

神戸大学工学部 学生員 ○堀高太郎 神戸大学大学院 学生員 高橋知久
大阪大学大学院 学生員 岩本 誠 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が、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⁾。本研究ではタンデム角柱の隅切り形状および、角柱間隔のねじれ渦励振応答に及ぼす影響、ならびに2つの乱流特性 (乱れ強度・乱れスケール) がそれらの渦励振応答に及ぼす影響を実験により検討する。

2. 実験概要

2.1 模型断面 Fig.1 および Fig.2 に実験模型の断面図を示す。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。その角柱剛体模型を主流方向に並べるタンデム角柱を用いる。上流柱と下流柱は端板により剛結させ、模型は曲げとねじれの2自由度でばね支持するが、ここではねじれ渦励振応答のみの結果を示す。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。それぞれの断面の諸元を Table 1 に示す。

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乱流をシミュレートする。Table 2 に全ての気流の乱流特性値をターゲットと共に示す。また、気流のパワースペクトルの一例をターゲットのカルマンの式と共に Fig.3 に示す。Table 2 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・平板列を固定して得られる気流であり、わずかな乱れを含むものである。

3 実験結果 本研究では、角柱間隔比 W/D=5 において2種類のねじれ渦励振 (低風速側より第1, 第2として扱う) が発現している。また、W/D=3 においては1種類の渦励振のみ発現している。W/D=3 に関しては応答が小さく、断面形状および乱流パラメータの変化に伴う影響も小さいので、以下では、主に W/D=5 に関して報告する。

Table 1 Sectional shape and dynamic characteristics of models										
Model	Basic model cross section BxD (mm)	W/D	Corner-cut cross section bxd (mm)	Mass M (kg)	Inertia I (kgm ²)	Natural frequency		Frequency ratio	Logarithmic decrement	
						N _B (Hz)	N _T (Hz)		heaving	torsional
Rectangle	52.5x75	3.0	0x0	6.179	1.102E-04	3.882	6.567	1.692	0.0095	0.01
Quadrangular corner-cut 1/6			8.75x12.5	6.179	1.102E-04	3.882	6.567	1.692		
Triangular corner-cut 1/6			8.75x12.5	6.104	1.094E-04	3.906	6.592	1.688		
Rectangle	52.5x75	5.0	0x0	6.504	1.210E-04	3.784	6.372	1.684	0.0095	0.01
Quadrangular corner-cut 1/6			8.75x12.5	6.504	1.210E-04	3.784	6.372	1.684		
Triangular corner-cut 1/6			8.75x12.5	6.338	1.201E-04	3.833	6.396	1.669		

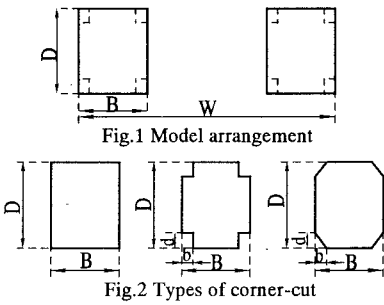


Table 2 Turbulence characteristics (two-dimensional controlled turbulence)									
Turbulence No.	Change of	Target				Measured			
		Iu(%)	Iv(%)	Lx,u(cm)	Lx,v(cm)	Iu(%)	Iv(%)	Lx,u(cm)	Lx,v(cm)
SS		Semi-smooth							
TI-04	Iu & Iv	4	3.6	140	70	4.33	3.7	128.79	66.36
TI-07*		7	6.3			6.95	5.83	149.2	81.22
TI-10		10	9			10.92	9.06	138.87	70.35
TS-80	Lx,u & Lx,v	7	6.3	80	40	6.32	6.5	80.85	40.53
TS-140*				140	70	6.95	5.83	149.2	81.22
TS-200				200	100	6.62	6.34	196.96	105.51

* TI-07 and TS-140 are the same turbulences.
** The mean velocity is 2m/s.

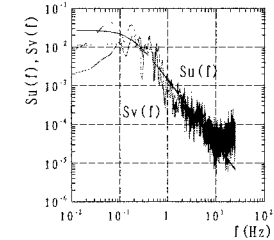


Fig.3 Power spectra of turbulent flow

3.1 断面形状および角柱間隔比の比較 Fig.4に準一様流中のV-A図を, Fig.5にその最大振幅図を示す. $W/D=5$ において, 第1渦励振に関しては, 四角隅切りによって最大振幅が減少しているが, 三角隅切りを施した断面は逆に最大振幅が増大している. 発現風速は, 四角隅切り断面, 三角隅切り断面ともに低下し, その幅が広がっている. 第2渦励振に関しては, 矩形断面が測定風速域で渦励振が収束していないのに対し, 隅切りによって収束するようになり, 最大振幅も抑制されている. また, 発現風速域およびピーク時の無次元風速は第1渦励振と同様に低下している. $W/D=3$ においては, 断面形状の違いによる応答特性への影響はほとんど見られない.

3.2 乱れ強度の影響< $W/D=5$ の場合> 乱れ強度のねじれ渦励振に及ぼす影響を示すため, Fig.6に例としてTI-10($I_u=10.0\%$, $I_v=9.0\%$, $L_x u=140\text{cm}$, $L_x v=70\text{cm}$)中のV-A図を示す. Fig.4と比較すると, 矩形断面および三角隅切り断面の応答が大きく抑制されているのに対して, 四角隅切り断面では準一様流中での応答も小さく, 乱れ強度が応答に及ぼす影響が小さいと考えられる. また, Fig.7に乱れ強度ごとの最大応答図を示す. 矩形断面に関しては, TIシリーズで第1渦励振, 第2渦励振ともに, SSよりも応答が抑制されている. また, どの気流においても, 測定風速域で第2渦励振は収束していない. 四角隅切り断面に関しては, SSと比較して全体的に応答が抑制されることはなく, TI-10の第2渦励振のみ応答が減少している. 三角隅切り断面に関しては, 第1渦励振に関しては, SSと比較して乱れ強度の増加に伴う顕著な最大振幅の抑制効果が見られる. 第2渦励振に関しては, TI-04の場合に応答が大きくなっている.

3.3 乱れスケールの影響< $W/D=5$ の場合> Fig.8に乱れスケールごとの最大応答図を示す. 三角隅切り断面の第1渦励振にのみ, 乱れスケールの減少に伴う応答の抑制効果が見られる. このことは, 乱れスケールの小さい気流中では, 断面形状によっては応答を過小に評価してしまう可能性があることを示唆している. その他の断面形状, および全ての第2渦励振に関しては乱れスケールの変化に伴う応答特性の変化は見られない.

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効果, 第9回風工学シンポジウム論文集, pp.193-198, 1986.

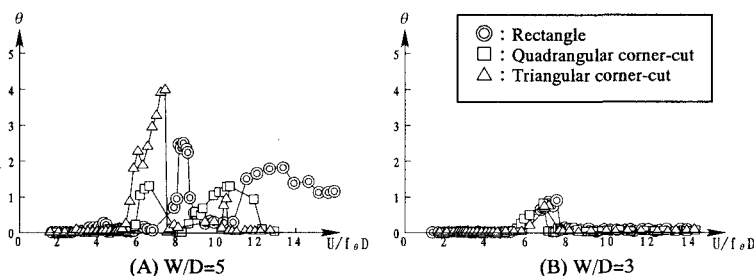


Fig.4 Wind-velocity vs. torsional amplitude (Change of corner-cut shape in Semi-smooth)

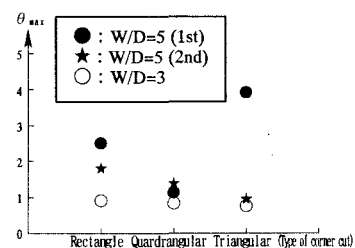


Fig.5 Corner-cut shape vs. maximum amplitude (In Semi-smooth flow)

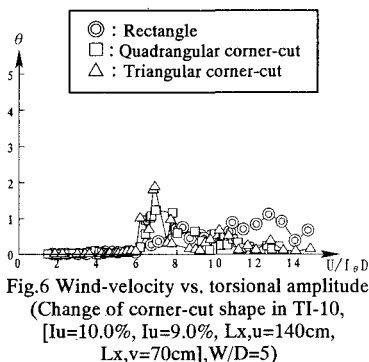


Fig.6 Wind-velocity vs. torsional amplitude (Change of corner-cut shape in TI-10, $[I_u=10.0\%$, $I_v=9.0\%$, $L_x u=140\text{cm}$, $L_x v=70\text{cm}]$, $W/D=5$)

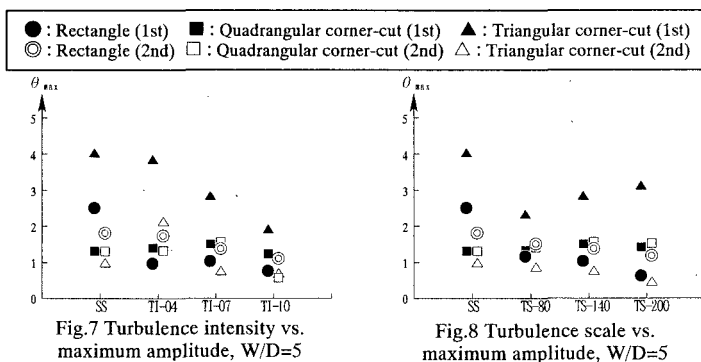


Fig.7 Turbulence intensity vs. maximum amplitude, $W/D=5$

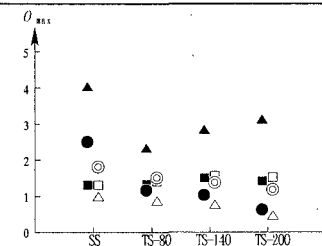


Fig.8 Turbulence scale vs. maximum amplitude, $W/D=5$