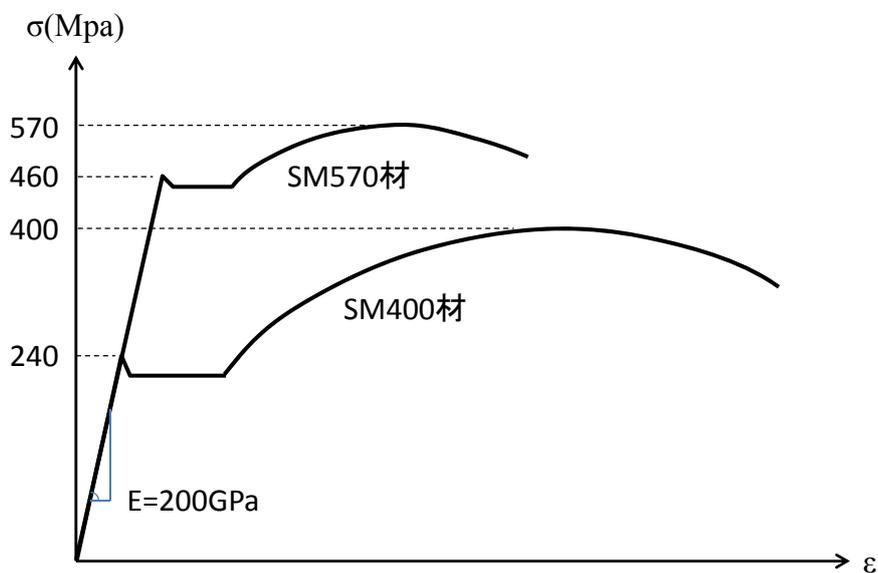


解答

1.



応力ひずみ曲線

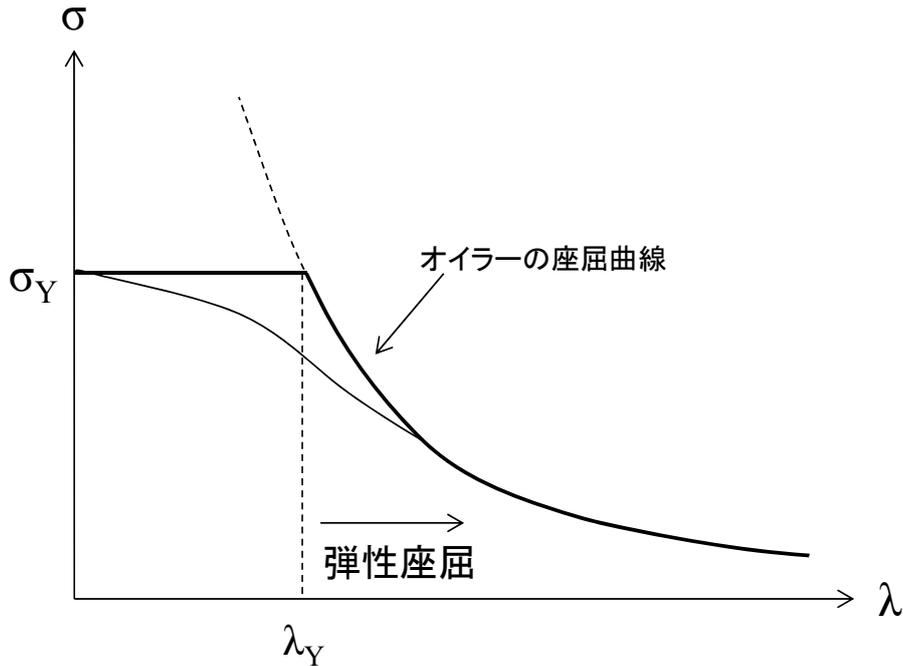
SM400 材の降伏強度は 240MPa 以上，SM570 材の降伏強度は 460MPa 以上を有する．降伏強度は上降伏点における応力のことを指す．引張強度は最大公称応力のことであり，SM400 材では 400MPa，SM570 材では 570MPa を保証している．降伏点までの「応力／ひずみ」で得られる傾きはヤング率と呼ばれ，どちらの鋼材も同じ 200GPa である．ひずみ量が上降伏点を越えると降伏だなと呼ばれる領域に入り，応力は一定のまま，急激にひずみ量が増える．降伏後さらに荷重を加えると，ひずみが増加するに従って応力が上昇する．この現象をひずみ硬化と呼ぶ．一般的に軟鋼は最大荷重になった後も十分に伸びてから破断するのに対し，高強度鋼は最大荷重となるひずみが小さく，また破断にいたるまでの伸びも小さい．

## 2.

橋脚の高さを  $H$  とすると、設問の条件の場合有効座屈長は  $2H$  なる。すなわち全体座屈を計算するうえで重要な細長比  $\lambda$  は断面 2 次半径  $r$  を用いると、

$$\lambda = 2H/r$$

となる。



オイラーの座屈曲線

オイラーの座屈曲線は横軸を細長比  $\lambda$ 、縦軸を部材の応力として上図のように示される。全体座屈するときの応力を  $\sigma_E$  とすれば、 $\sigma_E$  は細長比を用いて下記の式で示される。

$$\sigma_E = \pi^2 E / \lambda^2 \quad (1)$$

座屈応力と降伏応力が一致するときの細長比を  $\lambda_Y$  とし、それよりさらに細長比が大きくなり、かつ座屈応力を越える応力が生じる条件において理論上の弾性座屈が生じる。実際には、圧延や溶接による残留応力の影響で、弾性座屈は  $\lambda_Y$  よりもさらに細長比が高く、応力の低い領域で生じる。非弾性座屈は全断面が弾性状態を達成せず、部分的にでも降伏している状態で生じる。

柱部材を設計するとき、局部座屈の強度が柱の座屈強度を上回るように設計する。全体座屈荷重が材料特性と細長比で決まるのに対し、局部座屈は材料特性と鋼板の幅厚比で決まる。柱の座屈強度は、次の式で示すことができる。

$$\sigma_{cr} = \frac{k\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \times \frac{1}{(b/t)^2}$$

板の特性であるポアソン比  $\nu$  や境界条件に関する係数  $k$  が入っているが、それを除くと、柱の座屈強度の式(1)とほぼ同様であり、細長比にあたるのが幅厚比であることがわかる。

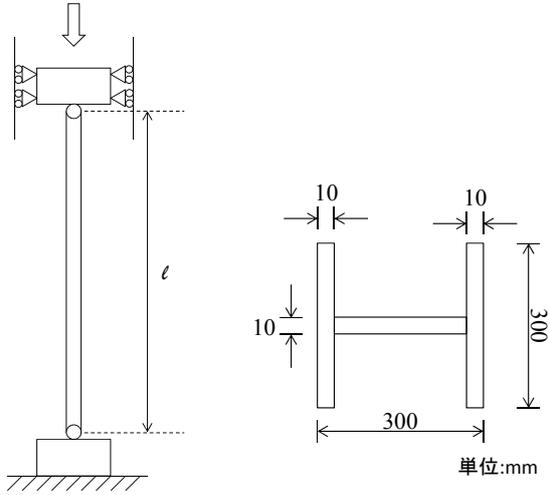
鋼製柱の経済的な設計をするためには、断面積が少なく、また座屈に対する必要な強度を有する剛性を有することが必要である。板厚が小さい断面では局部座屈に対する強度が小さくなるが、板厚を小さくしつつ、必要な剛性を確保するために補剛材を設置する方法がある。補剛材は板の局部座屈に対する抵抗を高める目的で設置する。

### 3.

脆性破壊の制御は材料面の考慮が必要である。鋼材中に切欠きやき裂が存在したり、荷重が衝撃的に作用したり、使用温度が低かったりすると、降伏や十分な伸びを伴った延性的な破断ではなく、瞬間的な変形を伴わない、脆性破壊を発生することがある。脆性破壊に対する材料の抵抗をじん性と呼ぶ。使用温度が低い環境で使用する鋼材はじん性値の高いものを用いる。じん性の高い鋼材は、破壊形式が延性破壊からじん性破壊へ移行する遷移温度が高くされている。構造物の設計の際には遷移温度アプローチと呼ばれる方法が採用されている。これは使用最低温度に対して遷移温度が高くなるように鋼材を選定する方法である。

疲労破壊は材料強度に依存しない。すなわちどの鋼材を用いても疲労破壊を考えなければならない。疲労破壊は応力振幅によって生じることから、応力振幅を小さくする、いわゆる応力集中を生じさせないディテールの設計が重要となる。また溶接施工の際には溶接継手部に溶接不良が生じた場合、そこを原因とした疲労き裂が発生する可能性があるために、注意が必要である。特に溶接の始末端では溶接不良が生じやすいため、エントタブを取り付けて継手部に始末端が残らないようにする等の特別の注意を払う必要がある。

4.



(1)

ヤング率  $E = 200 \times 10^3 (N/mm^2)$

降伏応力  $\sigma_E = 240 (N/mm^2)$

とする.

断面の形状より,

断面積は  $A = 8.80 \times 10^4 (mm^2)$

弱軸まわり断面 2 次モーメントは  $I = 4.50 \times 10^7 (mm^4)$

断面 2 次半径は  $r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 71.5 (mm)$

弾性座屈応力は  $\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{(l/r)^2}$  であるから, これを  $l$  に関して解く.

求める柱の長さを  $l$  とすれば,

$$l = \pi r \sqrt{\frac{E}{\sigma}}$$

$$l = 6420 (mm)$$

(2)

細長比  $\lambda = \frac{l}{r}$  を用いると，座屈時の応力は下記のように示される．

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{\lambda}$$

(1)で求めた柱の長さより，降伏時の細長比は

$$\lambda = 90.7$$

細長比を横軸，部材に生じる応力を縦軸とすれば，座屈曲線は下図のように示される．応力が一様に生じる条件下として，細長比 90.7 を上回る領域で柱の応力が曲線より高くなる場合に座屈が生じる．

