

対数螺旋法による主働土圧の算定

東京都市大学 学生会員 ○小澤 茉莉

東京都市大学 正会員 末政 直晃

東京都市大学 正会員 伊藤 和也

東京都市大学大学院 学生会員 佐野 和弥

1. はじめに

2016年熊本地震にて、空石積擁壁などの既存不適格擁壁が多く倒壊する被害が生じた。既存不適格擁壁や老朽化擁壁など地震時に崩壊の危険性がある擁壁は全国に多く存在しているが、地震時の保有耐力の推定が困難である等の理由から補修・補強方法は確立していないという問題点がある。この背景から、国土交通省は総合技術開発プロジェクトの一部として既存擁壁の補強方法、保有耐力推定方法の確立を検討している²⁾。そこで、本研究では2016年熊本地震による擁壁被害を分析し既存不適格擁壁、老朽化擁壁の地震時保有耐力の推定方法を確立することを目的とした。本報告では、対数螺旋法を用いた主働土圧計算を行い、他理論との比較を行った。

2. ランキン土圧理論、クーロン土圧理論との比較

図-1 に対数螺旋すべりを示す。対数螺旋法の精度を確かめるため、①滑な直壁($\delta = 0$)と②粗な直壁_常時($\delta = \phi/2$)、③粗な直壁_地震時($\delta = \phi/2$, $k_h = 0.25$)の3パターンに対して対数螺旋法、ランキン土圧理論①のみ)、クーロン土圧理論を用いて主働土合力 Q_a を求め、それぞれ結果を比較した。擁壁は、壁面傾斜角 $\omega = 90$ 度、幅0.5m、高さ4mの単純な構造とし、粘着力 $c = 0 \sim 30$ kPa、せん断抵抗角 $\phi = 0 \sim 40$ 度の範囲で5kPa(度)ずつ変化させて計算を行った。

2.1 滑な直壁

滑な直壁を対象に、 ϕ に対する主働土合力 Q_a の変化を、対数螺旋法とランキン土圧ならびに対数螺旋法とクーロン土圧で比較したものをそれぞれ図-2, 3に示す。実線は対数螺旋法、点線はランキン土圧及びクーロン土圧の結果である。

図-2, 3より、全ての方法において、 c , ϕ が小さいほど Q_a が大きな値となっていることが分かる。 c , ϕ がある程度大きい場合には $Q_a = 0$ となることも確認できる。対数螺旋法では、すべり線の形状は $c = 0$ ではほぼ直線となり、 ϕ が大きくなるにつれてすべり線が急勾配になった。また、 c が大きくなるとやや曲線になるという特徴が見られた。対数螺旋法とランキン土圧の Q_a を比較すると、対数螺旋法の方が小さな値となっていることが分かる。なお、 c が大きいほど Q_a の差が大きくなる傾向があると考えられる。一方で、対数螺旋法とクーロン土圧の Q_a を比較すると、ランキン土圧よりも差は小さいが、対数螺旋法の方が大きな値となるという違いが見られる。また、ランキン土圧と異なり、 $Q_a = 0$ となる c , ϕ の組合せも同じ結

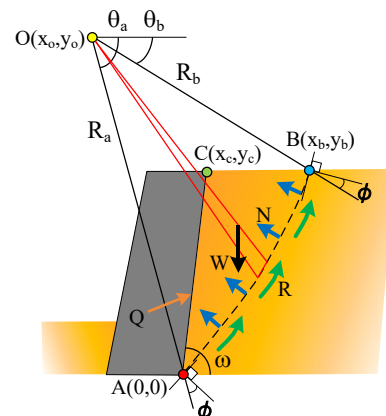
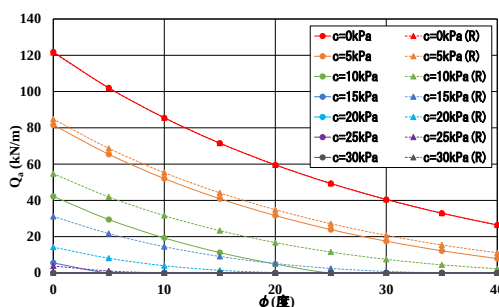
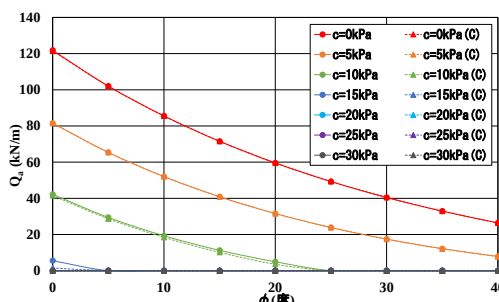
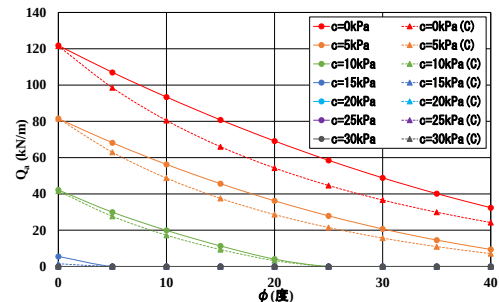


図-1 対数螺旋すべり

図-2 滑な直壁
(対数螺旋法とランキン土圧理論)図-3 滑な直壁
(対数螺旋法とクーロン土圧理論)図-4 粗な直壁_常時
(対数螺旋法とクーロン土圧理論)

キーワード 宅地擁壁, 熊本地震, 主働土圧, 対数螺旋法

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL: 03-5707-0104

果となっている。これらの結果より、滑な直壁の場合、対数螺旋法はクーロン土圧と同程度の精度であるが、ランキン土圧と比べると危険側の主働土圧合力を与えらる。

2.2 粗な直壁_常時

粗な直壁を対象に、 ϕ に対する主働土圧合力 Q_a の変化を、対数螺旋法とクーロン土圧で比較したものを図-4に示す。滑な直壁の場合と同様に、 Q_a は対数螺旋法の方が大きな値となった。また、 c が小さいほど差が大きくなっていることも分かる。さらに、滑な直壁の場合と異なり、すべり線の形状が $\phi=0$ 以外ほぼ直線となったり、中心点Oの位置が擁壁から遠くになったりという違いが見られた。なお、すべり線は c が小さいほど、 ϕ が大きいほどすべり線が急になった。これより、粗な直壁の場合も対数螺旋法はクーロン土圧と同程度の精度であると考えられる。

2.3 粗な直壁_地震時

地震時における粗な直壁を対象に、 ϕ に対する主働土圧合力 Q_a の変化を、対数螺旋法とクーロン土圧で比較したものを図-5に示す。なお、 $c=0$ または $\phi=0$ となる場合は、中心点Oの位置を見つけることができず、 Q_a を求めることができなかった。そこで、その部分に関しては、中心点Oを無限遠として Q_a の計算を行った。

無限遠として計算を行った部分は、 Q_a がクーロン土圧と等しい値となった。図-5より、それ以外では常時と同様に、 Q_a は対数螺旋法の方が大きな値となったことが分かる。これより、地震時においても対数螺旋法はクーロン土圧と同等の精度であると考えられる。また、中心点Oの位置が常時よりもさらに擁壁から遠くなるという特徴が見られた。すべり線は一部を除いてほぼ直線で、常時と同様に ϕ が大きいほど急になった。

2.4 すべり線の比較

図-6~8に各パターンにおける $c=5\text{kPa}$ 、 $\phi=20$ 度の時の対数螺旋法とクーロン土圧のすべり線をそれぞれ示す。

比較してみると、 Q_a の差が大きいほどすべり線の形状に差が生じるという特徴が見られた。図-6より、対数螺旋法はクーロン土圧よりも曲線になることで、すべり土塊が小さくなっていることが分かる。図-7、8より、全てほぼ直線状のすべり線であるが、対数螺旋法の方が急勾配になることで、すべり土塊が小さくなっていることが分かる。

3. まとめ

本報告では、対数螺旋法を用いた主働土圧計算に関する検討と他理論との比較を行った。その結果、滑な直壁の場合、ランキン土圧理論が最も精度が高いという結果となった。また、全てのパターンにおいて、対数螺旋法はクーロン土圧理論と同程度の精度を持つということが分かった。さらに、すべり線の比較を行ったところ、対数螺旋法とクーロン土圧理論で形状や傾きが異なるものも存在していることが確認できた。

謝辞：本研究は、国交省総プロ(2020~24)の一環として実施している。情報・データ提供などに対して関係各位に謝意を表する。

《参考文献》

- 国土交通省：第1回被災宅地復旧技術検討委員会の議事要旨 資料1-4 (4)問題点・課題点の抽出、
<https://www.mlit.go.jp/kisha/kisha04/04/041115/10.pdf> (2021年5月5日閲覧)
- 国土交通省：建築物と地盤に係る構造規定の合理化による 都市の再生と強靱化に資する技術開発、
https://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/pdf/r1/190711_04jizen.pdf (2022年1月12日閲覧)

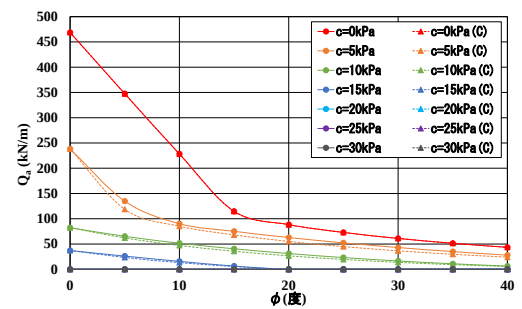


図-5 粗な直壁_地震時
(対数螺旋法とクーロン土圧理論)

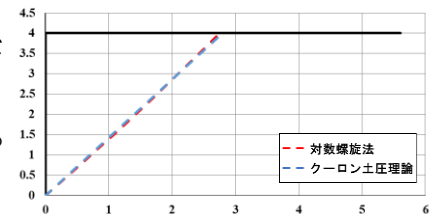


図-6 すべり線(滑な直壁)

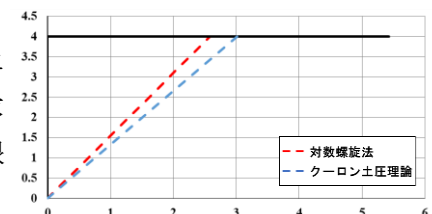


図-7 すべり線(粗な直壁_常時)

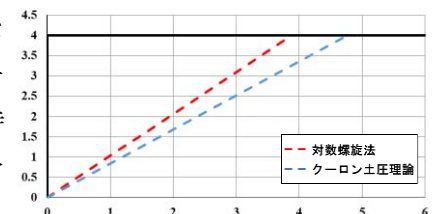


図-8 すべり線(粗な直壁_地震時)