

800m スパンのバタフライウェブを有するエクストラード吊橋の設計に関する研究

三井住友建設(株) 正会員 ○内堀 裕之

三井住友建設(株) 非会員 ヘン サルピソット

三井住友建設(株) 正会員 永元 直樹

三井住友建設(株) 正会員 春日 昭夫

1. はじめに

超長大スパン橋梁の設計において、ハイブリッド斜張吊橋では、通常、吊橋よりも高い主塔が適用されている¹⁾。そのため、塔頂での主ケーブルの曲げ角度が大きくなり、架設途中および活荷重作用する時に、ケーブル系が大きく変形することで、主ケーブルに2次応力が大きく発生し、ケーブル疲労等の安全性が懸念されている²⁾。一方、エクストラード構造では、桁の剛性を大きくすることによって、主塔を低くすることが可能である³⁾。また、主桁にバタフライウェブを適用することによって、上部工構造の重量を軽減できるほか開口断面を有する特徴から耐風安定性がより向上する³⁾。本研究では、主ケーブル2次応力の低減および耐風安定性の向上を図ったコンクリートの超長大スパン橋梁の開発を目的として、エクストラード構造および吊構造を組合せた800mスパンのエクストラード吊橋(図-1)を提案し、検討を行った。

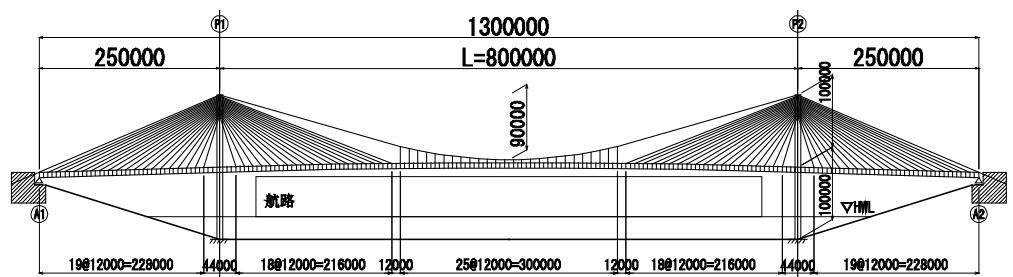


図-1 エクストラード吊橋の側面図(単位: mm)

2. エクストラード吊橋の構造緒元

検討するエクストラード吊橋は図-1 および図-2 に示すように、橋長1,300m、中央径間800m、有効幅員30mを有する2面吊の超長大道路橋とした。主桁は、コンクリート製のバタフライウェブ3室箱桁で、桁高は7mとした。主塔の高さは今回一般吊橋の同程度のもの100mとし、主ケーブルのサグ比は1/8.89とした。また、エクストラード区間と吊区間を5:3に設定した。

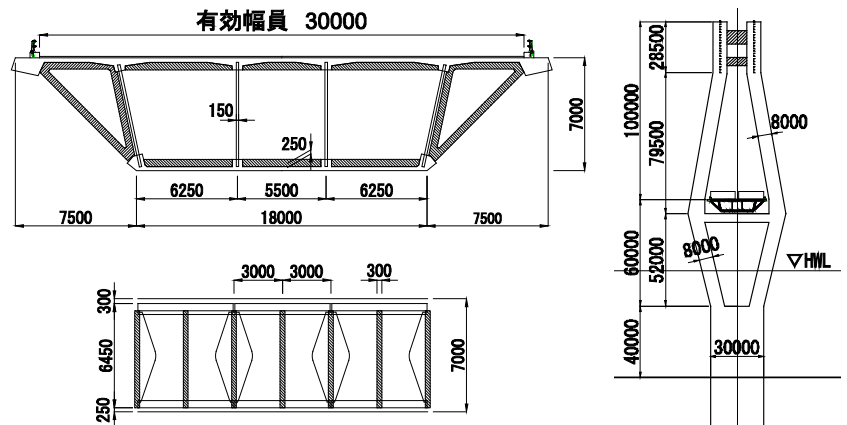


図-2 主桁の断面図、側面図および主塔の形状図(単位: mm)

3. 解析モデルおよび検討概要

弾性平面骨組みモデルを用いて検討を行った(図-3)。施工手順は、第1にエクストラード区間の張出施工、第2にプレキャスト製桁の吊上げによる吊区間架設、の順に行うことを想定した。また、予めセットバックしたサドルを移動し、主塔に発生する曲げモーメントを低減する。最後に、PCケーブルによりエクストラード区間および吊区間の桁を一体化する。なお、主ケーブルの曲線は次式により、算出した⁴⁾。 $y = -\frac{k_m}{M_m(l_m/2)} M_m(x)$ ここで、 l_m 、 k_m 、 $M_m(x)$ はそれぞれ中央径間長、主ケーブルのサグおよび主ケーブルに作用する死荷重のモーメント曲線である。

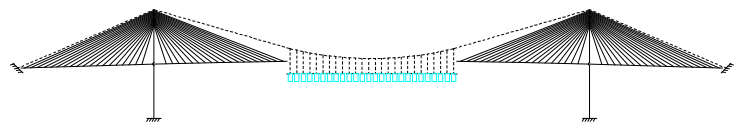


図-3 解析モデルおよび架設のイメージ図

キーワード エクストラード吊橋、バタフライウェブ、800m スパン、2次応力、耐風安定性

連絡先 〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号 三井住友建設(株)技術本部 TEL03-4582-3121

4. 概略設計の結果

道路橋示方書に基づいて、提案したエクストラドーゾ吊橋の概略設計を行った。主桁コンクリートの設計基準強度は、 60N/mm^2 とした。図-4 および図-5 にそれぞれの主桁に作用する曲げモーメントおよび応力度の結果を示す。この結果から、主桁の応力度は全て表-1 に示す許容値を満足し、提案した構造が実現可能と考えられる。ただし、図-6 に示すように、死荷重時には吊区間に対しエクストラドーゾ区間の主桁に作用する軸力が大きいため、エクストラドーゾ区間の下床版厚が 250mm から 400mm 必要であった。

表-1 コンクリートの許容応力度 (N/mm^2)

死荷重時		活荷重時	
引張側	圧縮側	引張側	圧縮側
0	18	2	18

斜材の設計は PC 斜張橋・エクストラドーゾ橋設計施工基準に基づいた。斜材の許容値は、活荷重による応力変動を上限 130N/mm^2 にし、 $0.4f_{pu}$ で設定した。図-7 から分かるように、側径間での斜材応力変動が非常に大きくなった。側径間の中間橋脚追加等により、斜材応力変動を抑えられれば、より合理的な構造が実現できると考えられる。主ケーブルおよびハンガーケーブルは、安全率を今回それぞれ 3.0, 3.5 と設定し、必要なケーブルの構成はそれぞれ PWS-127 $\times$ 192 本および NEW-PWS (7 ϕ 283) となった。

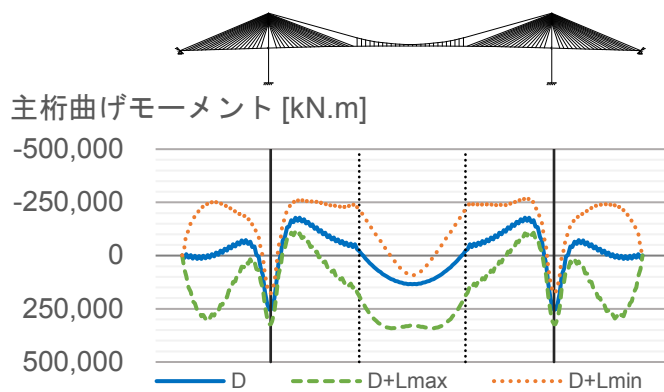


図-4 主桁の曲げモーメント図

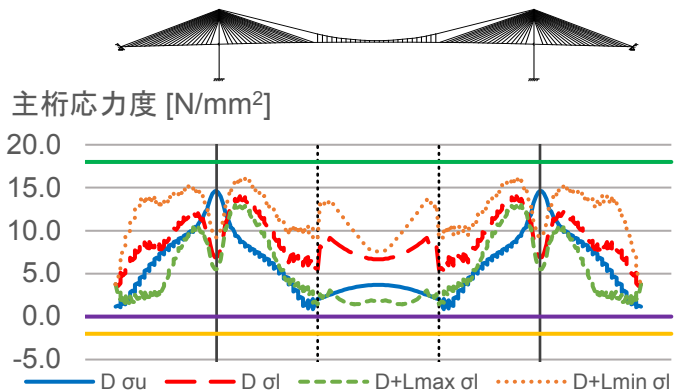


図-5 主桁の応力度図

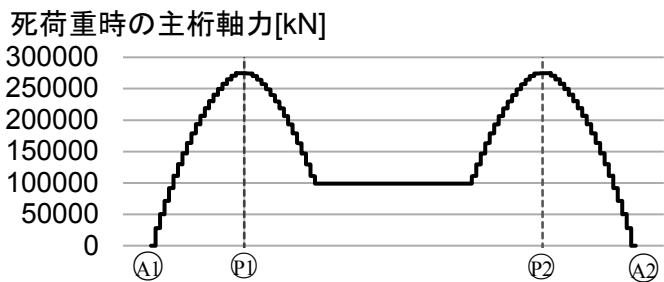


図-6 死荷重時の主桁に作用する軸力図

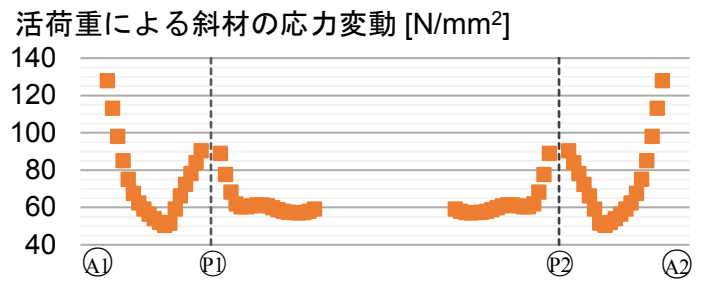


図-7 活荷重による斜材の応力変動図

5. まとめ

本研究は主ケーブル 2 次応力の低減および耐風安定性の向上を図ったバタフライウェブのエクストラドーゾ吊橋を提案し、実現性の検討を行った。その結果、提案した橋梁は十分実現可能であると確認できた。また、エクストラドーゾ区間には桁に作用する軸力が大きく発生し、そして活荷重による側径間での斜材応力が非常に大きく変動することが分かった。そのため、側径間斜材の応力変動を抑えるための対策や、コンクリート部材では重要であるクリープ・乾燥収縮の検討を今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 例えば, Bd&e (2015), Highly-strung, Project reports, Bridge Design & Engineering, Issue no.80, Third quarter 2015.
- 2) 例えば, Lee, M.ほか, Angular Change and Secondary Stress in Main Cables of Suspension Bridges, International Journal of Steel Structures 16(2), 2016, pp. 573-585.
- 3) 春日, Multi-span extradosed bridges, Proceeding of Multi-Span Large Bridges, pp.67-82, 2015.7.
- 4) Gimsing, N. J. and Georgakis, C. T., Cable supported bridges, John-Wiley, West Sussex, UK, 2012.