

I-198

斜めハンガーを有する自碇式吊橋（北港連絡橋）の架設施工管理

大阪市土木局 正員 松川昭夫

大阪市土木局 正員○亀井正博

日立造船(株) 正員 田中 洋

1. ま え が き

大阪市北港に現在架設中の「北港連絡橋(仮称)」は、モノケーブル自碇式吊橋で、斜めハンガー形式を採用している。

工程上の関係から主ケーブルを架設する以前にハンガーのソケット付けを行う必要があり、事前にハンガーの長さを設定し、張力調整用のシム量を予測しなければならなかった。そのために、本橋の設計、製作、架設の各段階で想定される誤差が、ハンガー張力に及ぼす影響について解析的に定量化し、その解析結果にもとづき、影響因子ごとに所定の施工管理を行うこととした。また、各種の誤差要因がハンガー張力に及ぼす影響を調整し、新たなハンガー張力調整システム（イテレーション法）を作成して完成時に所要のハンガー張力が確保できるように対処した。本文は、これらの内容の一部を報告するものである。

2. 誤差要因及び誤差量の設定¹⁾

過去の長大橋の工事实績にもとづいて、本橋の設計、製作、架設の各段階で想定される誤差要因を抽出した。主ケーブル、ハンガー、主塔、補剛桁に構造を大別し、各々の構造諸元（弾性係数、断面積、剛度等）及び死荷重等の誤差量を設定した。主ケーブルのサグ値、補剛桁の工場及び現場溶接に対するキャンパー値、ハンガーの無応力長、架設時の主塔の鉛直性等にも誤差量を設定した。

3. 誤差解析の方法

誤差解析のために、任意骨組有限変形法にもとづいた Backward 及び Forward 解析が可能なプログラムを開発した。Forward 解析とは、無応力状態の骨組に荷重を順次載荷し架設系より完成系に至る計算が可能な方法をいう。誤差の無い系（以下完成系と呼ぶ）と誤差を含む系（以下誤差系）との差を求めれば誤差の影響を定量的に知ることができる。ハンガー張力は、各種の誤差を敏感に受けるがその変化量を以下のような誤差ノルム値Lによって表示することにした。

$$L = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{i,i} - T_{0,i}}{T_{0,i}} \right)^2}$$

$T_{i,i}$: 誤差系部材 i のハンガー張力

$T_{0,i}$: 完成系部材 i の "

n : ハンガー本数

4. ハンガー張力調整法について

本橋は、ハンガーがその上部では剛性のほとんどない変形しやすい主ケーブルと結合され、下部では比較的剛性が大きく変形しにくい補剛桁と結合される構造特性をもっている。そのためハンガーの単位シム量の変化が、各ハンガーに与える張力変化量から成る「変位影響マトリックス」は、主ケーブルを頂点とするペアのハンガー同志が大きい値を示すが、その他は小さい。この点に着目したイテレーション法の有効性は、二次元全体模型実験（1:20縮尺）において実証されているが、文献²⁾で発表済みなので、ここでは割愛する。本方法を上記の誤差系に適用し、ハンガーの張力調整時に必要となるシム量を計算した。

5. 解析結果とその考察

2. で述べた各種の誤差要因が単独に存在する誤差系を計算し、ハンガー張力の変化量より誤差ノルム値を求めた。その結果より以下の誤差要因が、ハンガーの張力変化量に及ぼす影響の大きいことがわかった。①主ケーブルサグの誤差、②補剛桁の死荷重誤差、③溶接キャンパー誤差④主ケーブルの断面積誤差等である。

そこで、誤差要因が複合した場合についても、入力条件を重ね合わせて計算した。モデル図（図-1）の代表的なハンガー部材の計算結果を表-1にまとめた。これより、複合した誤差系③は、誤差系①と②のほぼ重ね合せに近いことがわかる。また、誤差要因が複合する場合に必ずしもハンガー張力誤差が大きくなるとは限らず、通常使用される自乗和平方根による誤差量の推定は安全側の値となっている。そこで、前頁で述べたなかで①～③の誤差系がハンガー張力に大きな変化量を与えることから、これら

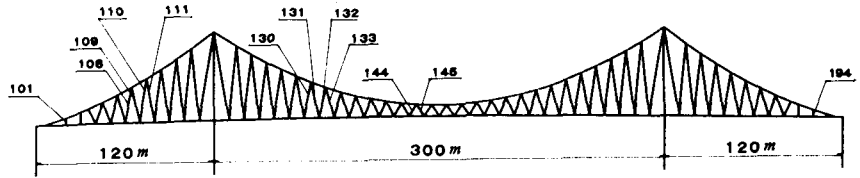


図-1 北港連絡橋モデル図及びハンガー部材番号

表-1 単独の誤差系の重ね合せと複合した誤差系との比較

ハンガー 部材番号	ハンガー張力値 誤差を含まない 完成系	ハンガー張力の誤差量				単位〔TON〕
		ケーブル断面積 (+5%)…①	補剛桁鋼重 (+10%)…②	① + ② 重ね合せ	①と②が 複合した誤差系…③	
108	72.91	-3.51	+10.75	+7.24	+7.09	
109	107.10	+4.42	-0.68	+3.74	+3.94	
130	129.98	+11.85	-8.93	+2.92	+3.32	
131	58.01	-12.35	+20.91	+8.56	+8.11	

（注）+は引張、-は圧縮を表わす。

表-2 単独の誤差系の調整シム量とその自乗和平方根

ハンガー 部材番号	ハンガー張力調整シム量				単位〔mm〕
	サグ誤差 調整シム量①	補剛桁鋼重誤差 調整シム量②	溶接キャンバー誤差 調整シム量③	①～③ の自乗和平方根	
108	-4	-4	-2	6	
109	-13	-6	-2	14	
130	-17	-4	-2	18	
131	+3	-5	-2	6	

（注）+はシムを挿入、-はシムを撤去を表わす。

の誤差系にイテレーション法を適用し、完成系のハンガー張力値に近づけるための調整シム量を計算した。この結果を表-2に示した。①～③の誤差系が同時に生じたと考えられる自乗和平方根の最大値は、表-2から18mmとなる。本橋梁形式が前例のないことや、施工上の利便を考慮して、本橋のハンガー定着部の調整装置は±50mmの調整が可能な構造とした。また、誤差解析結果を参考に本橋の製作・架設における管理項目とその管理目標値を明確にし、現在架設工事を進めている。

6. ま と め

本橋のように前例のない橋梁の建設にあたっては、誤差要因を選定し、よく似た型式の橋梁のデータを参考に誤差量を設定し、誤差解析を行っておくことが製作・架設の合理的な管理を行っていくためには非常に重要である。また、上記の解析結果より特に製作・架設の管理上注意すべき点が明確となり、より精度のよい橋梁の建設が可能になったと考える。

（参考文献）

- 1) 松川，亀井，重見，鳥居：モノケーブル自旋式吊橋の誤差解析、土木学会関西支部年次講演会（昭61，5）I-107
- 2) 松川，亀井，岡，田中：モノケーブル自旋式吊橋のハンガー張力調整法、土木学会関西支部年次講演会（昭61，5）I-108