

乱流中における角柱の渦励振と表面圧力特性

立命館大学理工学部 正 員 小林 紘士
大阪大学大学院 学生員 金 照恵

大阪大学工学部 正 員 川谷 充郎
大阪大学大学院 学生員 〇上島 秀作
大阪大学工学部 学生員 下條 和寿

1. まえがき 近年, 自然風の有する乱れが橋梁構造物の振動現象に及ぼす影響について関心がもたれるようになってきている。限定振動である渦励振に関しても各方面で調査がなされ, 乱流特性が振幅に与える影響は構造物の断面形状により変化することが明らかにされてきている。このメカニズムの解明には, 乱れを含む気流による空気力の実体を把握することが重要である。橋梁構造物一般の角張った断面においては, 前縁での剝離流や後流が空気力と密接に結びつき, その評価は困難なものとなる。

著者らは, 昨年, アクティブな乱流発生装置による乱流中で2次元角柱の渦励振応答実験を行い, 乱流特性がその振幅に与える影響を調査した¹⁾。本研究では, 主流方向および鉛直方向それぞれの乱れ成分の渦励振応答に及ぼす影響を分析的に観察するため, 1方向のみの乱れを有する乱流中で, 辺長比5の角柱を用いて応答実験を行った。さらに, 角柱回りの動的圧力測定を行い, 乱れが角柱の空力特性に与える影響について考察する。

2. 乱流シミュレーション 実験に用いた気流は, 従来用いてきた2次元乱流(2成分制御)に加えて, 主流方向のみを制御したu成分制御乱流, 鉛直方向のみを制御したw成分制御乱流および一様流である。1方向制御乱流は着目方向以外の乱れ成分を極力抑えるように配慮した。これらの乱流特性値を表-1に示す。

3. 渦励振応答 角柱は表-2に示す構造諸元を有し, これを鉛直方向たわみ1自由度にばね支持した。渦励振応答結果を図-1に示す。図には主流方向と鉛直方向双方を制御した2次元乱流中での実験結果も併記した。振幅に及ぼす乱れの影響は, 乱流中の渦励振最大振幅(r.m.s.値)を一様流中の最大振幅で除

表-1 乱流特性値

気流名		Change of	I_u (%)	I_w (%)	$L_{x,u}$ (cm)	$L_{x,w}$ (cm)
一様流		—	< 1	< 1	—	—
2成分 制御 乱流	T1-04	$I_u \& I_w$	4.2	2.1	118	31.0
	T1-06		6.0	3.1	136	36.6
	T1-10		9.3	5.0	139	32.2
	TSu-05	$L_{x,u}$	5.7	3.1	50	35.2
	TSu-15		6.0	3.1	136	36.6
	TSu-35		6.4	3.1	320	33.5
	TSw-12	$L_{x,w}$	5.9	3.0	135	13.0
	TSw-37		6.0	3.1	136	36.6
	TSw-87		6.1	3.1	149	72.5
u成分 制御 乱流	T1-04-u	I_u	4.1	1.5	130	—
	T1-06-u		5.9	1.3	158	—
	T1-10-u		9.3	1.4	153	—
	TSu-05-u	$L_{x,u}$	5.7	1.4	59	—
	TSu-15-u		5.9	1.3	158	—
	TSu-35-u		6.4	1.5	358	—
w成分 制御 乱流	T1-04-w	I_w	2.4	2.1	—	34.1
	T1-06-w		2.5	3.0	—	37.1
	T1-10-w		2.5	5.0	—	34.5
	TSw-12-w	$L_{x,w}$	2.3	2.7	—	13.5
	TSw-37-w		2.5	3.0	—	37.1
	TSw-87-w		2.5	2.9	—	78.0

表-2 角柱構造諸元

辺長比(高さ(D)/幅(B))	5
高さ(D)×幅(B)×長さ(L)(cm)	6×30×86
重量(kg)	2.57
固有振動数(Hz)	3.05
対数減衰率(B/200)	0.003

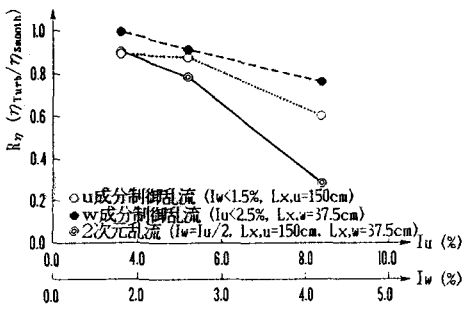


図-1 (1) 乱れ強度 vs. 振幅低減効果

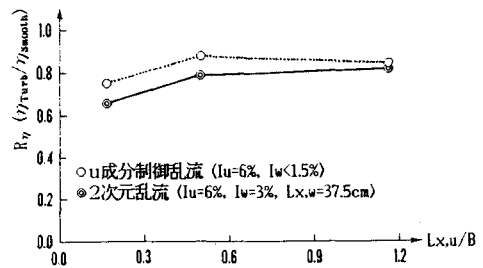


図-1 (2) 主流方向乱れスケール vs. 振幅低減効果

した振幅低減比 R_p を用いて評価した。

2次元乱流においては、すでに文献1)で明らかにしたように乱れ強度の増加および乱れスケールの減少に伴う振幅低減現象が確認できる。さらに、主流方向乱れスケールよりも鉛直方向乱れスケールの方が振幅低減に若干大きい影響を与える。図-1より、1方向のみの乱れ制御を行った場合は、2次元乱流に比べて振幅は増大するものの、乱流パラメータの渦励振応答に及ぼす影響はほぼ同じ傾向を示した。これより、各乱流特性値が変化することにより、他の乱流特性にほとんど影響されことなく渦励振最大振幅が低減すると考えられる。

4. 角柱回りの圧力特性 圧力測定は強制振動法に依った。各気流における渦励振最大振幅かつ固有振動数による正弦加振時に角柱上面の動的圧力を測定した。図-2は圧力がなす仕事の角柱軸直角方向の分布を示したものである。圧力のなす仕事の基本的な分布形状は、乱流の種類に関わらず、ほとんど同様であり x/D が2.5の点を境にして負から正に転じている。一方、渦励振最大振幅が低減する気流中においては、仕事の絶対値もそれに対応して減少していることが分かる。すなわち、乱れ強度の増加および乱れスケールの減少につれて仕事の正領域および負領域の双方で、その絶対値が減少している。仕事の正領域は起振力となるので、乱れ強度の増加および乱れスケールの減少に伴う起振力が低下していると考えられる。

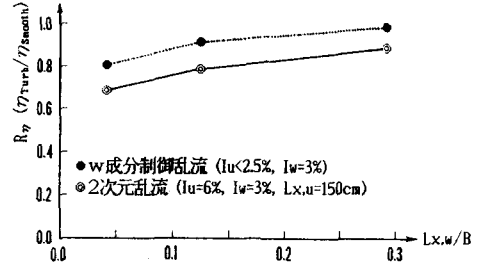


図-1 (3) 鉛直方向乱れスケール vs. 振幅低減効果

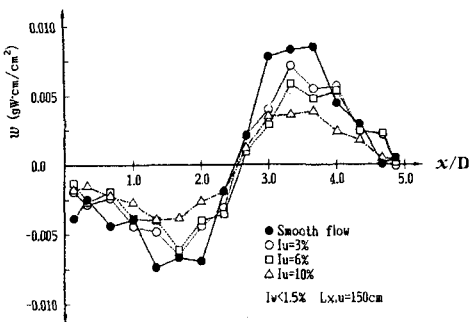


図-2 (1) 主流方向乱れ強度による仕事の変化

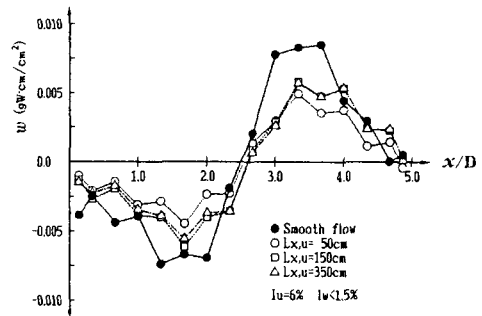


図-2 (2) 主流方向乱れスケールによる仕事の変化

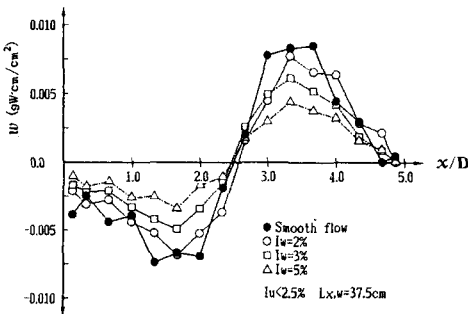


図-2 (3) 鉛直方向乱れ強度による仕事の変化

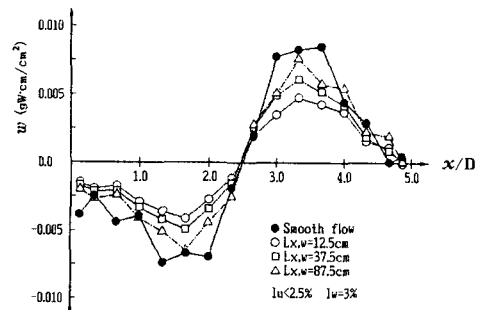


図-2 (4) 鉛直方向乱れスケールによる仕事の変化

<<参考文献>> 1)小林・川谷・金・太田・上島：2次元角柱の渦励振応答に及ぼす乱流特性の影響，第11回風工学シンポジウム論文集，pp.167-172，1990.12.