

コンクリート自碇式吊床版橋の構造高・支間長が幾何学的非線形性に及ぼす影響

建設技術研究所 正会員 松中 涉

三井住友建設 正会員 近藤真一

首都大学東京 フェロー 前田研一・ 正会員 中村一史

1. はじめに

コンクリート自碇式吊床版橋とは、橋台や橋脚の間に PC 鋼材をケーブルとして張り渡し、薄い帯状のコンクリートで包み込んで床版とし、その上にストラットを介して路面となる上床版を載せた後、自碇構造に構造系が変換される橋梁形式である。現在までの研究では、完成形状を基に構造特性が検討されているが、架設時の形状を厳密に考慮し、幾何学的非線形性の影響を十分に検討した研究は未だない。そこで本研究では、初期形状決定を行い、架設ステップを追った連続的有限変位解析を実施して、コンクリート自碇式吊床版橋の構造高・支間長の変化が構造特性に与える影響と非線形挙動に関して検討を行う。

2. 解析モデルと解析方法

解析対象とした自碇式吊床版橋は、コンクリート標準示方書を準用し、試設計された道路橋である。支間 80m、構造高 6.4m のモデルを基本タイプと呼び、一般図および断面図を図-1、2 に示す。表-1 にはその断面諸元を示す。ここでは構造高を支間中央で主桁と吊床版の図心を結ぶ距離 f とし、支間 L に対する構造高 f の比を構造高比 f/L とする。また、自碇式吊床版橋は途中で自碇構造に変換されること、懸垂架設工法を採用していることなど、架設開始から終了に至るまでに構造系が大きく変化する。そのため、図-3 および表-2 に示すような各架設ステップに応じた平面骨組構造モデルおよび架設時荷重を設定している。本研究では、完成時に所要の形状となるように、初期形状決定フロー（図-4）を設定し、各ステップの厳密な形状を決定している。また、形状決定後、有限変位解析を行い、幾何学的非線形性の影響を検討した。さらに、比較のため、試設計時の完成形状を基にした平面骨組構造化モデルによる微小変位解析と有限変位解析も行った。

構造高の変化に関する検討では、支間 80m を一定とし、構造高比を 1/10.0、1/12.5、1/16.7 と変化させたタイプを対象に比較を行った。また、支間長の変化に関する検討では、構造高比 1/12.5 を一定とし、支間長を 60m、80m、100m と変化させたタイプを対象に比較を行った。

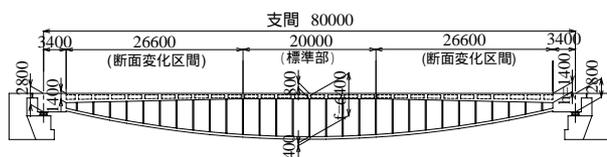


図-1 基本タイプの一般図

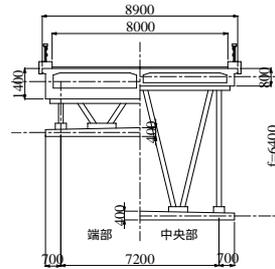


図-2 基本タイプの断面図

表-1 基本タイプの断面諸元

	A (m ²)	I _x (m ⁴)
主桁 (標準部)	3.59	0.31
主桁 (端部)	6.85	1.59
吊床版	3.07	0.04
鉛直支持材	0.0487	0.0004

表-2 架設ステップの荷重と構造モデル

No.	荷重条件	構造モデル
STEP1	吊床版および鉛直材自重	構造モデル1
STEP2	吊床版プレストレス導入	構造モデル2
STEP3	主桁自重	
STEP4	構造系変換荷重	
STEP5	端部セグメント自重	構造モデル3
STEP6	主桁プレストレス導入	
STEP7	橋面荷重	

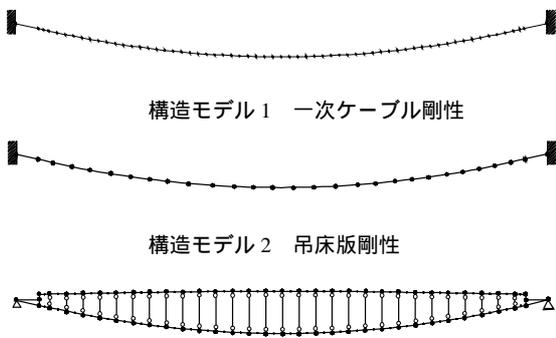


図-3 基本タイプの平面骨組構造モデル

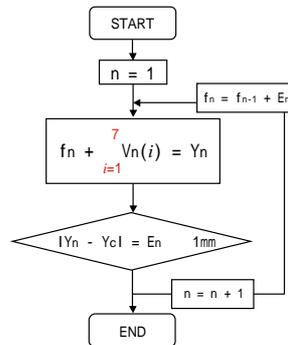


図-4 初期形状決定フロー

f_1 : 1回目の1次ケーブルのサグ量
 f_n : n回目の1次ケーブルのサグ量
 $V_n(i)$: n回目のSTEP iにおける吊床版中央の鉛直変位
 Y_n : n回目の計算された完成時吊床版サグ量
 Y_c : 目標とするサグ量
 E_n : 誤差

Key Words : 自碇式吊床版橋、構造高、支間長、構造特性、初期形状、幾何学的非線形性

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

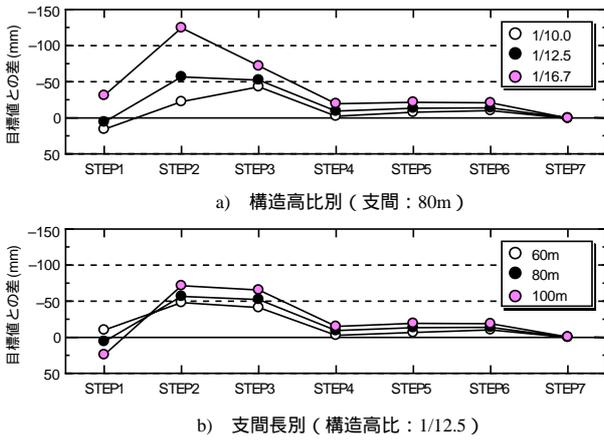


図-5 各タイプにおける吊床版中央部の鉛直座標値の推移

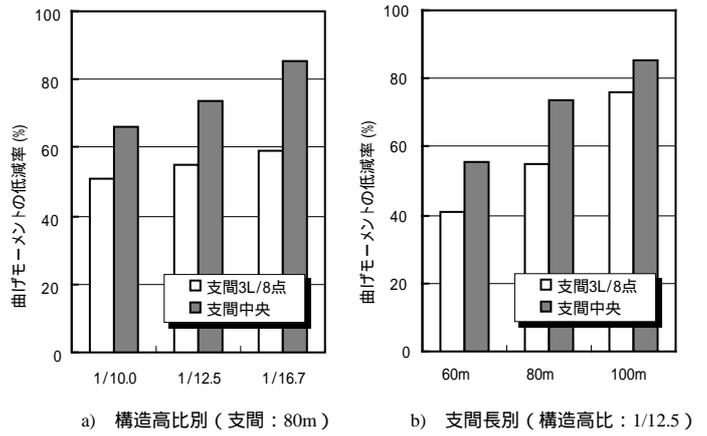


図-6 STEP3 の吊床版の曲げモーメント低減率

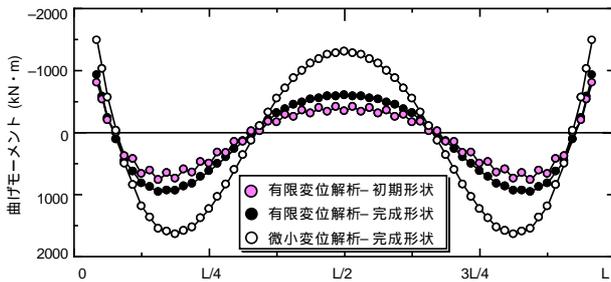


図-7 STEP3 の吊床版の曲げモーメント図 (基本タイプ)

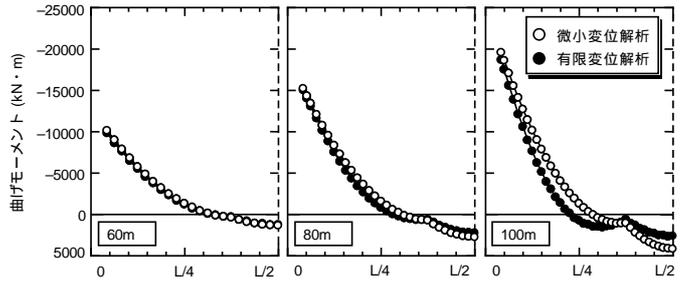


図-8 STEP4 の主桁の曲げモーメント図

3. 解析結果と考察

図-5 に、各タイプにおける吊床版中央部の鉛直座標値の推移を、構造高比別、支間長別に示す。横軸は、初期形状を決定するフローの架設ステップを示し、縦軸は、各ステップの座標値と目標値の差を示す。図より、構造高比の低下および支間長の増大にともなって、自碇構造への構造系変換時までの変形が大きくなることが解る。したがって、形状管理はその時点までを十分に考慮する必要があるといえる。

図-6 は、STEP3 の吊床版の曲げモーメントについて、微小変位解析結果に対する有限変位解析結果の低減率を、構造高比別、支間長別にそれぞれ示したものである。図より、構造高比の低下および支間長の増大にともない、曲げモーメントの低減率が高まること解る。これは、構造高比の低下の際には軸力、支間長の増大の際には軸力および変位が卓越することにより、幾何剛性が増大し、曲げモーメントが低下したと考えられる。このことより、吊床版にとって、最も厳しい主桁架設時においても、軸力が支配的なケーブル構造と同様の傾向を示すことが確かめられる。さらに、有限変位理論に基づいて断面力を算出することで、合理的な設計ができることが解る。

次に、図-7 に基本タイプにおける STEP3 の吊床版の曲げモーメント図を示す。図中には、試設計で得られる完成形状を用いて有限変位解析を行った結果も併記している。図より、有限変位解析を用いて解析を行うことで、全長にわたり曲げモーメントが低下することが解るが、これは幾何学的非線形性に起因するものである。さらに、初期形状を厳密に設定することで、より曲げモーメントを低下できることが解る。

図-8 に、STEP4 の主桁の曲げモーメント図を支間長別に示す。図より、支間長の増大にともない、支間中央と支間 L/4 点付近において曲げモーメントの増減が顕著になることが解る。これは、構造系変換時における導入軸力の増大に起因することから、完成系剛性となった場合でも軸圧縮力が大きくなる場合においては、幾何学的非線形性を考慮する必要があるといえる。

4. 結論

吊床版の形状管理を行う際には、自碇式への構造系変換時までの変形挙動を把握することで、施工上十分な精度を保ち、目標値に収束できることが確かめられた。また、主桁架設時には、幾何学的非線形性が顕著となり、構造高比の低下および長支間化にともない、吊床版の曲げモーメントが大きく低減されることが解った。さらに、初期形状を厳密に考慮することにより、曲げモーメントをより低減でき、合理的な設計ができることが解った。

参考文献

中村一史、近藤真一、羽根航、前田研一：コンクリート自碇式吊床版橋の架設時における構造特性と試設計、構造工学論文集、Vol.52A、pp.969-977、2006