

盛土の上載荷重分布に関する解析的検討

東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター 正会員 ○鬼頭 和也
 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター 正会員 藤原 寅士良
 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター 正会員 高崎 秀明

1. はじめに

盛土の耐震診断および耐震補強設計時には円弧すべり法(ニューマーク法)によるすべり量計算を行うが、計算においては、盛土奥行方向の単位長さあたりの盛土重量や載荷荷重を設定する必要がある。載荷荷重の設定において、電化柱荷重のように盛土上の局所的な点においてのみ載荷されるような荷重の場合、盛土内での盛土奥行方向の荷重分散状況を考慮した上で、単位長さあたりの適切な荷重を設定し、円弧すべり計算を行うことが望ましい。

そこで本研究では、上載荷重の中でも特に局所的にしか載荷されない電化柱荷重を対象とし、電化柱荷重の盛土内での荷重分布状況に着目し、すべり量計算時の電化柱荷重の適切な載荷方法について検討を行った。

2. 電化柱荷重の盛土内での荷重分布状況

円弧すべり計算において、電化柱荷重を載荷させる場合、電化柱荷重を電化柱基礎相当幅に盛土奥行き方向1mの長さを掛け合せた面積に載荷させる方法が考えられる。この場合、実際には電化柱は盛土奥行き方向で50m程度に1本しか存在しないものの、計算においては1m毎に電化柱が存在するものとしていることとなり、過度に安全側の設計であるといえる。そこで、盛土天端で局所的に載荷された電化柱荷重が、盛土内でどのような応力分布となるのかを把握し、円弧すべり計算時の電化柱荷重の載荷方法を提案するため、FEM解析による検討を行った。

(1) 解析条件

- ・構成則は Mohr-Coulomb の弾性モデルを用いた。
- ・解析モデルは図1に示す3次元モデルとし、盛土中心位置を対称面とする1/2対称モデルとした。
- ・盛土高さ8m、盛土奥行き方向12mとし、のり面勾配は1:1.5とした。
- ・盛土の物性値は鉄道設計標準(土構造物)の土質4相当の値($\gamma=14 \text{ kN/m}^3$, $c=20 \text{ kN/m}^2$, $\phi=25^\circ$)とした。
- ・電化柱荷重は以下の2パターンとした。

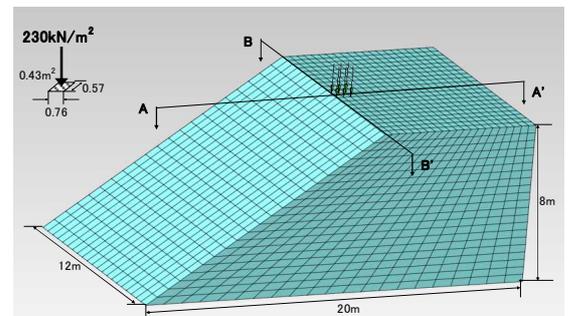
Aパターン:

盛土のり肩端部に電柱基礎相当面積(0.43 m^2)の範囲に対して 100 kN (230 kN/m^2) 載荷(図1(A)参照)。

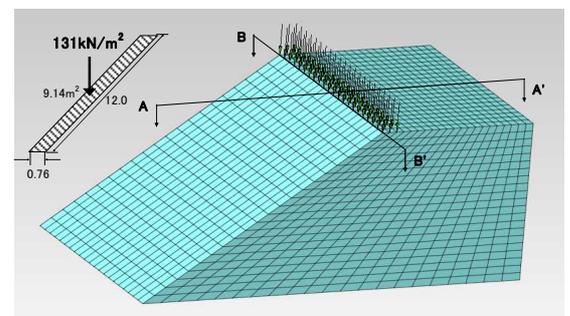
Bパターン:

盛土のり肩端部に盛土直角方向については電柱基礎幅×盛土奥行き方向全幅の面積(9.14 m^2)に対して 1200 kN (131 kN/m^2) 載荷(図1(B)参照)。

これらの荷重は、電化柱荷重載荷位置での盛土奥行き方向1mあたりの荷重が同一となるように設定している。Aパターンは、実際の電化柱荷重が盛土内でどのような応力分布となるのかを把握することを目的としている。Bパターンでは、Aパターンとの比較のため、電化柱が1m毎に存在することを仮定している。



(A) Aパターン載荷



(B) Bパターン載荷

図1 解析モデル

キーワード 盛土, 円弧すべり, 耐震補強, 電化柱荷重

連絡先 〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター TEL 03-5334-1288

(2) 解析結果

図2に図1(A)に示したA-A'断面での鉛直応力分布状況を示す。また、図3に図1(A),(B)に示したA-A'断面の盛土高さ1/2位置(図2でいえば点線位置)でのAパターンおよびBパターンの鉛直方向応力分布を示す。

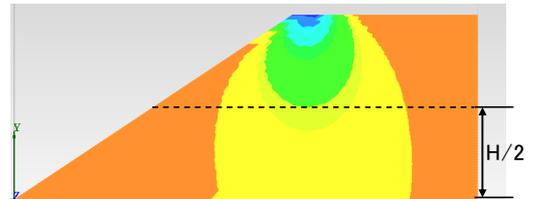


図2 A-A'断面での鉛直方向応力分布

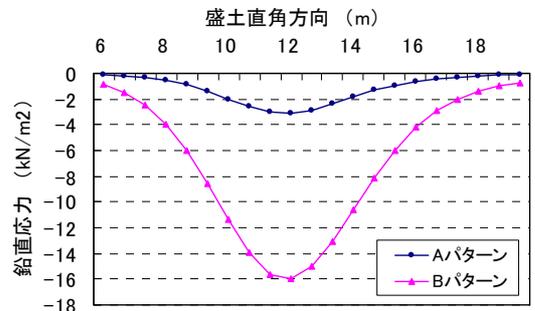


図3 盛土直角方向の鉛直方向応力分布

図4に図1(A)に示したB-B'断面での鉛直応力分布状況を示す。また、図5に図1(A),(B)に示したB-B'断面の盛土高さ1/2位置(図4でいえば点線位置)でのAパターンおよびBパターンの鉛直方向応力分布を示す。

円弧すべり計算において、盛土天端で局所的に荷重された電化柱荷重はすべり面上にてすべり起動力として作用することとなる。すべり面発生位置は状況に応じて変化するが、すべり面の平均的発生位置という観点から、盛土高さ1/2位置での発生応力で結果整理することとした。

図3および図5より、最大鉛直応力発生位置は電化柱荷重荷重位置の直下であった。当該位置の鉛直応力はAパターンでは-3.1kN/m²であり、Bパターンでは-16.0kN/m²であった。Aパターンの最大応力は、Bパターンの最大応力と比較して0.19倍であった。

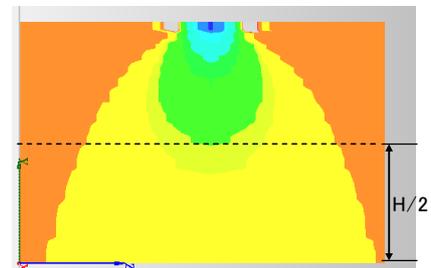


図4 B-B'断面での鉛直方向応力分布

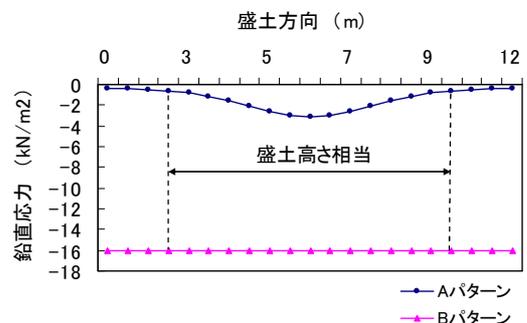


図5 盛土方向の鉛直方向応力分布

図5より、Aパターンについては、電化柱荷重荷重位置から盛土奥行方向に離れるにつれて応力は小さくなることが読み取れる。ここで、盛土の崩壊は局所的に荷重された箇所が局所的に崩壊するのではなく、まとまった量の土塊がある程度の幅にわたって崩壊することが一般的である。その崩壊幅を今回は盛土高さとして仮定し、盛土奥行方向について、盛土高さに対応する長さの範囲で発生応力を平均化して結果整理することとした。Aパターンの平均化した応力は-1.8kN/m²となる。この値は、Bパターンの-16.0kN/m²と比較すると0.11倍であった。

なお、同様の解析を盛土高さ4mの場合についても実施している。この場合の比較では0.21倍となった。

3. 円弧すべり計算時の電化柱荷重の荷重方法の提案

2章の検討より、1本単独で存在する電化柱荷重のすべり計算に影響を与える高さ付近での鉛直応力は、1m毎に電化柱が存在すると仮定して計算した場合と比較して概ね0.1~0.2倍程度であるといえる。

このことから、円弧すべり計算時の電化柱荷重の荷重方法は、実際の電化柱荷重を盛土高さ程度の長さで除した大きさを、電化柱基礎相当幅に荷重するのがよいと考えられる。なお、最大鉛直応力の盛土高さ1/3位置でのAパターンとBパターンとの比較では、0.14倍、盛土高さ2/3位置での比較では、0.31倍(盛土高さ8mの場合)となった。このため、すべり面が盛土の浅い位置を通過する場合には注意が必要である。

4. まとめ

円弧すべり法によるすべり量計算を行う際の電化柱荷重の荷重方法について、3次元FEM解析により荷重分布状態を確認し、円弧すべり法による設計時の電化柱荷重荷重方法を提案した。

参考文献

- ・鉄道総合技術研究所 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物 平成19年