desktop#Civil_Tutonais#Mide rc Dirittica 2011 25	いで構造力学+構造場+片持ち戻。	- (モデルビュー)	
	・25- 八 コスケール () 記点テーブ	RALS N BLOS	1 × × × >		2184 34 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39 39	
	1114 4 ® ¥	11.12	11日日日 1日日 1日日 1日日 1日日 1日日 1日日 1日日 1日日 1		1000	
	H *-2	EIH				N N
	7	8	97.	10	11	12
● 32~-03) ○ 164600 32*-7546 0 86.6/959 (1) 1)						
n NEDA dudyde 1.1.2 m SRR: 1 5 1197874						
6 89 DY Dr 6 82 69 (19) - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 - 10 -						
	1	2	3	4	5	б
	<u> </u>			1		
	94					
2-5H 20049348	*#E-204280	_		_	_	1
20442 99-8-3-	>> >>	(MHX-9-9 /				

2. 片持ち梁の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.5 境界条件の入力

Civil は 3 次元の構造解析のプログラムであるため,各節点で 6 つの自由度(Dx, Dy, Dz, Rx, Ry, Rz)を考慮し,これらは 6 つの三角形で表示される.自由度の拘束状況 は三角形の色で確認できる.(拘束=緑,自由=青).

メインメニュー「境界条件]>「支持]> 「支持子/

2. 支持形式 > D-A11, R-A11 (チェックオン)

3. 1 単一選択で節点1と節点7を選択

1. オプション > 「追加」 選択

4. [適用]クリック

Тір

構造形式を X-Z 平面と設 定したため, Dx, Dz, Ry のみ拘束しても同じ結果が 得られる.

> *Civil_Tutorials¥Midasで構造力学¥構造編¥片持ち探]・[モデルビュー] - - -Jul 2015 - TC: WUsers H. C. 花香 彩灯 45里 · 介用/(不文持 0-0 * 010 3 7 1-1 Ь. エインテクラル権 -----PT-BARM D #87-7 10 的名思维系 3 9.9.0 300 Hi x-2 HIH 支持条件 境界グループ名 デフォルト 1 オガシルン ※ 波知 ○ 文王 ○ 秋日 (持肥肉(新点座橋系) By Dy -Y 2 0- 12 (C) 63(F) 調用日 4 Rz Dx Ry Dy G モデルビュ Rx Dz TICN TERMINATED YOUR WITHS JOB IS SUCCESSFULLY COMP. - ***** A 32>MX08-3 / ##X98-5



境界条件を表す六角形の記 号は右上の三角形から時計 回りに、X 軸変位自由度(D X)、Y 軸変位自由度、Z 軸 変位自由度、そして、X、 Y、Z 軸に対する回転自由 度を意味する.



2. 片持ち梁の解析

02.6 荷重の入力

02.6.1 荷重条件の 荷重を入力するため,まず荷重の種類(荷重条件)を定義する.

定義

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケースの生成] > [静的荷重ケース]

- 1. 名称 : "**梁荷重**"入力
- 2. タイプ > 「ユーザー定義荷重 (USER)」選択
- 3. [追加]クリック
- 4. [閉じる]クリック

▶図 2.13 荷重条件の定義

1~2	-ス		
名称	梁荷重		3 這加(A)
ケース	: 全ての荷	運ケース	▼ 修正(M)
タイプ	: [ユーサー	定義荷重 (USER)	▼
角罕 乱	84 (
No	名称	\$17	用罕言说
	1 梁荷重	ユーザー定義荷重 (USER)	



構造力学 | 構造編 |

2. 片持ち梁の解析

02.6.2 荷重の入力 片持ち梁の端部(節点 12)に集中荷重 5 kN を入力する.

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重タイプ/質量] > [節点荷重]

- 1. 荷重ケース名 > 「**梁荷重**」を選択
- 2. 節点荷重 > FZ: "-5"入力
- 3. 🛐 ウィンドウで選択で節点 12 を選択
- 4. [適用]クリック

片持ち梁の上部に等分布荷重1.0 kNを入力する.

- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [梁要素荷重] > [要素]
- 1. 荷重ケース名 > 「梁荷重」
- 2. 荷重タイプ > 「等分布荷重」
- 3. 方向 > 「**グローバル Z**」
- 4. 値入力 > x1: "0", w: "-1", x2: "1"入力
- 5. 🛐 ウィンドウで選択で要素 1~要素 6 を選択
- 6. [適用]をクリック







2. 片持ち梁の解析

02.7 構造解析の実行

02.7.1 入力データの解析を遂行する前にモデルに入力された内容を確認する.

検討

メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]** >> 「荷重」 タブ 1. 荷重ケース > **荷重値** (チェックオン)

- 2. > 「ケースの選択」 > 「ST:梁荷重」選択
- 3. チェックリストで節点荷重,梁要素荷重(チェックオン)
- 4. [適用]クリック



確認が終わったら「**節点荷重**」と「**梁要素荷重**」をチェックオフし,[OK]ボタン をクリックする.

▶図 2.15 入力荷重の確認



構造力学 | 構造編 |

2. 片持ち梁の解析

02.7.2 構造解析の 構造解析モデルの部材の生成,荷重及び境界条件の入力が終わったところで,構造解析を実行する.

- メインメニュー [解析] > [解析実行] > [解析実行]
- 1. 節点番号, 要素番号(**トグルオフ**)
- 3. メッセージウィンドウで解析の正常終了のメッセージを確認

▶⊠ 2.16 解析の正常終了のメッセージ Civil 2015 - [CiviUsersHLecture3FC-04HDesktopHCivil_TutorialsHNIdasで構造力学H構造編H片抽ち返] - [モデルビュー] . . . Nausa 18794 Rd 107 102 rc 221 2745 904 (1) かい オブション 35 BC 1 Tip 片 ペース **BIR** 解析の実行機能は画面上 部の短縮アイコンまたは短縮 キー(F5)でも実行できる. 持条件:2 : 5イブ1【11111】 幾何情報,荷重·境界条件 が入力されていない場合や入 力情報に誤りがある場合はメ ッセージウィンドウでエラーの原 因が出力される. B EFAL2-SOLUTION TERMINATED OUR WIDAS JOB IS SUCCESSFULLY COMPLETED TAL SOLUTION TIME..: 0.14 (SEC) で構造力学¥構造編¥片持ち違 2



2. 片持ち梁の解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 反力

Civil により計算された反力を確認し、数値計算による結果と比較する.

メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_▼] > [反力/モーメント]
1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 梁荷重」選択
2. 反力成分 > 「FXYZ」選択
3. 表示形式 > 数値, 凡例(チェックオン)
4. [適用] クリック

▶図 2.17 反力の結果





構造力学 | 構造編 |

2. 片持ち梁の解析

02.8.2 変位と変形 Civil により計算された結果を確認し、数値計算による結果と比較する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > **[変位等高線]**
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 梁荷重」 選択
- 2. 変位成分 > 「DXYZ」選択
- 3. 表示形式 > 等高線図,変形,数値,凡例(チェックオン)
- 4. [適用]クリック
- 5. 画面下のステータスバーで,長さの単位を「mm」に変更

Civil 2015 - [C:WUsersWLe idesで構造力学¥構造編¥片持ち梁]・[モデルビュー] . . . about Indiana 20.04 操作 商業 解析 格里 PC 896499 1211 196 199 ₩· ►· ENGGAR(E) 合教編末・ 合教編末・ 合教編集・ 延時回想の首級所行用・ 通時回想の首級所クラフ/デキスト・ 環球動業業・ したり回想の首級所行用・ したり回想の首級所行用・ したり回想の首級所行用・ したり回想の首級所行用・ したり回想の首級所行用・ したり回想の首級所行用・ したり回想の首級が行用・ したり回想の首級が行用・ 日本 12 板ローカル巻 生モード形状・ UZNED . 7521 ZEROT はボデーブ 12520 ARNE FERIE I A & IGH Hi x-2 HIN 后方 [4] **来位端高峰** XY2--荷重ケース/組合わせ 00(1 ST 梁間堂 ステップ 3.005 -100 10.171 他们加速带 1000 ODY ODZ ORY ORZ ODYZ ODYZ DX Foc DXC -0 DXXZ 1.73045+80 Max: 14.448 表示形式 3 st: 深雨重 1.318 |現在のステックのみあ示 |ステージ/ステックの実現変近 |とンジ状態 47. 周州重 第82 : 12 第1日 : 1 月1日: 片持ち達 (約17: m 04TE: 12/08/2015 表示-方向) 5.418 14A 1965 Max : 5.418 (4) 5 EFAL2-SOLUTION TERMINATEDCWDserwiLectureDPC-04DesktowCivil_TutorislsWidesで構造力字V構造編V共特ち法 OUR WIDAS JOB IS SUCCESSFULLY COMPLETED. OTAL DOLUTION TIME..: 0.14 [SEC] - 5 イン ツリーメニュー STREET, N

▶図 2.18 変位の結果



構造力学 | 構造編 |

2. 片持ち梁の解析

片持ち梁に作用するモーメントを確認する. 02.8.3 部材力

メインメニュー「結果]>「結果]>「断面力」]> 「梁要素の断面力図]

- 1. 画面下のステータスバーで、長さの単位を「m」に変更
- 2. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 梁荷重」 選択
- 3. 断面力の成分 >「My」選択
- 4. 表示形式 > 等高線図、数値、凡例(チェックオン)
- 5. [適用] クリック

▶⊠ 2.19 モーメントの結果

Tip

n3.





構造力学|構造編|

2. 片持ち梁の解析

片持ち梁に作用するせん断力を確認する.

- 1. 断面力の > 「Fz」選択
- 2. [適用]クリック

▶図 2.20 せん断力の結果





構造力学|構造編

2. 片持ち梁の解析

 02.8.4 応力
 部材の応力を確認する.部材の応力成分で,

 Sax は要素座標系の x 軸方向の軸応力,

 Ssy, Ssz はそれぞれの要素座標系の y, z 軸方向のせん断応力,

 Sby, Sbz はそれぞれの要素座標系の y, z 軸に対する曲げ応力を意味する.

 「組合わせ」は組合わせ応力で, Sax, ± Sby, ± Sbz の最大値または最小値を表示

する.

曲げ応力のみを確認する場合は、Sbz成分の応力を選択し検討する.

- メインメニュー「結果]>「結果]>「応力_▼]> **[梁要素の応力度図]**
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 梁荷重」 選択
- 2. 応力度の成分 > 「Sbz」選択
- 3. ディスプレイオプション >「**ソリッド**」選択
- 4. 表示形式 > 等高線図,変形,数値,凡例(チェックオン)
- 5. [適用]クリック

00000 構造力学+構造編+片持ち迎1-[モデルビュー - - -6888-6888-12、特別型の茶幅が発見・ と、特別型の茶幅が分ラフ/デキスト 令 反力 日 東形 C R-NEW 前前前面 H ~~~ Z BIR 1 52011.1 41608.9 31206.7 20804.4 10402.2 Max: 52011.1 ディスプレイオプショ 26005.5 16643.6 9362.0 4160.9 1040.2 図実用 TTREE . 100 Max: 26005.5 計算を表示する新聞 日最小/最大 日全日 B EFREA-**秋**1.5 R WIDAS JOB IS SUCCESSFULLY COMPLET VAL SOLUTION TIME..: 0.14 [DEC] || + | + | - | - コマンドバータ | 単板メッセータ

▶図 2.21 応力の結果



2. 片持ち梁の解析

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算 の解説

- 03.1.1 反力
 集中荷重が作用するモデル1の反力: P=5.0 kN
 等分布荷重が作用するモデル2の反力: ωl=5.0 kN となり、
 数値計算と一致することが分かる.
- 03.1.2 **変位** 集中荷重が作用するモデル1の変位: $\delta = \frac{P\ell^3}{3EI} = 14.448 \text{ mm}$ 等分布荷重が作用するモデル2の変位: $\delta = \frac{\omega \ell^4}{8EI} = 5.418 \text{ mm}$ となり, 数値計算と一致することが分かる.
- 03.1.3 せん断力 集中荷重が作用するモデル1のせん断力: V_A=P=-5 kN
 等分布荷重が作用するモデル2のせん断力: V_A=ωℓ=-5 kN となり,
 数値計算と一致することが分かる.
- 03.1.4 曲**げモーメント** 集中荷重が作用するモデル1の曲げモーメント: $M = -P\ell = -25 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 等分布荷重が作用するモデル2の曲げモーメント: $M = -\frac{\omega \ell^2}{2} = -12.5 \text{ kN} \cdot \text{m}$ となり, 数値計算と一致することが分かる.

2. 片持ち梁の解析



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

下図のように片持ち梁に荷重が作用する場合の反力, せん断力, モーメントを求めなさい.(但し, せん断変形は無視する.)



▶ 材料

鋼材:SM490 (弾性係数 E = 2.00×10⁸ kN/m²)

▶ 断面

断面積:8412 mm² (H 400×200×8×13) 断面2次モーメント (I_v):2.37×10⁻⁴ m⁴

- ▶ 荷重
 - 1. モデル1:集中荷重5.0 kN 載荷
 - 2. モデル2:等分布荷重2.0 kN/m 載荷



3. トラスの 解析

TABLE OF CONTENTS

01	概念の理解
----	-------

01.1 トラス解析の概念 3-1

02 チュートリアル

02.1 モデルの概要3-602.2 作業環境の設定3-702.3 材料及び断面の定義3-902.4 節点及び要素の生成3-1002.5 境界条件の入力3-1402.6 荷重の入力3-1502.7 構造解析の実行3-2002.8 解析結果の確認3-21

O3 構造計算の解説

 O3.1 力学的概念の理解及び

 数値計算
 3-26

04 練習問題 3-29



3. トラスの解析

01. 概念の理解

01.1 トラス解析の概念

01.1.1 一般事項

2 つ以上の直線部材を摩擦力のないピン接合(ヒンジ)で連結し、三角形の形状に組 んだ構造物をトラスという.主にスパン長さが長い橋梁や工場建築、講堂、体育館 などの大空間の構造物の屋根などに使用される.





トラスは用途や形式によりさまざまな種類がある. 下図はその例である.





3.トラスの解析

トラスの部材力は次のような仮定に基づいて計算される.

- ① 各部材が接合する節点は摩擦のないピン(ヒンジ)である.
- ② 各部材は直線材である.
- ③ 各部材の中心軸は節点で交差する.
- ④ 全ての荷重は部材が連結される節点でのみ作用する.

荷重が節点でのみ作用するため、トラスの部材力としては引張力と圧縮力が生じ、 便宜上引張力を(+)、圧縮力を(-)と表記する.トラス解析で部材の引張力と圧縮力は、 節点を基準にして力が外側を向くか(引張力)、節点側を向くか(圧縮力)で判断する.

トラスを力学的な面で分類すると、静定トラスと不静定トラスに分類でき、また



01.1.2 解析概念 不静定トラスは外的不静定トラスと内的不静定トラスに細分できる.静定トラスは 力の釣り合い条件のみで反力と部材力が算定できる構造で,不静定トラスは不静定 次数分の追加条件が必要となる.外的不静定とは,力の釣り合い条件だけでは反力 が求められない構造を意味し,内的不静定とは反力は力の釣り合い条件で求められ

次の式はトラスの不静定次数を算定する方法を式で表したものである.

外部不静定次数: $m_e = n - 3$ 内部不静定次数: $m_i = (3 + s + r) - 2k$ 全体不静定次数: $m = m_e + m_i$ ここで, n:反力の数, s:部材の数, r:剛節点の数, k:節点の数

るが、部材力の算定には追加条件を必要とする構造を意味する.


構造力学|構造編

3. トラスの解析

1) 静定トラスの解法

トラスの解析方法には節点法、切断法、応力係数法、図解法、影響線法など様々な方法が存在する. この中で節点法はある節点を自由体にし、 $\sum F_x = 0$, $\sum F_z = 0$ のような力の釣り合い条件で解析する方法で、切断法は任意の切断面でトラスを切断した自由体に対し、 $\sum F_x = 0$, $\sum F_z = 0$, $\sum M = 0$ のような力の釣り合い条件で解析する方法である. 節点法でモーメントに対する力の釣り合い条件を適用しない理由はトラスの節点ではモーメントが支持できないためである.

下図は節点法と切断法による解法を示したものである. 節点法では節点 A を中心 にした力の釣り合い条件が適用され、切断法では図で示すような線で切断されたト ラスに力の釣り合い条件が適用されている. 節点法では 2 つの式で計算するため、3 つ以上の部材が交差する節点では適用できない. また、切断法では 3 つの式で計算 するため、4 つ以上の部材を切断してはならない.



 $\sum F_Z = R_A + n_{AB} \sin \theta_1 = 0$



構造力学|構造編|

3.トラスの解析

2) 不静定トラスの解法

変形法(Method of consistent deformations)やたわみ性法(flexibility method)は不静定 トラス構造の解析に有用な方法として挙げられる.変形法では未知数として選定し た自由度を対象に方程式を組み、適合条件を適用する、

下図の構造物は1つの自由度を未知数として選定したわみ性法を適用した例であ る. ここでは部材 BF に熱を加え長さが Δ だけ伸びた場合を考える. 以下、部材 BF の部材力を未知数 X1 とした時のたわみ性法の概念を説明する.





たわみ性法または、変形法では未知数として選定した部材または反力が除去された状態を対象に適合条件を設定し、構造解析を遂行する.部材 BF の部材力を未知数として選定した場合は、部材 BF の中央を切断した状態を対象と考える.また、外部の荷重が加わる時(温度変化は外部荷重として考慮しない)に発生する2点間の距離の変化(重なり、または離れ)を D_1 とし、外部の要因の代わりに部材 BF に単位荷重 1を加えたときに切断された2点間の距離の変化を f_{11} とすると、 f_{11} と未知数 X_1 の積($f_{11}X_1$)は部材 BF が部材力 X_1 を受け切断された2点間の距離変化となる.この場合に対する適合条件は次の式を満たさなければならない.

▶式 3.1

 $f_{11}X_1 + D_1 = \Delta_1$

温度変化のような要因がなく荷重のみかかる場合は Δ_{I} はゼロとなる.しかし温度 変化のみで部材 BF が伸びた状態である場合は D_{I} がゼロになり、 Δ_{I} は伸びた長さと なる.すなわち、上の式は部材 BF が切断された状態ではないということを適合条件 にした式である.また、 $f_{II}X_{I} \ge D_{I}$ が相殺されることや、実際に発生する変形が Δ_{I} であるという意味から「変形法(Method of consistent deformations)」という名称で 呼ばれる.変形 f_{II} や D_{I} を求めるには様々な方法があるが、単位荷重法が最も有効な 方法として挙げられよう.

構造物が2次不静定構造であると、未知数として2つの部材力または反力を選定し、 これらを除いた状態を対象に、次のような適合条件が設定できる.

▶式 3.2

$$\begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta_1 \\ \Delta_2 \end{bmatrix}$$

$$f_{11} = \sum \frac{\ell_i}{EA_i} n_i^1 n_i^1, \quad f_{12} = f_{21} = \sum \frac{\ell_i}{EA_i} n_i^1 n_i^2, \quad f_{22} = \sum \frac{\ell_i}{EA_i} n_i^2 n_i^2$$

$$D_1 = \sum \frac{\ell_i}{EA_i} n_i^1 N_i, \quad D_2 = \sum \frac{\ell_i}{EA_i} n_i^2 N_i$$

 Δ_i = 製作誤差または温度変化などによる変形



3.トラスの解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

内的1次不静定トラスと内的・外的1次不静定トラスが,製作誤差と同じ大きさの 内的荷重と集中荷重を受ける場合,どのように挙動するか比較する.

▶図 3.5 解析モデル

モデル1:内的1次不静定



モデル2:内的1次,外的1次不静定



- ▶ 材料: SM400 (弾性係数 E = 2.00×10⁸ kN/m²)
- ▶ 断面:ボックス断面 300×300×12 mm
- ▶ 荷重

1. 節点集中荷重: 500 kN

- 2. 製作誤差:5 mm → プレテンション荷重(1378.6 kN)に置換
 - $P = K\delta = EA/\ell \times \delta = (2.05 \times 10^8 \times 0.01345/10) \times 0.005 = 1378.6 \text{ kN}$



3. トラスの解析

02.2 作業環境の設定

02.2.1 単位系の設定 構造解析のモデリングを始めるため、新しいファイル開き保存する.

メインメニュー S > ゴ 新規プロジェクト... メインメニュー S > G 保存 1. ファイル名: "トラス"と入力し[保存]をクリック

使用する単位系を設定する. .

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]

- 2. 長さ〉「**m**」,力〉「**kN(ton)**」を選択
- 3. **[OK]**をクリック

整理 ▼ 新しいフォル	9-		8	- 0
会 お気に入り	名前	更新日時	種類	サイズ
タウンロード	💁 単純梁.mcb	2015/12/07 19:17	MIDAS/Civil Do	43 KB
■ デスクトップ	Ⅰ 片持ち梁.mcb	2015/12/08 17:43	MIDAS/CIVI Do	41 KB
(注) 最近表示した場所 (注) ライブラリ				
F#==X>F				
ピクチャ -	<i>i</i>			
ファイル名(N): トラス	L.mcb			*

単位系		8		
長さ	力 (質量)	熱量		
🔘 m	🔘 N (kg)	🔘 cal		
⊚cm	kN (ton)	kcal		
⊚ mm	⊚kgf (kg) ⊚tonf (ton)	© 1		
© ft	⊙lbf (lb)	⊚ kJ		
⊚ in	⊚ kips (kips/g)	🔘 Btu		
温度 摂氏 単氏 注意: 違択された単位系は対ダイアログボックスに表示されます。 数面は単位系と共に変更されません。 				
3 デフォルトの単位系に設定/変更 OK 通用 キャンセル				

▶図 3.6 ファイルの保存 単位系の設定



構造力学|構造編|

3.トラスの解析

解析モデルは平面トラス(X-Z 平面)構造であるため,構造形式を X-Z 平面内で挙動 02.2.2 作業平面の 設定 するように指定する.

メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. **[OK]**をクリック

	解析モデルの基本設定 □
	1 構造形式
	◎ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束
2 7	
)./ (王本司)中	資産コントロールハフメータ
囲の設定	
	■ 刺激1条数を求める時の回撃時1年七一下の考慮
	◎ コンシステント質量
	□ 自重を質量に変換
	 ● XY.Z方向に変換 ● XY方向に変換 ● Z方向に変換
	重力加速度: 9806 m/sec2
	初期温度: 0 [C]
	□ スラブ(ブレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。
	2 OK #*>tz/

▶⊠ 作業平



3. トラスの解析

02.3 材料及び断面の定義

02.3.1 材料の定義 トラスの材料及び断面は Civil のデータベースの JIS-Civil 規格から選択する.

メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]

- 1. [追加...]をクリック
- 2. 弾性データ > 「鉄骨」選択
- 3. 鉄骨 > 規格 > 「JIS-Civil」選択, 種別 > 「SM400」選択
- 4. **[OK]**クリック

断面タブをクリック

- 1. [追加...]をクリック
- 2. 断面形状 > 「ボックス断面」選択
- 3. 規格 > JIS, 鋼材リスト > 「B 300×300×12」 選択
- 4. [OK] クリック, [閉じる] クリック

初時番号: 1		名称	SM400		規格/ユーサ		30 組立材	PC テーバー断面 合成	調材
朝住データ ライブ [8	t@ •	鉄骨 規格 MR	JIS-Civil(S)	-3	断面番号 名称 B	1	■ ポックス語	m 	
利料(0.9-17 ※ 等方性	0.07.8.512	4051 エングリート 現格 種別	1816	•		_8	3 ユーザー 鋼材リスト 単一山形綱	 規格 B 300×300×12 ビルトアップ断面 の寸法読み込み 	•
鉄骨 弾性係数 : ポアルル比 : 線線環保能数 :	2.0010e+008	kN/m2				1 #2	種別 鋼材リスト	JIS 2K	*) *
比重 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	77	kN/m8 kN/m8/g				z	H	0.3 m 0.3 m	
日 エングリート 弾性係数 ポアソン比:	0.0000+000	kN/m2				≜ ⊸ у	tf1 C	0.012 m 0 m	
林超34.所数 : 比重 □ □ 質量定度 :	0.0010e+000 0 0	1/[C] kN/m3 kN/m3/g			4	3	tt2	u m	
盟住データ 盟住村科名	NONE	•					m ++ 4	NG水平State and and a	
熱伝導 比熱 熱伝導率	8. 8.	kcal/kN*[0] kcal/m*hr*[0]			偏心: 『 [[編]	中央-中央 心の変更	E EX	50,610,57,986,930	

▶図 3.8
 (a) 材料の定義
 (b) 断面の定義



3.トラスの解析

02.4 節点及び要素の生成

02.4.1 **節点の生成**

トラス部材を生成するための節点を生成する.

- メインメニュー [節点/要素] > [節点] > **[節点生成]** 1. 座標 (x, y, z): "**0, 0, 0**" 入力 2. **[適用]**クリック
- 3. 自動フィット,正面(トグルオン)



▶図 3.9 節点の生成



構造力学 | 構造編 |

3. トラスの解析

02.4.2 要素の生成 押し出し機能でトラスの下弦材を生成する.

- メインメニュー「節点/要素]>「要素]>**[押し出し]**
- 1. 押出形式 >「節点→線要素」選択
- 2. 要素タイプ > 「トラス要素」選択
- 3. 材料 > 「1:SM400」選択,
 - 断面 > 「1: B 300×300×12」 選択, β-角度: "0" 入力
- 4. 生成形式 > 「コピー/移動」選択
- 5. コピー/移動>「等間隔」選択
- 6. dx, dy, dz : "6, 0, 0"入力, 回数: "3"入力
- 7. 💽 全て選択
- 8. [適用]クリック



▶図 3.10 下弦材の生成



構造力学 | 構造編 |

3.トラスの解析

下弦材を複製しトラスの上弦材を生成する.

- メインメニュー「節点/要素] > [要素] > [複製/移動]
- 1. モード > 「コピー」 選択
- 2. コピー/移動 > 「等間隔| 選択
 - dx, dy, dz : "0, 0, 8" 入力, 回数: "1" 入力
- 3. 要素番号(トグルオン)
- 4. **1 単一選択で要素 2** 選択
- 5. [適用] クリック



▶⊠ 3.11 上弦材の生成



構造力学 | 構造編 |

3.トラスの解析

斜材及び鉛直材を入力する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > **[要素生成]**
- 1. 要素タイプ > 「トラス要素」選択
- 2. 材料 > 「1:SM400」選択, 断面 > 「1:B 300×300×12」選択
- 3. 交差計算 > 要素 (チェックオフ)
- 4. 節点番号(トグルオン), 要素番号(トグルオフ)
- 5. 構成節点の入力ボックスをクリックし、
- 6. モデルビューで節点1と節点5を順番にクリック
- 7. 続けて,節点(5, 2), (2, 6), (5, 3), (6, 3), (6, 4)を順番にクリック







midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.5 境界条件の入力

3次元での節点は6つの自由度を持つ.しかし,本チュートリアルではX-Z平面の 挙動のみを考慮するため、3つの自由度(Dx, Dz, Ry)が存在する.ピン支点はDx, Dzの 自由度を拘束し、ローラー支点はDz自由度を拘束することで支持条件を設定する.

- メインメニュー「境界条件]>「支持]>**「支持条件]**
- 1. オプション > 「追加」 選択
- 2. 支持形式 > Dx, Dz (チェックオン)
- 3. 📉 単一選択で節点1を選択
- 4. [適用] クリック
- 5. 支持形式 > Dx (チェックオフ)
- 6. **単一選択で節点4**を選択,
- 7. [適用] クリック



▶図 3.13 支持条件の入力

3. トラスの解析

02.6 荷重の入力

02.6.1 荷重条件の節点集中荷重と制作誤差によるプレテンション荷重を入力するため、まず荷重条
件を定義する.

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケースの生成] > [静的荷重ケース]

- 1. 名称: "**節点荷重**"入力,タイプ:「ユーザー定義荷重(USER)」選択
- 2. [追加]クリック
- 3. 名称: "製作誤差"入力,タイプ:「ユーザー定義荷重(USER)」選択
- 4. [追加]クリック
- 5. [閉じる]クリック

名称 ケース タイプ 解説	: 制作課題 全ての荷 ユーザー	整 重ケース 定義荷重 (USER)	
No	名称 節点荷重 製作誤差	タイプ ユーザー定義荷重 (USER) ユーザー定義荷重 (USER)	身28线

▶図 3.14
荷重条件の入力



構造力学|構造編|

3.トラスの解析

02.6.2 荷重の入力

〕 節点2に集中荷重500kNを入力する.

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重タイプ/質量] > [節点荷重]

- 1. 荷重ケース名 > 「**節点荷重**」を選択
- 2. オプション > 「追加」選択
- 3. 節点荷重 > FZ: "-500"入力
- 4. **単一選択**で**節点 2**を選択
- 5. [適用]クリック







midas Civil で学ぶ

構造力学 | 構造編 |

02.6.3 製作誤差の 部材の長さが 5mm 短く製作された場合,実際施工する際に当該部材には引張力が発生する.このような状況を解析モデルに反映するため,部材の製作誤差を荷重に換算し,当該部材にプレテンションとして入力する.

 $P = K\delta = EA/\ell \times \delta = (2.05 \times 10^8 \times 0.01345/10) \times 0.005 = 1378.6 \text{ kN}$

メインメニュー [荷重/温度荷重] > [プレストレス] > **[プレテンション荷重]** 1. 荷重ケース名 > 「**製作誤差**」選択

- 2. オプション > 「追加」選択
- 3. 緊張力 : "1378.6" kN 入力
- 4. **単一選択で部材8**選択
- 5. [適用]クリック



▶図 3.16 プレテンション荷重の入力



構造力学 | 構造編 |

3.トラスの解析

02.6.4 要素の複製

モデル1をコピーしモデル2を生成する.この時、「節点属性のコピー」と「要素 属性のコピー」機能を利用するとモデル1に入力されている荷重および境界条件も 同時にコピーできる.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [複製/移動]
- 1. モード > 「コピー」選択
- 2. コピー/移動 > 「**等間隔**」選択
- dx, dy, dz : "**0, 0, -14**"入力,回数: "**1**"入力
- 3. 節点属性のコピー,要素属性のコピー(チェックオン)
- 4. 💽 全て選択
- 5. [適用]クリック



▶図 3.17 要素の複製



構造力学 | 構造編 |

3. トラスの解析

02.6.5 境界条件のモデル2を外的1次不静定構造物に修正するためローラー支点と設定されている節変更点 10 に x 軸方向の移動変位の自由度(Dx)の拘束を追加し、ヒンジ支点に変更する.

- メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]** 1. 「境界」タブ,支持条件(チェックオン), **[OK]**クリック
- メインメニュー [境界条件] > [支持] > *【支持条件】*
- 1. オプション > 「追加」 選択
- 2. 支持形式 > **Dx**(チェックオン)
- 3. **洋単一選択で節点 10** を選択
- 4. [適用]クリック



▶図 3.18 境界条件の変更



構造力学 | 構造編 |

02.7 構造解析の実行

入力されたモデル1とモデル2に対する構造解析を実行する.

メインメニュー「解析]>「解析実行]> 「解析実行]

Civil は構造図解析モデルの効率的な管理のため、前処理モード(Preprocessing Mode)と後処理モード(Postprocessing Mode)に分けて作業が行えるようになっている.

これはモデルデータが構造解析後、任意に変更されないよう、既存の解析の結果 を保存するためである.

作業状態(前処理モードと後処理モード)はツールバー上にある南京錠の絵が描かれ たアイコンで確認及び切替えができる.

▶⊠ 3.19	CIVI 2015 - [C:MUSersHLecture3PC-04MDesktopWCivil_TutorisisMMdesで構動力学構成様本トラス] - (モデルビュー) 💼 🗃 💥
前・後処理モードの区分	
	制御 能約制御 解的演行

前処理モード

「前処理モード」は幾何情報、部材情報、荷重、境界条件など、構造解析に必要 な解析モデルの情報を入力するモードである.

モデルデータの入力及び修正が可能で、解析が実行されると自動的に後処理モード に転換される.

後処理モード

解析を実行した後に活性化され、解析の結果が存在しない場合は非活性化されて 表示される.

「後処理モード」では解析モデルの反力、変位、部材力、応力などの解析結果に 対する確認や分析作業、または解析結果の報告書の出力が可能である。



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.8 解析結果の確認

02.8.1 **反力の確認** 外的荷重である節点荷重により,外的静定構造物(モデル 1)と外的不静定構造物 (モデル 2)に発生する反力を比較する.

> メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_▼] > [反力/モーメント]
> 1.荷重ケース/組合わせ > 「ST:節点荷重」選択
> 2.反力成分 > 「FXYZ」選択
> 3.表示形式 > 数値, 凡例(チェックオン)
> 4.「数値」の ● をクリック,小数点以下桁数: "3"入力 OK 時に適用(チェックオン), [OK]クリック

5.節点番号(トグルオフ)



モデル2では水平方向(X軸)の反力が発生することが確認できる.





外的静定構造であるモデル1では内的荷重であるプレテンション(製作誤差)による 反力が発生しない半面,外的1次不静定構造であるモデル2ではX軸方向の変位自由 度が拘束されているため水平反力FXが発生する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_v] > [反力/モーメント]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 製作誤差」 選択
- 2. 反力成分 > 「**FXYZ**」選択
- 3. 表示形式 > 数値, 凡例(チェックオン)
- 4. [適用]クリック







構造力学|構造編

3.トラスの解析

02.8.2 **変位及び変形** 節点荷重による変形図を確認する.ここで、DXZ は √DX² + DZ² を意味する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > [変形]
- 1. 荷重ケース/組合せ > 「ST:節点荷重」 選択
- 2. 成分 > 「DXYZ」選択
- 3. 表示形式 > 変形前,数値,凡例(チェックオン)
- 4. 「数値」の Deクリック,小数点以下桁数: "1"入力,指数(チェックオン)
- 5. OK 時に適用 (チェックオン), [OK] クリック



外的不静定構造であるモデル2より外的静定構造であるモデル1で、より大きい変 位が発生することが分かる.





構造力学 | 構造編 |

3.トラスの解析

09.3 部材力

節点荷重により発生する軸力を確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > [トラス要素の断面力]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 節点荷重」 選択
- 2. 断面力フィルター > 「全て」 選択
- 3. 表示形式 > 等高線図,変形,数値,凡例(チェックオン)
- 4. 数値を表示する断面 > 「最大値」 選択
- 5. 「数値」の D をクリック,小数点以下桁数: "1"入力,指数(チェックオフ)
- 6. OK 時に適用(チェックオン), [OK] クリック



ここでは同じ荷重が作用する場合でのモデル1とモデル2の違いが確認できる.

▶図 3.23 節点荷重による軸力



構造力学 | 構造編 |

▶⊠ 3.24

プレテンションによる軸力

3. トラスの解析

プレテンション荷重では外的静定構造物であるモデル1では反力が発生しないため、 支点と連結された部材には軸力が発生しない.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_▼] > [トラス要素の断面力]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 製作誤差」 選択
- 2. 断面力フィルター > 「全て」 選択
- 3. 表示形式 > 等高線図,変形,数値,凡例(チェックオン)
- 4. 数値を表示する断面 > 「最大値」 選択
- 5. [適用]クリック





3. トラスの解析

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算 の解説

03.1.1 モデル10 モデル1は次のような理由により外的には静定,内的には1次不静定構造である.

内的1次不静定

外的不静定の次数 $m_e = n - 3 = 3 - 3 = 0$

内的不静定の次数 $m_i = (3+s+r)-2k = (3+10+0)-2\times6=1$

モデル1は1次不静定構造であるため,部材 BFの部材力を未知数 X₁にし,変形法 を次ように適用できる.

▶式 3.3

$$f_{11}X_1 + D_1 = \Delta_1$$

ここで、 D_1 は部材 BF がない状態(静定構造物)での荷重による BF 間の距離の変化 を意味し、 $f_{11}X_1$ は部材 BF の部材力 X_1 による BF 間の距離の変化を意味する.した がって、製作誤差がなければ Δ_1 はゼロとなるが、製作誤差が 5mm 発生しているため、 Δ_1 は 5mm となる.

図 3.25 は部材 *BF* を切断し、その位置に単位荷重を加えた場合のトラスの部材力 $\{n_i^1\}$ と部材 *BF* がない状態での荷重によるトラスの部材力 $\{N_i\}$ を表したものである。 部材 *BF* がない状態であるため、どちらも静定トラス構造となる。



▶図 3.25(a)



3.トラスの解析



単位荷重法により f_{11} と D_1 を求めると次のようになる.

モデルは次のような理由により,外的・内的1次不静定であるため,全体的には2次不静定構造である.

外的不静定の次数 $m_e = n - 3 = 4 - 3 = 1$ 内的不静定の次数 $m_i = (3 + s + r) - 2k = (3 + 10 + 0) - 2 \times 6 = 1$



モデル2は2次不静定構造であるため、部材 BFの部材力とD点の水平反力をそれ ぞれ X_1 と X_2 にした方程式で表せる.

モデル1と比べ、D点の水平反力が未知数に加わったため、D点の水平反力を除去し、その位置に単位荷重を加えた場合の部材力 $\{n_i^2\}$ は図 3.26 のようになる.



モデル 1 で求めた結果と $\{n_i^2\}$ を用いて単位荷重法を適用すると、次のような結果 が得られる.



midas Civil で学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

1.次のトラス構造物で、各部材の圧縮力及び引張力の発生状況を比べなさい. (材料及び断面はチュートリアルで扱ったモデルと同様)



2. 次のような不静定トラス構造物に節点荷重と製作誤差が発生した場合の各部材の 軸力を求めなさい.(材料及び断面はチュートリアルで扱ったモデルと同様)





4. アーチの 解析

TABLE OF CONTENTS

01 概念の理解

- 01.1 アーチ解析の概念 4-1
- 02 チュートリアル
 - 02.1 モデルの概要 4-4
 - 02.2 作業環境の設定 4-5
 - 02.3 材料及び断面の定義 4-7
 - 02.4 節点及び要素の生成 4-9
 - 02.5 境界条件の入力 4-14
 - 02.6 荷重の入力 4-16
 - 02.7 構造解析の実行 4-20
 - 02.8 解析結果の確認 4-21

03 構造計算の解説

- O3.1 力学的概念の理解及び数値計算 4-24
- 04 練習問題 4-27



4. アーチの解析

01. 概念の理解 01.1 アーチ解析の概念

01.1.1 一般事項 アーチ構造は開口部の上部荷重を支持するため石やレンガなど圧縮に強い部材を曲線状 に積み上げた構造である.

アーチは垂直に作用する外力により両端から中央に向く大きな水平反力が発生し、この 水平反力により各断面での曲げモーメントが減少される.従って、アーチ部材の断面力は 主に軸方向の圧縮力になる.

アーチ橋は長大橋に主に使われ、外観が美しいため単径間橋梁によく使われる.



アーチのスパン(ℓ)に対する高さ(*h*)の比(*h*/ℓ)をスパンライズ比という.スパンライズ 比が小さいとアーチ広がろうとする軸力が大きくなる.一方,スパンライズ比が大きいと 軸力でほとんどの外力に抵抗できるため構造的には安定的ではあるが,要求されるスパン 長さを得るにはアーチのサイズが大きくなるため経済的に非効率的な構造になる.一般的 に,経済性と構造的効率性を同時に考慮したスパンライズ比は約0.3 といわれている.





4. アーチの解析

01.1.2 解析の概念 図 4.2 のように石を積むだけでアーチ構造が作れる理由は、アーチ構造の軸方向で圧縮 応力のみが発生するように設計したからである.図 4.2 は B 点を中心に対象となるアーチ の左側のみを表した図である.図のキーストーンの位置に当たる B 点の下端で引張応力が 発生するとアーチは崩れる.しかし、モーメント M により発生する引張応力が横反力 H に より相殺されれば引張応力が発生しない.このような理由でアーチ構造が荷重に対する抵 抗能力を持つようになるのである.



アーチのA端での横方向の反力Hはアーチが横に広がることを防ぐ役割をする.実際の 構造では図4.3のようにバットレス(Buttress)や引張材のタイ(Tension-tie)が反力Hの 役割をするように設計する.





4. アーチの解析

アーチの中央部B点でのモーメントの釣り合い条件は次のようになる.

▶式 4.1

$$\frac{P}{2} \cdot \frac{\ell}{2} = M + H \cdot h$$

上の式の左項はモーメントを発生させる役割を表し、右項はアーチの荷重に対する抵抗 性能を表す.従って、荷重Pまたはスパン ℓ が大きくなることで増加するモーメントを相 殺するためには水平力Hまたはアーチの高さhが大きくなる必要があることが分かる. アーチの高さhがゼロになるとHもゼロになり、単純梁になる.単純梁がモーメントを 支持するためには部材の断面を大きくする必要があるように、アーチ構造がモーメントを 支持するためにはhを大きくする必要がある.つまり、アーチの形状は構造物が受けるモ ーメント図の形状のようにすることが有効である



4. アーチの解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

アーチの高さ(H)とスパン(ℓ)の比($H:\ell$)がそれぞれ 1:4, 1:5, 1:7 の 3 種類のア ーチ構造物を解析し、変位及び部材力を比較する.



▶ 材料

鋼材:SM490 (弾性係数E = 2.00×10⁸ kN/m²)

▶ 断面

アーチリブ:ボックス断面1,000×1,000×20 mm
 補強桁 :ボックス断面1,000×1,000×20 mm
 ハンガー :H形鋼 500×200×10/16 mm

▶ 荷重

等分布荷重:100.0 kN/m



4. アーチの解析

02.2 作業環境の設定

構造解析のモデリングするため新しいプロジェクトを開きファイルを保存する.

メインメニュー**ジ** >**□***新規プロジェクト...*

メインメニュー 🔍 > 日 保存

1. ファイル名: "アーチ" と入力し, [保存]をクリック

単位系を設定する.

- メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]
- 2. 長さ > 「m」, 力 > 「kN(ton)」を選択
- 3. **[OK]**をクリック

G. Save As 単位系 CIVI_Tutorials , Midasで構造力学 , 構造編 4) 構造編の検索 (2) 力 (質量) 熱量 整理 * 新しいフォルダー a • • 長さ ☆ お気に入り
 ダウンロード
 デスクトップ
 最近表示した様
 ペートラス.mcb
 単純泉.mcb
 ド持ち泉.mcb 模划 🔘 m 🔘 N (kg) 🔘 cal 2015/12/09 19:46 MIDAS/Civil Do... 2015/12/09 16:00 MIDAS/Civil Do... 2015/12/08 17:43 MIDAS/Civil Do... 39 KB 43 KB 41 KB kN (ton) ⊚ cm kcal 🔘 kgf (kg) ΟJ (m) mm こ ライブラリ 🔘 tonf (ton) 1 Equation 1 🔘 ft ⊚kJ 🔘 lbf (lb) ファイル名(N): アーチ.mcb ファイルの種類(T): MIDAS/Civil Files 🔘 kips (kips/g) 🔘 in 🔘 Btu 保存(S) キャンセル 🍙 フォルダーの辨表示 温度 ◎ 摂氏 ◎ 華氏 注意:選択された単位系はがダイアログボックスに表示され ます。数値は単位系と共に変更されません。 ◎ デフォルトの単位系に設定/変更

3 OK

適用

▶図 4.5 ファイルの保存 単位系の設定

キャンセル



構造力学|構造編|

4. アーチの解析

本チュートリアルの解析モデルは平面(X-Z 平面)構造であるため、構造形式を X-Z 平面 内で挙動するように指定する.

メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. [OK]をクリック

▶図 4.6 作業平面の設定	契斯モデルの基本設定 1 構造形式 ③ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束
	 「質量コントロールパラメータ ・集中質量 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
	 ・「非対角質量を考慮 ・ ・
	 □ 自重を質量に変換 ◎ XYZ方向に変換 ○ XY方向に変換 ○ Z方向に変換
	重力加速度: 9.806 m/sec2 初期温度: 0 [C]
	 □ 梁断面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 □ スラブ(プレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 2 0K キャンセル


構造力学|構造編|

4. アーチの解析

02.3 材料及び断面の定義

02.3.1 材料の定義

構造物の材料で SM490 を選択し、各部材ごとの断面を定義する. アーチリブ及び桁はボ ックス断面とし、ハンガーは断面データからH 形鋼を選択する.

メインメニュー [材料/断面] > [材料] > **[材料件性]** 1. **[追加...**]クリック 2. 弾性データ > 「**鉄骨**」選択 3. 規格 >「**JIS-Civil(S)**」選択,種別 > 「**SM490**」 4. **[OK]**クリック

データベースに搭載されている材 料や断面を選択すると名称は 自動で生成される.また、名称 はユーザーが任意で入力するこ ともできる.



Tip

自重の自動計算機能を使用す る場合は比重を入力する.



[OK]ボタンをクリックすると材料 のダイアログボックスが閉じるた め、複数の材料を定義するた めには[適用]ボタンをクリック.

▶図 4.7 材料の定義





構造力学|構造編|

4. アーチの解析

02.3.2 断面の定義 構造解析モデルに使用される断面を定義する.

- 1. **断面**タブをクリック
- 2. [追加...]クリック
- 3. 断面番号:「1」確認,名称:"リブ&桁"入力
- 4. 断面形状 > 「ボックス断面」 選択, 定義方法 > 「ユーザー」 選択
- 5. "H:1, B:1, tw:0.02, tf1:0.02"入力し, [OK] クリック
- 6. [追加...]クリック,断面番号: 「2」を確認
- 7. 断面形状 > 「**I-断面**」選択,定義方法 > 「規格」選択 > 「JIS」選択
- 8. 鋼材リスト > 「H 500×200×10/16」 選択し, [OK] クリック
- 9. [閉じる] クリック





4. アーチの解析



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.4 節点及び要素の生成

02.4.1 節点及び生成 アーチウィザード機能で高さとスパン長さの比が 1:4 のモデル 1 のアーチリブを生成 の生成 する. 梁要素は直線であるため,アーチを入力するためには曲線を複数の直線で分割する.

メインメニュー「ウィザード]>「モデルウィザード]>「基本構造」> [アーチ]

- 1. 入力/編集タブ
- 2. タイプ > 「**放物線**1」, セグメント数: "10"入力 境界条件 > 「なし」, スパン: "50", 高さ: "12.5"
- 3. 材料 > 「1:SM490」,断面 > 「1:リブ&桁」
- 4. **挿入**タブ
- 5. 挿入点 : "0, 0, 0"入力 回転角度 > α : "0", β : "0", γ : "0"入力し, [OK] クリック
- 6. 正面, 自動フィット(トグルオン)



▶図 4.9 アーチウィザード



midas Civilで字ふ 構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析



▶図 4.10 アーチリブの生成



構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

節点を線要素の拡張する押し出し機能を利用しハンガーを生成する.

メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し]

- 1. 縮小表示, 節点番号, アイソメ図(トグルオン)
- 2. 🛐 ウィンドウで選択で節点 2~節点 10 を選択
- 3. 押出形式 >「節点→線要素」選択
- 4. 要素タイプ >「梁要素」選択
- 5. 材料 > 「1:SM490」,断面 > 「2:H 500×200×10/16」, β -角度 > 「90」
- 6. 生成タイプ > 「投影」,投影形式 > 「直線上に投影」 選択
- 7. 規準線の定義 > P1: "0, 0, 0", P2: "50, 0, 0"入力
- 8. 方向 > 「垂直」を選択し、「適用」 クリック
- 9. 自動フィット(トグルオン)







midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

Tip β-角度

β-角度を 90°を入力し、ウェブの軸が橋軸に垂直になるように設定する. β-角度に対 する詳しい内容はマニュアルの「座標系と節点」を参照.

▶図 4.12 β角度

Тір



β角度はトラスや梁, 柱などの 線要素の要素座標系で z 軸の 配置方向を意味する. 正方形でない非定形の断面の 場合, 配置される角度により剛 性が違うため注意して入力する 必要がある.



構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

節点1と節点11の間に補強桁を入力する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [要素生成]
- 1. 縮小表示, 隠線除去表示(トグルオフ), 正面(トグルオン)
- 2. 要素タイプ > 「一般梁/テーパー断面梁要素」選択
- 3. 材料 > 「1:SM490」選択,断面 > 「1:リブ&桁」選択
- 4. 構成節点の入力ボックスをクリックし,
- 5. モデルビューから節点1と節点11を順番にクリック



▶図 4.13 補強桁の入力

4. アーチの解析



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.5 境界条件の入力

モデル1の左側の支点(節点1)にはDx,Dz自由度を拘束しピン支持条件を入力し, 右側の支点(節点11)にはDz自由度を拘束しローラー支持条件を入力する.

メインメニュー [境界条件] > [支持] > [支持条件]

- 1. 支持形式 > **Dx**, **Dz** (チェックオン)
- 2. **単一選択で節点1**を選択
- 3. [適用] クリック
- 4. 支持形式 > Dx (チェックオフ)
- 5. 🏋 単一選択で節点 11 を選択
- 6. [適用] クリック







構造力学|構造編|

4. アーチの解析

ハンガーの両端部にヒンジ(梁端部モーメントを解除)条件を入力する.

- メインメニュー「境界条件]>「端部結合]> [端部結合条件]
- 1. 節点番号(トグルオフ), 要素番号(トグルオン)
- 2. 🔄 ウィンドウで選択で, 要素 19~要素 11 を選択

(右下から左上へドラックすると交差する全ての要素が選択できる)

- 3. 一般形式と部材固定 > [ピンーピン] クリック
- 4. [適用]クリック







midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

02.6 荷重の入力

02.6.1 荷重条件の 荷重を入力するため、まず入力する荷重の種類(荷重条件)を定義する.

定義

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケース生成] > [静的荷重ケース]

- 1. 名称:"**等分布荷重**"入力
- 2. タイプ > 「**ユーザー定義荷重(USER)**」選択
- 3. [追加]クリック
- 4. [閉じる] クリック

静的荷重ケース			1	3
名称 : ケース :	<u>事気神何里</u> 全ての荷重ケーフ			 修正 (M)
タイプ :	ユーザー定義荷加	fe (USER)	2	肖/ƙ (D)
丹 年言尤 :				7771
No ▶ 1 等	名称 分布荷重 ユー	タイブ ザー定義荷重 (USER)		角半言兑
*				
				(4)

▶図 4.16 荷重条件の定義



構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

02.6.2 荷重の入力 アーチの補強桁に等分布荷重 100 kN/m を入力する.

- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [梁要素荷重] > [要素]
- 1. 荷重ケース名 > 「等分布荷重」,オプション > 「追加」 選択
- 2. 荷重タイプ >「等分布荷重」, 方向 >「グローバルZ」選択
- 3. 数值 > 「相対值」 選択
- 4. 「x1 : 0, w : -100, x2 : 1」入力
- 5. **回 ウィンドウで選択**で補強桁(要素 20~要素 29)を選択し, [適用] クリック (左上から右下へドラッグするとウィンドウ内に入る要素のみ選択できる)

▶図 4.17 等分布荷重の入力





構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

02.6.3 要素の複製 モデル1をコピーしモデル2とモデル3を生成する.この時、モデル1に入力されてい る荷重と境界条件を同時にコピーする.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [移動/複製]
- 1. モード > 「コピー」 選択
- 2. 移動/コピー >「**等間隔**」
- dx, dy, dz : "0, 0, -15"入力, 回数 > "2"入力
- 3. 節点属性のコピー,要素属性のコピー(チェックオン)
- 4. 要素番号 (トグルオフ), 💽 全て選択クリック
- 5. [適用] クリック



▶図 4.18 要素の複製



構造力学|構造編|

4. アーチの解析

02.6.4 モデルの修正	複製したアーチ (モデル2, モデル3)の高さを修正する.
Tip // 記号はプログラム内では'÷' を意味する。	メインメニュー [節点/要素] > [節点] > <i>[スケール]</i> 1. 節点番号 (トグルオン) 2. 倍率 > sfx : "1.0", sfy : "1.0", sfz : "4/5"入力 3. 基準点 > 「指定」選択 > "25, 0, -15"入力
	 ④択タイプ > 「選択による」 選択 ⑤
	7. 基準点 > 「 指定 」選択 > "25, 0, -30"入力 8. 選択タイプ > 「 選択による 」選択
	9. 🛐 ウィンドウで選択で、節点 42~節点 50 を選択し、[適用] クリック



▶図 4.19 モデルの修正



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

02.7 構造解析の実行

構造解析モデリングが完了したら構造解析を実行する.

メインメニュー [解析] > [解析実行] > [解析実行]



▶図 4.20 解析正常終了のメッセージ



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 変位及び変形 まず変形図を確認する. ここで、 $DXZ は \sqrt{DX^2 + DZ^2}$ を計算した値である.

メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > [変位等高線]

- 1. 節点番号 (トグルオフ)
- 2. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:等分布荷重」 選択
- 3. 変位成分 > 「DXZ」選択
- 4. 表示形式 > 等高線図,変形,数値,凡例(チェックオン)
- 5. [適用] クリック
- 6. ステータスバーで長さ単位を「mm」に変換



結果から、アーチの高さが低いほどたわみが大きくなることが分かる.同じ部材を使用 した場合、アーチの高さの減少は剛性の減少を意味する.

▶図 4.21 変形の結果



構造力学|構造編|

4. アーチの解析

02.8.2 部材力
 等分布荷重による軸力を確認する.
 メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_▼] > [梁要素の断面力図]
 1. 荷重ケース/組合わせ > [ST: 等分布荷重」選択
 2. 断面力の成分 > [Fx] 選択

- 3. 表示形式 > **等高線図**, 数値, 凡例 (チェックオン)
- 4. [適用]クリック



アーチの高さが低いほど補強桁とアーチリブに発生する軸力が増加することが分かる.

▶図 4.22 軸力の結果



構造力学|構造編|

4. アーチの解析

等分布荷重による曲げモーメントを確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力•] > [梁要素の断面力図]
- 1. ステータスバーで長さ単位を「m」に変換
 - 2. 断面力の成分 > 「My」 選択
 - 3. [適用] クリック



アーチの高さが低いほど補強桁とアーチリブに作用する曲げモーメントの絶対値が大き くなり、アーチリブと補強桁が交差する隅角部の曲げモーメントは減少することが確認で きる

▶図 4.23 モーメントの結果



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

4. アーチの解析

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算 の解説



モデル1はアーチの形状をしているが、全体的な挙動は単純梁の場合と同じく、アーチ の形状はモーメント図に似ている。長方形の線部材である梁において大きいモーメントを 受ける部分の断面の寸法を大きく設計するとモーメントに対する抵抗性能を向上できるよ うに、アーチ構造自体も中央部での高さが最も高く、端部に近づくにつれ低くなる形状に なっている。

モデル1のようなアーチ構造でのモーメントは上弦材であるアーチリブと下弦材の隅力 により抵抗される. すなわち,下弦材の引張力(または上弦材の圧縮力)とアーチの高さ との積は当該位置での抵抗モーメントとなる.

次の表は図 4.24 に示す部材番号と各部材が受ける軸力 (N) , せん断力 (V) , モーメ ント (M) などをまとめたものである.



構造力学|構造編|

▶表 4.1

4. アーチの解析

部材番号	N (kN)	V (kN)	M (kN·m)
24	2496.743	_	-64. 784
5	-2509.24	_	105. 495
20	_	310. 204	_
11	433. 461	_	_
12	505.076	_	_
13	501.131	-	-
14	500.052	_	_
15	500. 150	-	_

アーチの中央部でのモーメントと部材力との関係を検討するため、等分布荷重を受ける 単純張りを想定して考えると、中央部の C 点でのモーメント M_o と A 点での反力 R_A は次 のように計算できる.

$$M_o = \frac{\omega \ell^2}{8} = \frac{100 \times 50^2}{8} = 31,250 \text{ kN} \cdot \text{m}$$
$$R_A = \frac{\omega \ell}{2} = \frac{100 \times 50}{2} = 2,500 \text{ kN}$$

アーチ構造でモーメント*M*。は上弦材と下弦材間の隅力により抵抗される.従って、 モーメント*M*。をアーチの中央部の高さで割ると次のようになる.

$$N = \frac{M_o}{h} = \frac{31,250}{12.5} = 2,500 \text{ kN}$$

ここで得られた軸力がアーチの解析値(部材番号 24 及び 5 の軸力)と異なる理由は, 部材番号 5 のアーチリブと部材番号 24 の補強桁のモーメントを受けているからである. 従って,これらの部材に作用するモーメントを考慮すると,部材番号 24 に作用する軸力 と同じ軸力が得られる.

$$N = \frac{M_o - M_5 - M_{24}}{h} = 2,496.743 \text{ kN}$$

4 - 25



4. アーチの解析

また上弦材である5番部材の軸力を横方向の分力で換算しても同じ軸力が得られる.

支点 A での反力は 20 番部材のせん断力とハンガー(部材 11~15)の軸力を足すことで 計算でき、単純梁の反力と一致することが分かる.

$$R_A = V_{20} + N_{11} + N_{12} + N_{13} + N_{14} + \frac{N_{15}}{2} = 2,500 \text{ kN}$$

以上のような分析により、アーチは圧縮力を通して力を伝達し、モーメント図のような 形状で作用する荷重を支持することが確認できる.



4. アーチの解析

構造力学|構造編|

04. 練習問題

下図のようなアーチ構造でアーチリブと補強桁の剛性の違いが構造物の挙動に及ぼす影響を分析しなさい. (材料はチュートリアルで扱ったモデルと同様)

- 1) アーチリブ: ボックス断面- 1000×1000×20 mm ボックス断面- 1500×1500×20 mm
 - ボックス断面- 2000×2000×20 mm
- 2) 補強桁 : ボックス断面-1000×1000×20 mm
 - ボックス断面- 1500×1500×20 mm
 - ボックス断面- 2000×2000×20 mm
- 3) ハンガー : H形鋼 500×200×10/16 mm







midas Civil で学ぶ 構造力学 |構造編 |

5. 連続梁の 解析

TABLE OF CONTENTS

01	概念の理解
----	-------

- 01.1 連続梁の概念 5-1
- 02 チュートリアル
 - 02.1 モデルの概要 5-4
 - 02.2 作業環境の設定 5-5
 - 02.3 材料及び断面の定義 5-7
 - 02.4 節点及び要素の生成 5-8
 - 02.5 境界条件の入力 5-10
 - 02.6 荷重の入力 5-11
 - 02.7 構造解析の実行 5-16
 - 02.8 解析結果の確認 5-17

03 構造計算の解説

- O3.1 力学的概念の理解及び
数値計算5-23
- 04 練習問題 5-27



midas Civilで学ぶ **構造力学**|構造編|

5. 連続梁の解析

01. 概念の理解

01.1 連続梁の概念

01.1.1 一般事項

▶写真 5.1 単純梁及び連続梁 単純梁が連続的につながっている構造物が連続梁である.



連続梁は、反力、すなわち未知数の数は力の釣り合い条件の数より多いため不静定構造 となる.

静定梁の反力は力の釣り合い条件式で求められるが、不静定構造である連続梁では力の 釣り合い条件だけでは反力が求められらないため変形の適合条件などの追加条件を使用し なければならない.

01.1.2 解析の概念連続梁の構造的挙動は隣接部材の曲げ剛性の影響を受ける図 5.1 のような 3 スパン連続
梁で部材 BC でのモーメントの分布は隣接している部材 AB と部材 CD の曲げ剛性の特性
により変わる.

部材 BC が単純なら、両端(B端とC端)でのモーメントがゼロとなるが、隣接部材に より端部モーメント($M_B \ge M_C$)が発生する.モーメント $M_B \ge M_C$ の大きさは部材 AB と部材 CD の曲げ剛性により変わる.A端の回転に拘束された部材 AB の剛性が D端 の回転が拘束されていない部材 CD の剛性より大きいため M_B が M_C より大きくなる.



構造力学|構造編|

連続梁の解析



境界条件による剛性を表した図 5.2 から分かるように、左端に単位回転角を発生させるのに必要なモーメント M_1 , M_2 , M_3 , M_4 は右端の条件により変わる. 図 5.2(a)は右端が固定端で、図 5.2(b)は右端がヒンジである. 図 5.2(c)は右端に同一の回転角 (1)が発生し逆対称の形状に変形したもので、図 5.2(d)は右端に反対方向の回転角(-1)が発生し対称形状に変形したものである. その結果、剛性の大きさは 5.2(c) (6*EI*/ ℓ), 5.2(a) (4*EI*/ ℓ), 5. 2(b) (3*EI*/ ℓ), そして 5.2(d) (2*EI*/ ℓ)の順になる.

図 5.2(a)が図 5.1 の部材 AB にあたり,図 5.2(b)が図 5.1 の部材 CD にあたる.



構造力学 構造編

(a)

(b)

(c)

連続梁の解析

 $0.5 M_{1}$

 M_{3}

 M_1 ▶⊠ 5.2 $M_1 = \frac{4EI}{\ell} \quad M_1 \quad \bigwedge_{\theta=1}^{\bullet} H_{\theta=1}$ M_{2} $M_2 = \frac{3EI}{\ell} \quad M_2$ M_{3} $M_3 = \frac{6EI}{\ell} \quad M_3$ $\theta = 1$



不静定構造の解法には剛性法(stiffness method),たわみ性法(flexibility method), モーメント分配法(moment distribution method), 有限要素法 (finite element method) など様々な方法があるが、全て図 5.2 と同じ原理に基づいている. それぞれの方法の特性 が異なるため、与えられた問題の条件により適切な方法を選択することが望ましい. ここではモーメント分配法とたわみ性法を使用し構造解析を行った例を挙げている. 特にモーメント分配法は簡単な構造物に対し簡単で直観的に適用できる方法であるため、 構造物の特性を理解するのに有効な方法である.



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

5. 連続梁の解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

連続梁とゲルバー梁で等分布荷重と温度荷重(上下面の温度差)に対する反力,変位及 び部材力を比較する.



- ▶ 材料: SM490 (溶接構造用鋼材,最低引張強度 490 MPa)
- ▶ 断面:ボックス型断面 400×200×12 mm
- ▶ 荷重:1.等分布荷重:9.8 kN/m

2. 温度荷重: ΔT = 5 °C (上下面の温度差)

5. 連続梁の解析



midas Civilで学ぶ

構造力学 | 構造編 |

02.2 作業環境の設定

構造解析のモデリングを開始するため,新しいプロジェクトを開きファイル を保存する.

メインメニュー区 > > 新規プロジェクト... メインメニュー 💽 >日 保存 1. ファイル名: "連続梁" と入力し, [保存] をクリック

単位系を設定する.

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]

- 2. 長さ > 「m」, 力 > 「kN(ton)」を選択
- 3. **[OK]**をクリック

C Saue As 単位系 ○○○□ · Civil_Tutorials , Midesで構造力学 , 構造編 2 長さ 力 (質量) 熱量 整理 - 新しいフォルダー H · 0 8.0 美新日時 85 () m N (kg) 🔘 cal ▲ お店に入り
 ▲ ダウンロード
 ■ デスクトップ
 ● 新江表示した場評
 ● 新谷支梁.mcb
 2015/12/11 17:44
 MIDAS/CIVII Do...

 2015/12/09 19:46
 MIDAS/CIVII Do...

 2015/12/09 16:00
 MIDAS/CIVII Do...

 2015/12/08 17:43
 MIDAS/CIVII Do...
 84 KB 39 KB 43 KB 41 KB ⊚ kN (ton) ⊙cm 🔘 kcal 🔿 kef (ke) 🔘 mm 🔘 J 🍞 ライブラリ 🔘 tonf (ton) 1 F#2X2F 🔘 ft 🔘 kJ ○ lbf (lb) ファイル名(N): 連続梁.mcb 🔘 in 🔘 kips (kips/g) 🔘 Btu ファイルの種類(T): MIDAS/Civil Files (*.mcb) 温度 保存(S) キャンセル ● フォルダーの非表示 ◎ 摂氏 ◎ 華氏 注意:選択された単位系はがダイアログボックスに表示され ます。数値は単位系と共に変更されません。

3)

OK

▶図 5.4 ファイルの保存 単位系の設定

キャンセル

適用



構造力学|構造編|

連続梁の解析

解析モデルは平面(X-Z平面)構造であるため,構造形式を X-Z平面内で挙動するように指定する.

- メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > **[基本設定]**
- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. [OK]をクリック

	 ・ 報析モデルの基本設定 ・ ・ ・
▶図 5.5 作業平面の設定	◎ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束
	質量コントロールパラメータ
	 ● 集中質量 □ 非対角質量を考慮
	 「刺激体数を求める時の回転間がキモードの考慮 コンシステント質量
	 □ 自重を質量に変換 ◎ XYZ方向に変換 ○ XY方向に変換 ○ Z方向に変換
	重力加速度: 9806 m/sec2 初期温度: 0 [C]
	 □ 梁斯面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 □ スラブ(プレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。
	2 OK キャンセル

連続梁の解析



midas Civilで学ぶ

構造力学 | 構造編 |

02.3 材料及び断面の定義

連続梁の材料は鋼材 SM490(日本標準規格)を選択し断面を定義する.

メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]

- 1. [追加...]クリック,弾性データ > 「鋼材」 選択
- 2. 鉄骨 > 規格 > 「JIS-Civil(S)」選択,種別 > 「SM490」選択, [OK] クリック
- 3. 断面タブ
- (追加...]クリック、断面形状リスト >「ボックス断面」選択 断面定義の方法 >「規格」選択 >「JIS」選択
- 5. 鋼材リスト > 「B 400×200×12」 選択
- 6. [OK]クリック, [閉じる]クリック

国データ			13 断面データ				
一般 林秋秋日 1	名称	SM490	規格/ユー	ザー 値入力 SP4	組立材 P	○ │テーパー断面	5 合成 鋼材
917-3 917 該用	• 試冊 規格 種的	JIS-Civil(S) SM498	 5 断面番 3 名称 	号 1 B 400×200×12	 ボックス断 ユーザー (● 	面)規格 JIS	•
村料の5-17 ● 著方社 ○	エングリー 現格 直交具方性 種別	JARAS		5 1011	調材リスト	B 400x200x1 ロビルトアップ	12 👻
87-97 2011:(52)	2.0000e+000 kN/m2			1112	平 山川川州·	JIS2K	Ţ
* アソン比 :	0.3			c	鋼材リスト		T
48.883茶(乐教)	1.2000e-005 1/[C]						
比重	77 kN/m3			. 2	Н	0.4 r	n
日常景密度:	7.852 kN/m3/g				В	0.2 r	n
日エックトー				Z 4	tw	0.012 r	n
弹性(系数 :	0.0000e+000 kN/m2			e⊷γ	tf 1	0.012 r	n
ポアソン比 :	0				C	0 r	n
ARABISA(WEY :	0.0000e+000 1/[C]			┍━━┩	tf2	U r	n
比重	0 kN/m3		4	+ 0			
□貧量密度:	0 kN/m3/g						
望住データ							
整性材料名	NONE 🔻						
防压缚					🗹 U AB	h変形を考慮する	
HURA	0 kcal/kN*(C	1	偏心:	中央-中央			
熱伝導率	0 kcal/m#hr#	(c)		偏心の変更			
減衰比:	0 2				6		
	ОК	キャンセル 通用(A		断面性能表示)K キャンt	2ル 通用(A



▶図 5.6 材料の定義 断面の定義

規格に搭載されている材料を選 択すると材料の基本物性値 (弾性係数,ボアソン比,熱 膨張係数,比重)が自動的に 入力される.



構造力学 | 構造編 |

5. 連続梁の解析

02.4 節点及び要素の生成

02.4.1 節点の生成

連続梁を生成するためまず節点を入力する. 節点は要素の開始点と終了点,荷重と境界 条件などが入力される位置,また解析結果を確認する位置などに生成する.

メインメニュー [節点/要素] > [節点] > **[節点生成]** 1. 座標 (x, y, z) : "0, 0, 0"入力 2. **[適用]**クリック 3. 自動フィット,正面(トグルオン)







構造力学|構造編|

5. 連続梁の解析

02.4.2 **要素の生成** 節点を線要素に拡張する押し出し機能で連続梁を生成する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し]
- 1. 押出形式 >「節点→線要素」選択
- 2. 要素タイプ > 「梁要素」 選択
- 3. 材料 > 「1:SM490」選択, 断面 > 「1:B 400×200×12」選択, β角度: "0"入力
- 4. 生成形式 > 「コピー/移動」選択
- 5. コピー/移動 >「任意間隔」選択
- 6. 軸 >「x」選択, 距離: "305/3, 8010/8, 305/3"入力
- 7. 💽 全て選択クリック
- 8. [適用]クリック



▶図 5.8 要素の生成

5. 連続梁の解析



midas Civilで学ぶ

構造力学|構造編|

02.5 境界条件の入力

ピン支持の条件はDx, Dzの自由度を拘束し、ローラー支持条件はDzの自由度のみ拘束する.

- メインメニュー [境界条件] > [支持] > [支持条件]
- 1. 節点番号(トグルオン)
- 2. 支持形式 > Dx, Dz(チェックオン)
- 3. 🟋 単一選択で節点4を選択し, [適用] クリック
- 4. 支持形式 > **Dx** (チェックオフ)
- 5. 🟋 単一選択で節点1, 12, 15 を選択し, [適用] クリック



▶図 5.9 支点条件の入力



構造力学 | 構造編 |

連続梁の解析

02.6 荷重入力

02.6.1 荷重条件の 等分布荷重と温度荷重を入力するため、荷重条件を先に定義する.

定義

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケースの生成] > [静的荷重ケース]

- 1. 名称 : "**等分布荷重**"入力
- 2. タイプ > 「ユーザー定義荷重 (USER)」 選択, [追加] クリック
- 3. 名称 : "**温度荷重**"入力
- 4. タイプ > 「ユーザー定義荷重 (USER)」選択, [追加] クリック
- 5. [閉じる]クリック

方- 万-	-ス -ス	· 全ての荷 · 「ユーザーラ	重ケース	▼ 修正(M
解	۶ R	: . <u></u>		
	No	名称	9/J	角罕言兑
-	2	寺方布何里 温度荷重	ユーサー定義何重 (USER) ユーザー定義荷重 (USER)	
Æ				

▶図 5.10
荷重条件の定義



構造力学 | 構造編 |

連続梁の解析

- メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]** 1. 「荷重」タブで、荷重値(チェックオン)、「OK] クリック
- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [梁要素荷重] > [要素]
- 1. 隠線除去表示, 節点番号(トグルオフ)
- 2. 荷重ケース名 > 「等分布荷重」
- 3. 荷重タイプ > 「等分布荷重」
- 4. 方向 > 「グローバルZ」
- 5. 値入力 > x1: "0", w: "-9.8", x2: "1"入力
- 6. 💽 全て選択をクリック
- 7. [適用] クリック



▶図 5.11 等分布荷重の入力


構造力学 | 構造編 |

連続梁の解析

02.6.3 温度荷重の 連続梁の上下面の温度差 (ΔT = 5 ℃) を入力する. 温度差が入力されると, 要素の材
 入力 料情報に定義されている線膨張係数を参照し温度差により梁断面に発生する応力が荷重として考慮される.

メインメニュー [荷重/温度荷重] > [温度荷重] > [温度な配荷重]

- 1. 💽 全て選択クリック
- 2. 荷重ケース名 > 「**温度荷重**」 選択
- 3. タイプ >「梁要素」選択
- 4. 勾配 > T2z-T1z : "5"入力
- 5. [適用] クリック



▶図 5.12 温度荷重の入力



構造力学 | 構造編 |

連続梁の解析

02.6.4 要素の複製 連続梁(モデル1)を複製し、ゲルバー梁(モデル2、モデル3)を生成する. このとき、連続梁(モデル1)に入力されている荷重及び境界条件を同時に複製するため、

メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]**

1. 「境界」タブで、支持条件(チェックオン)、[OK]クリック

メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [移動/複製]

節点属性のコピー及び要素属性のコピー機能を適用する.

- 1. 💽 全て選択クリック
- 2. モード > 「コピー」 選択
- 3. コピー/移動 >「等間隔」選択

dx, dy, dz:"0, 0, -5"入力, 回数:"2"入力

- 4. 節点属性のコピー, 要素属性のコピー (チェックオン)
- 5. [適用] クリック

/vil 3015 - [C:#Users#Lecture]PC-04#Desktop#Civil_Tutorials#Midesで構造力学#構造構¥遺標Q *] - [モデルビュー] - - -1011 DA.W.S. @'EI 1 114401 Hi <-- 2 EIH: MA 12 18 18 78 78 Emithi/Hab . 日 開始書句 新成書句 -41 2 €-F @ 3C-(0) -30-/64h 3 dudydz E.E.-5 2 0 1000 110305 117 1 (10/10/04/05/05/ MILLEN MILLENCE B EFAL2-5 シッリーメニュー N · n · 一 今日) non · 2 回

▶図 5.13 要素の複製



構造力学 | 構造編 |

5. 連続梁の解析

02.6.5 **ゲルバー梁の** ゲルバー梁を生成するため、複製された連続梁に内部ヒンジ条件を追加する. ヒンジ条 **支点条件の入力** 件は梁要素の端部結合条件をピンにすることで適用できる.

メインメニュー [境界条件] > [端部結合] > [端部結合条件]

- 1. 要素番号 (トグルオン)
- 2. 11 単一選択で要素 19, 23, 33 を選択
- 3. 一般形式と部分固定 > [固定-ピン] クリック

(i-節点 > My, Mz (チェックオフ), j-節点 > My, Mz (チェックオン) 確認)

4. [適用]クリック



▶図 5.14 ゲルバー梁の支点入力

Тір

梁要素を生成する際, 先に指 定した節点が i-節点, 後で指 定した節点が j-節点となり、こ れにより座標系が決定される.

[ディスプレイ]の要素タブで要素座標軸をチェックオンすると画面で確認できる.



構造力学|構造編|

連続梁の解析

02.7 構造解析の実行

連続梁とゲルバー梁の荷重,境界条件の入力が終わったら,構造解析を実行する.

- メインメニュー [解析] > [解析実行] > [解析実行]
- 1. 要素番号(トグルオフ)
- 2. メッセージウィンドウで解析正常終了のメッセージを確認





構造力学 | 構造編 |

5. 連続梁の解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 反力 等分布荷重により連続梁及びゲルバー梁に発生する反力を比較する.

メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]**

「境界」タブで、支持条件(チェックオフ)、
 梁要素の端部結合条件一記号(チェックオン)、[OK]クリック

メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_▼] > *[反力/モーメント]* 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 等分布荷重」選択,反力成分 > 「FXYZ」選択 2. 表示形式 > 数値,凡例 (チェックオン),[OK]クリック



▶図 5.16 等分布荷重による反力の結果

対称構造物であるモデル1と2では反力も対称に発生し、モデル3では張出し梁の短い 部分に大きい反力が発生する.



IIIIuas Civile 7 M

構造力学|構造編|

連続梁の解析

等分布荷重による反力をテーブルで確認する.

- メインメニュー [結果] > [テーブル] > [結果テーブル、] > [反力]
- 1. 荷重ケース/組合わせの選択 > 等分布荷重(ST) (チェックオン)
- 2. **[OK]**クリック

節点	/要素		ja ja	奇重ケース/組合わせの選	択 1			
_]	57	26 5	2転 以前	7 善分布荷重(ST)	$ \rightarrow $			
Mode		1to45		//////////////////////////////////////				
11000		100.10						
選扣	尺タイプ							
要	素タイプ		▼ 追加					
15	ス要素							
深語	要素		自防法					
一板	即応力要来 事素		「恋面」					
平	前ひずみ要素	MAR CONTRACTOR						
- 1983	同杯要素		▼ 交差					
				(2			
					Z have been			
				(1)	5-52 197 1.			
					AND CIV			
					LAND III			
	節点	荷重	FX	FY	FZ	MX	MY (http://www.statu	MZ
	節点	荷重	FX (kN)	FY (kN)	FZ (KN)	MX (kN*m)	MY (kN*m)	MZ (kN*
•	節点 1	荷重 等分布荷	FX (kN) 0.000000	FY (kN) 0.000000	FZ (kN) 10.749251	MX (kN*m) 0.000000	MY (kN*m) 0.000000	M2 (kN*
•	節点 1 4	荷重 等分布荷 等分布荷	FX (kN) 0.000000 0.000000	FY (44) 0.000000 0.000000	FZ (kN) 10.749251 87.250749	MX (kN*m) 0.000000	MY (kV*m) 0000000	MZ (kN* 0.00
•	節点 1 4 12	荷	FX (kN) 0.000000 0.000000 0.000000	FY (kN) 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (kN) 10.749251 87.250749 87.250749	MX (kN*m) 0.000000 0.000000	MY (kV*m) 0.000000 0.000000 0.000000	MZ (kN* 0.00 0.00
•	節点 1 4 12 15	荷	FX (kN) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (kN) 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (kN) 10.749251 87.250749 87.250749 10.749251	MX (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (kN* 0.00 0.00 0.00
•	節点 1 4 12 15 16	荷 重 等分布荷 等分布荷荷 等分布荷荷	FX (kN) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (4N) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (kN) 10743251 87250743 87250743 10743251 6125000	MX (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MZ (kN* 0.00 0.00 0.00 0.00
•	節点 1 4 12 15 16 19	荷 重 等分布荷荷 等分布布荷荷荷荷荷荷	FX (44) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (44) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (44) 10749251 87250749 87250749 87250749 10749251 6125000 91875000 91875000	MX (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (kl)* 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
•	節点 1 4 12 15 16 19 27	荷重 等分布布荷荷荷荷荷荷荷荷荷	FX (4N) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (4N) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (4N) 10749251 87250749 87250749 87250749 10749251 6125000 91875000 91875000	MX (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (kl)* 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
•	節点 1 4 12 15 16 19 27 30	荷 等等等等等等等等等等等等等等等等等等等分分分布布布布布布布布布布布布布布布布	FX (4N) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (44) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (4N) 10749251 87250749 87250749 10749251 6125000 91875000 91875000 6125000 6125000	MX (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (kV)* 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.
•	節点 1 4 12 15 16 19 27 30 31	荷 劳务分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分	FX (4N) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (44) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (4N) 10749251 87250749 87250749 10749251 6125000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000	MX (4V*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (4V*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (kN* 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
•	節点 1 4 12 15 16 19 27 30 31 31 34	荷 	FX (343) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (4V) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ 04V) 10749251 87250749 87250749 87250749 10749251 6125000 91875000 91875000 91875000 91875000 6125000 4590376 96478872 96478872	MX (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M (k1)* 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.
•	前点 1 4 1 12 15 16 19 27 300 31 31 34 42	荷 务务分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分分	FX (kN) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (44) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (44) 10749251 87250749 10749251 87250749 10749251 6125000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91970020	MX (4N*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kNFm) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (k1)* 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.
•	節点 1 4 12 15 5 16 19 27 30 31 34 42 45	有 等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等	FX (44) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY (44) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (44) 10749251 87250749 87250749 87250749 87250749 10749251 6125000 6125000 6125000 6125000 61250076 96478872 84201820 10728872	MX (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kN*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	300 300 300 300 300 300 300 300
	節点 1 4 12 15 16 19 9 27 30 31 31 34 42 45	荷 等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等	FX 000000 000000 000000 000000 000000 0000	FY (44) 0.0000000 0.000000 0.0000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.0000000 0.00000000	FZ 040 10749251 87250749 87250749 87250749 10749251 6125000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 919700 1072872 7009707	MX (4NFm) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (44¥m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (kN+ 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.
	節点 1 4 122 15 16 6 19 27 30 31 31 34 42 45	有 等等等等等等等等等等等等等等等 分分分分分分分分分分不不不不不不不 有 着 着 着 着 着 着 着 着 着 等 等 等 等 等 等 等 等 等 等	FX (kii) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FY 940 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ (04) 10749251 87250749 87250749 87250749 87250749 87250749 81275000 91875000 91875000 91875000 91875000 91875000 10728872 10728872 10728872	MX (kN+m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (kNFm) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MZ (4)¥ 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.
	節点 1 4 12 15 16 6 19 27 30 31 34 42 45	等等等等等等等等等等等等等等 等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等等	FX 0.000000	FY 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	FZ FZ FZ 10749251 87250749 10749251 87250749 10749251 6155000 5185000 51875000 51875000 51875000 51875000 10728872 7095701- FZ (94)	MX (4NFm) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	MY (4N*m) 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000 0.000000	M2 (kN# 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.

載荷された外的荷重の総和と反力の総和を比較することで構造物のモデリング及び荷重 の入力が適切であるかが確認できる.

本チュートリアルで載荷された荷重は全体座標系のZ軸方向で9.8 kN/m×20 m×3=588 kN で、テーブルのZ軸方向の反力(FZ)の総和と一致していることが分かる.

▶図 5.17 フィルタリングダイアログ

▶図 5.18 反力の結果テーブル



構造力学|構造編|

連続梁の解析

温度荷重による構造物の反力を比較してみると外的静定構造物であるモデル2 では反力 は発生しないが、不静定構造物であるモデル1 とモデル3 では垂直反力が発生することが 確認できる.

「**モデルビュー**」タブをクリック

メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_▼] > **[反力/モーメント]** 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 温度荷重」選択,反力成分 > 「FXYZ」選択 2. 表示形式 > **数値, 凡例**(チェックオン), **[0K]**クリック



▶図 5.19 温度荷重による反力



構造力学 | 構造編 |

連続梁の解析

02.8.2 変位及び変形 温度荷重による変形図を確認する.ここで、 $DXZ は \sqrt{DX^2 + DZ^2}$ を意味する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形_▼] > **[変形図]** 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:温度荷重」 選択
- 2. 成分 > 「DXYZ」選択
- 3. 表示形式 > 変形前, 凡例 (チェックオン)
- 4. [適用]クリック

189 1889年11日 1889年11日 1897年1日日 1997年1日日日 1997年1日日日 1997年1日日 1997年1日日 1997年1日日 1997年1日日 1997年11 1997年11 1997 11 1997 11 1997 11 1997 11 1997 11 1997 11 1997 11 1997 11 1997 11 199			
	■IH モデル1 δ=-2.297E-	-04	(CLUI) (CEESSER 5 SHAPE 5 SHAPE 6 000€+001 702€-001 702€-001 670€+001
	モデル2 δ=-1.406E-0)3	
	モデル3 δ=-1.762E-	03	12 4/2015 -758)
CALL CONTRACTOR OF THE	te [() 相關(約2)] 	rt#2797#84#-3852	

連続梁(モデル1)の場合はたわみが最も小さく、ゲルバー梁では静定構造物(モデル2)より1次不静定構造物(モデル3)でより大きいたわみが発生することが確認できる.

▶図 5.20 温度荷重による変位



構造力学 | 構造編 |

5. 連続梁の解析

02.8.3 部材力 等分布荷重による構造物の曲げモーメントを確認する.

メインメニュー [表示] > 「ディスプレイ] > [ディスプレイ]

1. 「境界」タブで、支持条件(チェックオン)、[OK]クリック

メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_▼] > [梁要素の断面力図]

- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 等分布荷重」 選択
- 2. 断面力の成分 > 「My」 選択
- 3. ディスプレイオプション > 倍率: "2.0"入力, 「塗りつぶしなし」 選択
- 4. 表示形式 > 等高線図,数値,凡例(チェックオン)
- 5. [適用]クリック



ゲルバー梁(モデル 2)の場合,連続梁(モデル 1)に比べ中央スパンで発生する曲げ モーメントが減少し,支点部の曲げモーメントが増加していることが分かる.内部ヒンジ を1つ持つゲルバー梁(モデル 3)ではヒンジ部分の曲げモーメントはモデル 2 に近い曲 げモーメントが,ヒンジのない部分はモデル1に近い曲げモーメントが確認できる.

等分布荷重による曲げモーメン トの結果

▶⊠ 5.21



構造力学|構造編|

5. 連続梁の解析

温度荷重による構造物の曲げモーメントを確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_▼] > **[梁要素の断面力図]**
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 温度荷重」 選択
- 2. [適用] クリック



前述した温度荷重による変形では、モデル2が両側の張出し梁と中央部の 単純梁としてそれぞれが独立して挙動することが確認できた.

従って、内的荷重による変形を拘束しないため温度変化による部材力は発生 しない.



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

5. 連続梁の解析

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算

の解説 03.1.1 モデル1

3 スパン連続 2 次不静定の計算 モデル1は中心を基準に対称であるため片方の半分を対象にモーメント分配法が適用で きる.A端がヒンジ(ローラー)であるため部材 AB の剛性は3*EI*/ℓで, B 点と C 点の回 転角が対称(同じ大きさで反対方向)な形で発生するため,部材 BC の剛性は2*EI*/ℓとな る.したがって,2つの部材の剛性,分配率及び固定端モーメントは次のようになる.

▶図 5.23 モーメントの分配



$$K_{BA} = \frac{3EI}{\ell} = \frac{3EI}{5}, \qquad K_{BC} = \frac{2EI}{\ell} = \frac{2EI}{10} = \frac{EI}{5}$$
$$D_{BA} = \frac{K_{BA}}{K_{BA} + K_{BC}} = \frac{3}{3+1} = 0.75, \quad D_{BC} = \frac{K_{BC}}{K_{BA} + K_{BC}} = \frac{1}{3+1} = 0.25$$
$$M_{BA}^{F} = \frac{1}{8}\omega\ell^{2} = \frac{25}{8}\omega = 30.625, \qquad M_{BC}^{F} = -\frac{1}{12}\omega\ell^{2} = -\frac{100}{12}\omega = -81.667$$

また、モーメント分配法を適用するとB点のモーメントが以下のように求められる.

モーメント分配法 節点 A 筋点 B 0.75 分配率 1.0 0.25 0 30.625 -81.667 固定端モーメント 38.282 12.761 解除モーメントの分配モーメント 0 到達モーメント (伝達率=0.5) 0 0 0 68.907 0 -68.907 結果モーメント

分配モーメント: 解除モーメントが分配率 (剛比) により分配されるモーメント

解除モーメント:当該節点の固定端モーメントの総和がゼロになるようにするモーメント

B 点の解除モーメントは,

$$-(M_{BA} + M_{BC}) \cdot D_{BA} = 38.282 , -(M_{BA} + M_{BC}) \cdot D_{BC} = 12.761$$

到達モーメント: 連接する端部で発生するモーメントにより伝わってきたモーメント (図5.2(a))

▶表 5.1 モーメント分配法による計算結果



構造力学|構造編|

連続梁の解析

A 点での固定端モーメントがゼロである理由は、A 点がヒンジである状況を反映しB 点の固定端モーメントを算定したためであり、節点A と節点B で到達モーメントがゼロになる理由はそれ以上モーメントを分配する必要がないためである.





連続梁の解析

構造力学|構造編|

▶⊠ 5.27

変形法

03.1.3 モデル3 は不静定構造の解法の中で、変形法(または、単位荷重法)を適用して解析で
 3 スパン連続
 きる. C 点のモーメント M_c を未知数にし変形法を適用すると以下の図のように表せる.
 1 次不静定の計算



図 5.27(a), (b)は C 点にヒンジを挿入し荷重を適用した状態で構造解析を行った場合で, (c), (d)はヒンジを挿入した C 点の単位モーメントを加えた場合を示したものである.



5. 連続梁の解析

これらの構造は追加されたヒンジにより静定構造物となったため力の釣り合い条件だけで上記のような構造解析が可能となる.しかし実際はヒンジは存在しないため、次のように未知数*M*_cに対する適合条件 (compatibility condition)を満たさなければならない.

$$\theta(m) \cdot M_c + \theta(M) = 0$$

ここで、 $\theta(m)$ は C 点に単位モーメントを作用させた場合の C 点の回転角であり、 $\theta(M)$ は荷重が作用する場合の C 点の回転角である.上式は C 点が連続端であるため、 折れ曲がらないことを意味する.従って、変形法を適用すると M_c が求められる.

$$\theta(m) = \frac{1}{EI} \int_0^5 (-0.067x)^2 dx + \frac{1}{EI} \int_0^{10} (-0.333 + 0.1333x)^2 dx + \frac{1}{EI} \int_0^5 (1 - 0.2x)^2 dx = \frac{4.4467}{EI}$$

$$\theta(M) = \frac{1}{EI} \int_0^5 (-4.9x^2) (-0.067x) dx + \frac{1}{EI} \int_0^{10} (-122.5 + 61.25x - 4.9x^2) (-0.333 + 0.1333x) dx$$

$$+ \frac{1}{EI} \int_0^5 (24.5x - 4.9x^2) (1 - 0.2x) dx = \frac{306.5052}{EI}$$

$$\frac{4.4467}{EI}M_c + \frac{306.5052}{EI} = 0$$
$$M_c = -68.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



▶図 5.27 変形法によるモーメント計算の結果

5. 連続梁の解析



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

下図のように同じスパン長さの単純梁と、ゲルバー梁、連続梁及び支点部に剛性補強を 施した梁が順番に正モーメントが減少し、負モーメントが増加することを示しなさい.





midas Civil で学ぶ 構造力学 |構造編|

6. フレーム 解析

TABLE OF CONTENTS

01	概念の理解

01.1 フレーム解析の概念 6-1

02 チュートリアル

6-5 O2.1 モデルの概要 6-7 02.2 作業環境の設定 02.3 材料及び断面の定義 6-9 6-10 02.4 節点及び要素の生成 02.5 境界条件の入力 6-13 6-14 02.6 荷重の入力 6-19 O2.7 構造解析の実行 6-20 02.8 解析結果の確認

03 構造計算の解説

- O3.1 力学的概念の理解及び

 数値計算
 6-25
- 04 練習問題 6-31

6. フレーム解析



構造力学 | 構造編 |

01. 概念の理解

01.1 フレーム解析の概念

01.1.1 一般事項

部材同士が剛接合されている構造をフレーム (Frame または, Rigid frame) またはラー メン (Rahmen) という.

一般的には柱と梁が剛接合されている骨組みのことを指し、節点につながっている部材 から他の部材に曲げモーメント、せん断力及び軸力が伝達される.



構造物を力学的に分類すると,静定フレーム構造,合成フレーム構造,長方形フレーム 構造,異形フレーム構造,壁式フレーム造などと分けられる.

長方形フレーム構造はオフィス、学校、病院などの定型的な構造物で主に適用され、異 形フレーム構造は架設構造物、競技場、体育館、造形物などの非定形的な構造物に主に適 用される.壁式フレーム構造は剛性の大きい壁とスラブから構成されるラーメン橋梁や、 集合住宅などでもよく見られる.

▶写真 6.1 フレーム構造



構造力学 | 構造編 |



また、不静定フレームは外力を受け構造体が変形しても各節点の角度は変わらないこと を前提とする. すなわち、変形後の剛節での角度は変形前と同じく 90°を保つと仮定す る.





6. フレーム解析

01.1.2 解析の概念 フレーム構造は単純梁、片持ち梁、または連続梁などのと同じ概念で理解できる.フレーム構造は単純梁や連続梁と同様、線部材であるが2次元または3次元に連結された構造である.フレームのすべての要素はそれぞれ要素座標系を持つ.一般的に、節点 i と節点 j を連結する方向がx 軸方向で、x 軸に垂直な方向がz軸、そして右手の法則によりy 軸 が定まる.従って、線部材を連結して2次元または3次元空間に配列させたものではある が、そのほかの事項に関しては今までの構造物と大きく違わない.



フレーム構造での不静定次数の判別法はトラス構造で用いた方法が適用でき,不静定構造に対する解析法においても同様である.解析の結果を表す場合,反力は全体座標系を,部材力は要素座標系に従うのが一般的である.要素座標系のx, y, z方向の移動変位をu, v, wで表し,x, y, z軸廻りの回転を $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ と表した場合,全体座標系の X-Z 平面にある2次元のフレームの変形及び断面の軸は次の図のように表せる.



(a)

フレーム部材に要素座標系z方向の荷重が作用するとx軸に垂直な方向に変形(w)が 発生する. そして曲げモーメントは y 軸を回転する方向になるため、断面の軸も図 6.4 (b)のような方向を持つ.

フレームは図6.5のような方式で鉛直力と水平力に対し抵抗する.





6. フレーム解析

02.1 モデルの概要

02. チュートリアル

$\omega = 20 \text{ kN/m}$ $\omega = 20 \text{ kN/m}$ ▶⊠ 6.6 解析モデル $P_1 = 35 \text{ kN}$ (a) モデル1 (a) モデル 2 4.5 m 4.5 m Z $\rightarrow x$ ----4.5 m 4.5 m 777 4.5 m 4.5 m TTA

下図のような簡単なフレーム構造に対し、部材力とたわみの形状を確認する.

▶ 材料

コンクリート: Fc24 (弾性係数 E = 2.5791×10⁷ kN/m²)

▶ 断面

断面積:5×10⁻⁴ m² 断面2次モーメント(Iyy):6×10⁻³ m⁴

- ▶ 荷重
 - 1. モデル上部の梁に等分布荷重20 kN/m を載荷
 - 2. 柱上部に(+)X 方向に集中荷重 35 kN を載荷



構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

解析モデルは、すべての部材が剛接合されているモデル1と要素の中央にヒンジが設置 されたモデル2の2種類で、これらの解析結果を比較することで、ヒンジの有無による 部材力と変形形状の違いを確認する.





6. フレーム解析

02.2 作業環境の設定

構造解析のモデリングを開始するため、新しいプロジェクトを開きファイルを保存する.

メインメニュー 💷 > 🗋 *新規プロジェクト...*

メインメニュー 💷 > 日 保存

1. ファイル名: "フレーム" と入力し[保存]をクリック

単位系を設定する.

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]

- 2. 長さ > 「m」, 力 > 「kN(ton)」を選択
- 3. [OK]をクリック

808 - BCL L17-L1 H					巨文	- カ (智母)	勅母
104 * MICVIDA105	-		2		TAC	/」(真重/	*C.#
🚖 お気に入り	名削	更新日時	種類	サイズ	(a) m	○ N (ke)	C cal
#ウンロード	G ₽-≠.mcb	2015/12/11 17:44	MIDAS/Civil Do	84 KB		011 (116)	0 odi
■ デスクトップ	🕼 トラス.mcb	2015/12/09 19:46	MIDAS/Civil Do	39 KB		💿 kN (ton)	@ l
1 最近表示した場7	G 単托梁.mcb	2015/12/09 16:00	MIDAS/Civil Do	43 KB	Cm Cm		S KCa
1	Gi 片持ち梁.mcb	2015/12/08 17:43	MIDAS/Civil Do	41 KB		🔘 kef (ke)	
📷 ライブラリ	La 建振業.mcb	2015/12/14 20:16	MIDAS/CIVII Do	65 KB	to mm	Charles (them)	O J
■ ドキュメント						tonr (ton)	
ビクチャ ・ ・					🔘 ft	○ Ibf (Ib)	🔘 kJ
1						(10)	
274706(N). 20-2	2.1160				🔘 in	🔘 kips (kips/g)	💿 Btu
ファイルの種類(T): [MIDAS/	(Civil Files (*.mcb)			•]			
CARD TRACERS AND CONTRACTOR				and the second se			
 フォルダーの非表示 			stif(2)	FRIGI			
					(a) +8 m ²	0.000	
					715d 🥑	◎ 華氏	
					(十	いた単位ではポガノフロガナ	いわつにまデ
					/土息・進払く	対応と半辺木はからイアロクル 単活素にサロ本面をわませ	1992人にません。
					~ 9 ~ 5XIE(3	(半田木(六に変更の)はど。	nuo

3

OK

▶図 6.8 ファイルの保存 単位系の設定

キャンセル

適用



構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

X-Z 平面の構造物を簡単にモデリングするため、X-Z 平面をユーザー座標系(UCS) x-y 平面に定義する.

メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > **[基本設定]**

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. **[OK]**をクリック

メインメニュー [ウィザード] > [UCS/Plan] > [UCS_▼] > **[X-Z 平面]** 3. 座標 > 原点: "0, 0, 0"入力,回転角度 > 角度: "0"入力

4. **[OK]**クリック

▶図 6.9 (a) 作業平面の設定 (b) ユーザー座標系(USC)の	W近モデルの基本設定 1 備道形式 ◎ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束
設定	 管量コントロールパラメータ ・集中質量 ま対角質量を考慮 ・単該(係数を求める時の回転間(本モードの考慮 コンシステント質量
Tip 節点及び部材間隔が均一なモ ジュールである場合には、UCS	□ 自重を質量に変換 ⑥ XYZ方向に変換 XY方向に変換 Z方向に変換 重力加速度: 9.806 m/sec2
座標系を設定するとより作業が 簡単になる.	 アノチリュール 0 [0] マメ助面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 スラブ(ブレート)助面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 2 OK キャンセル
	ユーザー座欄系の設定-(モデルビュー) 登録甲面 現UCSからUCSを設定 登録UCS X-Y甲面 X-Z甲面 Y-Z甲海 3点 3角度 厚痕: 0.00 m 回販角度 角度: 0 ① 全[deg] 「「」 「「」 」 「」 UCS面を7/5-(7 4 連用(A) 間UCS(C)



構造力学|構诰編|

6. フレーム解析

02.3 材料及び断面の定義

解析モデルに使用される構造部材の材料及び断面を入力する.

- メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]
 1. [追加...]クリック,タイプ > 「コンクリート」選択
 2. コンクリート > 「JIS(RC)」,種別 > 「Fc24」選択
 3. [OK] クリック
 4. 断面タブをクリック, [追加...]クリック,
 5. 「値入力」タブをクリック
 6. 断面形状 > 「直方形」選択,名称: "Sec"入力
 7. H: "0.001", B: "0.001", Area: "5e+2", Ivy: "6e-3"入力
 - 8. [OK]クリック, [閉じる]クリック



▶図 6.10材料の定義断面の定義

Tip

接入力する.

プログラムでは断面サイズを入

力すると自動的に断面剛性を

計算する、本チュートリアルでは

断面剛性を無視し, 剛性を直



midas Civilで学ぶ **構造力学** | 構造編 |

6. フレーム解析

02.4 節点及び要素の生成

UCS 座標を活用し、節点と梁要素を同時に生成する.

メインメニュー [表示] > [グリッド/スナップ] > [グリッド•] > 「点グリッド] > [スナップ_v] > [点]

点グリッドと点スナップを活用すると 画面上で直接節点の生成と要素の 1. 節点番号, 要素番号, 自動フィット, 正面(トグルオン) 生成が簡単に行える.

置の座標が画面下に出力される.

Tip

点スナップモードをオンにしてマウスを メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [要素] ス

- モデルビュー上で動かすとマウスの位 2. 要素タイプ > 「一般梁/テーパー断面梁要素」 選択
 - 3. 材料 > 「Fc24」選択, 断面 > 「1: Sec」選択
 - 4. 構成節点の入力ボックスをクリックし、モデルビューで (U:0,0,0), (U:0,9,0) 座標を順番にクリック

Deegoo -	11/10/0	Civil 2015 - [4	CHUsersWLectury	e3PC-04+Deskto	p#Ovil_Tutorials	sWHidesで構造力学	「4県急援4フレーム」+「モラ	90K2-1	0 0
		707	7 87094		↓ 707<7反日	E OCLOCS - 田ドサド・ 四スナップ・ のひてしたたり	7427U4 243	1 1008 · 10840 1 1008 · 10840 1 1008 · 10880 1 1008 · 10880 1 1008 · 10880 1 1088 · 10880 1 1088 · 10880 1 1088 · 10880 1 1088 · 10880 1 10880 1 1088 · 10880 1 1088 · 10880 1 1088	並べて表示 注べて表示 (表示 行20人気)
J-XII- XX	11-4-14-0511 K	-		10 1 10 10 +	- 12 100 1 22				
10 ER 107 HB 75	Hi 4-2	IIII III				P			
						I	J (0, 9, 0)		
						C 0	(.).).)		
R### 2 . 2						S × 7			8 11 5 152 3
##917						9.0.0			
一般之/ケーバー新語は善意・									
F _ Ref.									
information and the						3 3 3			
y Ni									
NI						-			
						51 S S			2 18 8 822
						8 2 3			S N S 53(:
(3)									a a a a a a
						1.21 1.21			
1 (1.Fe24 • 🕞									
8									
l Line e 🕞						(M)			
660m#						4	U (0, 0, 0)		
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0						+ X2	(0, 0, 0)		
• ited (4)	B EFAKa-								
12 202	メッセージウィンドウ								
02	自動採存得飽により、プロジ	エクトを保存しま	T.						
ARA (BOAG)									
TOTAL MILES TR	ob	. Carlos	,					-	
STATE STATE	statetel/2326x98+	V www.yee-2	1.				11	La contration de la ferra	

▶⊠ 6.11 柱の生成



6. フレーム解析

スナップ設定をそのままにし、画面下のUCS 座標を確認しながら、(U:9,0,0)、 (U:9,9,0)と(U:0,9,0),(U:9,9,0)を順番に指定し部材2と部材3を生成する.



▶⊠ 6.12 柱,梁の生成

除される.

Tip



構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

生成された部材の中央にヒンジを入力するため、分割機能で部材 1, 2, 3 を 2 等分する. (ヒンジはモデル 2 に入力する.)

1. 点グリッド, 点スナップ (トグルオフ)

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [分割]
- 1. 分割 > 要素タイプ > 「骨組」 選択
 - >「**等間隔**」選択
- 2. 分割数x: "2"入力
- 3. 🜔 全て選択をクリック
- 4. [適用]クリック

▶図 6.13 要素の分割

	Over 2015 - [C-RUsersRuectureCPC-04H	Desktop#Civil_Tutorisis#Midesで構造力事+構造が 者が Bit 時間 明会 ツール	【*フレーム *] - [モデルビュー]	- 8 X
	日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本日本	Constant and a second and		 本年に当べて表示 新潟に当べて表示 新潟になる素 ウイクパウス素
	€7A/2	3 7 3 7		
92,0445 <u>999-925-</u> Feireg, pros R	- \ (## 5 03 /	16.55,0,95 16.55,0,95		* *



6. フレーム解析

02.5 境界条件の入力

柱の下端に固定端の支持条件を入力する.

- メインメニュー [境界条件] > [支持] > [支持条件]
- 1. 支持形式(節点座標系) > Dx, Dz, Ry (チェックオン)
- 2. 🟋 単一選択で節点1, 節点3を選択
- 3. [適用] クリック



「TIP 境界条件を表す六角形の記号 は右上の三角形から時計回り に、節点座標系(節点座標系 が定義されていない場合は全 体座標系)X 軸変位自由度 (Dx),Y軸変位自由度, Z 軸変位自由度,そして、X, Y,Z 軸に対する回転自由度 を意味する.





構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

02.6 荷重の入力

02.6.1 荷重条件の 荷重を入力するために、まず荷重条件を定義する.

定義

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケースの生成] > [静的荷重ケース]

- 1. 名称 : "**等分布荷重**"入力
- 2. タイプ > 「ユーザー定義荷重 (USER)」選択, [追加] クリック
- 3. 名称 : **"節点荷重"**入力
- 4. タイプ > 「ユーザー定義荷重 (USER)」 選択, [追加] クリック
- 5. [閉じる]クリック

ケー タイ	ス ブ	: 全ての荷詰	重ケース 2義荷重 (USER)	 ● 修正 ● 前路 	E(<u>M</u>) €(D)
解卻	R.	:			
	No	名称	タイプ	角罕言兑	
•	1	等分布荷重 前点荷重	ユーザー定義荷重 (USER) ユーザー定義荷重 (USER)		
	21		2	59 	





構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

02.6.2 荷重の入力 梁の上部に等分布荷重を入力する.

メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]** 1. 「荷重」タブで,荷重値(チェックオン),**[0K**]クリック

Тір

要素を選択するとモデルビューの 上部の要素選択の入力欄に要 素番号が出力される.

- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [梁要素荷重] > [要素]
- 1. 🏋 単一選択で, 部材3と部材6を選択
- 2. 荷重ケース名 > 「等分布荷重」 選択
- 3. 荷重タイプ > 「**等分布荷重**」 選択
- 4. 方向 > 「グローバルZ」選択
- 5. 值入力 > x1: "0", w: "-20", x2: "1"入力
- 6. [適用]クリック



▶図 6.16 等分布荷重の入力



構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

柱の上端に節点荷重を入力する.

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重タイプ/質量] > [節点荷重]

1. 🐩 単一選択で節点2と節点4をクリック

- 2. 荷重ケース名 > 「**節点荷重**」を選択
- 3. オプション >「追加」選択
- 4. 節点荷重 > FX : "35"入力
- 5. [適用]クリック



▶図 6.17 節点荷重の入力

Tip

節点を選択するとモデルビューの

上部の節点選択の入力欄に節 点番号が出力される.



構造力学|構造編|

6. フレーム解析

剛接合のみで部材が接合されているモデルと、3 つのヒンジが使用されたモデルを比較 02.6.3 要素の複製 するため、今までモデリングしたモデルを複製する.

メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [複製/移動] 1. モード > 「コピー」 選択 節点(要素)属性のコピーは元 2. コピー/移動 > 「等間隔」選択, dx, dy, dz > "12, 0, 0"入力, 回数 > "1"入力 のモデルに入力されているデータ 3. **節点属性のコピー**, 要素属性のコピー(チェックオン) も同時に複製するオプションであ

- 4. 🕑 全て選択をクリック
 - 5. [適用]クリック

▶⊠ 6.18 モデル2の生成

() Tip

る.

		Civil 2015 - [C:WUM	ersikLecture3PC-04#Desk	co#Civil_Tutonals#Mic	asで構造力学+構造構+	フレーム*)+(モデル	H2-]		- 8	H
	+ 2ラー 氏 2.2ケール は 部件7	日 -ブル 野商生成 ()			×88 ☆ ○86 ほ 2 二	HANG RAN	1111日 日本 1111日日本 1111日日年 11111日日年 11111日日年 11111日日年 11111日日年 11111日日年 11111日日年 11111日日年 1111日日年 11111日日年 1111日日年 1111日日年 11111日日年 111111月月111111月1111111111			
(2111 4 0 2 1	1144011	10.00	#1103	, (13) (14) (14)						
ワリーメニュー * × 第点 第二条	ポペース	目目的							205	201
##IEB/540 ·										00
8.699	2	3	7 6	4	12	9	13	12	14	Ē
t-i 1										0.0
9.22-400 0 64000 32'-/1640									-	
dv.dv.dz 12, 1, 1 m										00
	5				9				ai	00
CRE										1
100 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	-			2	-					9
100/07A										
#####C##分 0 1 1 回回 ######C##分 0 1 1 回回				-						
#209099: 1 1000 00004099	<u>FIN</u>			3	P				μo	
図 要求期性の2ビー										
	Aut-socolo	-	_	_	_	_	_	_		
5										*
										-
タスクペイン ジリーメニュー	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	e-9 (##X30-9 /				1.0				
For Help, press P1			GLI 01-6-725	,1.102,0	Gr 46.725, 0; 1.102	iN • n	· OEF non	• E 📑 I	2/ 2 📷	



構造力学 | 構造編 |

02.6.4 内部ヒンジの モデル2に内部ヒンジを入力する.

入力

1. 節点番号 (トグルオフ)

2. 1 単一選択で部材7,8,9を選択

メインメニュー [境界条件] > [端部結合] > [端部結合条件]

Тір

[ピン-ピン]などのボタンは部材の i 端と j 端の支点条件を意味し, i と j 端の区分は部材の左右の節 点番号の内, 前の番号が i 端と なる.

^{法右の節} 3. 一般形式と部分固定 > **[固定-ピン]**クリック ^{が i 端と} 4. **[適用]**クリック



000000		Civil 2015 - [C:WUsersHLectur	#3PC-04#Desktop#Civil_Tutorial	sWidesで構造力学+構造構+フレーム	*]-[モデルビュー]	- 8	x
	111.11日 周ノ(ネ支持・ ンテグラル福ノ(ネ支持 損				Banaske Trepanjer Banaske Trepanjer Banaske Trepanjer	ロ へいブ ー・・・ 使用テーブル	-
	1144011	- 05ク 国家			208 0 0 0	テーブル	
100-x11	Hi *	EIH					00
2820405458/* • 16875-78 7788* • -	-	3	6	2	9	31 F	00
オプション ・ 追加/実更 ① 秋静 一般形式と部分開始							40, 21
Ring Wert			67.	10		=	1001000
5471 • 44918 0 (83.7) +86.8 +86.8 Fx 0 1 0 1							
fr 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0 m 0			~				343
	A BERNHY						I
4	X+t-2012F3		_		_		3
920%4> 99-823-	>> <u> </u>	-9 (BRX:0-5 /	These			-	


6. フレーム解析

02.7 構造解析の実行

解析モデルの部材の生成と荷重及び境界条件の入力が終わったら構造解析を実行する.

メインメニュー [解析] > [解析実行] > **[解析実行]** 1. メッセージウィンドウで解析正常終了のメッセージを確認



▶図 6.20 解析の正常終了のメッセージ



構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 変付及び変形 重力方向の荷重(等分布荷重)による構造物の変形を確認する.

- 1. 節点番号, 要素番号(トグルオフ)
- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > [変形図]
- 2. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 等分布荷重」 選択
- 3. 成分 > 「**DXYZ**」選択
- 4. 表示形式 > 変形前 (チェックオン)
- 5. 変形の をクリック, 変形の表示形式 > 「なめらか」 選択
- 6. OK 時に適用 (チェックオン), [OK] クリック



モデル2では梁中央のヒンジ点で大きい変形が発生し、片持ち梁に近い挙動を示すこと が分かる

▶図 6.21 等分布荷重による変形の結果



6. フレーム解析

水平力(節点荷重)による構造物の変形図を確認する.

- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 節点荷重」 選択
- 2. 変形の をクリック,変形図の 倍率: "2.0"入力
- 3. **[OK]**クリック



モデル2で中央のヒンジを基準に変形形状が急激に変化することが分かる. ヒンジ下部の柱では上部の水平荷重がせん断力として伝わり,回転自由度に対し上部の柱を拘束できない. したがって,ヒンジ下部は固定された柱,そして上部は自由端を持つ柱が水平力を受ける場合と同じ変形を示す.





6. フレーム解析

重力方向の荷重(等分布荷重)による構造物のせん断力図を確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_▼] > [梁要素の断面力図]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 等分布荷重」 選択
- 2. 断面力の成分 > 「Fz」 選択
- 3. ディスプリオプション 〉 倍率 〉 "2"入力
- 4. 表示形式 > 数値 (チェックオン)
- 5. [適用] クリック

		Civil 2015 - [C:#UsersWLec	ture3PC-044Desi	top#Ovil_Tutor	laisxMidesで構造力学#	構造編=フレーム]+[モデルビ	a-]	- 8
2 表示 ウィザード 副血液素	1714.05面 电开车中		PC INSIS	8 1911	評価 懸台 ツー	n.	10.0	0 ALT
		上モード形式・ 日日ード成果社 した定式パウトル創作品業 日日には 日日です	4868. 4868. 40688. 40688.	と、時刻間の高 と、時刻間の高 に、ステージス 日日 日日 日日 日日 日日 日日 日日 日日 日日 日	EMAR・ EMグラフ/デキスト・ デップの電気グラフ ISBN100 ISBN1		ト日 チキスト リスト出た 当力 2013年1月1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1日1	日本 相関デーブル テーブル
-x== 0 x		Read St.	. 100 (24.0464	Prove Party				
力 全形 副細力 応力学	后 ~~ ス	III 1 Hh						
2要本の新最力回 ・ - 1)							
問重ケース/雑合わせ ST: 第分布問重 ● □ 20707 ● 回泉大/泉小田			90.0	11			90.0	-
■面力は成分 部分 Total ・		-90.0				-90.0		
O Fx O Mx O Fy € Fx O Fy O Mx O Nx O Nx	-15.0			1111150	45.0			45.0
5-027-177200 3				B			E	_
14.03crt2:0 8400 13crt2:8 6 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1								
	-15.0			111454	45.0			45.0
	B							
RIELA TONIE	1							
	B EFAKa-							
State State	メッセージウィンドウ							
5	取力の組み取り中・ 実位結果の組み取り中 塗費用の解析結果の通	時34755 - 8月034755 み取り中 - 8月034755						
	34.99.90 (1.207) (2.9	Politicitati - Bag Segt						
DATE MILENTER	>>	a Canadan d I				lkc.		
lining access of	and a second second	P A MODEL P A	11 14 16 5 6	-	0.165.0.0	IN ala	-100 GP (P) GP (P)	101 × / 2 ml

▶図 6.23 等分布荷重によるせん断力図

02.8.2 部材力

モデル2では、梁で作用する荷重により柱の上端で発生した曲げモーメント202.5 kN m は柱のヒンジに45(=202.5/4.5) kN のせん断力を誘発する.

ここで、 '4.5' はヒンジ支点上部の柱の長さである.



▶⊠ 6.24

ト図

6. フレーム解析

重力方向の荷重(等分布荷重)による曲げモーメントを確認する.

- メインメニュー「結果]>「結果]>「断面力▼]>「梁要素の断面力図]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 等分布荷重」 選択
- 断面力の成分 >「**My**」選択
- 3. ディスプリオプション > 倍率 > "1.0"入力
- > 数値 (チェックオン) 4. 表示形式
- 5. 数値を表示する断面 > 最小/最大(チェックオン)
- 6. [適用] クリック



モデル2の梁は中央のヒンジ支点により片持ち梁のような曲げモーメント分布を示すこ とが分かる.



構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析

水平力による曲げモーメントを確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力▼] > [梁要素の断面力図]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 節点荷重」 選択
- 2. 断面力の成分 > 「My」選択
- 3. [適用] クリック



▶図 6.25 水平力による曲げモーメント図



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

03. 構造計算

6. フレーム解析

03.1 力学的概念の理解及び数値計算

<水平力が作用する場合>

03.1.1 モデル1 水平力が作用する場合

の解説

モデル1は3次不静定構造であるため、変形法を使用すると未知数が3つになり数値計算 をするためには適切ではない.しかし対称性を利用しながら自由度を未知数としてモーメ ント分配法を適用すると未知数の数が1つに絞られる.水平力が作用する場合、モデル1 は下図の(a)のように逆対称の形状で変形する.従って、B点とC点の回転を固定したまま 水平力を加えると(b)のように変形し固定端モーメントM_Fが発生する.



実際の構造物は節点 B と節点 C の回転拘束がされていないため、モーメント分配法を 適用し拘束を解除することができる.この場合、逆対称を考慮し柱と梁の剛比を計算する と次のようになり、柱と梁のモーメント分配率はそれぞれ0.4 と0.6 になる.

▶式 6.1
$$k_{BA}$$
(他端固定) = $\frac{4EI}{\ell}$, k_{BC} (他端逆対称) = $\frac{6EI}{\ell}$



構造力学|構造編|

る.

6. フレーム解析

モーメント分配法を適用すると次のようになり、これは Civil による解析結果と一致す

▶表 6.1

モーメント分配法	節点A	節	点B
分配率	1.0	0.4	0.6
固定端モーメント	M_{F}	M_{F}	0
解除モーメントの分配モーメ ント	0	M_{F}	M _F
到達モーメント(伝達率=0.5)	M_{F}	0	0
結果モーメント	M_{F}	M_{F}	M_{F}
分配モーメント: 解除モーメントが分離	記率(剛比)により)分配されるモーメン	<u>Դ</u>

解除モーメント:当該節点の固定端モーメントの総和がゼロになるようにするモーメント 到達モーメント:連接する端部で発生するモーメントにより伝わってきたモーメント

M_Fは下式のように、横方向の力の釣り合い条件から算定できる.

▶ \exists 6.2 $70 = 2 \times \frac{0.6M_F + 0.8M_F}{\ell} = \frac{2.8M_F}{\ell}, M_F = 225 \text{ kN} \cdot \text{m}$

数値計算の結果とCivil による解析結果が一致する.





B 点と C 点の回転を固定した状態で垂直荷重を加えると(b)のように変形し固定端モーメ ントM_gが発生する.



▶式 6.3

場合

$$M_F = \frac{\omega \ell^2}{12} = 135 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

実際の構造物は節点 B と節点 C の回転が拘束されていないため、モーメント分配法を適用することで拘束が解除できる.この時、対称性を考慮し柱と梁の剛比を計算すると次のようになり、柱と梁のモーメント分配率はそれぞれ、2/3 と 1/3 になる.

$$k_{BA}$$
 (他端固定) = $\frac{4EI}{\ell}$, k_{BC} (他端逆対称) = $\frac{2EI}{\ell}$

モーメント分配法を適用すると次のようになり、これはCivil による解析結果と一致す

3).			
	モーメント分配法	節点A	ĵ	節点B
	分配率	1.0	2/3	1/3
	固定端モーメント	0	0	-135
	解除モーメントの分配モーメ ント	0	90	45
	到達モーメント(伝達率=0.5)	45	0	0
	結果モーメント	45	90	-90

▶表 6.2

▶式 6.4



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

6. フレーム解析



03.1.3 モデル 2

 (ペ水平力が作用する場合>
 モデル 2 は反力が 6 つあるため、6 つの方程式が必要となる. しかし力の釣り合い条件による式3 つに、E、F、G 点のモーメントが0 となる条件式3 つができるため、追加の条件を必要としない静定構造物である. 従って、以下のように6 つの式で解析が可能である.

 $\sum F_{X} = 0: H_{A} + H_{D} - 70 = 0$ $\sum F_{Y} = 0: V_{A} + V_{D} = 0$ $\sum M_{D} = 0: -M_{A} - M_{D} - 9V_{D} + 35 \times 9 + 35 \times 9 = 0$ $M_{E} = 0: 4.5H_{A} - M_{A} = 0$ $M_{G} = 0: 4.5H_{D} - M_{D} = 0$ $M_{F} = 0: 9H_{D} - 4.5V_{D} - M_{D} = 0$





6. フレーム解析

<垂直荷重が作用する場合>

 $\sum F_{X} = 0: H_{A} + H_{D} = 0$ $\sum F_{Y} = 0: V_{A} + V_{D} = 20 \times 9$ $\sum M = 0: M_{A} + M_{D} + 9V_{D} - 20 \times 9 \times 4.5 = 0$ $M_{E} = 0: -4.5H_{A} + M_{A} = 0$ $M_{G} = 0: -4.5H_{D} + M_{D} = 0$ $M_{F} = 0: -9H_{D} + 4.5V_{D} + M_{D} - 20 \times 4.5 \times \frac{4.5}{2} = 0$



6. フレーム解析



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

次の骨組みに対し、せん断力、曲げモーメント、軸力のダイアグラムをそれ ぞれ作成し、たわみ形状を示しなさい.



- ▶ 材料:コンクリート(圧縮強度24 MPa)
- ≻ 断面

形状:正方形 寸法:B×H 0.5 × 0.5 m

▶ 荷重

等分布荷重:1.5 kN/m 節点荷重:65 kN



midas Civil で学ぶ 構造力学 |構造編|

7. 傾斜支点 を持つ フレーム 解析

TABLE OF CONTENTS

01 概念の理解

- 01.1 傾斜支点解析の概念 7-1
- 02 チュートリアル

02.1 モデルの概要	7-3
02.2 作業環境の設定	7-4
02.3 材料及び断面の定義	7-6
02.4 節点及び要素の生成	7-7
02.5 境界条件の入力	7-11
02.6 荷重の入力	7-12
02.7 構造解析の実行	7-17
02.8 解析結果の確認	7-18

03 構造計算の解説

- O3.1 力学的概念の理解及び

 数値計算
 7-24
- 04 練習問題 7-28



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

01. 概念の理解

01.1 傾斜支点解析の概念

01.1.1 一般事項 構造物の支持条件が全体座標系を基準に斜め方向の場合がある.この場合,構造物の 変形及び部材力は支持条件が全体座標系で垂直及び水平の場合と異なる様相を見せる ため注意しなければならない.



▶写真 7.1 構造物の傾斜支点

01.1.2 解析概念

図 7.1 は構造物の形状は同じであるが、支持条件が異なる 2 種類の構造物を示している. 図 7.1 の(a)は C 点が部材 BC と同じ方向で拘束されているが、(b)は C 点が地面に対し 垂直方向で拘束されている.





7. 傾斜支点を持つフレームの解析

図 7.2 は 2 つの構造物に対する軸力, せん断力, 曲げモーメントを表したものである. 図から分かるように, 支持条件の違いにより構造物の部材力に大きな差が発生している. (a)では C 点のみに反力が発生し, 部材 BC だけが軸力 10kN を受ける. 一方(b)では A 点 でも反力が発生し, 部材 AB 及び BC が全て曲げモーメントを受ける.





構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

下図のように垂直方向の等分布荷重と水平方向の等変分布荷重を受けるラーメン構造における,支点傾斜度による変位,部材力,反力の違いを比較する.



- ▶ 材料:鋼材 SM490
- 断面:ボックス断面 1,000×1,000×10 mm
- 荷重:1. 水平部材に等分布荷重 10.0 kN/m 載荷

2. 垂直部材に等変分布荷重 10.0 ~ 15.0 kN/m 載荷



構造力学 | 構造編 |

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.2 作業環境の設定

構造解析のモデリングを開始するため、新しいプロジェクトを開きファイルを保存する.

メインメニュー 堡 > 🗋 *新規プロジェクト...* メインメニュー 💽 > 🗟 **保存**

1. ファイル名: "支持" と入力し, [保存]をクリック

モデリングで使用する単位系を設定する.

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]

- 2. 長さ > 「m」, 力 > 「kN(ton)」を選択
- 3. **[OK]**をクリック



単位系							
長さ	力 (質量)	熱量					
🔘 m	🔘 N (kg)	🔘 cal					
⊚cm	kN (ton)	kcal					
🔘 mm	⊙kgf (kg) ⊙tonf (ton)	© J					
) ft	⊙lbf (lb)	© kJ					
⊚ in	⊚ kips (kips/ø)	🔘 Btu					
温度 ④ 摂氏 注意:選択さ ます。数値は	温度 ● 摂氏 ● 華氏 注意:選択された単位系はがダイアログボックスに表示され ます。数値は単位系と共に変更されません。						
3 デフォルトの ¹ OK	デフォルトの単位糸(:設定/変更 OK 通用 キャンセル						

▶図 7.4
ファイルの保存
単位系の設定

식 1.1



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

解析モデルは平面(X-Z 平面)構造であるため,構造形式を X-Z 平面内で挙動 するように指定する.

メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択

2. [OK]をクリック

▶図 7.5 作業平面の設定	※折モデルの基本設定 1 構造形式 ◎ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束
	 御星コントロールパラメータ ● 集中管量 『非対角質量を考慮 『刺激係数を求める時の回転開始モードの考慮
	回自重を質量に変換 ④ XYZ方向に変換 至力加速度: 9.806 m/sec2
	初期温度: 0 [C]
	 □ 梁昉面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 □ スラブ(プレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 2 OK キャンセル



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.3 材料及び断面の定義

梁要素の材料で鋼材 SM490 (JIS 規格)を選択し、ボックス断面の寸法を入力する.

- メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]
- 1. [追加...]クリック
- 2. タイプ > 「鉄骨」 選択
- 3. 鉄骨 > 「JIS-Civil(S)」選択, 種別 > 「SM490」選択, [OK] クリック
- 4. 断面タブをクリックし, [追加...]クリック
- 5. 名称 : "断面"入力
- 6. 断面形状 >「ボックス断面」選択、「ユーザー」選択
- 7. H: "1", B: "1", tw: "0.01", tf1: "0.01"入力,
- 8. [OK] クリックし, [閉じる] クリック

Soleswice -		-017							
9年127-73 タイフ (計)	• •	訳骨 規格 種別	JIS-Civil(S) SM490	- 3	新面番号 5 名称 世	1	 □ ボック ○ ユーザー 	ス断面 ◎ 規格 JIS2K	
村和0917 ※第方性	道汉禹方性	コンクリート 規格 種別	規格		tw FT		調材リス	ビルトアップ新面 初の寸注結み込み	
鉄骨						71+62		JIS2K	
S#121850 :	2.0000e+008	kN/m2					調材リスト		
#F958 :	10000-005	1.053						G	
88.85.5%10.57 :	120008-000	1/[0]					н	1 m 7	
SC.M.	7.059	KIN/ma			l 1 _←		в	1 m	
		KIN MOVE				Z	tw	0.01 m	
一 ユンクリート 一 弾性係数	0.0000e+000	kN/m2				∎—> y	tf1	0.01 m	
ポアソン比 :	0						С	0 m	
10.8E38(%82	0.0000e+000	1/[C]					tf2	! 0 m	
批准 :	0	kN/m3			4	3			
□ 件量密度 ·	0	kN/m3/e							
酸性データ									
整性材料名	NONE								
動伝導							V 1	こん町後形を考慮する	
比加	0	kcal/kN*[0]			偏心:	中央-中央			
熱伝導車	Û	kcal/m*hr*[C	1		(i	心の変更	1		

▶図 7.6
材料及び断面の定義



構造力学 | 構造編 |

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.4 節点及び要素の生成

02.4.1 **節点の生成** 要素を生成するため,まず節点を入力する.

- メインメニュー [節点/要素] > [節点] > [節点生成]
- 1. 座標 > "0, 0, 0" 入力
- 2. [適用] クリック
- 3. 自動フィット,正面(トグルオン)



▶図 7.7 節点の生成



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.4.2 柱の生成 節点を線要素に拡張する押し出し機能でモデル1の柱部材を生成する.

メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し]

- 1. 押出形式 > 「節点→線要素」 選択
- 2. 要素属性 > 要素タイプ > 「**梁要素**」 選択
 - 材料 > 「1:SM490」,断面 > 「1:断面」選択,
- β角度 : "180" 入力
- 3. 生成形式 > 「コピー/移動」選択
- 4. コピー/移動 >「等間隔」選択
 - dx, dy, dz: "0, 0, 1"入力, 回数: "6"入力
- 5. 💽 全て選択クリック
- 6. [適用] クリック

	Ovil 2015 - [C/WJsersk	*Lecture3PC-04#Desktop#Civil_Tutorials#Midesで構造力学+構造編#文法*1-[モデ	(Ka-)
	1711/5日 10月9日 石田 NEH 183 25- 長 ●日 / ピ -	1 K 105439 201 月前 56 2-4 1 1日 ダ ス 学 送相称 合 副平田県K	2 CJ - B 22
単点生成 単単(作曲 分割 マージ (2) 絵刷	コスケール しょ 都由テーブル 要単生成 ()) 福田	14時 押し出し 分野 マージ交型点で要素分野 川にちラー 川	真常性変更 要素アーブル
	199613 87		a
ジリーメニュー ・ × ボル 日日	后 ペース 正日社		3 K B
HEAR 7 (1)			1. B
- ###<		110001	
RERT 2			
要用かけ方 (注要用) ・ 1884			
1 1 1956 • C			0
β-93.00 = 100 €			
			0
anter 3			
20-/1640		and the second	
0E2255			
dudyda E.E.1 m	2		
35R 8 0	20		
	1 EFAK2-		5
	990-9949F9		
Staff Mich			
	55	71-	
クスクペイン フリーヌニュー Fer Help, prest Fi	1 () () () () () () () () () () () () ()	1017 U.O.O.6 0.00,6 10 -	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·

β角度とは、トラスや梁,柱など の線要素の要素座標系におい て z 軸の配置方向を意味す る. 正方形ではない非定形断面の

場合,配置方向により剛性が

違うため留意して設定する必要

Tip

▶図 7.8 柱部材の生成

がある.



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.4.3 水平部材の 柱の上端の節点を拡張してモデル1の水平部材を生成する.

生成

1. 節点番号 (トグルオン)

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し]
- 2. **単一選択で節点7**を選択
- 3. 押出形式 > 「節点→線要素」 選択
- 要素属性 > 要素タイプ >「**梁要素**」選択 材料 >「1:SM490」,断面 >「1:断面」選択, β角度 : "0"入力
- 5. 生成形式 > 「コピー/移動」選択
- コピー/移動 >「等間隔」選択
 dx, dy, dz : "1, 0, 0" 入力, 回数: "4" 入力
- 7. [適用] クリック

	Ovil 201	5 - [C:WJsersWLecture3PC-04#Desktop#Ov	_Tutorials#Midesで構造力学+構造構+支持*]	- [モデルビュー]	- 8 3
	1744の三 187547 石田 中 27- 六 日 二 スケール 日 単 47-ブル 日 単 47-ブル 単 4			15 日本型12支票 日本アーブル	8
	114 대 (81 년) Hi 사~지 (81 Hi				20.0
Estivation		2 7 6 5 4 3 2	8 9 10	3 1	R
0.0000 0000000000000000000000000000000	N	3			
7-201 # COLUMN #	(G E7422- Set=5272F2				
タスクペイン <mark>ツリーメニュー</mark>	ETTEL TO STATE	e-J /	0.000		

▶図 7.9 水平部材の生成



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.4.4 傾斜部材の 水平部材の右端の節点を拡張し傾斜部材を生成する.

生成

メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し]

- 1. 🏋 単一選択で節点 11 を選択
- 2. 押出形式 >「**節点→線要素**」選択
- 要素属性 > 要素タイプ >「梁要素」選択 材料 >「1:SM490」,断面 >「1:断面」選択, β角度 : "0"入力
- 4. 生成形式 > 「コピー/移動」 選択
- 5. コピー/移動 >「等間隔」選択
 - dx, dy, dz : "4/6, 0, -4/6"入力, 回数: "6"入力
- 6. [適用] クリック



▶図 7.10 傾斜部材の生成

構造力学 | 構造編 |

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.5 境界条件の入力

3 次元での節点は 6 つの自由度(Dx, Dy, Dz, Rx, Ry, Rz)を持つ. しかし、本チュート リアルでは最初基本設定において構造形式を「X-Z 平面」で設定したため、3 つの自由度 (Dx, Dz, Ry)のみが存在する. 従って固定端は Dx, Dz, Ry の自由度を拘束し、ローラー 支点はDz 自由度を拘束することで支持条件を設定する.

- メインメニュー [境界条件] > [支持] > [支持条件]
- 1. オプション > 「追加」 選択
- 2. 支持形式 > Dx, Dz, Ry (チェックオン)
- 3. 🟋 単一選択で節点1を選択, [適用] クリック
- 4. 支持形式 > Dx , Ry(チェックオフ)
- 5. 🏋 単一選択で節点 17 を選択, [適用] クリック







構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.6 荷重の入力

02.6.1 荷重条件の 荷重を入力する前に、荷重条件を定義する.

定義

- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケースの生成] > [静的荷重ケース]
- 1. 名称: "垂直"入力,タイプ:「ユーザー定義荷重(USER)」選択
- 2. [追加]クリック
- 3. 名称: "水平"入力, タイプ: 「ユーザー定義荷重(USER)」 選択
- 4. [追加] クリック
- 5. [閉じる]クリック

No 247 第42
2 水平 ユーザー定義荷重 (USER)

▶図 7.12 荷重条件の定義



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.6.2 等分布荷重の 水平部材に10 kN/mの等分布荷重を入力する.

入力

メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]**

- 1. 荷重タブで、荷重値(チェックオン)、[OK]クリック
- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [梁要素荷重] > [要素]
- 1. 荷重ケース名 > 「垂直」 選択
- 2. 荷重タイプ > 「等分布荷重」選択
- 3. 方向 > 「グローバルZ」選択
- 4. 値入力 > 「**相対値**」選択
 - x1:"**0**", x2:"**1**", w:"**-10**"入力
- 5. 節点番号(トグルオフ),要素番号(トグルオン)
- 6. **単一選択で要素 7, 8, 9, 10** 選択
- 7. [適用] クリック

CO00000		Dvil 2015 - [C:#Usens#Lecture3PC-04#Desktop#Civil_Tutonals#Nidesで構造力学+構造成+交持 *] - [モデルビュー]	
表示 ウィザード 飲ん物業	材料/奶園 建用条件	液晶 私村 私業 HC DMS電台 おけ 評価 県会 ジール	9 ALT
●新約売買 地震売重 念式下述の他 ●重要売重 の地工規模 の相子をデル条件 の体動売量 の 一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一		② 回載 ふ・947カ 田原和 分量方用量・ 12 488/8万方・ (素の名相名(S) 58/88 田温和、12,85/52 (C) 58/85/52	
I BETREOIDS	目中中の日本		
2/22-6 0 × 26 8 8 1 26 8 1 1 1 26 8 1 1 1 1 26 8 9 1	Hi 1-2		
020112 DU-H=1)) 4] 4] 1 [1] (1 7) F5 90 - 9	(##fig=3)/ []+ []	

▶図 7.13 等分布荷重の入力



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.6.3 等変分布荷重 柱部材に10.0 ~ 15.0 kN/m の等変分布荷重を入力する.

の入力

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [梁要素荷重] > [連続]

- 1. 荷重ケース名 > 「水平」 選択
- 2. オプション >「追加」選択
- 3. 荷重タイプ > 「**台形分布荷重**」 選択
- 4. 方向 > 「グローバルX」選択
- 5. 値入力 > 「相対値」 選択
 - x1:"0", x2:"1", w1:"10", w2:"15"入力
- 6. **節点番号**(トグルオン), 要素番号(トグルオフ)
- 7. 載荷区間の入力ボックスをクリックし、節点7と節点1を順番にクリック



▶図 7.14 等変分布荷重の入力



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.6.4 **要素の複製** モデルを複製し,モデル2を生成する.この時に先にモデリングしたモデルに入力され ている分布荷重や境界条件を同時に複製する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [複製/移動]
- 1. モード > 「コピー」 選択
- コピー/移動 > 「等間隔」選択 dx, dy, dz : "0, 0, -8"入力, 回数: "1"入力
- 3. 節点属性のコピー、要素属性のコピー(チェックオン)
- 4. (1)全て選択
- 5. [適用] クリック
- 6. 隠線除去表示,節点番号(トグルオフ)



▶図 7.15 要素の複製



橫诰力学 | 橫诰編 |

修正

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

モデル1のローラー支点に傾斜支持条件を設定するため、筋点座標系を定義する、筋点 02.6.5 境界条件の 座標系とは当該節点でのみ適用される座標系で、全体座標系より優先的に適用される、全 体座標系の軸方向と一致しない特定の方向で発生するたわみや支持条件を設定する場合に 節点座標系を定義することでこれらの条件が簡単に反映でき、変位や反力などの解析結果 を節点座標軸を基準に確認することも可能である.

メインメニュー「境界条件]>「その他]> [節点座標系]

- 1. 節点番号(トグルオン)
- 2. 単一選択で節点17をクリック
- 3. オプション > 「追加/変更」 選択
- 4. 節点座標系 > 入力方法 > 「角度」選択
- 5. xに対して: "0", yに対して: "-45", zに対して: "0"入力
- 6. 「適用] クリック



▶⊠ 7.16 境界条件の修正



構造力学 | 構造編 |

▶⊠ 7.17

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.7 構造解析の実行

モデル1、モデル2に対して構造解析を実行する.

- メインメニュー[解析] > [解析実行] > [解析実行]
- 1. 節点番号 (トグルオフ)
- 2. メッセージウィンドウの解析終了メッセージを確認





構造力学 | 構造編 |

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 **反力**

垂直荷重による反力を確認する.

メインメニュー [結果] > [結果] > [反カ_▼] > [反カ/モーメント]
1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 垂直」選択
2. 反力成分 > 「FX」選択 節点座標系(定義した場合) (チェックオン)
3. 表示形式 > 数値, 凡例 (チェックオン)



チェックする.

4. **[適用]**クリック



傾斜支点を持つモデル1では左側の固定端で水平反力が発生することが確認できる.

▶図 7.18 垂直荷重による水平反力



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

水平荷重による反力確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_▼] > [反力/モーメント]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 水平」 選択
- 2. [適用] クリック



モデル1では傾斜支点が水平力に対し抵抗するため、傾斜支点を持たないモデル2より 左側の固定端での反力が小さく発生することが分かる.





構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.8.2 変位及び変形 変形図を確認する. ここで、DXZ は $\sqrt{DX^2 + DZ^2}$ を意味する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > [変形]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 垂直」 選択
- 2. 成分 > 「**DXYZ**」選択
- 3. 表示形式 > 変形前, 凡例 (チェックオン)
- 4. [適用]クリック



垂直荷重が作用する際、モデル1は傾斜支点により左側に傾き、モデル2は右側に傾く ことが確認できる.

▶図 7.20 垂直荷重による変形図



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

水平荷重による変位を確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > [変形]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 水平」 選択
- 2. 成分 > 「DXYZ」選択
- 3. 表示形式 > 変形前, 凡例 (チェックオン)
- 4. [適用] クリック



▶図 7.21 水平荷重による変形図



構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

02.8.3 部材力 垂直荷重による曲げモーメントを確認する.

メインメニュー「結果]>「結果]>「断面力」]> [梁要素の断面力図]

- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:垂直」 選択
- 2. 断面力の成分 > 「My」選択
- 3. 表示形式 > 等高線図, 数値, 凡例 (チェックオン)
- 4. 数値の シンクリック
- 5. 最大/最小のみ,最大絶対値(チェックオン)
- 6. **[OK]**クリック



傾斜支点を持つモデル1の場合,垂直荷重により発生する水平反力が柱に大きい曲げモ ーメントを発生させることが確認できる.一方,傾斜支点を持たないモデル2の場合では 斜材に大きい曲げモーメントが発生している.




構造力学|構造編|

7. 傾斜支点を持つフレームの解析

水平荷重による曲げモーメントを確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > [梁要素の断面力図]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:水平」 選択
- 2. 断面力の成分 > 「My」選択
- 3. 表示形式 > 等高線図, 数値, 凡例 (チェックオン)
- 4. 数値の シンクリック
- 5. 最大/最小のみ、最大絶対値(チェックオン)
- 6. **[OK]**クリック



水平荷重による曲げモーメントは両モデルともに似通った様相を示しているが、傾斜支 点を持たないモデル2の場合、モデル1より固定端の曲げモーメントが多少大きく発生し ていることが確認できる.

▶図 7.23 水平荷重による曲げモーメント 図



構造力学|構造編|

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算 の解説

03.1.1 モデル1 モデル1はD 点の反力(斜め方向)を未知数にし,変形法を適用する.







構造力学|構造編|

2 点の支持条件を解除した状態で、斜材におけるCD方向の単位荷重によるD点の変位 をf、部材ABと部材BCに作用する荷重による CD方向の変位をDとすると、次のような適合条件式が成り立つ.

$$f \cdot X + D = 0$$

$$\Xi = \overline{C},$$

$$f = \frac{1}{EI} \int_0^\ell \{m(x)\}^2 dx$$

$$= \frac{1}{EI} \int_0^6 \left\{\frac{1}{\sqrt{2}}(x-10)\right\}^2 dx + \frac{1}{EI} \int_0^4 \left\{\frac{4}{\sqrt{2}}\left(\frac{x}{4}-1\right)\right\}^2 dx$$

$$= 166.667/EI$$

$$D = \frac{1}{EI} \int_0^\ell \{m(x)\}\{M(x)\} dx$$

$$= \frac{1}{EI} \int_0^6 \left\{\frac{1}{\sqrt{2}}(x-10)\right\} \left\{-290 + 75x - \frac{15}{2}x^2 + \frac{5}{36}x^3\right\} dx$$

$$+ \frac{1}{EI} \int_0^4 \left\{\frac{4}{\sqrt{2}}\left(\frac{x}{4}-1\right)\right\} \left\{-80 + 40x - 5x^2\right\} dx$$

$$= 5045.914/EI$$

$$X = -\frac{D}{f} = -30.225$$

となる.従って、D点の反力は 30.225 kN となり、その方向は単位荷重の方向に対し逆方向の上向きになる.





03.1.2 モデル2 はD点の反力(垂直方向)を未知数にし、変形法を適用する. D点の支持条件 (垂直方向)を解除した状態で、反力方向に単位荷重を加えた場合のモーメントm(x)と、 その状態で単位荷重の代わりに部材ABとBCに荷重を加えた場合のモーメントM(x)は 図7.26 のとおりである.





単位荷重によるD点の垂直方向の変位をf,部材ABと部材BCに作用する荷重による 垂直方向の変位をDとすると、次のような適合条件式が成り立つ.

 $f \cdot X + D = 0$

$$\begin{aligned} z = \overline{c}, \\ f &= \frac{1}{EI} \int_0^\ell \{m(x)\}^2 dx \\ &= \frac{1}{EI} \int_0^6 \{-8\}^2 dx + \frac{1}{EI} \int_0^4 \{-8+x\}^2 dx + \frac{1}{EI} \int_0^{4\sqrt{2}} \left\{\frac{x}{\sqrt{2}} - 4\right\}^2 dx \\ &= 563.5032/EI \\ D &= \frac{1}{EI} \int_0^\ell \{m(x)\} \{M(x)\} dx \\ &= \frac{1}{EI} \int_0^6 \{-8\} \left\{-290 + 75x - \frac{15}{2}x^2 + \frac{5}{36}x^3\right\} dx + \frac{1}{EI} \int_0^4 \{-8+x\} \{-80 + 40x - 5x^2\} dx \\ &= 7826.6667/EI \\ X &= -\frac{D}{f} = -13.8893 \end{aligned}$$

従って、D点の反力は13.8893 kN (上向き) になる.





midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

下図のようなπ型のラーメン構造で柱の傾斜角度の変化による部材力,変位,反力を 比較しなさい. (材料及び断面はチュートリアルで扱ったモデルと同様)





8. バネの 解析

TABLE OF CONTENTS

01 概念の理解

01.1 バネ解析の概念 8-1

02 チュートリアル

8-7 O2.1 モデルの概要 O2.2 作業環境の設定 8-9 02.3 材料及び断面の定義 8-11 8-12 02.4 節点及び要素の生成 8-15 02.5 境界条件の入力 8-17 02.6 荷重の入力 8-25 O2.7 構造解析の実行 02.8 解析結果の確認 8-26

03 構造計算の解説

- 03.1 力学的概念の理解及び
数値計算8-29
- 04 練習問題 8-31

8. バネの解析

01. 概念の理解

01.1 バネ解析の概念

01.1.1 一般事項

弾性境界要素やバネは、モデルの境界部分に位置する隣接構造物または地盤などの剛性 を考慮する場合や自由度が足りない要素(トラス、平面応力、板要素など)が互いに接し 合う場合に使用される.

弾性成分は任意の節点で6つの自由度(線方向の3つの成分,回転方向の3つの成分) に対して入力でき、線方向の弾性成分は単位長さ当たりの力の単位で入力し、回転方向の 弾性成分は単位角度当たりのモーメントの単位で入力する.





線方向の弾性境界要素は構造物を支える柱や杭または、地盤剛性を反映する際に適用 する.地盤をモデリングする際には地盤反力係数と当該節点の有効面積との積で得られ る値が用いられる.この時、土質の特性は圧縮に対しては有効であるが、引張に対して は抵抗できないため注意しなければならない.

Civil では土質と接する面の境界条件が簡単に設定できるよう,「面分布バネ支持」機 能を搭載している.メインメニューの「境界条件」>「バネ支持」>「面分布バネ支持」 で節点バネを選択し,単位面積当たりの地盤反力係数を入力すると,節点が占める有効面 積と地盤反力係数との積で剛性を計算し,節点バネの形で境界条件が設定される.また, 圧縮力のみ支えられる地盤の特性を考慮した解析を行う場合には,「圧縮専用」のオプシ ョンを選択し地盤反力係数を入力することで,圧縮力だけ支えられる弾性連結要素として 境界条件が設定できる.



対象の構造物と接する柱や杭の軸方向の剛性成分を考慮する際,弾性境界要素の剛性は EA/H で計算できる.ここで,E は支持部材の弾性係数,A は有効断面積,H は有効長さで ある.

回転方向の弾性成分は解析の対象となる構造物隣接境界部分の回転剛性を表現するため に主に使用され、隣接境界部分が柱である場合にはαEI/H の計算で定まる.ここで、α は柱の連結状態により定まる回転剛性成分係数で、I は断面 2 次モーメント、H は柱の有 効長さである.

節点で使用される境界バネは一般的に各自由度の方向ごとに入力されるが、より精密 な解析を行う場合には他の自由度と連成する剛性も考慮しなければならない. すなわち、 移動変位が発生する際に同時に発生する回転変位などを考慮するためには連成する剛性 を考慮したバネを入力する必要がある.例えば、構造物の基礎に使用される杭を境界バ ネとしてモデリングする場合、各方向における剛性以外に、連成する剛性を追加入力す ることより精密な解析が可能となる.

節点に入力される境界バネは一般的には全体座標系に従うが節点に節点座標系が入力されている場合には節点座標系に従う.

解析段階において、剛性行列を組合わせた後に特定自由度に対する剛性成分が存在しない場合にはエラーが発生することがあるため、微少な数値を設定し解析を行う.使用単位系により多少の差はあるが、一般的には0.0001~0.001の値で設定する.

Civil はこのようなエラーを未然に防ぐために、解析結果にほとんど影響を及ぼさない 程度の微少な剛性値が自動的に設定される機能が実装されている.



01.1.2 解析の概念 バネは支点と同じ概念であるが、変形が可能な支点として理解できる.図8.2は2スパン連続梁の中央がバネ支点である構造物である.従って、バネが受ける力 Q と同じ大き さの力が梁に上向きの力として作用する構造として考えられる.



 $E = 3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, $I = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ q = 10 kN/m, $\ell = 4.5 \text{ m}$

長さが2ℓの単純梁に等分布荷重*q*と集中荷重*Q*が作用する場合のたわみがバネ長さの変化値となるため、これを方程式で表すと次のようになる.

$$\frac{5q(2\ell)^4}{384EI} - \frac{Q(2\ell)^3}{48EI} = \frac{Q}{k}$$



図8.3 はバネの剛性 k に対する梁の曲げ剛性 EI/ℓの割合の変化(横軸) と反力比(縦軸) との関係を表したグラフである.ここで反力比とは、B 点が支持点として拘束された場合 のB 点反力に対するバネの反力の比を意味する.スパンが2つの連続梁の中央部における 支点反力は5q(2ℓ)/8 であるため、この値に対してバネに作用する力の比が縦軸となる.



図 8.4 はバネの剛性比(横軸)に対するバネの変形比(縦軸)を表したグラフである. バネの変形比とはバネの変形をスパン長さで割った値である.





図8.3 と図8.4 で分かるように、バネの剛性が大きくなるほど反力は大きくなる反面、 バネの変形は小さくなる.バネの剛性比が10を超えるとバネの変形は非常に小さくなり、 変形が起きない支点とほとんど同じ挙動を見せる.一方、剛性比が0.1~1.0の間である 場合には変化も大きく発生することが分かる.



8. バネの解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

本チュートリアルでは部材の支持条件とバネ要素の剛性変化による構造物の反力,変位, 部材力を比較する.



▶ 材料

鋼材の種類:SM490 弾性係数(E):2.00×10⁸ kN/m²

▶ 断面

断面積:1.0×10⁻² m² 断面2次モーメント(Iyy):8.333×10⁻⁴ m⁴

▶ 荷重

節点集中荷重:100.0 kN



	۶	バネ定数			
▶≢ 8 0		区分	$\textbf{k}_1~(\textbf{kN}\cdot~\textbf{m/radian})$	k ₂ (kN /m)	k₃ (kN ∕m)
「不定数		モデル1	1,000,000	10	100, 000
		モデル2	100	100, 000	100, 000
		モデル3	1,000,000	100, 000	100, 000



8. バネの解析

02.2 作業環境の設定

構造解析を始めるため新しいプロジェクトを開きファイルを保存する.

メインメニュー 💷 > 🗀 新規プロジェクト...

メインメニュー 💽 > 日 保存

1. ファイル名: "バネ"と入力し, [保存]をクリック

単位系を設定する.

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系] 2. 長さ > 「mm」, 力 > 「N(kg)」を選択 3. [OK]をクリック

▶⊠ 8.6 ファイルの保存 単位系の設定

Civil_Tut	orials 。 Midasで構造力学 。 構造編	- 4	構造構力検索	P	展大	(質量)	2) _{劫骨}
整理 * 新しいフォル	ź-		1	. 0	© m	○ N (kg)	
* お気に入り	8/	更新日時	85	サイズ	© cm	(ton) (ton)	@ kcz
ダウンロード デスクトップ	ほ アーチ.mdb ほ トラス.mdb	2015/12/11 17:44 2015/12/09 19:46	MIDAS/Civil Do MIDAS/Civil Do	84 KB 39 KB	() mm	⊚kgf (kg)	© J
12 単近表示した場合	ほ フレーム.mcb ほ 支持.mcb	2015/12/15 19:59 2015/12/16 19:31	MIDAS/Civil Do MIDAS/Civil Do	42 KB 54 KB	© ft	⊙tonf (ton)	⊚ kJ
📜 5475U	G 新行政 mcb	2015/12/09 16:00 2015/12/06 17:43	MIDAS/CIVII Do MIDAS/CIVII Do	43 KB 41 KB	🔘 in	⊙ kips (kips/g)	🔘 🔿 Bti
ドキュメント ビクチャ	🕼 建结常.mcb	2015/12/14 20:16	MIDAS/CIVII Do	65 KB	温度		
ファイル名(N): パネー	ndb				◎ 摂氏	◎ 華氏	
ファイルの###(T): MIDA	5/Civil Files (*.mcb)			-	注意:選択:	5れた単位系はがダイアログ	ボックスに表示
S					ます。数値(単位系と共に変更されませ	the
 フォルダーの経費宗 			aut(2)	PANCE			



構造力学|構造編|

8. バネの解析

本チュートリアルの解析モデルは平面(X-Z 平面)構造であるため,構造形式を X-Z 平面内 で挙動するように指定する.

メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. **[OK]**をクリック

▶図 8.7 作業平面の設定	 ※「竹モデルの基本設定 1 構造形式 ③ 3-D ◎ X-Z平面 ○ Y-Z平面 ○ X-Y平面 ○ RZ拘束 	EX
	 ff星コントロールパラメータ 集中質量 非対角質量を考慮	
	重力加速度: 9806 m/sec2 初期温度: 0 [C] 深断面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 スラブ(プレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 2 OK キャンセ	JL



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.3 材料及び断面の定義

構造物の材料として鋼材SM490(JIS)を選択し、断面を定義する.

- メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]
- 1. [追加...]クリック、タイプ > 「鉄骨」 選択
- 2. 規格 > 「JIS-Civil(S)」選択,種別 > 「SM490」
- 3. **[OK]**クリック
- 4. 断面タブをクリック, [追加...]クリック
- 5. 値入力タブをクリック,名称: "断面"入力
- 6. 断面形状 > 「**H-断面**」選択
- 7. 断面性能の計算 > Area: "1e+4", Iyy: "8.333e+8"入力
- 8. [OK] クリック, [閉じる] クリック



▶図 8.8
材料の定義
断面の定義



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

02.4 節点及び要素の生成

ステータスバーで単位系を[力:kN,長さ:m]に変更し,モデル1の梁要素を生成する 位置に節点を生成する.

- 1. ステータスバー > 力:「kN」,長さ:「m」に変更
- メインメニュー [節点/要素] > [節点] > [節点]
- 2. 座標(x, y, z) > "0, 0, 0" 入力
- 3. [適用] クリック
- 4. 自動フィット,正面(トグルオン)







構造力学|構造編|

8. バネの解析

節点を線要素に拡張する押し出し機能で、モデル1の左部分の梁要素を生成する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し]
- 1. 押出形式 >「節点→線要素」選択
- 2. 要素タイプ > 「梁要素」 選択
- 3. 材料 > 「1:SM490」, 断面 > 「1:断面」 選択, β角度: "0"入力
- 4. 生成形式 > 「コピー/移動」選択
- 5. コピー/移動 >「等間隔」選択
- 6. dx, dy, dz > "1, 0, 0"入力, 回数 > "5"入力
- 7. 💽 全て選択クリック
- 8. [適用] クリック



▶図 8.10 梁要素の生成



構造力学|構造編|

8. バネの解析

モデル1の梁要素をコピーし、右部分の梁要素を生成する.

- メインメニュー「節点/要素] > [要素] > [複製/移動]
- 1. モード > 「コピー」 選択
- 2. コピー/移動 >「等間隔」選択 > dx, dy, dz : "5, 0, -0.1"入力

回数 : "1"入力

- 3. 💽 全て選択クリック
- 4. [適用]クリック

▶図 8.11
梁要素の複製





midas Civilで学ぶ

構造力学|構造編|

02.5 境界条件の入力

梁の両端に境界条件を入力する.

- 1. 節点番号(トグルオン)
- メインメニュー [境界条件] > [支持] > [支持条件]
- 2. 支持形式 > Dx, Dz (チェックオン)
- 3. 🖹 **単一選択**で**節点1**を選択
- 4. [適用]クリック
- 5. 支持形式 > Dz (チェックオフ), Dx, Ry (チェックオン)
- 6. 🖹 **単一選択**で**節点 12** を選択
- 7. [適用]クリック







構造力学|構造編|

8. バネの解析

「節点バネ支持」機能を利用し梁に弾性支持条件を入力する.

弾性支持条件は節点の自由度を拘束する支持とは異なり、自由度別の弾性支持の剛性を 持つ境界要素(バネ)を入力し、剛性による変形を許容しながら弾性境界要素の部材力を 反力として出力する.

メインメニュー [境界条件] > [バネ支持] > [節点バネ支持]

- 1. 節点バネ > タイプ > 「1 次」 選択
- 2. > SRy : "**1,000,000**" 入力
- 3. **軍単一選択で節点1**選択
- 4. [適用]クリック
- 5. > SDz : "100,000"入力,他の項目: "0"入力
- 6. 🖹 単一選択で節点 12 選
- 7. [適用]クリック



▶図 8.13 弾性支持条件の入力



構造力学 | 構造編 |

8. バネの解析

02.6 荷重の入力

荷重を入力するため荷重条件を定義する.

定義

02.6.1 荷重条件の

- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケースの生成] > [静的荷重ケース]
- 1. 名称 : "**節点荷重**"入力
- 2. タイプ > 「ユーザー定義荷重(USER)」 選択
- 3. [追加]クリック
- 4. [閉じる] クリック

No 名称 タイプ 解説 ▶ 1 前点荷重 ユーザー定義荷重 (USER) *	名称 ケース タイプ 解説	 節点荷重 全ての荷重 ユーザー定 : 	重ケース 重義荷重 (USER)	•	追加 (A) 修正 (M) 削除 (D)
	No 1 *	名称 前点石重	タイプ ユーザー定義荷重 (USER)		¥ŝ兑

▶図 8.14 荷重条件の定義



構造力学 | 構造編 |

8. バネの解析

02.6.2 節点荷重の 節点6に集中荷重100 kN を入力する.

入力

- メインメニュー [表示] > [ディスプレイ] > **[ディスプレイ]**
- 1. 荷重タブで、荷重値(チェックオン)
- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [構造物荷重/質量] > [節点荷重]
- 2. 荷重ケース名 > 「**節点荷重**」 選択
- 3. オプション >「追加」選択
- 4. 節点荷重 > FZ: "-100"入力
- 5. **軍単一選択で節点6**を選択
- 6. [適用]クリック

▶図 8.15 節点荷重の入力





構造力学 | 構造編 |

8. バネの解析

02.6.3 要素の複製 モデル 2~4 をモデル 1 を複製し生成する. この時モデル 1 に入力されている節点荷重 及び境界条件を同時に複製する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > *【移動/複製】*
- 1. モード > 「コピー」選択
- 2. コピー/移動 >「等間隔」選択> dx, dy, dz: "0, 0, -2"入力

回数 : "**3**" 入力

- 3. 節点属性のコピー, 要素属性のコピー (チェックオン)
- 4. 💽 全て選択クリック
- 5. [適用]クリック

▶図 8.16 要素の複製





構造力学|構造編|

8. バネの解析

モデル4は右側の節点を2軸方向に0.1 m移動し、左側と連続になるようにする.また、節点の移動により同一位置に重複された節点は「重複節点のマージ」機能で削除する.

- メインメニュー [節点/要素] > [節点] > [移動/複製]
- 1. モード > 「移動」 選択
- 2. コピー/移動 >「等間隔」選択 > dx, dy, dz : "0, 0, 0.1"入力
- 3. 国ウィンドウで選択で, 節点 43~節点 48 を選択
- 4. [適用] クリック
- メインメニュー [節点/要素] > [節点] > [マージ]
- 5. マージ >「すべて」 選択
- 許容誤差: "0.001"入力
 マージされた節点の削除(チェックオン)
- 7. [適用] クリック

「構造力学¥構造編¥バネ・」- [モデルビュー - - --1: Bd/## 14-0 RM NOV HER IC DR)回転 読スケール 3 1 TE 3(to4) - 2 4 1 2 1 1 4 2 9 Hi x-2 **B**IR 15-8-28 BU/SCAN 25 開始初点曲号 1 E-R 0 00-(0) @ (5460) 31-/1940 * 1910/4 dudy.dz L.L.D.1 2 C (ERISTA 9× 07 088 101 1.0.45 (1050) G モデルビュー 「一般な際性のパーク」 「一般な原性のパー」 「一般な原性のパー」 4 RIE 13 -2 話点マーク . 16的点番号 5 マージ ※ すべて の 環初 の 番号 6 11:028-8 マージされた新点の影響 通用(A)開(55(C) E EFREa-(7) () → → → ↓ コマンドメッセージ / 前初入り

▶図 8.17 モデル4の座標修正



構造力学 | 構造編 |

8. バネの解析

02.6.4 境界条件の モデル4の両端部の境界条件を固定端に変更する.

修正

- メインメニュー [境界条件] > [支持] > [支持条件]
- 1. オプション > 「変更」 選択
- 2. 支持形式 > Dx, Dz, Ry (チェックオン)
- 3. ¥単一選択で節点 37, 節点 48 を選択
- 4. [適用] クリック



▶図 8.18 境界条件の修正



構造力学 | 構造編 |

8. バネの解析

モデル4の弾性支持条件を削除し、モデル2の弾性支持点に入力されている弾性支持 剛性を修正する.

- メインメニュー [境界条件] > [バネ支持] > [節点バネ支持]
- 1. オプション > 「削除」 選択
- 2. **軍単一選択で節点 37, 節点 48** 選択
- 3. [適用] クリック
- 4. オプション > 「変更」 選択
- 5. SRy: "100"入力, その他の項目: "0"入力
- 6. 👅 単一選択で節点 13 選択
- 7. [適用] クリック



▶図 8.19 バネ条件の修正



構造力学|構造編|

8. バネの解析

モデル1,2,3の両側の梁の間に弾性連結要素を入力する.弾性連結要素の剛性は要素 座標系を基準にして入力する.

- メインメニュー [境界条件] > [リンク] > [弾性連結要素]
- 1. オプション > 「追加」 選択
- 2. 弾性連結要素 > 「一般」 選択, SDx: "10"入力, その他の項目: "0"入力
- 3. 2節点の入力欄をクリックし、モデルビューで節点6,7を順番にクリック
- 4. 弾性連結要素 > 「一般」選択, SDx: "100,000"入力, その他の項目: "0"入力
- 5. 2節点の入力欄をクリックし、モデルビューで節点18, 19を順番にクリック、
 - 続いて**節点 30,31** をクリック
- 6. 節点番号 (トグルオフ)



▶図 8.20 弾性連結要素の入力

「Tip タイプの「引張専用」は引張力 に、「圧縮専用」は圧縮力にの み抵抗するバネ要素で、解析 過程において反復解析により収 飲値を求める。



8. バネの解析

モデル4の中央に内部ヒンジを入力する.

- 1. 要素番号 (トグルオン)
- メインメニュー [境界条件] > [端部結合] > [端部結合条件]
- 2. **¥単一選択**で**要素 35** を選択
- 3. 一般形式と部分固定 > j-節点 > My (チェックオン), その他は全てチェックオフ
- 4. [適用]クリック

▶図 8.21 内部ヒンジの入力





8. バネの解析

02.7 構造解析の実行

解析モデルの荷重及び境界条件を入力した後、構造解析を実行する.

1. 要素番号 (トグルオフ)

メインメニュー [解析] > [解析実行] > [解析実行]

2. メッセージウィンドウで解析正常終了のメッセージを確認



メッセージウィンドウで正常終了メッセージが出力されない場合は入力内容を確認して から再び解析を実行する.



8. バネの解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 反力

▶⊠ 8.23

節点荷重による反力

反力を確認し、各モデルの特徴を比較する.

メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_▼] > [反力/モーメント]
1. 荷重ケース/組合わせ > [ST:節点荷重] 選択
2. 反力成分 > [FZ] 選択
3. 表示形式 > 数値 (チェックオン), [適用]クリック



モデル1:弾性連結要素の剛性が微弱であるため、左と右の梁の連結部分(節点6)に 載荷された荷重を左側の梁が負担することが分かる.

モデル 2: 左側の部材の支点の回転剛性が弱く,連結部分の剛性が大きいため,集中荷 重が右側の部材に伝達されていることが分かる.

モデル3:支点部の剛性と弾性連結要素の剛性が両方とも大きくなる場合、両端が固定 で内部ヒンジを持つモデル4に近い結果になることが分かる.



構造力学 | 構造編 |

▶⊠ 8.24

節点荷重による変形

8. バネの解析

02.8.2 変位及び変形 各モデルの変形図の結果を比較する.

- メインメニュー「結果]>「結果]>「変形」]> [変形図]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:節点荷重」 選択
- 2. 成分 > 「**DXZ**」選択
- 3. 表示形式 > 変形前, 凡例, 数値 (チェックオン)
- 4. 変形の 2 をクリック, 変形図の 倍率: "2"入力
- 5. OK 時適用(チェックオン), [OK] クリック
- 6. ステータスバーで,長さ単位を「mm」に変更



モデル1では左側の部材のたわみが右側の部材に影響を及ぼさないが、モデル2及び モデル3ではほとんど同じたわみが発生する.



構造力学|構造編|

8. バネの解析

02.8.3 部材力 各モデルの部材力の結果を比較する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > **[梁要素の断面力図]**
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:節点荷重」 選択
- 2. 断面力の成分 > My」選択
- 3. 表示形式 > 等高線図,数値,凡例(チェックオン)
- 4. 数値の をクリック
- 5. 最大/最小のみ,制限値(%): "20"入力
- 6. **[OK]**クリック
- 7. ステータスバーで,長さの単位を「m」に変更



弾性支持点の剛性が増加するにつれ梁の力学的挙動が端部固定の場合に近くなることが 確認できる.構造解析において、弾性支持条件や弾性連結要素は支点または要素の剛性を 直接調節する場合に適用され、節点と要素ではモデルに適用しにくい構造部材や支点の 剛性及び偏心を反映する際に用いられる.
midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

8. バネの解析

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算

図 8.26 に示す構造物は左右側の部材がバネで連結されている構造をしている.中央の バネを除去すると2つの静定構造物になる、1次不静定構造である.左側の構造の変形 δ_1 と右側の変形 δ_2 の差がバネの変形量になるため、バネの変形を適合条件とした方程式が 追加的に得られる.

左側の構造は支点において完全固定ではなく、バネ定数*k*₁ で回転拘束されている.右 側の構造は支点の回転は拘束されているが、垂直方向の変位はバネ定数*k*₃ で垂直方向に 拘束されている.



荷重 100 kN が作用する場合, 左側の部材が受ける力を *Q* とすると, バネと右側の部材 が受ける力は 100-*Q* となる. 従って, 次のような適合条件を適用することで左側が受ける 力 *Q*が算定できる.

▶⊠ 8.26

の解説



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

$$\delta_{1} = \frac{Q\ell^{3}}{3EI} + \frac{Q\ell}{k_{1}}\ell, \qquad \delta_{2} = \frac{(100-Q)\ell^{3}}{3EI} + \frac{100-Q}{k_{3}}$$
$$\delta_{1} - \delta_{2} = \frac{100-Q}{k_{2}}$$
$$\left[\frac{Q\ell^{3}}{3EI} + \frac{Q\ell^{2}}{k_{1}}\right] - \left[\frac{(100-Q)\ell^{3}}{3EI} + \frac{100-Q}{k_{3}}\right] = \frac{100-Q}{k_{2}}$$

$$Q = \frac{100\left(\frac{\ell^3}{3EI} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}\right)}{\frac{2\ell^3}{3EI} + \frac{\ell^2}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3}}$$

<計算結果> (Civil による結果と一致,単位:kN,m)

▶表 8.3

モデル	k_1	k_2	k3	Q	100-Q	δ_1	δ_2
1	1.0×10^{12}	1.0×10^{7}	1.0×10^{11}	99. 7325	0.26750	2.682 $\times 10^{-2}$	0.7×10^{-4}
2	1.0×10^{8}	1.0×10^{11}	1.0×10^{11}	0. 10535	99.89465	2.636 $\times 10^{-2}$	0.3×10 ⁻⁴
3	1.0×10^{12}	1. 0×10 ¹¹	1.0×10 ¹¹	49. 53079	50. 46921	1.332×10^{-2}	-1.258×10^{-2}
		0 0	-	4 4	-	-	-

ここで, E=2.00×10⁸ kN/m², I=8.333×10⁻⁴ m⁴

8. バネの解析



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

1. 下図のように境界条件が異なる 2 種類の構造における反力とたわみ、部材力を比較しなさい. (材料及び断面はチュートリアルで扱ったモデルと同様)



2. 引張専用のバネ要素と圧縮専用のバネ要素の利用状況がそれぞれ異なる 2 種類の構造 物に温度差荷重が作用する場合、各構造の挙動の違いを比較しなさい.(材料及び断面は チュートリアルで扱ったモデルと同様)





midas Civil で学ぶ 構造力学 |構造編|

9. 強制変位 による

解析

TABLE OF CONTENTS

O1 概念の理解

- O1.1 強制変位解析の概念 9-1
- 02 チュートリアル
 - 9-4 O2.1 モデルの概要 9-5 O2.2 作業環境の設定 9-7 02.3 材料び断面の定義 02.4 節点及び要素の生成 9-8 9-10 02.5 境界条件の入力 9-11 02.6 荷重の入力 9-14 O2.7 構造解析の実行 9 - 15028 解析結果の確認

03 構造計算の解説

- O3.1 力学的概念の理解及び

 数値計算
 9-21
- 04 練習問題 9-24



橫诰力学|構诰編|

01. 概念の理解 01.1 強制変位による解析の概念

01.1 一般事項

強制変位 (Specified Displacements) は特定の点において、ある自由度方向の変位量 を知っている場合、当該変位条件での構造的挙動を分析する際に使用される.

一般的に次のような場合に強制変位による解析が適用される.

- ▶ 既存の構造物に変形が発生し、精密な安全診断が要求される場合.
- 特定部位の挙動に対し、詳細モデルを利用した精密分析を行う際に、構造物の 全体モデルに対する解析から得られた変位値を詳細モデルの境界条件として用 いる場合.
- ▶ 既存の構造物に支点沈下が発生し、これを考慮した解析を行う場合.
- ▶ 橋梁構造物の支点沈下を考慮した解析を行う場合.

▶ 🖾 9.1

強制変位





構造力学|構造編|

9. 強制変位による解析

01.2 解析の概念 強制変位とは特定の節点を強制的に移動させることを意味するため、変位荷重を加える ことと同じ概念として理解できる.すなわち、荷重を加える代わりに特定の値の変位を発 生させ、これに相応する荷重値を算定することである.図9.2は2スパン連続梁の中央の 支点に沈下(強制変位)が発生する場合を示したものである.ここで、荷重と沈下は下向 きを正(+)とし、反力は上向きを正(+)とする.



 $E = 3 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$, $I = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ q = 10, 0, -10 kN/m, $\ell = 4.5 \text{ m}$

上図により,強制変位 Δ から垂直荷重qの影響を除くと,反力(集中荷重) Xが残るという概念から、次の式が成り立つ.

$$\Delta - \frac{5q(2\ell)^4}{384EI} = \frac{X(2\ell)^3}{48EI}$$

つまり強制変位 △ の値が与えられれば、支点反力 X が求められることになる. 図 9.3 は支点 B の沈下量比に対する反力比をグラフに表したものである. ここで、沈下比は沈下量をスパン長さで除したもので、反力比は支点沈下がない場合に X を反力値で除した値である.



図 9.3 は 3 種類の垂直荷重 $_q$ (10 kN/m, 0 kN/m, -10 kN/m)における沈下比-反 力比の関係を表したものである. 垂直荷重 $_q$ が下向き (10 kN/m) である場合に *X* 値が 小さいのは,荷重が下向きの場合 B 点の反力が小さくなることを意味する. また,荷重の 方向が上向き (-10 kN/m) の場合に *X* 値が大きいのは,荷重を相殺しながら沈下を 発生させるためである.



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

9. 強制変位による解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

本チュートリアルでは2スパン連続梁において,梁要素(要素1,2)には等分布荷重が 載荷され,2つの支点(節点2,3)には支点沈下が発生する際の支点反力,変形図,部材 力を確認する.

特に、構造解析後の結果の分析において、支点沈下が発生する前と後の支点反力や各種の部材力の変化様相を確認する.



▶ 材料

弹性係数: 30,000 N/mm²

▶ 断面

断面 2 次モーメント(Iyy): 1.0 × 10⁹ mm⁴

- ▶ 荷重
 - 1. 等分布荷重:10 kN/m
 - 2. 支点2に支点沈下40 mm, 支点3に支点沈下25 mm 発生



02.2 作業環境の設定

OK 適用 キャンセル

構造解析のモデリングを開始するため、新しいプロジェクトを開きファイルを保存する.

メインメニュー 💷 > 🗀 *新規プロジェクト...*

メインメニュー 💷 > 日 保存

1. ファイル名: "強制変位" と入力し[保存]をクリック

単位系を設定する.

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]

- 2. 長さ > 「mm」, 力 > 「N(kg)」を選択
- 3. **[OK]**をクリック

単位系 😫 Save As 〇〇〇 🚺 · Ovi_Tutonals • Midesで構成力学 • 構成編 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 #
 # p (2) 長さ 力 (質量) 熱量 盤環 * 新しいフォルダー 11.0 . 🔘 m N (kg)
 🔘 cal 名町 更新日時 サイズ 会 お気に入り 12:3 ⊙kN (ton) () cm kcal メリウンロード デスクトップ C 7-F.mcb 2015/12/11 17:44 MIDAS/Civil Do. 843 🔿 kgf (kg) C NER.mcb 2015/12/09 19:46 2015/12/21 15:55 MIDAS/Civil Do. 29 1 💿 mm ⊚ J 1 単近表示した場所 MIDAS/Civil Do... 51 8 💿 tonf (ton) 42 H 54 H 43 H 日 フレール mcb 2015/12/15 19:59 2015/12/16 19:31 MIDAS/Civil Do.) ft ⊚ kJ MIDAS/CIVI Do ... ○ lbf (lb) こ ライブラリ 2015/12/09 16:00 HIDAS/CIVII Do ... 💿 kips (kips/g) 🔘 in 🔘 Btu R#182 1 20Fr 2015/12/08 17:43 MIDAS/Civil Do 41.8 . . 温度 ファイル名(N): 御制変位.mcb ◎ 摂氏 ◎ 華氏 ファイルの相関(T): MIDAS/Civil Files (*.mcb 注意:選択された単位系はがダイアログボックスに表示され ます。数値は単位系と共に変更されません。 (保存(\$) キャンセル → フォルダーの祥義示 デフォルトの3 に設定/変更

▶図 9.5 ファイルの保存 単位系の節点



構造力学|構造編|

9. 強制変位による解析

X-Z 平面の構造物を簡単にモデリングするため、X-Z 平面をユーザー座標系(UCS) x-y 平面に定義する.

メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. [OK]をクリック

▶図 9.6 作業平面の設定	で新モデルの基本設定 1 構造形式 ◎ 3-D ◎ X-Z平面 ◎ Y-Z平面 ◎ X-Y平面 ◎ RZ拘束	X
	 ff量コントロールパラメータ ● 集中質量 ■ 非対角質量を考慮 ■ 刺激係数を求める時の回転剛体モードの考慮 ● コンシステント質量 ■ 自重を質量に変換 ● XYZ方向に変換 ● XYZ方向に変換 ● XY方向に変換 ● Z方向に変換 	
	 重力加速度: 9.806 m/sec2 初期温度: 0 [C] 深断面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 スラブ(プレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 2 0K 	214



構造力学|構造編|

02.3 材料及び断面の定義

構造部材の材料と断面を定義する.材料及び断面は、ユーザーが直接値を入力する 「ユーザー定義」と「値入力」を選択し入力する.

- メインメニュー [材料/断面] > [材料] > [材料特性]
- 1. [追加...]クリック,名称: "MAT" 選択
- 2. タイプ > 「ユーザー定義」 選択
- 3. ユーザー定義: 弾性係数 "3e+4" 入力
- 4. **[OK]**クリック
- 5. 断面タブで, [追加...]クリック, 値入力タブをクリック, 名称: "SECT"入力
- 6. 断面性能 > Area: "1", Iyy: "1e+9"入力
- 7. [OK] クリック, [閉じる] クリック



▶図 9.7 材料の定義 断面の定義





構造力学 | 構造編 |

02.4 節点及び要素の生成

ここからは入力単位系を変更し節点を生成する.

02.4.1 節点の生成

- 1. ステータスバーで、力:「kN」,長さ:「m」に変更
- メインメニュー [節点/要素] > [節点] > [**節点生成**]
- 1. 座標 (x, y, z) : "0, 0, 0" 入力
- 2. コピー > 回数 : "2" 入力
- 3. 距離 (dx, dy, dz) : "4.5, 0, 0" 入力
- 4. **[適用]**クリック
- 5. 節点番号, 自動フィット, 正面(トグルオン)



▶図 9.8 節点の生成



02.4.2 **要素の生成** 節点を連結し,梁要素を生成する.

- メインメニュー [節点/要素] > [要素] > **[要素生成]**
- 1. 要素タイプ > 「一般梁/テーパー断面梁要素」 選択
- 2. 材料 > 「1:MAT」選択, 断面 > 「1:SECT」選択
- 3. 構成節点の入力ボックスをクリックした後,
- 4. モデルビューで節点1と節点3を順番にクリック



▶図 9.9 梁要素の生成



midas Civilで学ぶ

構造力学|構造編|

02.5 境界条件の入力

構造物の各支点に境界条件を入力する. 節点 1 は固定端 (Dx, Dz, Ry 固定), 節点 2 と節点 3 はローラー (Dz 固定) である. しかし, 節点 2 と節点 3 では支点沈下を考慮す るための強制変位を入力する際に Dz が自動的に拘束されるため, ここでは節点 1 での境 界条件のみを入力する.

- メインメニュー [境界条件] > [支持] > [支持条件]
- 1. 支持形式 > Dx, Dz, Ry (チェックオン)
- 2. **軍単一選択**で**節点1**を選択
- 3. [適用] クリック



▶図 9.10 支点条件の入力



02.6 荷重の入力

02.6.1 荷重条件の 等分布荷重と支点沈下による強制変位を入力するため、まず荷重条件を定義する.

定義

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [荷重ケースの生成] > [静的荷重ケース]

- 1. 名称 : "**等分布荷重**"入力
- 2. タイプ > 「ユーザー定義荷重 (USER)」選択
- 3. [追加]クリック
- 4. 名称 : "**支点沈下**"入力
- 5. タイプ > 「ユーザー定義荷重 (USER)」選択
- 6. [追加]クリック
- 7. [閉じる] クリック

5 5-	尔 -ス	 支点沈下 全ての荷打 	重ケース	
クイ 解:	ブ 見	: <u>ユーザー</u> 気 :	E義荷重(USER)	▼
*	No 1 2	名称 等分布荷重 支点沈下	タイプ ユーザー定義荷重 (USER) ユーザー定義荷重 (USER)	角罕言兑

▶図 9.11
荷重条件の定義



構造力学 | 構造編 |

9. 強制変位による解析

02.6.2 **等分布荷重の** 梁要素に重力方向の等分布荷重 10 kN/m を載荷する. 入力

- 1. 要素番号 (トグルオン)
- 2. ディスプレイ > 荷重タブで、荷重値(チェックオン)、[OK]クリック
- メインメニュー [荷重/静的荷重] > [梁要素荷重] > [要素]
- 3. 荷重ケース名 > 「等分布荷重」 選択
- 4. 荷重タイプ > 「等分布荷重」選択
- 5. 方向 > 「グローバルン】」選択
- 6. 值入力 > 「相対值」選択 > x1: "0", w: "-10", x2: "1"入力
- 7. 👔 単一選択で要素1と要素2を選択
- 8. [適用] クリック





構造力学 | 構造編 |

02.6.3 支点沈下の 「強制変位」機能で支点沈下量を入力する. 節点に特定の変位を強制的に与える強制変 位機能によりモデルに支点沈下が適用できる.

1. ステータスバーで、長さ:「mm」に変更

メインメニュー [荷重/静的荷重] > [構造物荷重/質量] > [強制変位]

- 2. 荷重ケース名 > 「**支点沈下**」 選択
- 3. 変位 (ローカル方向) > Dz (チェックオン) : "-40"入力
- 4. **単一選択で節点2**選択
- 5. [適用]クリック
- 6. 変位 (ローカル方向) > Dz: "-25"入力
- 7. 🛒 **単一選択**で**節点3** 選択
- 8. [適用]クリック







midas Civilで学ぶ

構造力学|構造編|

02.7 構造解析の実行

解析モデルの部材の生成と荷重及び境界条件の入力が終わったら構造解析を実行する.

1. 節点番号, 要素番号 (トグルオフ)

メインメニュー [解析] > [解析実行] > **[解析実行]** 2. メッセージウィンドウで解析正常終了のメッセージを確認



メッセージウィンドウに正常終了のメッセージが出力されずに、エラーや警告のメッセ ージが出力される場合には内容を確認した後、入力したデータに誤りがないか検討及び修 正しもう一度解析を実行する.



構造力学|構造編|

02.8 解析結果の確認

02.8.1 荷重組合わせ 入力された単位荷重条件を利用し荷重組合わせを生成する. 荷重組合わせ:1.0 等分布荷重 + 1.0 支点沈下

> メインメニュー [結果] > [荷重組合わせ] > **[荷重組合わせ]** 1. 荷重組合わせリスト > 名称: "LCB"入力 2. 解説: "等分布荷重+支点沈下"入力 3. 荷重ケースと係数 > 荷重ケース > 「等分布荷重」選択,係数: "1.0"入力 「支点沈下 」選択,係数: "1.0"入力 4. [閉じる]クリック

重組合和 No	1 名称 LCB	アクティブ	タイプ 追加	2 等分布荷重	角辊脱 (+支点沈下		荷重ケースと係数 荷重ケ 等分布荷引 支点沈下(*	ース 係 証(S ST)	3 款 1.0000 1.0000
						ш.			H.

▶図 9.15 荷重組合わせ



構造力学 | 構造編 |

9. 強制変位による解析

02.8.2 **変位及び変形**構造物の変形図を確認する.

- メインメニュー [結果] > [結果] > [変形] > [変形]
- 1. 荷重ケース/組合わせ > 「CB:LCB」 選択
- 2. 成分 > 「**DXZ**」選択
- 3. 表示形式 > 変形前, 凡例, 数値 (チェックオン)
- 4. 変形の 🔜 をクリック
- 5. 変形図の倍率: "2"入力
- 6. 変形の表示方法 > 「なめらか」 選択
- 7. OK 時適用(チェックオン), [OK] クリック



強制変位が与えられた節点2と節点3でそれぞれ40mmと25mmの変位が確認できる.



構造力学|構诰編|

9. 強制変位による解析

支点沈下が発生する前(等分布荷重,支点沈下)と後(LCB)の反力の変化を確認する。 02.8.3 反力 1. ステータスバー > 長さ単位: **m** に変更 2. メインメニュー [表示] > [ウィンドウ] > [新規ウィンドウ] 4 3. 正面 (トグルオン) 4. メインメニュー「表示]>「ウィンドウ]> 「新規ウィンドウ] 4 5. 正面 (トグルオン) 6. メインメニュー「表示]>「ウィンドウ表示]> 「水平に並べて表示] ~ 7. 上から順番に「モデルビュー」、「モデルビュー:1」、「モデルビュー:」2になる ようにウィンドウをドラッグして移動 8. モデルビュークリック メインメニュー「結果]> [結果] > [反力_v] > [反力/モーメント] 9. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:等分布荷重」 選択 10. 反力成分 >「**FZ**」選択 11. 表示形式 > 数値 (チェックオン) 12. [適用] クリック 13. モデルビュー:1 クリック メインメニュー [結果] > [結果] > [反力_v] > [反力/モーメント] 14. 荷重ケース/組合わせ > 「ST: 支点沈下」 選択

- 15. 反力成分 > 「FZ」 選択
- 16. 表示形式 > 数値 (チェックオン)
- 17. [適用] クリック

モデルビュー:2 クリック
 メインメニュー [結果] > [結果] > [反カ_▼] > [反カ/モーメント]
 商重ケース/組合わせ > 「CB:LCB」選択
 反力成分 > 「FZ」選択
 表示形式 > 数値 (チェックオン)
 「適用] クリック



構造力学|構造編|

▶ 図 9.17各荷重条件の反力の比較

	Civil 2015 - [C:HUsersH.ect	ure3PC-04WDesktopWCIvI_TutorialsWMidesで構造力学¥構造場¥使制変位】	- 8
参加 表示 ウィザード 副点/根素	材料/绘图 境界条件 荷重 解析 结果)	ベ 静的電行 設計 評価 祭会 ツール	0 -
		4.単編編・ 込:時刻型の茶板時候業・ 5.単編編・ 込:時刻型の茶板時付与フパタネスト・ 高等動車両・ し、2テーシステップの周囲グラフ を対応差・ が設定方法になった。	- SONE デキスト リスト出力 相関ア- 出力 デオスト リスト出力 相関ア-
	19.5.81% E**		1
パリーメニュー 9 X ロジョ 中日 米利力 ホカボ	8	8 €711ビュー	
辰力/モージー 19	品ペース 国口品		
(国産ゲーム)相当わせ 「ST 等分考測量 ・ 」 スラップ - 20	等分布荷重	514	117902
OFX OFY OFZ OFXYZ	e	13 =========	- 5 2
	Hi ベース 国1日 1030	-145.3	28 65 723 -
22	支点沈下		1
	G	18) EFALa-:2	
	Hi ベース ■11社	-010	
	LCB	1.404	
	1 & EFREA- & EFREA-11 & 3	モデルビュー・2	
	メッセージウインドウ		
	自動課存機能により、プロジェクトを保存します。		
	»		
クスクペイン ジリーメニュー	(4) + + + + + + + + + + + + + + + + + + +		

等分布荷重条件による結果をみると,連続端(節点 2)で分担荷重より大きい反力が発 生している.支点沈下の荷重条件では,沈下量が最も大きい節点2で負の反力が発生し, 荷重組合わせ(LCB)による結果では,それぞれの荷重条件により発生した反力の合計が 出力されることが確認できる.



橫诰力学 | 橫诰編 |

02.8.4 部材力 各荷重条件によるモーメントを比較する.

- 1. モデルビュークリック
- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > [梁要素の断面力図]
- 2. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:等分布荷重」 選択
- 3. 断面力成分 > 「My」選択
- 4. 表示形式 > 等高線図, 数値 (チェックオン)
- 5. 数値を表示する断面 > 「全て」 選択
- 6. [適用]クリック
- 7. モデルビュー:1 クリック
- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > [梁要素の断面力図]
- 8. 荷重ケース/組合わせ > 「ST:支点沈下」 選択
- 9. 断面力成分 > My」選択
- 10. 表示形式 > 等高線図, 数値 (チェックオン)
- 11. 数値を表示する断面 > 「全て」 選択
- 12. [適用] クリック
- 13. モデルビュー:2 クリック
- メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > [梁要素の断面力図]
- 14. 荷重ケース/組合わせ > 「CB:LCB」 選択
- 15. 断面力成分 > 「My」選択
- 16. 表示形式 > 等高線図, 数値 (チェックオン)
- 17. 数値を表示する断面 > 「**全て**」 選択
- 18. [適用] クリック



構造力学 | 構造編 |

▶ ⊠ 9.18

比較



強制変位による解析はこのように支点に発生した沈下の影響を分析する場合に適用でき る. また,構造物の特定部分の挙動や応力を把握するための局部詳細解析を行う場合,全 体構造物のモデルの荷重や変形を詳細モデルに反映させる場合にも適用できる.



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

03. 構造計算 03.1 力学的概念の理解及び数値計算 の解説

支点沈下が発生した場合は、たわみ性法や変形法を適用し、次のような式として表せる.

図 9.19 で $f_{11} \ge f_{12}$ はB 点に単位荷重が作用する際のB 点とC 点での変位で、 $f_{21} \ge f_{22}$ はC 点に単位荷重が作用する際のB 点とC 点での変位である.また、 $D_1 \ge D_2$ はB 点とC 点での支持条件が削除された状態で荷重が作用する場合のB 点とC 点での変位である.



▶ 🗵 9.19



構造力学 | 構造編 |

$$f_{11} = \frac{\ell^3}{3EI} = 1.013 \text{ mm}, \quad f_{12} = f_{21} = \frac{5\ell^3}{3EI} = 2.531 \text{ mm}, \quad f_{22} = \frac{8\ell^3}{3EI} = 8.100 \text{ mm},$$
$$D_1 = -\frac{17\ell^4}{24EI} = -96.820 \text{ mm}, \quad D_2 = -\frac{2\ell^4}{EI} = -273.375 \text{ mm},$$

以上の結果を利用し、荷重と支点沈下が同時に発生する場合には次のような式として表 せる.

$$\begin{bmatrix} 1.013 & 2.531 \\ 2.531 & 8.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -96.820 \\ -273.375 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -40 \\ -25 \end{bmatrix}$$

左側の最初の項は未知数である支点反力(X)が作用する際,支点の位置での上向きの たわみを意味し,次の項は実際の荷重により発生する際,支点の位置での下向きのたわみ (D)を意味する.従って,左項は荷重によるたわみ(D)と反力によるたわみ(FX)の合 計を意味するため,支点沈下がないと右項はゼロになる.しかし,支点沈下発生すると右 項は支点で実際発生したたわみ(Δ)になる.すなわち,ここで与えられた条件に対する解 答は次のようになり,解析結果と一致する結果が得られることが分かる.

1)荷重のみ作用し、支点沈下はない場合

 $\begin{bmatrix} 1.013 & 2.531 \\ 2.531 & 8.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -96.820 \\ -273.375 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ $X_1 = 51.429 \text{ kN}$ $X_2 = 17.679 \text{ kN}$



2) 支点沈下のみ発生し、荷重はない場合.

$$\begin{bmatrix} 1.013 & 2.531 \\ 2.531 & 8.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -40 \\ -25 \end{bmatrix}$$
$$X_1 = -145.326 \text{ kN}$$
$$X_2 = 42.428 \text{ kN}$$

3)荷重と支点沈下が同時に発生する場合

 $X_1 = 51.429 - 145.326 = -93.898$ kN $X_2 = 17.679 + 42.428 = 60.007$ kN

以上の計算結果により、Civil の解析結果と一致する結果が得られることが確認できた. (計算はエクセルにより行い、小数点以下4桁で四捨五入した値である.)



midas Civilで学ぶ

構造力学|構造編|

04. 練習問題

1. 次の梁モデルにおける曲げモーメントを比較しなさい.



▶ 材料

鋼材:SM490 (弾性係数E = 2.00×10⁸ kN/m²)

≻ 断面

B \times H : 400 mm \times 600 mm(Area=2.4 \times $10^{-1}~m^2$, Iyy = 7.2 \times $10^{-3}~m^4)$

▶ 荷重

(a)モデル1:梁の中央に重力方向の荷重70 kN(b)モデル2:節点4で支点沈下10 mm 発生





2. 下図のような骨組みにおいて、右柱の下端で沈下が発生した場合のせん断力及び曲げモーメントを求めなさい.



▶ 材料

鋼材:SM490 (弾性係数 E = 2.00×10⁸ kN/m²)

≻ 断面

H 形鋼: $400 \times 400 \times 13 \times 21$ mm (Area=2.187 × 10⁻² m², Iyy = 6.66 × 10⁻⁴ m⁴)

▶ 荷重

右柱の下端(節点2)で10mmの支点沈下発生



midas Civil で学ぶ 構造力学 |構造編|

10. 移動荷重の 解析

TABLE OF CONTENTS

01 概念の理解

- 01.1 移動荷重解析の概念 10-1
- 02 チュートリアル
 - 02.1 モデルの概要10-602.2 作業環境の設定10-702.3 材料及び断面の定義10-902.4 節点及び要素の生成10-1002.5 境界条件の入力10-1202.6 荷重の入力10-1302.7 構造解析の実行10-1802.8 解析結果の確認10-19

03 構造計算の解説

- O3.1 力学的概念の理解及び
数値計算10-23
- 04 練習問題 10-24

10. 移動荷重の解析



midas Civilで学ぶ **構造力学** | 構造編 |

01. 概念の理解

01.1移動荷重解析の概念

01.1.1 一般事項Civil による移動荷重の解析は活荷重や車両の移動荷重(static vehicle moving load)
条件を反映する際に使用できる.また,結果としては次のような解析結果が得られる.

- 移動荷重によるたわみ、耐力、反力などに対する影響線(influence line)及び影響面(influence surface)の算出
- 算出された影響線と影響面を利用し、与えられた車両の移動荷重条件に対する 最大・最小節点変位、耐力、支点反力の算出

移動荷重解析は活荷重や車両荷重が移動する際に発生する荷重に対する解析で,移動の 経路全体に対する解析を行い,最大・最小値を計算する.この時,影響線または影響面を 利用すると繰り返して解析を行うことなく部材力が最も大きく発生する位置を探すことが できるため便利である.

車両荷重の場合,載荷する車両荷重の車線や車線面などを定義した上で,車線や車線面 に単位荷重を載荷し計算する.

ここで影響線とは、構造物に沿って単位荷重を載荷して静的解析を行い、各成分の解析 結果を構造物の線上に表したものである.影響面とは、構造物の面内に位置する板要素の 節点に単位荷重を載荷して解析を行った結果を荷重の作用点に表したものである.

10. 移動荷重の解析



midas Civilで学ぶ

構造力学 | 構造編 |

影響線や影響面を用いた移動荷重の解析過程は次のようにまとめられる.

ステップ1:車両荷重,車両荷重の載荷方法,車線または車線面の定義

- ステップ2:単位荷重条件を設定し、各単位荷重に対する静的解析を行うことで各成 分の影響線や影響面を計算
- ステップ3:移動荷重の載荷方法により影響線または影響面を用い荷重の移動による 解析結果を算出

このような手順により得られる解析結果は、ひとつの移動荷重条件に対し最大と最小の 2 つの結果を持つようになり、また、他の荷重条件との組み合わせも可能である.移動荷 重条件は最大と最小の 2 つの解析結果を持つため、荷重組合わせの結果も当然最大と最小 の 2 つの解析結果を持つようになる.解析結果としては、節点変位、支点反力、トラス・ 梁・板要素の部材耐力などが出力される.

移動荷重の解析で使用する影響線または影響面の単位荷重は全体座標系の-Z 方向に作 用する.また,移動荷重の解析条件は制限なく使用可能である.

Müller-Breslau の原理によると、影響線は構造物での反力あるいは断面力を除去し、 その代わりそれに相応する単位変形を与えた場合における構造物の変形形状であるとされ ている.そして、構造物の反力あるいは断面力などは影響線の形状から確認できる. 図10.1は単純梁及び2スパン連続梁に対する影響線を表したものである.


構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析



単純梁の場合は A 点と B 点の反力,任意の位置でのせん断力とモーメントに対する影響線を表している.連続梁では A 点, B 点,そして D 点の反力とともに, B 点と C 点の せん断力とモーメントに対する影響線を表している.静定構造物である単純梁の影響線は 直線であるが,不静定構造物である連続梁の影響線は曲線であることが確認できる.影響





橫诰力学 | 橫诰編 |

線において荷重の作用点の位置にΔと記した値を算定すると、その値が当該位置に荷重 が作用する際の反力または断面力の値となる.

影響線を用いた移動荷重による断面力の算定方法を説明するため、2 スパン連続梁の中 央のモーメント M_B (図 10.1(f 右)を計算してみよう.モーメントに対する影響線である ためB点にヒンジを挿入しモーメントを解除した後、その位置に単位回転角が発生するよ うモーメントを加えると、この時の変形形状が影響線となる.この時、AB スパンの中央 での Δ の値が、その位置に移動荷重が載荷される際の M_B の値となる.また、B点を中 心に対称であるため、単純梁である片方にモーメントMを加えた場合の構造物を対象に Δ が求められる.B点の回転角は図 10.2 のようになるため、B点で回転角 1 が発生する ようにするためにはB点の左右に次のようなモーメントを加えなければならない.



上のようなモーメントが作用する際に発生する変形形状が影響線であるため、図 10.2 で示す中央のたわみは次のように算定できる

$$\Delta = M_B = \frac{M\ell^2}{16EI} = \frac{3EI}{2\ell} \times \frac{\ell^2}{16EI} = \frac{3\ell}{32}$$

▶式 10.1



▶式 10.2

10. 移動荷重の解析

2 スパン連続梁で C 点で単位荷重が作用する場合のモーメント図は図 10.3 のようになるため、AB スパンの中央に単位荷重が作用する際の影響線の値が B 点の負モーメントと同じであることが分かる.



影響線の概念は仮想仕事の原理から説明できる.図 10.1(b 左)は単純梁に集中荷重が作用する際の A 点の反力 R_A に関する影響線である.ここで仮想仕事の原理を適用すると、図 10.1(a 左)での力 R_A と1が図 10.1(b 左)で働いた仕事は次のようになる.

$$W_F = R_A \times 1 - 1 \times \Delta = 0$$

この式で、外力が働いた仕事 W_E はゼロとなる.これは、梁に変形が発生しなかったため内力が働いた仕事 W_i がゼロとなるためである、従って、反力 R_A の大きさが変形 Δ の値になる.



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

02. チュートリアル

02.1 モデルの概要

3 スパン連続梁に移動荷重(標準トラック荷重)を載荷する際の,影響線を用いた部材 位置ごとの最大断面力を算定し,最大断面力を発生させる移動荷重の位置を確認する.



▶ 材料

コンクリート 27 MPa (弾性係数 E = 2.6500×10⁷ kN/m²)

≻ 断面

形状:長方形 B×H = 3.0 m×1.0 m

> 荷重

- 1. 標準トラック荷重: AASHTO 規準荷重 HS-25
- 2. 支点沈下:10 mm



midas Civilで学ぶ

構造力学|構造編|

02.2 作業環境の設定

構造解析のモデリングを開始するため、新しいプロジェクトを開きファイルを保存する.

メインメニュー 💷 > 🗀 *新規プロジェクト...*

メインメニュー 💷 > 日 保存

1. ファイル名: "移動荷重"と入力し, [保存]をクリック

モデリングで使用する単位系を設定する.

メインメニュー [ツール] > [セッティング] > [単位系]

- 2. 長さ > 「m」, 力 > 「kN(ton)」を選択
- 3. **[OK]**をクリック

整理・ 新しいフォルタ	-			- 0	() m	N (kg)	🔘 ca
★ お気に入り ● ダウンロード ● デスクトップ ■ 最近表示した専 ■ ライブラリ ■ ドキュメント 1 ビクチャ	SII 低 アーチmtb 低 トラスmtb 低 ノスmtb 低 ノスームmtb 低 酸解液性mtb 低 気解病性 低 気解病 低 気解病 たち の たち の の の の の の の の の の の の の	2015/12/11 17:44 2015/12/11 17:44 2015/12/09 19:46 2015/12/21 15:55 2015/12/21 15:55 2015/12/22 13:13 2015/12/16 19:31 2015/12/09 16:00	EEN MIDAS/CMF DO MIDAS/CMF DO MIDAS/CMF DO MIDAS/CMF DO MIDAS/CMF DO MIDAS/CMF DO	947X 848 358 518 428 459 548 438	© cm ⊙ mm ⊙ ft ⊙ in	 kN (ton) kgf (kg) tonf (ton) lbf (lb) kips (kips/g) 	© kca ⊙ J ⊙ kJ ⊙ Btu
ファイル名(近): 移動荷 ファイルの種類(工): MIDAS	II.mcb /Civil Files (*.mcb)			•	 ● 摂氏 注意: 選択さます。 数値は 	○ 華氏 れた単位糸はがダイアログオ 単位糸と共に変更されませ	ミックスに表示 ん。
● フォルダーの祥教示			(RA) 4	キンセル		\frown	

▶図 10.5 ファイルの保存 単位系の設定



構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

本チュートリアルの解析モデルは平面(X-Z 平面)構造であるため,構造形式を X-Z 平面 内で挙動するように指定する.

メインメニュー [ウィザード] > [基本設定] > [基本設定]

- 1. 構造形式 > 「**X-Z 平面**」を選択
- 2. [OK]をクリック

▶図 10.6 作業平面の設定	 契折モデルの基本設定 1 構造形式 							
	◎ 3-D ◎ X-Z平面 ○ Y-Z平面 ○ X-Y平面 ○ RZ拘束							
	質量コントロールパラメーター							
	④ 集中質量							
	□ 非対角質量を考慮							
	■ 刺激係数を求める時の回転開催モードの考慮							
	◎ コンシステント質量							
	■自重を質量に変換							
	重力加速度: 9.806 m/sec2							
	初期温度: 0 [C]							
	□ 梁断面の上端を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。							
	 □ スラブ(ブレート)断面を中心線(X-Y平面)に並ぶように配置して表示する。 2 OK キャンセル 							

10 - 8



midas Civilで学ぶ

構造力学 | 構造編 |

02.3 材料及び断面の定義

連続梁の材料としてコンクリート(設計規準による圧縮強度 27MPa)を選択し、断面寸 法を入力する.

メインメニュー「材料/断面] > 「材料] > 「材料特性]

- 1. [追加...]クリック、タイプ > 「コンクリート」選択
- 2. コンクリート > 規格 > 「JIS-Civi1(RC)」選択,種別 > 「Fc27」選択
- 3. **[OK]**クリック
- 4. 断面タブをクリック, [追加...]クリック, 名称: "梁"入力
- 5. 断面形状 > 「直方体」 選択, 断面定義の方法 > 「ユーザー」 選択
- 6. H: "1", B: "3"入力
- 7. [OK] クリック, [閉じる] クリック



▶図 10.7 材料の定義 断面の定義



midas Civilで学ぶ

構造力学 | 構造編 |

02.4 節点及び要素の生成

02.4.1 節点の生成 連続梁を生成するため節点を入力する.

節点は要素の開始点と終了点及び荷重や境界条件などを入力する位置,または解析結果 を確認する位置など,構造物の幾何形状や属性を定義する位置に生成する.

- メインメニュー「節点/要素] > 「節点] > **「節点生成**]
- 1. 座標(x, y, z) > "0, 0, 0" 入力
- 2. [適用] クリック
- 3. 自動フィット,正面(トグルオン)



▶図 10.8 節点の生成



構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

02.4.2 要素の生成 節点を線要素に拡張する押し出し機能で連続梁を生成する. メインメニュー [節点/要素] > [要素] > [押し出し] 1. 押出形式 > 「**節点**→**線要素**」選択

- 2. 要素タイプ > 「梁要素」 選択
- 3. 材料 > 「1:Fc27」,断面 > 「1:梁」選択,β角度:"0"入力
- 4. 生成形式 > 「コピー/移動」選択
- 5. コピー/移動 >「等間隔」選択
- 6. dx, dy, dz > "35/14, 0, 0"入力, 回数 > "14"入力
- 7. 💽 全て選択クリック
- 8. [適用] クリック







midas Civilで学ぶ

構造力学 | 構造編 |

02.5 境界条件の入力

連続梁の支持条件を入力する. ピン支点は Dx, Dz の自由度を拘束し, ローラー支点は Dz の自由度のみ拘束する.

- 1. 節点番号(トグルオン)
- メインメニュー [境界条件] > [支持] > **[支持条件]**
- 2. オプション > 「追加」 選択
- 3. 支持形式 > Dx, Dz (チェックオン)
- 4. 🎽 単一選択で節点5を選択し, [適用] クリック
- 5. 支持形式 > Dx (チェックオフ)
- 6. 『 単一選択で節点1, 11, 15 を選択し, [適用] クリック

▶図 10.10 支持条件の入力





midas Civilで学ぶ

構造力学 | 構造編 |

▶式 10.3

02.6 荷重の入力

02.6.1 **車線の定義** 移動荷重による部材力を計算するためには先に影響線を算出する必要がある.影響線を 算出するために、まず車線を入力する.スパン長さ(L)による次の式で算定される衝撃係 数(impact factor)を車線を定義する際に入力する.スパン長さが異なる連続梁であるため、 各スパンごとにそれぞれの衝撃係数を入力する.

$$i = \frac{15}{40+L}$$
 $i = 衝撃係数$, $L = スパン長さ$

1. メインメニュー [荷重/移動荷重] > [移動荷重規準_▼] > [AASHTO 規準] 選択

- メインメニュー [荷重/移動荷重] > [移動荷重解析データ] > [交通線車線]
- 2. [追加] クリック
- 3. 車線名 : "L1"入力
- 4. 偏心 : "0"入力, 車輪間隔: "0"入力
- 5. 衝撃係数:"15/(40+10)"入力
- 6. 選択 > 「2点」選択,モデルビューで節点1と節点5を順番にクリック
- 7. 衝撃係数: "15/(40+15)"入力
- 8. 選択 > 「2点」 選択,モデルビューで節点5と節点11を順番にクリック
- 9. 衝撃係数: "15/(40+10)"入力
- 10. 選択 > 「2点」選択,モデルビューで節点11と節点15を順番にクリック
- 11. **[OK]**クリック
- 12. [閉じる] クリック



構造力学|構造編|

10. 移動荷重の解析



▶図 10.11 車線の定義



構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

02.6.2 移動荷重の 移動荷重(標準トラック荷重;DB24)はプログラムに搭載されているデータベースを利 定義 用します.

メインメニュー [荷重/移動荷重] > [移動荷重解析データ] > [車両荷重]

- 1. [車両規準の追加] クリック
- 2. 規準名 > 「AASHTO 規準荷重」 選択
- 3. 車両荷重タイプ > 「HS-25」 選択
- 4. **[OK]**クリック
- 5. [閉じる] クリック



▶図 10.12移動荷重の定義



構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

02.6.3 車両荷重グル 移動荷重解析に使用される車両荷重グループを定義します.

ープの定義

メインメニュー [荷重/移動荷重] > [移動荷重解析データ] > [車両グループ]

- 1. [追加]クリック
- 2. 車両グループ名: "HS-25"入力
- 3. 車両荷重リストから HS-25 を選択し、 -> クリック
- 4. **[OK]**クリック
- 5. [閉じる] クリック



車両グループ	X
グループ名	追加 (A)
HS-25	修正(M)
	5 閉じる (C)



構造力学|構造編|

10. 移動荷重の解析

02.6.4 移動荷重条件 影響線を利用し部材力を算出するための移動荷重を定義する.

の入力

- メインメニュー [荷重/移動荷重] > [移動荷重解析データ] > **[移動荷重ケース]**
- 1. [追加] クリック,荷重ケース名: "W"入力
- 2. サブ-荷重ケース > [追加] クリック
- 3. 荷重ケースデータ > 荷重グループ > 「VC: HS-25」 選択
- 4. 增減係数 > "**1**"入力
- 5. 車両を最小(最大)に載荷できる車線数 > それぞれ"1"入力
- 6. 車線リストで「L1」を選択し、 ->> クリック
- 7. **[OK]**クリック
- 8. サブ-荷重ケースの車両グループで「VC:HS-25」を確認し、[OK]クリック
- 9. [閉じる] クリック

移動荷重ケースの設定	X	3~!	づ荷重ケース 5	X
1 荷重ケース名: MV		荷重ケースデータ		
解説:		車両グループ: VC:HS-	-25 🔹	
□許应市市田の満乗たって		増減係数 : 1		
□計谷単両用の何重ケース 名声線用描示(5巻)			車両を最小に載荷できる車組	課サ: 1
シェールが/TFHILLITEX 声拍新	(氏)前(玄洪)		市市5月大に総合できる市4	3步行, 1
	1		単同を取入に取用しての単向	NTX ·
2	1		車線の割り当て	
2			車線リスト	選択された車線
。 → 3 サブ-荷重 ケース 一荷重効果 ◎ 組合わせ ● 3 東新校U - 7	0.75 史立		6 -> (~	<u>QK</u> (++худию)
2 2 追加 修正 8 0K 年やンセル(0	x ··· · · · · · · · · · · · · · · · · ·	移 [動荷重ケース 荷重ケース 解説 MV	(語知(A) (修正(M)) (修正(M)) (例定る(C))





midas Civilで学ぶ

橫诰力学 | 橫诰編 |

▶⊠ 10.15

02.7 構造解析の実行

部材のモデリング及び車両の移動荷重条件を入力したら、構造解析を実行する.

1. 節点番号 (トグルオフ)

メインメニュー「解析]>「解析実行]> 「解析実行] 2. メッセージウィンドウで解析正常終了のメッセージを確認



メッセージウィンドウで正常終了メッセージが出力されない場合は入力内容を確認して から再び解析を実行する.



構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

02.8 解析結果の確認

02.8.1 影響線の確認 2番目の支点(節点5)での反力に対する影響線を確認する.

1. 隠線除去表示(トグルオフ),アイソメ図(トグルオン)

メインメニュー [結果] > [移動荷重] > [影響線] > [反力]

- 2. 車線/車線面 >「L1」選択
- 3. 節点番号 : "5"入力, 倍率: "2"入力
- 4. 反力成分 > **FZ**」選択
- 5. [適用]クリック





構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

要素4のj端のモーメントに対する影響線を確認する.

1. 要素番号 (トグルオン)

メインメニュー [結果] > [移動荷重] > [影響線_▼] > **[梁要素の断面力/モーメント]** 2. 車線/車線面 > **[L1**] 選択, 要素番号: "4"入力, 倍率: "2"入力

- 3. 位置 >「j」選択
- 4. 断面力の成分 > 「My」 選択
- 5. [適用] クリック

▶図 10.17 要素 4 の j 端におけるモーメン トに対する影響線図





構造力学 | 構造編 |

10. 移動荷重の解析

02.8.2 移動荷重によ 移動荷重による連続梁の負のモーメントを確認する.

る部材力

1. 要素番号(トグルオフ),正面(トグルオン)

メインメニュー [結果] > [結果] > [断面力_v] > [梁要素の断面力図]

- 2. 荷重ケース/組合わせ > 「MVmin:MV」」選択
- 3. 成分 > 「My」選択
- 4. ディスプレイオプイション> 「5 点」選択
- 5. 表示形式 > 等高線図,数値(チェックオン)
- 6. 数値の ■をクリック > 最大/最小のみ、最大絶対値(チェックオン)
 0K 時適用(チェックオフ)、「0K]クリック
- 7. 数値を表示する断面 > 「**全て**」 選択
- 8. [適用]クリック

▶図 10.18 移動荷重による負モーメント図





構造力学|構造編|

以上の結果から、移動荷重により要素4のj端(節点5)で最大の負のモーメントが発生することが確認できた.この時における移動荷重の載荷位置を確認する.移動荷重の載荷位置は影響線により決定される.

1. 要素番号(トグルオン)

メインメニュー [結果] > [移動荷重] > [移動車両,] > [梁要素の断面力/モーメント]

- 2. 移動荷重ケース > 「MVmin: MV」 選択
- 3. 目標要素 : "4"入力, 倍率: "2"入力
- 4. 位置 > 「j」選択
- 5. 断面力の成分 > My」選択
- 6. 表示形式 >等高線図,作用荷重(チェックオン)
- 7. [適用] クリック



上図からモーメントによる影響線上で最大の負のモーメントを誘発する移動荷重の位置 が確認できる.

▶図 10.19 要素 4 の j 端で最大負モーメ ントが発生する際の移動荷重 の位置



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

03. 構造計算

の解説

03.1 力学的概念の理解及び数値計算

HS-25 の移動荷重に対する車輪荷重は 177.93kN, 177.93kN, 44.48kN で、衝撃係数は中 央部で 0.273 である. 下図は Civil の影響線解析により求められた, B 点で最大負のモーメ ントを発生させるトラックの位置及びその時の影響線図を表したものである. プログラム では影響線の正確な値は出力されないため、図における影響線での値は解析で得られた値 から直線補間により算定されたものである. 従って, B 点の最大負のモーメントは次のよ うに計算できる.

 $M_{B,\text{max}} = (177.93 \times 1.231 + 177.93 \times 1.286 + 44.48 \times 0.471) \times (1 + 0.273) = 596.78 \text{kN}$



以上のことから、プログラムによる計算結果と近い結果が得られることが確認できる.



midas Civilで学ぶ 構造力学 | 構造編 |

04. 練習問題

1. 下図のようにスパン長さより長い載荷長さを持つ移動荷重が作用する場合,単純梁に発 生する最大曲げモーメント,せん断力,反力を確認し,その時の移動荷重の位置を確認し なさい.(材料及び断面をチュートリアルで扱ったモデルと同様)



Structural Analysis

midas Civilで学ぶ構造力学 | 構造編 |

