

## I-290 吊形式水管橋の架設計算について

熊本大学 正 員 崎元達郎 熊本大学 正 員 小林一郎  
 熊本大学○学生員 三輪清貴 川崎製鉄(株) 正 員 中村聖三

1. まえがき: 本論文で対象とする吊形式水管橋は、図-1のように水管とケーブル類のみからなり、補剛桁を持たない構造であり、幾何学的非線形性が問題となる。このような水管橋を架設する場合、工法によっては水管重量がメインケーブルに対して偏載されることになり、架設中のケーブル類および水管に過大な応力が発生することが考えられる。そこで、本論文はこのような架設中の吊形式水管橋の、安定性および応力等に関する検討を行ったので、報告するものである。

2. 架設方法: 本論文では図-1のような吊形式水管橋を次のような方法で架設する場合を検討する。①

主塔を建て、両主塔間に架設用ケーブルを引き渡す。②予め所定長さにしておいた各ケーブルをネット状に組み、水管位置に図-2に示すようなリングを設置けたものを、一端より徐々に引き出す。この時リングとリングをガイドケーブルでつないでおく③引出し終了後、メインケーブルをアンカーし、耐風ケーブルはプレストレスを導入後、アンカーする。④一端の主塔下から突合せ溶接して、順次長くした水管を、リングを通し架設用ローラーを滑動させながら送り出す。⑤水管が支間全長を渡ったところで、リング下半部のローラーを順次固定用

水管リングに取換え、ボルトにて緊結し、架設を終了する。

3. 解析モデルと荷重条件: 図-1を解析モデルとし、その諸元はスパン $L=150\text{m}$ 、メインケーブルサグ $f=15\text{m}$ 、耐風ケーブルサグ $f'=9\text{m}$ 、水管径 $70\text{cm}$ である。荷重は施工の順序を考慮に入れて、図-3に示すように次の4段階に分けて順次載荷した。

1. ケーブル類の死荷重(自重)の載荷
2. プレストレスの導入
3. 水管の死荷重(自重)の載荷
4. 活荷重(水荷重)の載荷

第1段階では図-3(a)のように耐風ケーブルはないものと考えて、鉛直面内の構造にケーブルのみの死荷重を載荷する。このとき、水管位置にはガイドケーブルを設置する。第2段階では耐風ケーブルを取り付けその両端を自由端として、図-

3(b)のようにプレストレスを外力として作用させる。第3段階では耐風ケーブルの両端を固定した後、図-3(c)のように一端より徐々に、ガイドケーブルに水管の断面諸元を付与すると共に、該当節点に水管の自重を外力として作用させる。水管の送り出し完了後、第4段階として活(水)荷重を載荷する。

4. 解析方法: 本構造は非常にたわみ易いものと推察されたので、構造解析においては、文献1)の増

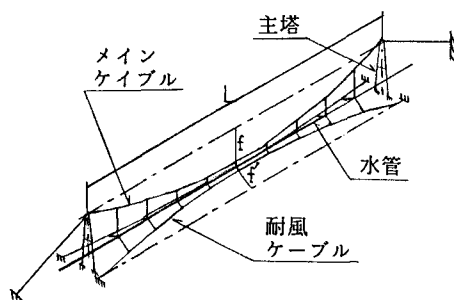


図-1 解析モデル

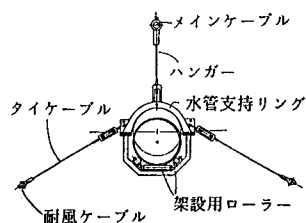


図-2 断面図

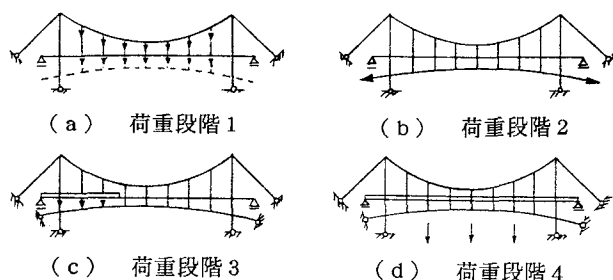


図-3 構造系と荷重

分移動座標法による非線形計算法を用いた。ただし、材料的非線形は考慮せず幾何学的非線形のみを考慮した。なお、本解析にあたっては、全荷重載荷後に、水平な水管位置を保つ完成形状になるような、無応力の初期形状を別途計算で求め、その初期形状に対して前述の荷重を順次載荷した。最適化手法を用いた初期形状の算定方法については、文献2)を参照されたい。

## 5. 解析結果： 1) 応力の検討

第3段階の荷重段階では、本論文では水管を各々支間の1/4, 1/2, 3/4, 4/4だけ送り出した場合について計算を行い、他の場合は省略した。各荷重段階における、水管の曲げ応力度とケーブル部材の軸力の最大値を表-1に示す。これにより、次のことが明らかになった。

1) 水管に働く曲げ応力は水管を支間の1/4だけ送り出したとき最大となり、最大曲げ応力度の値は830.70kgf/cm<sup>2</sup>である。

2) メインケーブルとハンガーについては、荷

重段階が進むと共に軸力は増大するが、活(水)荷重が支配的であり、架設時には問題は無い。

3) 耐風ケーブルについては、第2段階で導入したプレストレスは、荷重段階が進むと共に徐々に減少していき、初期プレストレスとして45tf導入していた場合、完成時には20%程度減少する。

以上の結果より、いずれの部材応力もそれぞれ許容値以下となっており応力については、問題が少ないことが明らかになった。

## 2) 変位の検討

初期形状において、支間中央での水管の持ち上げ量は、85.8cmであった。つまり、第1段階で3.8cm、第2段階で15.5cm、第3段階で22.8cm、第4段階で43.7cm変位して完成形状になる。ここで、第3段階において、水管を支間の1/4だけ送り出したときの、鉛直面内の変位図を図-4に示す。図の横軸は、水管の軸方向位置を示し、縦軸は鉛直方向座標を示す。ただし、変形の様子が分かりやすいように、変位のスケールは座標のスケールを2倍して示してある。水管を支間の1/4だけ送り出したとき、水管の先端と、次にくぐらせるべき水管支持リングとの変位差が約50cm生じることになる。この変位差をリフトアップするときの応力の検討が必要であることが明らかになった。

6. 結論： 上記のリフトアップ時の水管応力は未検討であるが、架設時の水管に作用する最大応力は、水管の送り出しの初期の段階で生じ、その値は許容応力度以下である。また、メインケーブル、ハンガーの軸力については、完成時に最大となることが明らかになった。

表-1 各荷重段階における水管曲げ応力 (kgf/cm<sup>2</sup>) とケーブル軸力の最大値 (tf)

|         |     | 着 目 部 材 |         |         |       |         |
|---------|-----|---------|---------|---------|-------|---------|
|         |     | 水 管     | メインケーブル | 耐 風ケーブル | ハンガー  | タ イケーブル |
| 荷 重 段 階 | 1   | —       | 10.45   | —       | 0.14  | —       |
|         | 2   | —       | 34.12   | 45.00   | 1.64  | 1.60    |
|         | 3   | 830.70  | 44.21   | 45.94   | 2.84  | 1.74    |
|         | 1/4 | 749.42  | 57.48   | 46.07   | 4.03  | 1.95    |
|         | 2/4 | 395.10  | 74.46   | 43.26   | 4.79  | 2.07    |
|         | 3/4 | 78.71   | 78.03   | 42.23   | 4.74  | 1.49    |
|         | 4/4 | 216.27  | 163.51  | 37.37   | 11.12 | 1.30    |

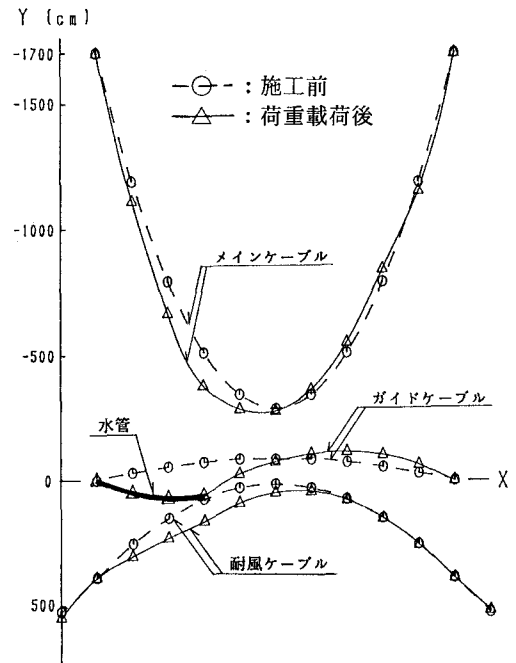


図-4 鉛直変位図

参考文献 1)小松・崎元：「Nonlinear Analysis of…」 土木学会論文集 No.252, pp.143-157, 1976.8

2)三輪他：「吊形式水管橋の非線形…」 平成2年度西部支部講演概要集 pp.20-21, 1991.3