移動集中荷重の下での変断面連続桁の最小重量設計

大阪市立大学工学部　正員　倉田宗章
大阪市立大学工学部　正員　園田恵一郎
大阪市立大学工学部　学生員○安田　護

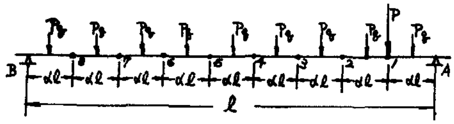
1、まえがき

移動集中荷重及び分布荷重の下で，階段状に変化する断面を持つ対称連続桁の最小重量設計を行ない，最適変断面形状を決定した。　この論文では２径間及び３径間連続桁に限り，断面変化点は１径間につき２個所とした。　計算方法としては最終的にL.P（線型計画法）の問題として取扱い，電子計算機の使用の下で数値計算を行なったものである。

2、仮定

(1)．桁の重量と桁断面の全塑性曲げモーメントとは線型関係であるとする。

(2)．集中荷重は径間中を多数の等区間に分割し，その分割点のみに作用させる。図に示すように集中荷重Pは支点A側から，まず分割点1に載荷する，次に分割点2に載荷する，次に分割点3に，・・・，支点Bに移動する。　分割点を無限に多くとれば真の移動集中荷重と言える。



(3)．分布荷重は上図において P_g で置換されているもので，分割区間（1~2，2~3，…）に載荷する等分布荷重の総和を集中荷重にし，分割区間中央に載荷する。

3、連続桁の最小重量設計

荷重は集中荷重として作用するものとし，r次不静定桁を考えれば，荷重点下，支点及び断面変化点における曲げモーメント M_α（$\alpha=1,2,\cdots,n$）は次のように表わせる。

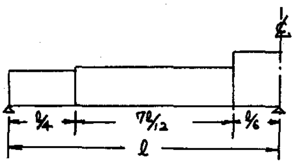
$M_\alpha=\sum_i^r a_{\alpha i}m_i+M_\alpha^{(0)}$（$\alpha=1,2,\cdots,n$）—①　ここに，$a_{\alpha i}$ は幾何学的形状（構造形状）より定まる常数，m_i は不静定力，$M_\alpha^{(0)}$ は荷重による単純桁としての曲げモーメント。　次に降伏条件式を犯さないためには　$|M_\alpha|\leq T_\alpha$ —②　ここに T_α は着目する位置の部材断面のもつ全塑性曲げモーメント。　一方仮定(1)より構造物全体の重量は　$W=a_0+\sum_j^{m+1}b_jT_jl_j$ —③　ここに a_0，b_j は断面形状より定まる係数，l_j は部材断面が一定である区間の長さ，T_j はその区間における全塑性曲げモーメント，m は断面変化点の数を示す。　したがって２種以上の荷重が単独，または組合わさって載荷される場合の最小重量設計は次のようにして求められる。　$[A_{\alpha i}][m_{i,p}]+[M_{\alpha,p}^{(0)}]\leq[T_{\alpha,p}]$，$[A_{\alpha i}][m_{i,p}]+[M_{\alpha,p}^{(0)}]\geq-[T_{\alpha,p}]$ —④ の制約条件式のもとで目的関数　$G=a_0+\{h_j\}^T\{T_j\}$ —⑤　を最小にする $\{T_j\}$ を求めるL.Pの問題になる。　ただし，$h_j=b_jl_j$，p は荷重群を表わすindexであり $p=1,2,\cdots,k$，又 $[T_{\alpha,p}]=[C_{\alpha i}][T_{j,p}]$　$[C_{\alpha i}]$ は $n\times(m+1)$ の行列で各行の１要素のみが１で他の要素が０であり，$[T_{j,p}]$ は $(m+1)\times k$ の行列で各行は $\{T_j\}$ である。

4、２径間連続桁の最小重量設計

径間中を12の等区間に分割して行った。

(1)，最適変断面形状

分割点上に有る断面変化位置を移動させ，最小重量を与える最適変断面変化位置を求めた。（右図）



(2). P_g/P を変化させた場合の最小重量の値（P_g/P — $\overline{W}$）→ 図.1

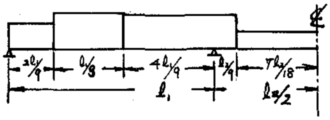
ただし，$\overline{W}$ は桁断面の重量で⑤式において $a_0=0$, $b_j=1$ とした時の値である。

5．3径間対称連続桁の最小重量設計

径間中を9の等区間に分割して行った。 ℓ_1：側径間長， ℓ_2：中央径間長

5.1． $\ell_2=\ell_1$ の場合

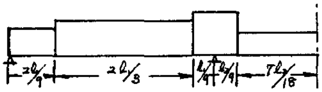
(1). 最適変断面形状 →



(2). $P_g/P \leftrightarrow W$ → 図.2

5.2． $\ell_2=1.2\ell_1$ の場合

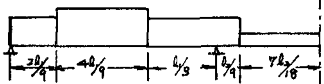
(1). 最適変断面形状 →



(2). $P_g/P \leftrightarrow W$ → 図.3

5.3． $\ell_2=0.8\ell_1$ の場合

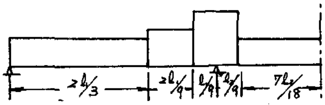
(1). 最適変断面形状 →



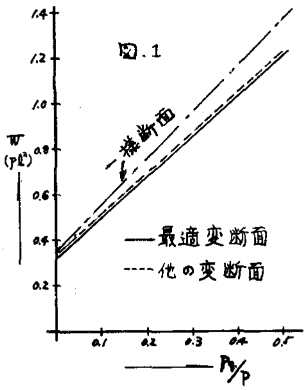
(2). $P_g/P \rightarrow W$ → 図.4

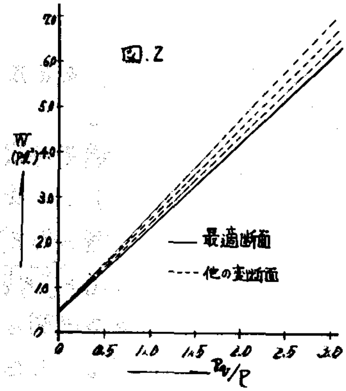
5.4． $\ell_2=1.5\ell_1$ の場合

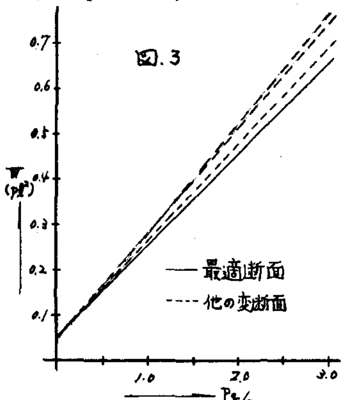
(1). 最適変断面形状 →

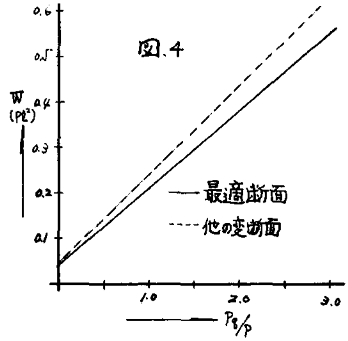


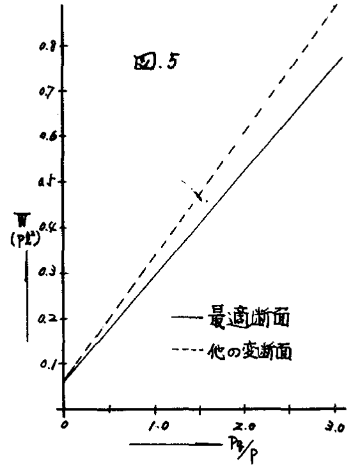
(2). $P_g/P \leftrightarrow W$ → 図.5











6．結論

$0 \leq P_g/P \leq 3.0$ における数値計算によりつぎのことが判明した。

(1). 最小重量は P_g/P の変化に対して直線的に変化する。

(2). 最的変断面形状は P_g/P の変化に対しても変らず，2径間及び3径間連続桁（$\ell_2=\ell_1$, $\ell_2=1.2\ell_1$, $\ell_2=0.8\ell_1$, $\ell_2=1.5\ell_1$）に対しては図示したような結果を得た。