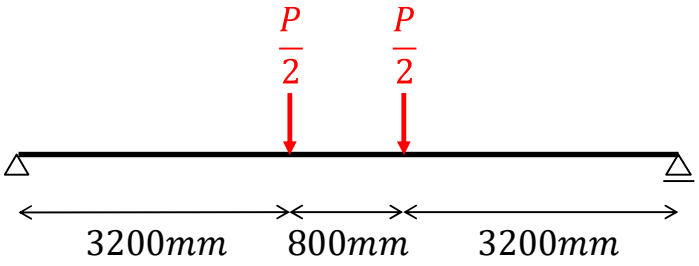
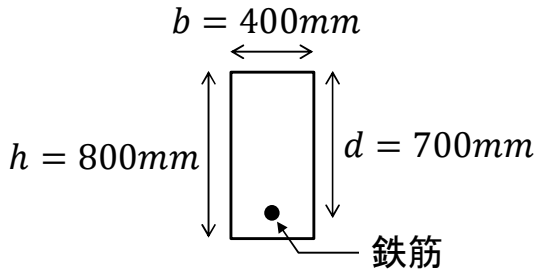
Sample Answer (11)





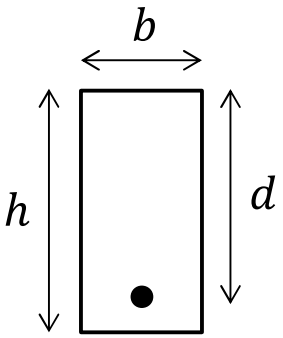
断面図（A～Bで共通）

上図に示す、単純支持され、スパン中央部分に対称2点荷重を受けるRCはりを考える。鉄筋の降伏強度$f_y = 400N/mm^2$、鉄筋の弾性係数$E_s = 200kN/mm^2$、コンクリートの圧縮強度$f_c' = 30N/mm^2$である。

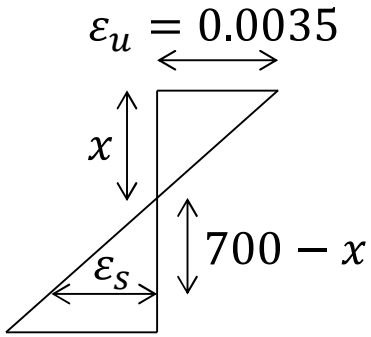
① 鉄筋の断面積$A_s = 3000mm^2$のとき、曲げ破壊荷重を求めよ。

すべてN, mmで単位を統一して値を代入する。

1. 中立軸位置をxとおき、断面内のひずみを直線分布（平面保持の仮定）で描く。

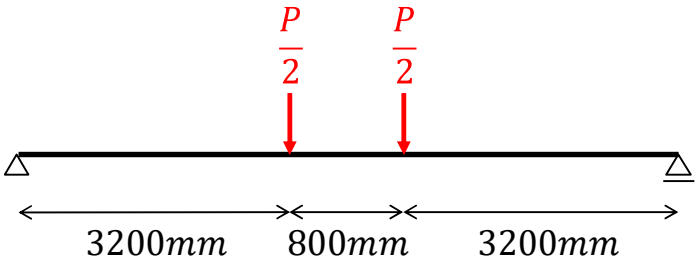


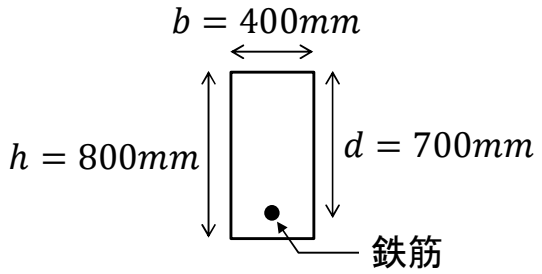
断面図



ひずみ分布

Sample Answer (11)





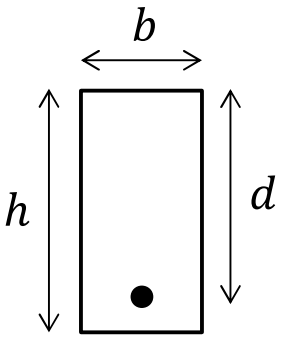
断面図（A～Bで共通）

上図に示す、単純支持され、スパン中央部分に対称2点荷重を受けるRCはりを考える。鉄筋の降伏強度$f_y = 400N/mm^2$、鉄筋の弾性係数$E_s = 200kN/mm^2$、コンクリートの圧縮強度$f_c' = 30N/mm^2$である。

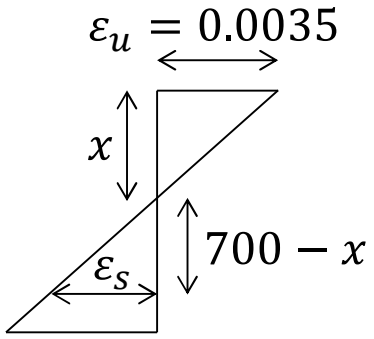
① 鉄筋の断面積$A_s = 3000mm^2$のとき、曲げ破壊荷重を求めよ。

すべてN, mmで単位を統一して値を代入する。

2. 三角形の相似則（変形の適合条件）から、条件式①を立てる。



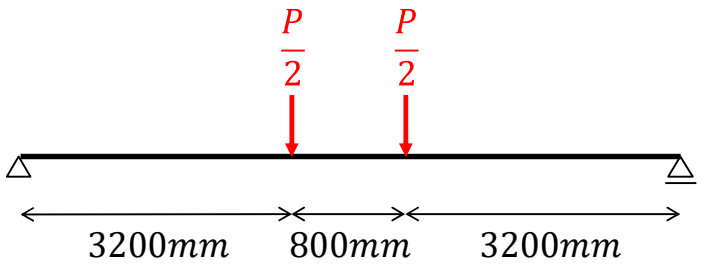
断面図

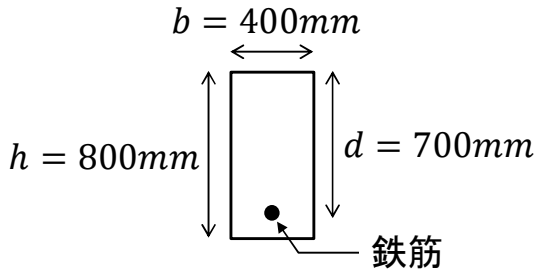


ひずみ分布

$$\frac{700 - x}{x} = \frac{\varepsilon_s}{0.0035}$$

$$\therefore \varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{700 - x}{x} \quad \cdots ①$$





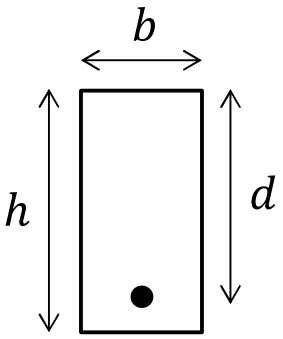
断面図（A～Bで共通）

上図に示す、単純支持され、スパン中央部分に対称2点荷重を受けるRCはりを考える。鉄筋の降伏強度$f_y = 400N/mm^2$、鉄筋の弾性係数$E_s = 200kN/mm^2$、コンクリートの圧縮強度$f_c' = 30N/mm^2$である。

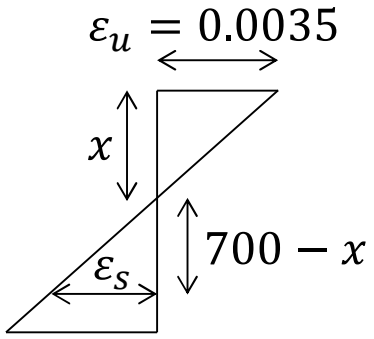
① 鉄筋の断面積$A_s = 3000mm^2$のとき、曲げ破壊荷重を求めよ。

すべてN, mmで単位を統一して値を代入する。

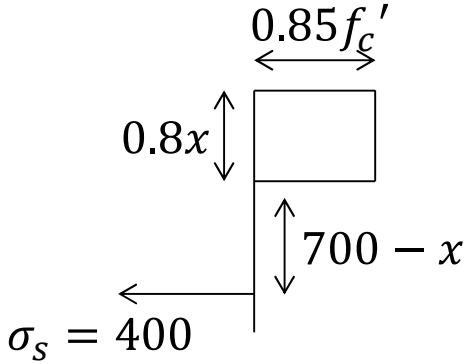
3. 材料の応力－ひずみ関係から、応力分布を描く。



断面図

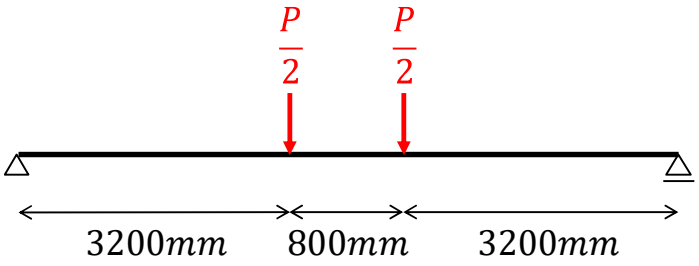


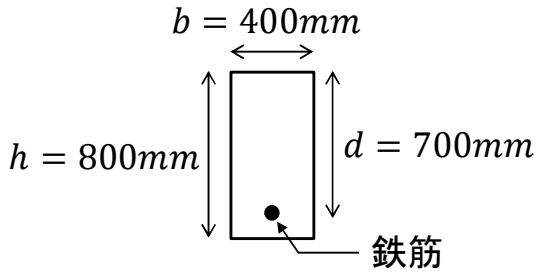
ひずみ分布



応力分布

Sample Answer (11)





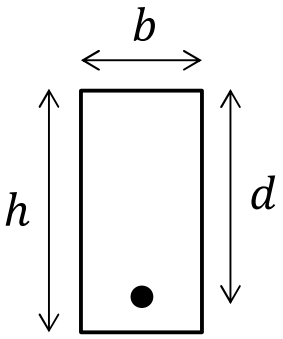
断面図（A～Bで共通）

上図に示す、単純支持され、スパン中央部分に対称2点荷重を受けるRCはりを考える。鉄筋の降伏強度$f_y = 400N/mm^2$、鉄筋の弾性係数$E_s = 200kN/mm^2$、コンクリートの圧縮強度$f_c' = 30N/mm^2$である。

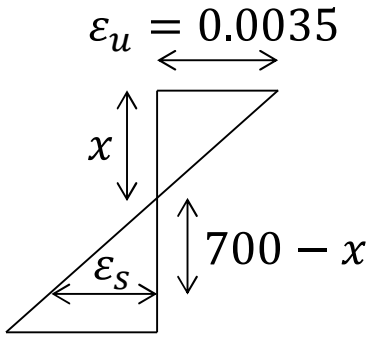
① 鉄筋の断面積$A_s = 3000mm^2$のとき、曲げ破壊荷重を求めよ。

すべてN, mmで単位を統一して値を代入する。

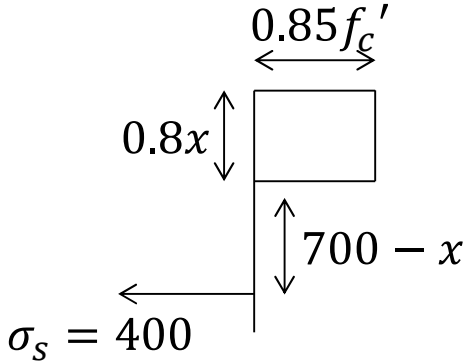
4. 圧縮合力と引張合力を算出し、水平方向の力の釣合いから条件式②を立てる。



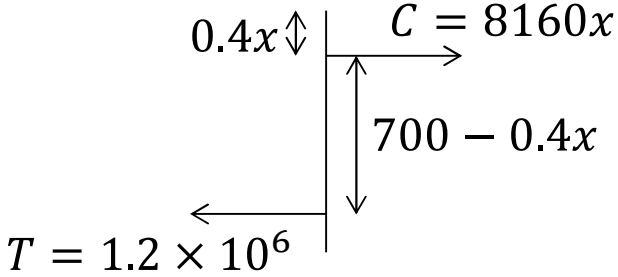
断面図



ひずみ分布

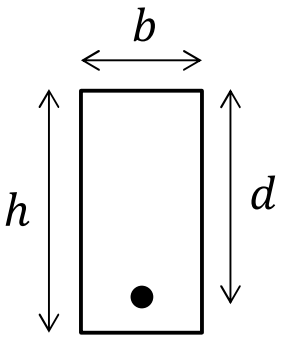


応力分布

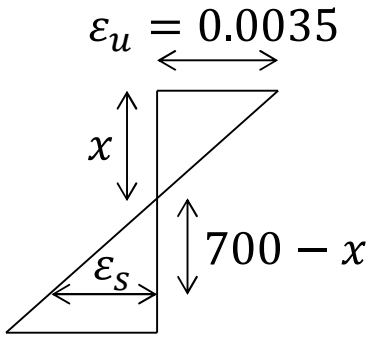


力の分布

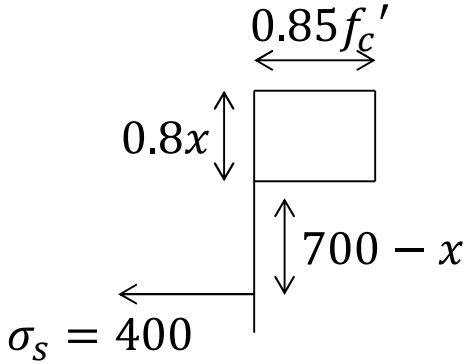
4. 圧縮合力と引張合力を算出し、水平方向の力の釣合いから条件式②を立てる。



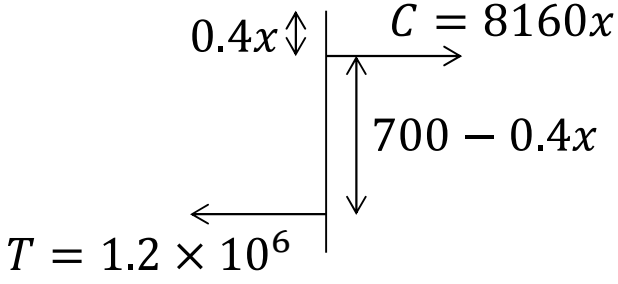
断面図



ひずみ分布



応力分布



力の分布

$T = C$より、$1.2 \times 10^6 = 8160x$　　・・・②

5. 条件式①②から、中立軸位置xを求める。

$$x = \frac{1.2 \times 10^6}{8160} \approx 147mm$$

6. 鉄筋のひずみから、降伏の有無を確認する。

$$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{700 - x}{x} = 0.0035 \times \frac{700 - 147}{147} \approx 0.01317$$

降伏ひずみ$\varepsilon_y = f_y / E_s = 400/200000 = 0.002$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$なので、確かに降伏している。このまま計算してよい。

7. 圧縮合力（または引張合力）とモーメントアーム長（圧縮合力と引張合力の作用位置の距離）から、断面に生じている曲げモーメントを計算する。

$$M_u = T \times (700 - 0.4x) = 1.2 \times 10^6 \times (700 - 0.4 \times 147) \approx 7.69 \times 10^8 N \cdot mm$$

8. 対応する荷重Pを求める。

曲げモーメントはスパン中央で最大となり、その値は

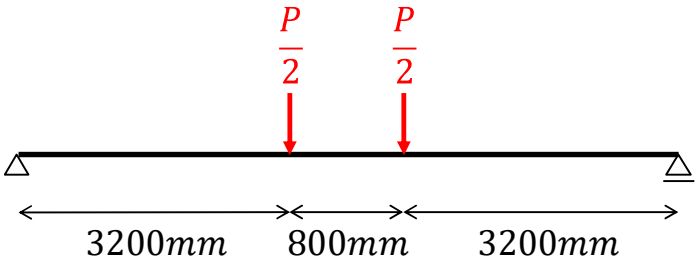
$$M_{max} = \frac{P \times 3200}{2} = 1600P$$

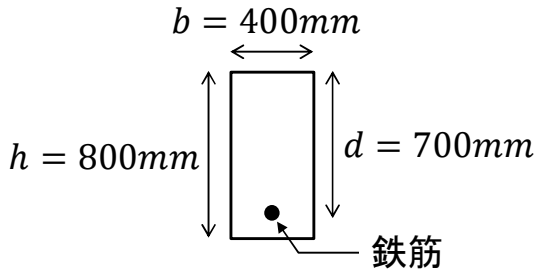
したがって、曲げ破壊荷重は

$$P_u = \frac{M_u}{1600} = \frac{7.69 \times 10^8}{1600} = 4.8 \times 10^5 N$$

$$= 480kN \approx 49ton$$

Sample Answer (11)





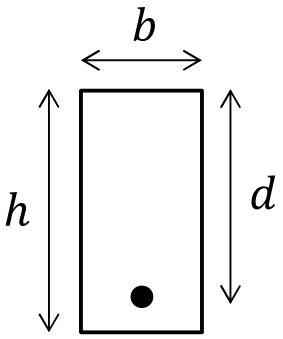
断面図（A～Bで共通）

上図に示す、単純支持され、スパン中央部分に対称2点荷重を受けるRCはりを考える。鉄筋の降伏強度$f_y = 400N/mm^2$、コンクリートの圧縮強度$f_c' = 30N/mm^2$である。

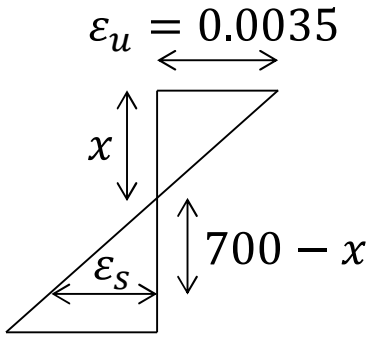
② 鉄筋の断面積$A_s = 10000mm^2$のとき、曲げ破壊荷重を求めよ。

すべてN, mmで単位を統一して値を代入する。

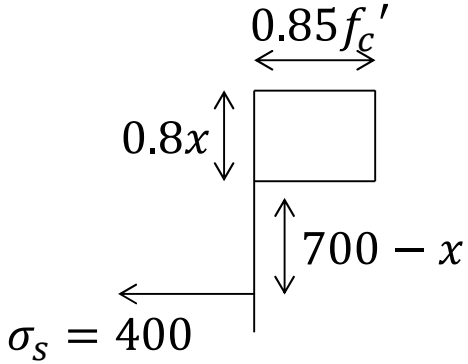
4. 圧縮合力と引張合力を算出し、水平方向の力の釣合いから条件式②を立てる。



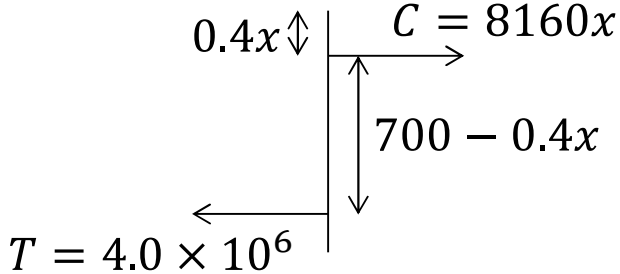
断面図



ひずみ分布



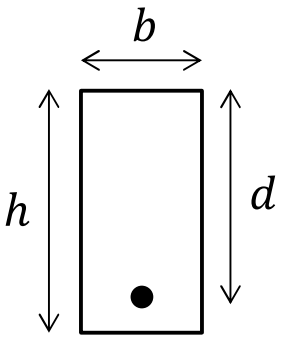
応力分布



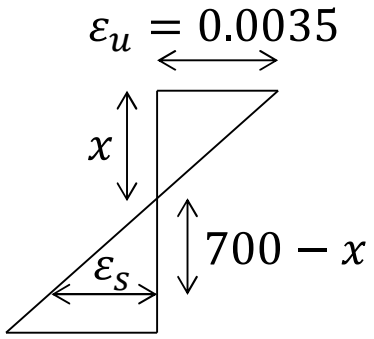
力の分布

引張合力が異なる

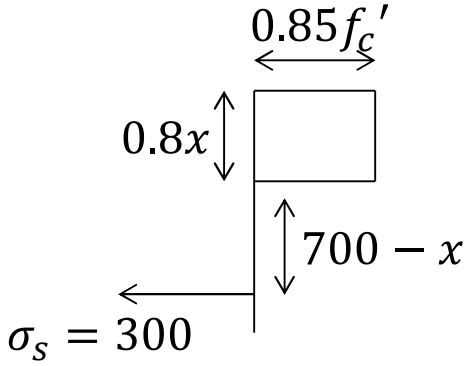
4. 圧縮合力と引張合力を算出し、水平方向の力の釣合いから条件式②を立てる。



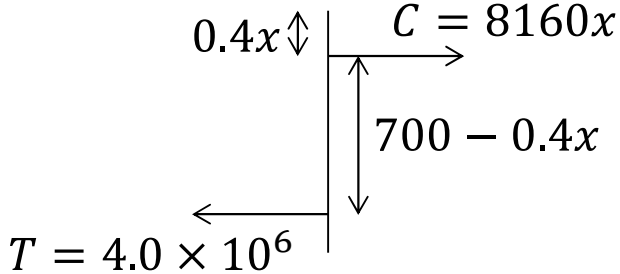
断面図



ひずみ分布



応力分布



力の分布

引張合力が異なる

$T = C$より、$4.0 \times 10^6 = 8160x$　・・・②

5. 条件式①②から、中立軸位置xを求める。

$$x = \frac{4.0 \times 10^6}{8160} \approx 490mm$$

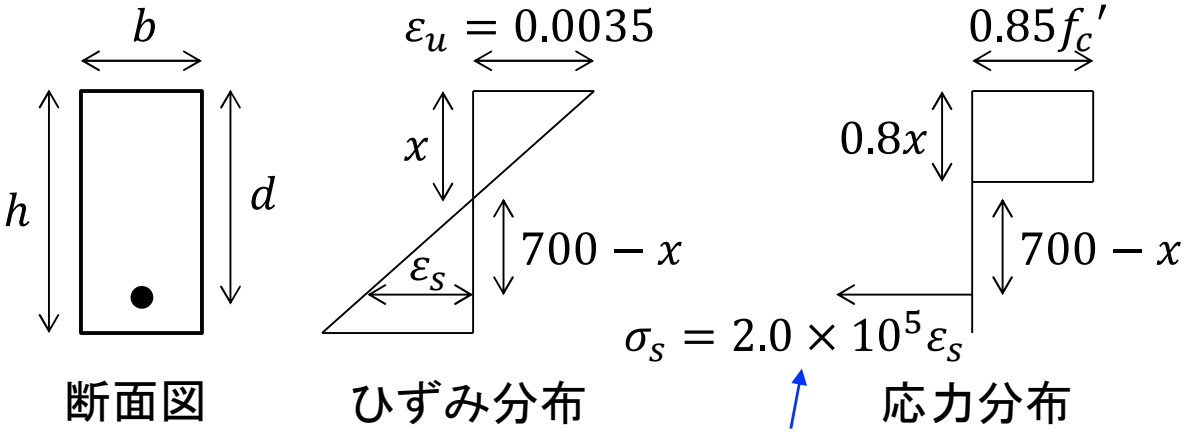
6. 鉄筋のひずみから、降伏の有無を確認する。

$$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{700 - x}{x} = 0.0035 \times \frac{700 - 490}{490} \approx 0.0015$$

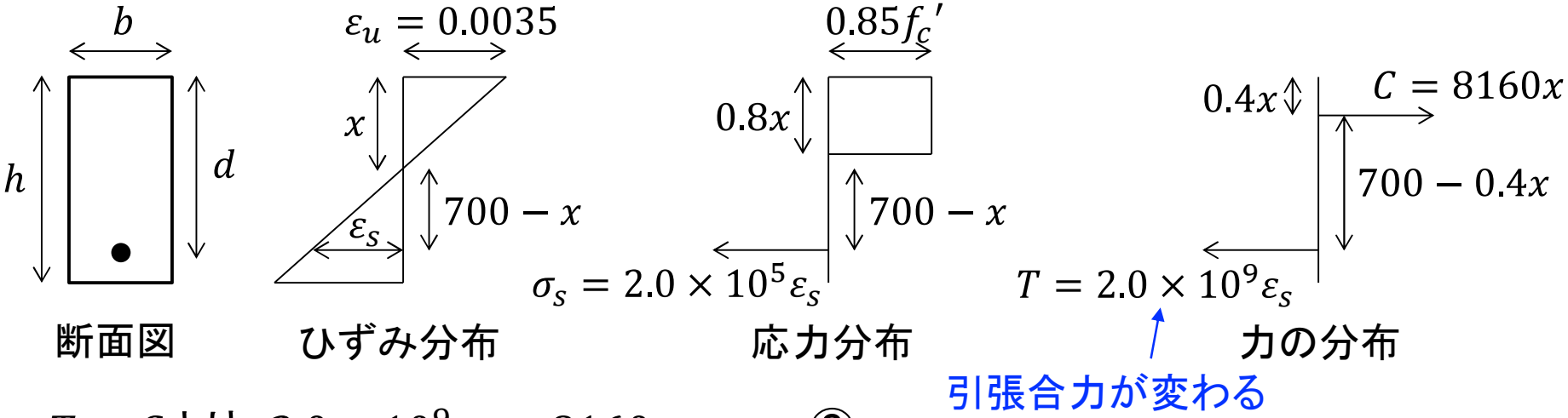
降伏ひずみ$\varepsilon_y = f_y / E_s = 400/200000 = 0.002$

$\varepsilon_s < \varepsilon_y$なので、降伏しているという仮定は誤り。応力－ひずみ関係を見直す。

3. 材料の応力－ひずみ関係から、応力分布を描く。



4. 圧縮合力と引張合力を算出し、水平方向の力の釣合いから条件式②を立てる。



$T = C$より、$2.0 \times 10^9 \varepsilon_s = 8160x$　　・・・②

5. 条件式①②から、中立軸位置xを求める。

$$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{700 - x}{x} \quad \cdots①$$

$$2.0 \times 10^9 \varepsilon_s = 8160x \quad \cdots②$$

整理すると、以下の二次方程式が得られる。

$$0.0408x^2 + 35x - 24500 = 0$$

$$\therefore x = \frac{-35 + \sqrt{35^2 - 4 \times 0.0408 \times (-24500)}}{2 \times 0.0408} \approx 457mm$$

6. 鉄筋のひずみから、降伏の有無を確認する。

$$\varepsilon_s = 0.0035 \times \frac{700 - x}{x} = 0.0035 \times \frac{700 - 457}{457} \approx 0.00186$$

降伏ひずみ$\varepsilon_y = f_y / E_s = 400/200000 = 0.002$

$\varepsilon_s < \varepsilon_y$なので、確かに降伏していない。これで計算を進める。

7. 圧縮合力（または引張合力）とモーメントアーム長（圧縮合力と引張合力の作用位置の距離）から、断面に生じている曲げモーメントを計算する。

$$
\begin{aligned}
M_u &= C \times (700 - 0.4x) \\
&= 8160x \times (700 - 0.4x) \\
&= 8160 \times 457 \times (700 - 0.4 \times 457) \\
&\approx 1.93 \times 10^9 N \cdot mm
\end{aligned}
$$

8. 対応する荷重Pを求める。

$$
\begin{aligned}
P_u = \frac{M_u}{1600} = \frac{1.93 \times 10^9}{1600} &= 1.21 \times 10^6 N \\
&= 1210kN \approx 123ton
\end{aligned}
$$