

コンクリート工学

2009年 後学期

土木工学専攻 二羽淳一郎

M1-5F (512号室) ex. 2584

1. 建設材料概論

- ・土木構造物 → 主たる構成材料は鋼材とコンクリート。
鋼材単独。鋼材とコンクリートの組合せ。
鉄筋コンクリートやプレストレストコンクリート。
- ・新材料、新構造形式の開発は土木技術者の使命。



米国・フーバーダムアーチ橋
(アーチスパン = 323m)



仏 ミヨー高架橋
(橋脚高さ = 245 m)

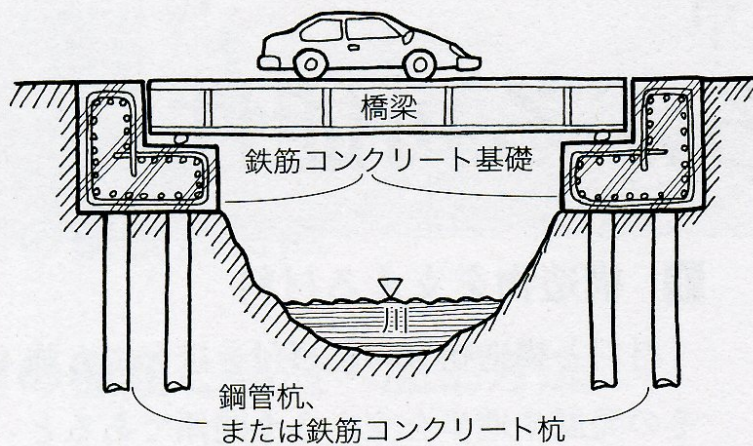


明石海峡大橋
(中央スパン = 1991m)

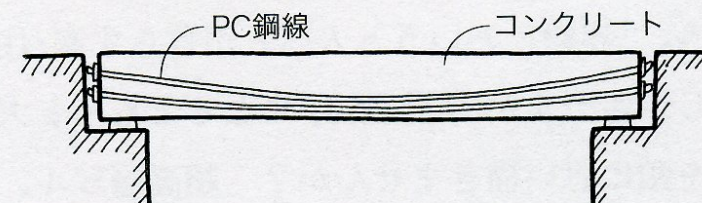
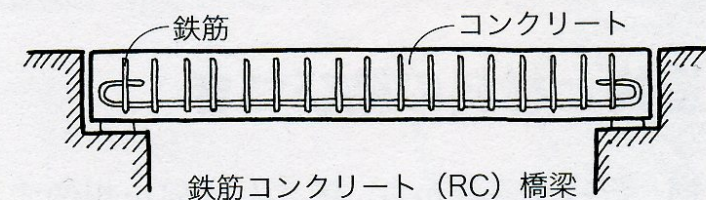
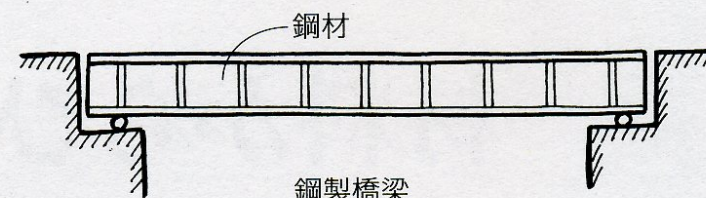
主桁は鋼トラス、主塔も
鋼製。



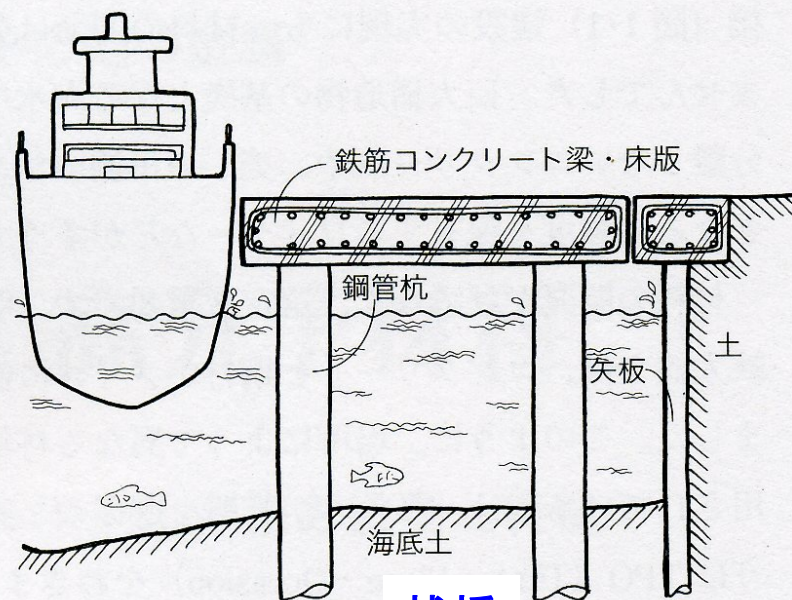
巨大なアンカレッジはコン
クリート製。



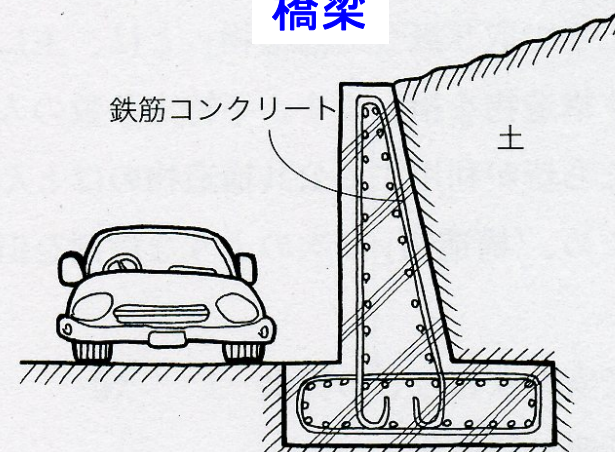
橋梁と基礎



橋梁



栈橋



土留め擁壁

身の回りの鋼製あるいはコンクリート製構造物

2. 建設材料の性質

(1) 強度 strength

応力・強度(強さ)・許容応力度

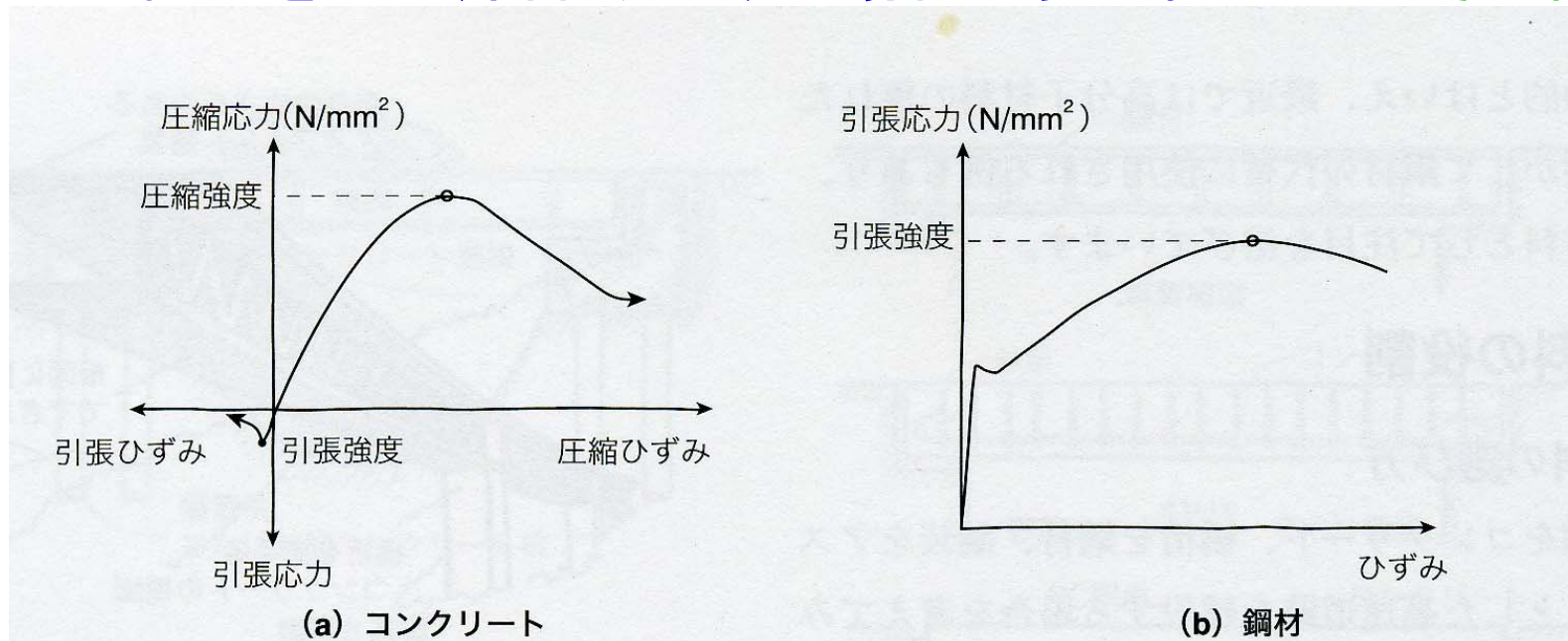
- 材料に外力が作用し、その程度が小さいと弾力的な変形(ひずみ, strain)が生ずる。また材料の内部にはこの外力に釣り合う内力が生ずる。この内力の単位面積当たりの大きさを応力(stress)という。応力には断面に垂直な直応力(normal stress)と断面に平行なせん断応力(shear stress)がある。
- 応力が材料ごとに決まっている所定の数値を上回ると材料は、破壊する。この材料ごとに決まっている数値を強度(あるいは強さ)という。
- 載荷速度**: 静的強度、衝撃強度、クリープ強度
- 繰返し回数**: 疲労強度
- 外力の種類**: 圧縮強度、引張強度、支圧強度、曲げ強度等
- 許容応力度: 長い間わが国の設計に使用されてきた。
強度を安全係数で除して求める。

○静的強度 static strength

載荷速度が極端に増加すると強度も増加する→**強度のひずみ速度依存性**。極端に遅いとクリープの影響が生じる。早すぎず、遅すぎない載荷速度で得られる強度が静的強度。静的強度は公称断面積を用いて計算する。

○降伏点(降伏強度、0.2%耐力) yield point

鉄筋の降伏強度は明確。PC鋼材(高強度鋼材)では不明確。0.2%耐力を以て、降伏点とする場合が多い。**Pintoの考え**。



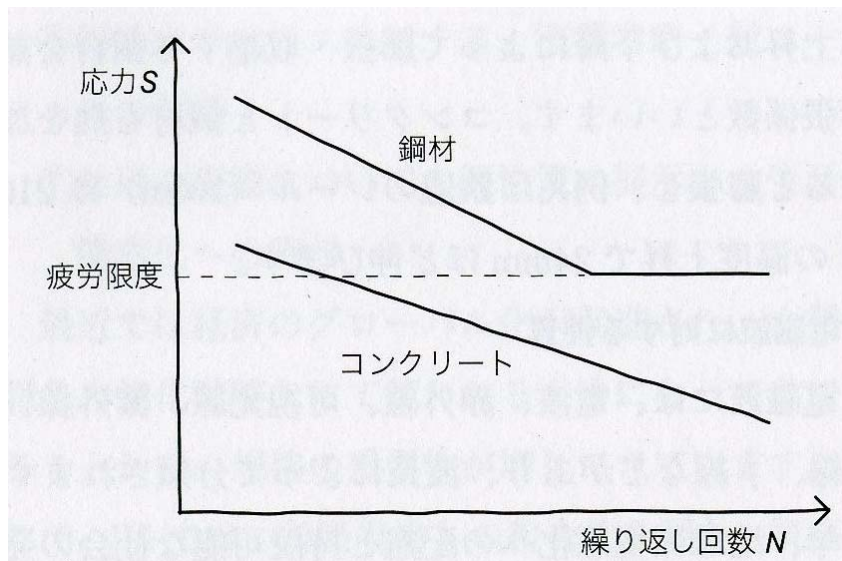
材料の応力-ひずみ曲線の模式図

○クリープ強度 creep strength

長時間にわたって持続荷重を加えると、変形は次第に増加していく。この際に破壊したとするとその強度をクリープ強度という。

○疲労強度 fatigue strength

繰返し荷重を受けると、材料は静的強度よりも小さい応力で破壊する。これを疲労破壊という。疲労では、応力の値自体よりも応力の変動幅($\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$, 応力範囲)が影響する。応力変動幅(あるいはこれの対数)と繰返し回数 N の対数の関係をS-N線図で表すことが一般的である。

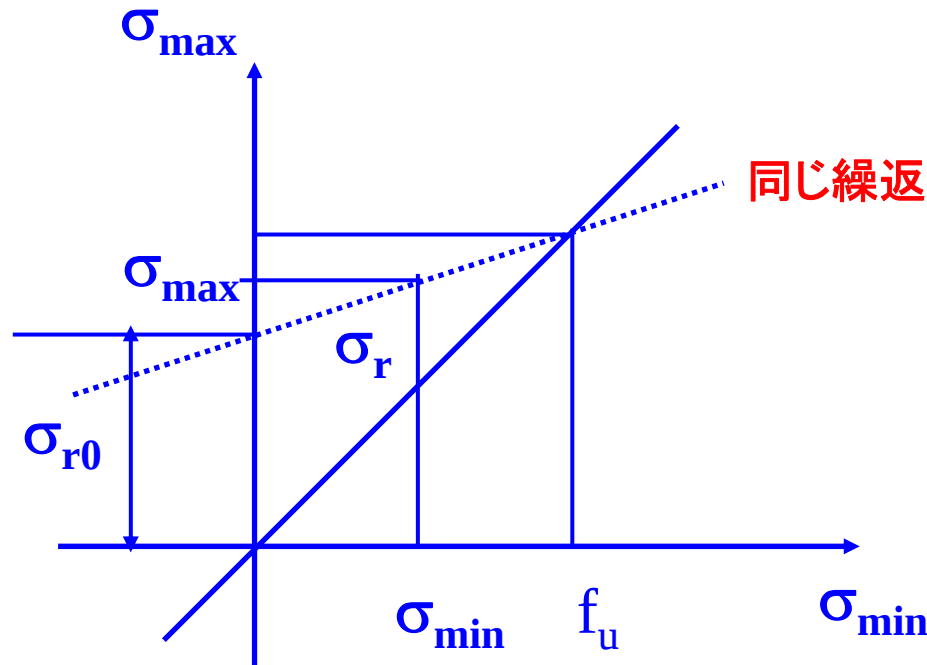


S-N線図

○疲労強度 fatigue strength

疲労強度と静的強度はどのように関係するか？

修正Goodman線図



同じ繰返し回数で疲労破壊するライン

$$\sigma_{r0} = \frac{\sigma_r}{1 - \sigma_{\min} / f_u}$$

完全片振りの応力変動幅に変換してS-N線図に適用する。

$$\sigma_r = A - k \log N$$

鋼材では、ある応力変動幅以下では N が増加しても疲労破壊せず、S-N 線図に水平部が現れる。これを **疲労限度** あるいは **耐久限度** と称する。一方、コンクリートではこの疲労限は認められていない。一般には200万回疲労強度を以て、代表とすることが多い。実験上の都合も関係している。以上は高サイクル疲労。地震は低サイクル疲労の問題として扱われている。

(2) 変形に関する性質

○ひずみ(strain): 単位長さあたりの変形量。伸びを元の長さで割る。

$$\varepsilon = \Delta L / L$$

○残留ひずみ: 作用する応力が弾性限界を超えた場合、応力を取り除いても(除荷)、残っているひずみがある。これを残留ひずみという。

○クリープひずみ: 一定の持続荷重の作用下で時間の経過とともに増加していくひずみ。

$$\varepsilon_T = \varepsilon_{el} + \varepsilon_{cr}$$

ε_T : 全ひずみ、 ε_{el} : 弾性ひずみ、 ε_{cr} : クリープひずみ

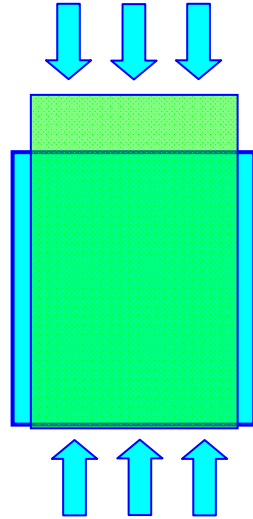
○レラクセーション(relaxation): ひずみ一定の条件下で、時間とともに応力が弛緩していく現象。

○弾性係数(modulus of elasticity)

応力が比例限度を超えない場合の応力-ひずみ関係の直線部傾斜角のtangent. 単位は応力と同じ。N/mm²あるいはkN/mm²など。

一般的な1軸の圧縮・引張応力下での弾性係数をヤング係数(Young's modulus)という。せん断応力とせん断ひずみ間の弾性係数をせん断弾性係数(shear modulus)という。

○ポアソン比(Poisson's ratio): 材料を1軸圧縮した際に、载荷直交方向の引張ひずみ (ε_t) と载荷方向の圧縮ひずみ (ε_l) の比の絶対値をポアソン比という。記号は ν 。



$$\nu = \frac{-\varepsilon_t}{\varepsilon_l}$$

押すと横に膨らむ

○ヤング係数Eとせん断弾性係数Gの関係

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

○構造部材としての変形性能:

- 伸び能力
- 残留ひずみ(部材としての)
- 剛性(曲げ剛性)

stiffness or rigidity

部材の曲げ剛性 EI はヤング係数 E と断面2次モーメント I の積で求められる。

(3) 耐久性に関する性質

- 耐候性(weather resistance): 凍結融解、乾湿、温度変化等に対する抵抗性。
- 耐すりへり性(abrasion resistance): 流水、流砂、機械的なすりへり作用に対する抵抗性。
- 耐食性(corrosion proof): 鋼材の腐食に対する抵抗性。
- 耐化学薬品性(chemicals resistance): 酸、アルカリ、塩類、油等に対する抵抗性。

(4) その他の性質

○質量(weight)

同じ抵抗力を発揮する場合、コンクリートは鋼材に比べて、一般に重くなる。したがって、high rise buildingやlong span bridgeには鋼材の方が好適。しかし、プレストレストコンクリートや最近の超高強度コンクリートはこの問題を相当に解決している。

- 単位容積質量: 単位容積当りの質量。単位は kg/m^3 あるいは kg/l 等。

(5) 規格

○日本工業規格(Japanese Industrial Standards, JIS)は材料・機器の品質・形状・寸法あるいは試験方法を規定。現在約9000件。約4%が建設材料に関連。

土木建築は記号A。例えば、JIS A 5308 レディーミクストコンクリート。
鉄鋼はG、化学はKなど。

○示方書(specification)

土木学会コンクリート標準示方書

JSCE: Japan Society of Civil Engineers

Standard Specifications for Concrete Structures

○外国

ISO(国際標準)、EN(欧州規格)、ASTM(米国規格)、BS(英国規格)、
DIN(ドイツ規格)、NF(フランス規格)