

段階施工吊橋の補剛桁追加架設時の概略検討

海洋架橋調査会 F10-会員 山中 鷹志 海峡横断道路調査会 正会員 杉田 卓男  
 神戸製鋼所 梶山 正幸 神戸製鋼所 正会員 内藤 純也

1. まえがき

今後の超長大吊橋の計画・建設においては、建設費用の削減が大きな課題となっている。初期建設コストを削減する手法として当初の交通量に見合った暫定車線数で吊橋を建設し、将来、交通量の増加に対応して主ケーブルおよび補剛桁を追加施工する段階施工吊橋なる工法が考えられる。本稿では、段階施工吊橋の概要を述べるとともにその実現性について、追加系架設途中の状況に着目した検討結果について報告する。なお、本検討は「大阪湾地域活性化研究会技術部会 暫定施工WG」の研究の一環として行ったものである。

2. 架設の概要と構造諸元

図-1 に最終完成系の一般図を示す。本検討では、中央径間 2200m、側径間 900m、サグ 220m の吊橋を想定とした。図-2 に追加系の架設方法の模式図を示す。追加系の架設手順は、暫定系とは独立な主ケーブルを配置し、暫定系ハンガーの中間位置にハンガーを設け、補剛桁と連結し所定の位置まで引き込みを行った後、追加系補剛桁を架設する。このため、暫定系の完成形状と追加系架設後の最終完成形状は、同じ形状となる。表-1 に暫定系および追加系の構造諸元を示す。車線数は、暫定系、追加系ともに 3 車線と仮定し、追加系は暫定系補剛桁の下段に同じ幅員で配置するものとする。

3. 検討方法

検討の対象としたのは、追加系主ケーブルを架設した状態から追加系主ケーブルと暫定系補剛桁を引き込み定着し、追加系補剛桁を架設して最終の完成系に至るまでの架設途中段階の状況である。幾何学的非線形性を考慮した解体計算によって、架設途中段階の変形、断面力を算出し、追加系架設の実現性および課題について検討を行った。解析の対象としたのは、中央径間（主塔間）のみで 2 次元平面モデルとした。追加系主ケーブルは、暫定系主ケーブル上 5m の位置に配置するものと仮定した。拘束条件は、主ケーブルの塔頂部（主ケーブル端部）で変位自由度を完全拘束、補剛桁（主塔位置）を単純支持とした。

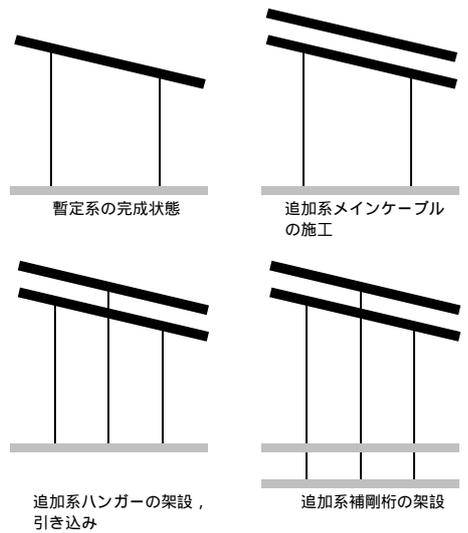


図-2 架設方法の模式図

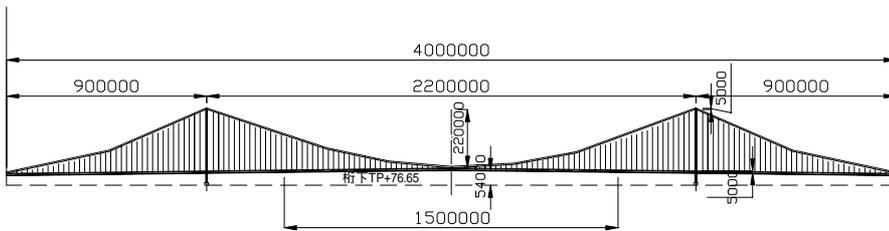


図-1 最終完成系一般図

表-1 構造諸元

	暫定系	追加系	備考	
主ケーブル (1面)	断面積	0.267m <sup>2</sup>	0.238m <sup>2</sup>	
	重量	23.05kN/m	20.60kN/m	
	初期張力	246990kN ~ 229310kN	219560kN ~ 203850kN	解析では 2 面分を考慮 (×2)
ハンガー (1面)	断面積	0.009375m <sup>2</sup>	0.009375m <sup>2</sup>	最大張力 6000kN/cable として応力が 640N/mm <sup>2</sup> となるように設定
	ハンガー間隔	23.9m	23.9m 暫定系の中間に配置	完成系では 11.95m となる
補剛桁	重量	119.5kN/m/Br	104.3kN/m/Br	舗装/高欄/添加物含む。 解体計算時（追加桁架設途中）には、暫定・追加桁は剛結されず、暫定桁のみが曲げ剛性を発揮するものとする。
	断面積	1.0108m <sup>2</sup>		
	断面 2 次モーメント	0.7m <sup>4</sup>		
	桁高	3.5m		
	中立軸位置	2.0m		

暫定系主ケーブル断面は暫定桁重量、追加系主ケーブル断面は追加桁重量に対応した断面設計

キーワード：吊橋，段階施工，解体計算，架設ステップ

連絡先 〒657-0845 神戸市灘区岩屋中町 4 丁目 2-15, phone 078-261-7819, fax 078-261-7807

**4. 検討結果および考察**

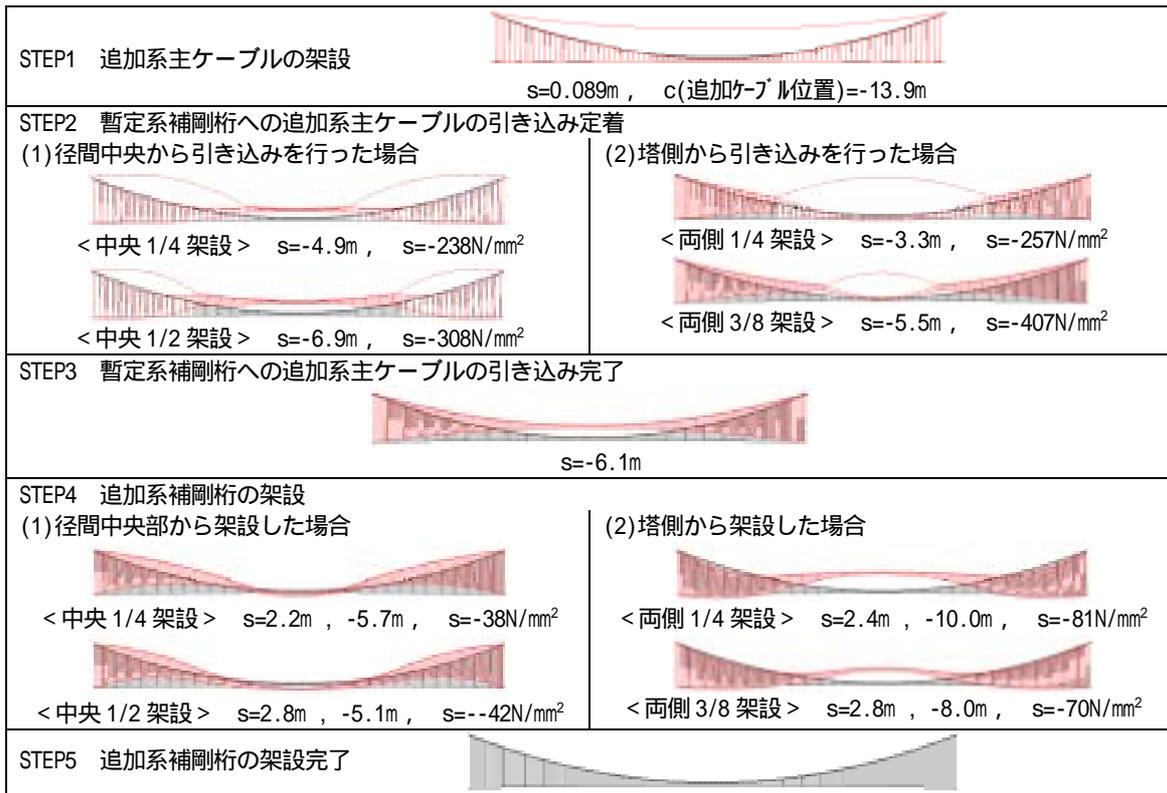
解体計算では、最終の完成状態から架設の逆手順で死荷重や構成要素を取り去ることによって架設途中段階の状態を求めるが、ここでは、計算の手順とは逆に架設順序に沿って解析結果を示す。表-2に架設STEPごとの解析結果を示す。STEP2（追加系ハンガーの架設）およびSTEP4（追加系補剛桁の架設）については、それぞれ(1)径間中央から架設する場合と(2)塔側から架設する場合の2ケースについて解析を行った。表-2から得られた結果を以下にまとめる。

- 1) STEP1の結果より、追加系主ケーブルは完成系位置よりも13.9m上方の位置に架設する必要がある。
- 2) STEP2, STEP4の最大変位量より路面勾配を算出すると、0.3%程度であり、交通を遮断することなく架設できる可能性を示した。
- 3) STEP2において、補剛桁に許容応力度（140N/mm<sup>2</sup>）を大きく上回る曲げ応力が生じている。この応力は図-3に示すような引き込み定着完了区間と未実施区間の境界で生じる局所的に大きな負の曲げモーメントによるものである。しかし、実際の架設においては、引き込み定着を暫時段階的に実施することで回避可能であると考えられ、施工法を考慮する必要がある。
- 4) 表-3に各STEPのケーブル張力を示す。STEP3で暫定系、追加系のハンガーの張力にアンバランスは生じない。また、STEP1, STEP5の結果から計画通りに張力が分担されバランスしていることがわかる。

**5. まとめと今後の課題**

本検討により、暫定系から追加完成系に至る架設途中段階の変位変形状態の概要を把握し、課題を明らかにするとともに、その施工が可能であることを示すことができた。ただし、各部の構造仕様に想定値を用いるとともに、中央径間のみを対象としており、今後の設計の進捗にあわせてより詳細な検討を行う必要がある。また、耐風安定性や追加系の主塔形状、アンカレッジなどの課題についても検討が必要である。

表-2 架設STEPごとの解析結果（変形量は10倍で表示）



s : 補剛桁応力, σ : 補剛桁の変位（完成系からの相対変位量、鉛直下向きが正）

表-3 各STEPのケーブル張力

	主ケーブル張力 kN		ハンガー張力 kN	
	暫定系	追加系	暫定系	追加系
STEP1	456,950	122,250	2,850	0
STEP3	312,210	276,800	1,510	1,330
STEP5	454,910	403,740	2,830	2,510

張力は中央部の代表要素、すべて2面分



図-3 STEP2 中央 1/2 架設時の曲げモーメント分布