



### 基礎 130 話 No.3 境界条件と座屈長さ

話をオイラー座屈に戻そう。今回は特に座屈長さについて説明する。これまで述べたように、座屈応力は、両端ピン支持、一様断面、一様圧縮、単一断面について規定されている。しかしながら、使用される部材には、トラス材やラーメンの柱材など様々な断面形状や境界条件が存在する。このような部材にも、前述の規定を適用するためには何らかの換算が必要となり、ここでは仮想の部材長さで評価することになる。この部材長さを座屈長さ  $l_k$  とする。例えば、両端の支持条件によって異なる座屈長さが図 9 に示されている。ここで、 $l$  は実際の部材長さを表す。

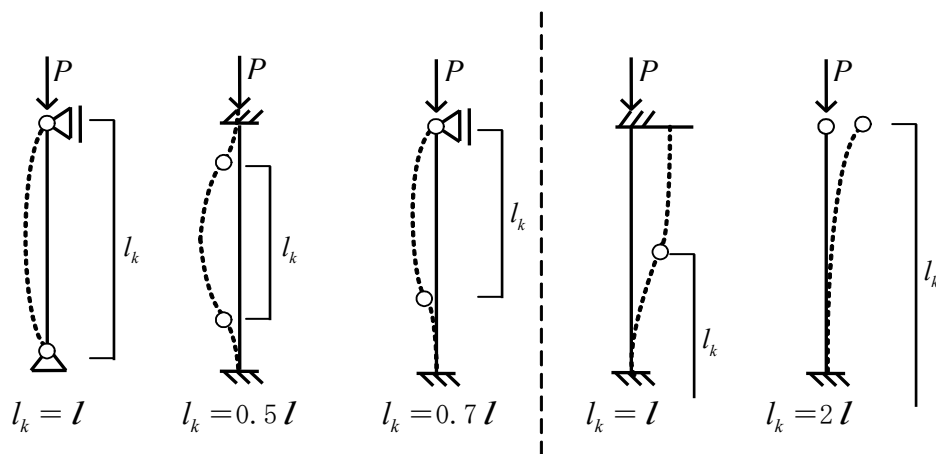


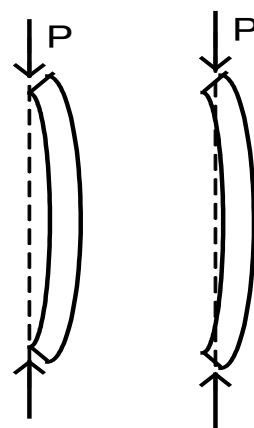
図 9 境界条件と座屈長さの関係

境界条件の異なる部材の座屈荷重と細長比は、この座屈長さとして式(7)を用いると次式となる。

$$P_E = \frac{\pi^2 EI_z}{l_k^2}; \quad \lambda = \frac{l_k}{i} \quad \dots\dots(20)$$

この座屈長さ  $l_k$  を適切に評価することで、ラーメンの柱など支持条件が異なっても、弾性座屈応力や細長比が同じ形式で表現することができることになる。

棒材の座屈荷重は初期不整の影響を受けて低下することが知られている。特に、短柱では残留応力に、長柱では初期変位に大きく影響され、座屈荷重を低下させる。荷重の不整とは、図 10 のように圧縮材に加わる荷重が断面の図芯からわずかにずれている場合であり、初期変位とは、材自体がわずかに湾曲している場合などである。このように実際の部材はわずかな不完全さを有している。そのため初期不整を考慮して座屈解析を行い、座屈荷重に与える影響を分析し、どの程度耐力が低下しているかを知っておく必要がある。



(a) 荷重のズレ (b) 材の湾曲  
図 10 荷重の不整と初期変位

図 11 は、荷重と材中央部のたわみの関係を表している。図中の A 点が材の最大耐力となり、わずかな初期変位  $e$  であっても座屈耐力は急激に低下する。また、溶接による組立材は冷却とそれに伴う収縮によって自己釣合の残留応力を残すが、圧延形鋼でも同様の残留応力が断面内に分布する。この状態で、圧縮荷重が加わると、内在する残留応力に外力の圧縮応力が加算されて、断面の一部で早めに降伏応力に達し、塑性化することになる。この状態の断面二次モーメントは弾性域のみで評価されるため、全断面弾性で計算されたそれに比較して小さい値となる。この結果、座屈荷重が完全部材に比較して低下する原因となる。特に、非弾性領域において影響が大きくなる。

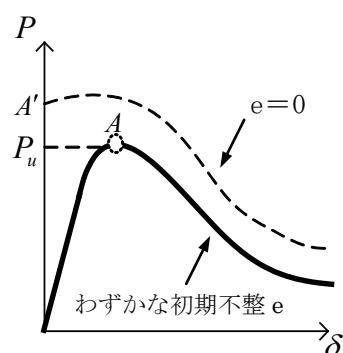


図 11 初期不整による座屈荷重の低下

真っ直ぐな材に中心圧縮力が加わる場合、その耐力は図 13 の曲線 ABC で表されるが、実際の柱材は前に述べたように、それぞれ不完全さ（初期変位など）を有しており、耐力はバラつく。その要因は、設計上中心圧縮としても、実際は圧縮力が中心からずれている場合が多く、また、圧延形鋼や溶接で組み立てた組立圧縮材には種々の残留応力が存在する。つまり、初期変位や残留応力の影響で座屈耐力が低下する。実験結果によれば、実際の柱材の耐力は図 12 の斜線内の範囲に分散してしまう。そこで建築学会新基準では図 13 のように弾性範囲の最大耐力を、降伏点を表す基準値 (F 値) の 60% とし、限界細長比との交点から曲線 AB を描いたものを非弾性範囲の耐力と考え、これから許容座屈応力  $f_c$  を決めている。これらについての詳細は専門書を参照されたい。

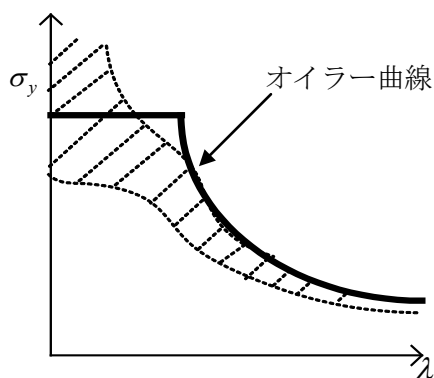


図 12 実験による座屈耐力

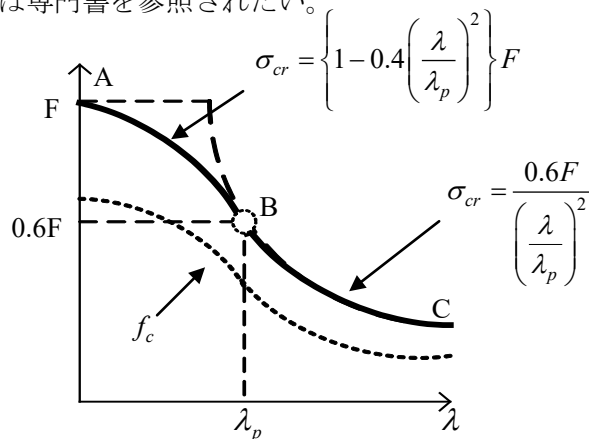


図 13 設計基準と許容応力度

ここではオイラー座屈を示す柱を用いて、固有値問題を学んだ。線形座屈解析は、オイラー座屈のような座屈前に座屈モードの変位が生じない、いわゆる分岐問題に対し適切な解を与える。つまり固有値問題は座屈前で非線形挙動を生じない構造に対して有効である。一方、座屈前で非線形挙動を生じる場合は、増分解析による方法を用いることになる。