

# オールプラスチック極超長大吊橋の動的構造特性と新耐風安定化策

東京都立大学大学院 学生員 巻島健吾

東京都立大学 フェロー 前田研一 東京都立大学 正会員 中村一史

長 大 正会員 池田虎彦 土木研究室 正会員 明嵐政司

**1. まえがき** 現在、国内外において中央径間 3,000m を超える超長大吊橋および中央径間 5,000m に至る極超長大吊橋が計画されている。これらにおいては死荷重の低減が求められるとともに、極超長大吊橋では塔高の制約からくるサグ比の低減の必要性が生じる。この問題に対し、ほとんどの部材に CFRP（炭素繊維強化プラスチック）を使用することで中央径間 5,000m、側径間 2,000m の極超長大吊橋（図-1）においても実現性のあることが既に示唆されている<sup>1)</sup>。しかしながら耐風安定性は大きく低下し、適切な耐風安定化策が必要不可欠ということも明らかになっている。本研究では、補剛桁内部を車両が走行するため桁上部空間を制約無しに使用できることを利用した新耐風安定化策の提案を行なうとともに、それが及ぼす効果について検討するものとした。

**2. 試設計結果と耐風安定化策** 中央径間 5,000m、側径間 2,000m の 3 径間 2 ヒンジ形式を対象とし、立体骨組構造の有限変位解析モデルを作成して試設計を行なった。一般図を図-2 に、材料特性を表-1 に示す。補剛桁、主ケーブル、ハンガーには CFRP を用い、主塔は RC 橋脚の鉄筋を CFRP に置き換えた CFRP コンクリート合成柱とした（図-3）。補剛桁断面はねじり剛性が高く、抗力係数を低く抑えられる楕円形状とし、補剛桁内部を車両が走行する構造とした（図-4）。試設計の結果、静的構造特性については特に大きな問題はみられなかった<sup>2)</sup>。提案する新耐風安定化策は従来のクロスハンガー（図-5）と水平クロスステイ（図-6）とを組み合わせたもので、「立体クロスハンガー（Spatial Cross Hanger）」と呼ぶこととし、図-7 に概念図を示す。

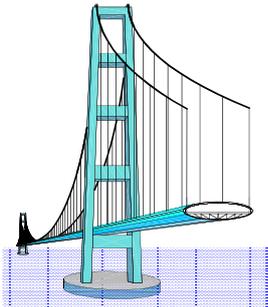


図-1 極超長大吊橋の概念図

表-1 材料特性

| 材料                          | ケーブル・ハンガー               | 補剛桁                     | 主塔     |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|--------|
| CFRP                        | CFRP                    | CFRP                    | コンクリート |
| 単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> ) | 15.7                    | 17.5                    | 23.0   |
| 弾性係数 (GPa)                  | 160                     | 65                      | 30     |
| せん断弾性係数 (GPa)               | —                       | 30                      | 13     |
| 線膨張係数 (1/ )                 | 10.0 × 10 <sup>-7</sup> | 10.0 × 10 <sup>-6</sup> | —      |
| 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )   | 2450                    | —                       | —      |
| 曲げ強度 (N/mm <sup>2</sup> )   | —                       | 引張・1000 圧縮・500          | —      |
| 安全率                         | 2.5                     | 5.0                     | —      |
| 許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )  | 980                     | 100                     | —      |

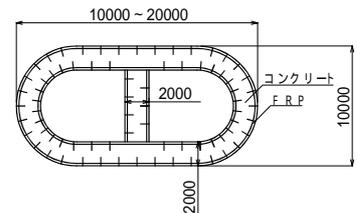


図-3 主塔断面

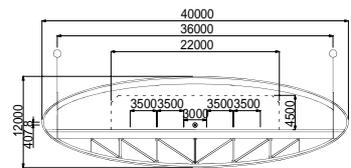


図-4 補剛桁断面

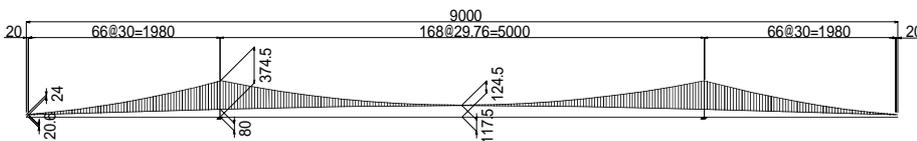


図-2 一般図

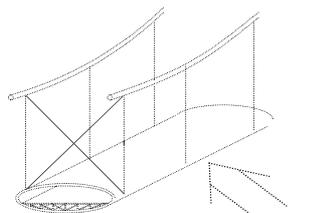


図-5 クロスハンガー

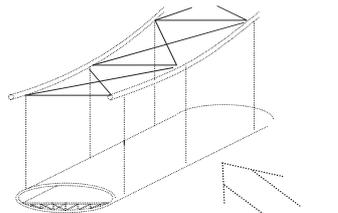


図-6 水平クロスステイ

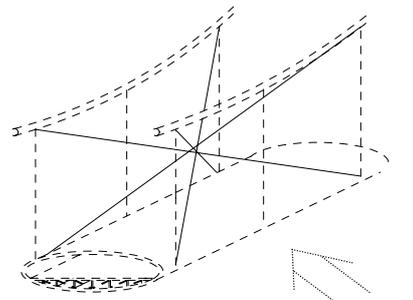
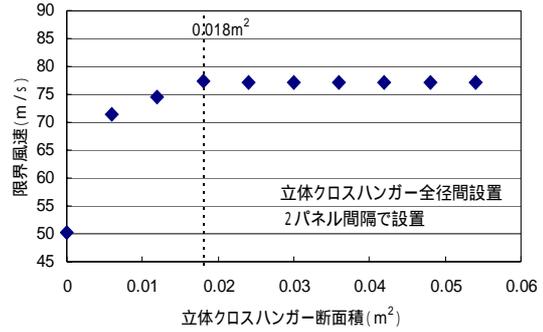


図-7 立体クロスハンガー

Key Words : 極超長大吊橋、CFRP、耐風安定性、立体クロスハンガー

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

**3. パネル間隔と所要断面積** 立体クロスハンガーを配置するパネル間隔は、事前検討においてフラッター限界風速を比較した結果から、図-7に示したように2パネルとした。立体クロスハンガーの断面積については、事前検討において、断面積がある程度以上の値になるとフラッター限界風速はほぼ一定となる傾向（図-8）がみられ、このことから所要値を0.018m<sup>2</sup>とした。



上回ることが解  
図-8 立体クロスハンガー断面積と限界風速

**4. 最適設置位置と耐風安定性** 立体クロスハンガーのより効率的な設置位置を検討するために設置範囲を変えてフラッター限界風速を求めた。比較のためにクロスハンガーについても同様の検討を行ったが、水平クロスステイは常に全径間設置とした。クロスハンガー断面積は最適位置設置時で0.07m<sup>2</sup>、その他では0.006m<sup>2</sup>とし、水平クロスステイは全て0.02m<sup>2</sup>とした<sup>3)</sup>。各クロスハンガーの最適設置位置は、両主塔から左右対称に移動させていき、フラッター限界風速が最も高くなる位置とした（図-9）。最適設置位置は、図に示したように両クロスハンガーとも中央径間両主塔より約1300～1400m（中央径間より約1/3）の地点であることが解った。検討の結果、側径間部に設置された各クロスハンガーは耐風安定性の向上にほとんど寄与していなかった（表-2）。また、中央径間全域に設置した場合には劣ったものの、立体クロスハンガーを最適位置に設置した場合のフラッター限界風速は70m/s近くになり、通常のクロスハンガーの最適位置設置時と比べると、水平クロスステイをさらに設置した場合の限界風速をもちった（図-10）。なお、クロスハンガーの最適位置設置時と立体クロスハンガーの最適位置設置時との比較のために、立体クロスハンガーの断面積を同様に0.07m<sup>2</sup>とした場合についても検討を行なったが、断面積が0.018m<sup>2</sup>の場合に比べ耐風安定性の向上はほとんどみられなかった。

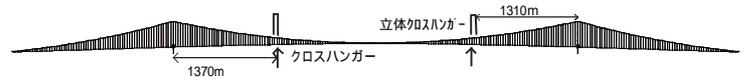


図-9 各クロスハンガーの設置位置

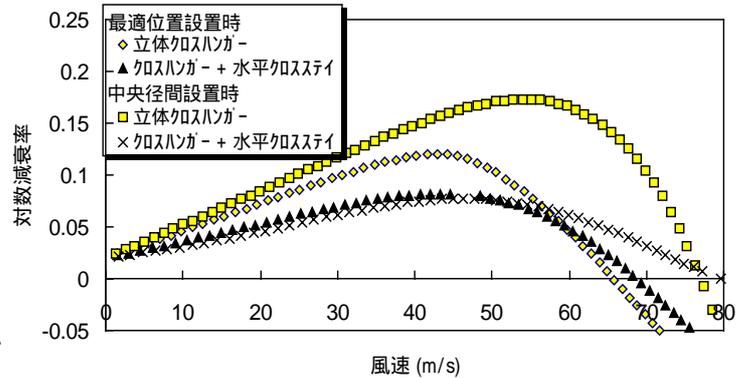


図-10 各クロスハンガーの中央径間設置時または最適位置設置時のフラッター-限界風速

表-2 各耐風安定化策の設置位置と解析結果

| 耐風安定化策                     | 設置位置 | 対称一次振動数(Hz) |        |        | フラッター限界風速(m/s) |
|----------------------------|------|-------------|--------|--------|----------------|
|                            |      | 面内たわみ       | 鉛直たわみ  | ねじり対称  |                |
| クロスハンガー                    | 全径間  | 0.0333      | 0.0505 | 0.1901 | 70.6           |
|                            | 中央径間 | 0.0333      | 0.0505 | 0.1899 | 70.8           |
|                            | 最適位置 | 0.0332      | 0.0505 | 0.1876 | 65.9           |
| クロスハンガー + 水平クロスステイ (全径間設置) | 全径間  | 0.0340      | 0.0505 | 0.2016 | 79.7           |
|                            | 中央径間 | 0.0340      | 0.0505 | 0.2002 | 78.1           |
|                            | 最適位置 | 0.0339      | 0.0505 | 0.1981 | 67.8           |
| 立体クロスハンガー                  | 全径間  | 0.0335      | 0.0533 | 0.1916 | 77.3           |
|                            | 中央径間 | 0.0335      | 0.0530 | 0.1912 | 77.0           |
|                            | 最適位置 | 0.0332      | 0.0503 | 0.1880 | 68.7           |

**5. まとめ** 新耐風安定化策として提案した立体クロスハンガーが、対象としたオールプラスチック極超長大吊橋の耐風安定性向上に十分な効果を及ぼすことが確かめられた。しかし、立体クロスハンガーおよび鉛直ハンガーに生じる応力度が複雑でかなり大きくなるなどの問題点もみられたことから、更なる検討が必要であるといえた。

**参考文献**

- 1) 宗澤・前田・中村・池田・明嵐：オールプラスチック極超長大橋の必要性和その試設計、第57回年次学術講演会講演概要集、2002.9.
- 2) 巻島・前田・中村・池田・明嵐：オールプラスチック極超長大吊橋の試設計と材料特性、第58回年次学術講演会講演概要集、2003.9.
- 3) 宗澤・前田・中村・池田・明嵐：オールプラスチック極超長大橋の動的構造特性とその実現性、第57回年次学術講演会講演概要集、2002.9.