

大阪大学工学部 学生員○岩本 誠 神戸大学大学院 学生員 高橋知久
 神戸大学工学部 学生員 下仲結城 神戸大学工学部 フェロー 川谷充郎
 大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

1. はじめに 吊橋および斜張橋の塔に関する耐風安定性は、主として架設時における橋軸直角方向の風による塔面外方向の振動について議論され、完成系の振動についてはほぼ問題にならないとされてきた。しかし、近年の橋梁の長大化に伴い主塔も高くなり、完成系での主塔の振動が問題となってきた¹⁾。そこで、空力不安定振動の発生メカニズムの解明が重要である。本研究ではタンデム角柱の隅切り形状および、角柱間隔の渦励振応答に及ぼす影響、ならびに乱流特性がそれらの渦励振応答に及ぼす影響を検討する。

2. 実験概要 **2.1 模型断面** 辺長比(B/D)=0.7の矩形断面を基本として、模型断面に隅切りを設ける。その角柱模型を主流方向に並べたタンデム角柱を用いる(Fig.1 参照)。上流柱と下流柱は端板により剛結されている。隅切りについては、隅切り率($b/B, d/D$)=1/6の四角隅切り、三角隅切りを設ける(Fig.2 参照)。

2.2 乱流シミュレーション アクティブ乱流発生装置を用いて風速 2m/s で乱流をシミュレートする。Table 1 に用いた気流のすべての乱流特性値を示す。Table 1 に示す Semi-smooth flow(以下 SS)とはアクティブ乱流発生装置の翼列・平板列を水平に設定して得られる気流であり、若干の乱れを含む気流である。

3. 実験結果と考察 本研究において、発現要因の違う2種類の渦励振が発現した。タンデム角柱後流のカルマン渦に起因するカルマン渦型渦励振(以下 KV)と、タンデム角柱間隔(W/D)に起因する自己励起型渦励振(以下 MIE)である²⁾。この2種類の渦励振について断面形状の影響、乱流の影響について考察する。

3.1 角柱間隔比および隅切り形状の影響(準一様流中における比較) Fig.3 に最大振幅比較図を示す。どの隅切り形状においても $W/D=5$ と比較して $W/D=3$ の方が振幅が大きくなり、矩形、四角隅切り、三角隅切りの順に振幅が減少している。また、Fig.4 に角柱間隔別の隅切り形状の比較図を示す。**(1)矩形断面においては**どちらの角柱間隔においても KV, MIE が発現している。 $W/D=5$ に関しては、無次元風速 6.0~7.0 の風速域において大きな振幅の乱れが観測された。これは、2つの渦励振が同じ風速域で発現しているためであると考えられる¹⁾。**(2)四角隅切り断面においては**どちらの角柱間隔においても KV のみで矩形断面のような MIE が発現していない。**(3)三角隅切り断面においては**どちらの角柱間隔においても、KV 及び MIE が発現している。 $W/D=3$ において、KV は模型の初期状態が無次元振幅 0.027 以上の場合のみ発現する。MIE については矩形断面の振幅と比較すると小さく、隅切りの効果は確認できる。また、 $W/D=5$ においては無次元風速 5.0~6.0 で振幅が不安定であることから、その風速域においてが MIE 発生していると考えられるが、この振幅はかなり小さい。

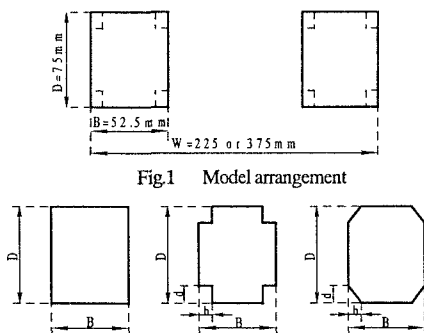


Fig.1 Model arrangement

Fig.2 Types of corner-cut

Table 1 Turbulence characteristics (two-dimensional controlled turbulence)

Turbulence No.	Change of	Target				Measured			
		Iu(%)	Iv(%)	Lx,u(cm)	Lx,v(cm)	Iu(%)	Iv(%)	Lx,u(cm)	Lx,v(cm)
Semi-smooth flow						<1.5	<1.0	3	2
Ti-04	Iu & Iv	4	3.6	200	100	4.28	3.55	194.67	112.15
Ti-07*		7	6.3			6.54	6.18	219	106.42
Ti-10		10	9			10.07	8.48	200.63	102.77
Ts-80	Lx,u & Lx,v	7	6.3	80	40	6.38	6.26	81.21	36.77
Ts-140				140	70	6.66	6.18	130.29	70.76
TS-200*				200	100	6.54	6.18	219	106.42

* Ti-07 and Ts-200 are the same turbulences.

** The mean velocity is 2m/s

3.2 乱れ強度の影響 KV および MIE どちらの渦励振に関しても、全般的に乱れ強度による振幅抑制効果がみられる。また、隅切りを施すことによって乱れの影響を受けにくくなる。以下に、断面別の詳細を示す(Fig.5 参照)。(1)矩形断面において、 $W/D=3$ に関しては KV が Ti-04 では全く発現していないが、Ti-07、Ti-10 と乱れ強度が大きくなるに従い振幅が大きくなっている。Ti-10 に関しては最大振幅が SS の約 2/3 である。MIE は乱れ強度が大きくなるに従い、振幅が減少している。 $W/D=5$ に関しては Ti-10 における最大振幅が他の気流に比べて減少している。従って、乱れ強度の増加による振幅抑制効果があると考えられる。

(2)四角隅切り断面において、どちらの角柱間隔においても乱れ強度の増加による振幅抑制効果が見られるが、その効果は小さい。(3)三角隅切り断面において、 $W/D=3$ においては、前述のように KV の発現は不安定であるが、振幅は四角隅切り断面より小さく、Ti-10 に関しては初期状態に関わらず発現しない。MIE に関しては、乱れ強度の増加に伴い、振幅が減少する。 $W/D=5$ においては、KV はある程度の乱れ強度を持つようになると振幅が増大し、さらに強度が大きくなると振幅は減少していく。MIE は SS と比較すると乱流中では振幅は減少している。

3.3 乱れスケールの影響 $W/D=3$ の矩形断面にのみ影響が見られた(Fig.6 参照)。乱れスケールの増加に伴い KV の振幅が減少している。

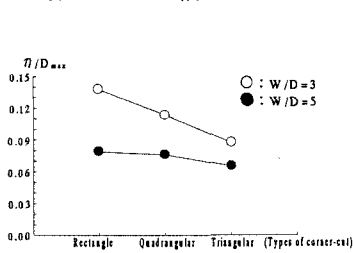


Fig.3 Corner-cut shape vs. max-amplitude [R.M.S.]
(In semi-smooth)

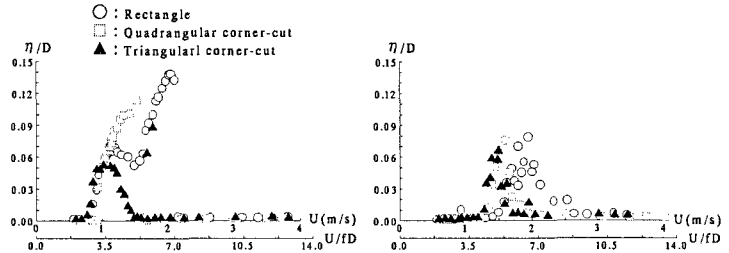
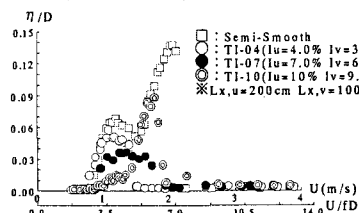
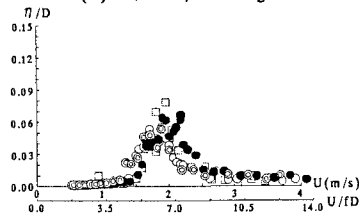


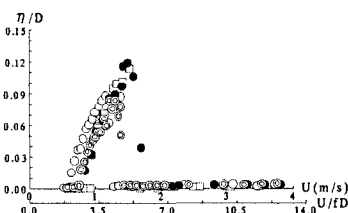
Fig.4 Wind-velocity vs. amplitude [R.M.S.] (Change of corner-cut shape in semi-smooth)



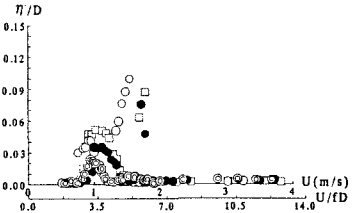
(1) $W/D=3$, Rectangle



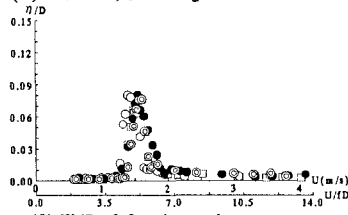
(4) $W/D=5$, Rectangle



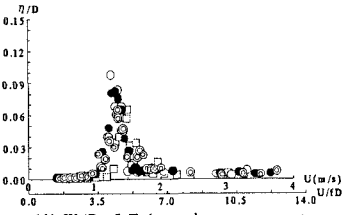
(2) $W/D=3$, Quadrangular corner-cut



(3) $W/D=3$, Triangular corner-cut



(5) $W/D=5$, Quadrangular corner-cut



(6) $W/D=5$, Triangular corner-cut

Fig.5 Wind-velocity vs. amplitude [R.M.S.] (Change of turbulence intensity)

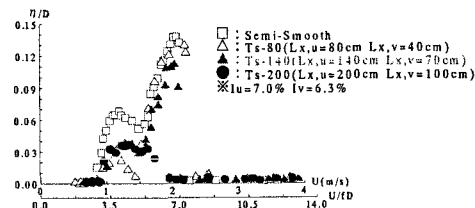


Fig.6 Wind-velocity vs. amplitude [R.M.S.]
($W/D=3$, Rectangle, Change of turbulence scale)

参考文献

- 白石成人, 松本勝, 白土博通, 石崎浩, 長田清, 松井俊彦: 隅切りによる矩形断面の空力安定化効果, 第9回風工学シンポジウム, pp.193-198, 1986
- 武内隆文, 松本勝, 白石成人: タンデムは配列ブラッフ角柱に発現する渦励振に関する研究, 第12回風工学シンポジウム, pp.375-380, 1992
- 松本勝, 白石成人, 白土博通, 北川良一, 柴田豪之, 桂一詞, 西崎孝之, 辻本和弘: 吊橋主塔の空力特性とその耐風安定化対策, 同上, pp.369-374, 1992