

海上風の乱流特性とべき指数について

東海大学大学院 ○高橋 琢磨
東海大学海洋学部 正 員 田中 博通

1. はじめに

現在までの海洋開発は主として沿岸部であったが、開発の進む中で沿岸部のスペースの減少から大水深海域に利用空間が進展している。特に海上空港のような大型浮体構造物を設計する場合においては、自然環境外力として波浪外力・潮汐力・風荷重を考慮する必要がある。地表から数 10m まで接地境界層と言われ、風速分布は地面や海面の摩擦が支配的である。境界層の下部では風速鉛直分布は理論的に対数分布で表されるが、構造物の耐風設計においては経験的に求められたべき分布の式が昔から採用され、現在も大部分の国で用いられている。本研究では、海面近傍の海上風と波浪を連続測定し、その測定結果を基に風速分布を求めて、べき指数を算定し、その値と粗度パラメーター、基準高風速との関係について検討することを目的として行ったものである。

2. 観測方法

観測は静岡県志太郡大井川町の約 250m の沖合にある国土交通省所有の海洋技術総合研究施設で行った。観測日時は 2000 年 10 月 19 日～22 日と 2000 年 11 月 28 日～30 日である。風速測定は多点風速計のセンサー 8 本を 0.5～2.5m 間隔で測定用ポールに取り付けるとともに、超音波水位計、微差圧計、温度計、超音波風速計も取り付け同時測定した。サンプリング時間は 5Hz、1 測定のデータ数は 16384 個である。観測によって得られた全測定結果から風向が海洋技術総合研究施設の後流域になっていない 23 ケースの測定について解析した。観測結果を表-1 に示す。

表-1 風速測定結果と対数則に基づく精度および波高データ一覧												
case	v10(m/s)	最多風向	T(℃)	A	z0(m/s)	Kd	V*(m/s)	H0(m)	T0(sec)	C(m/s)	α	
October 19-22,2000												
v01000	2.39	E	21.686	0.223	0.00023	0.00140	0.089	0.53	4.4	6.40	0.09951	
v01001	3.22	ESE	21.357	0.377	0.00198	0.00220	0.151	0.60	4.6	6.57	0.12616	
v01002	3.77	ENE	21.037	0.457	0.00262	0.00235	0.183	0.60	4.5	6.48	0.13110	
v01003	4.29	E	21.002	0.467	0.00103	0.00190	0.187	0.63	4.5	6.48	0.11698	
v01004	6.50	NE	20.468	0.860	0.00523	0.00280	0.344	0.58	4.3	6.31	0.13519	
v01005	5.82	NNE	19.952	0.689	0.00214	0.00224	0.276	0.59	4.3	6.31	0.12759	
v01006	7.38	NE	20.287	0.952	0.00428	0.00266	0.381	0.59	4.1	6.11	0.14012	
v01007	6.09	NNE	23.419	0.721	0.00212	0.00224	0.288	0.63	4.4	6.40	0.11874	
v01008	8.31	NE	20.522	0.122	0.00606	0.00291	0.449	0.56	4.1	6.11	0.14689	
v01009	8.75	NE	19.698	1.263	0.00975	0.00333	0.505	0.66	4.7	6.65	0.15710	
v01010	10.08	NE	19.831	1.586	0.01738	0.00398	0.634	0.63	4.4	6.40	0.17176	
v01011	9.43	NE	20.094	1.546	0.02241	0.00430	0.618	0.66	4.4	6.40	0.17617	
v01012	9.42	NE	20.166	1.600	0.02767	0.00461	0.64	0.71	4.4	6.40	0.18156	
v01013	9.73	NE	20.278	1.669	0.02931	0.00470	0.668	0.78	4.8	6.72	0.18306	
v01014	9.97	NE	20.207	1.672	0.02579	0.00450	0.669	0.74	4.5	6.48	0.17876	
v01015	10.14	NE	19.627	1.736	0.02810	0.00469	0.694	0.75	4.8	6.72	0.17398	
v01016	11.55	NE	19.968	2.028	0.03362	0.00493	0.811	0.79	4.6	6.57	0.19745	
v01017	10.15	NE	19.977	1.666	0.02253	0.00431	0.666	0.70	4.8	6.72	0.17648	
v01018	9.32	NE	20.081	1.367	0.01095	0.00344	0.547	0.75	4.8	6.72	0.14932	
v01019	11.20	NE	20.555	1.861	0.02433	0.00442	0.744	0.83	5.1	6.92	0.17904	
v01020	12.42	NE	20.744	2.138	0.03010	0.00475	0.855	0.77	4.8	6.72	0.19251	
November 28-30,2000												
v01104	10.66	NE	13.441	1.231	0.00174	0.00213	0.492	0.52	3.6	5.52	0.12404	
v01105	9.27	NE	13.210	1.057	0.00156	0.00208	0.423	0.63	3.7	5.65	0.12331	
v01106	6.17	NE	12.737	0.607	0.00039	0.00155	0.243	0.58	3.9	5.89	0.10397	

3. 観測結果及び考察

べき分布の式は強風時において、地上から 50m ないし 150m の範囲の気層内でよく実測結果を表している。すなわち、

$$\frac{\bar{u}}{\bar{u}_1} = \left(\frac{z}{z_1} \right)^\alpha \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $\bar{u}_1$ は基準高 z_1 (一般に 10m) における風速である。世界各地において古くから実施された風速観測より Davenport (1960) がまとめたものによれば、べき指数 α の大きさは海岸等のもっとも平坦な場所では、 $1/10 \sim 1/8$ であり、粗度が増すにつれて大きくなり、大都市周辺では $1/3 \sim 1/2$ となっている。

式から両分布を比較すると、

$$(1) \text{ より、} \quad \frac{d\bar{u}}{dz} = \frac{\alpha \bar{u}}{z} \quad \dots \dots \dots (2)$$

これと、対数分布の速度傾度と比較すると、

$$\alpha = u_{*0} / k\bar{u} \quad \dots \dots \dots (3)$$

となり対数分布が正しいとすると、 α は上空に行くにつれ小さくなる。しかし z が大きくなると $\bar{u}$ の変化は小さくなるから、 α はほぼ一定と考えられる。べき指数 α と粗度パラメーター z_0 との関係について、これまで多くの研究者により求められている。Counihan¹⁾ (1975) はこれらを統合し、(4) 式を求めた。

$$\alpha = 0.24 + 0.096 \log_{10} z_0 + 0.016 (\log_{10} z_0)^2 \quad (z_0 : \text{m}) \quad \dots \dots \dots (4)$$

本研究の観測データから求めた α と z_0 との関係式は (5) 式となった。

$$\alpha = 0.33 + 0.1205 \log_{10} z_0 + 0.016 (\log_{10} z_0)^2 \quad (z_0 : \text{m}) \quad \dots \dots \dots (5)$$

図-1 は、Counihan の用いたデータから粗度パラメーターが 0.0500 以下のものを使用し、粗度パラメーター z_0 を横軸、べき指数 α を縦軸にとりまとめたものである。この図より、Counihan がまとめた値と実測値は同じ傾向を示した。この結果から、Counihan の求めた式は総合的に算定しているため、大井川港沖合におけるべき指数を求めるには観測データから求めた式を用いるべきだと考えられる。

図-2 はべき指数 α と基準高風速 V_{10} との関係である。 α と V_{10} の関係式は (6) 式となった。

$$\alpha = 0.008549 V_{10} + 0.08063 \quad \dots \dots (6)$$

べき指数 α は基準高風速 V_{10} が増すとべき指数 α も比例して増加する傾向があることが分かる。

4. おわりに

今回、海面から 10m 付近までの海上風の連続観測を行い、風速分布からべき指数を求めた。粗度パラメーター、基準高風速ともに増すとべき指数も増加することが分かった。また、今回の観測の正確さも確認された。今後、より詳細なメカニズムを解明していきたい。

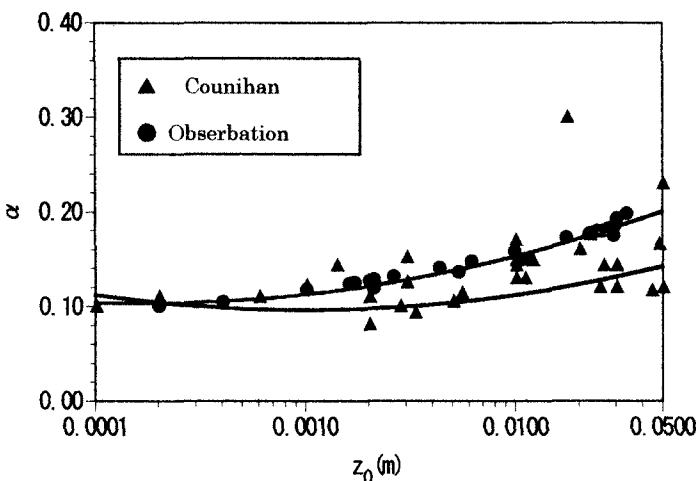


図-1 べき指数 α と粗度長 z_0 の関係

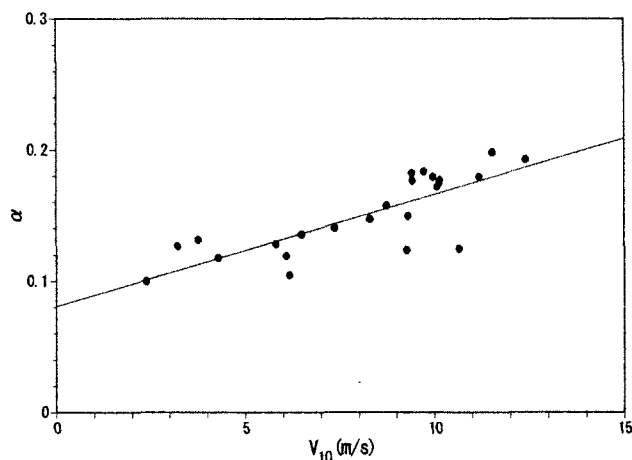


図-2 べき指数 α と V_{10} の関係

参考文献

- 1) J. Counihan (1975) : Adiabatic atmospheric boundary layers. A review and analyses of data from the period 1880-1972, Atmos. Environ., 9, pp. 871-905.