

ワイヤーロープ式防護柵の張力管理について

Tension management of new median barrier "wire rope fence"

東日本高速道路(株)北海道支社技術部技術企画課 ○正会員 齊藤 進 (Susumu Saito)

1. はじめに

高速道路の暫定2車線道路においては、これまで簡易型中央帯(レーンマークの他にラバーポールと縁石を設置)が主に用いられてきたが、対向車線へのはみ出しによる重大事故が懸念される。そこで、NEXCO東日本北海道支社では、暫定2車線道路における更なる安全性の向上を目指し、スウェーデン等で実績があるワイヤーロープ式防護柵を試行導入した。今回試行導入したワイヤーロープ式防護柵は、国内仕様向けに独立行政法人土木研究所寒地土木研究所と鋼製防護柵協会が共同開発したものである。試行導入した箇所は、平成24年11月に開通した道央自動車道 大沼公園IC~森IC間のうち約1.5kmの区間である(写真-1、2、図-1、2)。本論文は、日本の高速道路の暫定二車線区間で、初めて中央帯部にワイヤーロープ式防護柵を導入したことにより得られた知見のうち、張力管理について報告するものである。



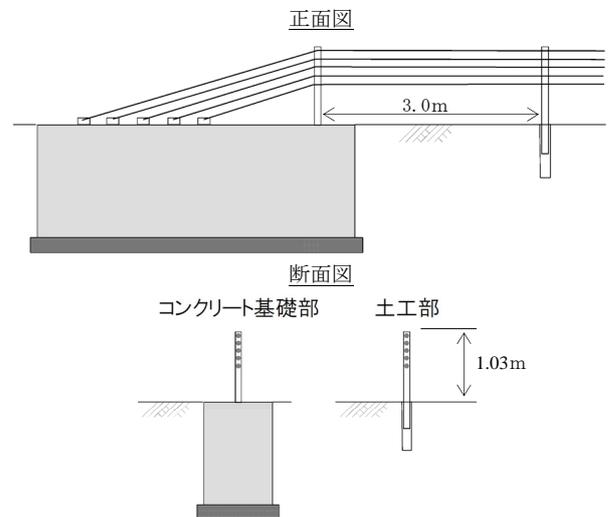
写真-1 ワイヤーロープ式防護柵



写真-2 ワイヤーロープ式防護柵端末部

2. ワイヤーロープ式防護柵の概要

ワイヤーロープ式防護柵は、「たわみ性防護柵」の中のケーブル型防護柵に分類される。他のケーブル型防護柵(ガードケーブル)と大きく異なる点は、中間支柱が細く、車両の衝突時に中間支柱が変形し衝撃をワイヤーロープが受け止め、車両への衝撃を緩和する点にある。また、人力でワイヤーや支柱を取り外すことができるため、部分的に開放し、故障車や事故等の緊急時において速やかな片側交互通行規制への移行や滞留車対応が可能な構造となっている。



項目	種別・寸法等
支柱サイズ	φ89.1×4.2 (STK400)
支柱ピッチ	3.0m
ワイヤーロープ	3×7φ18、5段
地面からの支柱高さ	1.03m
スリーブ	φ114.3×4.5 (STK400)

図-1 ワイヤーロープ式防護柵の構造及び諸元

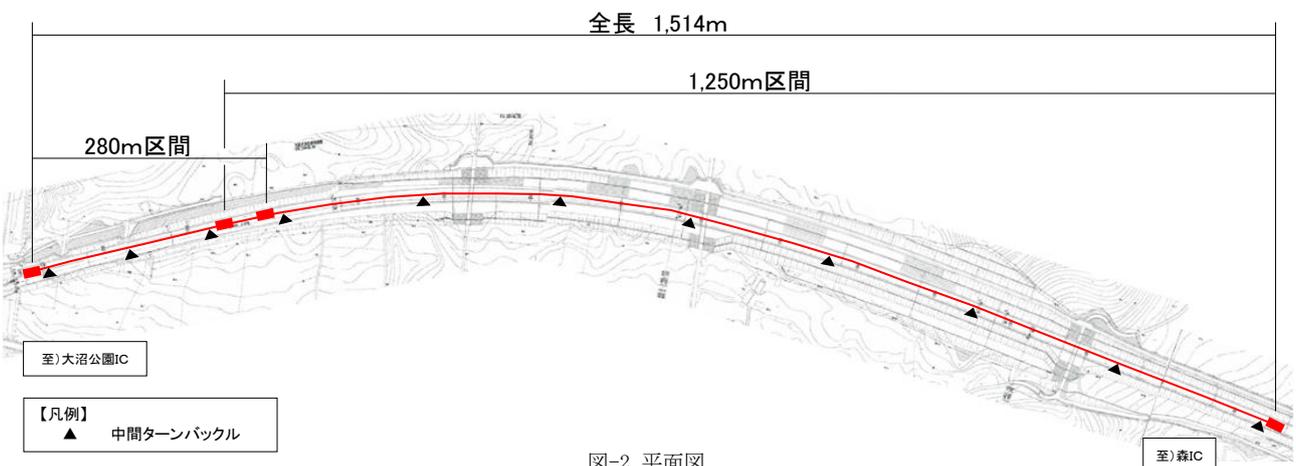


図-2 平面図

3. 張力管理の重要性

ワイヤーロープを使用する防護柵特有の課題の一つとして、ワイヤーロープの張力管理がある。ワイヤーロープ式防護柵が、他のたわみ性防護柵と同等の性能を満足するためには、適切な車両の最大進入行程（図-3）を満足する必要がある。最大進入行程を許容値以下にするためには、ワイヤーロープが、20kN 以上の張力を保持し続ける必要がある。

最大進入行程



図-3 分離帯用防護柵の許容最大進入行程

4. 供用1年目の張力管理

ワイヤーロープ式防護柵は、日本の高速道路での採用実績がないことから、適切な張力管理を検討するため、気温によるワイヤーロープの張力変化を計測した。供用1年目の張力測定は、携帯型テンションメーターを使用して月1回行った。

4.1. 張力測定

平成24年11月のワイヤーロープ式防護柵設置時から翌年5月まで、月1回の張力及び気温測定結果を図-4に示す。

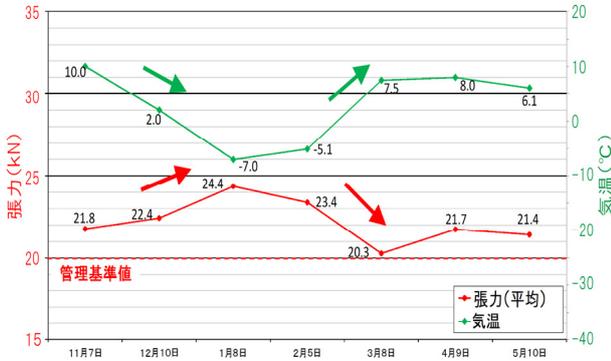


図-4 張力及び気温 測定結果

測定の結果、気温が下がると張力が増加し、気温が上がると張力が減少することを確認した。今回の測定では、張力が 20kN を下回ることが無かった。しかしながら、測定結果から、張力と気温の関係を図-5に示すが、気

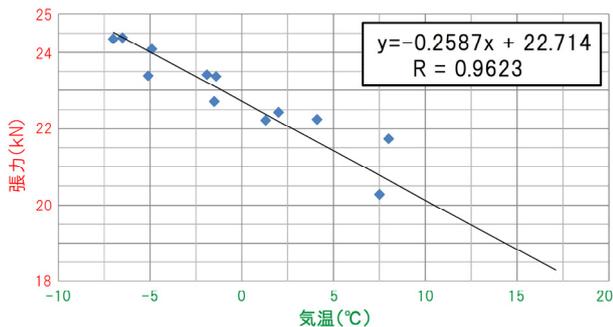


図-5 張力と気温の相関関係

温が約 10°C以上になると張力が 20kN を下回ることが推測された。そこで、図-5 に示す最小二乗法により求めた式を用いて張力の管理手法を立案した。

4.2. 張力管理手法の立案

前項のワイヤーロープ張力管理手法の検討結果を基に、下記のとおり張力管理を実施した。なお、張力管理は、次項の検討結果も踏まえ、中間ターンバックルの締込み量管理により行った。このことにより、気温が高い時期でも適切なワイヤーロープの張力を確保することができると考える。図-6 に近隣の平均気温に対する予測張力の年間推移を示す

緊張時期・5月頃に気温が 10°Cを超え、管理基準値(20kN)を下回ると予測されたことから、5月中旬に追加緊張作業を行った(図-6)。

追加緊張力・追加する緊張力は、アメダス平年値日最高気温 25.3°Cと、図-5 に示す式から 4kN とした。この結果、図-6 に示すように 8月の最高気温時には緊張力が 21.2kN とする。

作業方法・作業の効率性を考慮し、中間ターンバックル締込み箇所については、L=280m区間は3箇所のうち1箇所、L=1,250m区間は8箇所のうち4箇所とした。

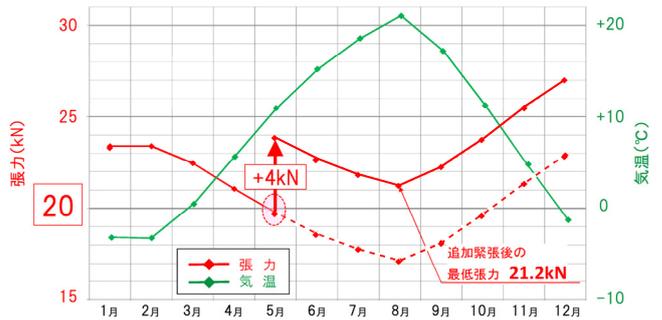


図-6 張力推移・グラフ (予測)

4.3. ワイヤーロープ緊張作業時の課題と対応

事故発生時に開口部を設置した場合、復旧も速やかに行う必要がある。復旧時のワイヤーロープ張力作業の検討を行うため、緊張作業の直近位置(約 10m離れ)と遠方位置(約 130m離れ)の2地点でワイヤーロープの張力を測定した。ワイヤーロープ5段のうち最下段の中間ターンバックルの緊張作業の直近位置ではワイヤーロープの張力の増加が確認できた。しかし、遠方位置で張力確認したところ、ワイヤーロープの張力増加は確認出来なかった(写真-3、4)。



写真-3 締込み作業



写真-4 張力確認状況

現地はクレスト部のため、ワイヤーロープ張力による下向きの力(図-7)が働いていることが考えられる。最下段のワイヤーロープは支柱スリット部と緩衝するため、他のワイヤーロープより摩擦が大きく、端末までの張力伝達に時間を有すると想定した。

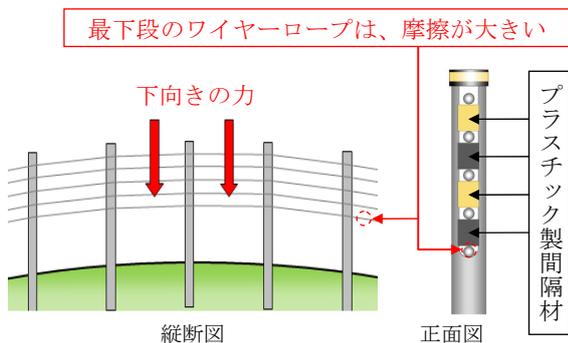


図-7 クレスト部における下向きの力

これを確認するため、直近位置で5地点5段全ての張力確認したところ最下段のみ突出して張力導入値が高いことが確認され、最下段ワイヤーロープの摩擦が大きいたことが証明された(図-8)。

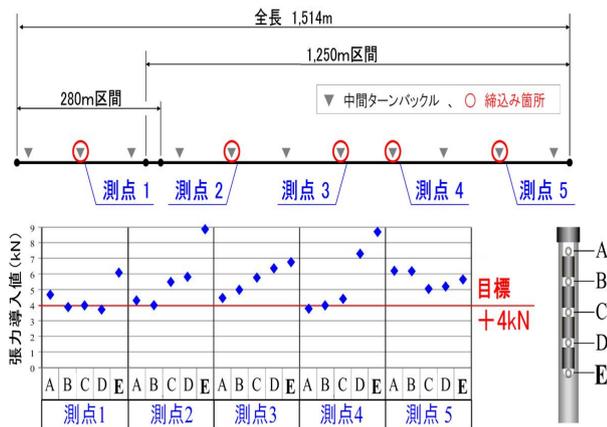


図-8 張力測定位置及び張力導入グラフ

これは、時間が経つと張力が伝達していくため、緊張作業部の直近位置では張力が低下していき、遠方位置では張力が上昇していくことが想定される。このことから、ワイヤーロープを緊張した直後の張力計測では、張力管理が困難であることが分かる。そのため、ターンバックルの締込み量によりワイヤーロープの張力を管理する手法を検討・実施した。

4.4. 締込み量の算出

緊張作業時に、ワイヤーロープの張力を一定量上げるために必要な中間ターンバックルの締込み量を式-1により算出した。ここでは、張力を4kN上げるための計算を記載する。

・ワイヤーロープ締込み量 ΔL (mm)

$$\Delta L = (\Delta S * 1000 L) / (E_w * A) \quad \text{--- 式-1}$$

ここに、 ΔS (追加緊張力) = 4,000N (4kN)
 L (ワイヤーロープ式防護柵設置延長) = 280m、1,250m
 E_w (ワイヤーロープ弾性係数) = $1.0 * 10^7 \text{N/cm}^2$
 A (ワイヤーロープ断面積) = 1.29cm^2

区間別の締込み量は、式-1より $L=280\text{m}$ 区間では約87mm、 $L=1,250\text{m}$ 区間では約388mmの締込み量が必要であった。各ターンバックルの締込み量は、この値をターンバックル数で除した値となる。

5. フリーメンテナンスを目指した張力管理

これまでの張力測定は、携帯型テンションメーターを使用した月1回の測定であったが、平成25年5月からは引張型ロードセル(以下、「張力自動測定器」という。)を用いた張力測定も併用して実施した。ここからは、張力自動測定器による測定結果を用いた張力管理について報告する。

5.1. 張力自動測定の概要

- 測定内容** ・毎時の張力及び鋼材温度を測定
- 目的** ・1日当りの張力変動を把握
 ・張力、気温及び鋼材温度の相関性を把握し、より詳しい挙動を研究するもの
- 調査期間** ・平成25年5月～平成26年3月

5.2. 張力測定の結果

平成25年5月中旬～6月末までの張力自動測定器による張力、鋼材温度及び気温の測定結果を図-9に示す。

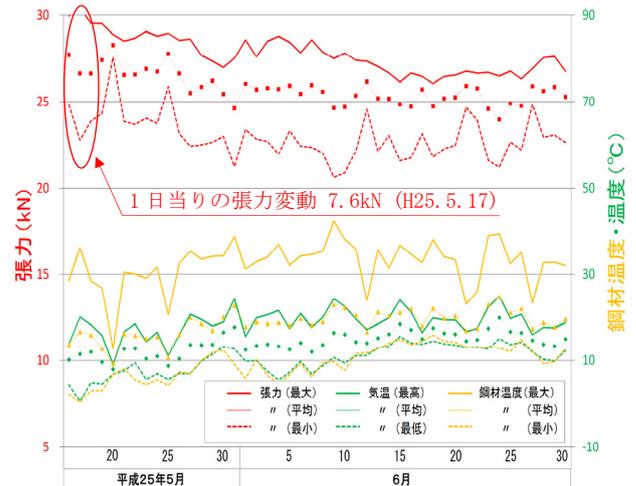


図-9 張力・鋼材温度及び気温測定結果

このグラフから鋼材温度と気温の関係をみると、最低気温と最小鋼材温度の一致は、太陽光が照らされない夜間において、気温と鋼材温度が一致したものと推測される。また、最高気温に対し最大鋼材温度が高くなる傾向は、太陽光が照らされる日中において、熱伝導率の低い

空気よりも鋼材温度が高くなったものと推測される。

平成 25 年 5 月 17 日には、1 日当りの張力変動 7.6kN が記録された。これは、平成 25 年 5 月～翌年 3 月までの調査結果のうち最も張力変動が大きい値である。

5.3. 張力推移の予測

平成 25 年 5 月～10 月までの張力測定データを基に、1 日の最低気温と張力、1 日の最高気温と張力の散布図を図-10 に示す。

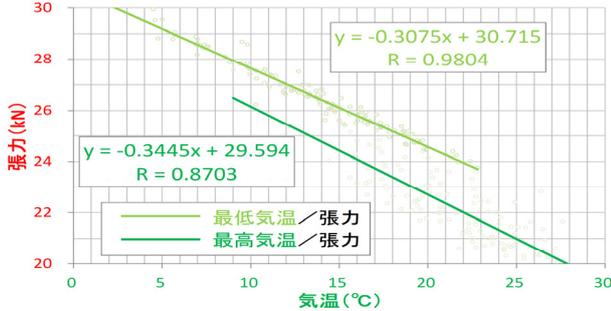


図-10 張力と気温の散布図

この散布図より求められた近似式を基に、今後見込まれる張力推移を算出し、張力管理を立案・実施した。

張力自動測定器による測定結果から、1 日当りの張力変動が最大 7.6kN と変動幅が大きいことが確認された。そのため、張力推移は 1 日当りの張力変動幅を考慮し作成することとした。

最大張力の算出方法は、先程求めた近似式(式-2)に各月の過去 9 年統計最低気温を入力し、今後推定される最大張力を算出。最小張力の算出は、各月の過去 9 年統計最高気温を式-3 に入力することで算出する。

各月の張力推移グラフを図-11 に示す。

- ・最大張力 y (kN)
 $y = -0.3075x + 30.715$ ———— 式-2
 $y = \text{張力 (kN)}, x = \text{気温 (}^\circ\text{C)}$
- ・最小張力 y (kN)
 $y = -0.3445x + 29.594$ ———— 式-3

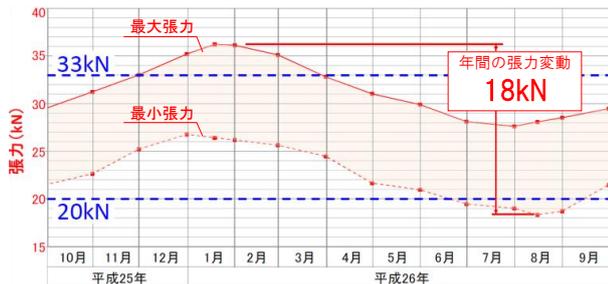


図-11 張力推移グラフ (H25. 10 時点)

5.4. 張力調整作業及び端末基礎の改良

過緊張モデル実験の結果、端末コンクリート基礎の耐力が 32.9kN であることが確認された。このため、平成 25 年度冬期には張力 33kN を超えないように約▲4kN の張力調整作業を行なった。さらに、平成 26 年夏期前に

は張力 20kN を下回る推移が確認されたため約+7kN の張力調整作業を行ない、あわせて張力 40kN に耐えられるよう端末コンクリート基礎の改良工事も行なった。張力調整作業後の張力は、気温が最も高くなる夏場の張力低下時に管理基準目標値 20kN を下回らないように、施工誤差等を考慮し 21kN に設定した。

5.5. 今後の張力管理

端末基礎の改良が完了した現在、構造物の耐力は 40kN が確保され、張力調整作業により年間の張力変動は図-12 に示すとおり 20～40kN 内で推移されている。

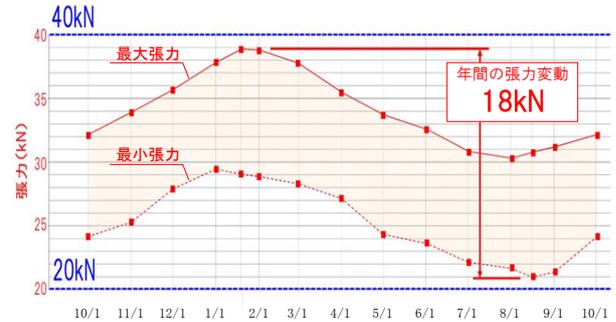


図-12 張力推移グラフ (H26 夏期以降)

今後の張力管理としては、以下内容で実施していく。

- 測定頻度** ・年 1 回実施。
- 測定時期** ・測定時期は 4 月とする。これは、測定結果から夏場の張力低下時に管理基準目標値 20kN を下回る可能性が発生した場合に、追加緊張作業が可能な時期として設定した。
- 確認内容** ・張力測定時の気温を近似式にインプットし、近似式から求めた推定値と実績値の照査を行う。

6. まとめ

本報告では、日本の高速道路で初採用したワイヤーロープ式防護柵を維持管理することで得た知見のうち、張力管理について報告した。

供用後約 2 年間(平成 26 年夏期まで)の張力管理は、夏場の張力低下時には張力を上げる作業を行い、冬場の張力上昇時には張力を下げる作業を行うなど、最低年 2 回の張力調整作業を行ってきた。しかし、これまで蓄積してきた張力データを基に、年間の張力変動を予測し、20～40kN で推移されるように張力調整を行い、現在は張力調整作業を必要としないフリーメンテナンスとなっている。今後の張力管理としては、年 1 回の張力測定を行い、実測値と近似式から求められた推定値の確認をすることとした。

今後は、事故発生時の乗員の安全性能・車両の誘導性能等の性能確認を行うとともに、事故復旧時の課題・対応策を整理し、適切な維持管理方法等の検討を引き続き行っていく。