

京都大学工学部 正員○白土博通 京都大学工学部 正員 松本 勝
同 正員 白石成人 阪神高速道路公団 正員 南荘 淳
鹿 島 建 設 新原雄二* 農 林 水 産 省 西崎孝之*
(* 当時京都大学大学院生)

1. まえがき 大都市域内の高速道路高架橋は、周辺の高層ビルの間を縫うように走るため、橋体に作用する風は、周辺建物の影響を直接受けるものと考えられる。都市域内の風の特性は、とくにビル風の分野で研究が多く行われ、現地観測や風洞実験に基づく風速の増速効果や、乱れ特性についての定量的検討も報告されている。ところで、現行の高速道路高架橋の耐風設計法（阪神高速道路公団風荷重基準(案)¹⁾）は、都市域における観測データに基づく風速再現期待値の設定や、都市域内の乱流特性を考慮し比較的大きな乱れ強さのもとでの風速空間修正係数（ ν_1 ）の設定など、都市域の風の特性が反映されている。また、隣接する高架橋による風荷重値への影響も考慮されている。しかしながら、抗力係数は基本的には一様流中の値が用いられるほか、高層建物周辺部の風速増加は考慮されない。また、遮音壁の設置は見かけの桁高が増加するため、風荷重の増加を招くこととなり、耐風設計上検討の必要性が指摘されている。本研究ではこのような観点から、1) 大都市域内の風の特性の評価を行い、さらに2) 大乱流下での高架橋桁部ならびに遮音壁に作用する空気力を風洞実験により計測する。さらに、3) 以上の結果をもとに現行の風荷重値に対する検討を行うものである。

2. 都市域内の風の特性 一般道路橋の動的耐風設計法（道路橋耐風設計便覧²⁾）では、架橋地点周辺の地表面粗度状態により、基本風速にある係数を乗じて設計風速を求める手順をとる。大都市域のように高層建物が密集する場所では低層で設計風速が低減される。しかしながら、ビル風の観測結果によれば、高層建物が密集する都市域ほど、高風速の発生頻度が相対的に高くなるという報告もある。³⁾ これは、近傍建物の存在による増速効果が風速低減効果よりも強く現れた結果であると考えられる。また、高層建物周辺部や建物間の隙間を流れる風の増速率が風洞実験により求められており、その値は最高で約1.8倍に達する場合があることが報告されている。⁴⁾ また、既往の研究によれば、都市域内の風の乱れは総じて強く、およそ20~40%程度の乱れの強さが報告されている。⁵⁾

3. 大乱流下における高架橋桁部、遮音壁の抗力特性 都市内高架橋に作用する風荷重特性を明らかにするために、一様流および格子乱流中において、高架橋標準桁部（箱桁、1桁の2種類）および遮音壁（標準形、および新型の2種類）に作用する静的空気力を計測した。なお、従来よりも大きな乱れの強さをもつ乱流を発生させるため、乱流格子のメッシュを適宜閉塞し、主流方向乱れ強さ $I_u=23\%$ を得た。なお、平均風速に著しい不均一がないことを確認している。図-1にその一例として箱桁および遮音壁（2種類）の各模型断面図を示す。なお、これらの模型のスパン中央部には圧力孔が設けられている。なお、以下に示す一連の抗力係数は抗力測定部分の見附幅で無次元化さ

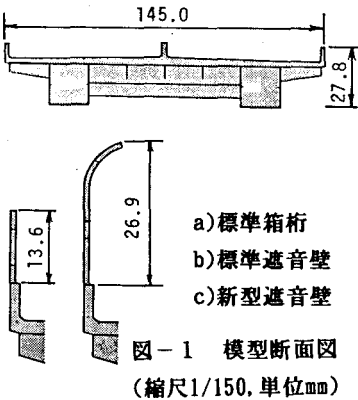


図-1 模型断面図
(縮尺1/150, 単位mm)

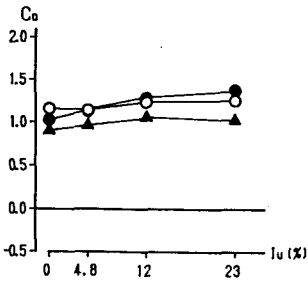


図-2 箱桁断面の抗力係数
○桁のみ(基準(案) $C_D=1.6$)
●桁+標準遮音壁 (同 1.6)
▲桁+新型遮音壁 (同 1.67)

Hiromichi SHIRATO, Masaru MATSUMOTO, Naruhito SHIRAISHI, Jun NANJO, Yuji NIIHARA*,
Takayuki NISHIZAKI* (* former graduate student, Kyoto Univ.)

れている。図-2には箱桁の抗力係数を示すが、乱れの強さの増加にともない、 C_D 値は低下せず逆に増加する傾向を示している。なお、同図中には阪神高速道路公団風荷重基準(案)の値も併せて示す。図-3には比較のため、同一の格子乱流中における矩形断面の C_D 値を示す。矩形断面の場合には、従来知られているような Iu の増加にともなう C_D 値の低下が認められる。図-4には、桁部および遮音壁個々に計測された抗力係数を示す。(遮音壁の C_D 値はそれぞれ遮音壁高さで無次元化) Iu の増加により、とくに下流側の遮音壁の C_D 値が負から正へ大きく変化している。上述のような桁断面と矩形断面との特性の違いは、

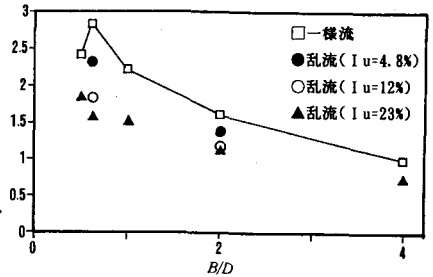


図-3 矩形断面の抗力係数

主として下流側遮音壁に作用する抗力によるものと判断される。図-5には、標準遮音壁設置状態における断面表面の静的圧力分布を示す。両遮音壁ともに、下流側遮音壁の前面上で圧力が著しく、一様流中で最も低圧を示し、 Iu の増加により圧力回復(一部正圧へ変化)が認められる。このような圧力の変化は図-4に示した抗力の変化と対応しており、一様流中で下流側遮音壁を包含する大きな剥離流の時間平均流線が形成されるのに対し、乱れの存在により(時間平均的な)後流域が縮小し下流側遮音壁の上流で剥離流れが桁部上面に再付着することによるものと考えられる。

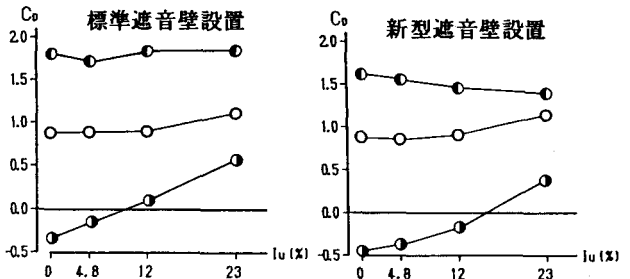


図-4 桁部、遮音壁の抗力係数(遮音壁設置状態)

○桁部, ●上流側遮音壁, ●下流側遮音壁

4. 風荷重に対する検討 以上の計測結果ならびに大都市域における風の特性を阪神高速道路公団風荷重基準(案)と対比させれば、① C_D (一様流) $< C_D$ (大乱流), および②高層建物近傍を路線が通る場合の増速効果により、実際に高架橋に作用する風荷重値と基準(案)に規定された値との間に差が生じる場合があるものと考えられる。仮に増速率(接近流に対する風速増加率)を $1.414(=\sqrt{2})$ とした場合を試算したところ、遮音壁無し、および標準遮音壁設置状態では現行の風荷重値 300kg/m^2 をそれぞれ5%, および10%程度越える値が得られた。なお、新型遮音壁設置状態では、桁の断面比が小さく($B/D < 3$)なるため、現行の荷重値を越える値は得られなかった。

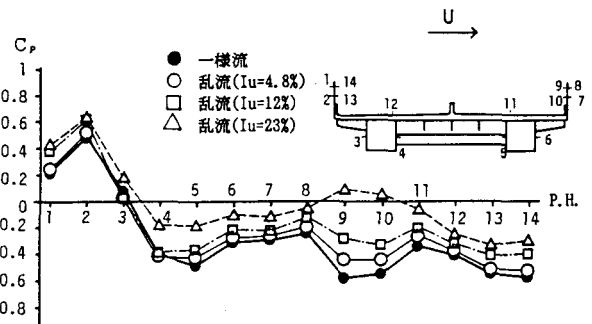


図-5 静的圧力分布(標準遮音壁設置状態)

るものと考えられる。仮に増速率(接近流に対する風速増加率)を $1.414(=\sqrt{2})$ とした場合を試算したところ、遮音壁無し、および標準遮音壁設置状態では現行の風荷重値 300kg/m^2 をそれぞれ5%, および10%程度越える値が得られた。なお、新型遮音壁設置状態では、桁の断面比が小さく($B/D < 3$)なるため、現行の荷重値を越える値は得られなかった。

5. まとめ 本研究で得られた結論を以下に示す。①高層建物が密集する大都市域内の風の特性は、とくに建物近傍では気流の増速効果が大きい場合がある。②同地域の風の乱れは大きく、主流方向の乱れの強さ Iu はおおよそ20~40%に達することが報告されている。③大乱流中の効果橋桁部、遮音壁の抗力は、矩形断面の特性とは逆に一様流中より大きな値を示す傾向にあり、この特性には主に下流側遮音壁に作用する抗力が大きな影響を与えている。④高層建物近傍で増速効果が見込まれる場所では、場合によっては現行の風荷重値よりも大きな風荷重が作用する可能性があり、今後、実際の路線でこのような箇所がどの程度存在するか、明らかにする必要がある。参考文献 1)阪神高速道路公団風荷重基準(案), 1984, 2)道路橋耐風設計便覧, 1991, 3)新・ビル風の知識, 1989, 4)植松, 他, 11回風工学シンポジウム, 1990, 5)大熊, 他, 11回風工学シンポジウム, 1990