

東京電気大学 宮地 一裕 先生 監修

MIDAS CIVIL NXで学ぶ構造力学

構造編

第8章

MIDAS × MIYACHI Kazuhiro

STRUCTURAL
ANALYSIS

東京電気大学 宮地 一裕 先生 監修

MIDAS CIVIL NXで学ぶ構造力学

構造編



第8章

バネの解析

教科書 8-1 ~ 8-30 P

第8章 バネの解析

- 8.1 概念の理解
- 8.2 チュートリアル
- 8.3 構造計算の解説
- 8.4 練習問題

東京電気大学 宮地 一裕 先生 監修

MIDAS CIVIL NXで学ぶ構造力学

構造編



第8章

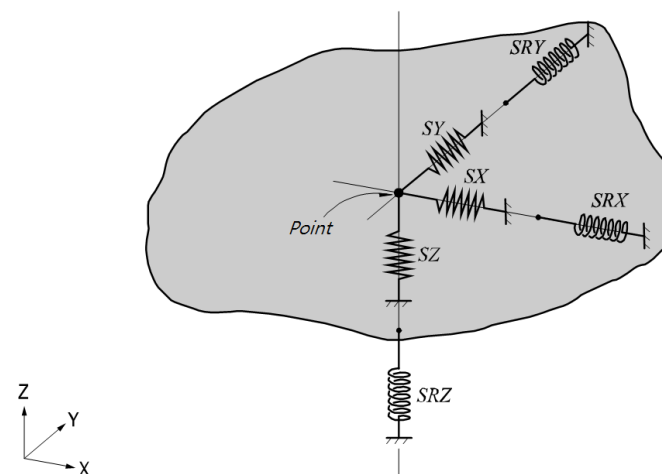
バネの解析

- 概念の理解 -

バネ要素 (弾性境界要素)

境界部における周囲の構造物や地盤の剛性を表現する要素。

また，トラス要素や板要素など，自由度の異なる要素同士を接続する際にも用いる。



CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

東京電気大学
宮地 一裕 先生

第8章

弾性成分

節点の6自由度（並進3方向・回転3方向）に対する剛性を設定する。

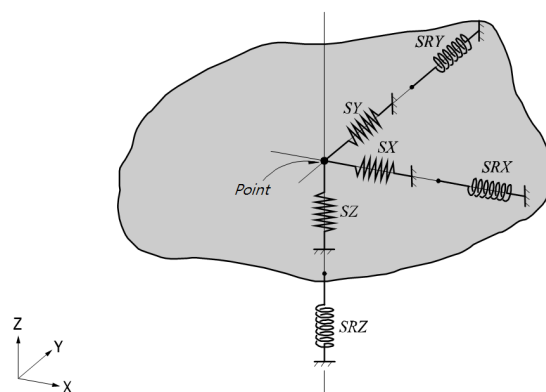
並進方向は「単位変位当たりの力」

回転方向は「単位回転角当たりのモーメント」

CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

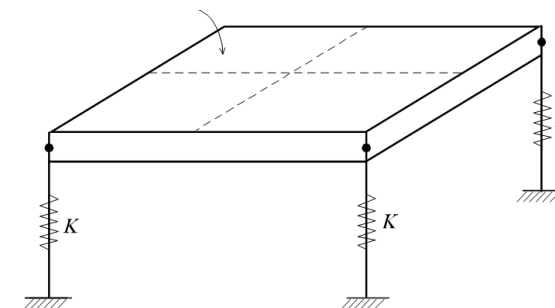
東京電気大学
宮地 一裕 先生

第8章



(a) CIVIL NXの「節点バネ支持」機能
で境界条件を入力

有効面積



$K = (\text{地盤反力係数}) \times (\text{有効面積})$
(b) CIVIL NXの「面分布バネ支持」機能
で境界条件を入力

図 8.1 弾性境界要素の入力の例

$$\text{軸方向剛性} \quad k = \frac{EA}{H} \quad (8.1)$$

E : ヤング係数, A : 断面積, H : 有効長さ

$$\text{回転方向の剛性} \quad k_{\theta} = \alpha \frac{EI}{H} \quad (8.2)$$

α : 連結条件による係数, I : 断面二次モーメント

杭基礎などの高精度な解析では、変位と回転が互いに影響し合う『**連成剛性**』を考慮することもあります。

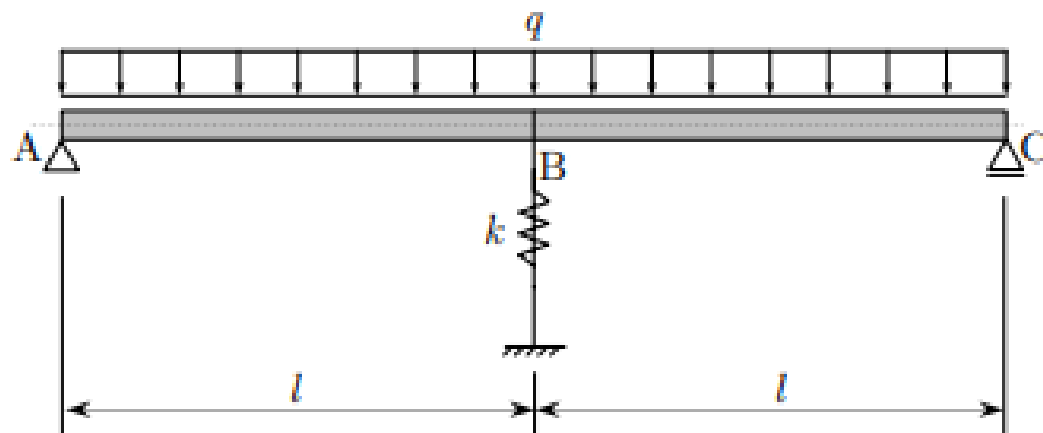
また実務上の注意点として、剛性がまったくない自由度があるとエラーの原因になります。

そのため、あえて微小な剛性を入れて計算を安定させますが、Civil NXにはこの『**微小剛性の自動付与機能**』が備わっているため、手動で設定する手間を省くことができます。

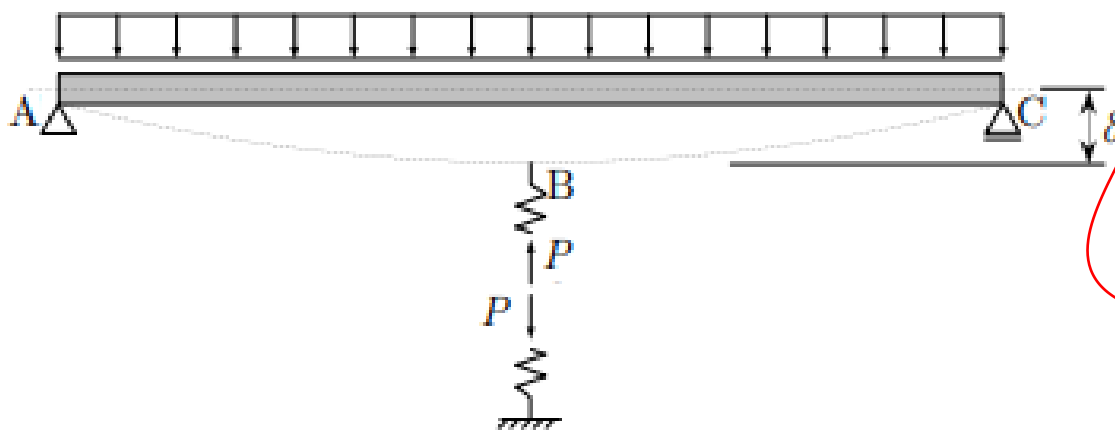
CIVIL NXで学ぶ
構造力学 **構造編**

東京電気大学
宮地 一裕 先生

第8章



(a) モデル図



(b) 変形図

等分布荷重のたわみ

$$\frac{5q(2l)^4}{384EI} - \frac{P(2l)^3}{48EI} = \frac{P}{k} \quad (8.3)$$

反力P（集中荷重）の上向のたわみ

フックの法則：F=kx (P=kδ)

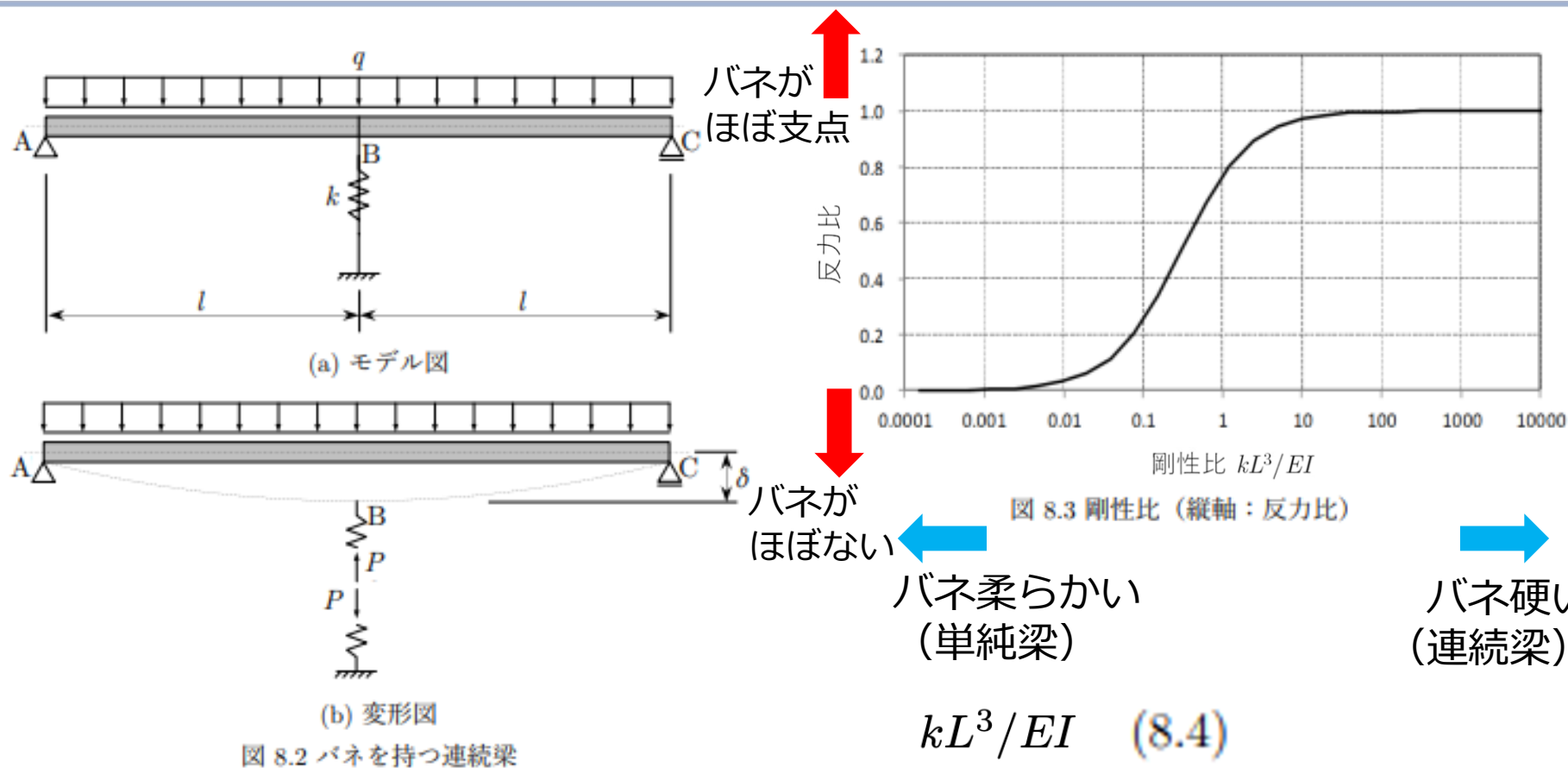
CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編東京電気大学
宮地 一裕 先生

第8章

図 8.2 バネを持つ連続梁

バネの解析 — バネ解析の概念

教科書8-4



CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

東京電気大学
宮地 一裕 先生

第8章

バネの硬さが梁の曲げ剛性に対してどれくらい大きいか

$$\frac{5q(2l)^4}{384EI} - \frac{P(2l)^3}{48EI} = \frac{P}{k} \quad (8.3)$$

$$V_B = \frac{5}{8}qL \quad (8.5)$$

バネの解析 — バネ解析の概念

教科書8-4

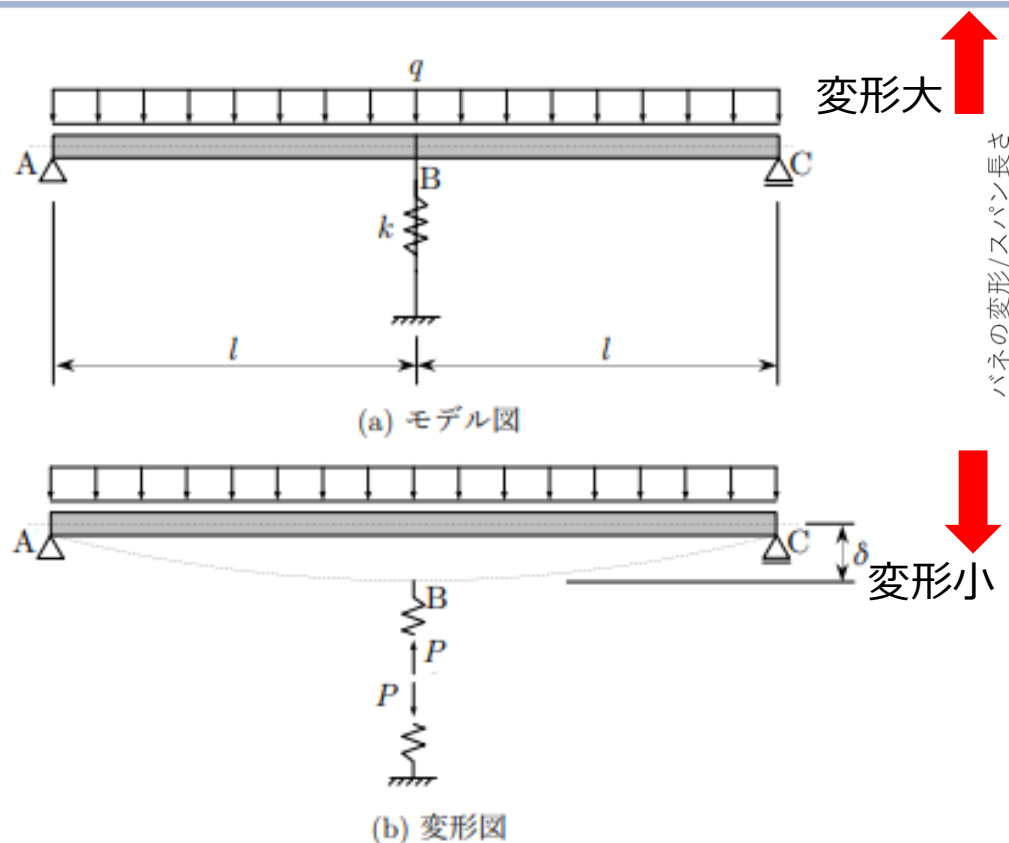


図 8.2 バネを持つ連続梁

$$\frac{5q(2l)^4}{384EI} - \frac{P(2l)^3}{48EI} = \frac{P}{k} \quad (8.3)$$

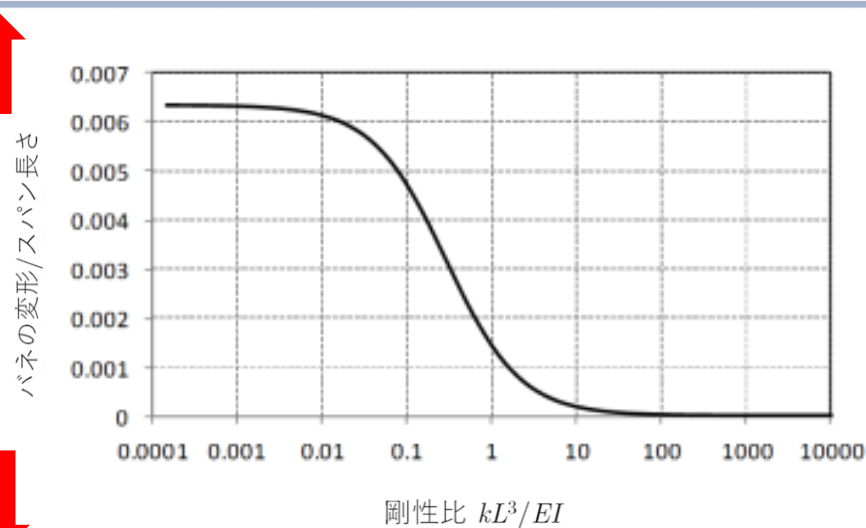


図 8.4 剛性比 (縦軸: バネの変形/スパン長さ)

バネ柔らかい
(単純梁)

バネ硬い
(連続梁)

$$kL^3/EI \quad (8.4)$$

$$V_B = \frac{5}{8}qL \quad (8.5)$$

CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

東京電気大学
宮地 一裕 先生

東京電気大学 宮地 一裕 先生 監修

MIDAS CIVIL NXで学ぶ構造力学

構造編



第8章

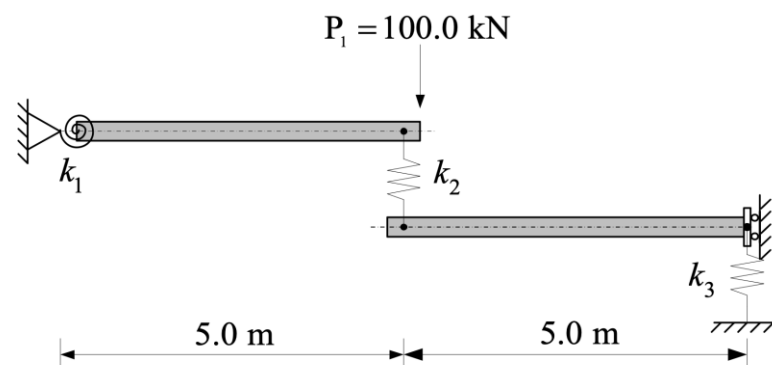
バネの解析

- チュートリアル -

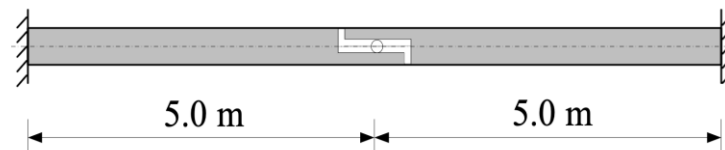
チュートリアル — モデルの概要

教科書8-6

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。



(a) モデル 1,2,3 : バネ連結



(b) モデル 4 : 内部ヒンジ連結

図 8.5 解析モデル

➤ 材料

鋼材：SM490（溶接構造用圧延鋼材）

・ヤング係数..... $E = 2.00 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$

➤ 断面

・断面積..... $A = 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2$

・断面二次モーメント..... $I_{yy} = 8.333 \times 10^{-4} \text{ m}^4$

➤ 荷重

・節点集中荷重..... $P = 100 \text{ kN}$

➤ バネ定数

表 8.1 バネ定数

区分	k_1 [kNm/rad.]	k_2 [kN/m]	k_3 [kN/m]
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

CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

東京電気大学
宮地 一裕 先生

東京電気大学 宮地 一裕 先生 監修

MIDAS CIVIL NXで学ぶ構造力学

構造編



第8章

バネの解析

- 構造計算の解説 -

$$\delta_L - \delta_R \quad (8.6)$$

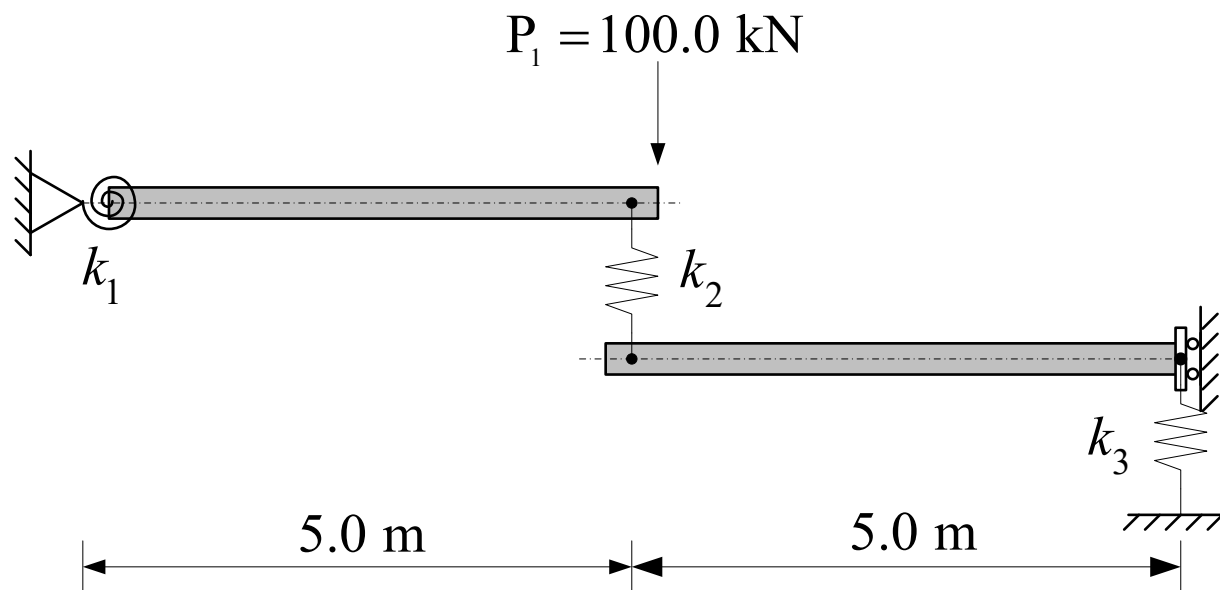


図 8.28

CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

東京電気大学
宮地 一裕 先生

$$100 - Q \quad (8.7)$$

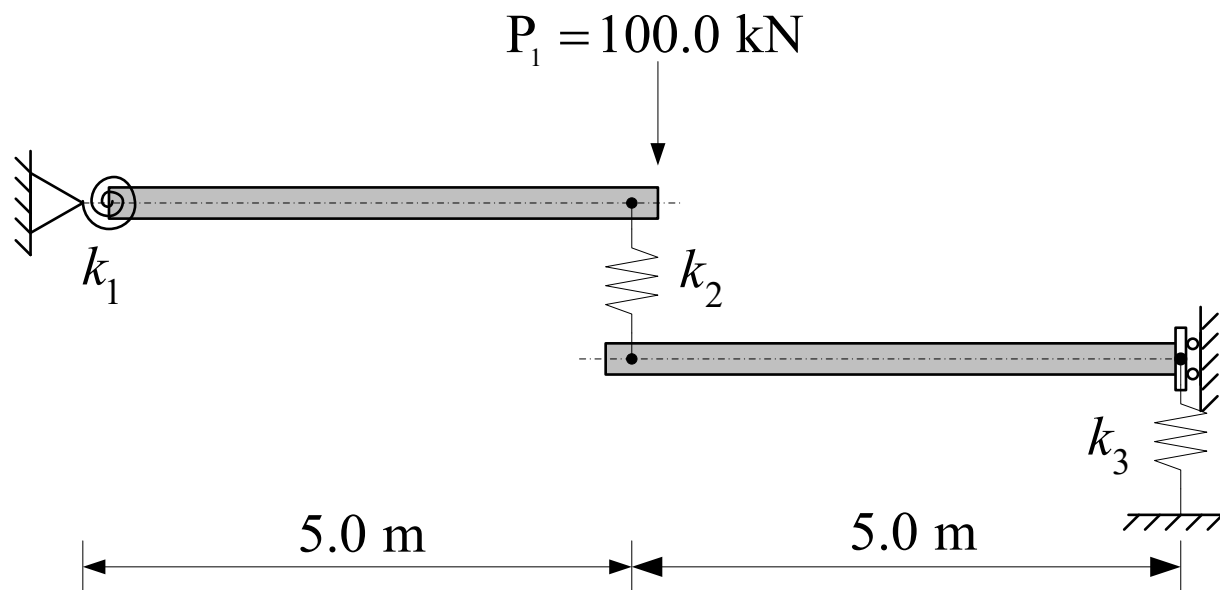


図 8.28

CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

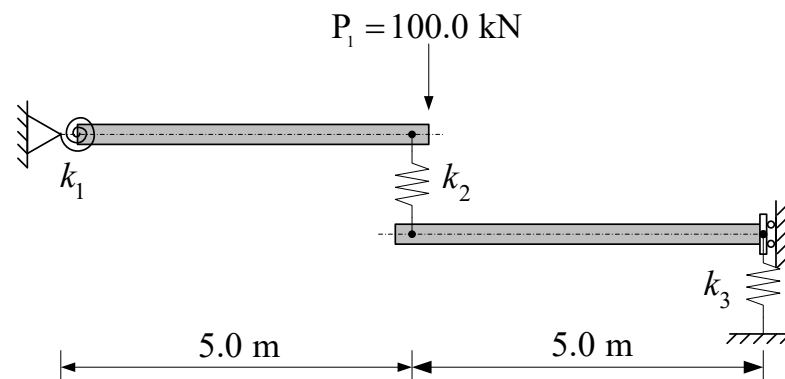
東京電気大学
宮地 一裕 先生

$$\delta_L = \frac{Ql^3}{3EI} + \frac{Ql}{k_1}, \quad \delta_R = \frac{(100 - Q)l^3}{3EI} + \frac{100 - Q}{k_3}$$

$$\delta_L - \delta_R = \frac{100 - Q}{k_2}$$

$$\left[\frac{Ql^3}{3EI} + \frac{Ql}{k_1} \right] - \left[\frac{(100 - Q)l^3}{3EI} + \frac{100 - Q}{k_3} \right] = \frac{100 - Q}{k_2}$$

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



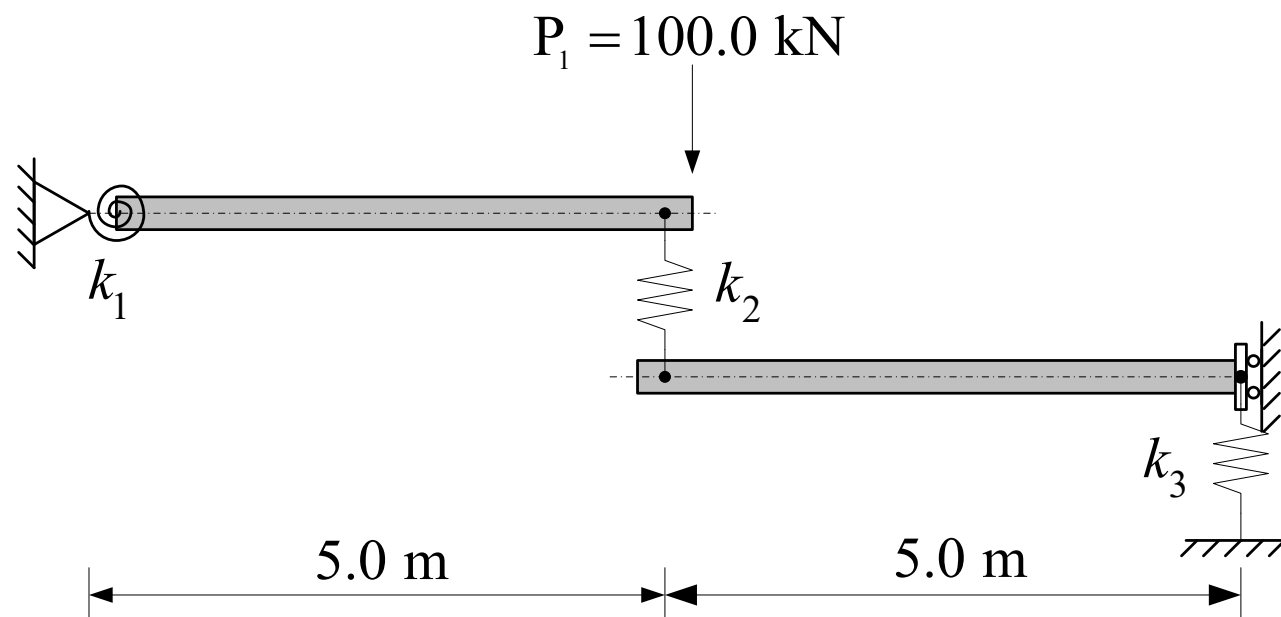
CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

東京電気大学
宮地 一裕 先生

第8章

バネの解析 — 構造計算の解説

モデル	k_1	k_2	k_3	Q	$100 - Q$	δ_L	δ_R
1	1.0×10^{12}	1.0×10^7	1.0×10^{11}	99.7325	0.26750	2.682×10^{-2}	0.7×10^{-4}
2	1.0×10^8	1.0×10^{11}	1.0×10^{11}	0.10535	99.89465	2.636×10^{-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}



CIVIL NXで学ぶ
構造力学 構造編

東京電気大学
宮地 一裕 先生