

座屈強度

(第5回)  
2014.9.25

Key Word : 「座屈のフシ」

Q 座屈とはなんだ？ 有効座屈長とは？

A 座屈現象

人間だれでもPressureを喰らえば座屈する。ただ、座屈に至るStressの大きさは人によって異なる。人の持つ心棒の強弱には幅があり、外見からは推測し難い。一方、我々の用いる構造部材は品質が明瞭であるので載荷状態さえ明確に掴めばその耐力を推測することが出来る。

また、その現象として「全体座屈」「局部座屈」「横倒れ座屈」などがある。

① 全体座屈

部材に両端から圧縮力を加えた時に、部材の全長が弓状に曲がり耐力が急激に落ちる現象をいう。

本来、真っ直ぐな棒は座屈しないが、実際の構造部材には初期曲がりに相当する断面の非対称性・内部応力の偏在・荷重の偏心・振動などがあって現実に座屈を生じている。このため橋梁・建築で用いる部材には、座屈長の1/1000の初期曲りがあるものとして、下図に示す耐力曲線が作られた。

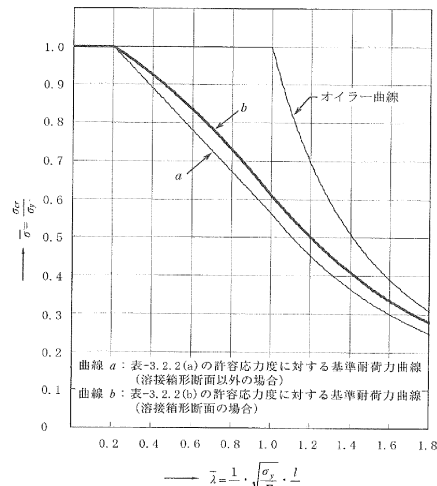
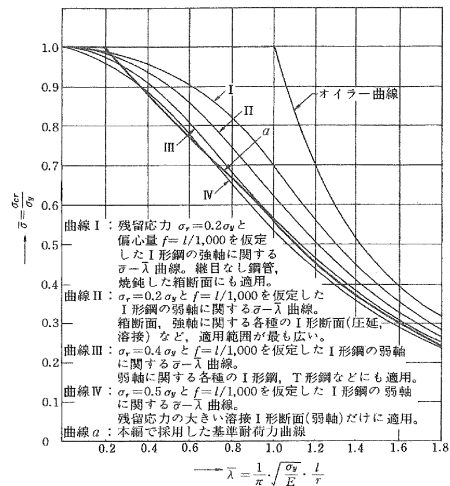


図-1 種々の残留応力と偏芯量のもとの耐力曲線

図-2 使い勝手を考慮して定めた標準耐力曲線

・ 有効座屈長

上記解析は、部材の標準的な支持条件である「両端ヒンジ構造」(右上図：4番)を用いて求めたものであるが、実構造では他の支持状態も多く、これらについて座屈長を変えることで同一の算定式を用いることが出来るように配慮されている。

・ 有効座屈長： $l_0 = \beta \cdot L$  (道示抜粋)

表-解 3.2.2 柱の有効座屈長

L：部材長(mm)

	1	2	3	4	5	6
座屈形が点線のような場合						
$\beta$ の理論値	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
$\beta$ の推奨値	0.65	0.8	1.2	1.0	2.1	2.0

・ 座屈応力度と許容応力度

部材座屈耐力の元となる座屈応力度： $\sigma_{cr}$ は、有効座屈長と部材の持つ断面二次半径の比： $l_0/r$ をパラメータとして、図-2から求めることが出来る。

またこれを必要安全率で除したものが、許容応力度として【道示Ⅱ 表3.2.2 (a) (b)】に規定されている。

② 局部座屈

鈹桁であれ鋼管であれ部材を構成する板があまり薄いと Global な座屈とは別に局所的に変状を来すことがある。これを「局部座屈」(Local Buckling)という。

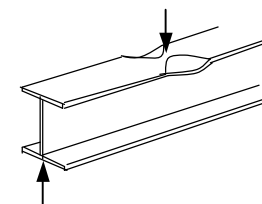


図-3 鈹桁の局部座屈は  $b/t$  をパラメータとする

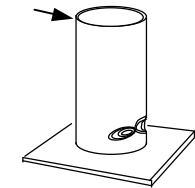


図-4 鋼管の局部座屈は  $R/t$  をパラメータとする

・ 許容応力度

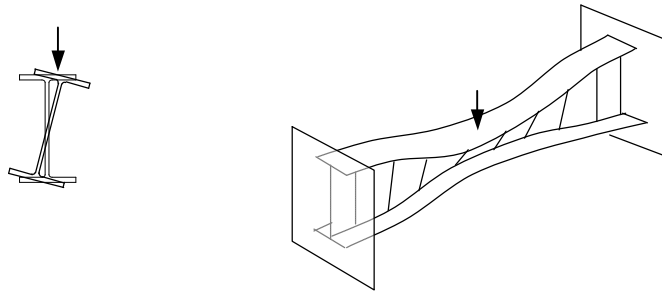
図-3 に示す自由突出板に関わる許容応力度は、 $b/t$  をパラメータとして定まり、【道示Ⅱ 4.2.3】に規定されている。また図-4に示す鋼管に関わる許容値については【道示Ⅱ 15.3】に、 $R/t$  をパラメータとした規定がある。

・ 局部座屈を考慮すべき構造

上記図-3・図-4に示す構造以外にも、【道示Ⅱ 4.2.2】に規定される「圧縮応力を受ける両縁支持板」、【道示Ⅱ 4.2.4】に規定される「圧縮を受ける補剛板」なども局部座屈に関わる基準である。

③ 横倒座屈 (ねじれ座屈)

下図に示す鉸桁断面のように鉛直曲げに対して有利になるように作り出した断面では強軸・弱軸が存在し、強軸曲げ作用に対して断面の固定間隔が大きくなるとねじれ作用によって、曲げに弱い弱軸曲げに移行しようとする。



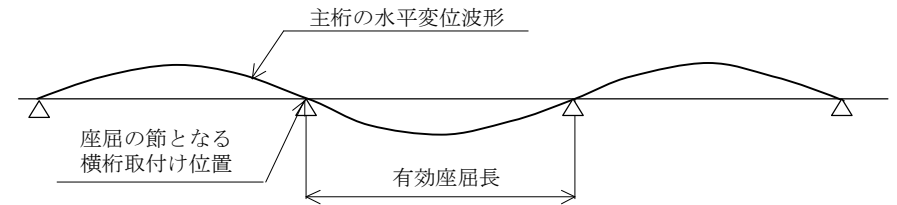
ここで、道路と鉄道では、結果はさほど変わらないものの若干考え方が異なる。道路では、圧縮を受ける上フランジが全体座屈によって水平に湾曲すると考えるのに対して鉄道では桁全体がねじれるとするものである。

上記理由から、前者においては、固定間距離： $l$  と上フランジの幅： $b$  の比： $l/b$  をパラメータとして座屈強度を定めるのに対して、後者では上下フランジならびに腹板の要素を取り入れたねじり要素を評価する点である。

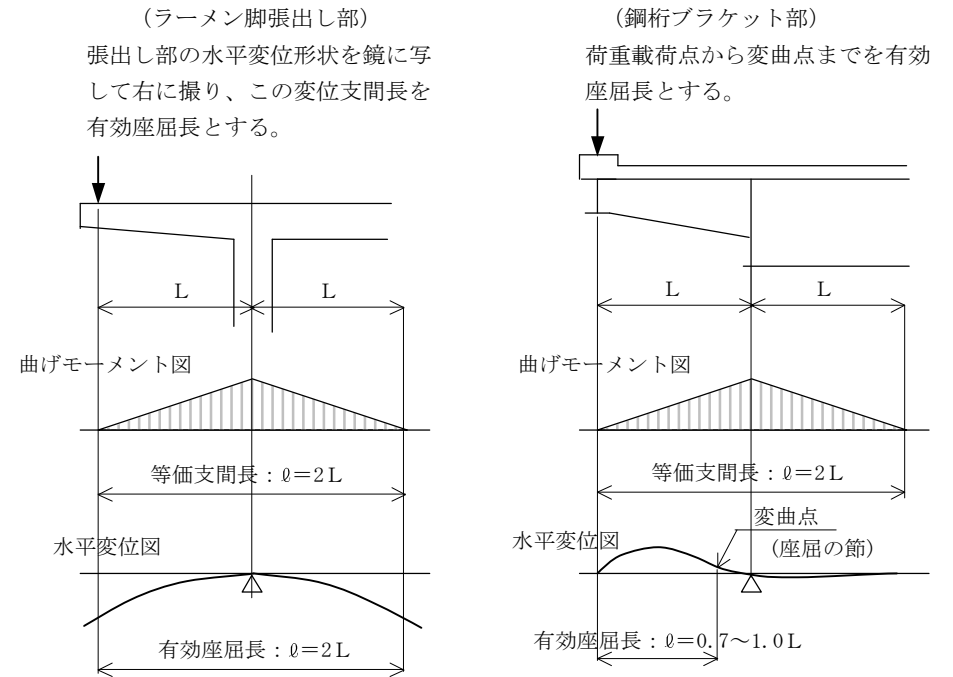
- ・ ねじれは弱軸で安定する。  
ねじれ座屈は強軸曲げが弱軸曲げに移行しようとする現象であるから、弱軸曲げに横倒れは起こらない。
- ・ 最大ねじれ角  
曲げを受ける断面は、たわみが最大となる弱軸曲げで安定する。  
部材がねじれて弱軸曲げに至れば、それ以上回転してたわみを減ずるような事象は起こらない。したがってH形鋼では最大 $90^\circ$  捩れ得るが、等辺山形鋼では $45^\circ$  以上ねじれることはない。
- ・ 有効座屈長  
道路・鉄道に限らず、横倒れ座屈に対する有効座屈長は、部材断面の固定間距離であるが、たびたび議論となるのがブラケットなどの張出し構造である。  
以下に事例を以って説明を加えるが、有効座屈長とは「座屈の節(フシ)」の間隔である。前ページの表-解 3.2.2 も参照されたい。

横桁によって横変位拘束を受ける主桁の例

主桁圧縮フランジの座屈モードは、横桁位置を「座屈のフシ」とした波形を描く。



ブラケット等の例



※ 安全を見て $l=1.0L$ とすることが多い

- ・ 有効座屈長と等価支間長は異なる  
上図ブラケット部の例からも明らかなように、「有効座屈長」と「等価支間長」は、別物である。