

粗度区分を考慮した防雪柵の設計風速に関する検討

伊東靖彦((独)土木研究所寒地土木研究所), 山田毅(札幌開発建設部深川道路事務所),
松澤勝((独)土木研究所寒地土木研究所), 西田浩平((株)雪研スノーイーターズ)

1 はじめに

現在, 防雪柵の設計に用いる風速(以下, 設計風速と表す)は, 風速の再現期待値(以下, 再現期待値と表す)が用いられており, 北海道内の気象官署における再現期待値が「道路吹雪対策マニュアル」¹⁾²⁾(以下, マニュアルと表す)に収録されている。

この度予定しているマニュアル改訂に際して, 近年の気象状況を設計風速に反映するため, 最新の気象データを加え, 箇所数を増加するためアメダス地点も対象として, さらに粗度区分の違いを考慮した補正を加えて, 風速の再現期待値の再計算を行ったので報告する。

2 現行の設計風速と課題

マニュアルにおける防雪柵の設計風速は, 路側に設置される吹き払い柵と吹き止め柵の順風時(柵から道路方向への風力作用時)は, 道路標識設置基準³⁾の片持式標識を準用して 50 m s^{-1} を採用している。一方, 吹きだめ柵, 吹き払い柵と吹き止め柵の逆風時には, 再現期間における風速期待値(再現期待値)を基本風速とし, それに距離定数を乗じて設計風速としている。マニュアルでは, 基本風速として, 柵の耐用年数 n を15年, 非超過確率 α を橋梁構造物⁴⁾に準じて60%とし, 耐用年数(原著では架設期間)と非超過確率の関係⁵⁾から, 再現期間 $T=30$ 年の風速期待値を算出し, これに地上高さ10mに高度補正を施したものとしている。

マニュアルに道内気象官署22地点の再現期待値を掲載しているが, 防雪柵の設置箇所は気象官署から離れたところにある場合も多い。一方風は局地性が強く, 例えば複数の気象官署の風速から対象箇所の風速を内挿することは現実的ではなく, 実態として最も近傍の気象官署の再現期待値が設計に用いられ, 場合によっては百km以上離れた気象官署のデータを用いることもあり, 適切に設計を行うためには, より現地の状況に即した風速を使う必要があり, このため, より多くの風速算出地点があることが望まれていた。

気象庁の気象観測点には, 気象官署のほか地域気象観測システム(アメダス)がある。アメダスは1974年以降整備が始まり1979年に観測網が整備された。アメダスの運用期間が長くなりデータが蓄積されたことから, これを利用して再現期待値の算出を試みた。対象としたアメダスは, 風向風速を観測している北海道内の177地点である。

3 設計風速の再計算

3.1 再現期待値の計算

各地点の年最大風速を収集し, Gringortenの方法⁶⁾により再現期待値を算出した。Gringortenの方法とは, 累積分布関数をFisher-Tippetの極値I型(Gumbel)分布と仮定し, 積率法により再現期待値を算出する算出手法で, 現在のマニュアルと同様である。使用したデータの統計期間は, 観測所によって違いはあるが, 概ね気象官署で1961年~2009年(49年), アメダスで1977年~2009年(33年)である。

3.2 地表粗度に合わせた高度補正

マニュアル¹⁾²⁾では、高度補正に際して、風速の鉛直プロファイルはべき指数分布とし、べき指数 $\alpha=1/7$ で固定している (図-1 a)。一方、マニュアルの出版後、土木分野では道路橋耐風設計便覧⁷⁾⁸⁾が、建築分野では建築物荷重指針・同解説⁹⁾がそれぞれ出版され、この中では、観測地点と評価地点の地表粗度区分の違いを考慮した高度補正をする手法が掲載されている。

防雪柵は吹雪対策として郊外に設置される。市街地に設けられることも多い気象観測所と比べると、地表粗度の小さい防雪柵の設置される箇所が強風となることも多いと考えられる。したがって、上述の関連図書と同じ手法で観測点と郊外部の地表粗度の違いを考慮し、郊外部の適切な再現期待値を得られるよう高度補正を行った。観測点の地表粗度区分は、航空写真などを基に、表-1に照らして判断した。

高度補正は気象観測点の粗度区分のべき指数(表-1)を用いて、粗度の影響の無くなる上空風を推定し、その後、郊外部を想定した粗度区分IIのべき指数を用いて、基準高度(ここでは10m)の風速を推定した(図-1b)。べき指数分布を用いた高度補正は、(1)式の基本モデルに従った。

$$\frac{U}{U_G} = \begin{cases} (Z_b/Z_G)^\alpha, & Z \leq Z_b \\ (Z/Z_G)^\alpha, & Z_b < Z \leq Z_G \\ 1, & Z_G < Z \end{cases} \quad (1)$$

U : 風速 ($m \cdot s^{-1}$)

U_G : 地表の影響を受けない上空高度 Z_G における風速 ($m \cdot s^{-1}$)

Z_b : 地表の地物の代表高さ (m)

α : べき指数

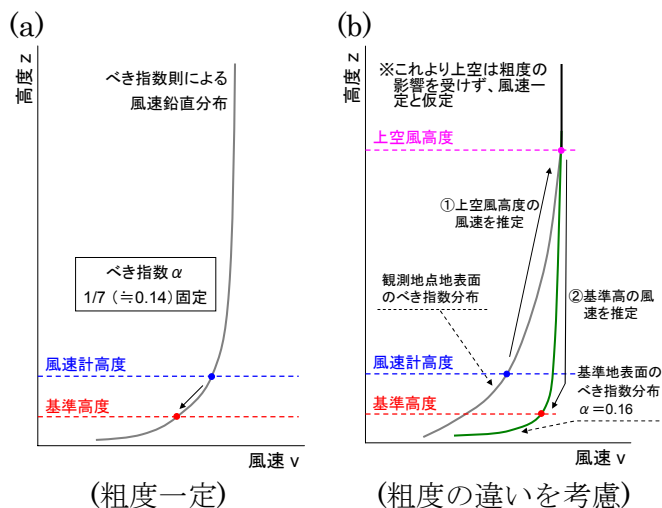


図-1 風速の高度補正時の算出概念

表-1 地表粗度区分, べき指数, 地表粗度の影響を受けない上空高度及び適用した代表地点

地表粗度区分	地表状況	べき指数 α *	地表粗度の影響を受けない上空高度 Z_G (m)*	地表の地物の代表高さ Z_b (m)	代表都市 (観測所名)
I	海岸, 海上 (上記以外)	0.12	500	5	納沙布えりも岬
II	農地, 田園, 開けた土地 樹木や低層建築物が散在している地域	0.16	600	10	石狩(北生振) 月形・蘭越
III	樹木や低層建築物が密集している地域 中高層建築物が散在している地域 なだらかな丘陵地	0.22	700	15	旭川・岩見沢 西野幌・小樽 倶知安
IV	中高層建築物が密集している地域 起伏の大きい丘陵地	0.29	800	30	札幌・朱鞠内

*道路橋耐風設計便覧⁸⁾より

風速は、風速計高さ、もしくは基準高度の風速である。式(1)下段は、上空において風速は高度のよらず一定であることを、中段の式は、大気境界層における風速分布はべき乗則に従うことを、上段の式は、地表の地物や障害物の存在する層 (Z_b より下層) では複雑な風の吹き方となるが、ここでは地物の代表高さの風速のまま一定であると仮定したことを示す。

4 計算結果

3で求めた方法で、風速再現期待値(再現確率 10年・20年・30年)を求めた(表-2)。

表一 2 再現期待値算出結果

支庁	観測所名	年最大風速の 再現期待値(m/s)			データ 数	支庁	観測所名	年最大風速の 再現期待値(m/s)			データ 数	支庁	観測所名	年最大風速の 再現期待値(m/s)			データ 数
		10年	30年	50年				10年	30年	50年				10年	30年	50年	
宗谷	宗谷岬	29	31	33	29	空知	朱鞠内	15	17	18	22	十勝	陸別	12	14	14	29
	稚内	20	21	22	49		幌加内	15	17	17	30		糠平	10	11	12	29
	礼文	22	23	24	6		石狩沼田	13	15	16	28		上士幌	11	12	13	30
	声間	24	25	26	7		深川	20	23	25	29		足寄	13	15	16	28
	浜鬼志別	22	23	24	23		空知吉野	14	16	16	26		本別	10	11	12	32
	本泊	30	32	33	7		滝川	17	19	20	27		新得	11	12	13	30
	沼川	16	18	19	29		芦別	15	16	17	28		鹿追	17	20	21	29
	沓形	19	21	21	26		月形	14	16	16	28		駒場	13	15	16	26
	豊富	13	15	15	29		美唄	16	18	19	31		芽室	9	10	11	27
	浜頓別	14	16	17	28		岩見沢	18	20	20	49		帯広	19	21	21	49
	中頓別	17	19	19	29		長沼	15	16	17	29		池田	15	17	18	30
	北見枝幸	17	19	20	49		夕張	15	17	17	30		浦幌	14	15	16	30
	歌登	13	16	17	31		美国	18	20	21	27		帯広泉	17	18	19	7
	幌泊	23	24	25	5		神恵内	18	19	20	30		糠内	11	12	12	27
船泊	22	25	26	21	余市	16	18	19	32	上札内	14	16	17	26			
上川	中川	18	20	20	31	後志	小樽	20	22	23	49	胆振	更別	12	14	14	25
	音威子府	15	16	17	29		共和	23	25	26	27		大津	15	17	18	27
	美深	12	13	14	32		蘭越	13	15	16	31		大樹	14	16	16	28
	名寄	15	16	17	28		倶知安	18	21	22	49		広尾	23	26	27	49
	下川	14	15	15	32		寿都	32	37	39	48		厚真	14	15	16	29
	士別	12	14	15	30		真狩	15	17	18	30		穂別	15	17	17	27
	朝日	14	15	15	29		喜茂別	15	17	18	29		大滝	11	13	14	29
	和寒	11	12	13	27		黒松内	15	16	17	30		森野	11	13	14	29
	江丹別	14	15	16	30		雄武	27	30	32	49		苫小牧	26	30	32	49
	比布	14	16	17	28		興部	17	19	20	31		大岸	13	14	15	30
	上川	14	17	18	28		西興部	14	16	18	30		白老	18	22	24	30
	旭川	14	16	17	49		紋別	23	25	26	49		鶴川	17	19	20	28
	東川	13	15	15	30		紋別小向	20	22	23	5		伊達	15	17	18	26
	東神楽	19	22	23	7		湧別	18	20	21	29		登別	13	15	15	26
志比内	12	13	13	13	滝上	16	18	19	29	室蘭	27	30	32	49			
美瑛	13	14	15	27	常呂	16	18	19	29	日高	日高	11	12	13	30		
上富良野	12	13	14	30	遠軽	13	15	16	29		日高門別	15	16	17	27		
富良野	15	16	17	30	佐呂間	17	20	21	28		新和	9	10	11	25		
麓郷	10	11	11	29	網走	23	25	26	49		静内	13	14	15	29		
幾寅	13	14	15	29	宇登呂	17	19	20	27		三石	16	18	18	29		
占冠	11	12	13	28	白滝	15	16	17	13		中杵臼	12	13	13	27		
留萌	天塩	20	22	23	29	生田原	17	19	19		30	渡島	浦河	26	29	30	49
	遠別	20	22	23	27	北見	15	16	17		30		えりも岬	32	34	36	24
	初山別	18	20	21	28	女満別	20	23	24		6		長万部	16	18	19	28
	焼尻	26	29	31	28	小清水	13	15	16		27		八雲	16	18	19	26
	羽幌	17	19	20	49	斜里	19	21	22		32		森	14	15	16	24
	達布	12	13	14	26	留辺蘂	13	15	15		26		川汲	13	15	15	29
	留萌	21	23	23	49	境野	15	17	17		28		北斗	15	16	17	30
	増毛	20	24	26	28	美幌	12	14	15		26		函館	22	25	26	49
幌糠	17	18	19	26	津別	14	15	16	19	高松	22	24	26	7			
石狩	浜益	20	22	23	31	根室	羅臼	14	15	16	12	檜山	木古内	16	18	19	32
	厚田	21	22	23	29		標津	17	18	19	30		松前	21	24	25	30
	新篠津	20	23	24	29		上標津	20	21	22	6		熊石	13	15	16	26
	山口	16	18	19	27		中標津	14	15	15	26		せたな	17	18	18	24
	石狩	21	23	25	19		根室中標津	18	19	20	7		今金	14	16	16	27
	江別	19	22	23	9		別海	13	14	15	27		奥尻	15	17	17	21
	札幌	18	20	22	49		根室	24	26	27	49		米岡	29	31	32	7
	恵庭島松	14	15	15	32		納沙布	23	25	25	25		鶯	14	16	17	29
	支笏湖畔	10	11	12	32		厚床	14	16	16	27		江差	26	28	30	49
	千歳	22	24	25	7		計根別	12	13	14	19		(石狩)西野幌	10	10	11	20

4.1 現行マニュアルの再現期待値との比較

気象官署の地点について、マニュアル²⁾の再現期待値と比較すると、平均で 3.4 m s^{-1} 程度増加している(図-2)。これは、粗度区分Ⅲに区分した地点の風速が増加したことが大きい。地表粗度を現行マニュアルより粗くしたため、(1)式により上空の風速が大きくなり、粗度区分Ⅱで基準高さに戻したときに風速が大きくなるためである。なお、粗度区分Ⅱは現行マニュアルのべき指数に近く、風速値の変化は小さい。また現行マニュアルとの乖離が大きい、赤丸で囲んだ点は、統計期間を延長した影響によるものである。

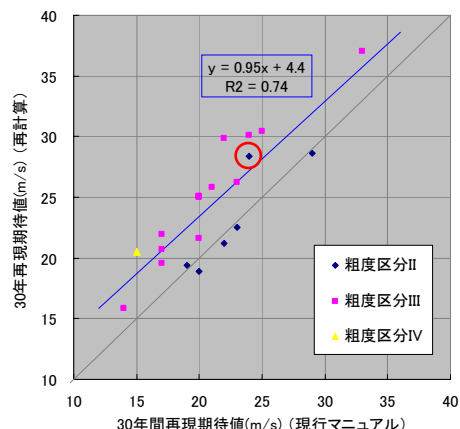


図-2 現行マニュアルと再計算の再現期待値の関係

4.2 アメダス使用の妥当性検討

最大風速のとり方は、アメダスは正時前10分平均の最大、気象官署は書く10分間平均風速の最大と異なるため、年最大風速を用いた今回の再計算では、測定頻度の低いアメダス測定地点の設計風速が小となることが懸念される。

そこで、気象官署ではアメダスと併設されているため両者のデータを用いた年最大風速を比較した。図-3は一例として札幌のもので、平均するとその差は 1 m s^{-1} 弱と小さい。またその他の気象官署においてもほぼ同様の差であり、今回の計算では測定頻度による差については無視した。

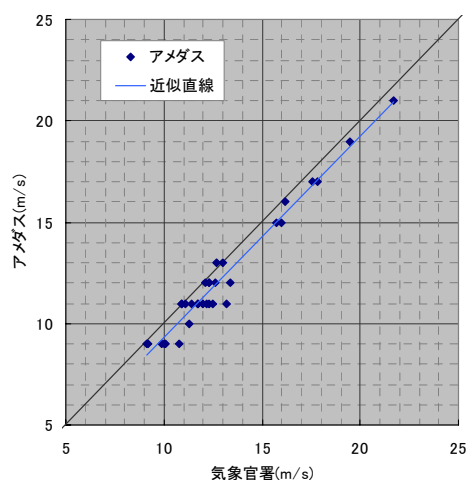


図-3 年最大風速の気象官署とアメダスの対比(札幌)

5 おわりに

今回の検討と計算により、防雪柵設計の実務に合致した再現期待値が、道内できめ細かく整理することができたと考えている。今後は、このデータを新たなマニュアルに反映させる予定で、防雪柵設計等で活用していただくことを期待している。

文献

- 1) 北海道開発局, 1990: 道路吹雪対策マニュアル(案)防雪柵編, (社)北海道開発技術センター, 127p
- 2) (独)北海道開発土木研究所, 2003: 道路吹雪対策マニュアル, 北海道開発局
- 3) (社)日本道路協会, 1987: 道路標識設置基準・同解説, (社)日本道路協会, 338p
- 4) (社)土木学会, 1978: 鋼構造架設設計指針, (社)土木学会, 158p
- 5) 建設省土木研究所・(財)日本気象協会東京本部, 1975: 設計基本風速調査に関する報告書, 95p
- 6) Irving I.Grिंगorten, 1963: A Simplified Method of Estimating Extreme Values from Data Samples, JOURNAL of APPLIED METEOROLOGY, Vol.2, pp.82-89.
- 7) (社)日本道路協会, 2001: 道路橋耐風設計便覧. (社)日本道路協会, 240p
- 8) (社)日本道路協会, 2007: 道路橋耐風設計便覧. (社)日本道路協会, 295p
- 9) (社)日本建築学会, 2004: 建築物荷重指針・同解説(2004), (社)日本建築学会, 651p