

小鳴門橋架設地点における風の特性に関する実験的研究

京都大学工学部

正員 白石 成人

京都大学工学部

正員 松本 勝

大阪府立工業高等専門学校

正員 岡南 博夫

1. まえがき 長大構造物の耐風安定性に関して、自然風の乱れに着目した研究が数多く行われている。この種の研究では、自然風の乱れが構造物の耐風安定性にどのような影響を及ぼすかについて風洞実験により検討されることが多い。しかしながら、風洞実験の結果が実際の自然風の現象にどの程度近似しているかは、現在のところ十分には確認されていない。この原因の一つとして、自然風と実構造物の応答に関する観測データの不足があげられる。本研究は、昭和45年より着手された徳島県下小鳴門橋における自然風の観測データが解析されたのを機会に小鳴門橋付近の風の特性を風洞実験により調べ、観測結果⁽¹⁾と風洞実験結果との比較を試みたものである。

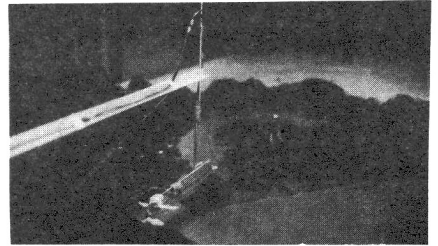


写真1. 風洞実験状態

2. 実験方法 使用した風洞は、京都大学工学部土木工学教室に設置されたエッフェル型吸込式風洞(測定断面: 高さ1.5m, 幅2.5m, 長さ8.5m)である。地形模型は、縮尺が水平方向 $1/1000$ 、高度方向 $1/100$ 、対辺距離2.45mの八角形であり、設定可能風向は、E, W, S, N, NW, NE, SE, SWの8風向である。地形模型を用いた風洞実験を行うにあたっては、自然の流れと風洞中の流れとが力学的に相似になっている必要があるが、現在のところ一般的な相似則の考え方は確立していない。ここでは、模型に作用する風洞気流を海面上の気境界層と風速の鉛直分布、乱れの強さ、境界層の厚さについて相似になるように、模型中心より風洞上流側3.5mの位置に境界層発生装置(アルミ平板を2cm間隔に配列)を設置することにより乱流境界層を発生させた。写真1は風洞内に設置した地形模型および熱線風速計による風速測定状態を示し、図1は小鳴門橋付近の地形と小鳴門橋における風速観測地点を示す。図1における観測点丁は、鍋島に設けられた主塔位置であり、それぞれの観測地点は橋軸方向40m間隔となっている。

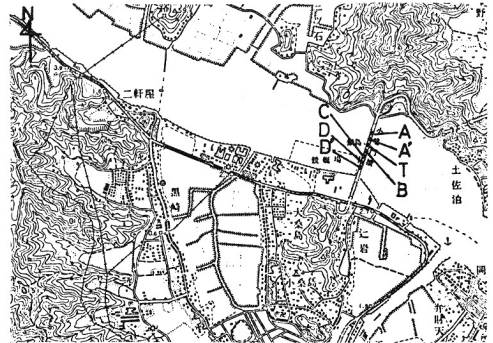


図1. 小鳴門橋付近の地形および観測地点

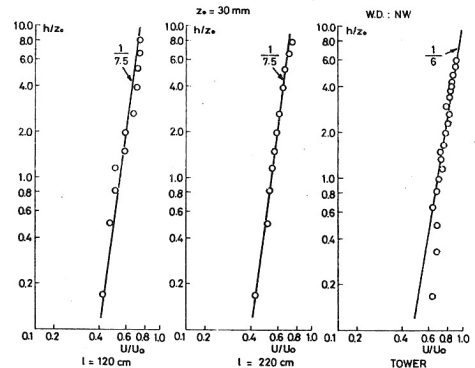


図2. 風速の鉛直分布

3. 実験結果および考察 図2は境界層発生装置より、20cm, 220cm下流測地点、および地形模型上下点における風向NWの風速の鉛直分布である。模型に作用する風速の高度 $z_0=30\text{mm}$ における乱れの強さ($\sqrt{u}/U$)は12~13%であり、乱れの強さと風速の鉛直分布とから判断したとき、海上における自然風による境界層をある程度表しているものと考えられる。下点における風速の鉛直分布のPower Lawの指数 $\alpha=1/8$ であり地表面付近で少し異なっている。観測結果によれば、台風時においては $\alpha=1/8$ 程度であったが、季節風の観測では α の値が負になる場合もあり平均風速値によって周辺地形の影響を受ける程度が異なっているようである。風洞実験において、境界層外の平均風速は $U_0=2.42\text{m/sec}$ であるが、これは根本の台案則に従えば、 35m/sec 程度の風速に対応している。一方、塔頂(海面上45m)における台風時の平均風速値は約 30m/sec 、季節風においては約 15m/sec であることから判断すれば、風洞実験の結果は主塔位置の自然風の鉛直分布をある程度表しているものと推定される。図3, 図4は主塔位置を座標軸の基準点、主流方向にx軸、主流と直交する方向にy軸をとり、風速の水平分布および乱れの強さの水平分布を示す。この図より小鳴門橋北岸の地形の影響が顕著に表れていることが認められる。図5は、観測点Aにおける主流方向変動風速の自己相関係数を、横軸に無次元時間(zU/b)をとりプロットしたものである。ただし、 b は長さのスケールであり風洞実験では $b=1\text{cm}$ 、観測では $b=33\text{m}$ とした。この図より風洞実験結果と観測結果とはよく一致していることがわかる。図6は、橋軸に沿った乱れの強さの分布を示す。実験結果と観測結果とは、ほぼ一致していると考えられるが、下点における観測値が大きくばらつきを示している。このことは、それぞれの評価時間に問題があるものと考えられるが、今後この点に関しては、時間スケールに対して風洞実験結果と観測結果とを詳細に比較検討することが必要であろう。なお、使用した地形模型の高度方向と水平方向の縮尺が異なっているが、この点に関する検討も必要となろう。

参考文献 ①小西白石, 宇都宮他, 小鳴門橋の耐風性に関する調査研究報告書, 徳島県, No.1~No.5, 1973~1977.

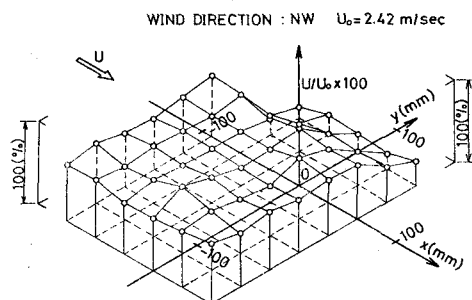


図3. 風速の水平分布(風向:北西)

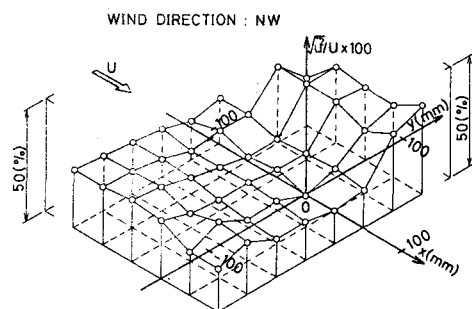


図4. 主流方向乱れの強さの水平分布(風向:北西)

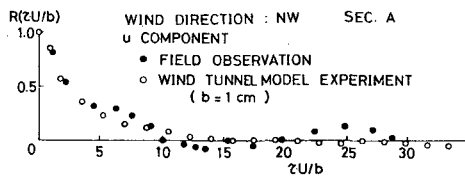


図5. 自己相関係数(風向:北西, A点)

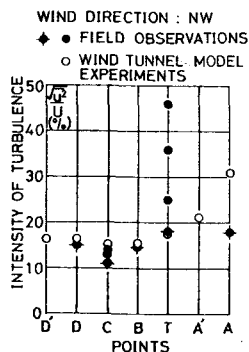


図6. 乱れの強さ橋軸方向の分布