



第9章 静定梁のたわみ

ポイント：梁の微分方程式を用いて梁のたわみを求める 静定梁のたわみを計算

前章では、梁の微分方程式を導き、等分布荷重を受ける単純梁の解析を行った。本節では、導いた梁の微分方程式を利用し、さらに多くの静定構造物の解析を行い、梁の最大たわみや変形状態を求めることにする。

さらに、SPACE を用いて課題で解析した構造を数値計算し、解析結果を比較・検討しよう。

9.1 はじめに

キーワード

梁の微分方程式 単純梁の応力解析 片持ち梁の応力解析

梁の変形は、法線保持・平面保持の仮定を用いて誘導した微分方程式によって求められる。前章で学んだような力の釣合だけでは応力状態が決定しない不静的構造については、梁内部の断面力における力の釣合と梁の微分方程式を用いて応力状態や変形状態を求めることになる。

梁の変形を支配する微分方程式は第8章で次のように得られた。

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -P_w \quad \dots\dots(9.1)$$

$$EI_z \frac{d^2 w}{dx^2} = -M \quad \dots\dots(9.2)$$

さらに、梁全体で断面が一様であると、上の2式は次の4階の微分方程式となる。

$$EI_z \frac{d^4 w}{dx^4} = P_w \quad \dots\dots(9.3)$$

静的構造物のように、曲げモーメントの分布状態が先に分かっている場合は、式(9.2)を用いるのが最も簡単である。この場合は、2階の微分方程式を解くことになる。不静的構造物のように前もって曲げモーメントの分布が分かっていない場合で、しかも断面が一様である場合は、式(9.3)を用いることになる。

9.2 中央集中荷重を受ける単純梁

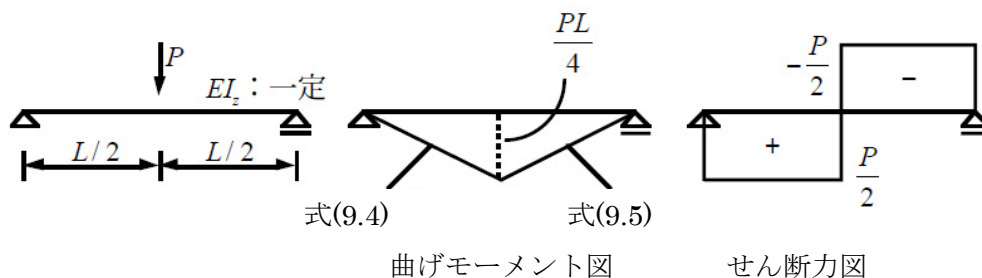


図 9-1 中央集中荷重を受ける単純梁の断面力分布

静定構造物で、最も基本的な静的梁の変形と中央のたわみを求めてみよう。解析モデルは図 9-1 に示す単純梁で、中央に集中荷重が加わっている。梁の曲げモーメント分布は、既に第 6.5 節で求められている。ここでは、この式を利用し、式(9.2)を用いて変形の解析を行う。曲げモーメントの分布は、図 9-1 に示されており、その関数は次のよう 2 つに分けられた直線式で表される。

$$M(x) = \frac{P}{2}x \quad (0 \leq x < \frac{L}{2}) \quad \dots\dots(9.4)$$

$$M(x) = \frac{P}{2}(L-x) \quad (\frac{L}{2} \leq x < L) \quad \dots\dots(9.5)$$

曲げモーメントの関数が 2 つに分かれていることから、一般的に微分方程式は 2 つに分けて解く必要がある。しかし、曲げモーメント分布が対称であり、また断面が一樣であることから変形状態も対称となり、従って、梁の半分を解析すれば良い。最初に、梁の中央で変位が対称であるという条件を用いて解くことにする。

梁の微分方程式は以下のようなになる。

$$EI_z \frac{d^2w}{dx^2} = -\frac{P}{2}x \quad (0 \leq x < \frac{L}{2}) \quad \dots\dots(9.6)$$

上式が 2 階の微分方程式であることから、2 つの境界条件が必要となる。第 1 に、左端がピン支持であることから、たわみがゼロであり、次の境界条件で表される。

$$w(0) = 0 \quad \dots\dots(9.7)$$

第 2 に、梁の変形が対称であることから、中央部分では変位を許すが、その微分であるたわみの勾配はゼロとなるという境界条件を用いる。この境界条件は、

$$\theta(\frac{L}{2}) = \frac{dw}{dx} \Big|_{x=\frac{L}{2}} = 0 \quad \dots\dots(9.8)$$

この2つの境界条件を用いて、微分方程式(9.6)を解くことになる。まず、微分方程式(9.6)の両辺を2度積分する。

$$\left. \begin{aligned} EI_z \frac{dw}{dx} &= -\frac{P}{4}x^2 + C_1 \\ EI_z w &= -\frac{P}{12}x^3 + C_1x + C_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.9)$$

微分方程式の解である式(9.9)には、積分定数が2つ、 C_1 と C_2 が含まれる。この積分定数を2つの境界条件を用いて決定すれば良い。最初に、式(9.7)を式(9.9)の第2式に適用する。

$$EI_z w(0) = C_2 = 0 \quad \dots\dots(9.10)$$

次に、式(9.8)を式(9.9)の第1式に適用する。

$$EI_z \left. \frac{dw}{dx} \right|_{x=L/2} = -\frac{P}{4} \left(\frac{L}{2} \right)^2 + C_1 = 0 \quad \dots\dots(9.11)$$

上式を C_1 について解くと、以下のように得られ、積分定数は全て決定する。

$$C_1 = \frac{P}{16}L^2 \quad \dots\dots(9.12)$$

決定した積分定数を式(9.9)の第2式に代入し、整理すると、次のようなたわみの関数が得られる。

$$w(x) = \frac{PL^3}{48EI_z} \left(-4 \left(\frac{x}{L} \right)^3 + 3 \frac{x}{L} \right) \quad \dots\dots(9.13)$$

たわみの最大値は、梁の中央にあり、上式に $x = L/2$ を代入すると次のように得られる。

$$w_{\max} = \frac{PL^3}{48EI_z} \quad \dots\dots(9.14)$$

得られたたわみの形状を図9-2に示す。右側半分のたわみは図を反転する事によって得られる。また、回転角の関数は式(9.13)を微分することで求められ、支持点の回転角は、 $x = 0$ を代入することで得られる。

$$\left. \begin{aligned} \theta(x) &= \frac{dw}{dx} = \frac{PL^2}{16EI_z} \left(-4 \left(\frac{x}{L} \right)^2 + 1 \right) \\ \theta(0) &= \frac{PL^2}{16EI_z} \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.15)$$

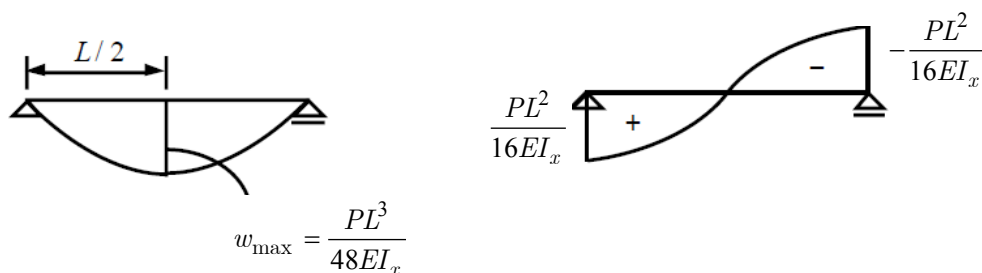


図 9-2 中央集中荷重を受ける単純梁のたわみと回転角分布

例題 9-1 部材中央にモーメントが加えられた単純梁の断面力とたわみ分布を求めよ。

反力を図9-3(b)のように仮定し、上下方向の力の釣合と支持点aにおけるモーメントの釣合を以下のように考える。

$$\left. \begin{aligned} R_a - R_b &= 0 \\ M - R_b L &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots (9.16)$$

上式より、反力 R_a と R_b は次式となる。

$$\left. \begin{aligned} R_a &= \frac{M}{L} \\ R_b &= \frac{M}{L} \end{aligned} \right\} \dots\dots (9.17)$$

曲げモーメントが荷重点で不連続となることから、まず、左側の $0 \leq x < L/2$ の範囲を考える。同図(c)を参考に、原点から距離 x の位置における力の釣合から、断面力が求められる。

$$\left. \begin{aligned} Q(x) + R_a &= 0; \quad Q(x) = -R_a = -\frac{M}{L} \\ M(x) + R_a x &= 0; \quad M(x) = -R_a x = -\frac{M}{L} x \end{aligned} \right\} \dots\dots (9.18)$$

また、 $L/2 < x$ で、同図(d)での釣合を考えると、

$$\left. \begin{aligned} Q(x) + R_a &= 0; \quad Q(x) = -\frac{M}{L} \\ M(x) &= M - R_a x = M - \frac{M}{L} x \\ &= \frac{M}{L}(L - x) \end{aligned} \right\} \dots\dots (9.19)$$

となる。式(9.18)と(9.19)を用いて、曲げモーメント図とせん断力図と反力

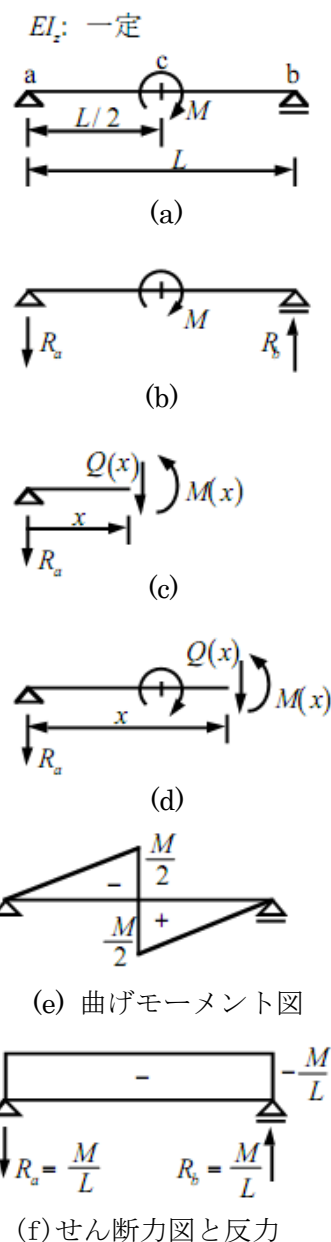


図 9-3 部材中央にモーメント荷重を受ける単純梁の断面力分布

ん断力を各々図(e)と(f)に描く。

曲げモーメントが中央点を中心に逆対称であることから、変形と回転角も逆対称となる。そこで、これらも、 $x=0$ から $L/2$ までの関数を求めることになる。釣合式は、式(9.18)の曲げモーメント関数を用いて、

$$EI_z \frac{d^2 w}{dx^2} = -M(x) = \frac{M}{L} x \quad \dots\dots(9.20)$$

となり、上式を2回積分すると、たわみが以下のように得られる。

$$EI_z w = \frac{M}{6L} x^3 + C_1 x + C_2 \quad \dots\dots(9.21)$$

境界条件は、a 点ではピン支持であるため、

$$EI_z w(0) = C_2 = 0 \quad \dots\dots(9.22)$$

となり、また、中央点では逆対称条件よりたわみがゼロとなり、従って、積分定数 C_1 は、

$$w\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{M}{6L} \left(\frac{L}{2}\right)^3 + C_1 \frac{L}{2} = 0; \quad C_1 = -\frac{ML}{24} \quad \dots\dots(9.23)$$

として得られる。式(9.23)を式(9.21)に代入すると、たわみは、

$$w(x) = \frac{ML^2}{24EI_z} \left(4\left(\frac{x}{L}\right)^3 - \frac{x}{L} \right) \quad \dots\dots(9.24)$$

また、上式より回転角は、

$$\theta(x) = \frac{dw}{dx} = \frac{ML^2}{24EI_z} \left(12\left(\frac{x}{L}\right)^2 - 1 \right) \quad \dots\dots(9.25)$$

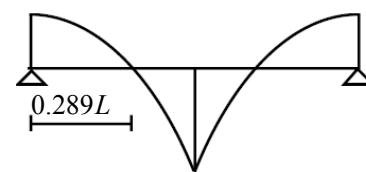
となる。たわみ及び回転角を図9-4(g)、(h)に示す。 $x=L/2$ から L までのたわみと回転角は逆対称であることから同図となる。

たわみの最大値は回転角がゼロである条件より、

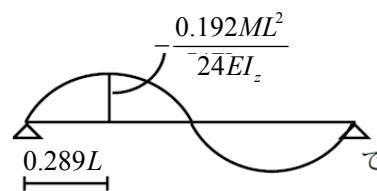
$$12\left(\frac{x}{L}\right)^2 - 1 = 0 \quad \dots\dots(9.26)$$

上式の解で、 $0 < x \leq L/2$ であることから、

$$\frac{x}{L} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.289 \quad \dots\dots(9.27)$$



(g) 回転角



(h) たわみ

図9-4 部材中央にモーメント荷重を受ける単純梁のたわみと回転角の分布

で最大変位が生じる。この値を式(9.24)に代入すると、最大変位が次のように得られる。

$$w_{\max} = -\frac{0.192ML^2}{24EI_z} \quad \dots\dots(9.28)$$

本節では、図9-5に示す等分布荷重 \bar{P}_w を受ける単純梁の最大たわみを求める。単純梁は静的構造物であるため、断面力は力の釣合から求められる。曲げモーメントは例題6-1より、

$$M(x) = \frac{\bar{P}_w}{2}x(L-x) \quad \dots\dots(9.29)$$

として求められており、上式を梁の釣合式に適用すると、

$$EI_z \frac{d^2w}{dx^2} = -\frac{\bar{P}_w}{2}x(L-x) \quad \dots\dots(9.30)$$

となる。上式を2回積分すると

$$\left. \begin{aligned} EI_z \frac{dw}{dx} &= -\frac{\bar{P}_w}{2}\left(\frac{L}{2}x^2 - \frac{x^3}{3}\right) + C_1 \\ EI_z w &= -\frac{\bar{P}_w}{2}\left(\frac{L}{6}x^3 - \frac{x^4}{12}\right) + C_1x + C_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.31)$$

境界条件は、梁両端で変位がゼロとなることより

$$\left. \begin{aligned} EI_z w(0) &= C_2 = 0 \\ EI_z w(L) &= -\frac{\bar{P}_w}{2}\left(\frac{L^4}{6} - \frac{L^4}{12}\right) + C_1L = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.32)$$

となり、式(9.32)より、積分定数は、

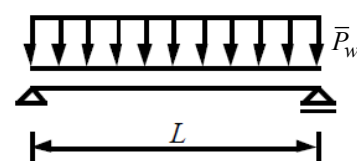
$$C_1 = \frac{\bar{P}_w L^3}{24} \quad \dots\dots(9.33)$$

となる。従って、変位 $w(x)$ は

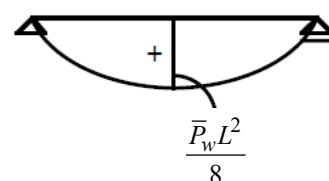
$$w(x) = \frac{\bar{P}_w L^4}{24EI_z} \left(\left(\frac{x}{L}\right)^4 - 2\left(\frac{x}{L}\right)^3 + \frac{x}{L} \right) \quad \dots\dots(9.34)$$

また、最大変位は、 $x = L/2$ の位置で、

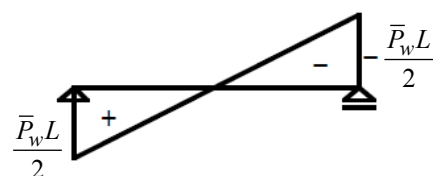
9.3 等分布荷重を受ける単純梁



(a) 解析モデル

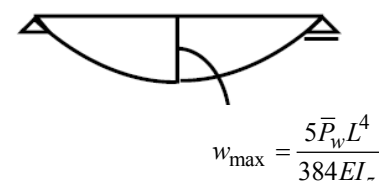


(b) 曲げモーメント図



(c) せん断力図

図9-5 等分布荷重を受ける単純梁の断面力分布



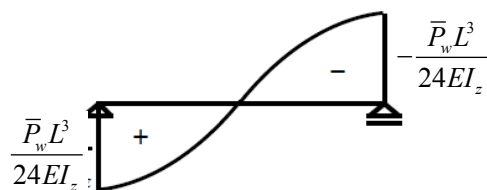
(d) たわみ曲線

図9-5 たわみ曲線と最大たわみ

$$w_{\max} = w\left(\frac{L}{2}\right) = \frac{5\bar{P}_w L^4}{384EI_z} \quad \dots\dots(9.35)$$

同じく、回転角分布は、式(9.35)を微分することで、次式となる。

$$\frac{dw}{dx} = \frac{\bar{P}_w L^3}{24EI_z} \left(4\left(\frac{x}{L}\right)^3 - 6\left(\frac{x}{L}\right)^2 + 1 \right) \quad \dots\dots(9.36)$$



(e) 回転角

図9-5 回転角の分布

本節では、静的構造物の代表のひとつである片持ち梁の応力解析を行い、たわみ曲線と最大変位を求める。

片持ち梁は、静定梁であることから、力の釣合から断面力を求めることができる。まず、荷重と反力の力の釣合は、図9-6(b)を参照すると、

$$\left. \begin{aligned} P - R_a &= 0; & R_a &= P \\ M_a &= PL \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.37)$$

となり、反力が得られる。

次に、切断法を適用して、部材の断面力を求める。同図(c)を参考に、 x 点での力の釣合は

$$\left. \begin{aligned} Q(x) - R_a &= 0; & Q(x) &= R_a \\ M(x) + M_a - R_a x &= 0 \\ M(x) &= R_a x - M_a = P(x - L) \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.38)$$

曲げモーメントの関数が得られたことより、梁の微分方程式は以下ようになる。

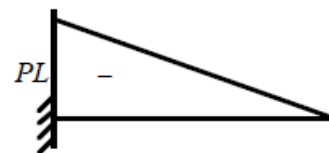
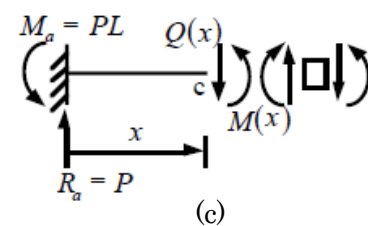
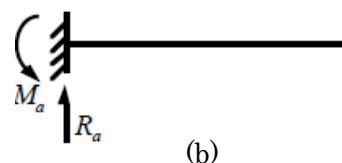
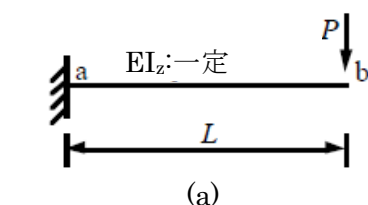
$$EI_z \frac{d^2 w}{dx^2} = -M(x) = -P(x - L) \quad \dots\dots(9.39)$$

上式を2回積分すると、

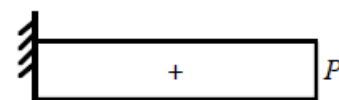
$$\left. \begin{aligned} EI_z \frac{dw}{dx} &= -P\left(\frac{x^2}{2} - Lx\right) + C_1 \\ EI_z w(x) &= -P\left(\frac{x^3}{6} - L\frac{x^2}{2}\right) + C_1 x + C_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.40)$$

として、変位 $w(x)$ の一般解が得られる。境界条件は、 a 端が固

9.4 先端集中荷重を受ける片持ち梁



(d) 曲げモーメント図



(e) せん断力図

図9-6 先端集中荷重を受ける片持ち梁モデルと断面力分布

定であることから、

$$\left. \begin{aligned} EI_z w(0) = C_2 = 0 \\ EI_z \frac{dw}{dx} \Big|_{x=0} = C_1 = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.41)$$

従って、以上の積分定数を用いると、変位は

$$w(x) = \frac{PL^3}{6EI_z} \left(3\left(\frac{x}{L}\right)^2 - \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right) \dots\dots(9.42)$$

で与えられる。また、回転角 $\theta(x)$ は

$$\theta(x) = \frac{dw}{dx} = \frac{PL^2}{2EI_z} \left(2\left(\frac{x}{L}\right) - \left(\frac{x}{L}\right)^2 \right) \dots\dots(9.43)$$

となる。両関数の梁先端 b での値は、式(9.41)と(9.42)に $x=L$ を代入することで得られる。

$$\left. \begin{aligned} w_{\max} = w(L) = \frac{PL^3}{3EI_z} \\ \theta(L) = \frac{PL^2}{2EI_z} \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.44)$$

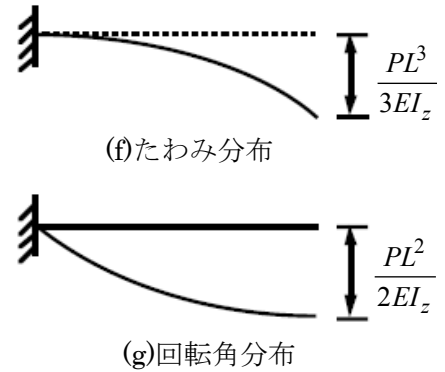


図 9-7 先端集中荷重を受ける片持ち梁のたわみと回転角

例題 9-2 次の片持ち梁に等分布荷重が加わっているとき、梁に生じる最大変位を求めよ。

片持ち梁は静的梁であるから、力の釣合から断面力が決定される。既に例題6-2で曲げモーメントの関数を得ている。

$$M(x) = -\frac{\bar{P}_w}{2}(L^2 - 2Lx + x^2) \dots\dots(9.45)$$

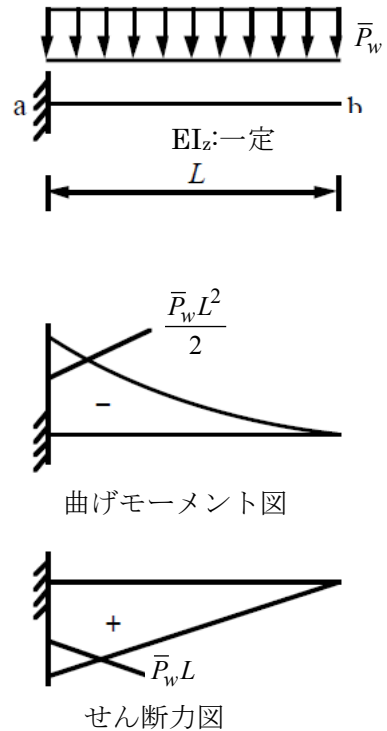
上の曲げモーメントの関数を用いると、梁の微分方程式は次式となる。

$$EI_z \frac{d^2w}{dx^2} = \frac{\bar{P}_w}{2}(L^2 - 2Lx + x^2) \dots\dots(9.46)$$

両辺を2回積分すると、

$$EI_z w(x) = \frac{\bar{P}_w}{2} \left(\frac{L^2}{2}x^2 - \frac{L}{3}x^3 + \frac{1}{12}x^4 \right) + C_1x + C_2$$

図 9-8a 等分布荷重を受ける片持ち梁の断面力



となり、たわみの一般解が得られる。

次に、積分定数を求めるために、境界条件を適用する。
 図中 a 点での境界条件は、固定端であることより、たわみと回転角がゼロとなる。従って、境界条件が

$$\left. \begin{aligned} EI_z w(0) &= C_2 = 0 \\ EI_z \frac{dw}{dx} \Big|_{x=0} &= C_1 = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots(9.48)$$

として得られる。求めた積分定数を用いると、変位 $w(x)$ は、式(9.47)より、次式となる。

$$w(x) = \frac{\bar{P}_w L^4}{24EI_z} \left(6\left(\frac{x}{L}\right)^2 - 4\left(\frac{x}{L}\right)^3 + \left(\frac{x}{L}\right)^4 \right) \dots\dots(9.49)$$

最大変位は、梁先端の位置 $x=L$ で生じるため、この値を上式に代入することで得られる。

$$w_{\max} = w(L) = \frac{\bar{P}_w L^4}{24EI_z} (6 - 4 + 1) = \frac{\bar{P}_w L^4}{8EI_z} \dots\dots(9.50)$$

回転角は、式(9.49)を一回微分することで次式のように得られる。

$$\theta(x) = \frac{dw}{dx} = \frac{\bar{P}_w L^3}{6EI_z} \left(3\left(\frac{x}{L}\right) - 3\left(\frac{x}{L}\right)^2 + \left(\frac{x}{L}\right)^3 \right) \dots\dots(9.51)$$

先端の回転角は、上式に $x=L$ を代入すれば、

$$\theta(L) = \frac{\bar{P}_w L^3}{6EI_z} \dots\dots(9.52)$$

となる。

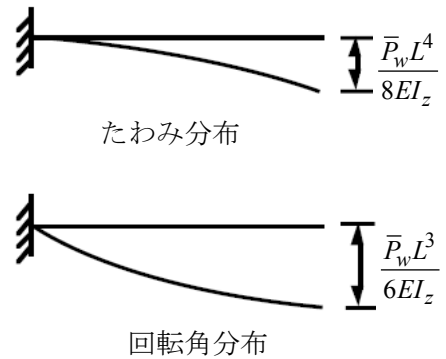


図 9-8b 等分布荷重を受ける片持ち梁のたわみと回転角

9.5 課題

本章の課題は、例題で示した先端集中荷重を受ける片持ち梁のたわみ曲線と最大たわみを検証すると同時に、SPACEで用意している鉄骨断面以外の薄肉断面の扱い方を学習することである。

解析モデルは、図9-9に示す先端集中荷重を受ける片持ち梁であり、また、部材は鉄骨で、材質はSS400で、特殊断面モデルを使用し、断面形状は以下の示すリップ溝型鋼2枚合わせの断面である。

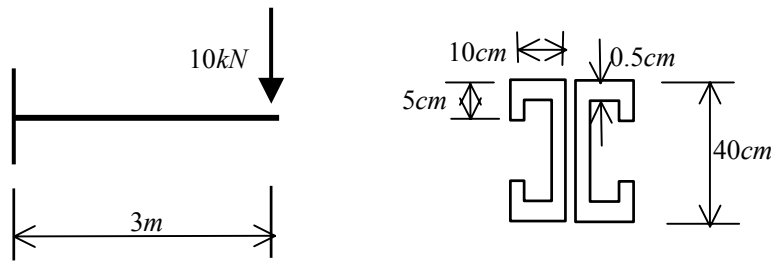


図 9-9 課題 1 の解析モデルと使用する断面

最初に、部材支持点に生じる最大曲げモーメントを求めておこう。

$$M_{\max} = PL = 10 \cdot 3 = 30kNm = 3000kN \cdot cm \quad \dots\dots(9.53)$$

特殊断面の断面性能は、図9-9の断面形状を参考すると、次のように求められる。

$$A = 2(10 \cdot 40 - 39 \cdot 9 - 0.5 \cdot 30) = 68cm^2$$

$$I = 2\left(\frac{10 \cdot 40^3 - 9 \cdot 39^3 - 0.5 \cdot 30^3}{12}\right) = 15438.2cm^4$$

$$Z = \frac{15438.2}{20} = 771.9cm^3$$

$$E = 20500kN/cm^2$$

従って、両断面内に生じる最大応力と最大変位は、以下のように与えられる。

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{Z} = \frac{3000}{771.9} = 3.89kN/cm^2$$

$$w_{\max} = \frac{\bar{P}_w L^3}{3EI_z} = \frac{10 \cdot 300^3}{3 \cdot 20500 \cdot 15438.2} = 0.284cm$$

} \dots\dots(9.54)

SPACE のモデラーを用いて、上記の解析モデルをコンピュータ内に作成する。解析モデルは、既に何度も作成しているので、片持ち梁の4分割解析モデルの作成はそれほど難しくはない。課題に対する解析モデルを、「演習解析モデル」-「第9章」フォルダ内の「課題1」に作成する。

SPACE では、鉄骨構造の解析を行う際、標準で使用可能な断面は、H型鋼、鋼管、角型鋼管があり、これらの断面性能はデータベース化され

9.6 モデラーで解析モデルを作成する

ている。解析では、このデータベースの値を使用しても良いし、内部計算で断面性能を設定しても良い。また、矩形断面の内部計算のみで用意されている。この他の断面については、薄肉板材で構成された断面であれば、ユーザーが独自に設計して解析に使用できる。本章の課題の一つは、この特殊断面の使用法を学ぶことにある。

特殊断面を使用するためには、解析モデルを作成する前に、特殊断面データを設定し、システムに登録する必要がある。本来は、ユーザー自らが、この特殊断面に関する特殊断面データファイルを作成しなければならないが、ここでは、少し面倒なので、このテキストと同じフォルダに添付されている「tokushu.dat」ファイルを使用する。

このファイルを「第9章」フォルダ内の「課題1」にコピーした後、SPACEのメニューから「I/Oデータ」→「ファイルの入出力」→「形状ファイル」を選択し、図9-10のダイアログを表示させる。そこで、丸で示した特殊断面設定項目の読み込みと書き込みにチェックマークを入れることと、ファイル名を設定する。ここでは、「tokushu.dat」として

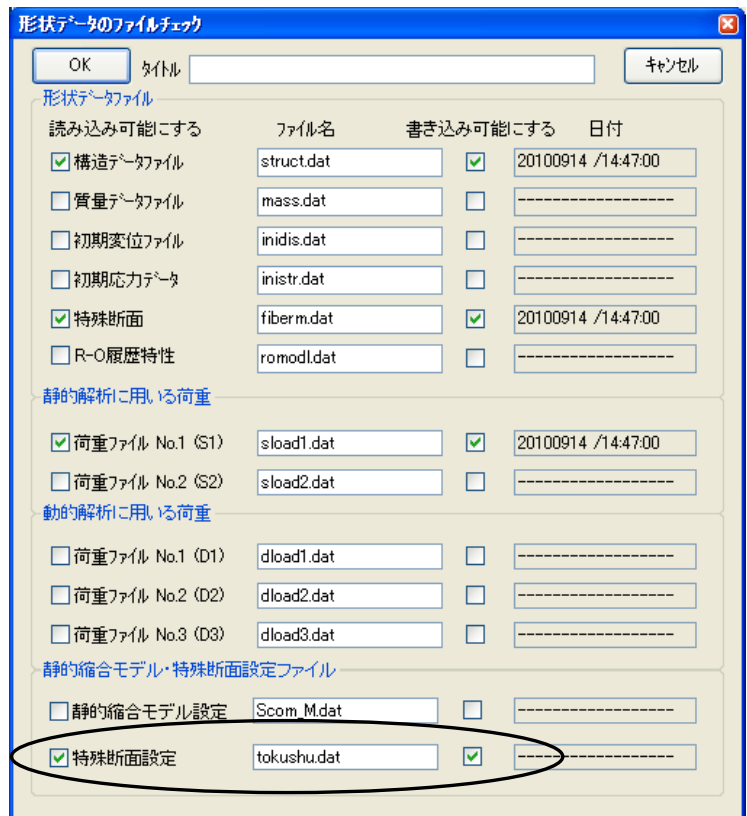


図9-10 形状データファイルチェックダイアログで、特殊断面設定項目を設定する

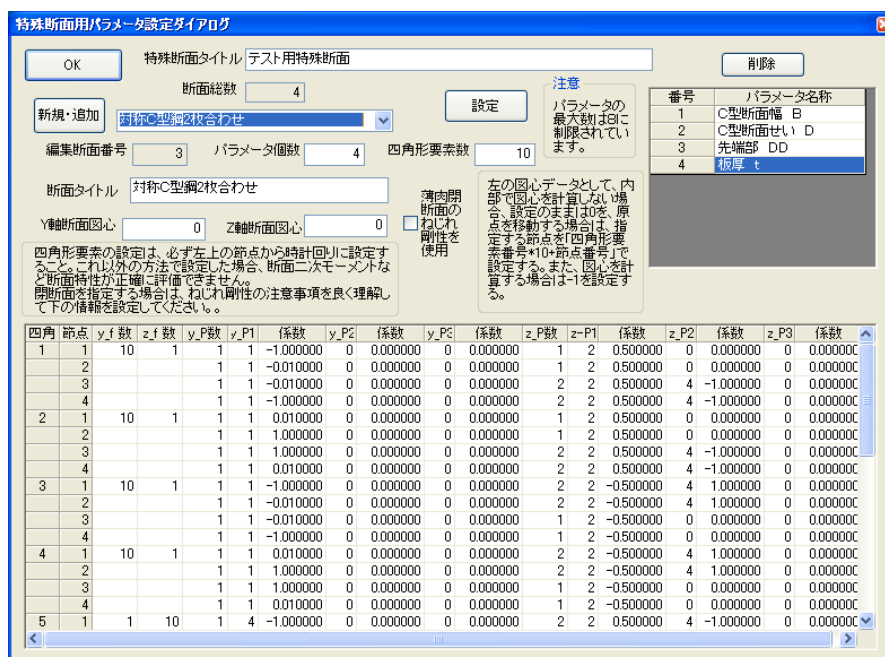


図9-11 特殊断面用パラメータ設定ダイアログでリップ溝型鋼2枚合わせ断面のデータチェックを行う

いる。無論この名前にユーザーが独自に設定して良いが、ここでは、既に、特殊断面データファイルが、同名で作成されているのでこの名前にしておこう。

次に、モデラーを起動し、要素データの設定のための初期ウィザードが出現するが、全てキャンセルし、何も無い CAD 画面上で、メニュー「設定」→「任意型特殊断面データ設定」を選択する。この操作で、図 9-11 に示す特殊断面用パラメータ設定ダイアログが表示される。このダイアログで表示された内容を理解し、ユーザー自ら特殊断面を設定できるように勉強しよう。特殊断面設定法についての詳細は、付録を参照されたい。

この操作で、図 9-11 に示す特殊断面用パラメータ設定ダイアログが表示される。このダイアログで表示された内容を理解し、ユーザー自ら特殊断面を設定できるように勉強しよう。特殊断面設定法についての詳細は、付録を参照されたい。



図 9-12 使用材料の設定ダイアログで、鉄骨と両端ファイバーモデルを選択

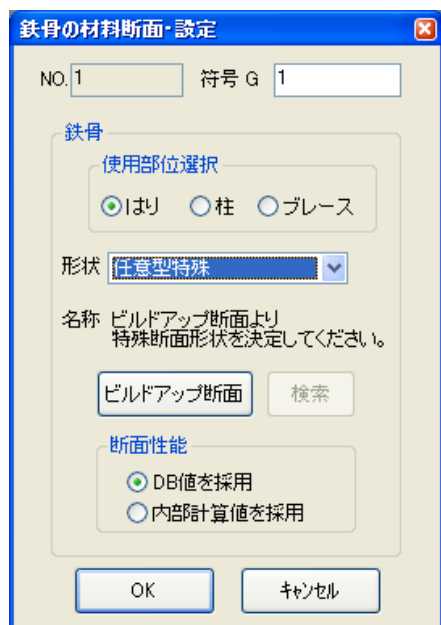


図 9-13 鉄骨の断面設定で、「任意型特殊」を選択

「任意型特殊」を選択し、「ビルドアップ断面」ボタンを押す。

図 9-14 の特殊断面設定ダイアログが表示され、その中で、解析モデルで使用する断面を選択する。ここでは、図のように選択断面番号で、3 番目の「対称 C 型鋼 2 枚合わせ」というタイトルの断面を選択する。ここでは、せん断変形の

一端、モデラーを閉じた後、再度、モデラーを起動し、解析モデルを作成する。図 9-12 で鉄骨 SS400 と、両端ファイバーモデルを選択する。梁の断面を設定するために、図 9-13 のように形状として、

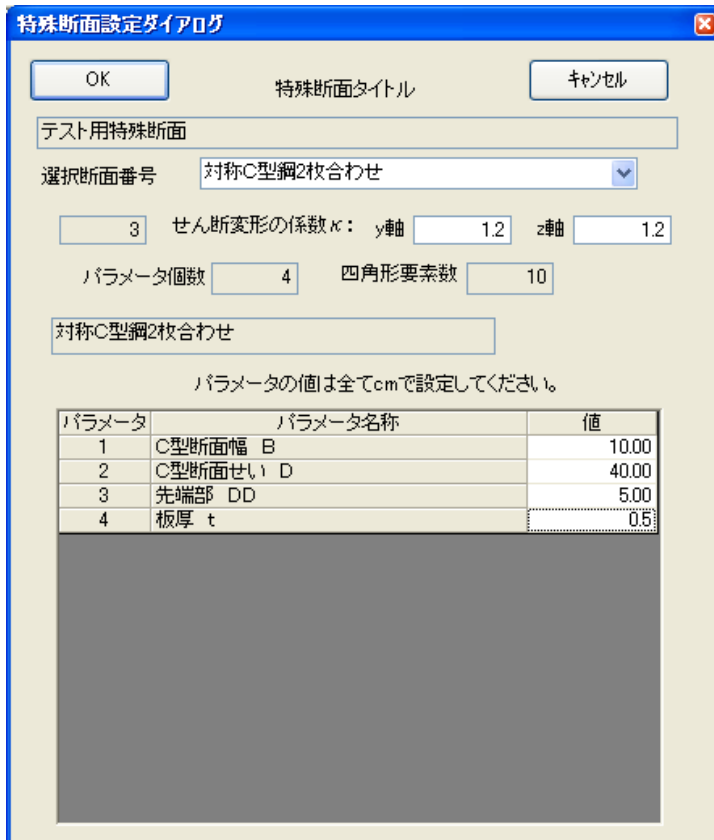


図 9-14 特殊断面用のパラメータを設定

係数 κ は規定値のまま、断面設定パラメータを入力する。使用する断面は、図 9-9 で与えられており、その値を図 9-14 の「値」の欄に入力する。「OK」ボタンを押した後、図 9-15 のダイアログで特殊断面を作成する。

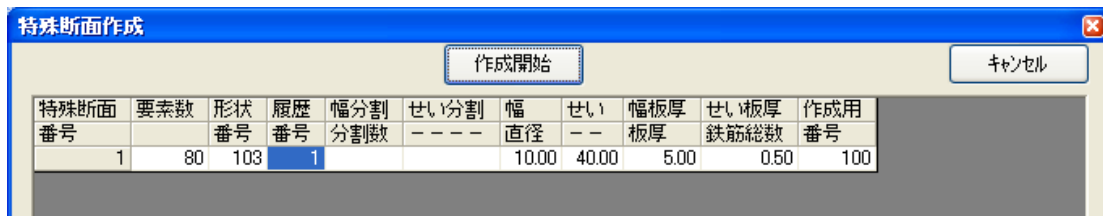


図 9-15 特殊断面作成用ダイアログ

作成した特殊断面に関する断面性能を、断面設定の要素データ変更ダイアログで、チェックする。計算で求めた値と SPACE の内部計算で求めた値は、少しの差異があるが、ほぼ等しくなっている。



図 9-16 要素データ変更ダイアログで使用断面の特性をチェック

図 9-17 には、解析モデルが表示されている。片持ち梁は 4 分割で設定されており、節点 1 は固定境界に、節点 5 では、集中荷重が加えられている。

図 9-18 では、モデラー内のソリッド表示機能を用いて設定した特殊断面を表示されている。

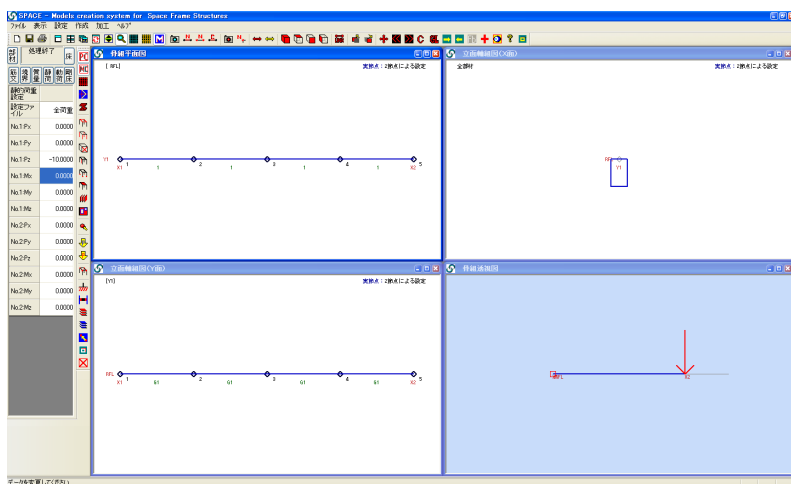


図 9-17 モデラーによる解析モデルの作成

全ての解析データを作成した後、モデラーのメニューで、「ファイル」→「ファイルへの出力」を選択し、図 9-19 の「ファイル出力」ダイアログを表示させ、必要なファイルにチェックマークを入れ、「OK」ボタンを押してファイルにデータを出力する。

次に、線形解析を行い、断面力とたわみの結果を比較

する。ここでは、せん断変形を無視した解析を行うので、図 9-20 の「静的解析の出力・解析制御に関するコントロールデータ」ダイアログで、丸で示したように「せん断変形を考慮しない」にチェックマークを入れる。

解析結果を検証してみよう。メニューの「表示」→「静的解析の途中経過の表示」を選択すると、図 9-21 のように、解析経過が表示される。断面力は、図 9-20 の丸で示した「SOUTPUT」に応力出力の項で、「出力」

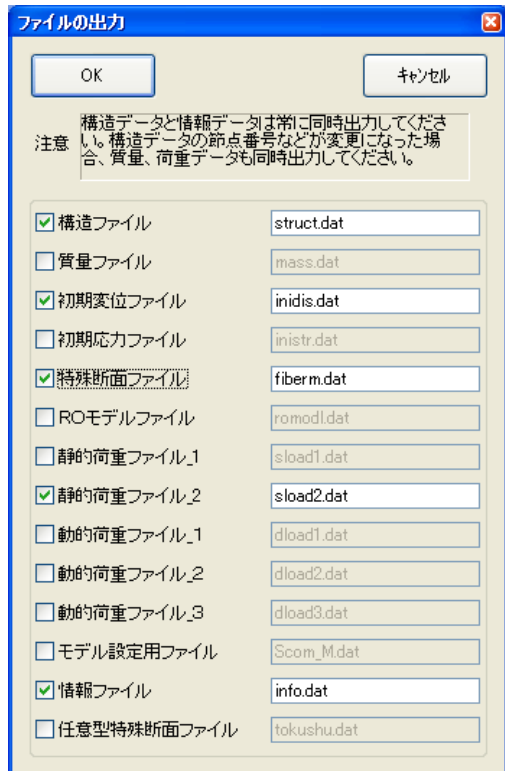


図 9-19 ファイル出力ダイアログで設定したモデルのデータを各ファイルに出力

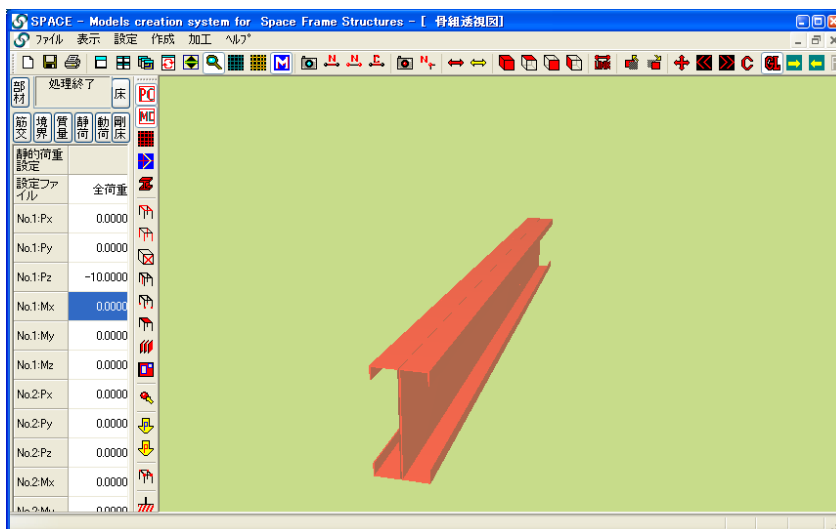


図 9-18 モデラーのソリッド表示機能による設定した特殊断面の描画

にチェックを入れることで出力される。このファイルの最後に、10 ステップ目の断面力が表示されており、部材の中

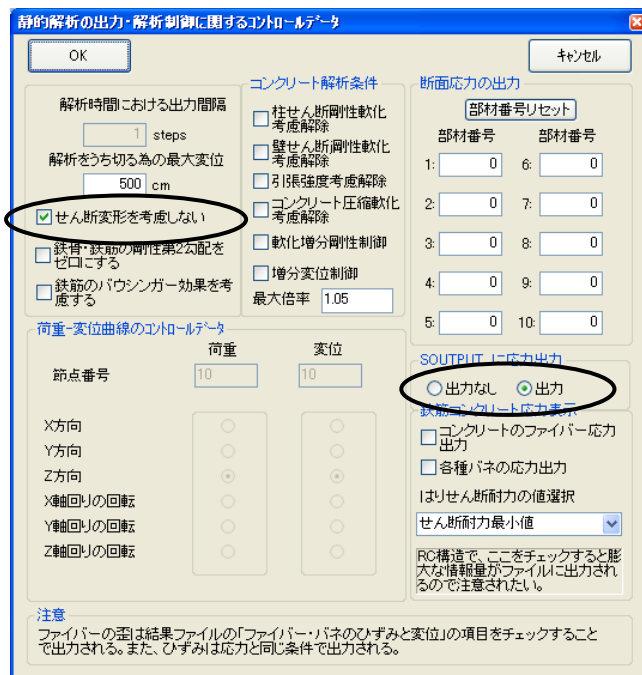


図 9-20 せん断変形を考慮しない解析

中央では、曲げモーメントが 3000kNcm となっており、解析解である式 (9.53) の値と同じとなっている。

Divided step number : 10 -----							
Unstable number: 0							
部材番号	部材モデル	Nx	Qy	Qz	Mx	My	Mz
1	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	3000.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	2250.0000	0.0000
2	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	2250.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	1500.0000	0.0000
3	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	1500.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	750.0000	0.0000
4	11	0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	750.0000	0.0000
		0.0000	0.0000	-10.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Step number : 10 //// Load S1 1.000 Load S2 0.000 Max. disp.(No. node: 5) : 0.2859

図 9-21 Soutput ファイルの内容表示 (断面力の表示)

プレゼンターで解析結果を分析する。図 9-22 には、せん断力図と曲げモーメント図が描かれている。解析結果と同一の断面力図が得られている。

図 9-23 には、変形倍率をかなり上げた片持ち梁の変形状態が描かれている。

図 9-22 プレゼンターによる断面力の表示 (上: せん断力図、下: 曲げモーメント図)

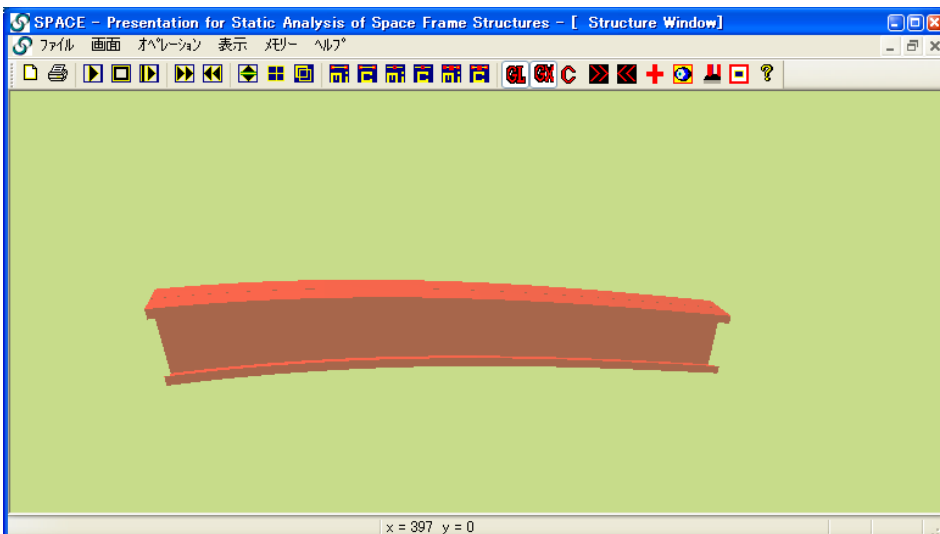
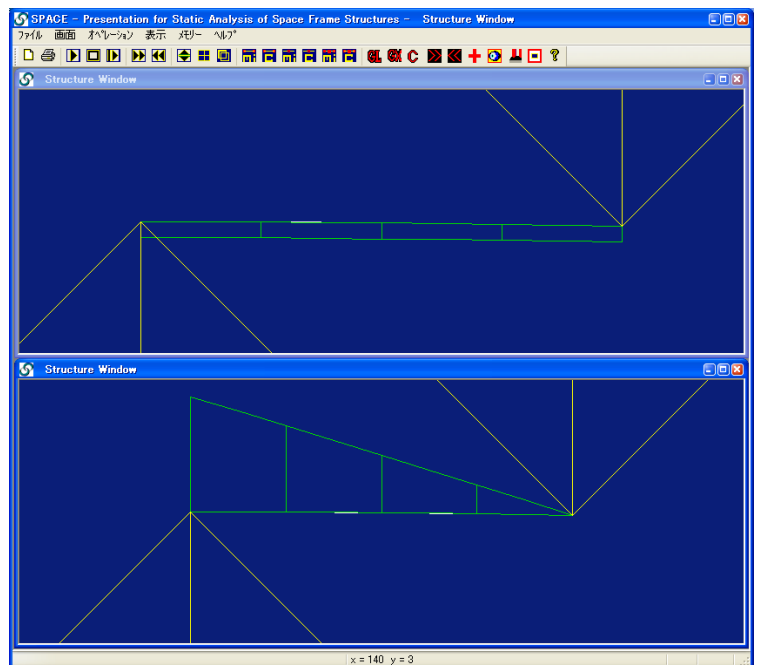


図 9-23 片持ち梁の変形状態をソリッドで表示

図9-22で、Ctrl キーを押しながら、梁の先端をマウス右ボタンでクリックする。この操作で、図9-24には、梁先端の節点情報が表示されている。同図の丸で示しているように、梁先端の変位は、 $\delta = 0.287\text{cm}$ として得られており、解析結果である式(9.54)と同じ値となっている。

図9-24 片持ち梁先端の節点情報によるたわみ



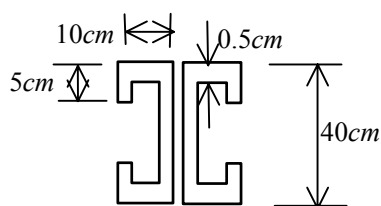
9.7 まとめ

本章では、梁の微分方程式を用いて、静定構造物の代表である片持ち梁と単純梁の解析を行い、たわみ曲線や最大たわみを求めた。これらの静的構造物の解析を実施することで、梁の微分方程式を十分に理解できることになる。

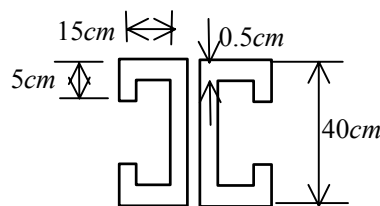
また、課題では、SPACE を用いて片持ち梁の数値解析を実施した。SPACE では、鉄骨断面の標準としてH型鋼、角型鋼管、鋼管、矩形が使用可能となっている。これ以外では、薄肉板材で構成された特殊断面が独自に設定可能となっており、本章では、その使用方法を学習した。

9.8 問題

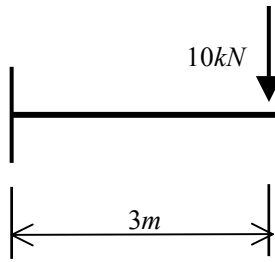
問9-1 次に示す片持ち梁と単純梁について、SPACE を用いて静的応力解析（線形解析）を実施しなさい。部材は鉄骨で、材質はSS400で特殊断面モデルとし、使用する断面は、以下に示す特殊断面とする。課題で行った断面設定法を良く理解して、同様の操作で断面を設定されたい。



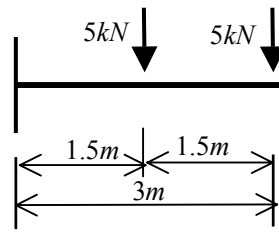
片持ち梁で使用する断面



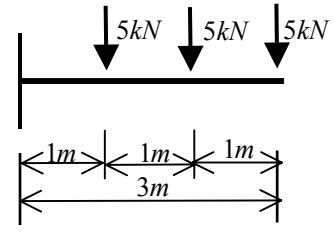
単純梁で使用する断面



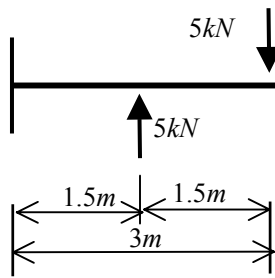
問 9-1



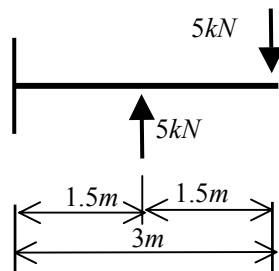
問 9-2



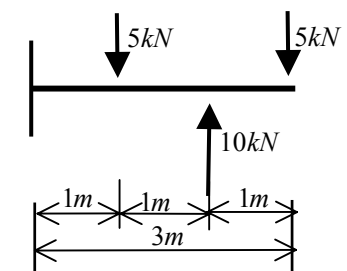
問 9-3



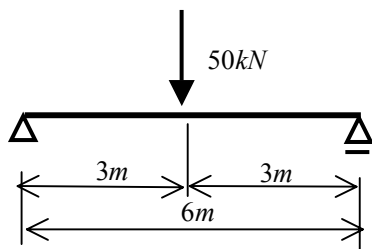
問 9-4



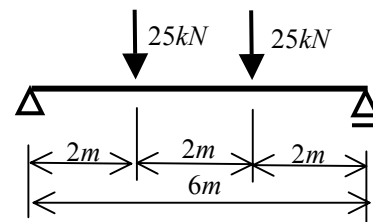
問 9-5



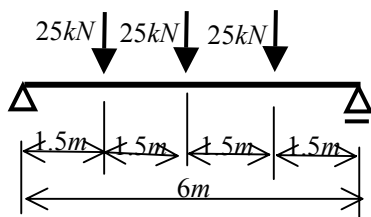
問 9-6



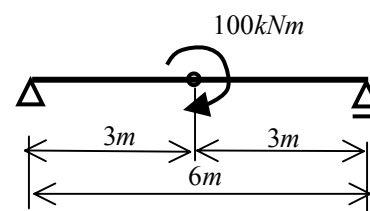
問 9-7



問 9-8



問 9-9



問 9-10