

構造力学 I : 講義の目的

- 部材の設計に必要な応力と変形の力学を学ぶ
 - 力の釣合、断面力と荷重の釣合を理解する
 - はりの微分方程式からたわみを求める
 - 断面力、(曲げモーメント、軸力、せん断力)と断面内の応力の関係を理解する
-
- はり、柱に関する基礎的な知識
 - はり理論(ベルヌーイ・オイラー梁)

学習上の注意

1. ノートをとる。電卓が必要
2. 予習・復習を行う。特に復習を行い、その単元を理解する。
3. 問題を自宅で解き、理解できないことは質問する。
4. SPACEを利用して、理解を深める。

出席を取ります。欠格にならないように。

構造力学は、建築の安全にかかわる最も基礎的知識です。

一級建築士の受験資格

講義用テキスト

村田研究室のホームページより取得

The screenshot shows the Murata Lab homepage in a Firefox browser window. The browser's address bar displays the URL www.ra.meijo-u.ac.jp/labs/ra007/murata/index.htm. The page header includes the text "Murata Lab" and "SPACE Development Project team". The right sidebar identifies the affiliation as "名城大学 理工学部 建築学科".

The main content area is divided into three columns:

- Left Column (Navigation Menu):** Includes links for HOME (Top), Member (教授・学生, 大学院卒業生, 学部卒業生), Study (研究内容, オンラインテキスト), Download (構造力学教科書・資料, 構造力学問題集), and Other (SPACE, Link, アクセス). The "Download" link is circled in red.
- Center Column (更新履歴):** Lists the release history of SPACE software versions, including dates and links to download specific versions (e.g., SPACE Ver. 3.60, SPACE Ver. 3.56, SPACE Ver. 3.55, SPACE Ver. 3.50, SPACE Ver. 3.40, SPACE Ver. 3.31, SPACE Ver. 3.30, SPACE Ver. 3.20, and SPACE ver. 3.10).
- Right Column (SPACE information):** Provides information about the software, including its purpose for educational use, the current version (Ver. 3.56), and a link to the official page. It also lists additional features (追加機能) such as CAD-based modeling, solid model rendering, and dynamic analysis parallel processing. A screenshot of the software interface is shown at the bottom of this column.

講義用テキスト たわみ角法の各章をクリック PDFで内容が表示される



講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合

The screenshot shows a web browser window displaying the Murata Lab website. The browser's address bar shows the URL www.ra.meijo-u.ac.jp/labs/ra007/murata/index.htm. The website header includes the text "Murata Lab" and "SPACE Development Project team". On the right side of the header, it says "名城大学 理工学部 建築学科". The main content area is divided into three columns. The left column contains a navigation menu with links for "HOME", "Member", "Study", "Download", and "Other". The "Other" section is highlighted with a red oval, and it contains links for "SPACE", "Link", and "アクセス". The middle column is titled "更新履歴" (Update History) and lists the release dates and versions of SPACE, from "SPACE Ver.3.10" to "SPACE Ver.3.60". The right column is titled "SPACE information" and provides details about the software, including a link to the "SPACE official page" and a list of additional features under the heading "【追加機能】". At the bottom of the right column, there is a screenshot of the SPACE software interface and a note: "※モデラーによるモデル作成画面".

Firefox 建築構造設計に役立つソフト Murata Lab

www.ra.meijo-u.ac.jp/labs/ra007/murata/index.htm Google

Murata Lab
SPACE Development Project team

名城大学
理工学部
建築学科

HOME
▶ [Top](#)

Member
▶ [教授・学生](#)
▶ [大学院卒業生](#)
▶ [学部卒業生](#)

Study
▶ [研究内容](#)
▶ [オンラインテキスト](#)

Download
▶ [構造力学教科書・資料](#)
▶ [構造力学問題集](#)

Other
▶ [SPACE](#)
▶ [Link](#)
▶ [アクセス](#)

更新履歴

2011/09/1
[SPACE Ver.3.60](#) を公開予定>

2011/02/1
[SPACE Ver.3.56](#) を公開>

2010/09/1
[SPACE Ver.3.55](#) を公開>

2010/04/1
[SPACE Ver.3.50](#) を公開>

2009/04/5
[SPACE Ver.3.40](#) を公開>

2008/02/25
[SPACE Ver.3.31](#) を公開>

2008/02/25
[SPACE Ver.3.30](#) を公開

2007/06/1
[SPACE Ver.3.20](#) を公開

2006/06/19
SPACEver.3.10を公開

SPACE information

村田研究室にて、技術者・研究者・学生用に作成されている教育用の構造解析ソフトを公開しています。

現在ver.3.56を公開中

[>>SPACE official page](#)

【追加機能】

U. CAD仕様によるモデラーを開発
R. 透視図のソリッドモデルによる表現
Q. 動的解析の分散並列処理など



※モデラーによるモデル作成画面

講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合

Firefox | 建築構造設計に役立つソフト | Murata lab | SPACE

www.ra.meijo-u.ac.jp/labs/ra007/space/index.htm

About SPACE | Registration | What's new | **Download** | Document | Others

Manual
Sample model

SPACE

SPACE Development Project team (c)1995- All right Reserved

村田研究室+SPACE

Topics

2012/4/1 **SPACE Ver.3.60を公開**

予定をはるかに遅れて、漸くSPACE Ver.3.60が公開できました。ダウンロードしてご利用ください。アドレスはこちらからお知らせしたダウンロードアドレスのリンク情報で、最後のファイル名を **SPACEVer360.zip** に変更してください。これで容易にダウンロードができます。前バージョンを削除した後、インストールを実施してください。

注意: Ver.3.60では、ソルバー出力ファイルの一部で仕様の変更を行いました。Ver.3.60以前のバージョンで解析した情報でプレゼンターなどを利用するとエラーとなります。このバージョンのソルバーを用いて再計算してください。また、64ビットOSにインストールするとモデラーでエラーが発生しています。これはデータベースへのアクセスができなくなっていることに原因があります。当面の対処法

SPACE Ver.3.60を無料公開しております。

Registration(ご登録)でユーザー登録をしてください。

Ver.3.56までは、RC構造などの入力ダイアログに変更があります。最新のバージョンに再インストールをお願いします。先にメールしましたVer.3.40以降であれば、ダウンロード用のアドレスをクリックしていただければ自動的にVer.3.55が得られます。システム動作確認用の解析モデルを公開します。メニューから[Download][Sample_Model]に進み、ダウンロードしてご利用ください

ソルバーでSMP型のスレッド並列処理が可能になりました。特にPCコアが4の場合はかなりの演算効率が認められます。使用方法は今までと

講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合

Firefox | 建築構造設計に役立つソフト | Murata lab | Download_manual

wwwra.meijo-u.ac.jp/labs/ra007/space/Dw_manual.htm

About SPACE
Registration
What's new
<Download>
Manual
Sample model
<Document>
Manual
Training Data
<Others>
Link
Mail
村田研究室

Manual(ver.3.30)

[SPACEについて]
SPACEシステム編
操作編
動的解析編マニュアル
並列処理
履歴モデル編
理論マニュアル

[SPACEを使用するためのマニュアル]
初心者用ユーザーズマニュアル
モデラー使用編

[構造解析プログラム演習編]
線形静的解析と座屈
線形振動解析を固有値解析
プレゼンター作成入門編

[構造力学]
SPACEで学ぶ構造力学入門 梁・柱
SPACEで学ぶ構造力学入門 骨組編
SPACEで学ぶ構造力学 静的解析編(改訂版)
SPACEで学ぶ構造力学 動的解析編(改訂版)

[SPACE利用ガイド]
SPACE利用のためのガイド 木造編
SPACE利用のためのガイド RC編
SPACE利用のためのガイド 鉄骨編

EXE (1.49MB)
EXE (8.80MB)
EXE (8.09MB)
EXE (5.58MB)
zip (3.58MB)
EXE (1.02MB)
EXE (7.08MB)
zip (12.7MB)
EXE (3.62MB)
EXE (3.69MB)
EXE (1.40MB)
zip (11.2MB)
zip (11.9MB)
zip (16.7MB)
zip (55.0MB)
EXE (6.93MB)
zip (17.2MB)

準備中

SPACEDevelopmentProjectteam(c)1995-AllrightReserved

講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合

The screenshot shows a Firefox browser window with a sidebar menu on the left containing links like 'About SPACE', 'Registration', 'What's new', '<Download>', 'Manual', 'Sample model', '<Document>', 'Manual', 'Training Data', '<Others>', 'Link', 'Mail', and '村田研究室'. The main content area displays 'Manual(ver.3)'. A download dialog box titled 'manual221.zip を開く' is open in the center. The dialog contains the following text: '次のファイルを開こうとしています:', 'manual221.zip', 'ファイルの種類: Compressed (zipped) Folder (12.2 MB)', 'ファイルの場所: http://wwwra.meijo-u.ac.jp'. It asks 'このファイルをどのように処理するか選んでください' and offers three options: 'プログラムで開く(Q):' (set to 'エクスプローラー (既定)'), 'ファイルを保存する(S)' (highlighted with a red circle), and '今後この種類のファイルは同様に処理する(A)'. At the bottom, 'OK' and 'キャンセル' buttons are shown, with 'OK' also highlighted by a red circle. On the right, a list of download links is visible, including 'EXE (1.49MB)', 'EXE (8.80MB)', 'EXE (8.09MB)', 'EXE (5.58MB)', 'zip (3.58MB)', 'EXE (1.02MB)', 'EXE (7.08MB)', 'zip (12.7MB)', 'EXE (3.62MB)', 'EXE (3.69MB)', 'EXE (1.40MB)', 'zip (11.2MB)', 'zip (11.9MB)' (highlighted with a red circle), 'zip (16.7MB)', 'zip (55.0MB)', 'EXE (6.93MB)', and 'zip (17.2MB)'. The text '準備中' is at the bottom right.

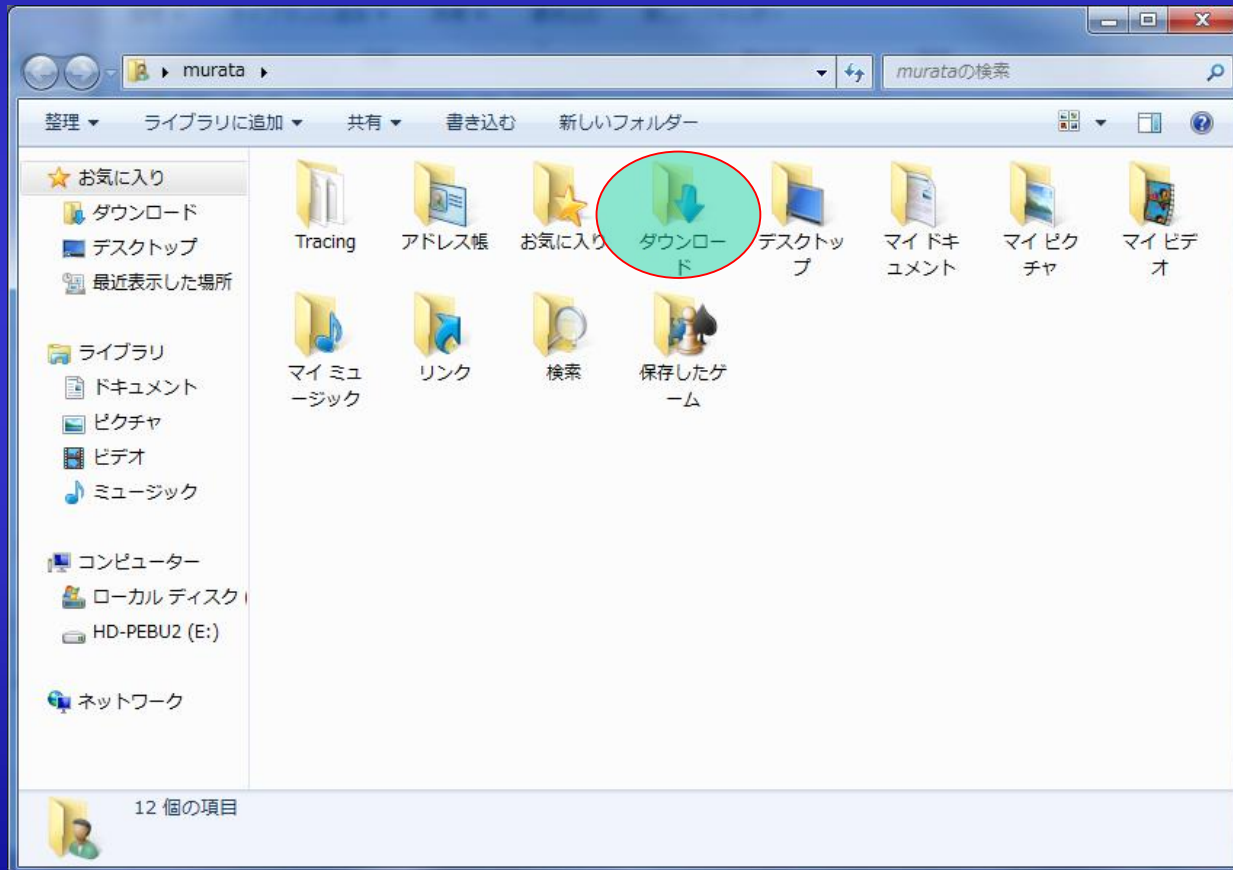
[SPACE利用ガイド]

- SPACE利用のためのガイド 木造編
- SPACE利用のためのガイド RC編
- SPACE利用のためのガイド 鉄骨編

SPACE Development Project team (c) 1995- All right Reserved

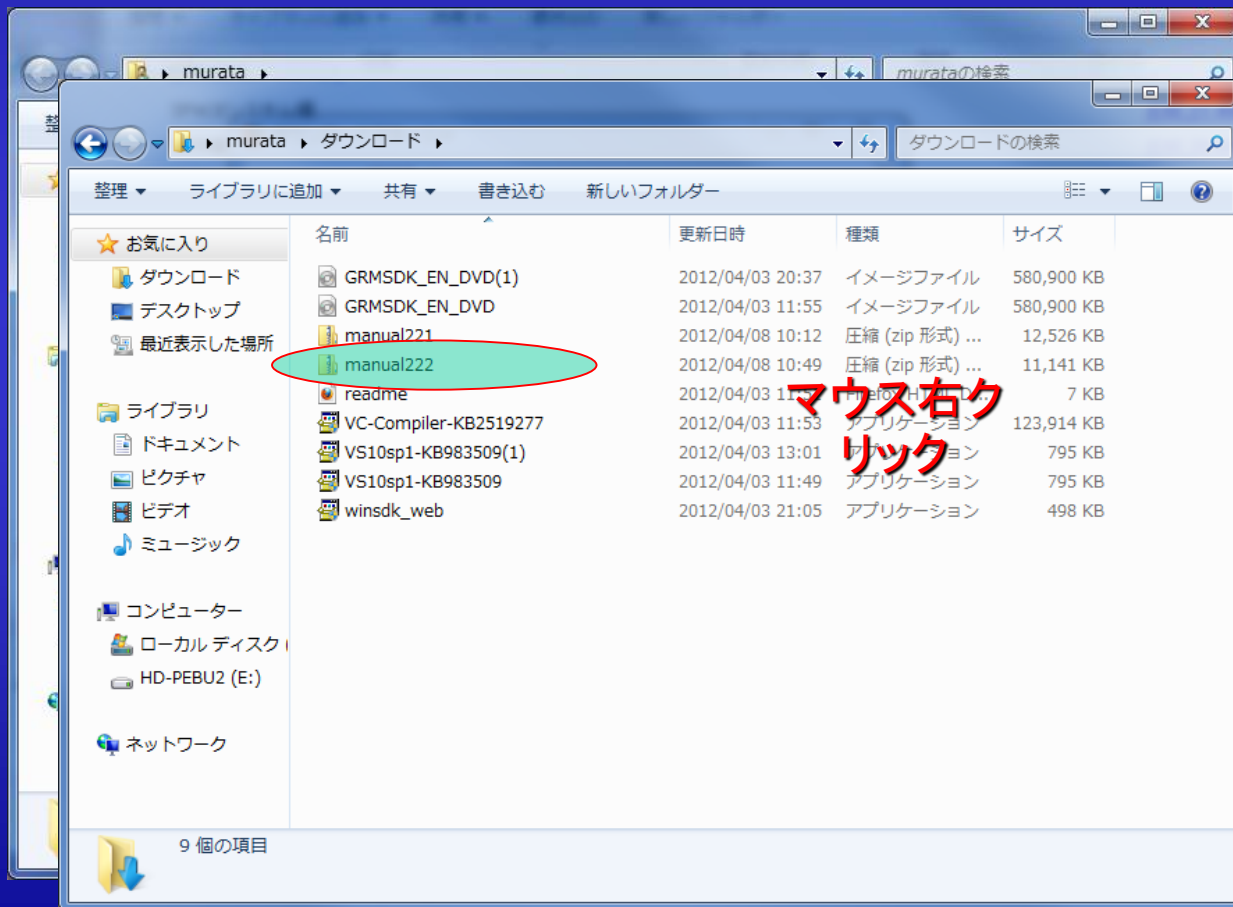
講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合



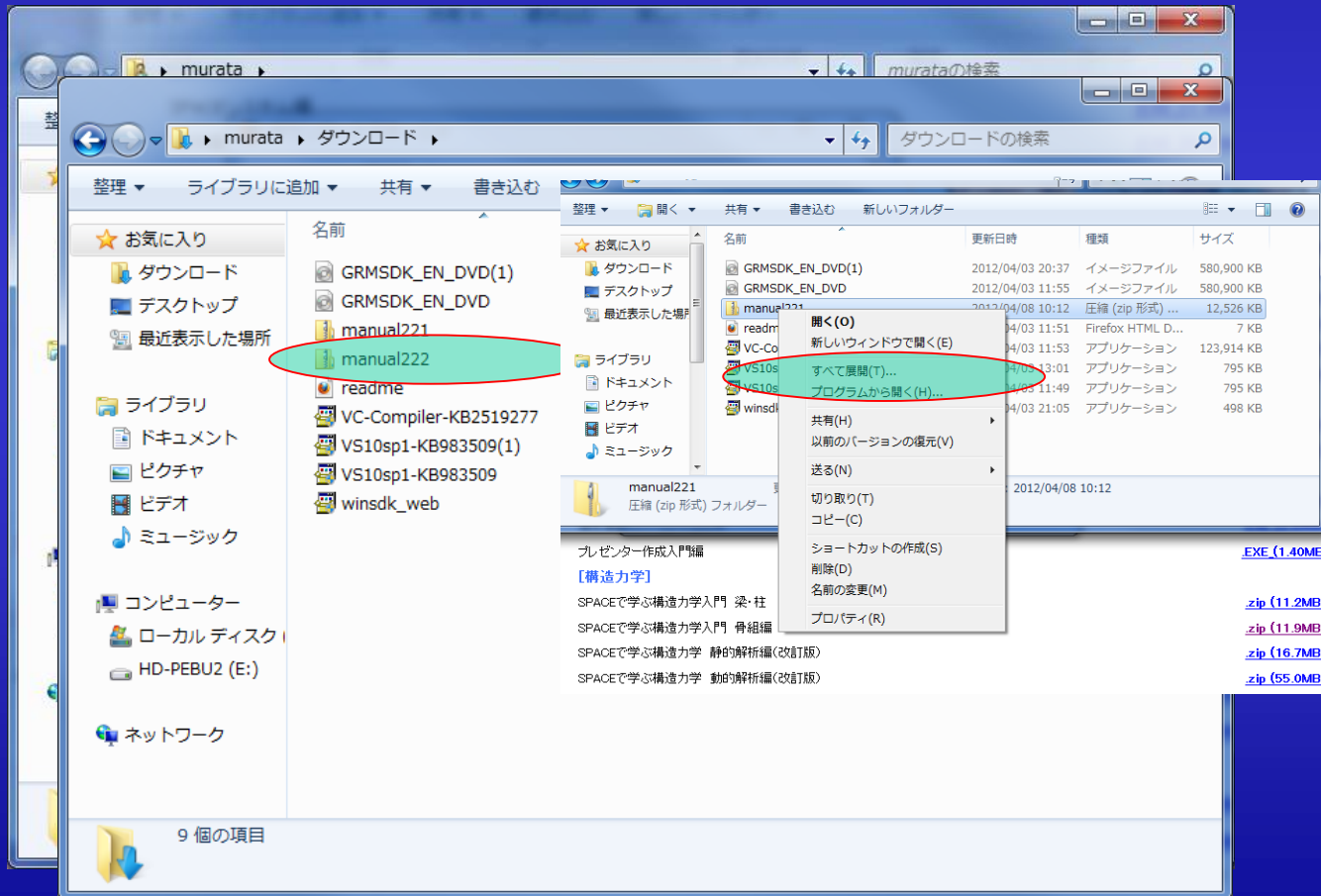
講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合



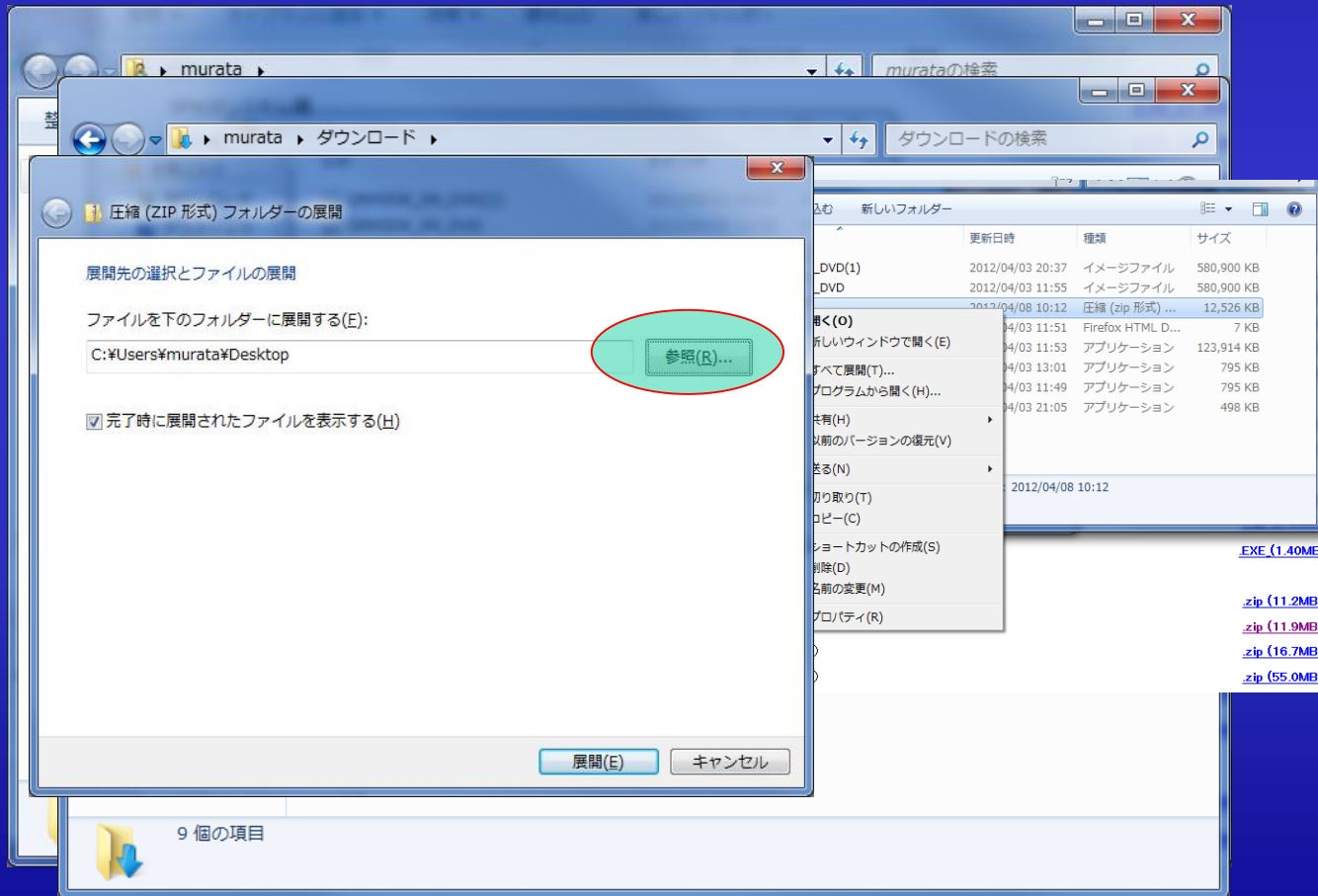
講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合



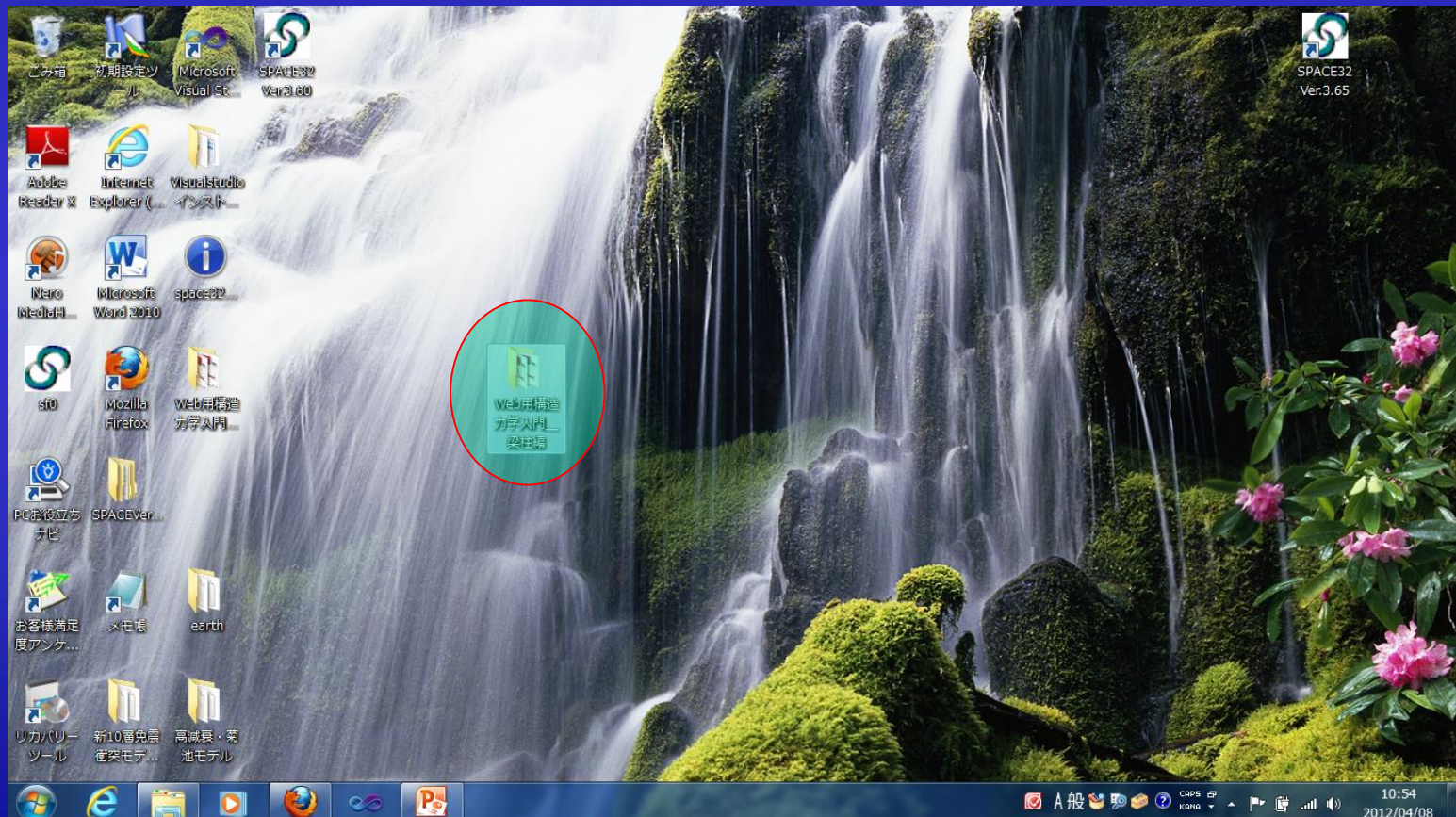
講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合



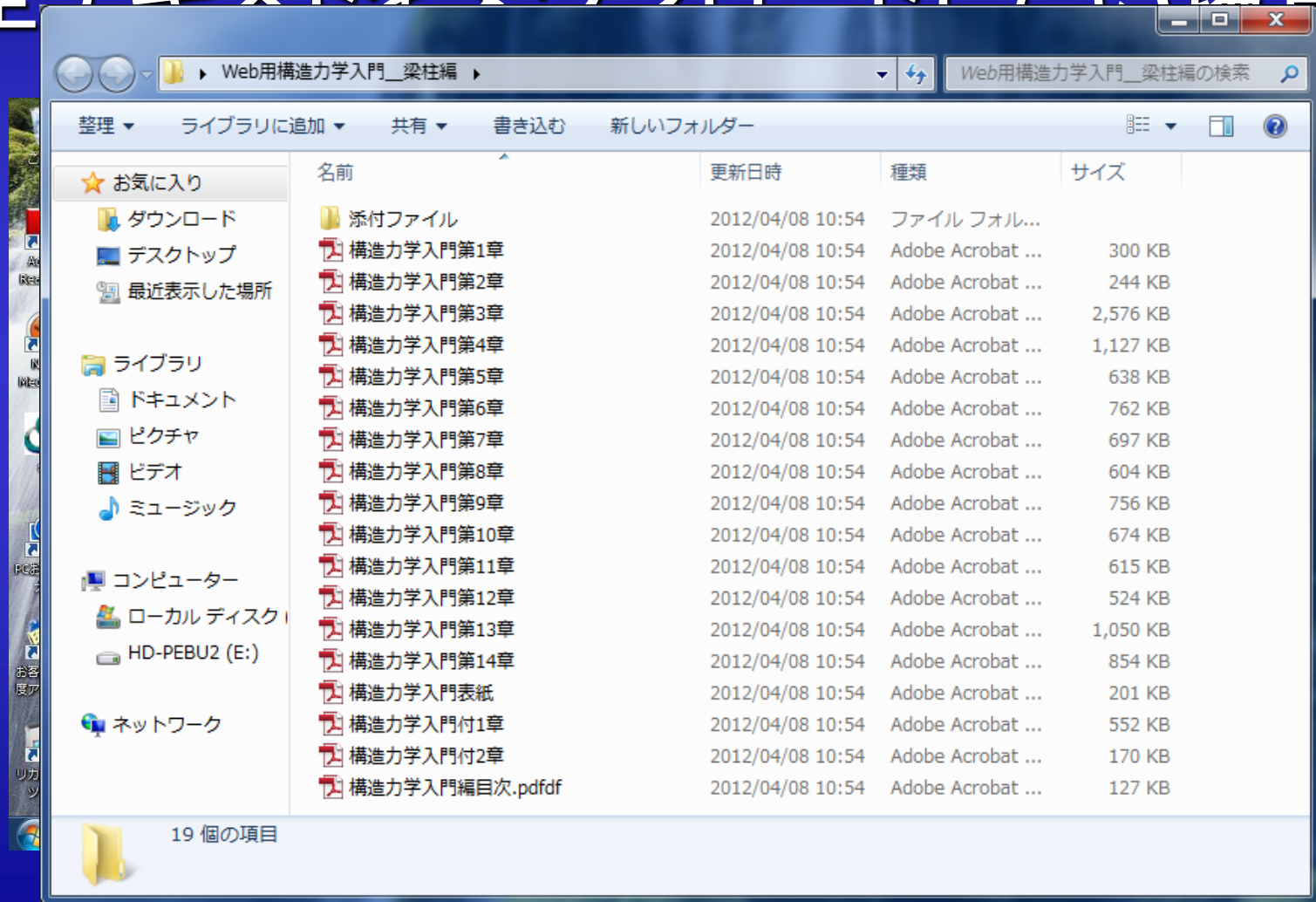
講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合



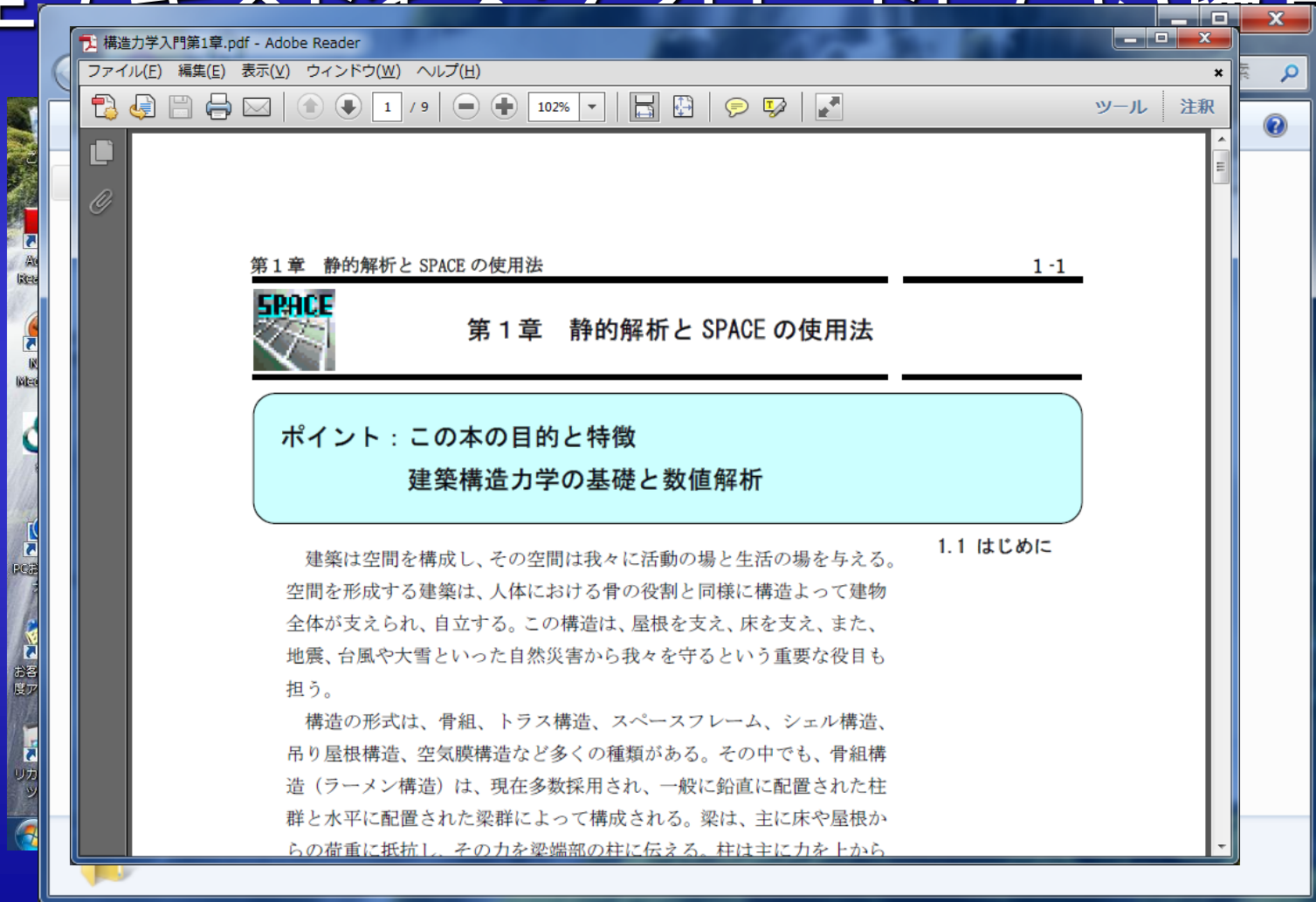
講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合



講義用テキスト

全テキストをダウンロードしたい場合



部材の応力と変形



構造力学 I

第1回講義内容

- 1) 応力とひずみの関係
- 2) 材料の力学的性質
- 3) 演習
- 4) まとめ

骨組の構造力学

応力とひずみの関係
変位とひずみの関係



梁理論

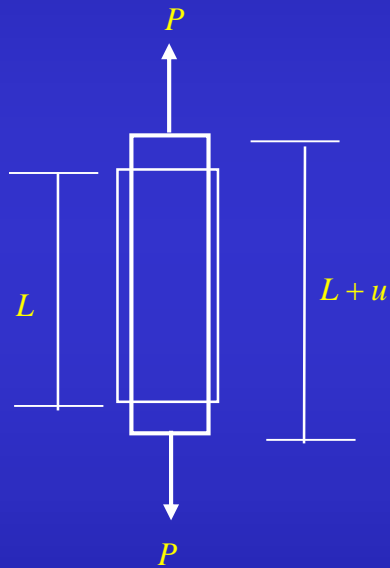
1. ベルヌーイ・オイラー梁理論
2. チェモシエンコ梁理論



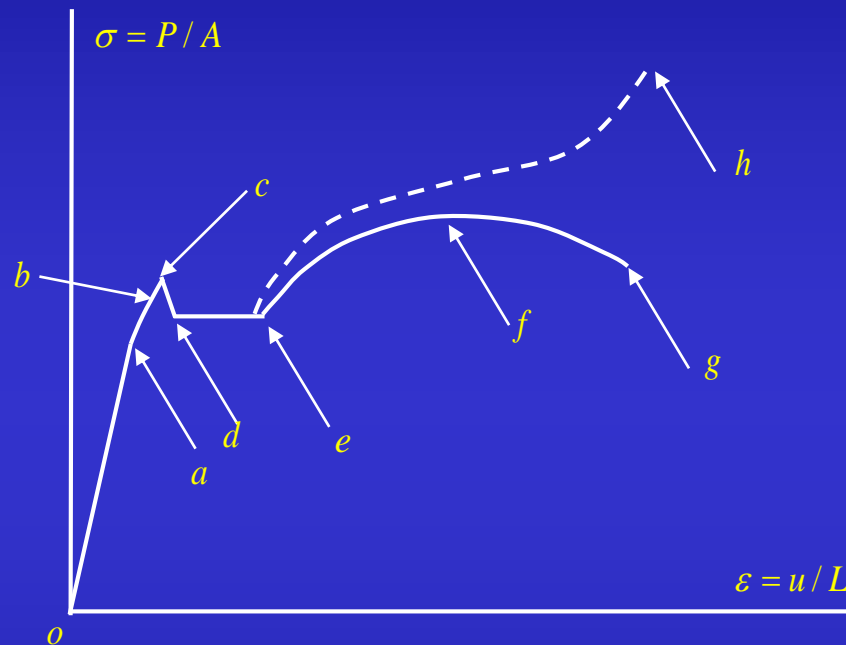
骨組の力学

1. たわみ角法
2. 固定法
3. 有限要素法
(マトリックス法)

鋼の応力とひずみの関係



鋼の引張試験



- a: 比例限界
- b: 弾性限界
- c: 上降伏点
- d: 下降伏点
- e: 降伏終了
- f: 引張強さ
- g: 最終破壊点

図2-1 鋼の応力とひずみの関係

応力とひずみ(弾性)、ヤング係数

$\sigma = P / A$ 単位面積当たりの力 単位 : kN/cm^2 N/mm^2
シグマ

$\varepsilon = u / L$ 変位の変化率 単位 : 無次元量
イプシロン

応力とひずみの関係 \rightarrow 比例部分 縦弾性係数
ヤング係数

$\sigma = E \varepsilon$ ヤング係数の単位 : kN/cm^2 N/mm^2

鋼の $E : 20500 \text{kN} / \text{cm}^2$

コンクリート : おおよそコンクリートの $1/10$

木造 : $700 \sim 1000 \text{kN} / \text{cm}^2$

弾性と塑性

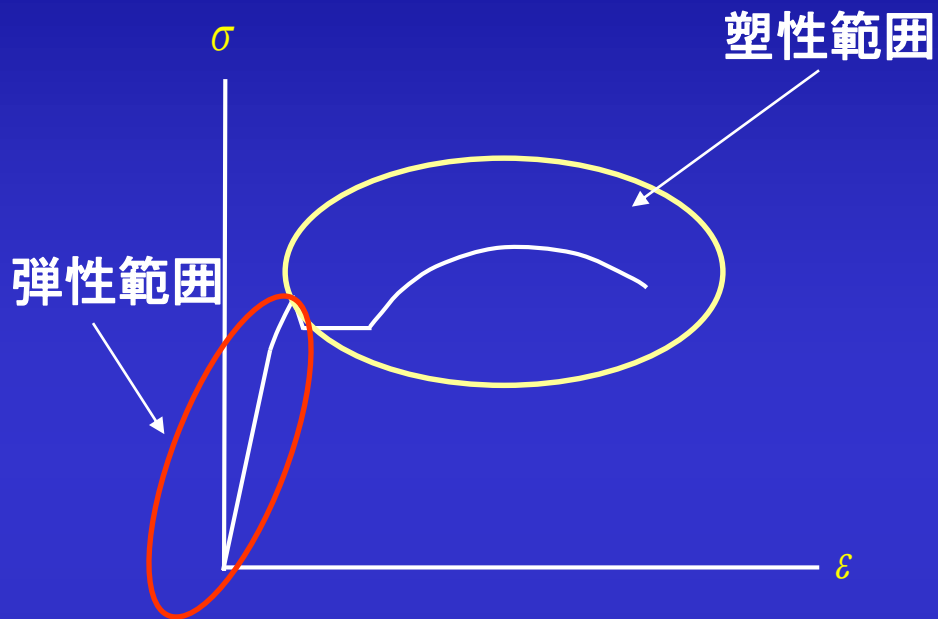


図2-3 弾性範囲と塑性範囲

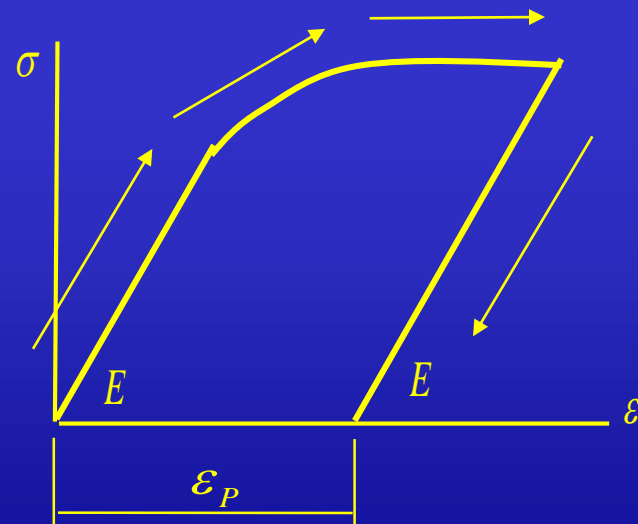
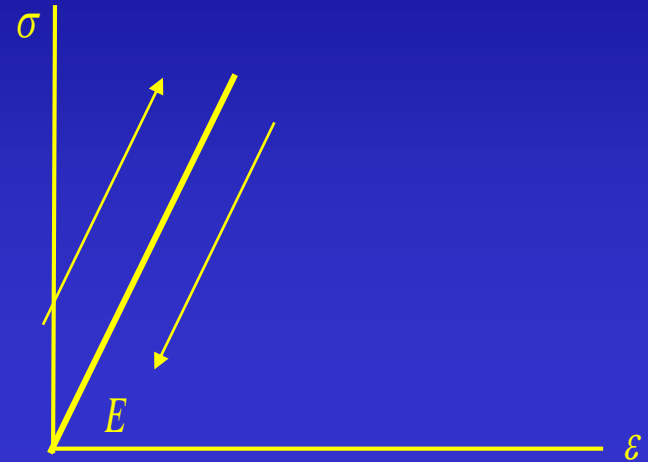
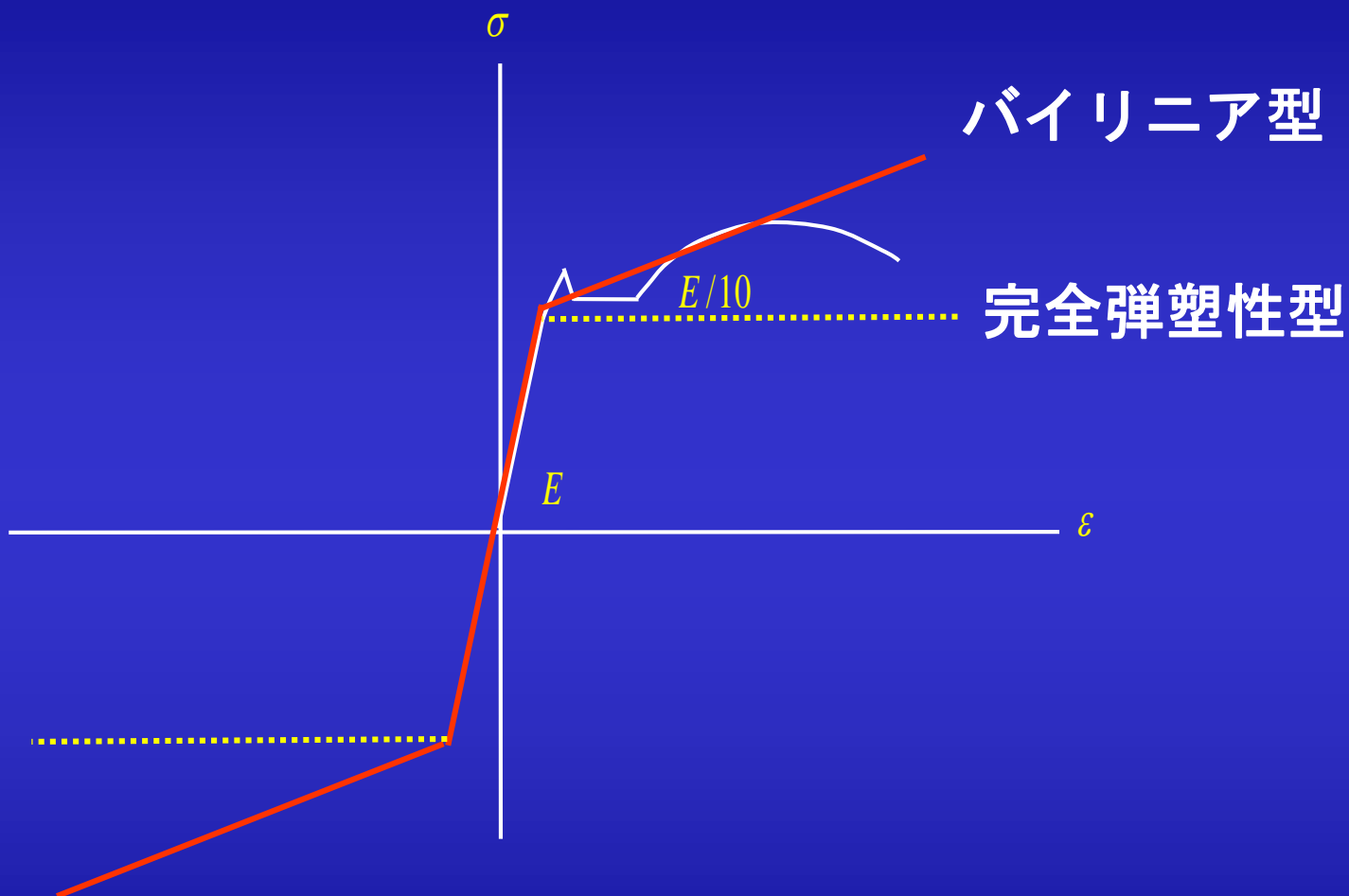


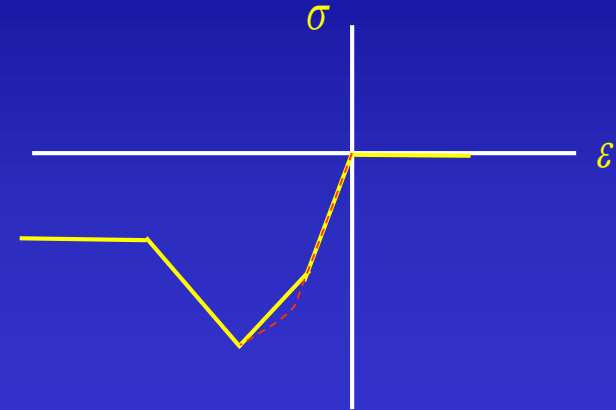
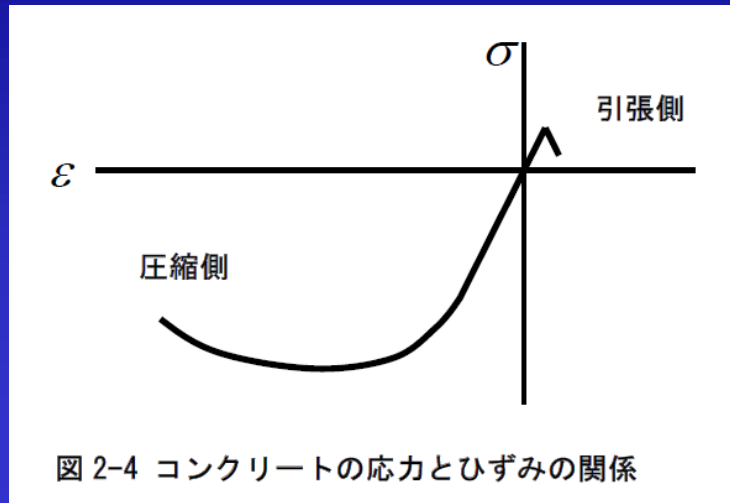
図2-4 弾性ひずみと塑性ひずみ

解析上の簡略化した応力とひずみの関係



数値解析する場合は、上のように
簡略化したバイリニア型を用いる

コンクリートの履歴特性



コンクリートの解析上の応力
とひずみの関係

- 1) コンクリートの応力とひずみの関係は比例領域が少なく、鋼のように明確な降伏を示さない。
- 2) コンクリート強度は、通常、**打設後28日目（4週強度）**で測定を行う。
- 3) 一般に引張耐力を期待しない。
- 4) 打設後1週間を経過した時点では、圧縮強度は、4週強度の70%程度、打設後5年経過時点では4週強度より20%程度増加することが報告されている。

せん断応力とせん断ひずみ

$$\tau = G\gamma$$

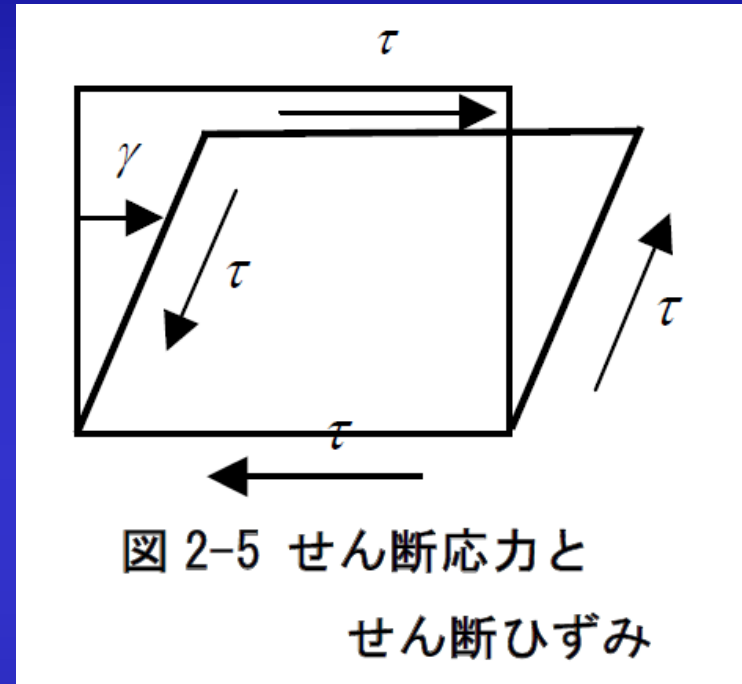
タウ ガンマ

図2-3 せん断応力とせん断ひずみの関係

τ : せん断応力

γ : せん断ひずみ

G : せん断弾性係数



せん断弾性係数 G は、ヤング係数 E とポアソン比 ν を用いて、

$$G = E / (2(1 + \nu))$$

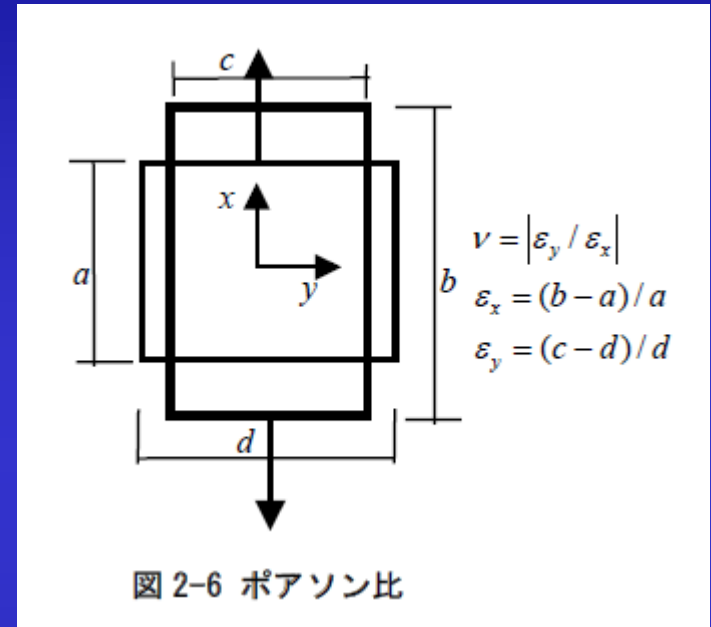
として表すことができる。

ポアソン比

ポアソン比 ν は、長さ方向の単位長さ当たりの伸びに対する、横方向の単位長さ当たりの縮みとの比である。

ポアソン比

$$\nu = \left| \frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_x} \right|$$



このポアソン比は材料により固有の値を持ち、代表的な値を下記に示す。

鋼： $\nu = 0.3 (0.25 \sim 0.33)$

コンクリート： $\nu = 0.17 (0.15 \sim 0.20)$

弾性ゴム： $\nu = 0.46 \sim 0.49$

なお、ポアソン比の逆数をポアソン数と呼ぶ。

柱の軸剛性(軸力と変位の関係)

柱を図2-7のように引張力 P で引っ張った場合について考えてみよう。柱の材軸方向応力 σ は、荷重 P を柱の断面積 A で割ることによって以下のように得られる

$$\sigma = P / A$$

柱のひずみは

$$\varepsilon = u / L$$

ここで、 L は柱の長さであり、 u は軸方向変位である。一方、応力とひずみの関係は、

$$\sigma = E \varepsilon$$

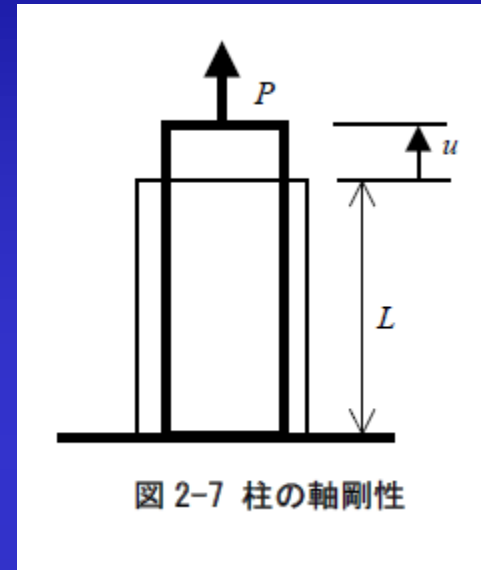


図 2-7 柱の軸剛性

柱の軸剛性(軸力と変位の関係)

上式を整理すると

$$\frac{P}{A} = \sigma = E \varepsilon$$

$$\varepsilon = u / L$$

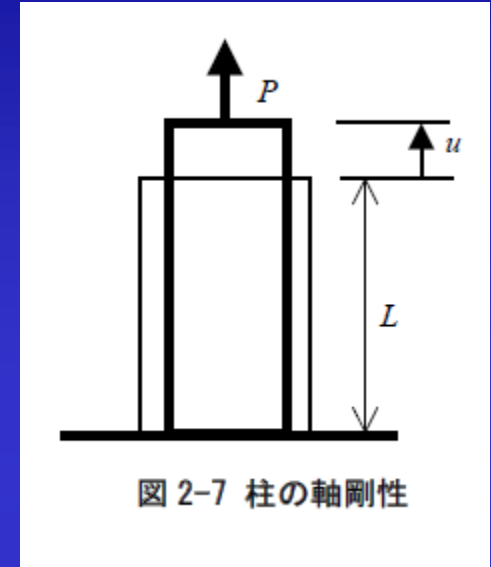
柱の軸方向荷重と軸方向変位の関係が得られる。

$$P = AE \varepsilon = \frac{AE}{L} u$$

$$P = Ku; \quad K = \frac{AE}{L}$$

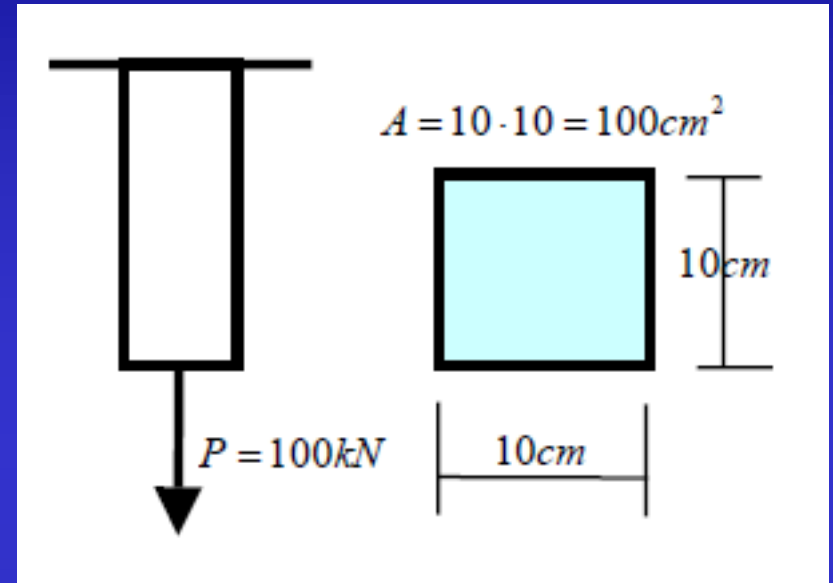
トラスの剛性でもある

剛性 K は AE / L とで表され、柱の軸剛性と呼ばれる



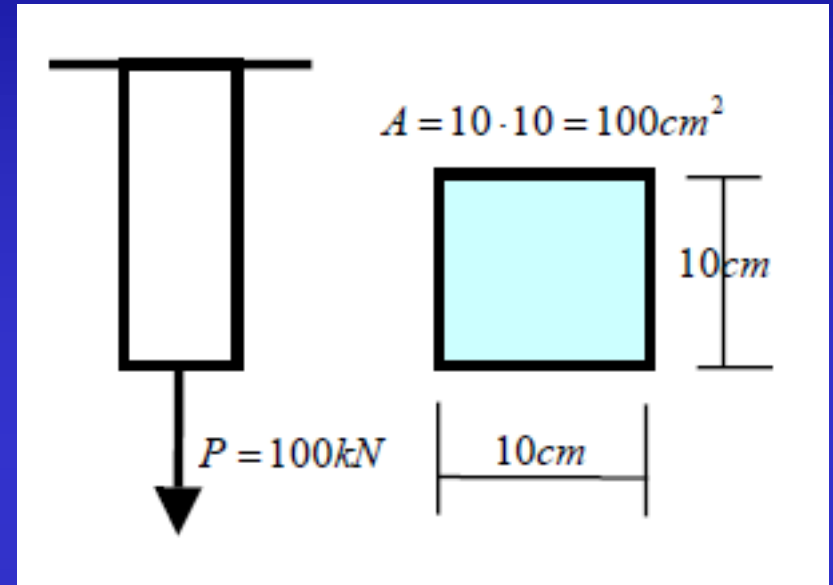
例題1

1辺が 10cm の正方形断面を持つ部材の先端に 100kN の荷重が作用している。この部材の応力を求めよ。



例題1の答え

1 辺が 10cm の正方形断面を持つ部材の先端に 100kN の荷重が作用している。この部材の応力を求めよ。

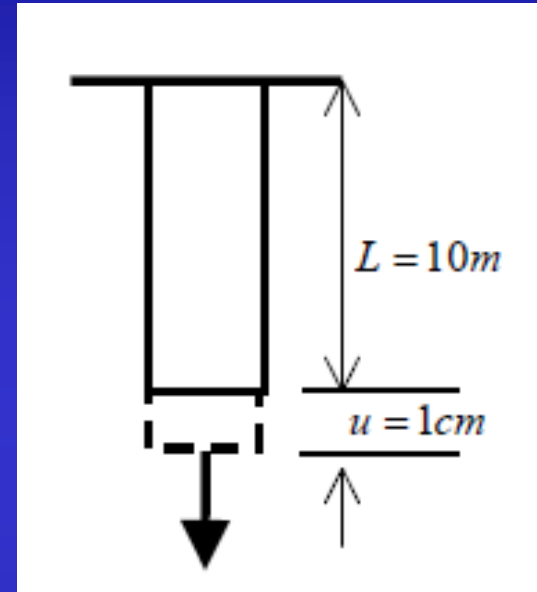


荷重の大きさを断面積で割って応力を以下のように求める。

$$\begin{aligned}\sigma &= P / A = N / A \\ &= 100 / (10 \cdot 10) = 1\text{kN} / \text{cm}^2\end{aligned}$$

例題2

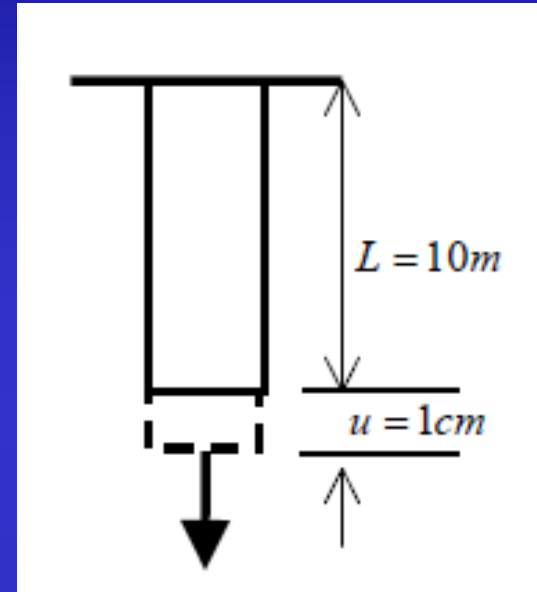
右図のように、材長が $10m$ で、荷重位置の変位が $1cm$ であった。この材のひずみを求めよ。



例題2の答え

右図のように、材長が $10m$ で、荷重位置の変位が $1cm$ であった。この材のひずみを求めよ。

変位を材長で割ることによって、ひずみが以下のように求められる。ひずみは無次元量であることに注意



$$\begin{aligned}\varepsilon &= u / L \\ &= 1./1000. = 0.001\end{aligned}$$

例題3

部材の応力が 1 kN/cm^2 で、ひずみが 0.001 であった。この場合のヤング係数を求めよ。

例題3の答え

部材の応力が 1 kN/cm^2 で、ひずみが 0.001 であった。この場合のヤング係数を求めよ。

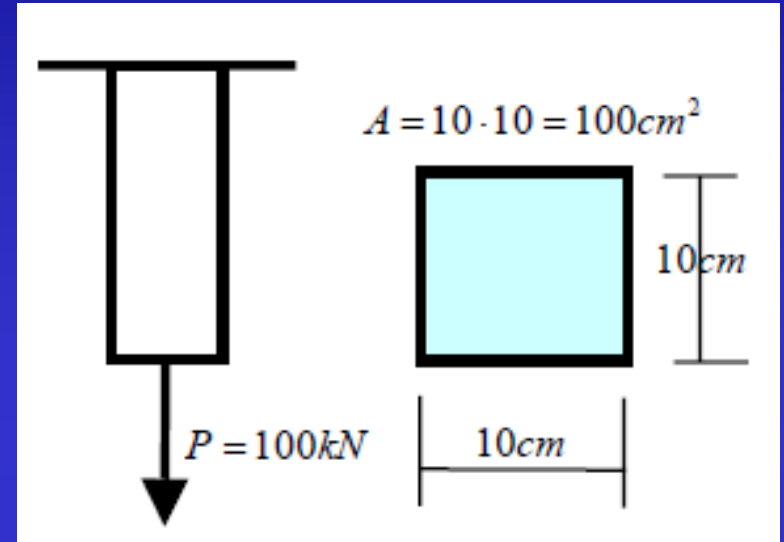
応力とひずみの関係を用いて、ヤング係数を計算する。

$$\sigma = E \varepsilon$$

$$E = \sigma / \varepsilon = 1. / 0.001 = 1000\text{ kN} / \text{cm}^2$$

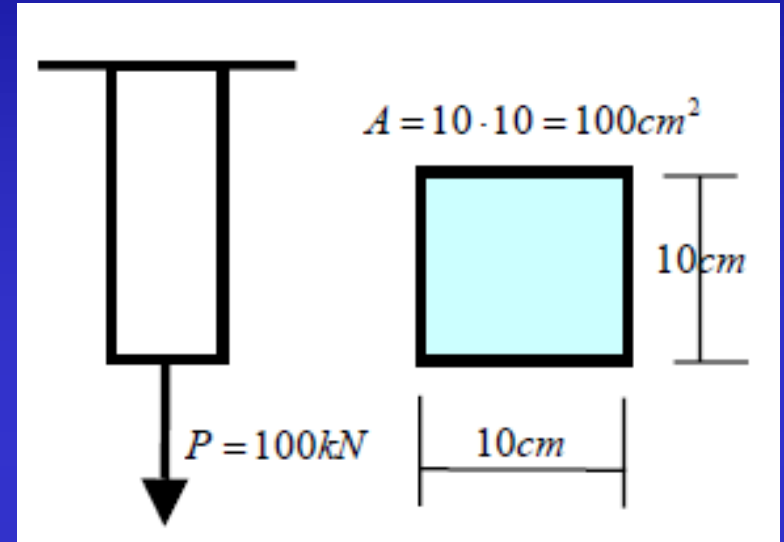
例題4

材長が $10m$ 、断面の一片が $10cm$ の正方形で、ヤング係数が $E=1000kN/cm^2$ の部材に対し、図のように材の先端に引張力 $P=100kN$ が作用した場合、先端の変位を求めよ。



例題4の答え

材長が $10m$ 、断面の一片が $10cm$ の正方形で、ヤング係数が $E=1000kN/cm^2$ の部材に対し、図のように材の先端に引張力 $P=100kN$ が作用した場合、先端の変位を求めよ。

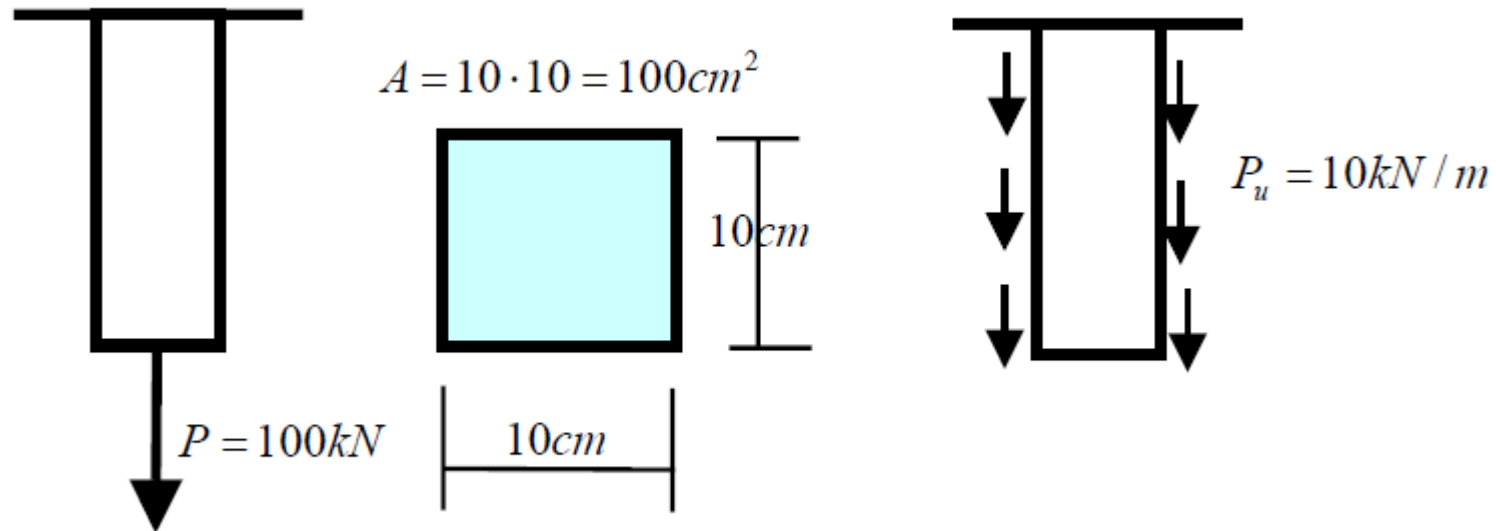


荷重と変位の関係より、先端の変位が次式で与えられる。

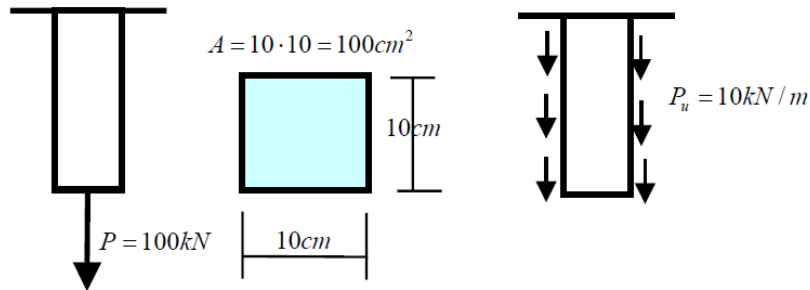
$$\begin{aligned} u &= \frac{L}{AE} P \\ &= \frac{1000cm}{100cm^2 \cdot 1000kN/cm^2} 100kN = 1cm \end{aligned}$$

問題

材長が $10m$ 、断面の一片が $10cm$ の正方形で、ヤング係数が $E=1000kN/cm^2$ の部材に対し、図のように材の先端に引張力 $P=100kN$ が作用した場合と $1m$ あたり $10kN/m$ の自重が作用する場合について、部材内の応力とひずみあるいは先端の変位に関して、両者にどのような違いがあるか検討せよ。



問題



左のモデル

長さ方向に一樣な応力とひずみ

$$u = \frac{L}{AE} P$$

$$= \frac{1000 \text{ cm}}{100 \text{ cm}^2 \cdot 1000 \text{ kN/cm}^2} 100 \text{ kN} = 1 \text{ cm}$$

$$\sigma = N / A = P / A = \frac{100}{100} = 1 \text{ kN/cm}^2$$

$$\varepsilon = u / L$$

$$= 1. / 1000. = 0.001$$

右のモデル

$$R = P_u \cdot L = 10 \cdot 10$$

$$= 100 \text{ kN}$$

x点での力の釣合

$$R = N + P_u \cdot x;$$

$$P_u = 10 \text{ kN/m} = 0.1 \text{ kN/cm}$$

$$N(x) = (100 - 0.1x) \text{ cm}$$

x点での応力とひずみ

$$\sigma = N / A = \frac{100 - 0.1x}{100} = (1 - 0.001x) \text{ kN/cm}^2$$

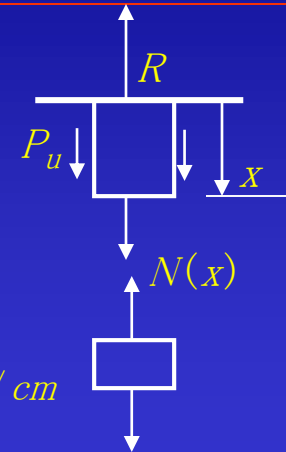
$$\varepsilon = \sigma / E = (1 - 0.001x) / 1000$$

$$= 0.001(1 - 0.001x)$$

x点での変位

$$\frac{du}{dx} = \varepsilon = 0.001(1 - 0.001x)$$

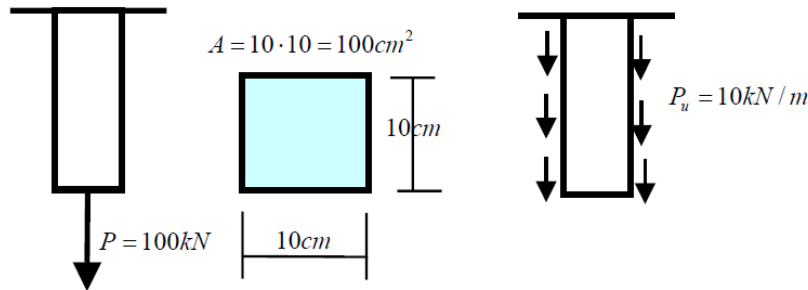
$$u(x) = 0.001(x - 0.0005x^2) + C_1$$



$$\sigma = 1 \text{ kN/cm}^2$$



問題



左のモデル

$$\frac{du}{dx} = \varepsilon = 0.001$$

$$u(x) = 0.001x + C_1$$

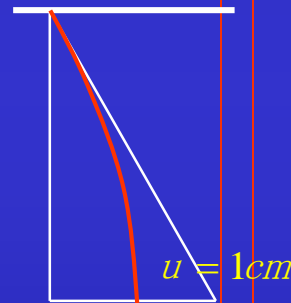
x=0で変位u(0)=0より

$$u(0) = C_1 = 0$$

軸方向変位関数及び先端の変位は、

$$u(x) = 0.001x \text{ cm}$$

$$u(1000) = 1 \text{ cm}$$



$u = 0.5 \text{ cm}$

右のモデル

x点での変位

$$\frac{du}{dx} = \varepsilon = 0.001(1 - 0.001x)$$

$$u(x) = 0.001(x - 0.0005x^2) + C_1$$

x=0で変位u(0)=0より

$$u(0) = C_1 = 0$$

軸方向変位関数は、

$$u(x) = 0.001x(1 - 0.0005x) \text{ cm}$$

先端の変位は、

$$u(1000) = 1 \cdot (1 - 0.0005x)$$

$$= (1 - 0.5) = 0.5 \text{ cm}$$

まとめ

- 1) 応力とひずみの関係
- 2) 鋼の応力とひずみの関係
- 3) 軸方向ひずみの定義
- 4) 縦弾性係数(ヤング係数)
- 5) せん断応力とせん断ひずみ
- 6) せん断弾性係数
- 7) ポアソン比