橋梁塔部の3次元空力特性（A型塔の制振対策の場合）

On 3-D Aerodynamic Characteristics of Bridge Tower (Aerodynamic Countermeasure for A-shape Pylon)

小川 一志

Kazushi OGAWA

This paper introduces the aerodynamic device utilizing three dimensional aerodynamic characteristics of the pylon, to suppress the wind-induced vibrations in the cable-stayed bridge pylon. The pylon form is assumed to be "A", which includes "inverse Y" and "inverse V". The pylon often vibrates in the perpendicular direction to the bridge-axis by the bridge axis wind. The corner-cut is said to be effective in stabilizing the aerodynamic characteristics of a pylon section. It can be seen that the application of a corner-cut to a half length of the upper shaft is more effective than to the full length of the upper shaft. The horizontal beam connecting two upper shafts in "A" pylon is also effective to suppress the wind-induced vibrations. The stream visualization with a taft method shows that the horizontal beam in "A" pylon disturbs the axial flow along the shaft side-face which is a strong current in the "inverse V" pylon.

■橋梁塔の風による振動を制振させるための空気力学的対策としては、塔断面縦横比の変更、隅切りや角落しによる角部の形状変更、フェアリングによる流線型化、スリット（風穴）の設置、導流板、フェンスなど抑流添加物の設置などが提案されている。これらの空気力学的対策はいずれも塔断面の空力特性（塔の2次元空力特性）の安定化を意図していると考えられる。

橋梁塔の3次元空力特性に関連した空気力学的対策の例として、ここではA型塔（または逆V型、逆Y型）の耐風制振対策について述べる。A型塔は斜張橋主塔に用いられることが多いが、2本の塔柱が塔頂部で結合して塔柱間隔が高さ方向に変化することから3次元空力特性の強い構造物であると考えられる。橋梁塔では橋梁完成後（ケーブル設置後）においても橋軸方向の風によって振動が発現することがあり、A型塔においても同様である。図1は橋軸方向の風を受けた逆Y型塔の耐風応答を示す。塔は風の励振力を受けて橋軸直角方向（塔面内方向）に振動する。図中、塔断面の空力特性を安定化させる効果のある塔角部隅切りの設置範囲を塔高さ方向に変えたケースについて比較している。隅切りの設置範囲を塔水平材の上側塔柱すべてとするよりも約1/2とした方が、塔の耐風性が安定化している。塔の2次元空力特性からみれば隅切りの設置範囲の広い方が空力的に安定化するはずであるが、上記の結果はその期待に反するも

のである。

図2は逆V型塔に中間横梁を配置したときの耐風応答を示す。この場合、中間横梁による塔面内剛性への寄与は微小であり、塔の耐風性の違いは空力特性の違いに起因する。中間横梁の配置によって塔の形状を逆V型からA型にすると、橋軸方向（塔骨組面に垂直方向）の風に対する塔の耐風安定性（塔面内振動）は著しく改善される。ただし、中間横梁の位置が塔頂部に近すぎたり（タイプ③）、離れすぎると耐風安定化効果が薄れる。

A型塔における塔の耐風安定化は、中間横梁の設置による塔周りの流れの変化が関係していると考えられる。図3は塔柱周りの流れに与える中間横梁の影響を流れの可視化（タフト法）によって調べたものである。逆V型塔では塔柱側面に沿った強い軸方向流の存在が認められる。中間横梁を配置したA型塔では軸方向流が中間横梁によって分断され弱められている。軸方向流と塔面内振動との関係は次のように推定される。すなわち、軸方向流によって塔柱の側面圧は影響を受けて塔面内振動が励起される。中間横梁によって軸方向流を攪乱することで、塔柱側面圧の塔軸方向の連続性は妨げられ、側面圧の低下も弱められる。その結果、塔面内の励振力は弱められて塔面内振動は抑えられる。

図1 塔角部隅切りの設置範囲の影響

図2 中間横梁による耐風安定化効果

図3 塔柱周りの流れに与える中間横梁の影響