

土木学会第1回年次学術講演會講演

(鉄道部 No. 5)

鉄道風害と其の防備對策に就て

(Trouble caused by Wind and its Protective Measures)
on the Railways.

菊地輝雄*

1. 緒言

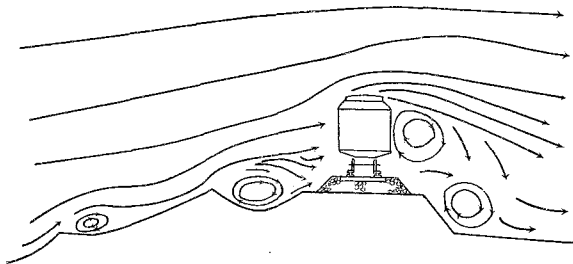
鉄道で最も惱まされ且つ莫大な損害を蒙つてゐるものは颶風と旋風による災害事故である。誠に鉄道開通以來記録ある主なる風害事故を調査して見れば、列車脱線顛覆事故 32 件、列車運転休止事故 101 件、列車遅延事故 18 件の多數に上つてゐる。就中、最も社會の耳目を驚動せしめたのは、明治 33 年 10 月 7 日に起つた東北本線箒川橋梁上に於ける第 375 列車の顛覆事故と、近くは昭和 9 年 9 月 21 日起つた瀬田川橋梁上に於ける旅客急行第 7 列車の脱線顛覆事故である。

前者は 18 輛編成中第 11 位の貨車緩急車以下 7 輛河中に顛落し、乗客死傷者 65 名中死亡者 26 名を算し、2 實に凄慘の極みであつた。又後者は復線箇所であつたため、上り線に支えられ河中に顛落を免れ得たが、乗客 30 名中、死傷せるものは 194 名で鉄道開通以來の特筆すべき大惨事と言はれてゐる。而して風害事故は總て颶風と旋風に依るものであつて、最近製造された鋼製ボギー車と雖、容易に吹き飛ばされる様な状態である。故に鉄道に於ては、此の大自然の暴威を如何にして制禦し得るかは最も重大なる問題であるが、之を解決するには先づ過去の暴風及風害事故の状況、更に進んでは其の原因をも探査して、之に依つて、如何にせば自然の悪戯を制禦し得るかを研究しなければならぬ。

以下所述の事は青森保線事務所管内に於て調査した實驗の概略を挙げたに過ぎぬのであるが、幾分でも御参考になれば幸甚である。

図-1. 車に對する風圧状態略図

(昭和 11 年 1 月風害の状態に依つて測定)



2. 鉄道風害の原因

風害事故の原因は車体の側面(図-1 参照)並に底面に及ぼす風圧と、車体の反対側に生ずる空氣の渦動の状態とに依つて風圧を受ける方の車輪は軌條を押す力が無くなる。故に列車は脱線するか顛覆するのであるが、更に風害事故を助勢するものに就て見れば、列車自身より起る振動及車輛の

構造、列車の組成、積荷の状態、重量、地形、線路の状態、季節風向或は速度の制限より起る衝撃等にも大なる關係がある。爰に風に依る列車顛覆を助長する以上の諸要項の中、二三に就て檢討して見る。

(1) 風と地形 鉄道風害事故に最も關係あるものは地形である。特に海岸線は何れも季節風の影響を受ける事

* 鉄道局技手 仙臺鉄道局盛岡保線事務所勤務 (昭和 12 年 4 月 10 日講演)

顯著であるが、就中列車顛覆の被害は主として突風に起因するものである。従つて突風の起り易き箇所が最も被害甚大なる理である。

今風害危険箇所を示せば、

- (イ) 常風の風路と線路が直角なる箇所。
- (ロ) 海岸に沿ひ線路の彎曲し風を絞る傾向ある箇所。
- (ハ) 風上が廣大なる平坦地、若しくは海、湖、沼にして線路附近に至りて兩側の山腹或は切取等が急に迫り、恰も漏斗狀（扇形）の地形狀態を呈する箇所。
- (ニ) 谷間に懸れる橋梁。
- (ホ) 山が海に突出したる箇所に注ぐ河口に懸れる橋梁。
- (ヘ) 風強き海岸にて森林の切れたる箇所。

等の如くである。

實例を以て説明すれば圖-2, 3 の如くである。

圖-2. 五能線鳴澤—鱒ヶ澤間 41km 600m 附近

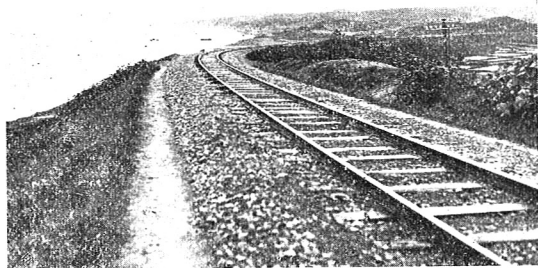
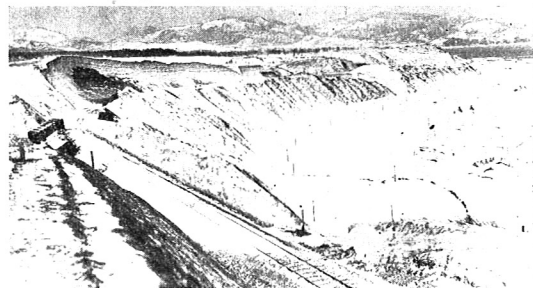


圖-3. 五能線鱒ヶ澤—陸奥赤石間 47km 150m 附近

昭. 6. 1. 10 第 9 列車及昭. 11. 1. 6 第 11 列車脱線顛覆事故現場の景（地形關係上風を絞る傾向ある箇所）



(2) **風と線路狀態** 線路は列車の横圧、縦圧に依つて絶えず破壊せらるゝものであるから軌條の高底、軌間及擴度は常に狂を生じて列車の左右動或は上下動を起し曲線の出入口或は路盤の軟弱なる箇所に於ては、特に其の感を深くする。而して此の小振動は車輛の構造（スプリングの性状及重心の位置）及列車運轉狀態と風の息の 2 條件と相俟つて、線路の動搖多き箇所は動搖少き箇所よりも風害事故を惹起する傾向を助勢するものと推察せらる。故に風害烈しき地方に於ては、凍上期間中、特に線路の保守を完全にしなければならない。

3. 暴風に對する處置

暴風天災事変に際し列車運轉を確保するには、氣象異変の現象が現出せざる以前に線路及建造物を警戒防護せしめる事である。特に風害の虞ある區域には、警戒員を置き絶えず風速の強弱及風向に注意せしめ、若し自己の判断で列車の運轉が危険であると認めたる時は、躊躇せず一時列車を安全地帯に停止する事が最も大切なる處置である。又空車は風害に罹り易い。青森保線事務所管内の過去の實例に依れば、總べて空車が脱線顛落し、其の影響を受けて他の車輛も脱線するに至つてゐる。故に暴風の際は成るべく危険區域箇所を運轉する列車には空車の廻送並に嵩高品積載貨車を絶対に連結せしめざる事が必要である。又積載貨車に於ても片荷ならざる様積込を嚴重に監視する事も風害事故を防止する一方法であると考へられる。

4. 防風施設

鐵道で最も恐れるのは颱風と旋風の襲來である。然るに暴風は人力にては到底制止する事が出来ない。故に其

の被害を最小限度に阻止せんとするには、防風施設を施すことが肝要である。防風施設として主なるものは、次の防風網、防風柵、防風林及防風堤の四つを擧げることが出来る。

(1) **防風網** 線路で最も風速の烈しい所は橋梁上である。即ち橋梁は比較的高い位置にあり、且つ何れの河川も障害物が無く、風通しが良い。風通しの良い理由としては、我國の山脈は大体中央に縦連してゐる爲、河川は南は太平洋に、西は日本海に入るので、河川の方位と季節風の風向とが稍々同一なるが爲と考へる事も出来る。従つて橋梁は他の箇所よりも一般に事故の實例が多い。昭和9年の關西の大風害による2箇列車の脱線、顛覆事故も、總て橋梁上であつた。而して橋梁上の脱線事故は他の箇所よりも被害甚大で、且つ復舊に困難である。

故に斯の如き危険箇所には、速急風害防止の施設をせねばならぬ。

今橋梁上の防風施設として、最も必要條件を擧ぐれば、

- (イ) 圧力の強い風を、列車運転上に支障を及ぼさざる風力に減殺し得る施設物なる事。
- (ロ) 其の施設物が荷重大にして橋梁の基礎を危くせざるもの(成るべく橋梁を利用せず新に工作する事)。
- (ハ) 施設物を工作するに餘り大なる經費を要せざるもの。
- (ニ) 防風施設物が風の圧力を受けて破損し、列車に支障を及ぼさざるもの。
- (ホ) 防風施設が乗客に對し雪圍や隧道の如く不快の念を懷かせざるもの。

以上の諸點より防風施設には、次に述べんとする防風網を架設して強風を弱風に減殺するのが最も適當であると考へる。

防風網としては金網張と實子網及棕櫚網張の3種類がある。

(a) 金網張： 金網張に就ては下記の4種類の丸型鉄線を以て、表-1の如く2mm目角、3mm目角、5mm目角、10mm目角、15mm目角の5種類の金網を造り、各網毎に風力の減殺状態を試験して見た。其の成績は次の如くである。

表-1. 各金網の風力減殺成績表

網目の大きさ	網の鉄線の太さ	各網の成績(百分率)				備 考
		3.0 mm	2.0 mm	1.5 mm	1.0 mm	
15 mm		19%	14%	10%	8%	鉄線 2 mm 以下はクリンプ型 網目は總て角目なり
10		29	23	16	11	
5		51	35	26	25	
3					31	
2					43	

前表の成績並に實驗の結果より考ふる時は、金網の風力を減殺する割合は、大体鉄線が太く且つ網目の小なる程減殺の度多く、鉄線の細きものは成績悪く、風通しが良いと言ふ事になつたのである。而して之等の金網は總て丸型鉄線で造られてある爲、風に對しては割合に抵抗少く、従つて風力を減殺する割合も亦少い事になる譯である。

(b) 實子網及棕櫚網張： 此の網は金網と異なり風の抵抗が多い。即ち針金は流線型で風の抵抗が極めて少いが、之に反して實子網又は棕櫚網は繩で造られたものであるから風の抵抗が非常に多い。此の實子網の繩の太さは3mm、網目30mmであつたが、其の成績は表-2の如くである。

表-2. 實子網の成績表

1 枚 張			2 枚 重 ね 張			3 枚 重 ね 張		
風 速	減 風	割 合	風 速	減 風	割 合	風 速	減 風	割 合
20.0 m	13.1 m	25%	18.6m	8.7 m	58%	17.8 m	4.3 m	76%

本表によれば實子網は金網に比較して遙かに有利である。而して此の網は金網に比較して非常に軽く、經費も低廉であるから防風施設としては最も適切なるものであるが、極めて腐朽し易く、且つ強風に際して破損し易き缺點がある。故に場所に依つては、先づ金網を下敷として張り、其の上に重ねて本網を架設せば、實子網の耐久力も單獨で使用するよりは遙かに有利となる。

(c) 防風柵及粗梁柵：(イ) 木柵 木柵は防風網より更に効果がある。而して此の柵は防風林とか防風生垣を設置するに困難なる箇所に施設するに適切なるものである。此の柵は図-4 の如く（風に對し約 60~70 度の角度が最適）施設する時は風力を 70~90% 減ずる事が出来る。

又此の柵は雪國地方に於ては吹雪防止柵の代用、或は防雪林の幼木保護柵、飛砂止柵としても効果あるもので、災害防止施設には最も適切なる施設にして、大いに奨励すべきものと信ずる。

図-4. 五能線鯉ヶ澤一陸奥赤石間 47km 150 m 附近防風柵の景（昭和 11 年度新設）

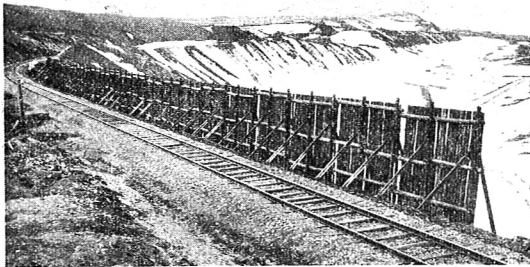
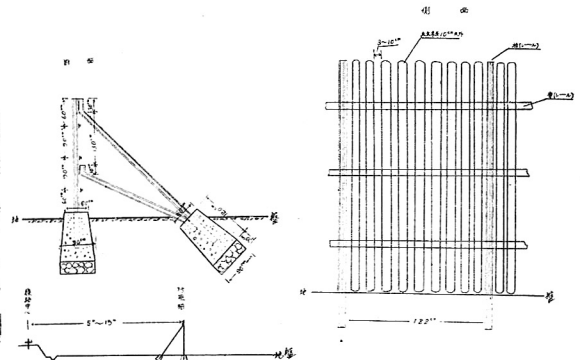


図-5. 防風柵之図



木柵の構造は、図-4 及図-5 の如く、柱の長さ 4m 内外の丈夫な丸太（末径 18cm 以上）又は古軌條を 1.8m 置き毎に深さ 90cm 以上（丸太掘建の場合は 1m 以上根入する事）根入をなし、根元はコンクリート付けとする。而して布には丸太或は古軌條を 1m 毎に 3 段に取付け、鉄線又はボルトにて結び付ける。控柱は各柱毎に兩側より取付け堅固にするのである。以上骨組が出来たならば、丸太（又は半截丸太）を 3~10cm 毎に建て並べた上、押丸太にて固く結び付ける。此の柵は柱及控布が堅固であれば他の丸太は如何なるものでも差支へない。此の柵に依る風力の減殺状態を試験したるに、約 80% 風力を阻止することが出来た。風害防止施設としては最も有効である。

尙ほ風力の減殺成績は表-4 に示す通りである。

(ロ) 竹柵：竹柵は唐竹径 30mm 長さ 3m の丸竹を 2 つ割となし、之を木柵同様骨組をなしたる上、丸太の代りに割竹を 3cm 置き毎に建て並べ、而して割竹の配列は風上に割目を向けた時と、之と反對に建て並べた時と 2 つの方法に就て防風試験をなした。

其の成績は表-3 の如くである。

以上の表に依り同種類の竹で割目を風上に向けた時と、之に反對に配列した時とを比較すれば 15% の差がある。即ち割目を風上にせば風の抵抗多く風力を弱める事となる。

(ハ) 竹の簀：竹の簀は笹竹又は篠竹径 10mm 長さ 4m 内外のものを間隔約 10mm 毎に藁繩又は棕欄繩を以て編みたるものである。之を前述の木柵の丸太の代りに取付け、防風試験をなした結果、約 44.7% 減殺する事

表-3. 割竹の防風試験成績表

割竹配列状態	割竹間隔	風力減殺割合 (百分率)
割目を風上	3 cm	59%
,, 風下	,,	38
差		15

が出来た。此の簀は金網より遙かに工費廉く防風設備としては最も有効なるものと思はれる。

(ニ) 防風林：暴風の烈しい地方には、根本的防風設備として防風林を造る事が最も良い。

防風林に植付ける樹種は、風に對する抵抗力の強い樹種を選定すればよい。尙樹種を選定するに當り特に注意を要する點を擧ぐれば

- (1) 其の土地の氣候風土に適するもの
- (2) 深根性のもの
- (3) 木質部が強いもの
- (4) 萌芽性のもの
- (5) 風の抵抗に強いもの
- (6) 成長の旺盛なるもの

以上の條件を具備するものを選定すれば、クロマツ、アカマツ、イタヤ、ネム、カシワ、エノキ、アカシヤ、クリ、ナラ、グミ等である。

以上の樹種は東北地方に適應せる樹種であつて、北海道、關西、九州或は其の他の地方に於ては多少異なる故、防風林設置に當りては、尙ほ研究を要するのである。

(ホ) 防風土堤又は防風擁壁：線路の状態及地形の關係上防風林を設置する事能はざる箇所には、防風土堤又は防風擁壁を築造するがよい。防風試験の土堤は高さ 2.6 m, 上幅 30 cm, 下幅を 2 m に築造した。此の土堤に依つて防風試験をなした結果、土堤の法尻（風下）1 m の箇所が 60%, 5 m の箇所が 70%, 10 m の箇所が 61% の割合に減殺せられてゐる。故に防風施設として最も効果あるものと思はれる。唯防風土堤は 10 m 内外が最も有効である故、積雪多き地方に於ては、風が減殺せらるゝ爲却つて雪が堆積し、雪害事故を惹起する事を考慮する必要がある。

5. 各防風施設の效果

以上述べたる各防風施設物を風害危険箇所に設置し、其の施設物より 1 m, 5 m, 10 m, 15 m, 25 m の 5 箇所風力を測定し、當時の風速と比較研究して見た。其の結果 1~5 m の箇所が風力弱く、防風施設物から遠ざかるに従つて、漸時風力も増加してゐる。

其の成績表-4 並に図-6 の如くである。

表-4.

防風施設種類	形状寸法	平均風速 m/sec	風力減殺割合(百分率)					備考
			測定箇所					
			1 m	4 m	10 m	15 m	25 m	
金網	金網 2 枚張徑 3.0 mm 網目 10 mm	14.6	30.0%	33.0%	26.0%	21%	15%	2 枚重ね
”	金網 1 枚張徑 2.0 mm 網目 10 mm	15.0	22.0	23.0	18.0	17	12	
”	” 2.0 mm ” 15 mm	15.0	18.0	18.0	15.0	13	10	
木柵	丸太の太さ 30 mm 間隔 30 mm	21.0	80.0	80.0	72.2	60	57	網目を風上、 ” 風下
竹柵	竹の太さ 10 mm ” 10 mm	18.0	44.7	43.0	39.0	27	23	
”	” 30 mm ” 30 mm	15.0	53.0	53.7	50.1	43	34	
”	” ” ”	14.7	38.0	37.0	35.0	27	25	
土堤	高さ 2.6 mm	20.0	60.0	70.0	61.0	30	10	

6. 結論

以上は風害防止の實驗の大略を述べたのであるが、最後に簡単に災害を防止するに當り最も必要なる條件を擧ぐれば、

- (1) 風害危険箇所には防風施設をすること。

- (2) 風害危険箇所には風速計を設置すること。
- (3) 気象異変の場合は警戒員を配置すること。
- (4) 風速(秒速) 20m 以上の場合には列車の組成を変更し、空車及嵩高品積載貨車の廻送を厳禁すること。
- (5) 風速(秒速) 30m 以上の場合には列車の運転休止をすること。
- (6) 線路の保修を完全にし、且つ改良を計ること。
- (7) 列車の運転を円滑にすること。
- (8) 車輛の改良並に修繕を完全にすること。
- (9) 気象専門技術員を配置し、且つ一般職員に気象智識を涵養すること。

以上の如くである。而して第1項の防風施設(橋梁以外)としては差當り防風柵を図-4の如く線路中心より5~10m

の箇所に設置し、同時に其の箇所には永久的施設として防風林を設置する事が必要である。然れども地形其の他の關係上防風林を設置する事能はざる箇所には、防風柵又は防風生垣を設置するがよい。

又橋梁の防風施設としては防風網を架設するのであるが、前述の防風金網にては風力を減殺する事が少い故之の缺點を補ふには金網の上に竹簧を併用して有效ならしむるか又は金網の代用として幅3~5mm位の細鉄板を以て金網の如きものを製作するか或は平鉄板を金網の網目の如く打抜きたるものを使用せば風の抵抗面積が多いため、従つて風力の減殺度も多く無いかと考へらる。

尙本問題に就ては將來共一層の研究を重ね、有効に解決せらるゝの時期に到達せん事を希望して止まぬのである。

図-6. 各防風施設物の風力減殺状態、風の流状態略図

