

## 超長大斜張橋の静的耐風挙動に関する考察

埼玉大学 学生員 謝 旭  
 埼玉大学 正 員 伊藤 学  
 埼玉大学 正 員 山口宏樹

## 1. まえかき

ここ10年あまりの間、斜張橋は長大化の傾向にあり、1000 mを超える超長大斜張橋案にみられるように、従来の吊橋の適用範囲と考えられている支間領域にまで検討範囲が及ぶようになっている。このような支間の長大化に伴って、斜張橋の耐風安定性は最も重要な設計課題の一つとなり、適切な手段で構造の力学挙動をより精度良く予測する必要性が生じてくる。従来の耐風設計では風荷重を構造変位にかかわらず固定荷重として取り扱っているものの、長大スパンの斜張橋に適用することが妥当であるかについても検討の必要がある。以上のようなことから、本研究では、部材の変形が長大斜張橋の対風挙動にいかに関与するかを明らかにすることを目的とし、桁の三分力とケーブルの分布風荷重の取り扱い、ならびに対風挙動解析手法についていくつかの考察を加えたものである。

## 2. 斜張橋の対風解析手法

膨大な計算自由度に対応するために、長大斜張橋を立体骨組構造としてモデル化し、Updated Lagrangian手法を用いて部材の有限変位増分方程式を定式化する。ケーブルに作用する分布風荷重を厳密に取り扱うために著者らの提案した手法<sup>1)</sup>を用い、斜張橋の立体有限変位解析プログラムを開発した。なお、解析では剛体変位除去法を導入して有限回転を取り扱っている。

図1に示すように、桁断面が受ける主な空気力成分として抗力 $D$ 、揚力 $L$ 及び空気モーメント $M$ の三分力がある。これらの風荷重は迎角 $\alpha$ によって変化する。一方、ケーブルは風向方向にもたわんで張力の変化を招き、それが橋面内の変位と断面力に対して影響を及ぼす。支間の長大化に伴って、これらの影響の度合いが著しくなるものと考えられる。

本研究では長大斜張橋の対風挙動について構造の変形の影響を調べるため、桁とケーブルの風荷重をそれぞれの変形に依存した荷重として取り扱う。具体的には、変形状態から決定した風荷重三分力を桁に作用させるのに対し、ケーブルには全長にわたって分布風荷重として計算する。

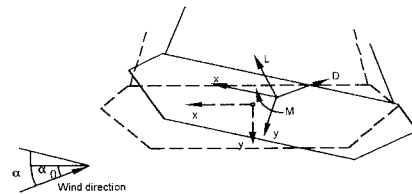


図1 風荷重を受ける桁断面

## 3. 解析モデルと計算風荷重

図2及び表1に示すスパン1500m斜張橋案<sup>2)</sup>の完成系を対象として考察する。桁の三分力は図3に示す空気力係数<sup>3)</sup>を用いて算定し、塔とケーブルの抗力係数はそれぞれ1.2と0.7とした。空気力の補正係数 $u$ はすべて1.0で、各部材の設計風速は $U_z = (Z_0/10)^{1/7} U_{10}$ として決める。ここに、高度 $Z_0$ は鉛直プロファイルを考慮する高さであるが、ケーブルの場合は各節点の高さとし、桁と塔は要素の平均高さとした。

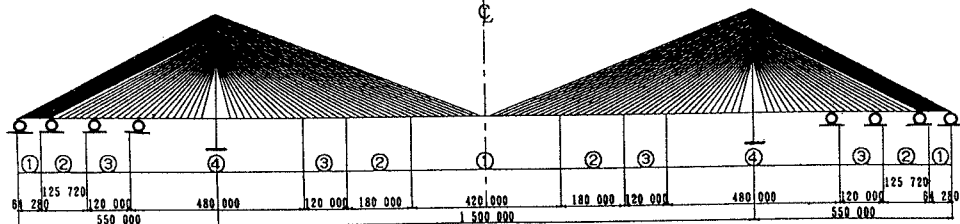


図2 解析モデル

表1 断面諸元 (Unit:  $m^2$  or  $m^4$ )

|   | 断面積   | 面内二次<br>モーメント | 面外二次<br>モーメント | ねじり   |
|---|-------|---------------|---------------|-------|
| ① | 1.428 | 6.090         | 113.73        | 12.22 |
| ② | 1.815 | 7.832         | 144.71        | 16.72 |

|         |          |          |        |        |
|---------|----------|----------|--------|--------|
| ③       | 2.104    | 9.095    | 166.66 | 19.15  |
| ④       | 2.385    | 10.301   | 188.71 | 22.99  |
| ／塔軸     | 1.792    | 45.438   | 29.149 | 40.445 |
| ケーブル／一本 | 0.007502 | 0.018755 |        |        |

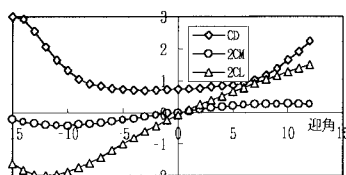


図 3 風荷重の三分力係数

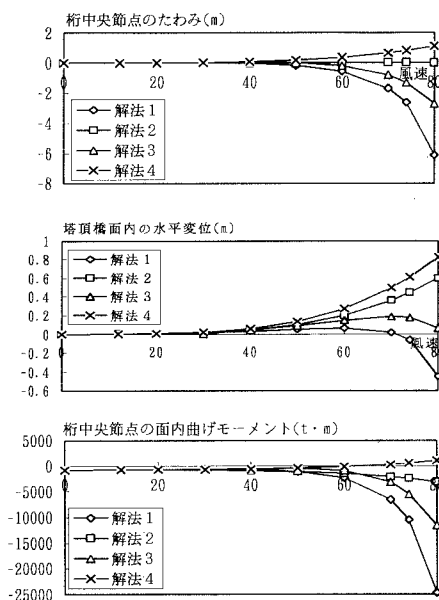


図 4 風荷重による橋面内の挙動

#### 4 解析結果とその考察

図 4, 5 に, 上記の風荷重による桁中央部及び塔頂の面内, 面外挙動の解析結果を示す。解法 1, 2, 3, 4 は, それぞれ, 桁の三分力を変位依存とし, ケーブルには分布風荷重を考えた解法, 桁の風荷重を変位によらず一定とし, 抗力のみを考える解法, ケーブルの風荷重を集中して両端の節点に分配する解法, 桁の三分力とケーブルの分布風荷重を考えない

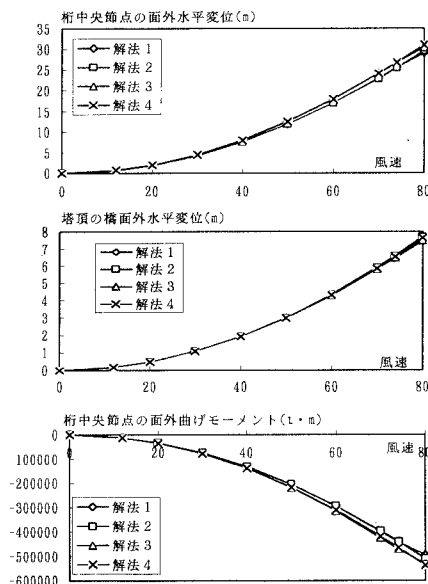


図 5 風荷重による橋面外の挙動

慣用の耐風解析法である。図に示すように, 桁およびケーブルへの風荷重の取り扱い方の違いは橋面外挙動に対して影響が小さいのに対して, 橋面内挙動への影響が風速の増加に従って大きくなっている。特に, 桁の揚力と空力モーメントを無視する解法 2 と慣用の耐風解析法 4 の場合, 風速が 60m/s を超えると, 橋面内の挙動に対して大きな誤差を招く。また, ケーブルへの風荷重の取り扱いによって, 面内のみならず面外にもある程度の誤差がみられる。このように, 長大斜張橋の耐風照査にあたって, 場合によっては, 構造変位の影響を考慮する手法で取り扱うことが必要となる。基本風速が大きい設計条件の場合に, 橋直角方向の風荷重でも面内の安定性が問題となり得ることに注意すべきであろう。

#### 4. まとめ

スパン 1500 m の斜張橋完成系を対象として, 長大斜張橋の静的対風挙動について幾つかの考察を加えた。検討の結果から, 長大斜張橋に対して, 基本風速が大きい場合, 桁への三分力とケーブルに風向方向のたわみによる大きな橋面内変位及び断面力を生ずることが明らかにし, 1000m を超える未知領域の斜張橋の耐風挙動についてより厳密に検討する必要性を示した。

謝辞: 計算例を利用させていただいた川田工業の野村国勝・中崎俊三等に感謝の意を表したい。

参考文献: 1) 謝旭・伊藤学・山口宏樹: Updated Lagrangian 手法による柔ケーブルの非線形解析, 土木学会構造工学論文集, Vol. 41A, 1995. 3. 2) 野村国勝・中崎俊三ら: 長大吊形式橋梁の構造特性と経済性, 土木学会構造工学論文集, Vol. 41A, 1995. 3. 3) V. BOONYAPINYO, H. YAMADA, T. MIYATA: Nonlinear Buckling Instability Analysis of Long-Span Cable-Stayed Bridges Under Displacement-Dependent Wind Load, Journal of Structural Engineering, JSCE, Vol. 39A, 1993. 3.