崩土を受けるたわみ性防護柵の構造計算法

小野田ケミコ(株) 正会員 古賀泰之 小野田ケミコ(株) 呉 耀華

1.まえがき

近年、耐力が大きく且つたわみ性の大きなネットパネル及びワイヤロープ類を主部材とし、部材の一部に衝撃緩衝 装置を装着した吸収エネルギーの大きい落石防護柵の設置例が増加している。これらの内リングネット工と言われる 構造は、実構造に数多くの実験落石を衝突させ、全体構造ならびに部材の挙動を調べて設計落石に対応する部材構造 を設定してきた。このような防護柵が現場において、崩土・積雪・雪崩のような面的荷重を受けることがあるが、こ の状態を実験的に数多く繰り返すことは困難であり、これを補うための構造計算を近似的に行う方法を考案した。

2.モデル化

<u>モデルの仮定と手順</u>

モデルの概要を図 - 1 に示す。防護工の骨格はある間隔で 地盤に建てられた複数の支柱、支柱の上下部に水平に張られ たワイヤロープであり、このワイヤロープに荷重を直接受け るたわみ性の大きなネットパネルが吊られ、支柱を背面方向 ならびに側方向に地盤に引留める数本のワイヤロープが設置 される。上下の吊りロープならびに背面引留めロープには衝 撃緩衝装置が装着されており、荷重の急増を低減するととも に、防護工に持ち込まれるエネルギーを吸収する役割をして いる。構築したモデルは以下の仮定を置き、計算を進める。

ネットパネルへの作用荷重は吊りロープの長手方向に一 様で、支柱は長手方向に傾斜しないものとし、2本の支 柱間のみを解析対象として扱う。

ネットパネルへの荷重は静的・面的に作用し、簡易化の ため作用方向が一様で、深さ方向に台形分布とする。

ネットパネルの変形は、上下吊りロープのたわみとパネル自体の変形から成る。パネルを縦方向に独立・並列した細幅の帯(以下帯モデルと呼ぶ)から構成されるものとする。各帯モデルに面的作用荷重の帯幅分が作用する。

帯モデルはそれぞれ幅のない1次元のケーブルとして扱う。

の各帯モデルの上下端で生ずる張力が上下吊りロープを引寄せ、たわみ を生ずるものとする。

により吊りロープのたわみが生ずると、各帯モデルの両端支点が移動す る。各帯モデルの変形計算の際には、両端支点は固定されたものとし計算 を行い、その結果(両端張力)を用いて吊りロープの変形計算を行う。次 に、計算された吊りロープのたわみの位置まで、各帯モデルの支点位置を 移動させ、次段階の各帯の変形計算を行う。このような繰返し計算を行い、 吊りロープのたわみの変化量が一定値以下になった段階で計算を終了する。 なお、面的荷重の載荷により、支柱を背面側に引留めるロープに装着され た緩衝装置が引伸ばされ、支柱およびパネルの傾斜は載荷前のものから変 化するが、この計算を最初に行い、それ以降、上述した帯モデルと吊りロ ープの繰返し変形計算を行う。

帯モデルと吊りロープの計算法

帯モデル及び吊りロープとも、太さのないケーブルとして扱う。 (帯モデル)図-2に帯モデルの概要を示す。なお、ケーブルに作用する分布







図-2 帯モデルの概要

キーワード: 崩土、たわみ性防護柵、構造計算

〒116-0014 東京都荒川区東日暮里 3-11-17 TEL 03-5615-7044 FAX 03-5615-7023

荷重は等価な離散荷重に置きかえる1)。また、簡単化のため載荷重方向が鉛直下向きとなるように荷重ならびに帯モ

デルを回転させる(図 - 2 中の座標軸 z - y)。図は一つの 支柱間において長手方向位置の異なる帯モデルのいくつか を例示的に示している。帯モデル毎に、両端支点位置が異 なるのは、吊りロープのたわみ量が支柱間からの距離によ り異なるためである。

離散荷重が作用するケーブルのたわみや張力は、作用点 での力の釣合い条件(2方向)、ケーブルの両端支点位置条 件、現在のたわみ曲線から逆算される初期長さが実際の値 に等しいという条件を用いて算定することができる¹⁾。 (吊りロープ)吊りロープには、帯モデルから引寄せ張力



図 - 4:ネット変形図(一定荷重条件下) 化バネ型、詳細数値は略)。図 - 3に載荷重 条件を示す。図 - 4に一定載荷重時のネッ トパネル全体のたわみ変形を透視図的に、 図 - 5に載荷重を変えたときの支間中央部 帯モデルのたわみを示す。現実の崩土や雪 崩の衝撃力は不明な点が多いが、流体圧式 $p = v^2 \varepsilon \pi nt x 密 g = 1(t/m^3)$ 、 流速 v = 10(m/sec) o とき に p $10(tf/m^2)$ である。なお、今回の計算では ネットたわみ時に斜面に接触することは考 慮していない。また、ネットの相対的な変 形は、斜面傾斜角には無関係で、荷重傾斜 角 sに支配される。

4. あとがき



図-3 載荷重条件

が離散的に作用するが、各帯モデルの支点位置の違いに よる膨らみの大きさの違いを反映して、端部張力(引寄せ 張力)の大きさ・方向は一様でない(図-1参照)。この 場合について、成書¹⁾にある1次元変形の解法を拡張し た。なお、吊りロープにおいて衝撃緩衝装置はロープ上 の中間位置に装着され、ロープ張力によりその位置でロ ープは大きく伸びることになる。計算上は、緩衝装置特 性として張力に対する伸び量をロープ区分数で除し、そ れを各区分に割り当て、それぞれがロープ張力により伸 びるものとした。

3.計算例

ネットパネルの縦方向伸び特性及び緩衝装置の伸び特性は、既発表のモデル²⁾の考え方に基づいた(非線形硬



図 - 5:荷重の変化と支間中央帯モデルたわみ

計算結果は土砂等が堆積したリングネット工の形状に定性的に近いものである。今後の課題として、事例との比較、 動的荷重下での挙動算定への利用法を構築することなどがある。

[参考文献] 1) 土木学会:構造力学公式集,2)古賀ら:高エネルギー吸収たわみ性落石防護柵設計手法,地すべり39-1,2002.

-320-