重量勾配係数を考慮した最小重量設計法

大阪大学工学部　正員　前田幸雄
大阪大学工学部　正員　○竹内修治

1. まえがき

これまでの塑性設計法における最小重量設計法は，単一部材断面形よりなる構造物にしか適用できない。よって筆者達は新らたに重量勾配係数を考慮することにより，種々異なった部材断面形からなる構造物に対しても，合理的な最小重量設計法を可能ならしめようとするものである。また同じ断面形よりなる同一桁高の変断面梁に対して重量勾配係数の見地から検討を加えた。

2. 重量勾配係数

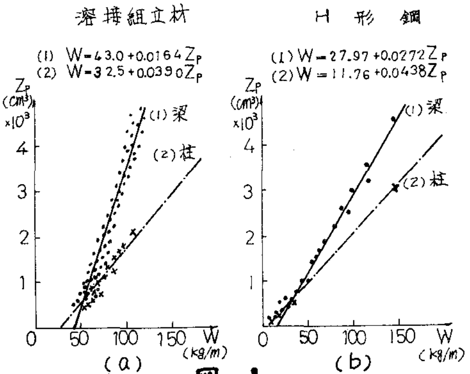
部材の単位長さ当りの重量W kg/m と塑性断面係数Z_p cm³ との関係を図-1に示す。図-1(a)は筆者達が設計の対象とした溶接組立材の梁（工形断面）と柱（箱形断面）に関するもので，図-1(b)は塑性設計のフランジ幅厚比の条件を満足するH形鋼の主なものに関するものである。一般にWとZ_pの関係は指数函数として表わされるが実用上一次函数として十分である。すなわち部材iについては $W_i = a_i + b_i Z_{pi}$ と表わされる。a_i, b_iは常数でb_iを重量勾配係数と称することにする。これらは断面性状すなわち工形断面，箱形断面によって，また溶接組立材とH形鋼によっても異なる。構造物の全重量W_tは次式で示される。

$$W_t = \sum_i\sum_j a_i L_j + \sum_i\sum_j b_i M_{pj} L_j$$

第一項は一定であるから重量函数W_fは結局次のようになる。

$$W_f = \sum_i\sum_j b_i M_{pj} L_j$$

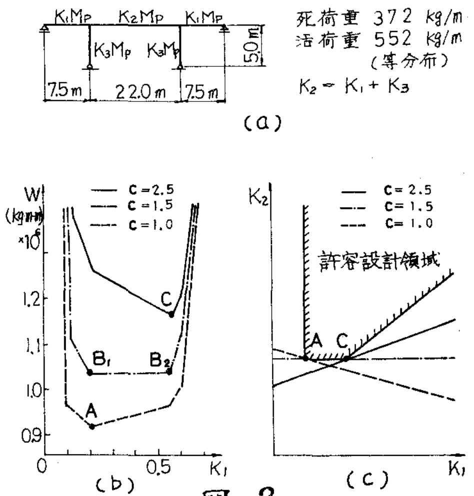
ここに　$\sum_j$：b_iを有する部材の総和を意味する
　　　　$\sum_i$：すべてのb_iについての総和を意味する



図−1

3. 重量勾配係数の影響について

図-2(a)に示すΠ型ラーメンについてW_fを求めた結果を図-2(b)に示す。ここに明らかなごとく柱と梁の重量勾配係数比（C＝b柱/b梁）によってW_fが最小になるのはA点，$\overline{B_1B_2}$区間，C点と種々変化することが分る。これらの関係は図-2(c)に示すごとく，いわゆる許容設計領域に対して重量函数の直線が重量勾配係数比の影響をうけて勾配が変るため，W_fの最小値を与える点がA点からC点まで移動することに他ならない。

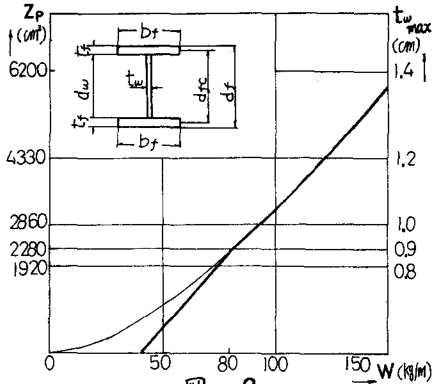


図−2

4. 変断面連続梁において桁高を同じにした場合の重量勾配係数について

塑性設計法による変断面連続梁の場合，中間支点における所要全塑性モーメントは一般にスパン中央部の所要全塑性モーメントよりも大きい。この時，部材の桁高を同一に設計する場合，中間支点上の断面はその他の個所の断面よりかなりStockyな断面となる。よって単にすべての部材を同一重量勾配係数を有するものとして取り扱えなくなる。ここに溶接組立工形断面材について桁高を同一にした場合の重量勾配係数を求める。

まず最も経済的な断面となる基準断面を設定する。塑性設計において工形断面は上下対称なとき最小断面となり，かつ図-3において $d_f=70t_w$，$b_f=17t_f$ とし，横座屈に対して適度の抵抗を有するように，$i_y=4.0$ とすることにより経済的な断面が得られるものと思われる。なお $d_f=1.05d_w$，$d_{fc}=1.02d_w$ とする。このとき Z_p と W の関係は次式より求まる。



図—3

$$Z_p=34.0\,t_wA-1156\,t_w^3 \qquad (1)$$

$$4.25A^2-566\,t_w^2A-96A+18867\,t_w^4=0 \qquad (2)$$

$$W=0.785\,A \qquad (3)$$

ただし

$$Z_p=d_{fc}\,t_f\,b_f+t_w\,d_w^2/4 \qquad (4)$$

$$A=t_w\,d_w+2\,t_f\,b_f \qquad (5)$$

$$t_f=\{(A-66.67\,t_w^2)/34\}^{1/2} \qquad (6)$$

$$d_w=(A-2\,t_f\,b_f)/t_w \qquad (7)$$

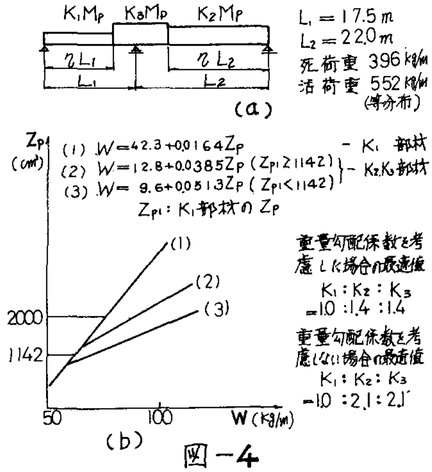
また構造上 $b_f\geqq 20$cm，$t_f\geqq 1.2$cm とする必要があるとき $Z_p=2280$ cm³ 以下では次の直線を用いる。

$$Z_p=77.42A-2571 \qquad (8)$$

$$d_w=(A-48)/t_w \qquad (9)$$

基準断面が求まれば同一桁高の条件は次に示される。

$$Z_p=(2.04\,d_wA-1.04\,d_w^2t_w)/4 \qquad (10)$$



図—4

パラメーター法にて最小重量設計を行なうとき，最小部材の Z_p が求まれば，それに対応する t_w が図-3より求まり，上記の関係式から A と d_w が求まり式(10)から重量勾配係数が定まる。図-4(a)に示す連続梁について，重量勾配係数を図-4(b)のごとくモデル化したものによって最小重量設計を行なった結果，この係数を考慮しなかった場合より真の最小重量値に近い値を得ることができ，かつ作用荷重時の応力度やたわみに対しても合理的な断面となる。

5. あとがき

種々異なった部材断面形よりなる構造物，また同じ断面形よりなるときでも桁高が同一である場合の構造物の最小重量設計において，重量勾配係数を考慮することによって合理的な設計が可能であることが示された。工形断面に対して基準断面が設定されたが他の断面形についても基準断面を設けることにより合理的な最小重量設計法が可能となる。