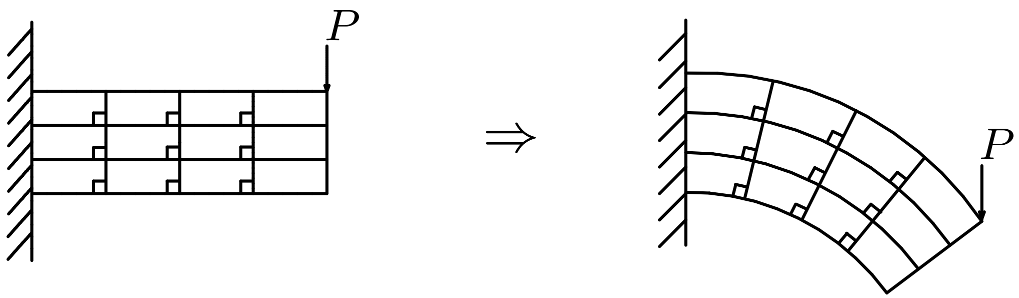
集成材梁のせん断補正係数の数値的推定

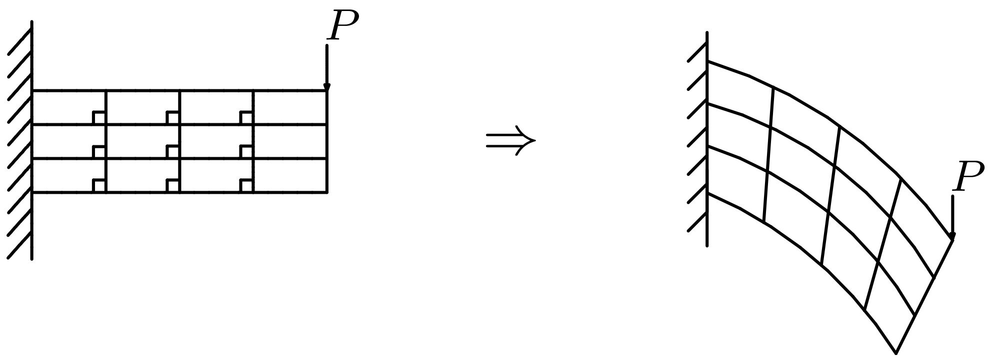
秋田大学　橋本 崇史

初等梁



$$\delta = \frac{P\ell^3}{3EI}$$

集成材梁（せん断弾性係数 $G = \frac{E}{15}$ ）



せん断変形

(ティモシェンコ梁)

$$\delta = \frac{P\ell^3}{3EI} + \frac{P\ell}{\boxed{k}\,GA}$$

↑

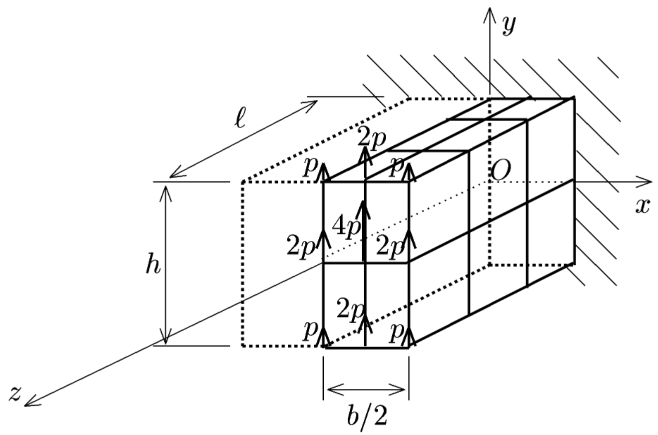
せん断補正係数

長方形断面・等方性材料なら … $k = \frac{10+10\nu}{12+11\nu}$　異方性では … ？

kをFEMから推定？

・要素モデル…直方体要素

要素分割数：$n_x \times n_y \times n_z$＝6 × 10 × 100

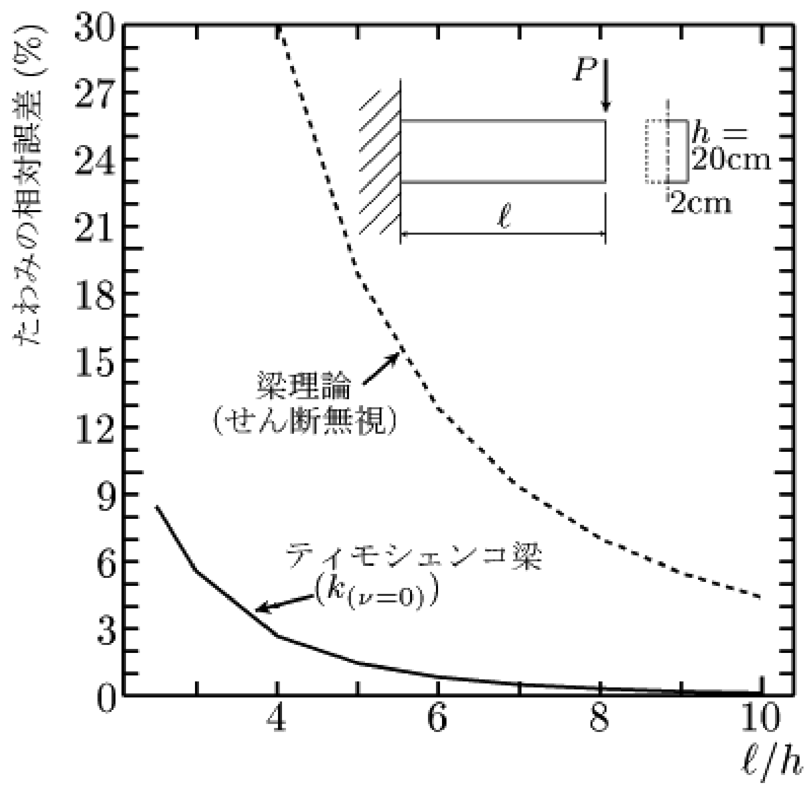


・材料定数…直交異方性

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

G_{xy}＝0.03GPa，G_{xz}＝0.6GPa，G_{yz}＝0.7GPa

相対誤差(%)＝$\frac{FEM - 梁理論}{梁理論} \times 100$



kの逆算

・ティモシェンコ梁の式

$$\delta = \frac{P\ell^3}{3EI} + \frac{P\ell}{kGA}$$

$\Downarrow$ 変形

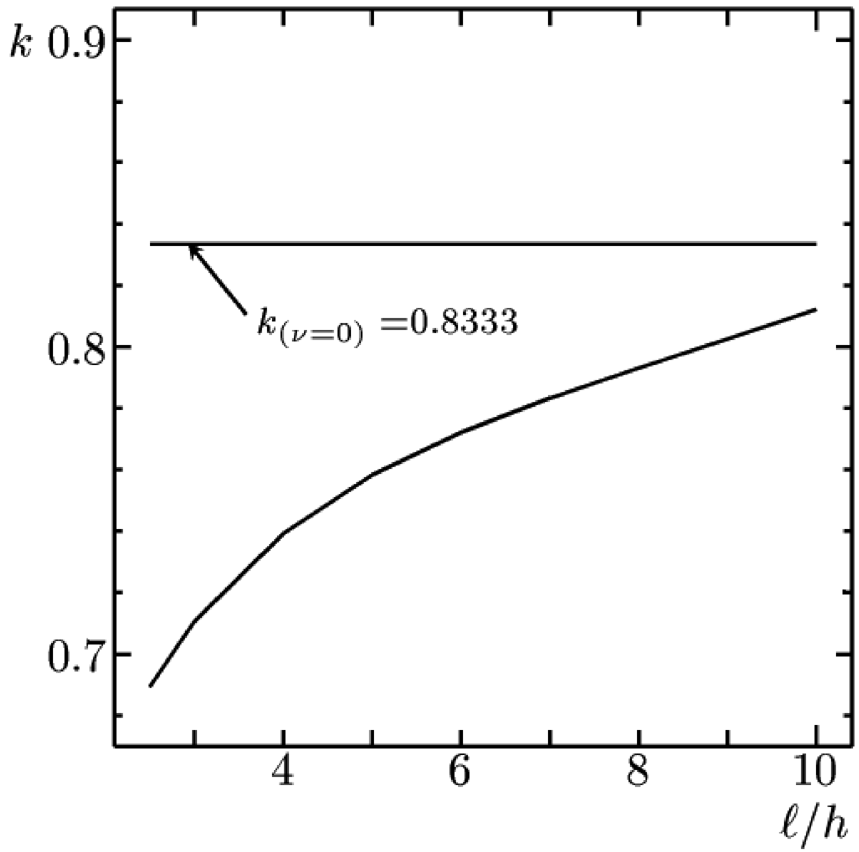
$$k = \frac{P}{GA} \times \frac{\ell}{\delta - \frac{P\ell^3}{3EI}}$$

$\Uparrow$

FEMのPと δ を代入

・等方性なら

$$k = \frac{10+10\nu}{12+11\nu}$$



ℓ/h とともに k が変わるのは異方性の影響か？

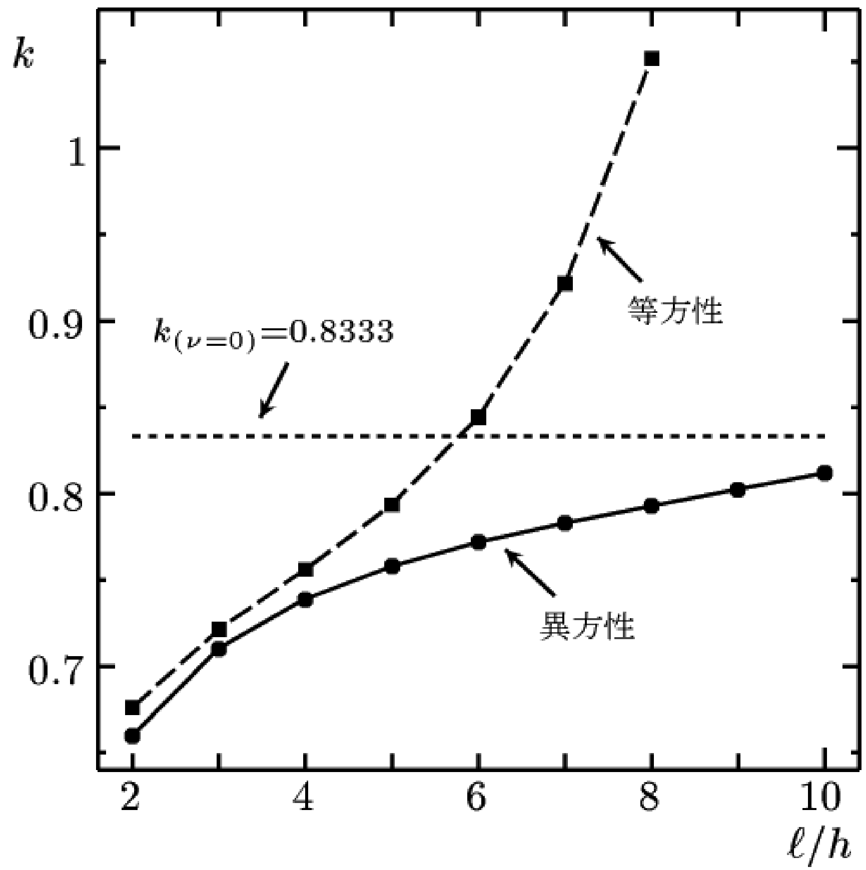
等方性で解いてみる

$E = 10GPa$ (木材)

$\nu = 0.3 (0 < \nu < 0.5)$

$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = 3.8GPa$

$G \doteqdot \frac{E}{3}$



$G \doteqdot \frac{E}{15}$ の木材に比べせん断変形：小 $\longrightarrow$ 数値誤差：大？

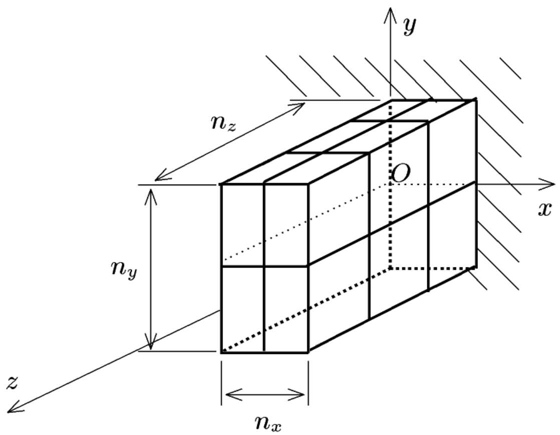
要素分割と精度

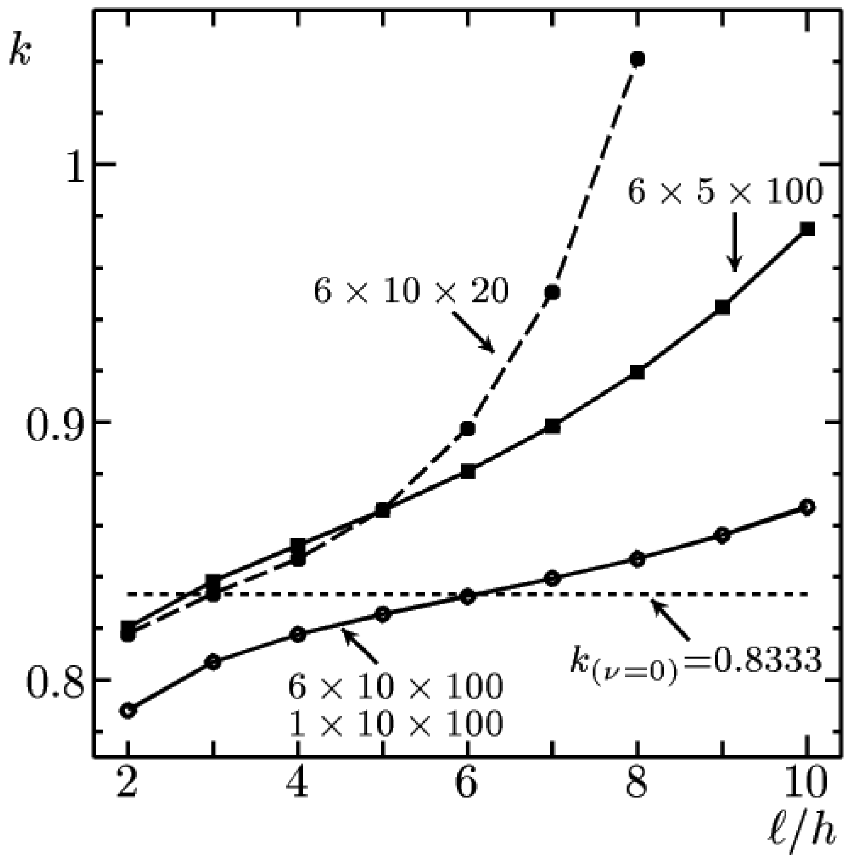
$E = 10GPa$

$G = 0.7GPa$

$\nu = 0.3$

$G \neq \frac{E}{2(1+\nu)}$





要素分割が細かいほどkの変化：小

まとめ

$\boxed{\text{集成材梁}}$ $\longrightarrow$ 異方性材料のため等方性材料のせん断補正係数kは使えない

$\Downarrow$

FEMで曲げを解析し、kを推定できないか？

$\Downarrow$

FEMより荷重Pとたわみδを求める

$\Downarrow$ 代入

ティモシェンコ梁の式：$\delta = \frac{P\ell^3}{3EI} + \frac{P\ell}{kGA}$

$\Downarrow$

kを逆算

$\Downarrow$

ℓ/hとともにkが変化

$\Downarrow$

せん断弾性係数G:大なら、kの変化：大 $\longrightarrow$ 数値誤差？

要素分割：細かければ、kの変化：小 $\longrightarrow$ 実現象？