超長大斜張吊橋の架設時挙動と主ケーブルの2次応力

大日本コンサルタント 正会員 井手康介
東京都立大学 正会員 前田研一*・中村一史
東京都立大学大学院 学生員 五丁康成

1. はじめに 超長大橋梁において吊橋・斜張橋の長所を生かし短所を補う合理的な構造システムである超長大斜 張吊橋が検討されているが,より具体的な実現可能性を検討する上で,架設系から完成系にいたる構造特性の把握 が不可欠である.特に,斜張吊橋特有の斜張区間と吊区間との境界部の構造的な不連続性が及ぼす影響を従来形式 吊橋と比較して十分に検討しておく必要がある.そこで本論文では,架設時に生じる,変位・断面力や閉合時の標 高差,および,2次応力を含む主ケーブルの最大応力を把握することを目的とした.

2. 解析モデルと解析条件 吊区間と斜張区間が最適な割合で構成される中央径間長 2,500m の超長大斜張吊橋の 試設計例¹¹(図-1)を対象に,表-1 に示した断面諸元で構成される完成系の有限変位解析モデルを作成した.架設ス テップとして,主桁架設の進捗状況に応じ,図-1 に同時に示すような完成時を含む合計7ケースを設定した.すな わち,主塔と主ケーブルの状態であるフリーケーブル時から,Step1~Step4 までは8箇所から主桁が順次架設され ていくものとし,Step4を閉合直前の状態,Step5を完成時から橋面工等の荷重を控除した状態とした.なお,閉合 箇所は斜張区間と吊区間の境界部の4箇所とし,架設では,トラベラークレーンによる張出し架設工法(斜張区間) とリフティングビームによる直下吊り工法(吊区間)の併用によって,工期の短縮化に配慮した²⁾.架設計算では, 基準となる完成時から架設ステップに応じて主桁を取り除く解体計算を行った.

一方,架設時の主ケーブルの2次応力を含む最大張力を把握するために,ケーブルバンドを剛体とみなし,Wyatt の理論に基づいて,バンド間で剛結される主ケーブル断面の偏差張力および各素線の曲率変化に伴う2次曲げモー メントによって生じる応力を2次応力と定義し,主ケーブルの2次応力解析³⁾を行った.主ケーブルの断面構成を 表-2に示す.ここでは,大きな2次応力の発生が予測される中央径間主ケーブルの3箇所(塔頂部,斜張区間と吊 区間の境界部,架設先端部)を着目点とした.また,本解析では,完成時に2次応力が生じないようにするものと し,塔頂サドル長は4m,バンド長は吊区間2m,斜張区間1mとした.



Key Words:超長大橋梁,斜張吊橋,2次応力,張出し架設工法,直下吊り工法 連絡先*:〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL 0426-77-1111 FAX 0426-77-2772

表-1 断面諸元



図-4 中央径間主ケーブルに生じる1次応力と上縁の2次応力

図-5 中央径間主ケーブルに生じる最大引張応力

3. 架設時変位および断面力 解析結果の一部として,図-2に主桁の鉛直変位を,図-3に主ケーブルの鉛直変位を 各架設ステップごとに完成時を基準としてそれぞれ示す.図-2より主桁の鉛直変位は,吊区間が斜張区間に比べて かなり大きく,架設初期において特に大きくなることが解る.また,Step4の閉合直前の状態において,中央径間 の閉合箇所で2.48m,側径間の閉合箇所で0.75mの大きな標高差(閉合差)を生じた.一方,図-3より,主ケーブル はフリーケーブル時に従来の吊橋とは異なり,主塔付近では完成時よりも鉛直下向きに変位することが解る.なお, ここでは図を略したが,断面力に関して問題となるようなことはみられなかった.

4.2次応力解析結果 図-4 に中央径間主ケーブルに生じる1次応力と上縁の2次応力を,図-5 に中央径間主ケー ブルに生じる1次応力と2次応力を合計した最大引張応力を示す.図中には完成時および架設時の許容応力度を併 記した.まず,図-4より,ケーブル張力の1次応力は,各着目点でほぼ同程度であり,架設が進むに従ってそれぞ れ増加し,完成時において最大となることが解る.これに対して,2次応力は,フリーケーブル時の塔頂部におい て,従来の吊橋とは異なる符号の非常に大きな応力を生じた後,主桁の架設に伴って急激に低下することが解る. また,境界部や架設先端部での2次応力は比較的小さいことも解る.なお,これらの2次応力は,各素線の曲率変 化に伴う2次曲げモーメントによるものが支配的であった.さらに,図-5より,フリーケーブル時の塔頂部におい て,過大な2次応力によって架設時の許容応力度を若干超えること,また,他の着目点では1次応力が支配的で, いずれも許容範囲内に十分収まっていることが解る.

5. あとがき 以上のことから,架設時における変位および断面力に問題はみられなかったが,閉合直前の主桁の 標高差(閉合差)が大きくなること,および,フリーケーブル時の塔頂部では,大きな2次応力を生じ,最大引張応 力が許容応力度を超える可能性があることが解った.今後はこれらの点について検討したい.

参考文献

1)N.Narita, H.Nakamura, K.Maeda, K.Nomura: Applicability of Dischinger-Type to Ultra-Long Span Bridges, Proceedings of IABSE Symposium, Kobe, 1998.9. 2)成田信之編著:鋼橋の未来,技報堂,1998.10. 3)前田幸雄,林正,前田研一:主ケーブルの2次応力を考慮した吊橋の有限変位解析,土木学会論文報告集,第315号,1981.11.