I－24　移動荷重に対するハリおよび数径間門型ラーメンの塑性設計公式について

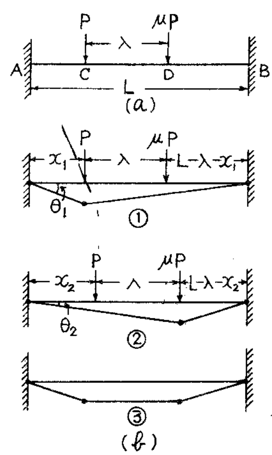
九州大学工学部　正員　　内　田　一　郎
同　　　　　　　学生員　○井　上　勇　偉

1.　まえがき

構造物設計のたてまえから，塑性設計は構造物の最終強度を基準にしている点において弾性設計よりはるかにすぐれた設計方法といえよう。そして固定荷重に対してはあらゆる種類の構造物について，その塑性解析がすでになされている。それにもかかわらず移動荷重に対してはほとんどその例を見ない。本論文は移動荷重に対するハリおよび数径間門型ラーメンの塑性設計公式について論じたものである。

2.　考慮すべき崩壊形式の個数について

塑性解析においては考慮すべき崩壊形式の個数を知ることが大切である。これを図－1(a)において考えてみる。移動荷重は簡単のために2個の連行集中荷重 P, μP を考える。すると崩壊形式（以下単に形式と名記する）としては図－1(b)に示したような3個の形式が考えられる。しかし③が①と②との組合せ形式であることに注目して，①と②の仕事式の重ね合せによって③を検討すれば，③は我々が設計の対象とすべき形式とはなりえないことを知ることができる。このことは一般の移動荷重に対してもいえる。すなわち "n 個の集中荷重を持つ移動荷重に対して，我々は図－1(b)における①あるいは②のような n 個の形式だけを考慮すれば十分である。"



図－1

3、ハリの塑性設計公式

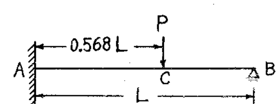
3. a. 単純バリ

単純バリの場合は弾性設計公式と同じで弾性モーメントを塑性モーメントで置きかえればよい。

3. b. 一端固定，他端ローラー

3. b. (1)　1個の集中荷重（図－2）

$$M_p = 0.172\ PL$$



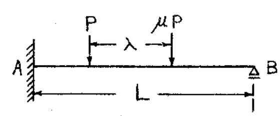
図－2

3. b. (2)　2個の集中荷重（図－3）

$$M_p = P\left[3(1+\mu)L + \mu\lambda - 2\sqrt{2L(1+\mu)\{L(1+\mu)+\mu\lambda\}}\right]$$

$$M_p = P\left[3(1+\mu)L - \lambda - 2\sqrt{L(1+\mu)\{2L(1+\mu)-\lambda\}}\right]$$

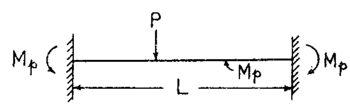
のうち大なる方を採用



図－3

3. C.　固定バリ

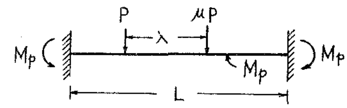
3. C. (1)　1個の集中荷重（図－4）



図－4

$$M_p = \frac{PL}{8}$$

3.C.(2)　2個の集中荷重（図－5）



図－5

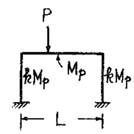
$\mu \geqq 1$　$M_p = \frac{P(1+\mu)}{8L}\left(L - \frac{\lambda}{1+\mu}\right)^2$

$\mu \leqq 1$　$M_p = \frac{P(1+\mu)}{8L}\left(L - \frac{\lambda\mu}{1+\mu}\right)^2$

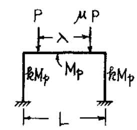
4. 門型ラーメンの塑性設計公式

4.a. one-span 門型ラーメン

4.a.(1)　1個の集中荷重（図－6）



図－6



図－7

$k \geqq 1$　3.C.(1)と全く同じ

$k \leqq 1$　$M_p = \frac{PL}{4(k+1)}$

4.a.(2)　2個の集中荷重（図－7）

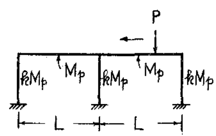
$k \geqq 1$　3.C.(2)と全く同じ

$k \leqq 1$　$\mu \geqq 1$ の時　$M_p = \frac{P(1+\mu)}{4(1+k)}\left(L - \frac{\lambda}{1+\mu}\right)^2$

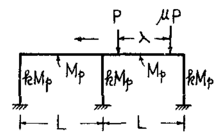
$\mu \leqq 1$ の時　$M_p = \frac{P(1+\mu)}{4(1+k)}\left(L - \frac{\lambda\mu}{1+\mu}\right)^2$

4.b. two-span 門型ラーメン

4.b.(1)　1個の集中荷重（図－8）



図－8



図－9

$k \geqq 1$　3.C.(1)と全く同じ

$k \leqq 1$　$M_p = \frac{PL}{(1+k)^2}\left\{(3+k) - \sqrt{8(1+k)}\right\}$

4.b.(2)　2個の集中荷重（図－9）

$k \geqq 1$　3.C.(2)と全く同じ

$k \leqq 1$

$$M_p = \frac{P}{(1-k)^2}\frac{\left\{2L - \sqrt{2(1+k)L^2 + \frac{2L\lambda\mu}{\mu+1}(1-k)}\right\}\left[\left\{L(1+\mu) - \mu\lambda\right\}(k-1) - (\mu-1)\left\{2L - \sqrt{2(1+k)L^2 + 2L\frac{\lambda\mu}{\mu+1}(1-k)}\right\}\right]}{\sqrt{2(1+k)L^2 + 2L\frac{\lambda\mu}{\mu+1}(1-k)}}$$

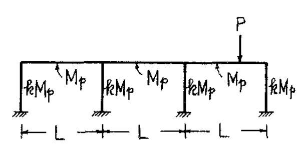
$$M_p = \frac{P}{(1-k)^2}\frac{\left[-(1+k) + \sqrt{\frac{(1+k)L\{2(1+\mu)L - \lambda(1-k)\}}{\mu+1}}\right]\left[\{2(1+\mu)L - \lambda\}(1-k) - (1+\mu)\sqrt{\frac{(1+k)L\{2(1+\mu)L - \lambda(1-k)\}}{\mu+1}}\right]}{\sqrt{\frac{(1+k)L\{2(1+\mu)L - \lambda(1-k)\}}{\mu+1}}}$$

のうち大きい方を採用

4.c　three-span 門型ラーメン（図－10）

この場合問題となるのは中央スパンに対する塑性モーメントと端スパンに対する塑性モーメントの比較である。

$k > 1$ の場合は two-span の場合と全く同一であるが，$k < 1$ の場合は中央スパンに対する塑性モーメントと端スパンに対する塑性モーメントとを比較しなければならない。しかし簡単な検討によって中央スパンについて考える必要のないこと，すなわち three-span 以上の場合と全く同じ公式によって設計すればよいことを知る。



図－10

5. むすび

以上の考察によって，我々は移動荷重に対する数径間門型ラーメンの塑性設計公式は非常に簡単であることを知った。しかも two-span 以上の門型ラーメンは全く同一公式によって設計できる。上の公式中の荷重 P あるいは P，μP は弾性設計における常用荷重ではなく，必要な構造物の最終荷重を用いなければならないことはいうまでもない。公式に用いた移動荷重は2個の集中荷重までであったが，3個以上の集中荷重をもつ移動荷重についても，今までと同様に考えることができる。終りに移動荷重に対する連続門型ラーメンの設計は柱とハリの塑性モーメントが等しいとき最小重量設計になっていることを付け加えておく。