

鋼単弦アーチ橋の吊材形式について

瀧上工業(株) 正員 高木 録郎  
 // 正員〇左合 玄一

1.はじめに 従来、鋼単弦アーチ橋は内外で数橋が施工されており、この形式は構造力学上の性状のみならず橋面上の特異な景観によっても注目される。この種の橋梁は1950年代、西ドイツにはじまるが、近年わが国でも泉大津大橋をはじめ4～5橋が架設されている。これらの鋼単弦アーチ橋はローゼ桁橋であり、その吊材は鉛直に配置され断面は箱形で大きな剛性をもっている。今回、単弦ローゼ桁橋の景観と構造部材の効率をさらに向上させるため、あらたに鋼単弦ニールセン・ローゼ桁橋を提案する。

2.比較検討 鋼単弦ニールセン・ローゼ桁橋は施工例がなく、部材の断面力や変形状などの構造特性が明確になっていない。そこで、①単弦ローゼ桁橋(吊材：箱断面)、②単弦ローゼ桁橋(吊材：ケーブル)、③単弦ニールセン・ローゼ桁橋の解析をおこない構造比較をつうじて鋼単弦ニールセン・ローゼ桁橋の可能性をさぐる。①②③それぞれの橋梁諸元のうち横断面は同一として図-1に、吊材配置はそれぞれ図-2の(a)にします。そして、構造解析には三次元立体骨組構造モデルをもちいた。

3.構造比較 設計荷重として死荷重のほかに活荷重を固定荷重として全面荷荷した。計算結果の曲げモーメント図と軸力図をそれぞれ図-2の(b),(c)にします。①②③を比較してつぎのことがわかった。a)①と②とでは主桁の曲げモーメントの最大値、分布形とも差がないが、③の曲げモーメント分布形からは、斜め吊材の影響が大きいことがわかる。b)③のアーチリブの軸力は①②にくらべて最大値が小さく、しかも全橋にわたって平均している。c)③の中桁の軸力は①②の85%程度となっている。

また、単弦アーチ橋ではアーチの面外座屈耐荷力がとくに問題となる。①はアーチの構造が既存の単弦ローゼ桁橋と同様であり、吊材がアーチの面外剛性をたかめる作用をしている。

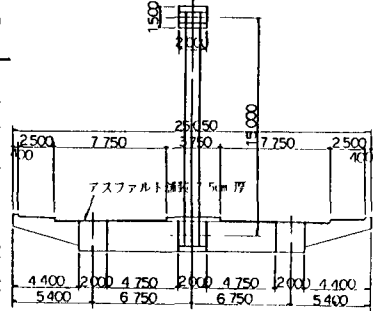
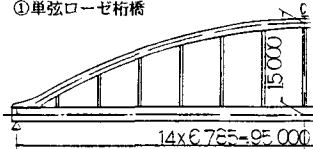
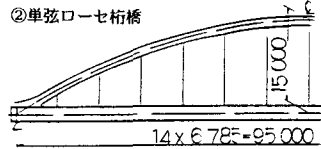


図-1.横断面図

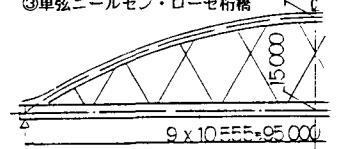
①単弦ローゼ桁橋



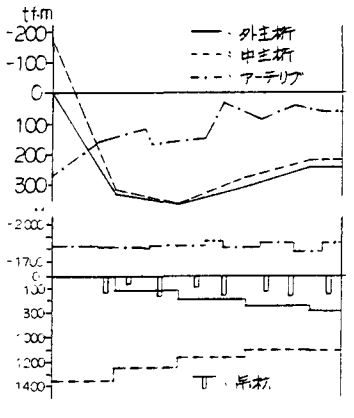
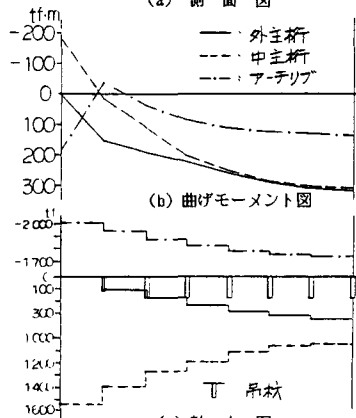
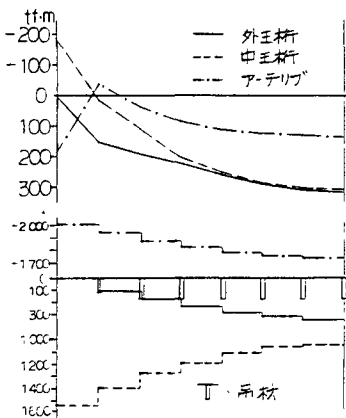
②単弦ローゼ桁橋



③単弦ニールセン・ローゼ桁橋



(a) 側面図



(c) 軸力図

図-2.側面図および断面力図

一方、②③ではアーチの面外剛性におよぼす吊材の影響は全くない。そこで吊材の剛性効果を調べるため、アーチ部材に設計横荷重を載荷した。その結果、アーチ頂部の水平たわみを比較すると①の37mmにたいして、②③は82mmとなり①における吊材の効果が大きいことがわかる。また、崎元・小松の提案式<sup>1)</sup>を用いて吊材の剛性 $ih=0$ として計算すると、 $\sigma_u/\sigma_s$  (鋼材の降伏応力度に対するアーチの座屈応力度の比)は0.84となる。鋼材材質をSM50Vとすると、座屈応力度 $\sigma_u=3000\text{kgf/cm}^2$ である。既存の実橋では、アーチリブ断面の軸力による圧縮応力度が $\sigma_c=1500\text{kgf/cm}^2$ 以下であることを考慮すれば、②③の形式でもアーチの面外座屈に対して安全性が確保できることがわかる。

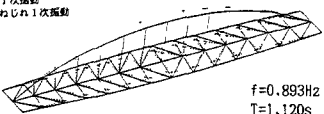
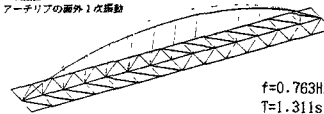
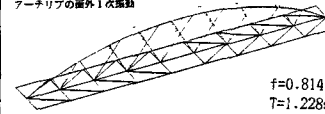
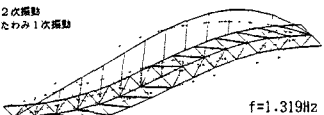
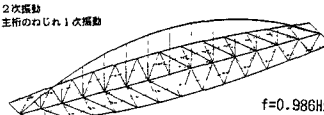
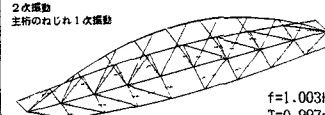
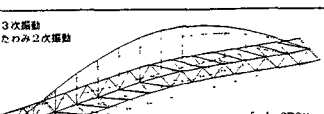

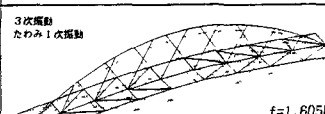
| ①単弦ローゼ桁橋   | ②単弦ローゼ桁橋 (吊材:ケーブル)   | ③単弦ニールセン・ローゼ桁橋  |
|--|--|---|
| 1次振動<br>ねじれ1次振動<br><br>$f=0.893\text{Hz}$<br>$T=1.120\text{s}$ | 1次振動<br>アーチリブの面外1次振動<br><br>$f=0.763\text{Hz}$<br>$T=1.311\text{s}$ | 1次振動<br>アーチリブの面外1次振動<br><br>$f=0.814\text{Hz}$<br>$T=1.228\text{s}$ |
| 2次振動<br>たわみ1次振動<br><br>$f=1.319\text{Hz}$<br>$T=0.758\text{s}$ | 2次振動<br>主桁のねじれ1次振動<br><br>$f=0.986\text{Hz}$<br>$T=1.014\text{s}$   | 2次振動<br>主桁のねじれ1次振動<br><br>$f=1.003\text{Hz}$<br>$T=0.997\text{s}$   |
| 3次振動<br>たわみ2次振動<br><br>$f=1.678\text{Hz}$<br>$T=0.569\text{s}$ | 3次振動<br>たわみ1次振動<br><br>$f=1.327\text{Hz}$<br>$T=0.754\text{s}$      | 3次振動<br>たわみ1次振動<br><br>$f=1.605\text{Hz}$<br>$T=0.623\text{s}$      |

図-3. 固有振動モード図

つぎに、振動特性を比較するために、固有振動数と固有振動モードの数値解析をおこなった。結果を図-3にしめす。①②③を比較するとつぎのことがわかる。

a) ②③では、アーチリブと主桁・床組のねじれ振動がそれぞれ別の振動モードとなっているが、①では両者が連成してひとつの振動モードとなっている。b) ③の鉛直たわみ振動は一次の固有振動数が $f_1=1.605\text{Hz}$ 、二次は $f_2=1.986\text{Hz}$ となり①②の $f_1=1.322, 1.322\text{Hz}$ 、 $f_2=1.678, 1.550\text{Hz}$ よりおおい。また振動モードは①②と③とでは衆知のように逆になっている。

4. 景観 景観図を図-4にしめす。①では吊材の太さがアーチ部の重厚さを助長し、橋面上の解放感あふれる景観の中で、この部分のみ通行者に圧迫感をあたえている。一方、②③ではこの点が軽減され、全体としてさらに軽快である。

5. あとがき 以上の検討の結果、この規模の鋼単弦アーチ橋ではニールセン・ローゼ桁橋が種々の点で利点をもっていることがわかった。アーチの面外座屈耐荷力をはじめとしてさらに他の点についても詳細に検討したい。

(参考文献) 1) 佐々木, 高尾: 土木工学大系 橋, 彰国社, 昭和56年7月10日

2) SAKIMOTO, KOMATSU: ULTIMATE STRENGTH FORMULA FOR CENTRAL-ARCH-GIRDER BRIDGES, PROC. OF JSCE, No. 733, May 1983

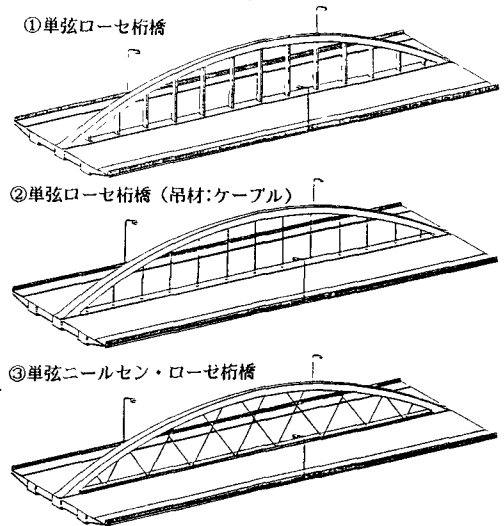


図-4. 景観図