

鋼構造部材の設計 (2)

引張部材

教科書「5章 引張り部材」,
「第6章 ロープとケー
ブル」を精読しておく
こと。



明石海峡大橋
引張部材: ケーブル
ハンガーケーブル



多々羅大橋
引張部材: ケーブル



豊浜大橋

引張部材: 下弦材, 斜材, 鉛直材等



清洲橋 1928年
自定式吊橋

引張部材: アイバー



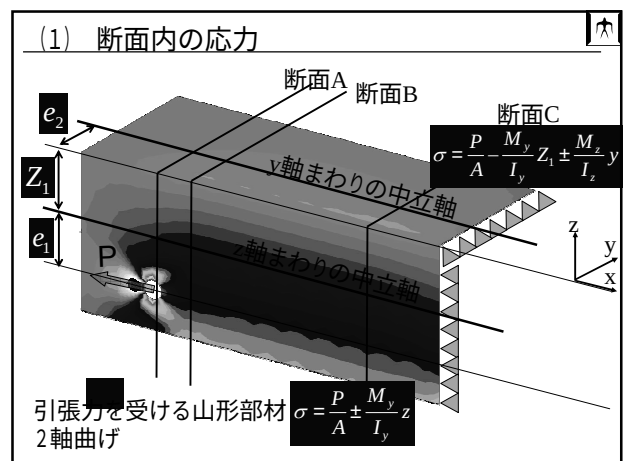
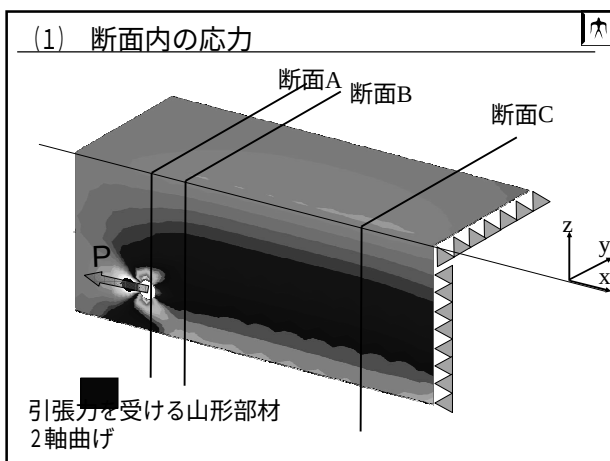
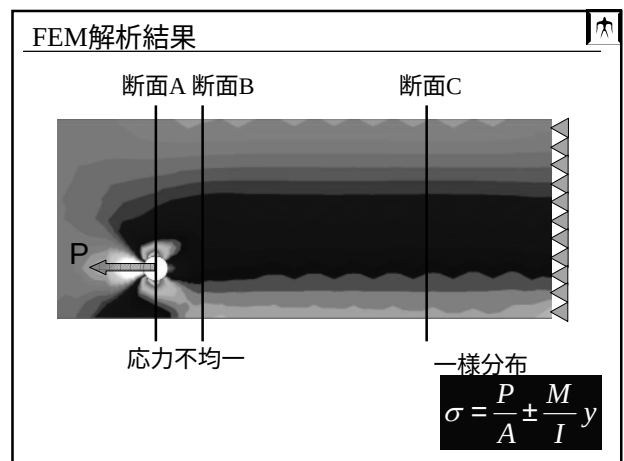
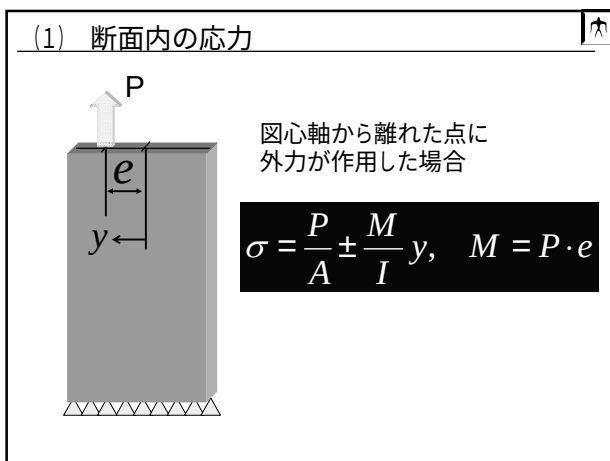
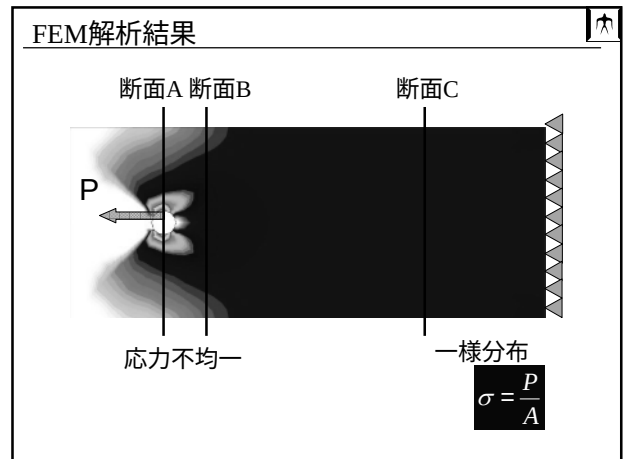
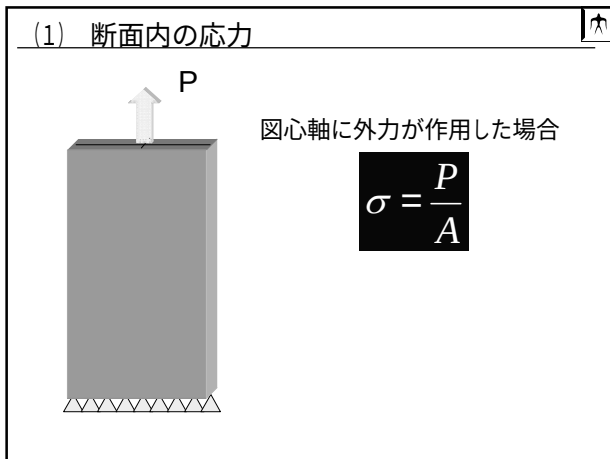
Minami Bisan
274 + 1100 + 274

引張部材: ケーブル,
ハンガー

瀬戸大橋



引張部材: ケーブル
辰巳新橋



(2) 引張部材の強度評価と許容応力度

引張部材の強度計算

$$F = \sigma \cdot A$$

$$\sigma = \sigma_Y \text{ あるいは } \sigma_B$$

許容応力度設計法

$$F_a = \sigma_a \cdot A$$

許容応力度

$$\sigma_a = \frac{\sigma}{\gamma}$$

γ : 安全率

材料強度のばらつき,
部材に生じる応力変動,
構造物の安全性のレベル

道路橋示方書では

$$\gamma = 1.7 \text{ for } \sigma = \sigma_Y$$

$$\gamma = 2.2 \text{ for } \sigma = \sigma_B$$

限界状態設計法

鉄道橋では

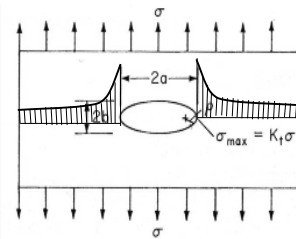
基本強度: 通常保証できる強度 (降伏強度) の
下限値

$$\sigma_f = \frac{\sigma}{\gamma_m}$$

$\gamma_m = 1.05$: 構造用鋼材の
引張応力に対する
材料係数

(3) 応力集中と引張強さ

応力集中係数, α あるいは K_t



楕円孔の応力集中

$$\alpha = K_t = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma} = 1 + \frac{2a}{b}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma \left(1 + \frac{2a}{b} \right)$$

$$\rho = \frac{b^2}{a} \Rightarrow b = \sqrt{a\rho}$$

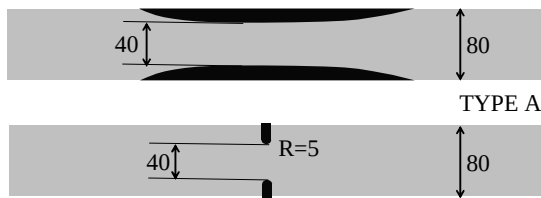
$$\sigma_{\max} = \sigma \left(1 + 2\sqrt{\frac{a}{\rho}} \right) \Rightarrow 2\sigma\sqrt{\frac{a}{\rho}} \quad (\rho \ll a)$$

$$\sqrt{\frac{a}{\rho}} \rightarrow \infty \quad (\rho \rightarrow 0)$$

$$K_t \rightarrow \infty$$

切欠き効果, 切欠き強化

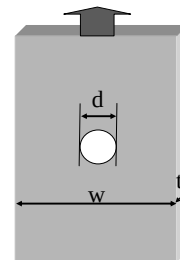
Notch Effect, Notch Strengthening



引張最大荷重 (tonf)

鋼材	TYPE A	TYPE D
SM570	31.5	19%UP 37.5
SM490B	27.5	18%UP 32.5

(4) 純断面積と総断面積



総断面積 Gross Sectional Area A

$$\sigma_g = \frac{P}{A} = \frac{P}{wt}$$

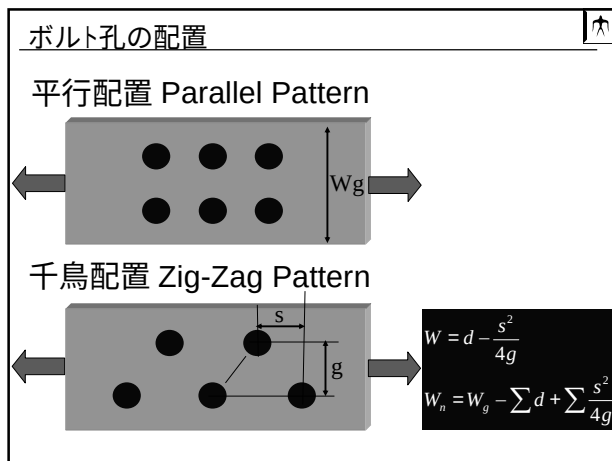
純断面積 Net Sectional Area A_n

$$\sigma_n = \frac{P}{A_n} = \frac{P}{(w-d)t}$$

部材の抵抗力

$$F = \sigma_a \cdot A_n$$

設計上用いる便宜上の応力
公称応力 Nominal Stress



(5) ピン定着部の接触応力

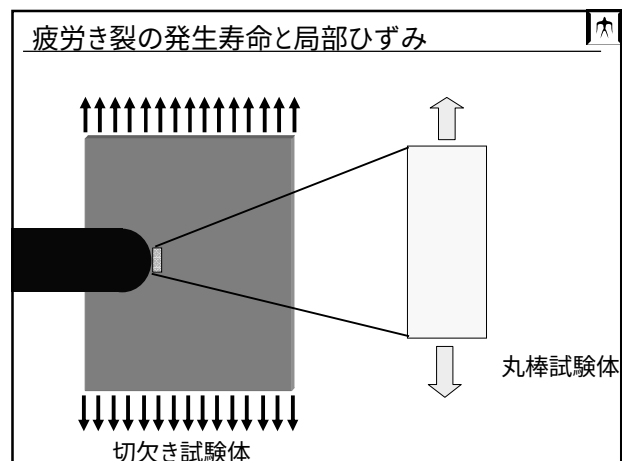
トラス格点
ハンガーケーブル
耐震落橋防止装置

(6) 疲労に対する切欠き効果

切欠き係数 $\beta = \frac{\sigma_f}{\sigma_{fn}}$

切欠き感度 $\eta = \frac{\beta - 1}{\alpha - 1}$

疲労強度減少係数 K_f :
所定の寿命における切欠き材と
平滑材の疲労強度の比 $K_f \leq K_t$



(7) 細長比

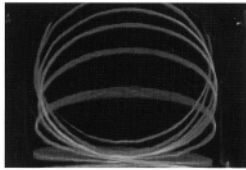
引張部材の細長比 $\frac{l}{r}$

過度なたるみや振動の発生防止



高強度鋼線 (ケーブル素線) の開発

死荷重低減 → 高強度材料の使用



11.5mmの線材

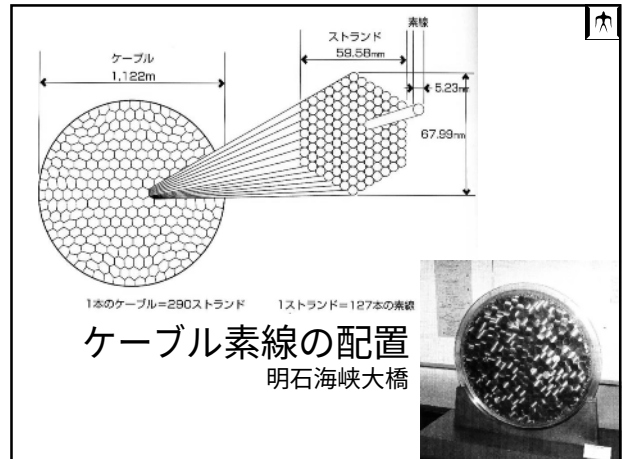


引張試験

冷間引抜き加工,
亜鉛めっき

明石海峡大橋

5.23mmの線材 (引張強度1800kN/mm²)



ストランドを束ねた
ケーブルの完成
明石海峡大橋

(9) ロープとケーブルの弾性係数

種類	弾性係数[GPa]
ストランドロープ	135
スパイラルロープ	155
ロックドコイルロープ	155
平行線ストランド	195
被覆平行線ストランド	195

有効断面積Aとケーブル直径Dとの関係

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi(1-\alpha)}} \cdot A \quad \alpha: \text{空隙率}$$

(10) 長大吊橋のケーブル

架設方法

エアスピニング (AS) 工法

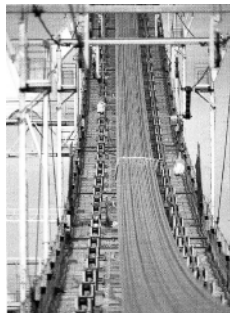
ex. Brooklyn橋

平行線ワイヤ・ストランド工法

ex. 明石海峡大橋



Brooklyn橋



明石海峡大橋

(11) ケーブルの防食

応力腐食割れの防止



Brooklyn Bridge Open on May 24, 1883 (120 years)



Brooklyn Bridge



Brooklyn Bridge

Williamsburg Bridge Open on December 19, 1903 (110 years)



Williamsburg Bridge



Williamsburg Bridge

17-9

ケーブルの防食対策



明石海峡大橋
ケーブル空調装置