

金沢大学工学部 正員 岡島 厚

1. まえがき: 巨大橋の主塔後流中を通過する走行車両に作用する空気力の応答性に注目して、風洞模型実験を行った。主塔まわりの流れは強い渦列を伴っており、走行車両は主塔後流域では速度欠損と渦列による風速変動による影響を受ける。本実験では、主塔模型後流の2つの効果を分離し、速度欠損のみによる効果を検討するために主塔模型背後にスプリッタ板を挿入し、後流渦の形成を極力抑制した実験も行った。そしてスプリッタ板のない場合と比較する。また、走行物体については、まず一様流中における実験結果が比較的豊富な2次元角柱模型が走行する場合、そして車両により近い3次元直方体模型が地面板上を走行して、主塔後流域を通過する際に作用する非定常空気力を風洞模型実験により明らかにした。

2. 実験装置と方法: 実験は吹き出し口直径 $\phi 1.03\text{m}$ の開放型測定部を持つゲッチンゲン型風洞で行った。主塔模型は断面幅 $H=15.4\text{cm}$ 、断面深さ $D=9.0\text{cm}$ の木製長方形断面柱($D/H=0.6$)で、実物の主塔の約1/50である。2次元走行模型は断面幅 $h=8.0\text{cm}$ ×断面深さ $d=3.2\text{cm}$ の長方形断面($d/h=0.4$)を持つ角柱である。3次元走行模型は図1に示すような $8.0 \times 3.2 \times 2.8\text{cm}$ の直方体で、小型乗用車の平均的寸法の約1/50に相当する。主流風速は $U=6 \sim 14\text{m/s}$ で、代表長さ H についてのレイノルズ数の範囲は $Re=UH/\nu$ (ν は空気動粘性係数) $= (0.7 \sim 1.5) \times 10^5$ である。主流の乱れ強さは約1.2%で若干大きい。一方、走行模型の通過速度は $V=1 \sim 4\text{m/s}$ ($V/U=0.08 \sim 0.4$)の範囲で変えた。実験は主流が主塔前面に垂直に当たり、走行模型が主塔背面から 131mm ($X/H=0.85$)離れたレーン上を直線的に通過する場合を行った。

3. 主塔後流の風速分布: 図2には主塔模型まわりの平均風速ベクトルの分布と変動分のR.M.S.値分布を示す。図は逆流域の流速でも測定可能のように開発されたタンデム型熱線プローブ⁽¹⁾を使用して測定した結果で、主塔背面から $X/H=0.2, 0.85, 1.5$ のレーンで主塔スパン中央における風速分布である。 $X/H=0.2$ のレーンにおいては主塔背後で逆流する領域が存在し、その両側の自由せん断層の風速は主流風速の約1.3倍に増速している。本実験の走行レーンである $X/H=0.85$ においては若干の増速が見られるが、逆流域はほぼこのレーンまでである。逆流域の大きさは主塔模型前縁から約1.5Hで、文献(1)の結果と一致している。図(b)には X, Z 方向の変動分 $\tilde{u}_x/U, \tilde{u}_z/U$ を示す。

4. 2次元走行模型の空力特性: 主塔模型背後にスプリッタ板のある場合の空力特性を図3に示す。図は $U=6.3\text{m/s}, V=2.0\text{m/s}$ ($V/U=0.32$)の場合である。破線は $V=0$ 即ち、レーン上 Z の各位置に模型を固定した時の C_s, C_m の値を示す。走行物体に作用する横力係数 C_s は主塔背後突入前(A)において $V=0$ の場合より低い値を示し、突入直後(B)において負のピークを示す。さらに、脱出時(C)では $V=0$ の場合より大きな値を示し、位相進みの形状を呈する。脱出後は $V=0$ の場合の値に近いが、またはそれ以下の値となる。一方、中心まわりのヨーイングモーメント係数 C_m は全域で $V=0$ の場合より大きな値で、ピークは走行方向(+Z側)にずれる。このような C_s, C_m の変化を種々検討した結果、図3の(A)では見掛けの迎え角が(B)では走行模型と主塔との相互干渉によって、さらに(C)では流れの過渡特性による効果が顕著であることを明らかにした。

次に、図4にはスプリッタ板がなく、主塔後流域に渦列のある場合の7回の測定結果($V/U=0.22$)を重ねて示す。 C_s, C_m には主塔後流渦による

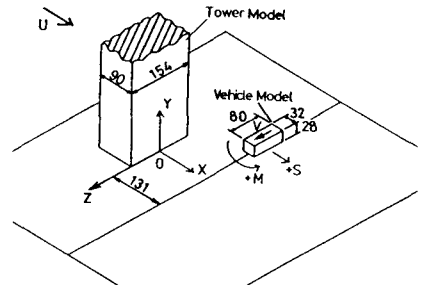


図1. 主塔後流域を通過する3次元直方体模型実験の概略

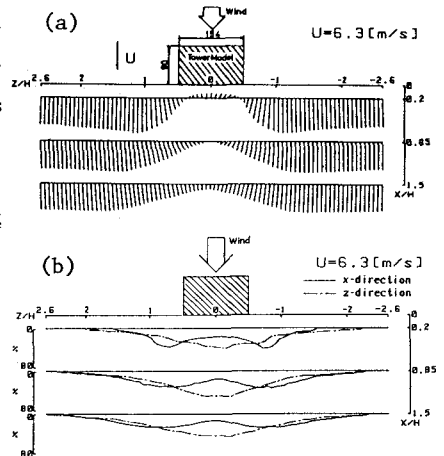


図2. 主塔模型後流域の風速分布と乱れ分布、 $Re=0.7 \times 10^5$.

変動が見られ、同一実験条件下であっても、後流渦と走行模型との相対的位置関係の相違によって、 C_s, C_m の Z/H に対する変化は実験毎には一致しない。そこで風速変動 ($X/H=1.3, Z/H=1.6$ の位置) を基準にして空気力を同時測定した結果を図5に示す。主塔後流渦と空気力の変動の間に良い対応が見られる。

5. 3次元走行模型の空力特性：3次元直方体模型で、主塔後流域にスプリッタ板のある場合の測定結果 ($V/U=0.31$) を図6に示す。 C_s は主塔後流域に突入前の領域では、 V/U が増大すると破線で示す $V=0$ の場合より小さくなるが、 C_m は全域で $V=0$ の場合より大きく、2つのピークは走行方向 (+ Z 側) にずれる。しかし、2次元模型ほど $V=0$ の値との差が大きくない。一方、スプリッタ板のない場合の測定結果 ($V/U=0.2$) を図7に示すが、2次元模型 (図4) の場合と同様、主塔後流渦による変動のため実験毎に C_s, C_m の曲線は相違するが、いずれも主塔後流域脱出時において、共通して C_s, C_m の変動振幅が増大することが注目される。図8には、同一条件で図 (c) のように風速変動 u が丁度互いに逆相にある二つの例 (図中、1, 2) を示すが、 C_s の変動も互いに逆相で変化していることが明らかである。そして逆流領域の小さい3次元直方体模型の空気力は2次元模型に比較して、流れの変化に対し応答性が早いことも明らかになった。

参考文献：(1) 溝田、岡島、土木論、312 (昭56), 39

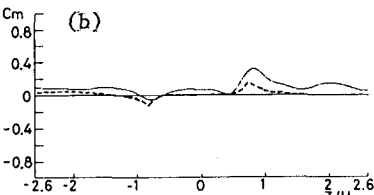
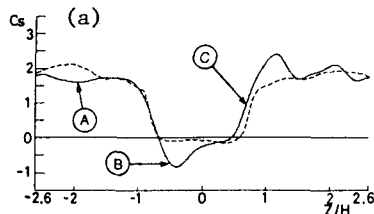


図3. 2次元模型の C_s, C_m の変化。
 $V/U=0.32, U=6.3\text{m/s}, V=2.0\text{m/s}$
スプリッタ板あり、-----: $V=0$ 。

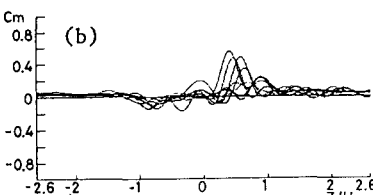
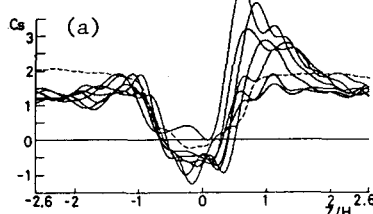


図4. 2次元模型の C_s, C_m の変化。
 $V/U=0.22, U=8.9\text{m/s}, V=2.0\text{m/s}$
-----: $V=0$ 。

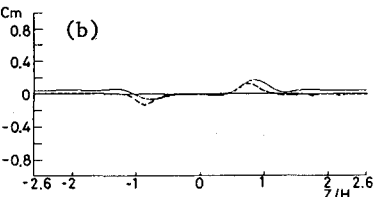
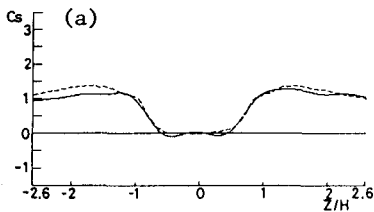


図6. 直方体模型の C_s, C_m の変化。
 $V/U=0.31, U=12.8\text{m/s}, V=4.0\text{m/s}$
スプリッタ板あり、-----: $V=0$ 。

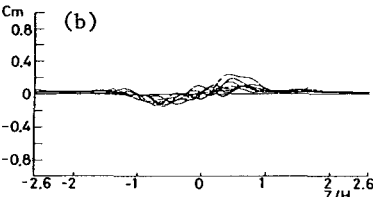
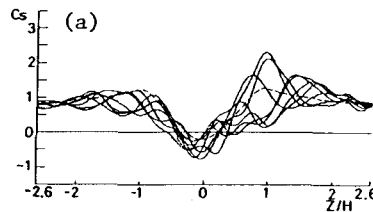


図7. 直方体模型の C_s, C_m の変化。
 $V/U=0.20, U=10.0\text{m/s}, V=2.0\text{m/s}$
-----: $V=0$ 。

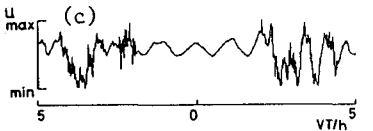
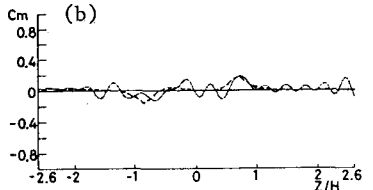
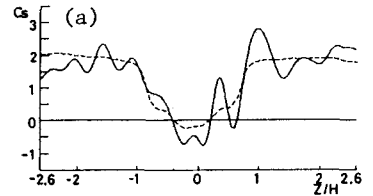


図5. 2次元模型の C_s, C_m の変化と
風速変動 ($X/H=1.3, Z/H=1.6$),
 $V/U=0.08, U=11.7\text{m/s}, V=1.0\text{m/s}$
-----: $V=0$ 。

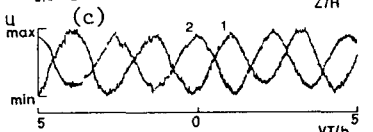
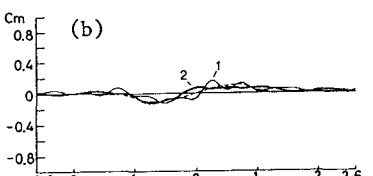
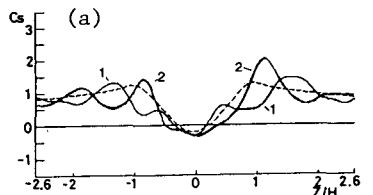


図8. 直方体模型の C_s, C_m の変化と
風速変動 ($X/H=0.8, Z/H=0.9$,
 $Z/H=1.6$). $V/U=0.16, U=11.7\text{m/s}$
 $V=2.0\text{m/s}$, -----: $V=0$ 。