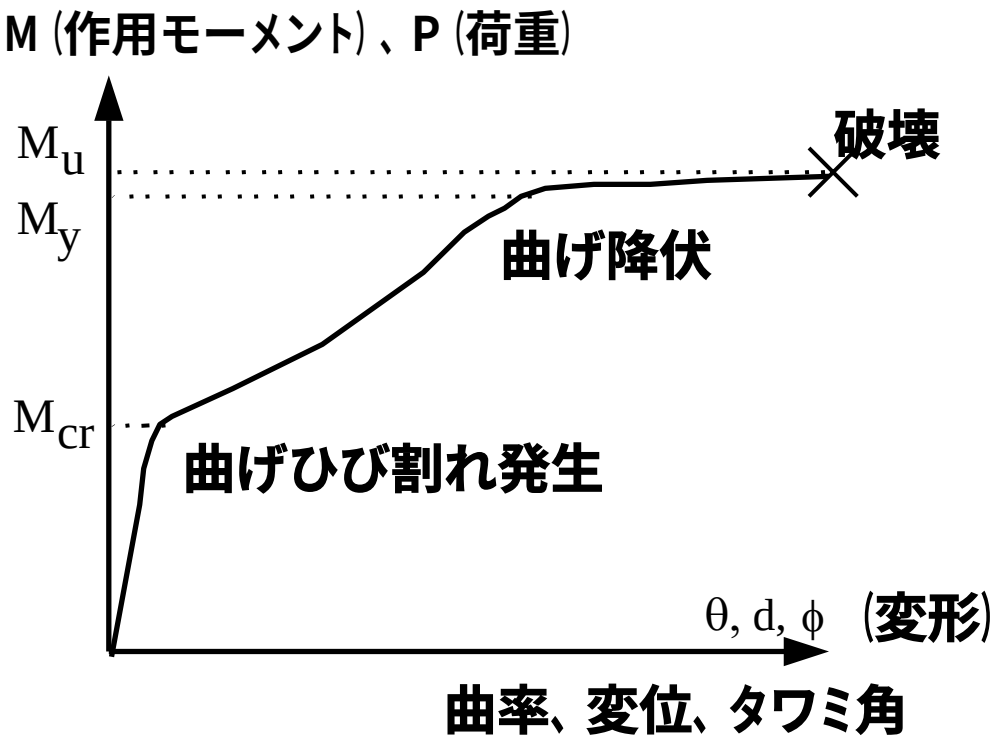
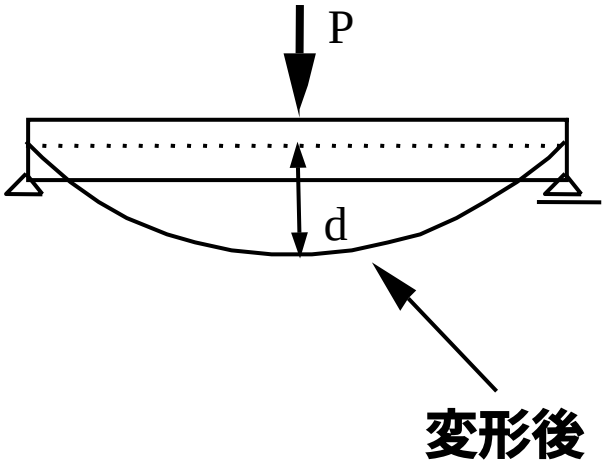
2. 曲げを受けるRC部材の挙動

2.1 一般的な挙動





【曲げを受けるRC部材の挙動】←よく理解しておくこと

○曲げひび割れが発生するまでは、鉄筋コンクリートはりも弾性的に挙動すると考えてよい。

○荷重が増加して、作用するモーメントが増加していくと、単純ばりの場合、曲げモーメントが最大となるスパン中央のはり下縁に**曲げひび割れ**が発生する。

○曲げひび割れ発生までは、RCはりは弾性体と考えてよい。

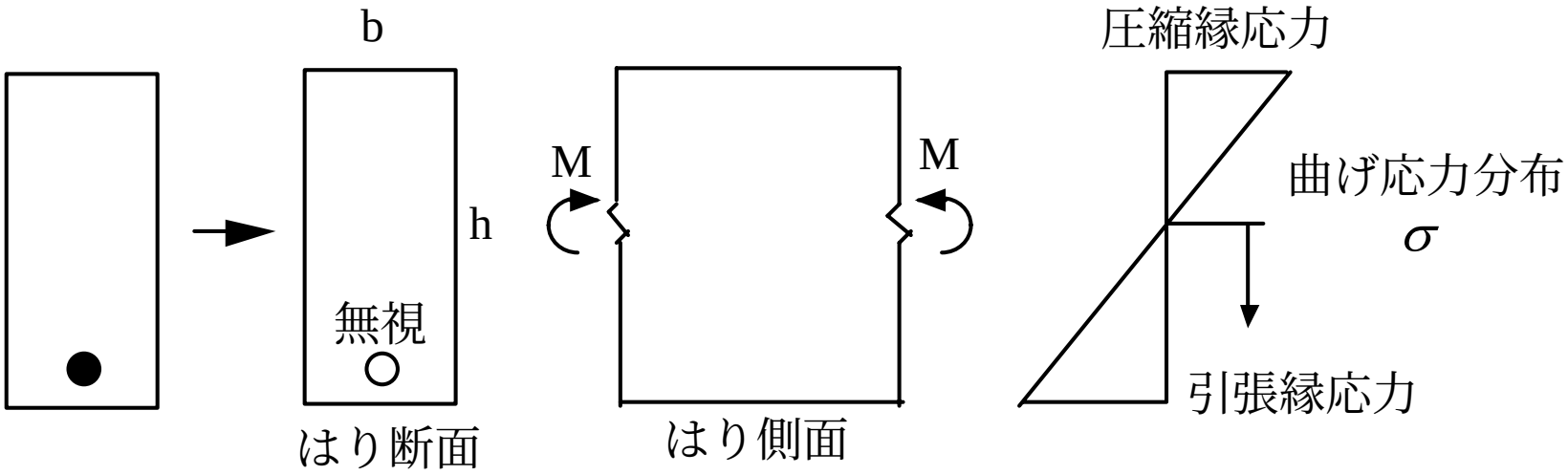
○曲げひび割れが発生すると、コンクリートが負担していた曲げ引張力に対する抵抗力は、その部分に配置されている鉄筋によって負担される。鉄筋が配置されていなければ、それで破壊となる。ただし、鉄筋の定着、コンクリートとの付着が前提。

○さらに曲げモーメントが増加すると、鉄筋の応力が増加し、ついには**鉄筋が降伏**する。

○鉄筋の降伏後は、部材としての抵抗力はあまり増加しない（多少は増加する）。

○最終的に、曲げモーメントが最大のスパン中央のはり上縁部で**コンクリートが圧縮破壊**して、部材全体の破壊となる。

2.2 曲げひび割れ発生まで



○コンクリートは弾性体と考えてよい。幅b、高さhの矩形断面なら、曲げ応力は

$$I = \frac{b\,h^3}{12}, \quad \sigma = \frac{M}{I}\,y$$

○補強鉄筋の影響は、曲げひび割れ発生前はわずかであるので、一般には無視してよい。 → コンクリート中の鉄筋の断面積はどのくらいか？

○曲げモーメントの増加により、引張縁の曲げ引張応力は増加していく。

○引張縁の曲げ応力sがコンクリートの「曲げ強度: f_b」に達するとひび割れが発生する。

○引張強度: f_t ではなく、曲げ強度: f_b であることに注意。

「引張強度」と「曲げ強度」の違い：この違いを理解しよう。

○応力勾配、コンクリートの引張軟化、破壊エネルギー、破壊力学

○引張強度は、一様な引張応力を受けた場合に、コンクリートにひび割れが発生するときの強度。しかし、曲げを受ける場合は、応力に勾配が生じている。
そのため、コンクリートの引張軟化 “tension softening” による応力の再分配が行われるので、縁応力 σ が引張強度 f_t に達しても、直ちにひび割れの進展とはならない。

○ひび割れ発生・進展に対応するみかけの強度を「曲げ強度」と呼んでいる。

$$\sigma_{cr} = \frac{M_{cr}}{I}\frac{h}{2} = f_b$$

○f_b は、はりの高さに応じて変化することが知られている。→「寸法効果」*size effect*
→ 単位面積当たりの公称強度が構造体の寸法の変化に伴い変化する現象。

○はりの高さが大きいもの程、f_b は低下し、f_t に漸近する。ただし、高さ 30cm 程度の無筋コンクリートはりでは、

$$f_b = 0.461\ f_c'^{\,2/3} \qquad (\mathrm{N/mm^2})$$

と近似してもよい。
例: 圧縮強度 $f_c' = 30\ \mathrm{N/mm^2}$なら、$f_b = 0.461 \times 30^{2/3} = 4.45\ \mathrm{N/mm^2}$
なお、引張強度に関しては、

$$f_t = 0.269\ f_c'^{\,2/3} \qquad (\mathrm{N/mm^2})$$

という式がある。例: 圧縮強度 $f_c' = 30\ \mathrm{N/mm^2}$なら、$f_t = 0.269 \times 30^{2/3} = 2.60\ \mathrm{N/mm^2}$

○高さ30cm程度のコンクリートであれば、曲げ強度と引張強度の比は1.7倍くらい。