

(株)神戸製鋼所 正員 永田孝三

〃 〃 中西宏

〃 〃 渡田凱夫

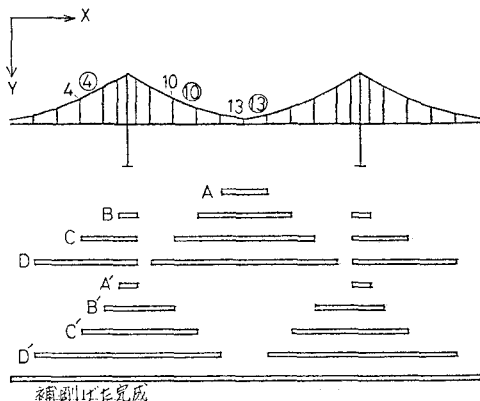
1. まえがき

補剛ゲレを逐次架設している段階での吊橋は一般に剛性が小さく構造的に不安定であることが多いので、その地震応答については十分な検討を加えておくことが望ましい。このような構造系の応答解析を行なうにあたっては、ケーブルの幾何学的非線形挙動と塔頂サドルにおけるケーブルの滑りを考慮する必要がある。(架設途中の吊橋では塔頂サドルでのケーブルとサドルとの接触長が短かく、ケーブルの滑りに対する抵抗が完成状態の吊橋にくらべてかなり小さいと考えられる)。文献1)ではこれらを考慮にいれた非線形運動方程式を誘導し、これをNewmarkの β 法の応用によって直接数値積分する方法を示している。本報では、その後さらに各種の構造系について数値計算を実施したので、その結果の概要を報告するものである。

2. 構造のモデル化および諸元

数値計算の一例として図1に示すような構造系を考える。すなわち3径間吊橋(500m+1000m+500m)において補剛ゲレの架設状態として図の9ケースを想定し、さらにケーブルのみが架設完了した状態および吊橋が完成した状態(全死荷重載荷)をこれに加えている。架設段階A,B,C,Dは中央径間の中央部分から補剛ゲレを架設していく工法をとった場合、架設段階A',B',C'は主塔部分から補剛ゲレを張り出していく工法をとった場合を表わしている。^{2),3)}

これらのモデルではハンガーロープの間隔が40m, 60m, 100mというように実橋に比べてかなり粗くなっているが、本報では各架設段階の静的挙動を調べることが目的ではなく、全体的な応答を知ることが目的としているので図1のモデルで概略の傾向を知り得るものとする。吊橋の諸元は表1に示した通りである。⁴⁾補剛ゲレを架設する各段階における吊橋の静的つり合形状は、ケーブル形状を放物線と仮定した吊橋完成状態を基準として、大変形解析によって求めている。



補剛ゲレ架設状態

図1. 補剛ゲレ架設状態

表1. ケーブル1本当たりの吊橋諸元

	ヤング率 (t/m^2)	断面積 (m^2)	断面二次モーメント (m^4)	単位重量 (t/m)
ケーブル	2.0×10^7	0.6	—	4.85
ハンガー ロープ	1.4×10^7	0.05 0.04 0.03	—	0.15
補剛ゲレ	2.1×10^7	0.5	5.0	4.0
主塔	2.1×10^7	1.0	4.0	7.8
床組	—	—	—	6.0

主塔の高さ=150m, 中央径間ケーブルサグ=100m
サドルとケーブルの間のマサツ係数

(静マサツ係数=0.15
動マサツ係数=0.10)

なお、以下の計算例では、外力として最大地動加速度を200 galとしたEl Centro NS成分(水平、橋軸方向)を用いている(継続時間10秒)。

3. 結果および考察 応答計算の一例を以下に示す。

節点4, 10, 13(図1参照)の水平方向変位の最大応答値を表2に、鉛直方向変位の最大応答値を表3に示している。変位(水平をX, 鉛直をY)の正の向きは図1に示す通りである。また、表4にはケーブル部材4, 10, 13(図1参照)の張力の最大応答値を、表5には張力変動(初期張力と応答張力の差)の最大応答値を示している。水平方向変位の最大応答値は、ほとんどの架設段階で吊橋完成状態の最大応答値より小さくなっている。

鉛直方向変位に関しては、その最大応答値が吊橋完成状態の最大応答値より大きくなるような架設段階がかなり多くある。また、張力変動の応答値についても同じようなことが言えるが、各架設段階では完成状態にくらべてケーブルの初期張力が小さいために、張力変動の応答値が完成状態より大きな値を示しても全体としてのケーブルの応答張力は表4に示すように、吊橋完成状態の張力の最大応答値を越えることはない。

図2に、架設段階Aと吊橋完成状態の場合の節点10の鉛直方向変位の応答を示している。

また、架設段階によってはハンガーロープの張力が0(無応力状態)になる場合がある。その一例として図3に架設段階B'のハンガーロープ部材27および28の張力の応答を示す。図3を見れば分かるように、部材27と28の張力が同時に0になる場合があり、その時には部材29に1048ton(初期張力は329ton)の張力が生じている。しかし、部材29の吊橋完成状態の最大応答張力(1203ton)を越えることはない。

この計算例ではサドル上でのケーブルの滑りはすべての段階において生じていない。

4. あとがき

ケーブルの有限変形と塔頂でのサベリを考慮して非線形の運動方程式を解くことにより、補剛ゲージ架設中の吊橋の地震応答計算を行った。今後さらに各種の場合について試算し、吊橋架設工事のための資料としたい。

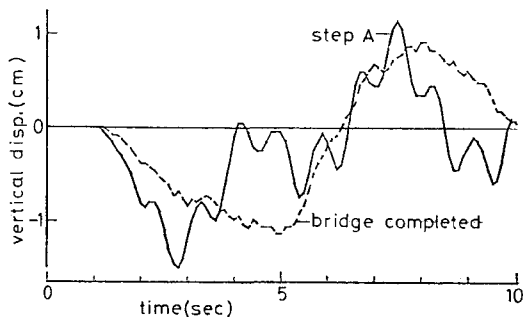


図2. 節点10の鉛直方向変位の応答の比較

参考文献 1) 永田, 中面, 渡田「塔頂でのケーブルの滑動を考慮して架設中の吊橋の地震応答について」第24回 構造工学シンポジウム, 昭和53年2月

2) 新家, 頭井, 大谷「大変形法によるつり橋の解析とその応用」神戸製鋼所技術報 vol. 24 No. 2

法とその適用例」住友重機技術報 vol. 23 No. 69 December 1975

4) 小西- 郎「鋼橋」設計編Ⅱ, 丸善

表2. 水平方向変位の最大応答値(cm)

	節点4	節点10	節点13
ケーブル完成	4.33	10.50	10.44
架設段階 A	5.77	10.01	-10.31
B	5.20	-11.84	-11.86
C	6.26	-13.09	-12.52
D	5.86	-13.30	-13.96
A'	4.13	10.50	10.29
B'	5.36	10.00	10.39
C'	7.09	12.76	14.28
D'	5.60	-11.58	-12.10
補剛ゲージ完成	6.70	-12.30	-12.77
吊橋完成	6.49	-15.26	-15.89

表4. 張力の最大応答値(ton)

	部材4	部材10	部材13
ケーブル完成	7764	7238	6550
架設段階 A	9360	8791	7786
B	10806	10183	9069
C	12127	11310	10323
D	13528	12518	11537
A'	7836	7387	6588
B'	9233	8113	7664
C'	10854	9726	8674
D'	13025	11981	10989
補剛ゲージ完成	13827	12807	11816
吊橋完成	21676	20093	18977

表3. 鉛直方向変位の最大応答値(cm)

	節点4	節点10	節点13
ケーブル完成	-12.56	-14.69	0.41
架設段階 A	-11.23	-14.94	0.64
B	-10.33	15.78	0.57
C	-10.35	14.17	0.52
D	-9.24	-9.94	0.58
A'	-12.66	-14.63	0.42
B'	-12.26	-13.28	-1.12
C'	-11.86	-10.23	1.41
D'	-9.07	-9.86	0.40
補剛ゲージ完成	11.61	-10.94	0.57
吊橋完成	-10.30	-11.35	0.71

表5. 張力変動の最大応答値(ton)

	部材4	部材10	部材13
ケーブル完成	1203	835	257
架設段階 A	1582	1058	214
B	1814	1162	255
C	1835	1048	274
D	1873	1077	305
A'	1220	931	243
B'	1751	782	426
C'	2142	1192	284
D'	1853	1066	266
補剛ゲージ完成	1833	1062	276
吊橋完成	2185	972	212

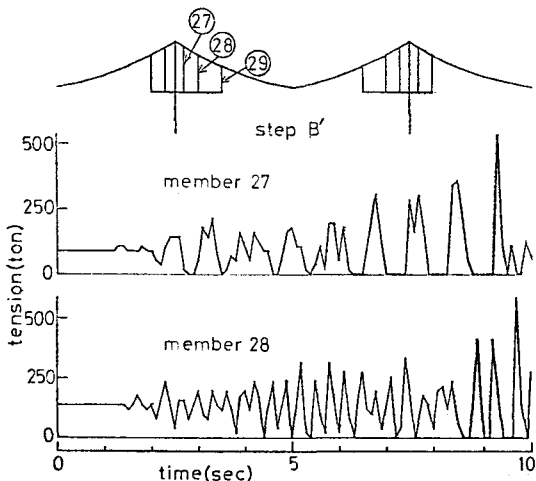


図3. 架設段階B'にある部材27および28の張力応答