

東京大学工学部 正員 伊藤 学
 東京大学工学部 正員 〇 宮田利雄
 運輸 省 正員 島崎敏一

吊橋の耐風設計上、自然風のかストによる応答を適切に評価しなければならないが、その基礎資料を得ることを目的として、風洞内に発生させた変動気流に対する吊橋模型の動的応答を検証した。ここでは、その主な実験結果を報告するものである。

自然風の時間的、空間的変動性を吊橋の動的応答の上で評価しようとした Davenport の理論的研究は、この種の問題の先鞭となり、構造物の耐風設計を考える上で少なからぬ影響を及ぼしてきた。しかしながら、その理論展開の中にはいくつかの重要な仮定が含まれており、なんらかの可能な方法によるこれらの仮定の検証が求められているのも事実である。その一つの方法として、風洞内において自然風をモデル化した気流を得、これによる動的応答を検討するということが考えられる。すなわち、風洞実験における乱れた気流と不規則応答との関係を、入手し得るすべての情報に基づいて検証し、その結果を実際の場合に拡張して評価を行なう考え方である。

ところで、この種の風洞実験を行なうときに、吊橋系については鉛直撓み、揺れ、および横撓み（気流方向）振動の三自由度、また一般的には、乱れの大きさと補剛桁の大きさの相対関係を考慮しておかなければならないため、問題は複雑で多くの制約がともなわれる。ここでは、乱流格子の方法により風洞吹出口に格子を設けて乱れた気流を得、このときの乱れの大きさが比較的小さいため、全橋吊橋模型としては、想定実際橋（案）を大きく縮尺したものを製作して問題の前提条件を満たすように努めた。ふつう、風洞内において得られる乱れのスケールは小さいものであり、これにともない、製作すべき模型も大縮尺のものとはせざるをえない。

実験に供された模型は Fig. 1 & 2 に示すようなトラス補剛桁を有する三径間吊橋をなしている。各諸元は、所要の相似則にしたがい、想定実際橋に基づいて定められた。床部の形状はいわゆる開床構造をなしており、揺れ振動をともなう自励振動の発生がない、安定な断面形状と期待された。格子背後の乱れた気流の特性は、補剛桁の高さのところで、乱れの強さが 11~15%、風速変動のパワースペクトルは Fig. 3 & 4 に示すようなものである。高い周波数では等方性乱流に特徴的な $-5/3$ 乗則にかなっており、風速変動の頻度分布については、ほぼ正規分布と見なすことができる。自己相関関数から求めた乱れのスケールは補剛桁幅と同程度であり、風速とともにより大きくなる傾向にあったが、実際のこれらの相対関係を満たすには至らなかった。

このような実験条件のもとで観測された主な実験結果を述べると以下のようになる。乱れた気流に対して、鉛直撓み、横撓み振動ともに顕著に現われた。一様な気流のもとでも僅かの振動が認められるが、これに比べてかなり大きいものである。Fig. 5 は代表的な記録の一例であるが、それぞれの振動の振動数をスペクトル解析をするまでもなく、各々の固有振動数に近いものであることがわかる。振動応答の頻度分布は、風速変動が正規分布に近いものであるのに対し、正規分布より分布の幅が若干狭く、変動成分は平均値まわりに大体 ± 2.5 RMS 内に分布していることが見られた。図の振動記録から判るとおり、振動変位がウナリのような変動をもつ正弦波状をなしていることからうなづけることである。ちなみに、完全な正弦波応答の場合の分布は $\pm \sqrt{2}$ RMS 内におさまる。Fig. 6 & 7 は、それぞれ横撓み、鉛直撓み振動変位の記録である。横撓み振動の平均値は、いわゆる風圧による横撓み変位と見なすことができ、一様な気流の場合のそれとほぼ同じ結果となった。平均風速を基準にしていることはいままでの間、振動変位成分は RMS 値（標準偏差）で表わしているが、一様な気流の場合に比べてかなり大きく、気流の乱れの効果が著しいことがわかる。横撓み振動において、平均値に対して変動成分のピーク値は、頻度分布の特性と、Fig. 6 に示す平均値と RMS 値の関係から、おおまかに見て 2:1 の比率となっている。

以上述べたことからは一つの実験結果に過ぎないが、さらに、異なる実験条件(異なる性質を持つ変動気流)のもとでの実験のくり返しとともにその理論的検討を行なうことによって、キャスト応答を評価するための方策が見出し得るものと期待している。

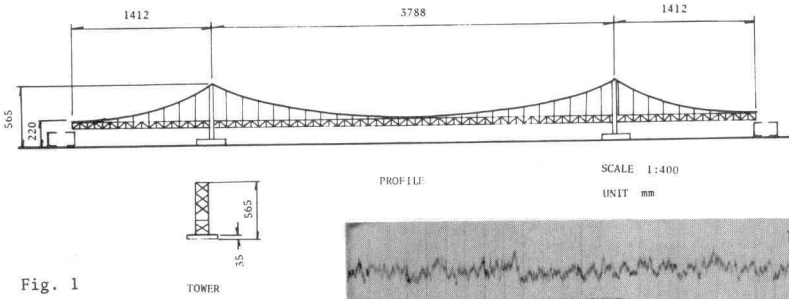


Fig. 1

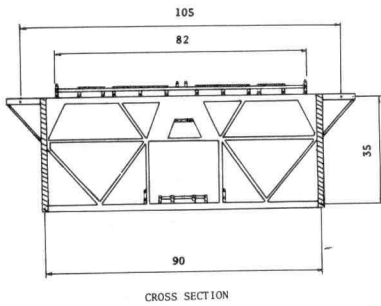


Fig. 2

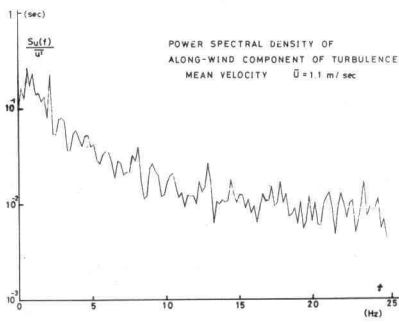


Fig. 3

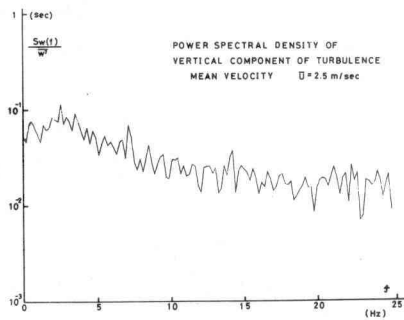


Fig. 4

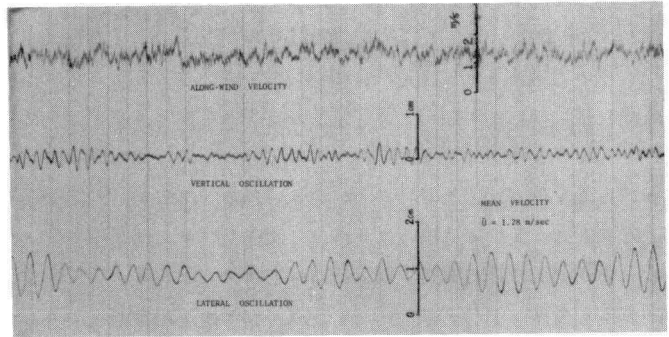


Fig. 5 Oscillograph of Responses and Turbulent Flow

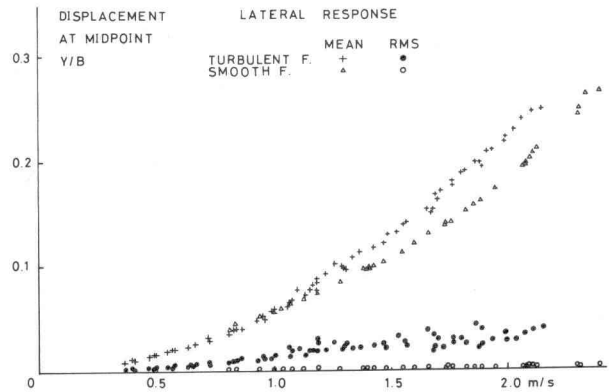


Fig. 6

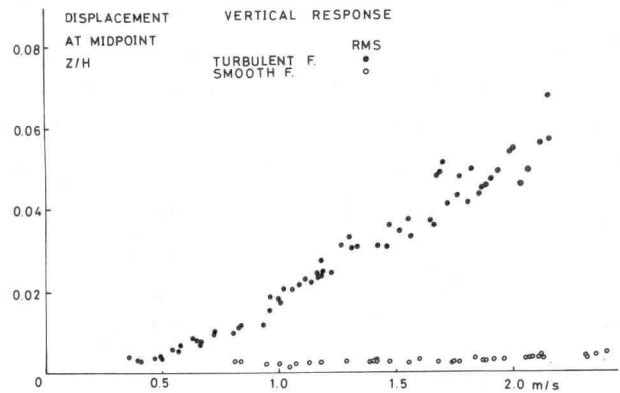


Fig. 7