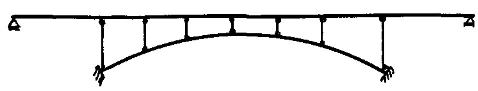
I-84　立体骨組構造解析の改良

信州大学 正　夏目正太郎
〃　〃　谷本勉之助
〃　〃　石川清志

立体構造物の静的挙動を求めるために、その部材が軸力のみの伝達か、曲げモーメントやねじりモーメントも伝達するとかで、トラス的部材とラーメン的部材とにモデル化されなければならない。いいかえれば、前者は接合部で両端共にヒンヂ接合となり、後者は剛結接合となる。このように部材が純粋にトラス的か、ラーメン的に区別されれば、簡単であり、前者に対しては断面積のみ示し、後者にはさらに曲げ剛性（2方向）とねじり剛性を示すことにより、接点部での力の伝達が考えている通りになる。しかし構造上常にこの様に単純な接合のみでなく、一つの部材でも一端は剛結で他端はヒンヂ結合であるとか、またはゲルバー構造をとっているといったように混合的な接合をもつ部材も存在する。かくなるときは、単にデータのみで解決されず、計算途上で特別にそのことを考慮して、正しく思想が折り込まれるようにしなければならない。多くの場合、立体構造といえども、単位構が考えられ、これの集積によって全体が成り立っているものである。いいかえれば、単位構の計算をくりかえせばよいことになろう。したがって混合結合が現われる位置や、ゲルバー構造が必要な場所は、同じ位置に指定されるとか、あらかじめその場所の指定をすることは可能である。このような考え方は、支点の位置や、その支点の種類に対しても言えることで、いずれもデータで指定するようにしておけば、解決するのである。それには、立体構造の全節点が支点として働きうる姿勢になっていなければならない。上記のことは、構造物の節点の問題を外部から指定して、それぞれの目的に応じた結合をさせようとするもので、汎用的な計算に適した考え方といえよう。

実際の構造物は部材の取り付けはそんなに簡単でなく、種々複雑な様相を呈している。したがって、過去の経験から、剛結とか、ヒンヂ結合とか区別されているものと思う。



図－1

図－1に示すような構造物は、直線のプレートガーダーと、リブドアーチとを垂直材で結んだもので、この時の思想としては、プレートガーダーとアーチは曲げやねじりや軸力を受ける構造であり、垂直部材は軸力のみを受けるものとされた。立体構造であるから、この様な構造を両側に平行させ間は横ゲタと対傾構で結んだのである。この場合プレートガーダーとリブドアーチはトラス材で連結した形となった。所で、対称荷重を載荷すれば、全体の変形も対称に生ずるものと期待したにもかかわらず、片方へのかた寄りがおきてしまい、あわてさせられたのである。そこで垂直部材の接合をねじり剛性と橋軸方向の曲げ剛性とを与えた所、今度は期待した通りの変形を示した。これは失敗した一例であるが、トラス的接合と思われる所でも、主要な部材が曲げやねじりモーメントを受けるような場合には、両者の力関係の伝達を受ける部材は、僅かでも曲げとかねじりとかの性質を持たせるようにデータを与える必要があると思われる。同じことを連続ワーレントラスでも経験した。それは、下弦材に相当する部材がプレートガーダーで曲げやねじりモーメントや軸力を受け、橋門構はラーメン構造とし、上弦材と腹材はトラス的な接合にしたのである。

図－2

対称荷重を与えた所、やはりかたより現象があり、対称的な変形が見られなかった。この場合は、連続ばりと、ラーメン構造と、トラス部材の混成によるもので、やはり

連結材的性格のトラス結合部に問題点がしぼられよう。

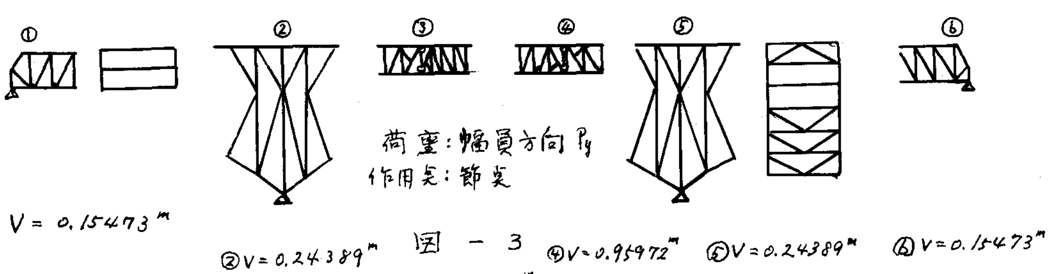
これが系全体をトラス構造にすると、立派に立体骨組でも3次元挙動が、期待するようにというのは対称荷重に対してはあくまでも対称に得られるのである。送電線鉄塔とか、トラス上路橋とかがそれに相当する。全部材に断面積のデータのみを与えただけであるから、全節点は軸力の伝達だけであり、曲げに関するもの、ねじりに関するものは現われない。

長大構造物を解析するに当っては、データが膨大な量になる。がくりかえし計算の単位構毎に番号付けの分類によりデータを整理し、格納することが重要な要素となる。整理されたファイルは何時でも見出しと共に一致し、期待通りのデータが予期した場所に記されていることになる。そこで単位構における節点の番号付から統一しなければならない。単位構内での局部座標の軸に沿って節点が分散していれば、ある基準軸に沿って先ず番号づけを行い、従属する軸へと移って行くようにすれば、節点の座標においても、番号が大きい程、局部座標の原点より遠い位置に存在することになり、部材長を求めるにも、射影に必要な方向余弦を求める上にも、番号関係と共に何かと好都合である。ファイル番号は、単位構のくりかえし回数番号と一致させることにより、必要な時、必要なファイルからデータを引用することが出来る。従ってデータには、必ず単位構番号と、単位構内の節点番号とを伴うことになり、部材に関しては、両端の節点番号をもって、どことどことが結合されているかを指定しておくのである。計算に当っては、着目している節点を中心として、その節点が属する単位構とその前後の単位構が参照されて、三つの単位構の節点を総点検すると、着目された節点と結合しているときには、そこに部材に関するデータが格納されており、節点での力釣り合いがとれることになるが、結ばれていない節点については何もせず、次へ移るわけである。力釣り合いは、先ず部材の両端における変形による力量すなわち、軸力、2方向の剪断力、二方向の曲げモーメントとねじりモーメントが示され、これが全体変形に変換され、全体座標軸上における力釣り合いになおされる。これらが単位構全体の節点上で求められるので集約統合すると、

$$\lfloor \mathbb{A} \quad \mathbb{B} \quad \mathbb{C} \rfloor_r \begin{bmatrix} \mathbb{U}_{r-1} \\ \mathbb{U}_r \\ \mathbb{U}_{r+1} \end{bmatrix} = \mathbb{P}_r$$

となり、$\mathbb{A}$は1つ前の単位構に関する要素を格納し、$\mathbb{B}$は今着目している単位構に関するものであり、$\mathbb{C}$は1つ先にある単位構に関する格納マトリクスである。同様に$\mathbb{U}_{r-1}$，$\mathbb{U}_r$，$\mathbb{U}_{r+1}$はそれら単位構における各節点における全体変形量で、3軸の方向に向かう変位と、それら軸の周りの回転量を示すものであり、$\mathbb{P}$は着目している単位構における荷重の節点に関する値である。これにより単位構内の節点における釣り合い式が全体座標軸上で表現されたわけで、$\mathbb{A}$，$\mathbb{B}$，$\mathbb{C}$は剛性マトリクスとも呼ばれるもので、系全体を考えたときには、3軸型の帯行列を形成し、繰り返しの消去演算により、$\mathbb{U}$が求まることがわかる。

繰り返し回数55回，全節点数698の南港大橋形の計算を行った。3径間の連続で中央径間には吊りスパンが入っており、ゲルバー型のヒンジをもっている。



図－3

橋の中央におけるものは1.04214m

結果から見れば対称位置の値に喰違いなく、集積誤差が見られない。提供頂いたデータは、ここに示した思想をよく反映しているものであり、敬意を表すると共に感謝いたす次第である。