

1. まえがき 近年ランカー橋の吊材が風に誘起される振動によって、疲労破壊するという事故が数例報告されている。これらの吊材のほとんどは経済的な構造部材であるH型鋼が使用されている。このようなBluffな断面には、風の作用を受けることによって、後流に放出される渦による渦励振あるいは自励振動の一種であるギャロッピングが発生する。上述の事故例の場合は、低風速域で振動が発生しているため、渦励振による事故であると推察されている。Bluffな断面の中でも円柱や矩形柱については数多くの研究がなされており、特に正方形角柱のギャロッピングについては、Parkinsonの準定常理論によりその応答をかなりの精度で予測することが可能である。しかしながら、H型断面柱については研究例が少なく、現象的把握も充分ではない。今までになされた研究は、主に上下1自由度振動に着目しているが、文獻(3)では事故はねじれ振動により生じたとの観点に立っている。本研究は渦励振からギャロッピングへの移行過程を追及すること、および一様流中と乱流中とにおけるこれらの現象の差異を検討することを目的としているため、上下1自由度振動について実験を行っている。

2. 実験および結果 実験に使用した風洞は、九州工業大学開港土木工学科付属のゲッチンゲン型小型風洞で、測定断面は40cm×40cmの正方形、長さ200cmを持ち、測定風速範囲は0~7m/sである。実験模型にはフランジとウェブとが共に4cm、長さ38cmのアルミ材製のH型断面柱を使用し、上下1自由度振動実験を行い、固有振動数は4.98 Hz、構造減衰は対数減衰率で0.002~0.06程度連続可変できる電磁ダンパーを使用した。また、乱流中の実験を行うために、測定位置より上流側135cmの所に表-1に示す5種類の格子を設置した。この表中L:バー間隔、B:バーサイズ、 $\bar{U}$:平均風速、 I_n :乱れ強さ、 L_x :渦スケールである。これらの乱流解析にはマイコンを使用し、データ読み間隔3.73ms、データ長3.73secで行なった。Figs.1~6は一様流中および乱流中における応答図で、 β/δ はたわみの無次元倍振幅、 D はウェブの長さ4cmである。各ケースとも代表的な構造減衰率 $\delta=0.002, 0.009, 0.015, 0.024$ あたりについて示している。この断面のストローハル数は熱線風速計による後流渦の測定から $St=0.147$ であり、いずれの応答においても $Re=1.35 \times 10^5$ あたりから振動の発現が見られる。一様流中における応答に着目すると、 $\delta=0.002$ では渦励振域とギャロッピング域とは分離されており、渦励振からギャロッピングへの移行は明確ではないが、 $\delta=0.009$ では分離が生じ、 $Re=2.5 \times 10^5$ あたりからギャロッピングに移行していることがわかる。このとき発生している不安定なリミットサイクルは構造減衰の増加と共に、高風速側に広がって行くが、安定なリミットサイクルはわずかに高振幅側に移行しているだけである。これは正方形角柱の場合に構造減衰率と共に高風速側に移行する現象とは異なるものである。次に乱流中の応答についてみると、全体的に渦励振域は一様流中程顕著に発現することはなく、応答は風速の上昇に対して緩慢に増大している。ギャロッピング域は一様流中の場合と異なり、構造減衰率と共に高風速側に移行している。数少な

表-1 乱流格子の種類

格子名	L(cm)	B(cm)	L/B	$\bar{U}$ (m/s)	I_n (%)	L_x (cm)
I	120	2.0	6	4.56	4.40	4.98
II	120	3.0	4	4.88	6.26	6.40
III	120	4.0	3	5.40	9.90	12.77
IV	80	2.0	4	4.60	6.42	7.41
V	160	4.0	4	4.08	9.76	6.46

36
0.15
0.10
0.05
0
Double Amplitudes
→ H
SMOOTH FLOW
● $\delta=0.002$
○ $\delta=0.009$
◇ $\delta=0.014$
□ $\delta=0.025$
1 2 3 4 5 6 7 (m/s)

Fig.1 Responses of H-shaped Section in Smooth Flow

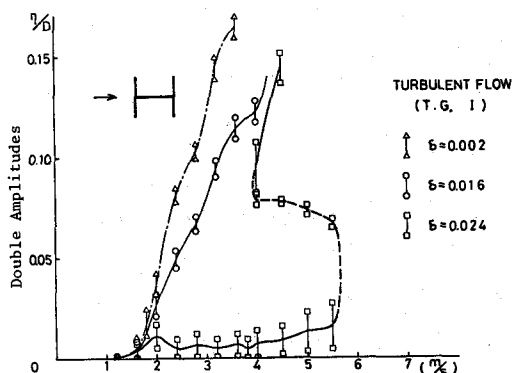


Fig.2 Responses of H-shaped Section in Turbulent Flow by Grid I

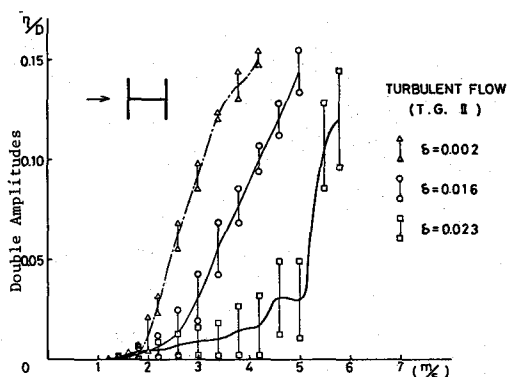


Fig.3 Responses of H-shaped section in Turbulent Flow by Grid II

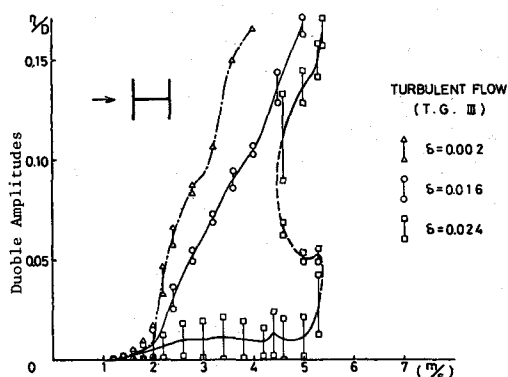


Fig.4 Responses of H-shaped Section in Turbulent Flow by Grid III

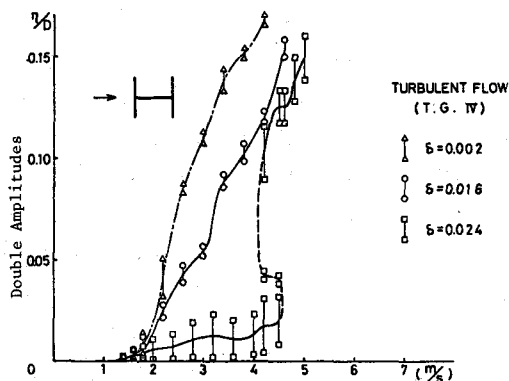


Fig.5 Responses of H-shaped Section in Turbulent Flow by Grid IV

いデータからの推測であるが、乱れ強さおよび乱れスケールの応答への影響は、乱れ強さが大きい程、また乱れスケールが小さい程応答曲線は高風速側に移行する傾向を有している。この傾向は構造減衰率に関係なく病みされており、乱流中の挙動を考慮する場合、この両者が重要な因子となっていることを示唆していると言える。

3. あとがき H型断面柱の空力応答特性を一樣流中と乱流中とで構造減衰率との関係に着目して実験的検討を行った。これによると、H型断面の空力特性は矩形柱などとは異なっており、特にギャロピング域でその違いが著しい。また、乱流中では、渦風振域はほとんど消え、ギャロピング域が主となっている。乱れ強さ、乱れスケールによる影響も大きいこと可言える。今後の課題としては、より詳細な実験により渦風振からギャロピングへの移行過程を追及すると共に、乱流中での応答に影響を与える因子を的確に把握することである。

参考文献 (1) 田崎他; ランカー橋におけるH型吊材の風による振動の防止, 土木技術 26巻, 5号

(2) 伊藤, 久保; ランカー橋におけるH型吊材の耐風設計, 第27回年次技術講演会概要集, 1972

(3) 吉村, 中村他; 細長い橋梁吊材の耐風安定性について, 土木学会論文報告集, No. 230, 1974

(4) Wardlaw 他; Vibration Absorbers for Bridge Truss Members, 3rd U.S. National Conf. 1978

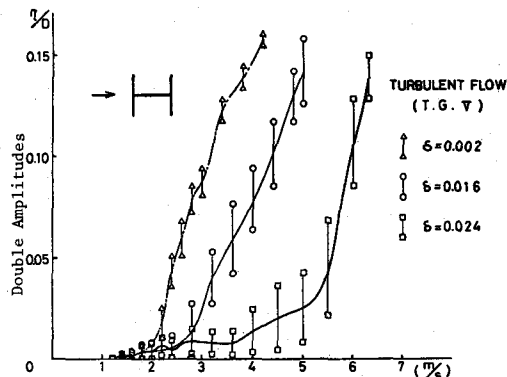


Fig.6 Responses of H-shaped Section in Turbulent Flow by Grid V