

特殊地下壕の安定性評価に関する一考察

鹿児島大学工学部 学生会員 ○日野裕士
鹿児島大学工学部 正会員 北村良介

1. はじめに

太平洋戦争終了直前、鹿児島県ではしらす地盤に多くの特殊地下壕が掘られた。特殊地下壕のほとんどは「素掘り」であり、戦後60年余りを経過した特殊地下壕周辺のしらすは風化が進んでいる。そのため、近年陥没事故等により人的、物的被害が起きており、対策が模索されている¹⁾。

本論文は、鹿児島県に残存している特殊地下壕周辺の地盤データをもとに弾性解析を行った。具体的には以下の項目にそって議論を進める。

- 1)各壕口周囲における局所安全率の分布。
- 2)指標硬度の変化に伴う各部位における安全率の推移。

2. 解析方法および結果

2.1. 解析方法

市販の有限要素プログラムによる二次元弾性応力解析を行い、求められた主応力を用いて局所安全率の計算を行なう。

図-1に有限要素法における解析モデルを示す。壕高さ:Dは2.4m、底盤長さ:Lは2.8mである。解析領域は下方が約4.2D、側方が約1.8Lである。

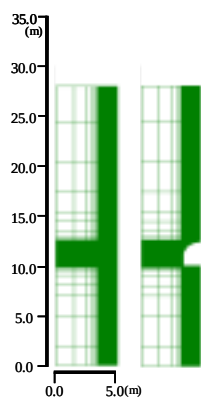


図-1 解析モデル

地下壕の形状は馬蹄形であり、周辺地盤は均質一様とみなす。半無限一様地盤に馬蹄形空洞が出来た時の応力を、地下壕周辺の初期応力としている。境界条件は表-1に示す。

表-1 境界条件

地下水位は低いものとし考慮していない。

	x方向	y方向	回転方向
上端	自由	自由	自由
左端	固定	自由	自由
右端	固定	自由	固定
下端	固定	固定	固定

鹿児島県鹿児島市桜島小池町に残存している特殊地下壕を対象とし、変状がほとんど見られない壕通路断面の解析を行なう。

表-2は特殊地下壕周辺のしらす地盤において、

山中式土壌硬度計の値より換算²⁾(図-2、3、4参照)

した地盤特性である。湿潤単位体積重量のみしらすの一般的な値を用いた。

表-2 地盤特性

パラメータ	数値
湿潤単位体積重量(kN/m ²)	14.0
ヤング率(kN/m ²)	9.74×10^3
ポアソン比	0.40
見かけの粘着成分(kN/m ²)	44.6
内部摩擦角(°)	41.8

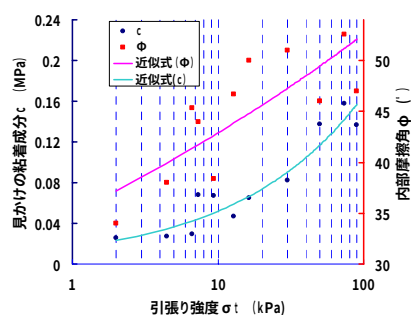


図-2 引張り強度と見かけの粘着成分、内部摩擦角の関係²⁾

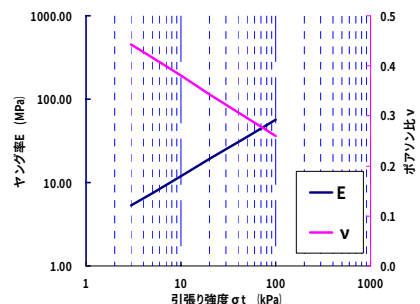


図-3 引張り強度とヤング率、ポアソン比の関係²⁾

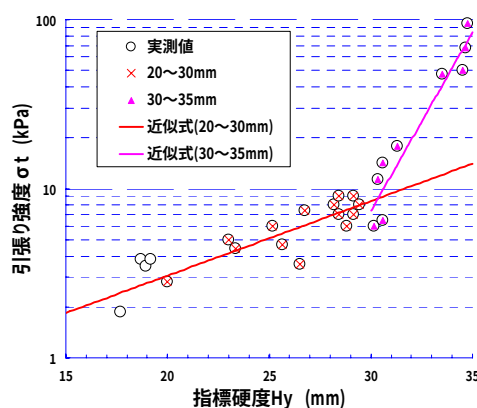
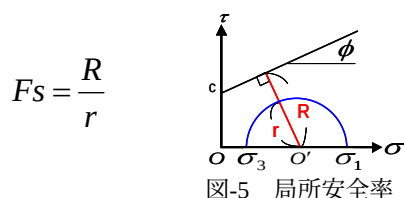


図-4 指標硬度と引張り強度の関係³⁾

有限要素法より各要素の応力が求められたとき、図-5に示すように局所安全率が定義され、以下の式で求められる。



2.2 結果

図-6は各壕口を局所安全率の値で色分けしたもので、現状との比較、および危険部位を表したものである。これより、側壁中部下部、側壁上部の局所安全率が最も低いことが分かる。また、脚部に近い底盤の一部、壁中部から天端にかけて、表面および内部の局所安全率も低いと言える。印刷の都合上、発表時にさらに細かく色を区分する。また、現状と比較すると、局所安全率の値は明らかに低い結果となった。

局所安全率				
~0.80	0.81~1.00	1.01~1.20	1.21~2.00	2.01~

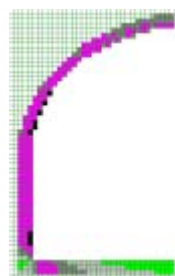


図-6 局所安全率の分布

3. 考察

指標硬度に関する考察を行なう。前述の結果より、壕内部は計測地の地盤よりも指標硬度が大きいと推測した。また、しらす地盤では風化の進行によって物性が変化し、土壌硬度の低下が考えられる。そこで、指標硬度を変化させた場合の安全率の推移を示す。応力解析に用いるパラメータは各指標硬度から換算した。

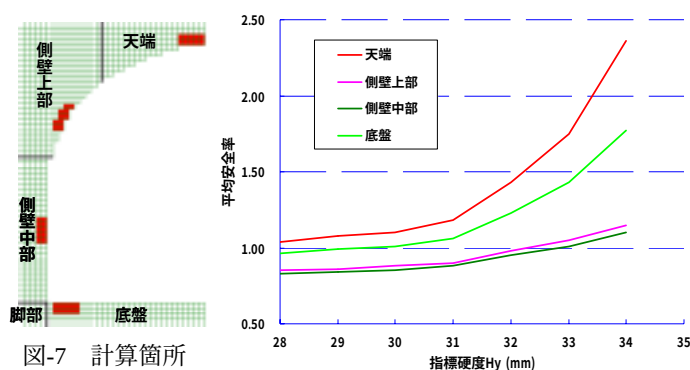


図-7 計算箇所

図-7に示すように、それぞれ平均値の要素を用いて平均安全率を求めた。

図-8は計算結果を示している。壕の変状と各平均安全率の値を考慮すると、34mmが壕内部での指標硬

度の値と推測される。全体を比較すると、指標硬度による平均安全率の推移を見ても、側壁中部から上部にかけて破壊が起きる可能性が最も高いと言える。これは、本論文が対象とした壕の変状が見られる他の通路と、一致する傾向を示した。また、この結果からは天端中央部が安定しており、せん断破壊の可能性は他の部位より低いといえる。

5. おわりに

得られた結果をまとめると以下ようになる。

- ・本解析結果は実際の変状と対応する傾向を示した。このことより、壕の安定性評価に必要な応力分布は簡単な弾性解析でも十分に評価できることを示唆している。
- ・指標硬度の変化に伴う平均安全率の推移を示した。これより、特殊地下壕壁面での指標硬度を測定することで安定性を評価する手法を示すことができた。
- ・本論文は1つの壕を各部位に区分し安全率を求めた。これより、側壁部分の安全率が最も低いことが分かった。このことは、側壁部分の指標硬度を測定することによって風化の程度を判定することができ、優先順位決定の指標として有用であることが分かった。

本研究に関し、(社)九州建設技術協会より研究開発助成をいただいた。NPO 法人桜島ミュージアム理事長の福島大輔氏、川崎地質(株)の中田文雄氏、(財)地域地盤環境研究所の川内淑人氏、(株)ユニオンコンサルの末吉哲也氏より貴重なアドバイスをいただいた。特殊地下壕を管理する鹿児島市建設局公園緑地課のお世話になった。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 鹿屋地域地下壕等調査検討委員会編：地下壕等調査および地下壕安定度判定方法に関する事例集、2003.
- 2) 村田秀一、山内豊聡、後藤恵之輔：引張破壊に着目したしらす切土斜面の安定性について、土木学会論文報告集、第343号、pp.15-24、1984.