

タンデム隅切り角柱の乱流中における渦励振応答特性

大阪大学大学院 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、完成系ではほぼ問題ないとされてきた。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、断面の四隅に隅切りを設ける。その角柱を主流方向に並べたタンデム角柱を用いる(Fig.1 参照)。隅切りについては、隅切り率(b/B,d/D)=1/6の四角隅切り、三角隅切りとする(Fig.2 参照)。

2.2 ばね支持実験 タンデムの上流柱と下流柱を端板により剛結し、鉛直方向1自由度系にばね支持する。固有振動数は3.993Hz、対数減衰率は0.01である。

2.3 可視化実験 タンデム角柱を風洞内に固定し、流動パラフィンを用いるスモークワイヤー方により角柱周辺の流れを可視化する。

2.4 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。

3. 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) 角柱間隔比 W/D=3 および W/D=5 の場合について、矩形、四角隅切りおよび三角隅切りの各断面の準一様流中における応答を Fig.3 に示す。

本研究において、発現要因の違う2種類の渦励振が発現する。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⁾。

(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る。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。

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 MIE が発現していると考えられるが、この振幅は小さい。Fig.3 の V-A 図より最大振幅をプロットする

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)
SS		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			80	40	6.38	6.26	81.21	36.77
Ts-140				140	70	6.66	6.18	130.29	70.76
TS-200*		7	6.3	200	100	6.54	6.18	219	106.42

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

** The mean velocity is 2m/s

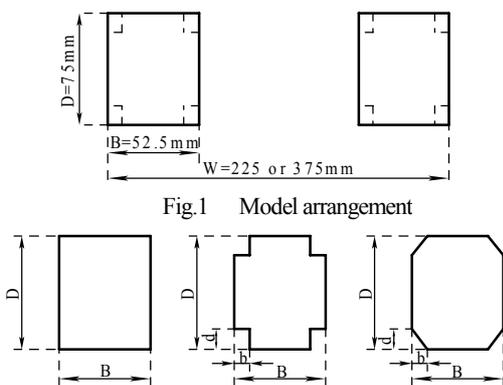


Fig.1 Model arrangement

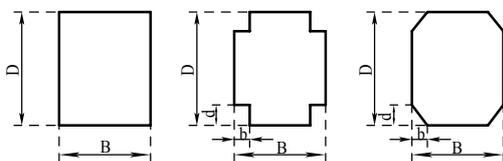


Fig.2 Types of corner-cut

キーワード：渦励振 隅切り形状 角柱間隔比 乱流特性

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, Phone:078-803-6278, Fax:078-803-6069

と Fig.4 のようになる。2つの図よりどの隅切り形状においても W/D=3 の方が振幅が大きい。また、矩形、四角隅切り、三角隅切りの順に振幅が減少している。

4. 可視化実験 Fig.5 より、隅切り断面において上流柱前縁からの剥離が矩形断面よりも小さく、剥離流が後流柱に再付着している様子がわかる。これにより MIE の振幅が抑制されていると考えられる。W/D=3 のときには、上流柱からの剥離流は塔柱間には巻き込まないが、W/D=5 のときには上流柱からの剥離流が塔柱間に巻き込んでいる。これにより振幅が減少する。

5. 乱流の影響 5.1 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。隅切り断面においては乱れの影響が小さいため、以下に矩形断面の応答について示す(Fig.6 参照)。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。

5.2 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.7 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。

6. 結論 (1) W/D=5 は角柱間に渦が巻き込み、上流柱からの剥離渦と下流柱からの剥離渦が互いに干渉し合うため、W/D=3 と W/D=5 とを比較すると、W/D=5 のほうが振幅が小さい。(2)隅切りにより後流柱への再付着が促進され、振幅は抑制される。また、乱れの影響を受けにくくなる。

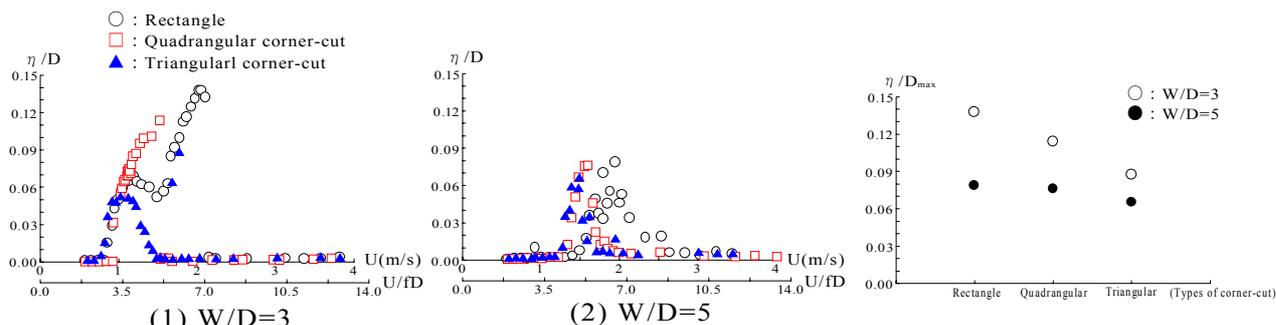
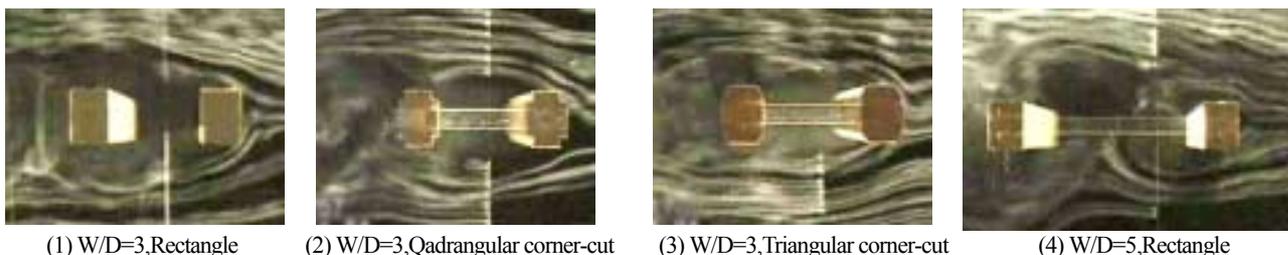


Fig.3 Wind-velocity vs. amplitude [R.M.S.] (Change of corner-cut shape in semi-smooth) Fig.4 Corner-cut shape vs. max-amplitude [R.M.S.]



(1) W/D=3,Rectangle (2) W/D=3,Quadrangular corner-cut (3) W/D=3,Triangular corner-cut (4) W/D=5,Rectangle

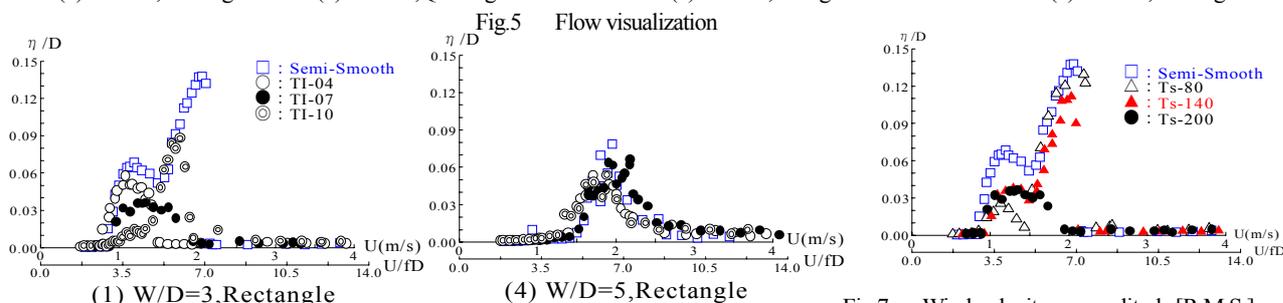


Fig.6 Wind-velocity vs. amplitude [R.M.S.] (Change of turbulence intensity)

Fig.7 Wind-velocity vs. amplitude [R.M.S.] (W/D=3,Rectangle, Change of turbulence scale)

参考文献

- 1) 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
- 2) 武内隆文, 松本勝, 白石成人: タンデムに並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
- 3) 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