

清水建設(株) 隈元 力
清水建設(株) 〇 奥田 均
武蔵工大 星谷 勝

1 目的 海上工事の稼働率について、どのような方法で設定すればよいが具体的に示されているものは乏しい。ほとんどの技術者が、経験的な値でもってそれを定めているのが現状である。しかし、稼働率の設定値が工事に与える影響は大きい。例えば、工程・コスト等である。本稿は、杭打船による杭打工事の稼働率について、横浜市内で施工した2現場の工事記録をデータバンクとして、妥当な稼働率の設定についての検討結果を報告するものである。

2. 基本事項の確認と検討手順 稼働率の設定方法に関する基本事項を以下(1)～(5)、検討手順を図-1に示す。

(1) 1年向のうち、2月～9月の期間は、東シナ海低気圧・台風シーズンであり、海上施工には不適な期間として除外した。したがって、10月～1月の期間を海上施工の最適期間として、杭打船による杭打工事を対象とした。

(2) 作業不能日とは、現場においては杭打という工程が実施できる状態であるが、気象(特に風)の影響だけで、海上での杭打工事ができなかった日をいう。作業可能日とは、杭打工事を実施した日をいう。

(3) 該当期向とは、作業不能日と作業可能日の和をいう。

(4) (実績稼働率) = (作業可能日) / (該当期向) × 100 (%)

(5) ちなみに、2現場において使用した杭打船の大きさは、巾: 19.5m、長さ: 43m、高さ: 4.5m、やぐら高さ: 4.5mであった。また、本稿で扱う風速とは、10分向平均風速をいう。

3 統計的検討

(1) 実績稼働率の算定 工事記録より表-1に示す結果を得た。

(2) A現場についての検討

① 該当期向中、Y気象台において実測された風速と出現回数について図-2のヒストグラムに示す。

② ワイブル確率紙による分布形状の検討を行うため、表-2のC列まで作成し、代表値 x_i と出現回数の割合の累計をワイブル確率紙にプロットした。その結果、 $m=2.2$ 、 $\theta=22.2$ 、 $\gamma=3.6$ となり、累積分布関数は、 $F(x)=1-e^{-\frac{(x-3.6)^{2.2}}{22.2 \cdot 20}}$ ---- (I)式となる。

③ 理論回数は、(I)式と表-2の記号で示すと、

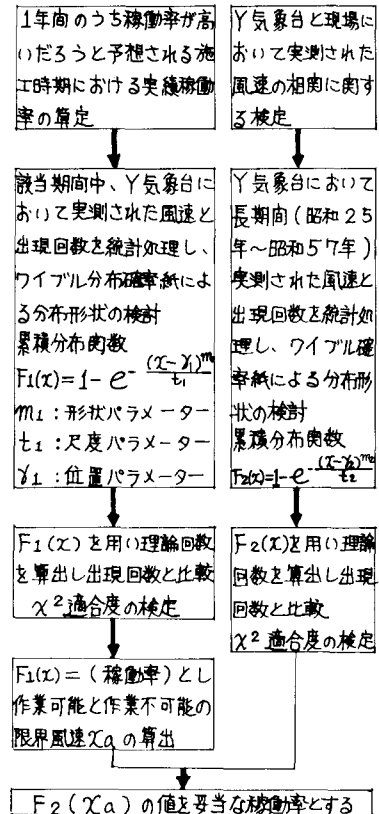


図-1 検討手順図

表-1 実績稼働率

	A現場における実績		B現場における実績	
	日数(日)	稼働率(%)	日数(日)	稼働率(%)
作業可能日	35	89.7	197	43.8
作業不可能日	4		13	
該当期向	39		210	

※ただし、上表において作業可能日の中に、日曜・祝祭日がA現場においては5日、B現場においては31日含まれている。

$\sum f_i \times \{F(x_{i+1}) - F(x_i)\}$ として求めたものである。結果を表-2に示す。 χ^2 適合度の検定の結果、 $\chi^2_{2;0.05} = 14.067$

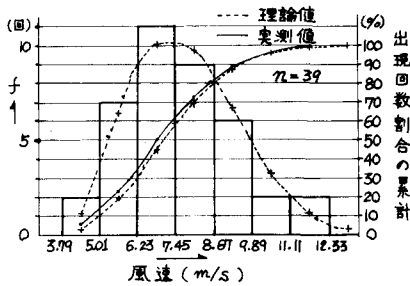


図-2 ヒストグラム

$1 > 2.3567$ となり、有意水準5%で正しいと判断できる。

(3) B現場についてこの検計 同様の手順で、 $m=1$ 、 $t=7.77$ 、 $\gamma=2.4$ を求めた。累積分布関数は、 $F(x) = 1 - e^{-\frac{(x-2.4)^{1.5}}{7.77}}$ ----(Ⅱ)式となる。表-3に出現回数と理論回数の比較を示す。 χ^2 適合度の検定の結果、 $\chi^2_{2;0.05} = 21.0261 > 3.8831$ となり、有意水準5%で正しいと判断できる。

(4) 表-1の稼働率及び(Ⅰ)式、(Ⅱ)式より作業可能と作業不可能の限界風速を求める。その結果、A現場： $\chi_{0a} = 9.6$ 、B現場： $\chi_{0b} = 10.2$ で、 $\chi_a \approx 10.0$ となる。

(5) 一方、Y気象台における長期実測データより得た累積分布関数は、 $F(x) = 1 - e^{-\frac{(x-2.3)^{1.7}}{22.20}}$ ----(Ⅲ)式である。表-4に出現回数と理論回数の比較を示す。 χ^2 適合度の検定の結果、 $\chi^2_{20;0.05} = 31.4104 > 31.2034$ となり、有意水準5%で正しいと判断できる。

(6) 妥当な稼働率は、(Ⅲ)式に $\chi_a = 10.0$ を代入し $F(10.0) = 0.76$ を得る。

(7) 現場における長期実測データがなかったため、Y気象台の実測値を使用したのど、現場とY気象台において実測された風速の相関を調べたところ、相関係数 $r = 0.729$ 、 $n = 198$ であった。

4 まとめ 海上工事の杭打作業上最通期向と考えられる10月～1月において、風の影響を考慮して稼働率の算定を統計的手法を用いて行なった。その結果は、3-(6)に示すように76%となった。ところで、実際の海上作業においては、他の要因、例えば第3者の船舶の通行による阻害・雨等を考慮すると約10%のダウンは否めない。ちなみに、この2現場において10 m/sの風速が観測された場合の有義波高は、 $H_s = 0.6$ mであった。

参考文献 日科技連編：信頼性データの解析

表-2 出現回数と理論回数の比較 (A現場)

風速 (m/s)	A	B	C	D	E	F		
区間	代表値 x_i	出現回数 f_i	割合 (%)	割合 (%)	割合 (%)	$(f_i - n\theta_i)^2 / n\theta_i$		
3.79	1	4.40	2	5.13	5.13	1.1	2.72	0.7364
5.01	2	5.62	7	17.45	23.08	6.4	19.07	0.0563
6.23	3	6.84	11	28.21	51.29	10.1	45.02	0.0802
7.45	4	8.06	9	23.08	74.37	9.8	70.13	0.0653
8.67	5	9.28	6	15.38	89.75	6.7	87.22	0.0731
9.89	6	10.50	2	5.13	94.88	3.3	95.74	0.5121
11.11	7	11.72	2	5.13	100.01	1.2	98.91	0.5333
12.33	8	12.94	0	0	100.01	0.3	99.79	0.3000
13.55								
	$\Sigma f_i = 39$			$\Sigma n\theta_i = 38.9$	$\Sigma (f_i - n\theta_i)^2 / n\theta_i = 2.3567$			

$\sum f_i = 39$

$\sum n\theta_i = 38.9$ $\sum \frac{(f_i - n\theta_i)^2}{n\theta_i} = 2.3567$

表-3 出現回数と理論回数の比較 (B現場)

風速 (m/s)	出現回数	出現回数	出現回数	理論回数	理論回数	$(f_i - n\theta_i)^2$		
区間	代表値 x_i	f_i	割合 (%)	割合 (%)	$n\theta_i$	$n\theta_i$		
2.57	1	3.18	17	8.09	8.09	17.8	8.48	0.0360
3.79	2	4.40	47	22.38	30.47	46.3	30.51	0.0106
5.01	3	5.62	47	22.38	52.85	46.1	52.46	0.0176
6.23	4	6.84	29	13.81	66.66	36.8	70.00	1.6533
7.45	5	8.06	29	13.81	80.47	25.9	82.33	0.3710
8.67	6	9.28	17	8.09	88.56	16.5	90.20	0.0152
9.89	7	10.50	13	6.19	94.75	9.8	94.85	1.0449
11.11	8	11.72	4	1.90	96.65	5.4	97.43	0.3630
12.33	9	12.94	5	2.38	99.03	2.8	98.78	1.7286
13.55	10	14.16	1	0.48	99.51	1.4	99.44	0.1433
14.77	11	15.38	1	0.48	99.99	0.7	99.76	0.0286
15.99	12	16.60	0	0	99.99	0.3	99.90	0.3000
17.21	13	17.82	0	0	99.99	0.1	99.98	0.1000
18.43								
		$\Sigma f_i = 210$			$\Sigma n\theta_i = 209.8$	$\Sigma \frac{(f_i - n\theta_i)^2}{n\theta_i} = 3.8831$		

$\sum f_i = 210$

$\sum n\theta_i = 209.8$ $\sum \frac{(f_i - n\theta_i)^2}{n\theta_i} = 3.8831$

表-4 出現回数と理論回数の比較

(昭和25年～昭和57年・33年向における10月～1月の全数サンプリングによる)

風速 (m/s)	出現回数	出現回数	出現回数	理論回数	理論回数	$(f_i - n\theta_i)^2$	
区間	代表値	f_i	割合 (%)	割合 (%)	$n\theta_i$	$n\theta_i$	
2.57	1.31	123	3.03	3.03	159.4	3.93	8.3122
3.79	2.44	543	13.38	16.41	494.8	16.12	4.6953
5.01	5.62	643	15.85	32.26	636.9	31.82	0.0584
6.23	4.64	648	15.97	48.23	652.6	47.90	0.0324
7.45	5.86	574	14.14	62.37	586.9	62.36	0.2835
8.67	6.98	488	12.03	74.40	480.1	74.19	0.1300
9.89	7.10	343	8.45	82.85	363.7	83.16	1.1781
11.11	8.17	260	6.41	89.26	257.9	89.51	0.0171
12.33	9.12	185	4.56	93.82	172.3	93.76	0.0361
13.55	10.14	99	2.44	96.26	108.9	96.44	0.0020
14.77	11.15	68	1.68	97.94	65.5	98.06	0.0954
15.99	12.16	37	0.91	98.85	37.5	98.98	0.0047
17.21	13.17	26	0.64	99.44	20.5	99.49	1.4756
18.43	14.19	12	0.30	99.79	10.8	99.75	0.1353
19.65	15.20	5	0.12	99.91	5.4	99.88	0.0266
20.87	16.21	1	0.02	99.93	2.6	99.95	0.9864
22.09	17.22	1	0.02	99.95	1.2	99.98	0.0333
23.31	18.23	0	0	99.95	0.5	99.99	0.5000
24.53	19.24	1	0.02	99.97	0.2	100.00	3.2000
25.75	20.25	0	0	99.97	0.1	100.00	0.1000
26.97	21.26	1	0.02	99.99	0.1	100.00	8.1000
28.19							

$\sum f_i = 4058$

$\sum n\theta_i = 4057.9$ $\sum \frac{(f_i - n\theta_i)^2}{n\theta_i} = 31.2034$