

鋼索交通機関における鋼索の安全係数

安 藤 栄*

1. はしがき

鋼索を使用して旅客を運送している交通機関に、鋼索鉄道 (Cable-Car) と索道 (Rope-way) とがある。前者は、急勾配の線路上を鋼索に繋結された車両が山頂にある巻上機により巻き上げられることによって運転される鉄道であり、後者は、空中に鋼索を架張し、これに旅客または貨物を積載した搬器 (車両) を吊し、巻上機によって運転される施設である。これらは最近観光ブームの波に乗ってさかんに各地に設置され、観光地不可欠の施設となっている。特に索道では、その構造によって、地上高く架張された鋼索に閉鎖式搬器 (ゴンドラ) を吊した普通索道と、地面上低く架張された鋼索に椅子式搬器を吊した特殊索道、俗に夏山リフト、またはスキーリフトといわれるものがある。

このような構造物の主要な役割を演じているものが鋼索 (Wire-Rope) である。鋼索には、その使用方法によって、いろいろの構造をもった多くの種類があり、これらの鋼索の破断時期を究明することは非常に困難とされている。これは、またおもに使用年数、線路状況、荷重、天候、気温などの環境に支配され、摩耗、疲労、および腐蝕の3つの直接原因によって、その鋼索の寿命が決定されるのである。

こうしたむずかしい要素をふくむため、鋼索の設計時の安全係数を定めることは、なかなかむずかしい問題を持っており、たとえば鋼索の弾性係数の値とか、鋼索の曲げの式とか、鋼索の破断力がストレスかといういろいろの問題点がある。鋼索も、その引張力のみを利用して使用される場合は、安全係数の問題も簡単に解決できるが、多くの場合鋼索に曲げをともなって使用される。しかして、実用上引張応力不足によって鋼索が切断する場合よりも、過大な曲げ応力を受けて切断する場合がはるかに多いのである。一般に鋼索については今日まで引張応力のみを重視して、曲げ応力については考慮されない傾向があったが、われわれが取り組んでいる鋼索交通機関であるケーブルカーとロープウェイとは、これらの問題を解決して、前者は、昭和31年、後者は昭和32年にそれぞれ引張応力と、曲げ応力との安全係数を確立してこれらを使用している。この使用実績は、その後いづれも良い成績を得ているので、この安全係数には自信を

* 正員 運輸省鉄道監督局民営鉄道部土木課

深めた次第である。したがって、これらの数値の決定までの経緯を述べて参考に供することとする。また、この経緯については、昭和35年11月日本鋳業会主催のワイヤーロープ研究会で、その一部を講演したことを付記しておく。

2. 安全係数の考え方

一般に構造物の安全度または、保安度はいかにして定めるべきであるかということに対しては、いろいろの不可解なものをふくんでいるものほど、その安全度すなわち、安全係数は高い数値をとるのが、一般の考え方である。しからば、こうした不可解なものが解明できれば、その数値は1.1あればよいことになるのであるが、実際はそのようにならないのである。それは、このほかに重要な要素として社会の情勢というか、環境というか、あるいはまた社会の一般水準というか、このようなわれわれの周囲の状況に左右され、これを考慮しなければならぬという大きな問題がある。この問題は、その構造物をつくる側、または運用する側の誠実さと、これと反対の立場にある利用する人々のこれに対する信頼という二つ、すなわち、誠実と信頼とがしっかりと結合されたときこそ解決されることであるが、わが国では、まだこの解決策は至難と考えるものである。ことに、われわれが取り組んでいる特殊交通機関である鋼索交通機関に至ってはなかなかの難問題である。この交通機関が一度事故をひき起こすと、その社会的反響はなかなか手きびしく、したがって、一般大衆の事故への恐怖というものは、スリルに富んだ交通機関だけに大きなものがあり、これに対する安全度の要求は切実なものがある。地上の一般鉄道のごとく車両が線路からはずれれば当然脱線するという観念と、索道の搬器が支索からはずれても墜落すべきでないという観念と、また鋼索鉄道において鋼索が切断しても、車両が山下に落下すべきでないという観念など、地上一般鉄道と特殊交通機関とに社会の人達の抱いている観念に相当の開きがある。したがって、これらの事故が新聞紙上を賑わす程度は、地上一般鉄道に対し、特殊交通機関は特殊であるだけにセンセーショナルに大きくとり扱われているのが普通である。こうした考えは同じ交通機関に対し科学的知識をもってすれば、社会は同一程度の批判が可能であるはずである。しかしながら、今日の段階では、こうしたことが不可能な情勢である以

上特殊交通機関への安全度というものは社会情勢を考慮し、さらに慎重を期せざるを得ないものがある。

しからば、安全係数の数値をいくらにとるべきであるかということはなかなかむずかしいことである。われわれの知っている範囲の構造物についても、どうしてその数値を採用したのか全くわからないものがある。ただ、わかっていることは、長い実績でその数値を採用して安全が確認されたということ以外にはないと考えるものである。今回、安全係数の制定についても 20 年以上の実績をもとにして、このような式で計算して、このような安全係数の値をもっている鋼索の状態を観察して、その安全が確認できたという貴重な実績以外にはないとということである。そして、その値が他の構造物の安全係数と比較しても妥当であり、この種交通機関の発達している外国の資料によっても大体の妥当性が確認されて初めて採用に踏み切ったのである。

3. 索道の安全係数

昭和 32 年 5 月 18 日運輸省令第 16 号で索道規則の大改正を行ない、おもに、構造建設の規定の改正に主力をそそぎ、そのさい索道に使用する鋼索の安全係数の値を新たに制定したのである。

(1) 旅客索道の安全係数

索道規則に規定されている鋼索の安全係数、および鋼索鋼線の条件はつぎのとおりである。

(a) 静止している支索の安全係数

$$\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b1}} > 3.5 \quad \text{この場合} \quad 6 > \frac{\sigma}{\sigma_t} > 4$$

σ : 鋼線平均抗張力 (kg/mm²)

$$\sigma_t : \text{最大引張応力} = \frac{T}{A} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$$\sigma_{b1} : \text{垂直荷重による最大曲げ応力} \\ = \frac{P}{n} \sqrt{\frac{E}{T \cdot A}} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

A : 鋼索の有効断面積 (mm²)

P : 搬器の総重量 (kg)

n : 搬器の車輪数

E : 弾性係数 = 20 000 kg/mm²

(b) 静止している支索以外の鋼索の安全係数

$$\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b2}} > 4 \quad \text{この場合} \quad \frac{\sigma}{\sigma_t} > 6$$

$$\sigma_{b2} : \text{滑車に巻きつくことによる最大曲げ応力} \\ = E \frac{\delta}{D} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

δ : 鋼線の最大直径 (mm)

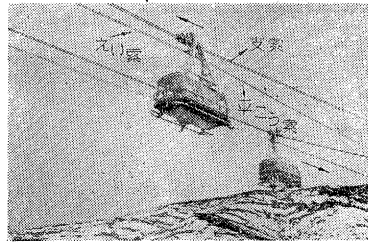
D : 滑車の直径 (mm)

(c) 鋼索および鋼線の条件

$$\frac{D_1}{d} \geq 100 \quad \frac{D_2}{d} \geq 80 \quad \frac{D_3}{d} \geq 70$$

および、 $\sigma_0 \geq d/18$ (緊張用鋼索を除く)

写真—1 普通索道 (阿蘇山)



D_1 : 巻上機主滑車直径 (mm)

D_2 : えい索の誘導滑車直径 (mm)

D_3 : 平こう索の誘導滑車直径 (mm)

d : 鋼索の直径 (mm)

δ_0 : 上層鋼線の直径

$$\frac{\rho}{d} \geq 200 \quad \sigma_0 \geq 20 \text{ kg/cm}^2$$

ρ : 支柱の支索用シュアの曲率半径

σ_0 : 支柱の支索用シュアにおよぼす単位面積当りの圧力

安全係数を決定する前に、すでに使用されたあるいは使用されている鋼索の実績を調査した結果、引張りと曲げとの総合応力に対する安全係数は最小 3.52, 最大 4.3, 平均 3.69 と、また引張応力だけに対する安全係数は、最小 4.18, 最大 5.95, 平均値は 4.72 という値が求められ、これらいずれの鋼索の状態も、良好という状況である。このような実績で、規則では総合応力に対して $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b1}} > 3.5$, この場合引張応力に対しては $6 > \frac{\sigma}{\sigma_t} > 4$ という最大と最小の安全係数をおさえたのである。この安全係数の最大値をおさえたという考え方は索道独特の考え方で、一般の考え方と異なる新しい方式を今回採用したものである。

鋼索における支索の安全係数は、その値を大とすればするほど安全になるとは一概にいえないのである。前式で安全係数を大にするためには、分母の $(\sigma_t + \sigma_{b1})$ の値を小とすることである。それは支索緊張おもりの重さを減じ、鋼索引張力を小とすればよいのであるが、このことはかえって鋼索の弛度を増し、鋼索に曲げ応力を増加させ、かつ支柱上の屈折角を大とする欠点を生ずる。

この関係は、垂直荷重を受ける支索の曲げ応力の式

$$\sigma_{b1} = \frac{P}{n} \sqrt{\frac{E}{T \cdot A}}$$

からも明瞭に判断し得るのである。

いま、図—1 の安全係数の範囲を示すグラフで説明すると、 $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b1}} = 3.5$ 線のとき、縦軸 $\frac{\sigma}{\sigma_t} = 4$ とすれば、横軸 $\sigma_{b1} = 0.14 \sigma_t = \frac{1}{7} \sigma_t$ となる (このときの実績は、 $\frac{\sigma}{\sigma_t} = 4.18$ である)。また、 $\frac{\sigma}{\sigma_t} = 6$ とすれば同じ $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b1}} = 3.5$ の線において、 $\sigma_{b1} = 0.71 \sigma_t = \frac{1}{1.4} \sigma_t$ となる (このときの実績 $\frac{\sigma}{\sigma_t} = 5.95$ である)。すなわち、引張りの安全係数を 4 から 6 に引き上げると鋼索の曲げは σ_t の 1/7 から 1/1.4 と大きくなり、鋼索の欠点である曲げが大き

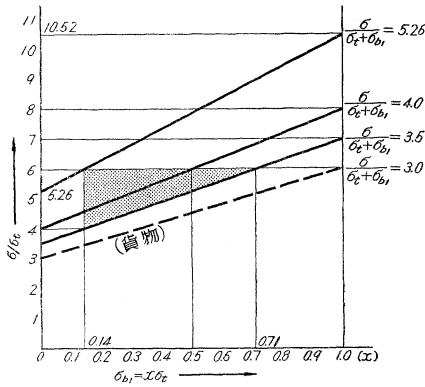
図一 安全係数の範囲 (旅客索道)

$$6 > \frac{\sigma}{\sigma_t} > 4$$

$$\sigma_{b_1} = (0.14 \sim 0.71)\sigma_t$$

$$= \left(\frac{1}{7} \sim \frac{1}{1.4}\right)\sigma_t$$

$$5.26 > \frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_1}} > 3.5$$



くなる。いいかえれば、鋼索をできるだけ引張って、曲げを少なくすることが、ひいては鋼索疲労の減少、乗心地の良化、運転力の平均化など好ましい結果が得られ、かつ鋼索の寿命を延伸できるということになる。

安全係数の範囲は、飽くまでも実績を中心として考えたのであるが、 σ_{b_1} と σ_t との比の値を 1/2 を中心として考え、これより小なる値を大目にとることは、鋼索の疲労を考慮した場合さらに好結果と考えるので、1/2 以下を採用した。これははからずも実績と理論が一致したともいえる。 $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_1}} > 3.5$ という安全係数は、イタリア索道規則の値でもあり、われわれの従来の内規的指導数値でもあったので、この値はこのままとし、今回は、引張りの安全係数の範囲をきめたことが注目に値するものと思う。この考えは当初外国の例にあるように支索の緊張おもりの重量は搬器輪重の 80 倍以上でなければならないというように、引張りと垂直荷重との関係で定めようとした。しかしながら、この考え方は支索の架張径間に無関係のきめ方で、長大スパンの支索には問題が生ずるおそれがあるので、今回のように引張りの安全係数の範囲できめたのである。支索引張力の大部分は支索緊張おもりの重量で占められるので、安全係数の可能な範囲まで、いいかえればその鋼索強度の有効範囲一杯まで緊張おもりで架設すれば、鋼索はその欠点である曲げはいちじるしく減殺されて、その特長である引張力で使用されるため有効に働き得ることになる。この状態はサーカスの綱渡りを思い起こして頂ければ納得することができるであろう。

引張りの範囲をグラフで $\frac{\sigma}{\sigma_t} = 7$ まで引き上げると、 $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_1}} = 3.5$ の線で σ_{b_1} は $0.71\sigma_t$ から $(1 \times \sigma_t)$ まで増加するので、これはあまり感心できないことである。

こうして安全係数の範囲は $6 > \frac{\sigma}{\sigma_t} > 4$ 、 $\sigma_{b_1} = (0.14 \sim 0.71)\sigma_t$ ということから $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_1}} > 3.5$ の規制はみずから $5.26 > \frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_1}} > 3.5$ の範囲があることになる。

静止している支索以外の鋼索すなわち動索の安全係数は運転に使用しているえい索、平こう索、緊張索などその他すべての鋼索について適用され、これらの安全係数は、 $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_2}} > 4$ 、この場合 $\frac{\sigma}{\sigma_t} > 6$ という一般の今までの考え方の数値とした。この数値の採用についても経験値を尊重したのであるが、これも期せずして、図一に示すように、この場合 $\sigma_{b_2} = 1/2\sigma_t$ という関係式において、前述の支索の考え方と一致している。総合応力に対する実績安全係数は最小 4.12、最大 5.10、平均値 4.4 であり、引張りに対する実績安全係数は最小 6.8、最大 11.9、平均 8.2 である。この鋼索の状態としては荷重の変化にともなって常に移動しているため、支索のような考え方を全面的に採用することはむずかしいので、最小限の値を定め、それ以上の安全係数を使用することにしたのである。またこのほか支索が切れた場合において搬器を支持する強度をえい索、平こう索は持たなければならぬという保安上の別規定があることから、その最高値をおさえることができないのである。

$\sigma_t = T/A$ の引張応力の式は、最も簡単な形であるが、鋼索の構造に無関係な一般式である。 $\sigma_{b_1} = \frac{P}{n} \sqrt{\frac{E}{TA}}$ 、 $\sigma_{b_2} = E \frac{\delta}{D}$ の曲げに関する両式は、式の誘導についていろいろの仮定はあるが、外国においても鋼索の構造(鋼線のより角)に無関係に一率にこの式を使用しているところが多く、わが国の索道も従来から同様にこの式を採用してきて、その実績を積み重ねてきたのである。したがって、安全係数の値とこの式とは実績の上においても密接な関連をもつものであり、今回の安全係数採用については、同時にこの式を用いることにしたのである。曲げの式の中にある E すなわち弾性係数は鋼索の弾性係数か、鋼線の弾性係数 $20\,000 \text{ kg/mm}^2$ かと常に異論のあったところである。鋼索の弾性係数は鋼索の種類によっていろいろの値を有し、一般に $7\,000 \sim 14\,000 \text{ kg/mm}^2$ という範囲に製作されているが、これらの値は実際に使用しているとその値が増加するという傾向にある。こうした一定しない弾性係数を一率に定めるということも非常にむずかしいことであるが、われわれの今までの経験的実績から帰納した結果 $E = 20\,000 \text{ kg/mm}^2$ 、この値を採用して前述の式を用い、かつ、これらの総合応力に対し前述の安全係数が最も安全で、しかも現実にもくしているという実績が、鋼索の曲げを応力で論じ、鋼索をある曲率に曲げたときに生ずる鋼線表面応力をもって鋼索の曲げ応力とする理論と一致したという結論に到達したのである。

(2) 旅客索道における鋼索、鋼線の条件

鋼索の強度である安全係数については、前述のように鋼索におよぼす応力について求めているが、鋼索の曲げについては、 $\sigma_{b_2} = E \frac{\delta}{D}$ の式のほかに $\frac{D_1}{d} \geq 100$, $\frac{D_2}{d} \geq 80$, $\frac{D_3}{d} \geq 70$ という 3 条件式を設けたのである。この係数に、100, 80, 70 の 3 種を設けたのは、えい索が巻上機主滑車において最も力を受ける場合を 100 とし、それより力のかかり具合の少ない場合を 80 とし、平こう索は山麓側の鋼索であるので 70 と、いずれも係数を状況と重要度によって差を設けたのである。この条件式は、前述の安全係数の曲げ応力のほかに鋼索の型くずれからくる鋼線移動による強度の減殺を救い、かつ、設計当時における安全係数を長く保持し得るよう考慮してきめたものである。その意味においては少なくとも D はいずれも $100d$ 以上と定めた方がよいのであるが、既設の実績でやむを得ず、3 段階の係数としたのであるが、一般に良好であると信じられている経験的数値でもある。ここで特に述べたいことは、 $D > 100d$ の代りに $D > 1000\delta$ という鋼線径の倍率で示す式でよいではないかという説があるが、これは鋼線の径が細ければ細いほどよいということである。安全係数の曲げの式で解決しているもので、再び考える必要はないと思う。また、 1000δ の数字は 7×6 の鋼索がさかんに使用されている当時、この構造が鋼索と鋼線との直径比が $9:1$ というところから $100d$ は、すなわち 900δ というところで、 1000δ であれば安全側であるということである。しかし、 $6 \times F(4+12+12)$ の鋼索のように直径比が $15:1$ であるものは $100d$ は 1500δ と変化するので、型くずれからくる強度の減殺を考えている曲げの条件式としては、鋼線直径倍率で定めるより、鋼索直径倍率で定めるのが理論的と考えられる。

また、鋼線径についても、摩耗からの寿命を考慮してその限度を $\delta_0 \geq \frac{d}{18}$ と定めたが、これはもちろん安全係数の曲げ式で鋼線が細ければ細いほど安全係数が向上するという結果がでる。そのためかえって鋼線が速く摩耗破損するという欠陥を救ったのである。18 の数字は動索として使用実績のよいフィラー型鋼索の直径比を最小限度の値として採用したのである。緊張索は、一般に鋼線の細いものを多数より合わせてつくったものが用いられているので除外した。

支柱上の $\frac{\rho}{d} \geq 200$ の式も前述と同様の趣旨の下に定めたのであるが、このほかに支柱の半径は搬器の乗心地にも影響するので、この値は運転速度 3.6 m/s 以下における関係式であって、もし、これ以上の速度となれば、この部分の搬器通過時における求心加速度より、さらにこの関係式の係数は大きくとらなければならないのである。なお、 $\delta_0 \leq 20 \text{ kg/cm}^2$ の圧力値は、鋼索への面圧として考え、鋼索の摩耗、型くずれなどを少なくして、鋼索の寿命上からしても適当な値である。

(3) 貨物索道の安全係数

(a) 静止している支索および緊張用鋼索の安全係数

$$\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_1}} > 3 \quad \text{この場合} \quad 6 > \frac{\sigma}{\sigma_t} > 3.5$$

(緊張用鋼索の場合 $\sigma/\sigma_t > 5$)

(b) 静止している支索および緊張用鋼索以外の鋼索の安全係数

$$\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_2}} > 3.3 \quad (\text{循環式索道にあっては } 3.0)$$

$$\text{この場合} \quad \frac{\sigma}{\sigma_t} > 5$$

(c) 鋼索および鋼線の条件 なし。

旧索道規則では旅客索道も貨物索道も、その使用する鋼索の安全係数は一律に総合応力に対し 4 以上と規定されていたのである。これらは理論的にも、また、使用上からも不合理と認められるのである。すなわち、旅客と貨物とが同一の安全度ということは無理なことで、今回の改正では、その用途上からも異なるものとした。しかし、旧規定では実際の運用において、前述の E の値の運用によって安全係数の実質的な差を設けたのである。これは旅客索道のときの $E = 20000 \text{ kg/mm}^2$ 、貨物索道のときの $E = 10000 \text{ kg/mm}^2$ として、曲げ応力の式でそれぞれ使い分けをしたのである。これは当時 E の値が相当の論議があり、なかなか統一できなかったため、規則の中にも入っていないので、旅客索道の場合は $E = 20000 \text{ kg/mm}^2$ の指導を強力に推進したのである。この指導が今日の安全係数を確立し得た大きな原因となっているものと思う。したがって、貨物索道の場合、今回 $E = 20000 \text{ kg/mm}^2$ に改正して、既設のもの安全係数を計算して見ると総合応力に対して 3 以上の値がでたのである。この値は一般構造物の安全係数 3 と一致しているので適当と考え、また、実績の上からも鋼索の状態は良好であるので適当な値と考えたのである。

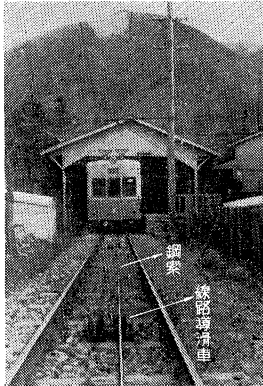
引張応力の安全係数は、旅客索道と同様に最高と最低をおさえしたが、図-1 に示す $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_{b_1}} = 3.0$ の線では $\frac{\sigma}{\sigma_t} = 3.5$ のときは $\sigma_{b_1} = 0.166 \sigma_t$ でほぼ旅客索道と同じになるが、 $\frac{\sigma}{\sigma_t} = 6$ のときは $\sigma_{b_1} = \sigma_t$ と大巾に曲げを認めている。要は、貨物索道の場合は σ_{b_1} と σ_t との関係は大巾に認めたが、これは貨物の場合仮設索道が多く、その使用期間も短かいということから適当と認められたのである。

動索の安全係数において総合応力に対し 3.3 以上、引張りに対し 5 以上は前述と同様実績から定めたものである。循環式索道の場合は、特に安全係数を 3 にしているが、交走式と異なり起動の回数はいちじるしく少ないので、引張力計算に起動時における増加引張力を考慮することになっていることから、それだけ安全係数を緩和したのである。

4. 鋼索鉄道の安全係数

鋼索鉄道の安全係数について 写真-2 鋼索鉄道(箱根強羅)

いては、索道の安全係数よりも先に昭和31年4月17日運輸省告示第206号で新たに制定されたのである。この安全係数の考え方は特に目新しいものではなく、ただ、それまでの長い間規格的指導をもって、鋼索破断力に対し8以上の安全係数と巻上機滑車の直径は100d (d=鋼索直径) 以上という数値を採用してきて、



今回規定するに至って、これらのほか最大引張応力と最大曲げ応力との総合応力に対し、4以上という条件と、 $\delta_0 \geq \frac{d}{15}$ という条件とを加えて定めたのである。

(a) 最大引張力に対する安全係数

$$\frac{B}{T} > 8$$

B: 鋼索の破断力 (kg)

T: 鋼索に生ずる最大引張力 (kg)

(b) 最大引張応力と最大曲げ応力との総合応力に対する安全係数

$$\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_b} > 4$$

σ : 鋼線の平均抗張力 (kg/mm²)

σ_t : 最大引張応力 = T/A (kg/mm²)

A: 鋼索の有効断面積 (mm²)

σ_b : 巻上機滑車に巻きつくことによる最大曲げ応力 = $E \frac{\delta}{D}$ (kg/mm²)

δ : 鋼線の最大直径 (mm)

D: 巻上機の滑車直径 (mm)

E: 20 000 kg/mm²

(c) 鋼索および鋼線の条件

$$\frac{D}{d} \geq 100 \quad \text{および} \quad \delta_0 \geq \frac{d}{15}$$

d: 鋼索の直径 (mm)

δ_0 : 上層鋼線の直径 (mm)

鋼索鉄道は索道の支索と異なり、鋼索の使用方法が引張りを主としていることで、巻上機による曲げだけを慎重に取り扱えばあまり他で心配することはない。したがって、引張りを主とする安全係数として $B/T > 8$ という定め方を主とした。巻上機滑車と鋼索との関係式 $D = 100d$ は索道と同様に鋼索の型くずれのない範囲として、長く設計時の安全係数を保持するという考え方で定めた

良好な経験的数値である。巻上機滑車による鋼索の曲げは、総合応力の式 $\frac{\sigma}{\sigma_t + \sigma_b} > 4$ の安全係数のもとに、鋼線表面応力で考えたのである。また、 $\delta_0 > \frac{d}{15}$ は索道と同じように、曲げ応力の式でこの値をできるだけ小さくするために鋼線の直径を小とするあまり、逆に摩擦からくる断線を防止するため、フラットドロープの鋼索と鋼線との直径比 15:1 の値をとって定めたのである。

鋼索鉄道の鋼索の大きさの定め方は、前述した安全係数を満足する場合のほかに、線路の縦断曲線を考慮して定めることがある。すなわち、山下の線路勾配が比較的ゆるやかで、山頂近くにおいて勾配がいちじるしく急である線路では、線路の中央付近がいちじるしい凹曲線となり、このため、ケーブルカー運転時には鋼索が線路より浮き上がる場合がある。このような欠陥をなくするために鋼索の重量を大とする。すなわち、鋼索直径の大きい鋼索を使うことになり、これは必要以上の安全係数、いいかえれば8をこえた相当な数値の安全係数をもった鋼索を使用することになる。しかし、これは鋼索の寿命から考えた場合、あまりよい結果でないことがうかがわれる。力のあまった鋼索が、鋼索を誘導する線路導滑車の上をたわみながら運転されるということで、鋼線の断線が目立って多くなったという例がある。このような現象から見ても索道と同様に引張りに対する安全係数においてある程度最大値を定めておきえるということも必要であると考えられる。

5. 鋼索の管理

鋼索交通機関に使用されている鋼索の安全係数について以上説明したが、これらの安全係数の値はあくまでも設計当時の値である。これらの安全係数をいかに長く保持させるかということは、鋼索および鋼線の条件規定で慎重を期しているが、このほか、これら交通機関における主任技術者が絶えず立派な保守を行ない、日々の点検定期的検査などによって優秀な管理を行なっていることに帰するのである。そして経年使用による鋼索の更新については、つぎのことを実施することによって万全を期している。

鋼索はつぎの各号の1に該当した場合に、これを更新することとしている。

(a) 鋼索の摩耗、内部腐蝕または、鋼線切断による断面積が新品として当該鋼索を使用開始したときの断面積の80%以下に減じたとき。

この場合において鋼索の摩耗および内部腐蝕による断面減少は、その鋼索の直径減少により減少した断面積とし(鋼索の直径減少率11%を断面減少20%とする)鋼線切断による断面減少は、その鋼索のよりピッチの6倍の長さにおける切断鋼線の断面積とする。

(b) 鋼索の鋼線切断が始って、その後鋼線の切断数

が短時日の間に増加する傾向があるとき。

(c) 鋼線の表面摩耗によって、外側鋼線の50%以上のものの直径が使用開始時の直径の2/3以下になったとき。

(d) そのほか破損、変形、さびまたは、腐蝕により使用困難と認められたとき。

鋼索の索端固定部においてさびまたは鋼線の切断が認められたときは、この部分を切除して索端固定部を変更すること。なお、さびまたは鋼線の切断が認められない場合においても、索端固定部は3年をこえない期間内において適時変更すること。

以上鋼索交通機関である鋼索鉄道および索道に使用されている鋼索の安全係数と鋼索管理について、その一端

を述べてきたが、鋼索は、これら交通機関の命の綱とも称するものだけに、これに関係する人達は相当慎重に対処している。ことに鋼索の構造、種類は複雑多岐にわたり、かつ、その使用方法、使用される環境、管理の方法等によって、いずれの鋼索も必ずしも一率の下に規制されるということはむずかしい。したがって、各箇所の交通機関において、鋼索におよぼす特殊事情を把握して、適確な管理を実施することが望ましい。鋼索の材質構造の完全を長く保持するためにはメーカーの誠実にまたねばならない。そして、その耐久力を高めることは使用者の適確な管理によるものである。

(原稿受付：1960.1.24)

豆 知 識

日 本 の 海 岸 距 離

海図の海岸線は万国水路会議の規約により、ほぼ最高高潮面(平均水面 $+H_m+H_s+H_m'+H_0$)における水陸の境界をいう。

旧海軍水路部において、昭和4年より昭和5年にわたり「刊行海図」「軍機海図」中大尺度のものを使用して日本領土の海岸線の測定を行ない、その後漸次新資料を加え改訂した。

本表は海上保安庁水路部が上記の資料をもとにして、ボツダム宣言、平和条約により定められた日本領土について作製したものである。

海岸線は海象、気象などにより浸食・増陸などの変化を生ずるが、本表においては海図作製時の測量により表現された海図上の海岸線距離である。

統計年鑑に各地方別の海岸線距離が出ているが、本表と若干のくい違いがある。

注

1. 大島嶼は周囲 1 km 以上をいう。
2. 小島嶼は周囲 1 km 以下をいう。
3. 可航河川は第 1 橋までをとり、他の河川はふくまない。
4. 防波堤は一線とした。
5. 奄美大島については「旧軍機海図」「陸図」を用いた。

海 岸 距 離 表 (単位：km)

地方別	都道府県別	本陸岸 (湖沼をふくまず)	大島嶼	小島嶼	合計
北海道	北海道	2 447.3	261.2	25.9	2 734.4
奥 羽	青森県	574.4	2.6	2.3	579.3
	岩手県	510.9	7.2	17.2	535.3
	秋田県	212.6	—	—	212.6
	宮城県	526.3	206.0	60.2	792.5
	山形県	84.3	10.6	—	94.9
	福島県	137.0	—	—	137.0
	小 計	2 045.5	226.4	79.7	2 351.6
関 東	茨城県	141.0	—	—	141.0
	千葉県	375.2	4.1	2.5	381.8
	東京都	36.6	231.2	1.6	269.4
	神奈川県	240.8	10.6	10.7	262.1
	小 計	793.6	245.9	14.8	1 054.3

中 部	新潟県	265.6	228.9	—	494.5
	富山県	91.2	—	—	91.2
	石川県	417.9	73.5	8.0	499.4
	福井県	350.0	5.1	4.5	359.6
	静岡県	475.6	8.3	16.8	500.7
	愛知県	285.9	25.1	9.9	320.9
	小 計	1 886.2	340.9	39.2	2 266.3
近 畿	三重県	834.6	116.8	62.0	1 013.4
	和歌山県	412.0	58.4	33.7	504.1
	大阪府	76.7	—	0.2	76.9
	京都府	224.3	14.1	5.8	244.2
	兵庫県	254.6	258.6	19.6	532.8
	小 計	1 802.2	447.9	121.3	2 371.4
中 国	鳥取県	122.0	—	—	122.0
	岡山県	266.0	198.6	16.2	480.8
	島根県	419.6	371.4	46.1	837.1
	広島県	307.2	738.8	23.2	1 069.2
	山口県	655.3	624.0	38.7	1 318.0
	小 計	1 770.1	1 932.8	124.2	3 827.1
四 国	香川県	220.5	369.2	24.3	614.0
	徳島県	223.4	99.9	11.3	334.6
	愛媛県	804.2	539.4	46.5	1 390.1
	高知県	549.2	44.5	14.1	607.8
	小 計	1 797.3	1 053.0	96.2	2 946.5
九 州	福岡県	363.0	62.2	8.7	433.9
	大分県	522.6	97.4	15.9	635.9
	宮崎県	323.9	40.6	32.5	397.0
	佐賀県	252.1	61.8	13.9	327.8
	長崎県	888.2	2 686.8	203.0	3 778.0
	熊本県	279.8	741.2	60.4	1 081.4
	鹿児島県	576.0	1 638.9	57.1	2 272.0
	小 計	3 205.6	5 328.9	391.5	8 926.0
合 計		15 747.8	9 837.0	892.8	26 477.6

【海上保安庁水路部】