

熱膨張・乾燥収縮を受ける鋼板挿入集成材梁の有限要素解析

× 科技大 上 次

集成材梁 → ハイブリット長スパン化

鋼板

⋮

熱膨張



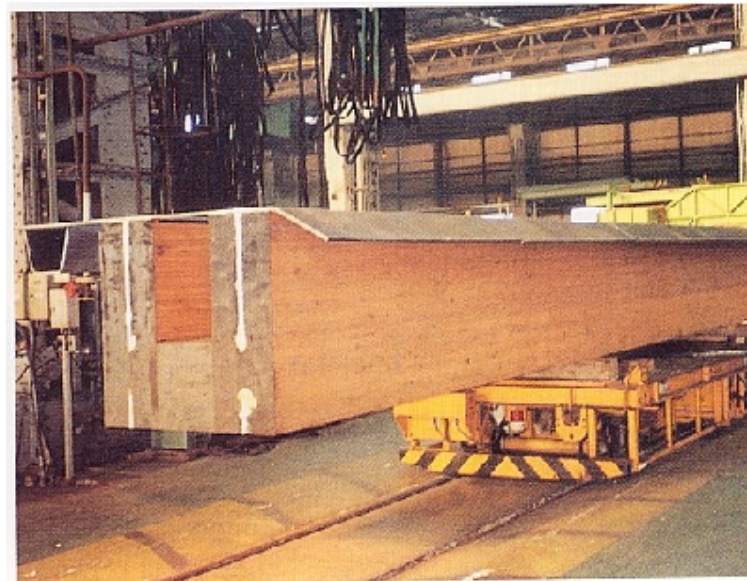
集成材

⋮

乾燥収縮

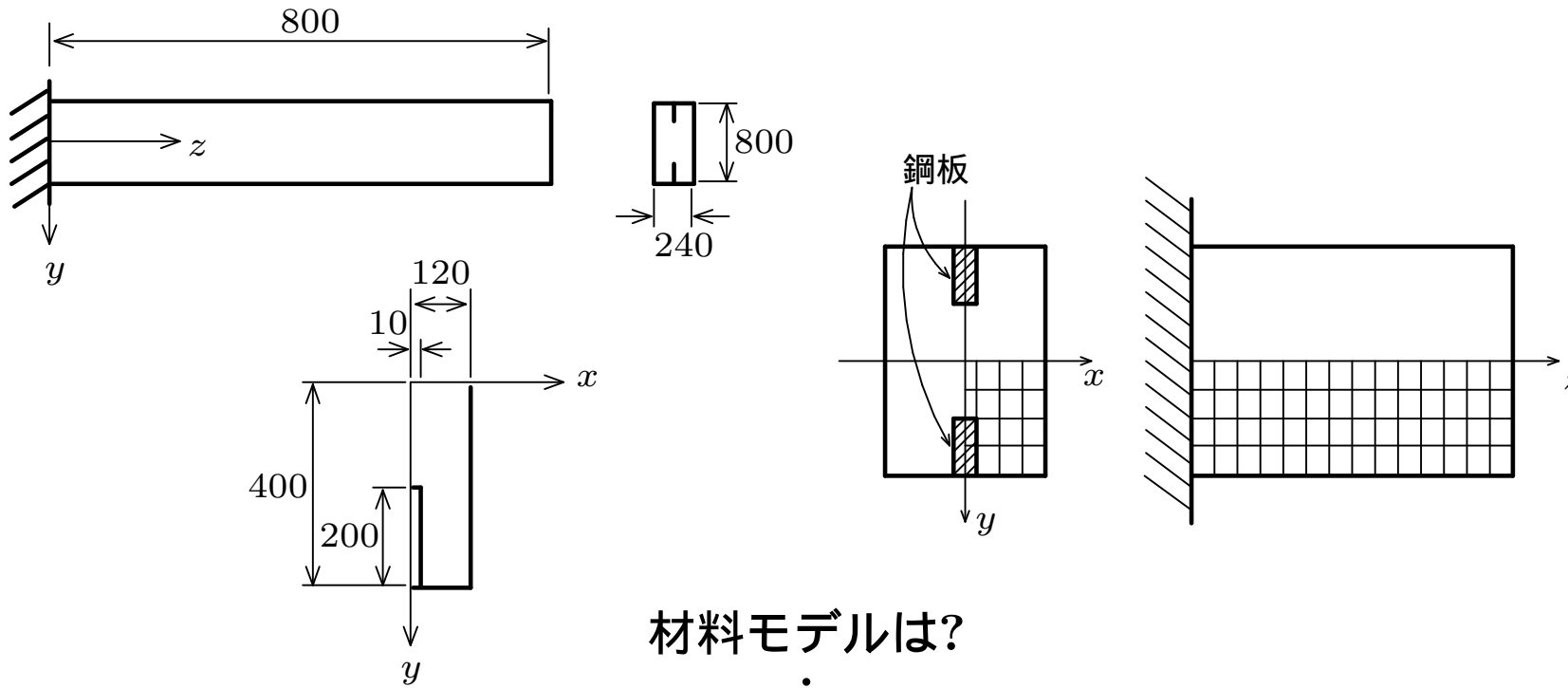


接着面は？



目次、次

解析方法は ... → 直方体要素 FEM



材料モデルは?

⋮

鋼：等方性材料 (E, G)

集成材：直交異方性 $\begin{pmatrix} E_x, E_y, E_z \\ \nu_{xy}, \nu_{xz}, \nu_{yz} \\ G_{xy}, G_{xz}, G_{yz} \end{pmatrix}$

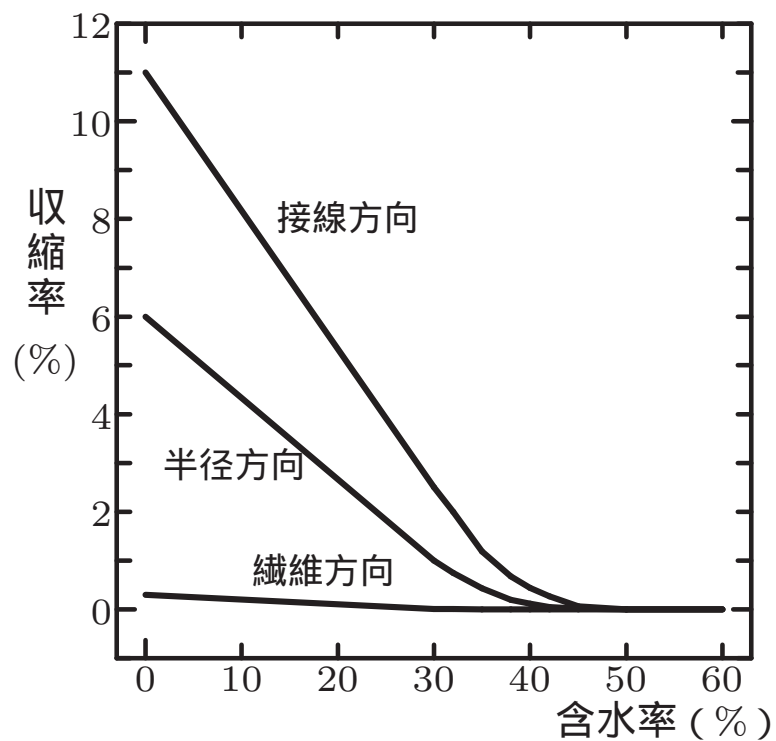
目次、収束性、変位、垂直、せん断、前、次

木材の材料定数

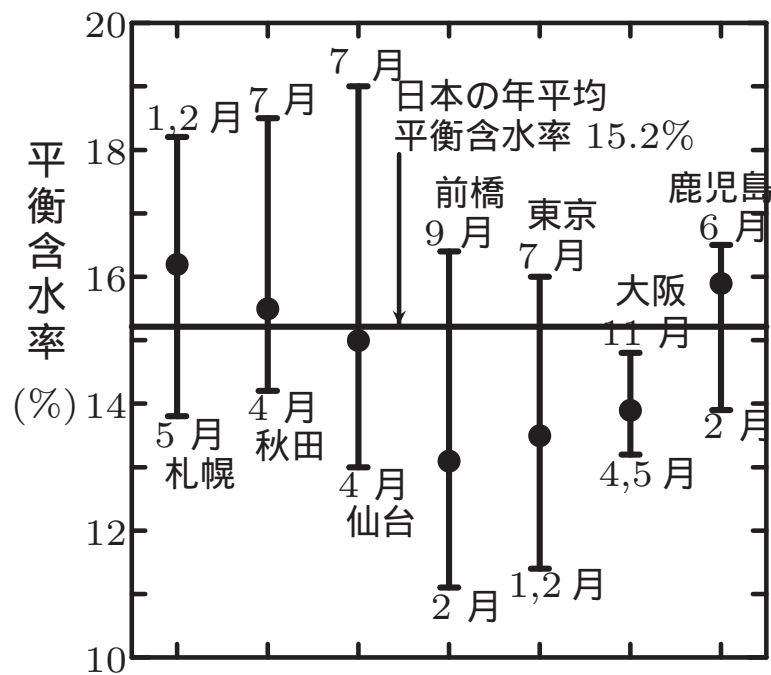
樹種	ヤング率 (10^3 kgf/cm^2)			ポアソン比					
	E_L	E_R	E_T	ν_{LT}	ν_{TL}	ν_{LR}	ν_{RL}	ν_{RT}	ν_{TR}
シトカスプルス	119	9.2	5.1	0.47	0.025	0.37	0.040	0.44	0.25
オウシュウアカマツ	166	11.2	5.8	0.51	0.015	0.42	0.038	0.68	0.31
スギ	75	6.0	3.0	0.60	-	0.40	-	0.90	-
アカマツ	120	12.5	6.5	0.60	-	0.40	-	0.65	-

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{E_x} & -\frac{\nu_{xy}}{E_x} & -\frac{\nu_{xz}}{E_x} \\ -\frac{\nu_{yx}}{E_y} & \frac{1}{E_y} & -\frac{\nu_{yz}}{E_y} \\ -\frac{\nu_{zx}}{E_z} & -\frac{\nu_{zy}}{E_z} & \frac{1}{E_z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{0.5} & -\frac{0.2}{0.5} & -\frac{0.025}{0.5} \\ -\frac{0.4}{1.0} & \frac{1}{1.0} & -\frac{0.03}{1.0} \\ -\frac{0.5}{10.0} & -\frac{0.3}{10.0} & \frac{1}{10.0} \end{bmatrix} \left(\frac{1}{\text{GPa}} \right)$$

熱膨張 ... 熱歪 ($\varepsilon_T = \alpha_i \Delta T$)
 乾燥収縮は？



木材の含水率と収縮率



気候地平衡含水率 (屋外)

与える歪

$$\begin{array}{c} \text{熱ひずみ} \\ \vdots \\ \varepsilon_i = \alpha_i \Delta T + \beta_i \Delta H \quad (i = x, y, z) \\ \begin{array}{cccc} \nearrow & \uparrow & \uparrow & \nwarrow \\ \text{熱膨張係数} & \text{温度変化} & \text{含水膨張係数} & \text{含水率変化} \end{array} \end{array}$$

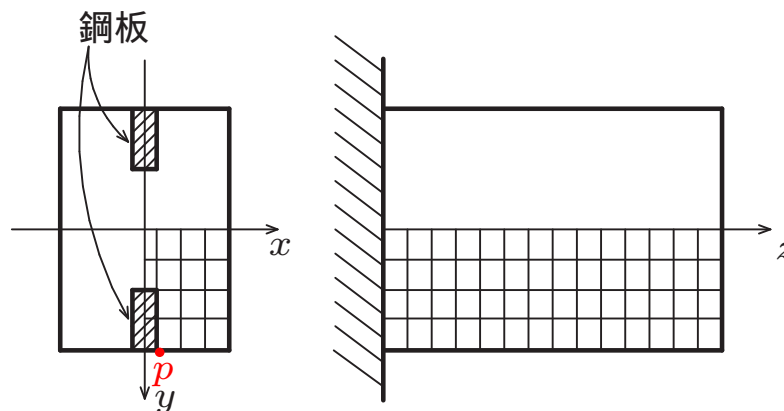
$$FEM(\text{荷重制御}) \quad (f) = [K](u)$$

$$\begin{array}{c} \vdots \\ \text{節点荷重を与えたい} \\ \Downarrow \\ f = \int B^T D \varepsilon dV \\ \begin{array}{cc} \nearrow & \nwarrow \\ \text{ひずみ-変位行列} & \text{応力-ひずみ行列} \end{array} \end{array}$$

要素分割と収束性

温度変化：全要素に $+30^{\circ}\text{C}$

含水率変化：集成材要素に -5%



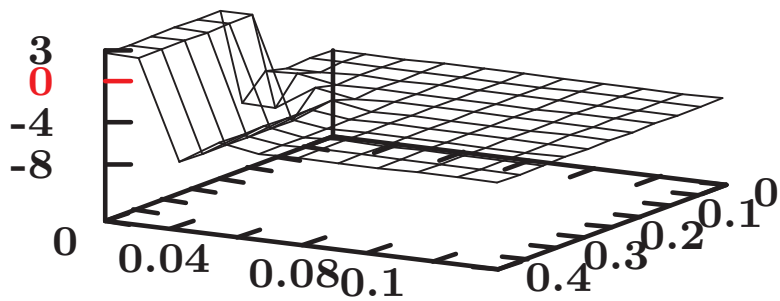
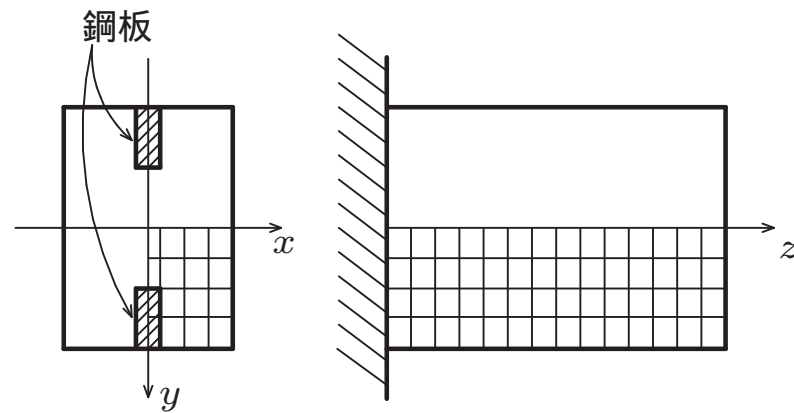
1/4 解析

p 点での収束性

分割数	x, y, z	u (mm)	v (mm)	w (mm)
7,10,10	(1,5)	4.057×10^{-3}	-3.803	2.445
8,10,10	(1,5)	3.994×10^{-3}	-3.804	2.499
9,10,10	(1,5)	3.947×10^{-3}	-3.805	2.541
10,10,10	(1,5)	3.910×10^{-3}	-3.805	2.573
7,10,10	(2,5)	4.156×10^{-3}	-3.802	2.369
8,10,10	(2,5)	4.067×10^{-3}	-3.803	2.445
9,10,10	(2,5)	4.002×10^{-3}	-3.804	2.499
10,10,10	(2,5)	3.954×10^{-3}	-3.805	2.541

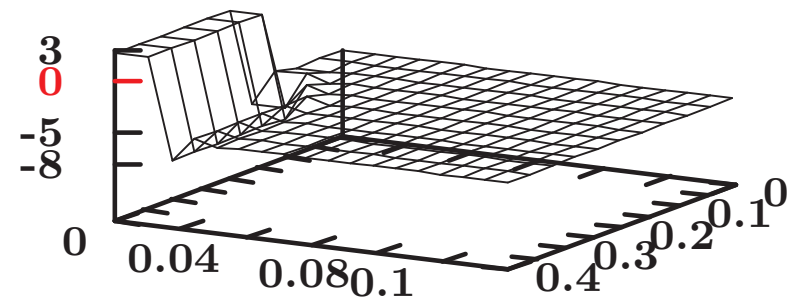
端部変位

(温度变化: $+30^{\circ}\text{C}$, 含水率变化: -5%)



端部変位 (mm)

(要素分割: $10 \times 10 \times 10$)

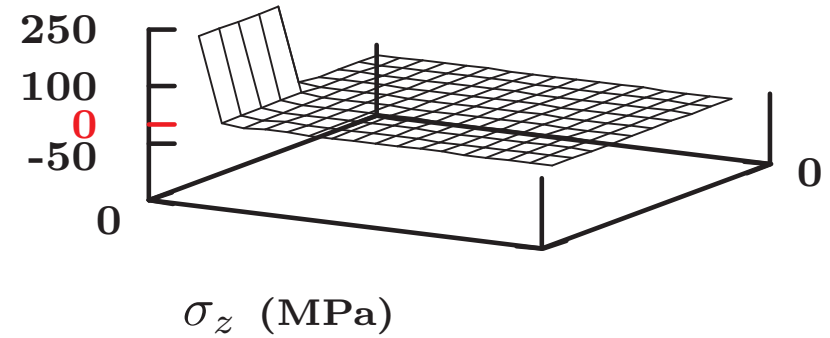
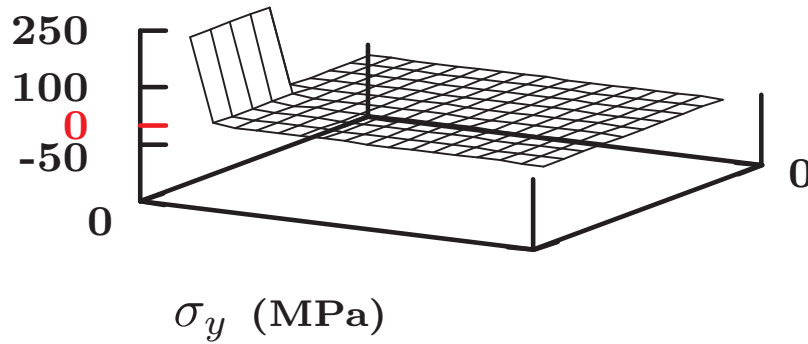
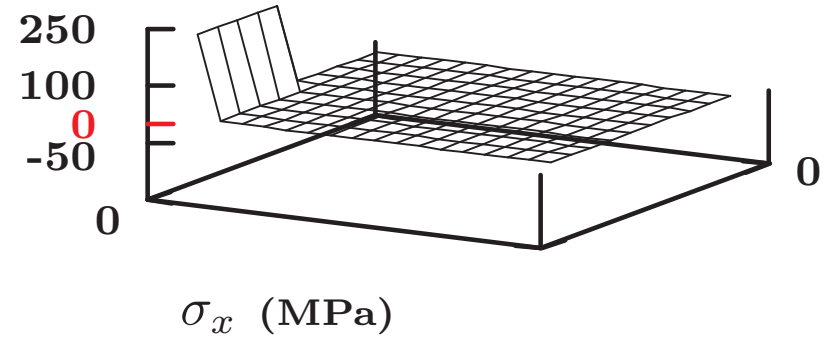
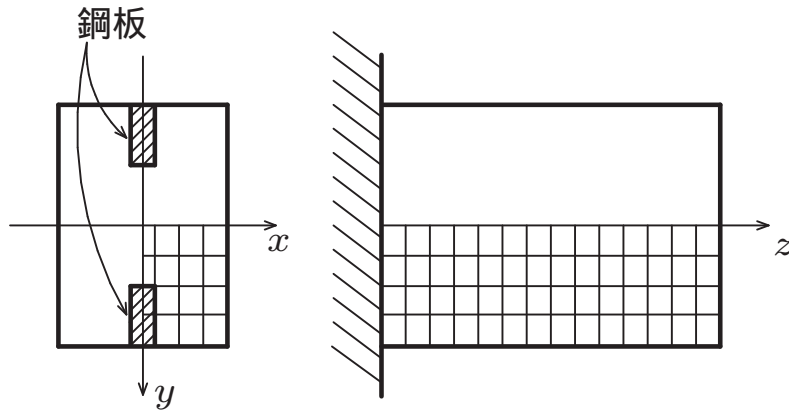


端部変位 (mm)

(要素分割: $17 \times 10 \times 10$)

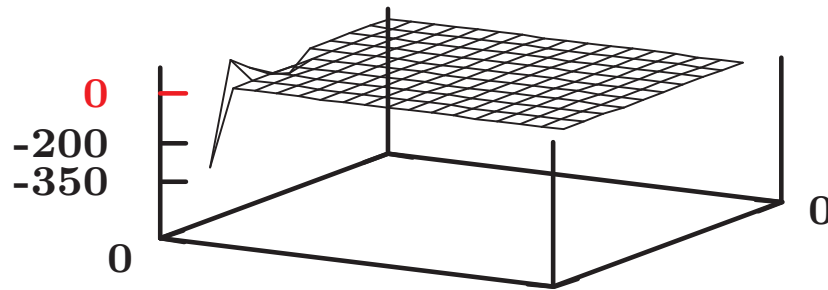
端部垂直応力

(温度变化: +30°C, 含水率变化: -5%)

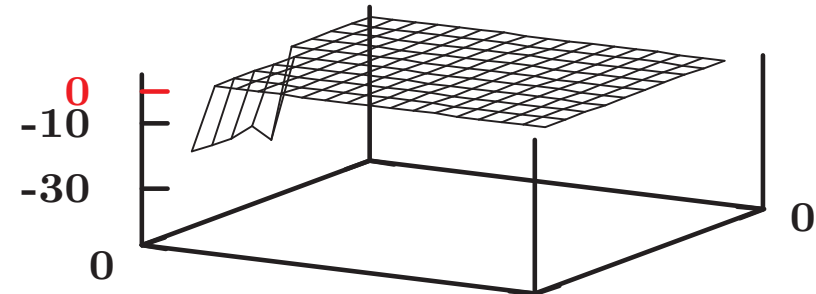


端部せん断応力

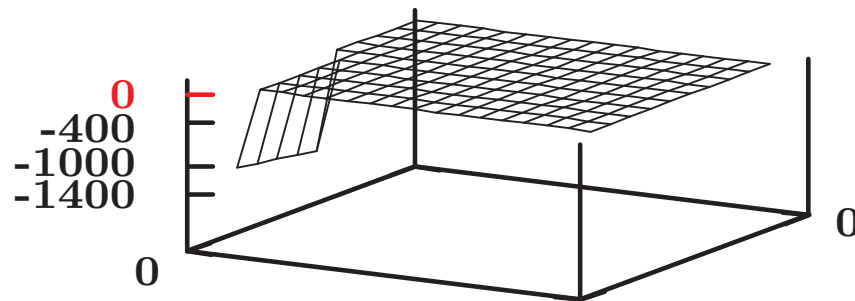
(温度変化: +30°C, 含水率変化: -5%)



τ_{xy} (kPa)

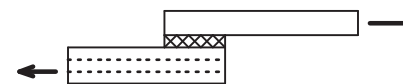


τ_{xz} (kPa)



τ_{yz} (kPa)

鋼板と集成材の剥離



(集成材の破壊で剥離)

集成材のせん断強度：
2400 ~ 3600 kPa

まとめ

鋼板

集成材

⋮

熱膨張

⋮

乾燥収縮

⋮

$$\alpha_i \Delta T$$

⋮

$$\beta_i \Delta H$$

直方体要素 FEM

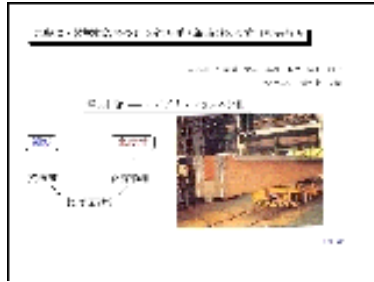
⋮

接着面せん断応力 \ll せん断強度

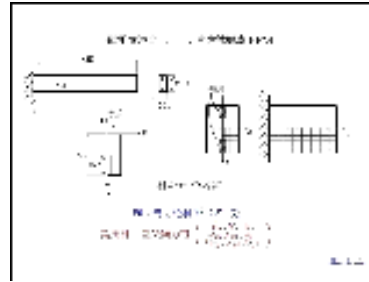
今後の課題

- 接着層も要素化
- 他要素（アイソパラメトリック等）と比較
- 実験による検証

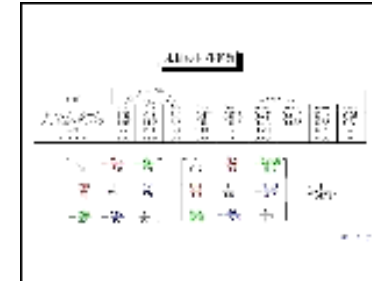
目次



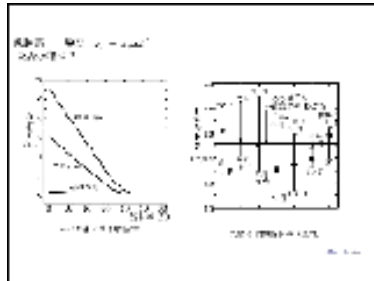
表紙



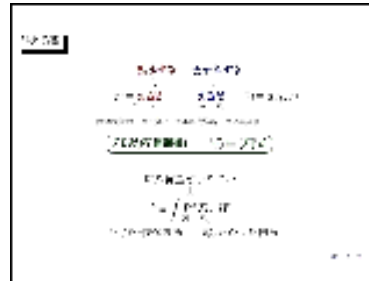
モデル



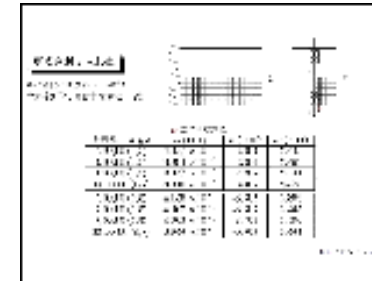
材料定数



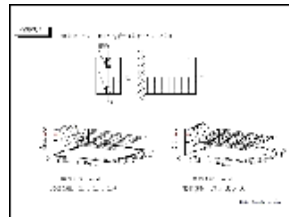
含水率



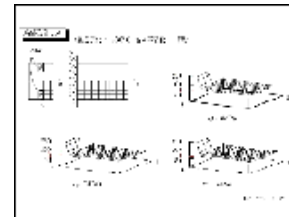
荷重



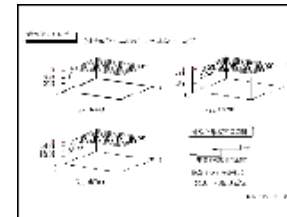
収束性



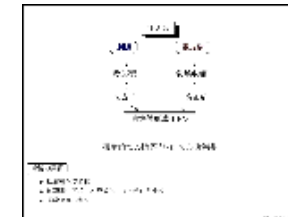
端部変位



端部垂直



端部せん断



まとめ