

3. 剛結合骨組構造への適用 外力 P , 部材断面力 P_m , 接点マトリックス C ($P=C P_m$), 剛性マトリックス K_m , 節変位 d より次式が成り立つ。

$$P_m = C^T K_m (C K_m C^T)^{-1} P = A P \quad \text{---(6)} \quad d = (C K_m C^T)^{-1} P = G^{-1} P \quad \text{---(7)}$$

ここで, A, G^{-1} のマトリックスがそれぞれ部材断面力と変位の影響線マトリックスであり, 各行ごとに要素を抜き出せば, 任意の部材の影響線の縦距が求められる。今, i 部材の軸力と曲げモーメントに関する縦距のベクトル e_N, e_M とし, 断面積 A_i , 断面係数 W_i とし, 節変位 d_j についての変位の影響線の縦距のベクトル e_g とすると

$$Q = \frac{e_N}{A_i} \pm \frac{e_M}{W_i} \quad \text{---(8)} \quad \sigma_{i, \max} = e^T E F \quad \text{---(9)} \quad d_{j, \max} = e_g^T E F \quad \text{---(10)}$$

となる。ただし, $\sigma_{i, \max}$ は部材最大応力, $d_{j, \max}$ は節変位最大変位であり, $W_i E$ は死荷重強度, $P E$ は集中活荷重, $p E$ は分布活荷重強度とすると, $F = [W_d P p]^T$ である。最適化手法として SLP 法を用いるが, 式(9)(10)の $\sigma_{i, \max}, d_{j, \max}$ の感度係数は解析的に求めることが出来る。つまり, $\partial e^T / \partial X, \partial e_g^T / \partial X$ 等は A, G^{-1} の感度係数から直接求められる。正マトリックスは $E = [e_1 e_2 e_3]$ であり影響線図の正の面積と負の面積の差 S とすれば, $S = e^T e_1$ である。つまり, 隣り合う縦距で囲まれた台形の面積を求めるため, e_1 の各要素には, 隣り合う縦距の距離に係数(1/2)をかけたものがはいつている。

4. 数値計算例(スパン10の最適設計) スパン10, ライズ1の円弧アーチ(あるいは放物線アーチ)について(1)パイア(設計変数: 外径 R , 内径 S , ただし, R は全部材共通)(2)箱型(設計変数: 部材幅 B , 部材高 H , 板厚 t_u, t_l , ただし, B は全部材共通)の断面について最小重量設計を行なう。図-5は, 10分割モデルについての応力影響線図であり, 縦距の値は式(8)のベクトルより求められる。制約条件としては(1)応力制限(2)変位制限(3)板厚制限を用いている。

図-6は, CASE1として影響線法, CASE2として図のように1/4変付近に活荷重を偏載したものを比較した。断面形状は箱型で, $l=500m, f=6.7m, w_d=4.60t/m, P=15.33t, p=1.43t/m$ の円弧アーチである。最適解の断面変化は, 図-5の影響線図が示す通り1/4変の近くでは, 両者の値はよく一致しているが, その他では, 影響線法の解が安全側にあることがわかる。図-7は, 上記モデルと同一のスパン長, ライズ高を与え, 同一の荷重条件の下で分割数12として影響線法により解析した。断面変化の最も激しいものは, 放物線の箱型断面であり, ほとんど等断面になるのは円弧のパイア断面であり, これが重量も最小であった。

以上のことから, 影響線マトリックスを用いた最適設計を剛結合に適用するものは有効である。本法と同様の影響線解析を用いた最適設計を直接剛性法により数値微分で感度係数を求めることは可能であろうが, 本法では, それらの計算はすべて解析的に一連のマトリックス演算のみで処理される。今後, ローゼ橋等の構造へ本法を適用して行きたい。

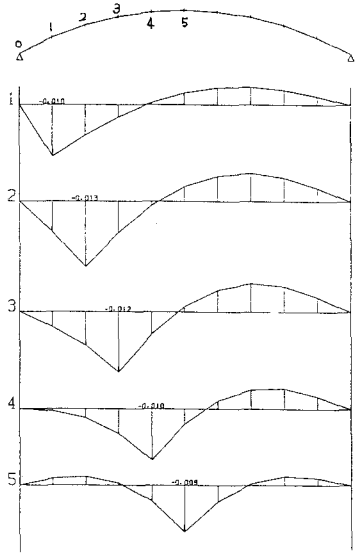


図-5 応力影響線図

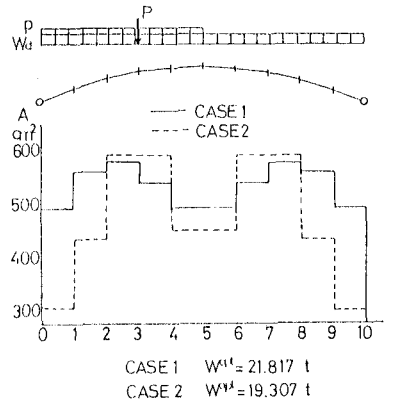


図-6 影響線法と荷用法の比較

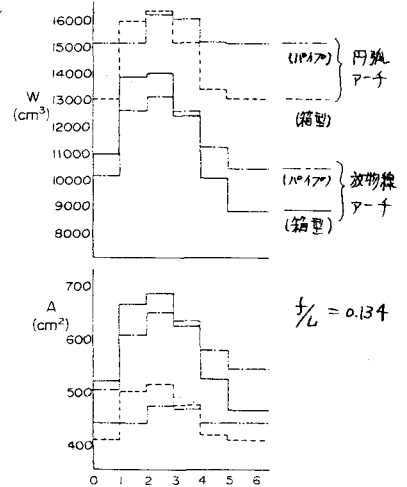


図-7 箱型とパイア型の比較