

風に対するロープウェイの安全性向上に関する研究

— 研究動向および当所での研究の概要について —

交通システム研究領域
自動車安全研究領域

※佐藤久雄 千島美智男
細川成之

1. はじめに

ロープウェイとは、架空したロープに搬器を吊して旅客又は貨物を運搬する輸送システムである。本報では、ロープウェイの現状について述べるとともに、ロープウェイにおける課題としての「風に対する安全性の向上」に関して、当研究所でこれまで取り組んできた研究の概要について述べる。

2. ロープウェイの現状

我が国におけるロープウェイは、現在、その設置基数は約3,000基（リフトを含む）であり、フランス、オーストリアに次いで世界第3位となっている。輸送人員は年間約4億5,000万人に及んでいる。

ロープウェイの特徴は、急勾配への対応が可能なこと、支柱の間隔を長くとれるので谷や水路などの横断に有利なこと等があげられる。この特徴を生かして、丘陵地や臨海部の交通アクセス用など、幅広い用途への展開が期待されている。この応用例としては、海外では米ニューヨーク市（Fig.1）等に、日本では「愛知万博」（2005年）等に見ることができる。

一方でロープウェイの弱点は、比較的、風に弱いことである。搬器はロープにより吊され、風に揺れやすい構造となっており、風により搬器が大きく揺れた場合、支柱に衝突するといった事故に結びつく可能性もある。ロープウェイでは、風対策は重要な技術課題となっている。

3. 当研究所での研究の概要

当研究所では、風に対するロープウェイの安全性向上に関する研究をこれまで行ってきており、以下にその概要について述べる。



Fig.1 Ropeway in New York

3. 1. 風による事故分析

ロープウェイにおける風に対する安全性の向上を検討する上で、風による事故の現状を把握し分析を行うことは非常に重要である。これまで、ロープウェイ事故について、風により発生した事故に着目し、複数年度にわたる事故データについて統計的に分析し、その特徴等について考察を行った文献は見受けられない。

そこで、1990年から2000年までの11年間のロープウェイ事故データから、風による事故を抽出し分類を行うとともに、その内容について統計的に分析し、その特徴を明らかにした⁽¹⁾。

その結果、風による運転事故は、搬器衝突事故や搬器落下事故といった重大事故に結びつく割合が高いこと、1施設当たりの風による運転事故件数の割合は、普通索道で高く、特に、単線式で高いことなどが明らかになった。

3. 2. 実搬器の風洞実験

風による事故分析結果に示されるように、風による運転事故は、搬器の支柱との衝突、あるいは、搬器落下といった重大事故に高い確率で結び付いており、風に対するロープウェイの安全性向上を検討するには、まず、搬器の空力特性や耐風性（特に、横方向の特性）について把握しておくことが重要である。一方、ロープウェイ関係では、搬器横方向の空力特性や耐風性に関して詳細な風洞実験を行った文献は見受けられない。

そこで、搬器横方向の空力特性や耐風性を把握することを目的に、実搬器の風洞実験を行った。風洞実験の状況をFig.2に示す。

実搬器の風洞実験については、風による事故の発



Fig.2 Circumstances of wind tunnel experiment

生確率の高い単線式普通索道の搬器について、代表的な2型式の搬器を選定し、横風に対する搬器の空力特性および耐風性を明らかにした⁽¹⁾。耐風性については、空車状態では満車状態に比べて2～3倍振れ易いこと等の結果を得た。

3. 3. 空力的方法による耐風性向上の検討

搬器の耐風性向上を図る方法としては、地上側での方法(防風柵や防風ネットなど)と搬器側での方法があげられ、搬器側での方法としては、搬器に空力付加物を装着することにより搬器の空力的特性を改善する方法が考えられる。この方法は、実施面では、既存の搬器の形状を変更することなく比較的容易に行え、性能面においても、風とともにその効果が増大することが期待され、搬器の耐風性向上のために好ましい方法と考えられる。これまでこの方法による搬器の耐風性向上の可能性について検討された文献は見当たらない。

そこで、空力付加物装着による搬器の耐風性向上の可能性について、模型搬器を用いた風洞実験により検討を行い、フェアリングやウイングの空力的効果を明らかにした⁽²⁾。空力的な効果については、最大約30%程度の向上効果が認められた。

3. 4. 減衰装置装着による耐風性向上の検討

搬器の耐風性向上を図る方法としては、空力的方法の他に、動揺減衰装置を搬器に装着する方法が考えられる。ロープウェイ用の動揺減衰装置としては、電源が不要なパンプ方式の装置がより現実的と考えられ、質量しゅう動式の装置が実用化され、順次導入されつつあるところである。実用化されたロープウェイ用の減衰装置では、可動質量に対する減衰力付与は磁気ダンパを用いた機構が採用されており、部品点数もやや多くなるとともに、比較的高価な装置となっており、現状では、減衰装置の価格が搬器の価格と同程度以上になることもあるなどにより、必ずしも装置の普及が進んでいない。

そこで、可動質量への減衰力の付与が自己生成される減衰装置として、二つの球を可動質量に使用した減衰装置の提案を行うとともに、本装置のパラ

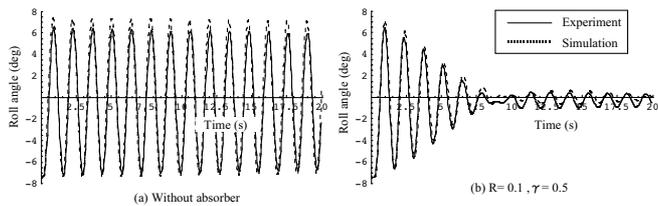


Fig.3 Effect of proposed damping equipment

メーターの調整方法を明らかにした⁽³⁾。また、本装置の効果についてシミュレーションおよび模型実験を行い、その効果 (Fig. 3) を確認した。

3. 5. 運転限界風速の推定方法に関する検討

ロープウェイ関係では、搬器の運行停止風速は、主として経験的に決められており、風のもとでの運転保安の向上のためには、データに基づいた決定方法が必要と考えられる。即ち、ロープウェイ施設における風特性を把握するとともに、風に対する搬器の動揺特性を把握し、さらには、風のもとでの搬器の運転限界風速を事前に検討し、適切な運行停止風速を決定することが重要と考えられる。

そこでまず、ロープウェイの施設における風特性等を明らかにするために、二つのロープウェイの施設における風特性等の調査解析を行った。また、この結果に基づき、搬器の風応答シミュレーションを行い、強風時における運転限界風速を推定する方法について提案を行った⁽⁴⁾。さらに、二つのロープウェイの施設における運転限界風速の検討例について示した。検討結果の一例をFig. 4に示す。この運転限界

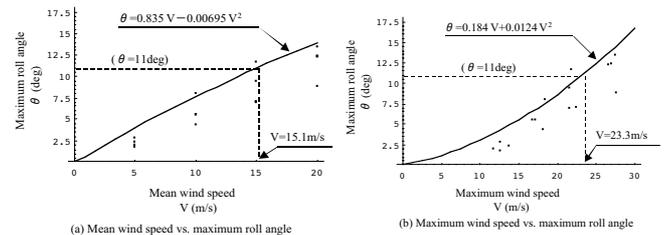


Fig.4 Limit wind speed of operation for carrier (A)

風速の推定方法については、実際の施設での運転停止風速を決定する際に、有効な方法の一つになると考えられる。

4. おわりに

安全対策に完全ということはない。特に、風対策は、ロープウェイにとって重要な課題の一つである。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ロープウェイの発展を期待したい。

(参考文献)

- (1) 佐藤他、機論、72-718、B(2006)、1456-1464
- (2) 佐藤他、機論、72-718、B(2006)、1465-1474
- (3) H. Sato, et al., ASME 2006, (2006-11)
- (4) 佐藤他、機論、71-704、C(2005)、1207-1214