

風による索道事故分析およびその対策について

交通システム部

佐藤 久雄

細川 成之

千島 美智男

1. まえがき

架空されたロープに搬器を懸垂させて輸送を行う、いわゆる索道システムは、急勾配に強いことや支柱間の線路長を長く設定できることなどの理由により、山間部の観光地やスキー場での旅客の輸送用に多く使用されている。また、近年、その特徴を生かして、臨海部や、丘陵地の大団地と鉄道駅との交通アクセス用等の都市交通機関への利用も見込まれている。

このような索道システムにおいて重要と考えられている技術課題の一つが、搬器の風対策である。風による過大な搬器動揺は、搬器の支柱との衝突、あるいは、搬器落下といった重大な事故に結びつく可能性があり、搬器の風対策を図ることにより、輸送の安全性および信頼性をより高めることが求められている。

一方、風による索道事故の現状を把握し分析を行うことは、風対策を考える上で重要と考えられるが、これまで、統計的に詳細な分析を行った文献は見受けられない。

本報では、まず、我が国においてこれまでに発生した索道事故の状況、および、海外の索道事故の現状について分析する。その後、我が国において風により発生した索道事故の内容について、統計的に詳細な分析を行った結果を報告する。さらに、現在実施あるいは検討されている風対策の方法について述べる。

2. 索道における輸送の状況と索道事故について

索道の種類としては、閉鎖式の搬器を使用する普通索道といす式の搬器を使用する特殊索道に分けられる。普通索道としては、交走式の索道やゴンドラリフトなどがあげられ、特殊索道としては、チェアリフトや滑走式のリフトがあげられる。

我が国の索道の設置基数の推移をFig.1に、輸送人員の推移をFig.2に示す。現在の設置基数は、約3,000基であり、その約94%が特殊索道であり、約6%が普通索道となっている。また、2000年度の輸送人員は、約5億6千万人であり、その約89%が特殊索道であり、約11%が普通索道となっている。

一方、索道運転事故の推移をFig.3に示す。運転事

故は、年平均で約18件の発生となっている。

索道の運転事故は、鉄道事故等報告規則により、次の5項目に定められている。(1)索条切断事故、(2)搬器落下事故、(3)搬器衝突事故、(4)搬器火災事故、(5)索道人身障害事故である。ここに、索道人身障害事故は、搬器の運転により人の死傷を生じた事故(前各号の事故に伴うものを除く)である。

1990年から2000年までに発生した索道運転事故

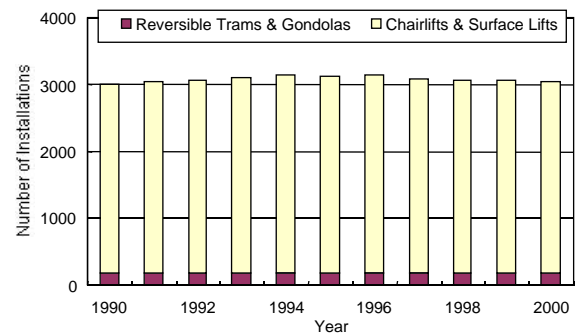


Fig.1 Number of Ropeway Installations

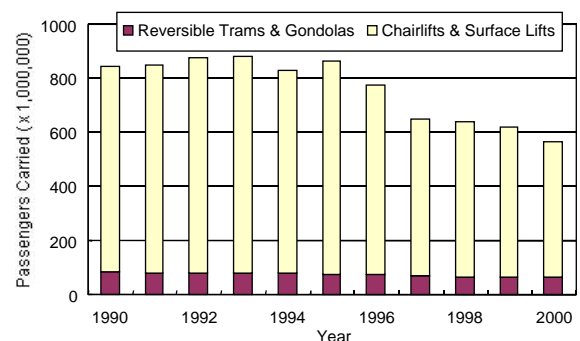


Fig.2 Passengers Carried in Ropeways

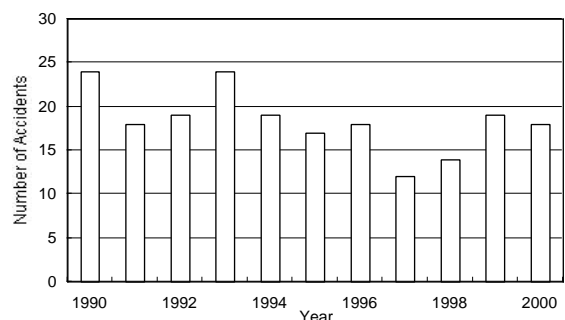


Fig.3 Number of Ropeway Accidents

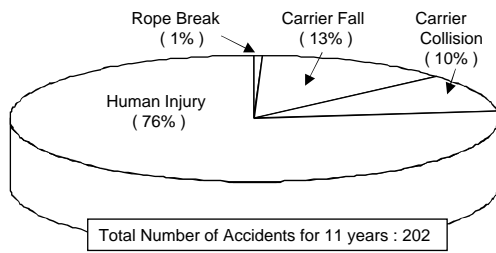


Fig.4 Contents of Ropeway Accidents

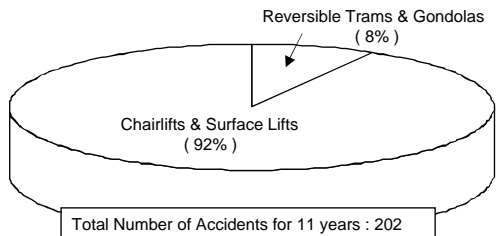


Fig.5 Types of Ropeways in Ropeway Accidents

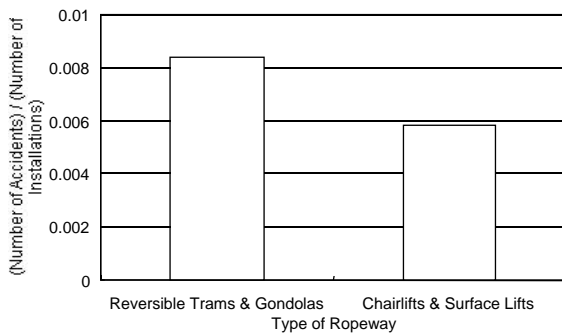


Fig.6 Ratio of "Number of Accidents" to "Number of Installations" in Each Type of Ropeway

での事故内容別の割合をFig.4に、索道の種類別割合をFig.5に示す。運転事故の事故内容別割合は多い順に、人身障害事故76%、搬器落下事故13%、搬器衝突事故10%、索条切断事故1%となっている。人身障害事故の占める割合が高いが、ここでの人身障害事故のほとんどは、乗客の不注意あるいは係員の対応不備で発生したものである。また、運転事故の索道種類別割合は、特殊索道が圧倒的に多く92%、普通索道が8%となっている。

一方、1施設当たりの平均的な年間運転事故件数について、索道の種類別に比較したものがFig.6である。普通索道では0.0084件/基、特殊索道では0.0058件/基となっており、1施設当たりの運転事故の発生件数としては、普通索道の方が約1.4倍高くなっていることがわかる。

また、索道運転事故における死傷者数の推移をFig.7に示す。運転事故における死傷者数は、年平均で31人となっている。

1990年から2000年までに発生した索道運転事故

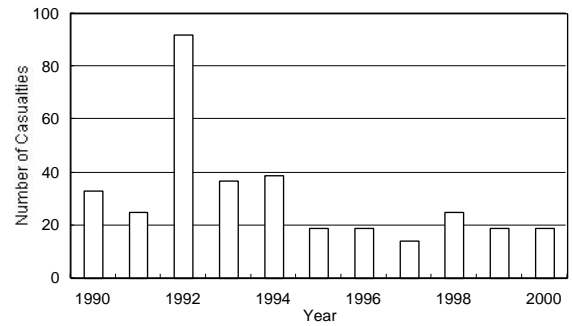


Fig.7 Casualties in Ropeway Accidents

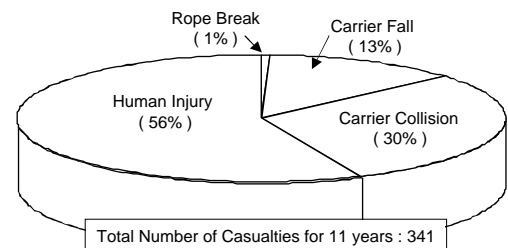


Fig.8 Contents of Accidents in Casualties of Ropeway Accidents

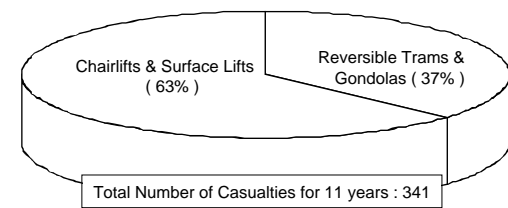


Fig.9 Types of Ropeways in Casualties of Ropeway Accidents

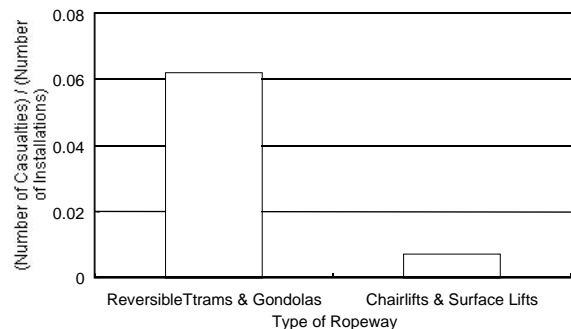


Fig.10 Ratio of "Number of Casualties" to "Number of Installations" in Each Type of Ropeway

における死傷者数の、事故内容別の割合をFig.8に、索道の種類別割合をFig.9に示す。死傷者数の事故内容別割合は多い順に、人身障害事故56%、搬器衝突事故30%、搬器落下事故13%、索条切断事故1%となっている。また、死傷者数の索道種類別割合は、特殊索道で63%、普通索道で37%となっている。

一方、1施設当たりの平均的な年間死傷者数について、索道の種類別に比較したものがFig.10である。普通索道では0.062人/基、特殊索道では0.0068人/

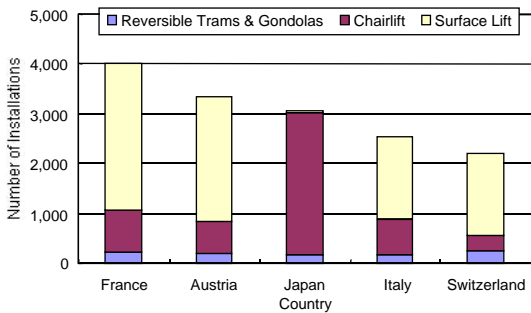


Fig.11 Number of Ropeway Installations in Main Ropeway Countries in 1998

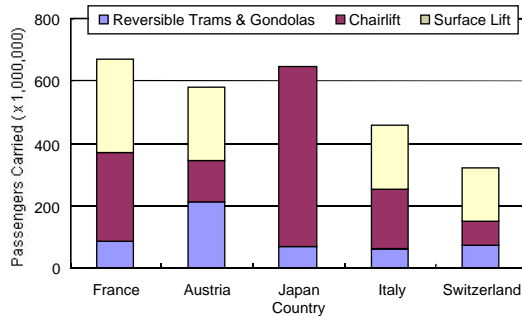


Fig.12 Ropeway Passengers Carried in Main Ropeway Countries in 1998

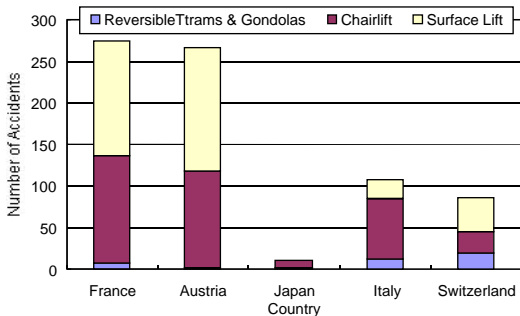


Fig.13 Number of Ropeway Accidents in Main Ropeway Countries in 1998

基となっており、1施設当たりの死傷者数としては、普通索道の方が約9倍高くなっていることがわかる。

海外の索道事故の状況については、ITTAB(索道関係監督当局国際会議)という政府レベルの国際会議において、各国の状況が報告・討議されている。1998年における主要国の索道の設置基数をFig.11に、また、輸送人員をFig.12に示す。主要国としては、設置基数の多い上位5か国とした。索道の設置基数については、フランスが最も多く約4,000基、続いてオーストリア、日本、イタリア、スイスの順となっている。索道の設置状況の大きな特徴としては、ヨーロッパでは滑走式のリフトが圧倒的に多いことがあげられる。

また、1998年における主要国の索道運転事故件数をFig.13に、1施設当たりの運転事故件数をFig.14に示す。運転事故の定義は国により若干異なるため、

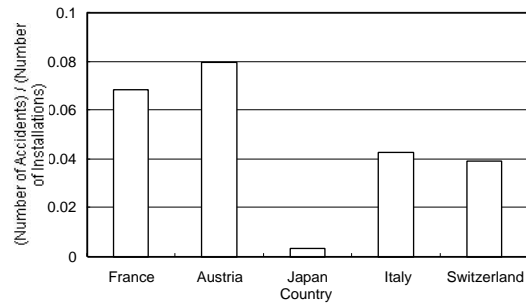


Fig.14 Ratio of "Number of Accidents" to "Number of Installations" in Each Ropeway Country in 1998

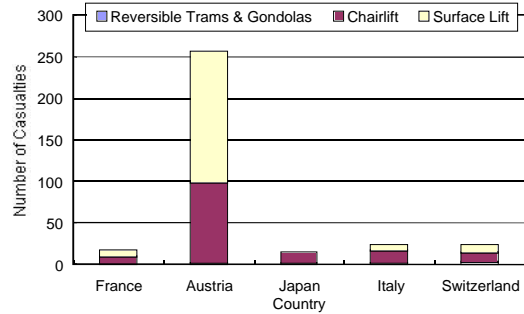


Fig.15 Casualties in Ropeway Accidents in Main Ropeway Countries in 1998

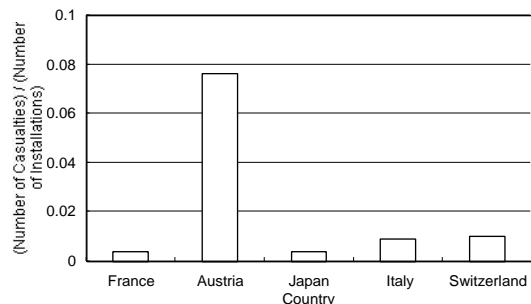


Fig.16 Ratio of "Number of Casualties" to "Number of Installations" in Each Ropeway Country in 1998

一律に比較できないが、運転事故件数は、フランスとオーストリアで多いことがわかる。1施設当たりの運転事故件数も同様な傾向を示している。

一方、1998年における主要国の索道運転事故での死傷者数をFig.15に、1施設当たりの死傷者数をFig.16に示す。索道事故における死傷者数は、オーストリアで多いことがわかる。1施設当たりの死傷者数も同様な傾向を示している。

3. 風による索道事故分析

我が国における1990年から2000年までに発生した風による索道運転事故件数の推移をFig.17-1に、風による運転事故件数の割合をFig.17-2に示す。風による運転事故は23件発生しており、全体の運転事故の約11%を占めていることがわかる。

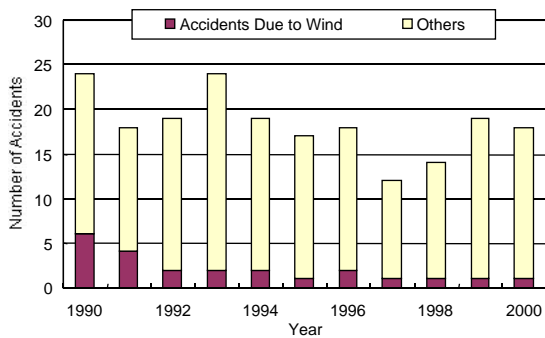


Fig.17-1 Number of Ropeway Accidents Due to Wind

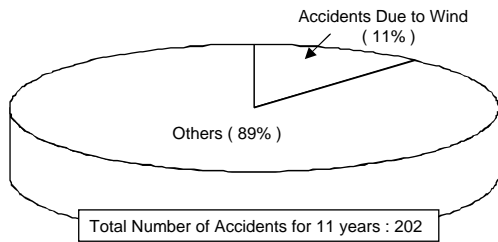


Fig.17-2 Ratio of Ropeway Accidents due to wind

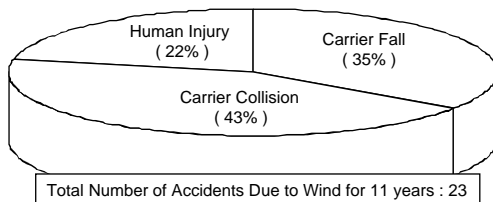


Fig.18 Contents of Ropeway Accidents Due to Wind

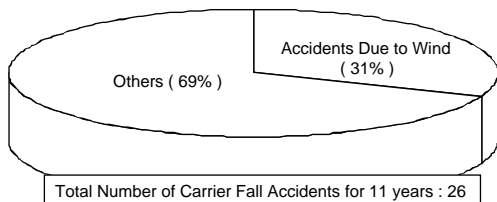


Fig.19 Ratio of Carrier Fall Accidents Due to Wind

また、1990年から2000年までに発生した風による索道運転事故における事故内容別割合を Fig.18 に示す。風による運転事故の事故内容別割合は多い順に、搬器衝突事故 4 3 %、搬器落下事故 3 5 %、人身障害事故 2 2 %となっている。

索道における重大運転事故としては、搬器落下事故および搬器衝突事故があげられる。全体の搬器落下事故の中での風による事故の割合を Fig.19 に、全体の搬器衝突事故の中での風による事故の割合を Fig.20 に示す。風による搬器落下事故は、全体の搬器落下事故の 3 1 % を占め、風による搬器衝突事故は、全体の搬器衝突事故の 5 0 % を占めている。風による運転事故は、索道における重大運転事故のかなりの割合を占めていることがわかる。

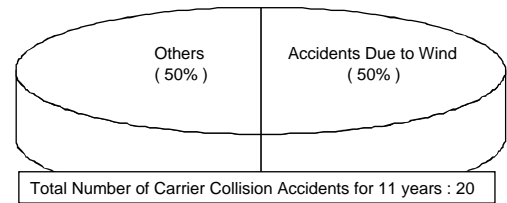


Fig.20 Ratio of Carrier Collision Accidents Due to Wind

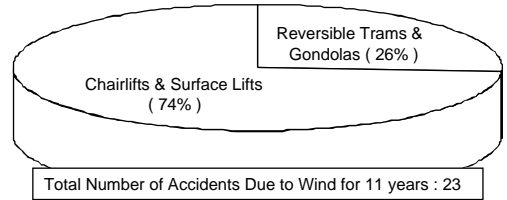


Fig.21 Types of Ropeways in Ropeway Accidents Due to Wind

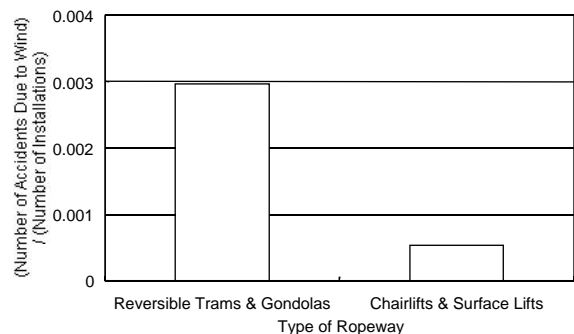


Fig.22 Ratio of "Number of Accidents Due to Wind" to "Number of Installations" in Each Type of Rope

風による索道運転事故における索道の種類別割合を Fig.21 に示す。また、1 施設当たりの風による平均的年間運転事故件数について、索道の種類別に比較したものを Fig.22 に示す。風による運転事故の索道種類別割合は、特殊索道が 7 4 %、普通索道が 2 6 % となっている。一方、1 施設当たりの風による平均的年間運転事故件数は、普通索道では 0.0030 件 / 基、特殊索道では 0.00054 件 / 基となっており、普通索道の方が約 5 . 5 倍高くなっていることがわかる。

また、風による索道運転事故における死傷者数の推移を Fig.23-1 に、風による運転事故における死傷者数の割合を Fig.23-2 に示す。風による運転事故における死傷者数は 4 1 人であり、全体の死傷者数の約 1 2 % を占めていることがわかる。

風による索道運転事故における死傷者数の、事故内容別の割合を Fig.24 に示す。風による運転事故における死傷者数の事故内容別割合は多い順に、搬器落下事故 4 4 %、搬器衝突事故 3 7 %、人身障害事故 1 9 % となっている。

風による索道運転事故における死傷者数の索道種類

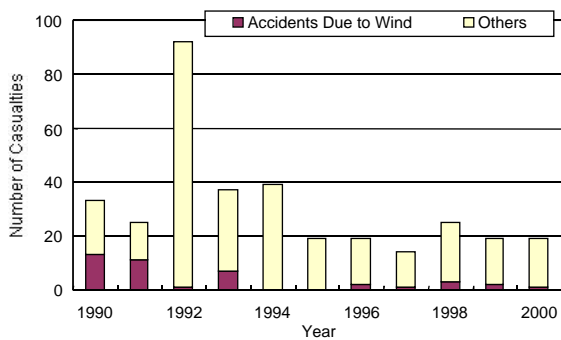


Fig.23-1 Casualties in Ropeway Accidents Due to Wind



Fig.26 Ratio of "Number of Casualties in Accidents Due to Wind" to "Number of Installations" in Each Type of Ropeway

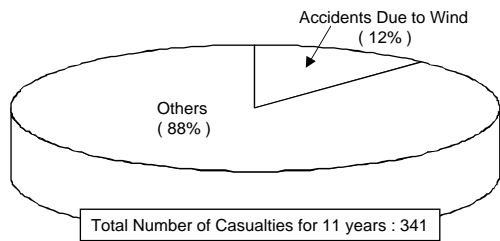


Fig.23-2 Ratio of Casualties in Ropeway Accidents Due to Wind

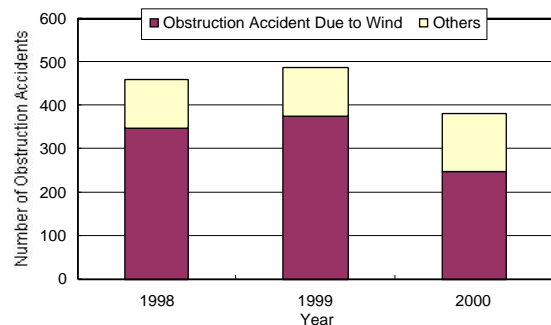


Fig.27-1 Operation Obstruction Accidents Due to Wind

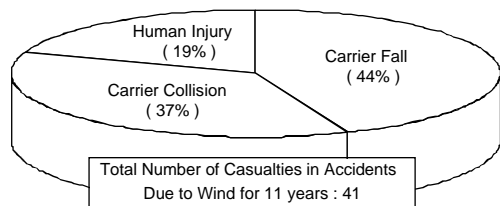


Fig.24 Contents of Accidents in Casualties of Ropeway Accidents Due to Wind

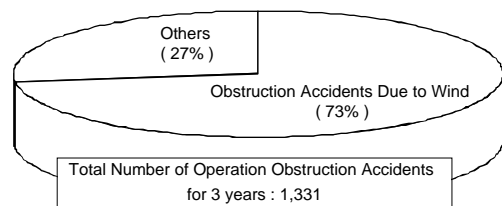


Fig.27-2 Ratio of Operation Obstruction Accidents Due to Wind

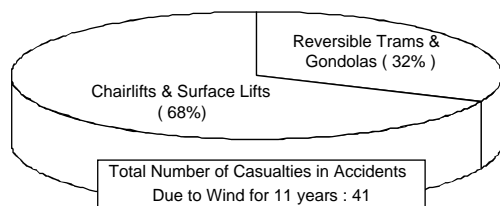


Fig.25 Types of Ropeways in Casualties of Ropeway Accidents Due to Wind

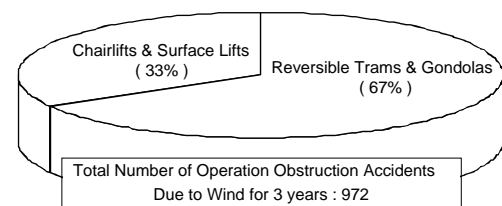


Fig.28 Types of Ropeways in Operation Obstruction Accidents Due to Wind

別割合をFig.25に示す。また、1施設当たりの風による運転事故における平均的年間死傷者数について、索道の種類別に比較したものをFig.26に示す。風による運転事故における死傷者数の索道種類別割合は、特殊索道が6.8%、普通索道が3.2%となっている。一方、1施設当たりの風による運転事故における平均的年間死傷者数は、普通索道では0.0064人/基、特殊索道では0.0088人/基となっており、普通索道の方が約7.3倍高くなっていることがわかる。

索道の事故については、「運転事故」以外に「運転

阻害事故」が鉄道事故等報告規則に分類されている。この運転阻害事故は、搬器の運転に阻害を生じた事故で、24時間以上運転を支障したものである。

1998年から2000年における風による運転阻害事故件数の推移をFig.27-1に、風による運転阻害事故件数の割合をFig.27-2に示す。風による運転阻害事故は972件発生しており、全体の運転阻害事故件数の約73%を占めていることがわかる。

風による運転阻害事故における索道種類別割合をFig.28に示す。また、1施設当たりの風による平均的

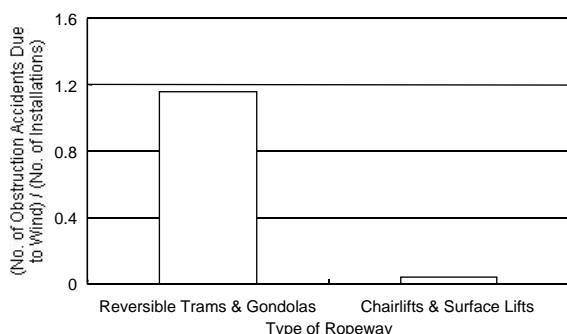


Fig.29 Ratio of “Number of Operation Obstruction Accidents Due to Wind” to “Number of Installations” in Each Type of Ropeway

年間運転阻害事故件数について、索道の種類別に比較したものをFig.29に示す。風による運転阻害事故の索道種類別割合は、普通索道が67%、特殊索道が33%となっている。一方、1施設当たりの風による平均的年間運転阻害事故件数は、普通索道では1.16件/基、特殊索道では0.038件/基となっており、普通索道の方が約31倍高くなっていることがわかる。このように運転阻害事故においては、“風による運転阻害事故件数”および“1施設当たりの風による運転阻害事故件数”の両者で、普通索道の場合に顕著に高いことが大きな特徴となっている。これは、一般的に普通索道の場合、搬器の構造あるいは線路の設置条件等により、風の影響を受け易くなっているからであると考えられる。

4. 索道における風対策の方法について

風による索道事故の分析結果が示すとおり、風による事故は重大な事故に結び付いていることがわかる。これは、索道においては搬器がロープにより吊された構造をしており、風により揺れやすいことが大きな要因となっていると考えられる。

また、索道を運転する場合において、突風を予測し、運行を停止または減速することは非常に難しいと考えられる。通常は、風の強いと思われる支柱等に風速計を設置するわけであるが、特定の支柱の風速計で全線にわたり予測することは、物理的に難しいと考えられる。さらに、風は地形だけでなく、気象状況によっても変動する。突然の気象状況の変化を含めて、風を予測し、運行を停止する時期を的確に判断することは極めて難しいと言わざるを得ないのが現状である。

ハード面およびソフト面から現在実施、あるいは、検討されている方法がいくつかある。(1)防風ネット、防風林を設置する方法、(2)搬器にウエートを搭載する方法、(3)搬器の空力特性の向上をはかる方法

1)、(4)搬器に制振装置を装着する方法²⁾³⁾⁴⁾、(5)搬器の運行停止風速の適正化をはかる方法⁵⁾⁶⁾等の方法である。どの方法も有効な方法であるが、実際には、設置場所、設置スペース、重量増、コスト、電源供給、メンテナンス等の制約の中で使い分けていくことになると考えられる。今後は、これらの方法のより高度化、あるいは、より広範囲に有効な方法の開発が期待されている。

5. まとめ

風による索道事故の分析結果について特徴的な点をまとめると、次のとおりである。

- (1)風による運転事故件数は、全体の運転事故件数の11%である。
- (2)風による運転事故の事故内容別割合は、搬器衝突事故43%、搬器落下事故35%である。
- (3)風による搬器落下事故件数は、全体の搬器落下事故件数の31%を占め、風による搬器衝突事故件数は、全体の搬器衝突事故件数の50%を占める。
- (4)風による運転事故件数は、特殊索道で多く、普通索道の場合の2.8倍であるが、1施設当たりの風による運転事故件数は、逆に、普通索道で多く、特殊索道の場合の5.5倍である。
- (5)風による運転阻害事故件数は、全体の運転阻害事故件数の73%を占める。
- (6)風による運転阻害事故件数は、普通索道で多く、特殊索道の場合の2.0倍であり、1施設当たりの風による運転阻害事故件数も普通索道で多く、特殊索道の場合の31倍である。

風対策は、索道にとって重要な技術課題の一つである。安全対策に完全ということはない。ハード面およびソフト面から、一層の安全対策が施されて、より安全でより快適な交通機関としての索道の発展を期待したい。

(参考文献)

- 1) 佐藤他：交通研報告、第30号、2001.2、p25
- 2) 松久他：日本機械学会論文集、59巻、562号、1993.6、p115
- 3) 星尾他：三菱重工技法、31-3、1994、p213
- 4) H.Sato: ASME, DE-Vol.106, 2000.11, p175
- 5) 佐藤他：交通研報告、第26号、1998.8、p13
- 6) 佐藤：第28回交通研発表会講演概要、1998.11、p9
- 7) 索道事故の防止対策に関する報告書、第1号(1993.3)～第9号(2001.8)