## 隅切りタンデム角柱の乱流中におけるねじれ渦励振応答特性

神戸大学工学部 フェロー 川谷充郎神戸大学大学院 学生員高橋知久大阪大学大学院 学生員大阪大学大学院 フェロー 西村官男

**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<sup>1)</sup>.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.また,模型後流の渦発生周波数 を測定し,ねじれ渦励振の発現要因について考察する.

## <u>2. 実験概要</u>

TS-80

TS-140\*

TS-200

Lxu&Lxv

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.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. それぞれの断面についての構造諸元を 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 式によるものと共に 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・平板列を水平に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.

2.3 渦発生周波数測定実験 模型を、ピアノ線を用いて曲げ振動、ねじれ振動ともに発生しないように固定 した状態で、模型上面後縁から流れ方向に150mm、鉛直上方に10mmの点における風速の水平方向変動を測 定し、模型後流の渦発生周波数を算出する.

<u>3 実験結果</u>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とする)が発現している.また, W/D=3 においては応答の小さな1 種類の渦励振のみ発現している. W/D=3 に

Table 1 Sectional shape and dynamic characteristics of models											
Model	Basic model cross section B×D (mm)	W/D	Corner-c cross sect b×d (mm)	ion Mass M (kg)	s Inertia I (kgm <sup>2</sup> )	Nat frequ N <sub>B</sub> (Hz)	tural tency N <sub>T</sub> (Hz)	Frequency ratio	Loga decr heaving	rithmic ement torsional	
Rectangle			0×0	6.179	1.102E-0	4 3.882	6.567	1.692			Fig.1 Model arrangement
Quadrangular corner-cut 1/6	52.5×75	3.0	8.75×12	.5 6.179	1.102E-0	4 3.882	6.567	1.692	0.0095	0.01	
Triangular corner-cut 1/6			8.75×12	.5 6.104	1.094E-0	4 3.906	6.592	1.688			
Rectangle		5.0	0×0	6.504	1.210E-0	4 3.784	6.372	1.684		0.01	<u>│ └ └                                 </u>
Quadrangular corner-cut 1/6	52.5×75		8.75×12	.5 6.504	1.210E-0	4 3.784	6.372	1.684	0.0095		$\begin{vmatrix} B \\ B $
Triangular corner-cut 1/6			8.75×12	.5 6.338	3 1.201E-0	4 3.833	6.396	1.669			
Table 2 Turbulence characteristics (two-dimensional controlled turbulence)											
Turbulence No.	Change of			Ta	get			Measured		Su(f)	
		1	[u(%)	Iv(%)	Lx,u(cm)	Lx,v(cm)	) Iu(	%) Iv(	%) Lx,ı	ı(cm) Lx,	v(cm) 10 <sup>-3</sup>
SS						Sv (f)					
TI-04	4		4	3.6			4.	33 3.	7 12	8.79 6	6.36
TI-07*	Iu & Iv	7		6.3	140	70	6.	95 5.8	.3 14	9.2 8	10-5
TI-10			10	9			10	.92 9.0	)6 13	8.87 7	0.35

6 32

6.95

6.62

40.53

81.22

105.51

101

Fig.3 Power spectra of turbulent flow

 $10^2$  f(Hz)

80.85

149.2

196.96

6.5

5.83

6.34

\* Ti-07 and Ts-140 are the same turbulences \*\* The mean velocity is 2m/s.

6.3

7

キーワード:ねじれ渦励振,角柱間隔比,隅切り形状,乱流特性,ストローハル数 連絡先:〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 Phone:078-803-6278, Fax:078-803-6069

40

70

100

80

140

200

-1055-

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.

3.1 断面形状による比較 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. 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. W/D=3 においては,断面形状の違いによ る振幅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> Fig.6 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, 乱れ 強度を変化させた場合において, 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.7 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. 3.4 ストローハル数(St 数)による考察 Fig.8 に, 風速-St 数図を示す. W/D=5,3 ともに, 矩形断面に対して四 角隅切り断面および三角隅切り断面隅切り断面の St 数が大きい. Fig.8 と Fig.4 を比較すれば, W/D=5 の第 1 渦励振および W/D=3 の渦励振に関しては, 渦励振のピーク値の発現風速が St 数の逆数にほぼ一致してい ることから, これらの発現はカルマン渦によるものであるといえる. W/D=5 の第2 渦励振に関しては, 流れ の角柱間への流れの回り込みが要因と考えられる<sup>2)3)</sup>.

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. 2)武内隆文:橋梁塔状構造物の空力応答挙動とその耐風性評価に関する研究,京都大学博士論文,1994.









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

