

京都大学工学部 正 員 工博 山田善一
 京都大学大学院 学生員 O後藤洋三
 京都大学大学院 学生員 伊佐隆善

1. まえがき

本研究は吊橋の応力解析及び設計計算の自動化を目的としたものである。計算機を吊橋の解析に適用しようとする場合、計算機の機能上の利点と吊橋の力学的な特性をいかに組合せるかが重要な問題となってくるが、ここでは各節点に於る釣合方程式にたちもった *discrete* な解法を考え Dr. Brotton の解法をさらに発展させたものである。即ち、ケーブルは各節点(ハンガー結合点)に於て区切られた一連のチェーンと考え又ハンガー、補剛桁を切り離してその相互間で繰返し計算を行い解をその釣合状態に収束させる方法をとった。吊橋の解析で重要なことの一つはその非線形性をいかに処理するかであるが、本研究では *inner loop* として次節に述べる厳密解法をとり水平張力の橋軸方向の場所的变化も考慮しうるものとした。

2. 計算式の概要及びフローチャート

計算は *inner loop* と *outer loop* の2組の繰返し計算の組合せによって進められる。*inner loop* に於てはハンガーと補剛桁を切離したケーブルのみの状態を考え、これに死荷重と活荷重がかかった場合のケーブル形状を繰返し計算によって求める。*inner loop* によって求められたケーブルの変位は若干の修正をへて補剛桁に伝えられる。次に補剛桁の反力を与えられたたわみから算出し、これを先に *inner loop* に作用させた荷重と加える。加え合された荷重はより真の値に近い修正荷重となるからこの荷重を使って再び *inner loop* に入る。*inner loop* を出たから次に *inner loop* に入るまでが *outer loop* である。補剛桁の反力があらかじめ定められた誤差の範囲内に収束するまで以上の *loop* を繰返す。以上の過程を *flow chart* [1] に示す。

さて各々の計算式の詳細は紙面の都合上省略しここでは *inner loop* について若干述べるにとどめる。ケーブルには曲げ抵抗がないものとし且つ自重は各節点に集中しているものと考えれば、各ケーブルリンクに作用している張力の方向とそのケーブルの方向とは一致するはずである。従って何らかの形でケーブルの張力を求めればケーブル形状は決定できる。どちらか一方のタワーに作用するケーブルの水平及び鉛直反力を H_A 及び V_A としてこれを仮定すれば、与えられた節点荷重列 $[P_{xk}], [P_{yk}]$ を使って各ケーブルリンクの水平及び鉛直張力は次式により求められる。

$$H_i = H_A - \sum_{k=1}^n P_{xk} \quad V_i = V_A - \sum_{k=1}^n P_{yk}$$

この H_i, V_i を使ってケーブルの各節点の座標を決定していくが H_A, V_A の仮定が正しくなければ、他方のタワー頂点とケーブルの終端が一致しない。従ってその誤差を使って適当に H_A, V_A を修正する。誤差が定められた一定の範囲に収束するまで繰返し計算が行われる。

inner loop を flow chart [2] に示す。

3 計算結果

スパン 1300 m 最大サグ 108 m の吊橋を例にヒラキスパン載荷状態について若干の計算を行った。図 1 は荷重強度を変化させた場合の各々の最大たわみをプロットしたものである。図 2 は同じ状態で死荷重を変化させた場合の最大たわみをプロットしたものである。さらにハンガーの傾きによりケーブル節点に水平力が作用するがこの水平力を考慮した場合と考慮しない場合を同じ載荷状態で比較したが、考慮しない場合は最大たわみで 4.6% 増であった。その他若干の計算を試みたが詳細は講演当日発表する。

4 おわりに

以上述べた方法は吊橋の力学的特性に沿って計算を進める合理的方法と考えられ計算時間も比較的短い。今後更に収束性の改善とより一般的な形の吊橋への適用をはみる。

flow chart [1]

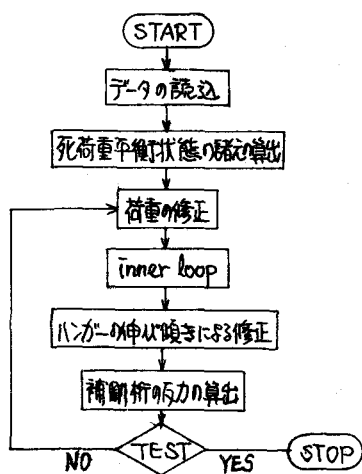


図 - 1

flow chart [2]

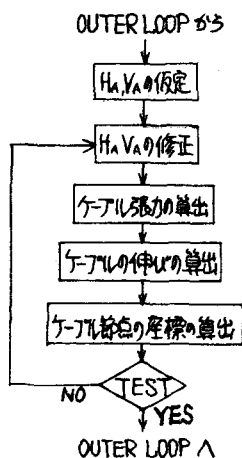


図 - 2

