

大谷採石地下空間入口への期待感と構造安全性評価

宇都宮大学 学生会員 ○星野 天海
宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. はじめに

栃木県宇都宮市大谷町では採石跡地下空間が多数放置されており、現在、再利用されている地下空間は、ごく一部である。また、観光客数は年々減少しており、この現状を改善するため、地下空間を有効利用し、集客効果を図ることが求められている。

そのために、ポジティブな側面を生かすことが大谷採石地下空間への来客数を増やすための 1 つの手段だと考える。よって、本研究ではこの先に「何かありそうな」「行ってみたい」というような地下空間入り口に対する期待感をアンケート調査により分析する。また本研究はまだ基礎的な段階にあるため、単純な地下空間入口形状を 6 つ示し、それぞれの安全性を力学的に解析することで、各形状の力学的評価と感性的評価の関係を考察する。それらの結果に基づき、感性と力学を総合した地下空間への入り口形状のあり方を検討する。

2. 力学解析による安全性評価

本研究では、まず、地下空間入り口のひずみによる安全性評価をするために、立坑 3 つ、横坑 3 つの単純な形状のモデルを対象に解析を行う。

1) 解析手法

本解析では有限差分法による解析ソフト FLAC3D (Fast Lagrangian Analysis of Continua in 3 Dimensions, ITASCA 社製, Ver.5.0)によって地下空間入り口のひずみによる安全性評価を行う。なお、安全性の評価は、最大せん断ひずみ分布の広がりに基づき、式(1)を危険指標として定める。

$$\text{危険指標 } M_d = \frac{\sum(\text{ひずみ } \varepsilon_i \times \text{面積 } A_i)}{\text{入口側面表面積 } A} \quad (1)$$

ただし、ここに分子は、ひずみの大きさによって分けられた各色の値×その面積としている。この値が小さいほど安全性が高いことを示す。この危険指標の最大値に対して安全性の評価値 M_s を 1、また最小値に対して安全性の評価値 7 を与え、それぞれの力学的安全性評価値を求める。

解析モデルを図-1 に示す。解析モデルは、50m×50m×53m の岩盤領域内の中心に、断面積 32m²程で、奥行き 50m の入り口を仮定する。なお、解析に用いた物性値は、既往の研究データを用いる(表-1)。また、本来は、これらの物性として扱う弾性係数や密度等は、温度依存性や時間経過に伴う劣化による強度低下などを考慮すべきであるが、本研究では単純化のた

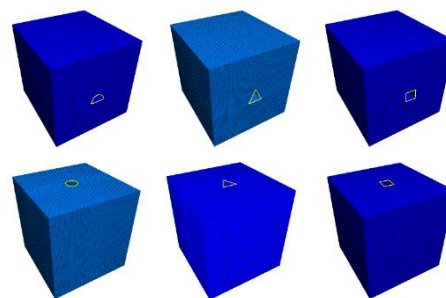


図-1 解析モデル(左：半円形断面、中央：三角形断面、右：四角形断面、上段：横坑、下段：立坑)

表-1 解析に用いた大谷石の物性値

物性	値	単位
体積弾性係数	1.38×10^9	Pa
せん断弾性係数	0.91×10^9	Pa
粘着力	2.1×10^6	Pa
内部摩擦角	30	°
引張強度	1.08×10^6	Pa
密度	1730	kg/m ³

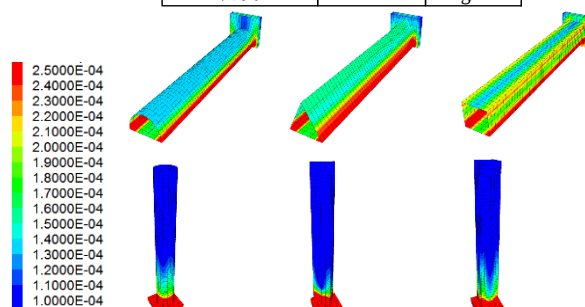


図-2 最大せん断ひずみのコンター(左：半円形断面、中央：三角形断面、右：四角形断面、上段：横坑、下段：立坑)

表-2 安全性評価結果

	立坑		
	丸	三角	四角
$M_d (\times 10^{-4})$	1.284	1.331	1.304
M_s	7.0	6.6	6.9
	横坑		
	丸	三角	四角
$M_d (\times 10^{-4})$	1.866	1.972	1.966
M_s	2.0	1.0	1.1

めに考慮せず、一定値とした。なお、重力加速度は $g=9.81(\text{m/s}^2)$ とし、鉛直方向に作用するとした。

2) 解析結果

解析結果を図-2 に示す。横坑は、側面部と底面の接続部の最大せん断ひずみの増分が大きくなる傾向を示す。また立坑と横坑で比較すると、横坑は入口部分(奥行き 10 m)全域に立坑より大きい土圧がかかるので、全体的に変形している。

この解析結果から得られた危険指標、および、安全性評価結果を表-2 に示す。

キーワード 大谷、構造安全性、期待感、地下空間入口

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7 丁目 1-2 宇都宮大学工学部岩盤工学研究室 TEL:028-689-6217

3. アンケート調査による期待感評価

1) 期待感アンケートの実施

期待感評価アンケートは、予備調査で選んだ尺度と、期待感の総合的な評価を行うための「行ってみたいー行きたくない」の尺度を加えて、宇都宮大学地域デザイン科学部社会基盤デザイン学科の学部1年生を含む75名の被験者を対象として行った。アンケートに用いた画像を図-3に示す。

2) 分析結果

得られたアンケート結果から、各尺度上で良いイメージを捉えられる側を7、悪いイメージで捉えられる側を1とし、被験者の回答の平均値を求め、それらを期待感評価値 Me とした(表-3)。

また、因子分析に先立ち、「期待感」に強く関係する尺度を抽出するために、「期待感: y 」を目的変数として、形容詞尺度「快適性: x_1 」, 「清潔さ: x_2 」, 「爽快さ: x_3 」, 「(見た目から感じる)安全性: x_4 」, 「安らぎの度合: x_5 」, 「誘惑度: x_6 」, 「広さ: x_7 」, 「刺激性: x_8 」を説明変数とした線形モデルを用いた重回帰分析を行なった。その結果を式(2)に示す。

$$y = 0.354x_1 + 0.263x_3 - 0.043x_4 + 0.396x_7 + 1.078x_8 - 4.291 \quad (2)$$

この結果から、 x_1 , x_3 , x_4 , x_7 , x_8 が期待感に比較的高い影響を与えていると考えられる。

よって、 x_1 , x_3 , x_4 , x_7 , x_8 に対して、アンケート結果を用いて因子分析を行なった。その結果を表-4に示す。表-4から、期待感に影響を与える尺度は2つのグループに分類され、それぞれ、安楽性(x_1 , x_3 , x_4 , x_7)、および、刺激性(x_8)を表すものと解釈される。

4. 総合評価

地下空間入口に対する期待感の評価においては、心に浮かんだイメージを数値化して定量的に表すことが必要である。本研究では、SD法(Semantic Differential Method)を利用する。期待感評価結果と安全性評価結果を総合して地下空間への入口形状のあり方を評価するために、本研究では次に示す評価式¹⁾(3)を用いる。

$$M = \alpha_s M_s + \alpha_e M_e \quad (3)$$

ここに、 α_s および α_e ($\alpha_s + \alpha_e = 1$)は、それぞれ、力学的安全性評価および期待感評価に対する重みであり、 M_s および M_e は、それぞれ、力学的安全性評価値および期待感評価値である。

5. まとめ

本研究では、感性和力学を総合して地下空間入口形状のあり方を検討するという考えに基づき、安全性評価と期待感評価を総合する1つの評価方法を示した。

安全性評価においては、最大せん断ひずみの広がりに基づき、評価する指標を与えた。その結果、今回の条件では立坑丸型が最も安全性が高いことが分かった(表-2)。

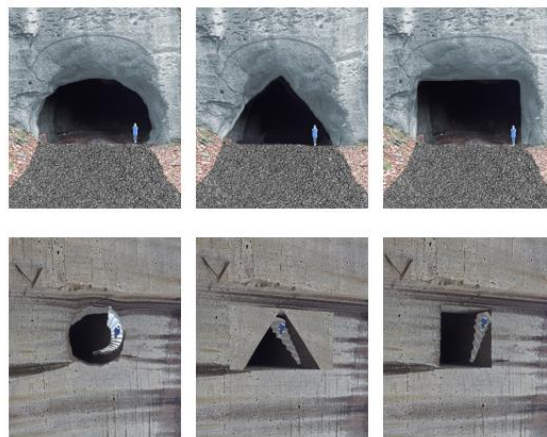


図-3 期待感アンケート使用画像(左: 半円形断面、中央: 三角形断面、右: 四角形断面、上段: 横坑、下段: 立坑)

表-3 期待感アンケート結果(回答の平均)

	(min.rate)1 ← → 7(max.rate)	横坑			立坑		
		丸	三角	四角	丸	三角	四角
x_1	不快な - 快適な	4.13	3.31	4.40	3.57	3.36	3.51
x_2	汚い - 清潔な	4.05	3.73	4.32	4.07	3.79	3.89
x_3	疲れさせる - 爽快にする	4.21	3.41	4.23	3.24	3.11	3.31
x_4	危険な - 安全な	3.65	2.95	4.57	2.93	2.64	3.24
x_5	平穩を乱す - 安らぎを与える	4.13	3.25	4.17	3.31	3.09	3.31
x_6	やめさせる - その気にさせる	4.35	3.63	4.13	3.80	3.47	3.49
x_7	狭い - 広い	4.91	3.04	5.23	2.71	2.63	3.76
x_8	刺激的でない - 刺激的な	4.12	4.44	3.63	4.99	4.43	4.16
y	行きたくない - 行ってみたい	4.51	3.64	4.16	4.15	3.41	3.65

表-4 因子分析結果

	尺度	因子負荷量		共通性
		因子1	因子2	
I	x_1 不快な - 快適な	-0.918	0.357	0.970
	x_3 疲れさせる - 爽快にする	-0.860	0.418	0.915
	x_7 狭い - 広い	-0.798	0.575	0.967
	x_4 危険な - 安全な	-0.787	0.544	0.915
II	x_8 刺激的でない - 刺激的な	0.412	-0.911	1.000
	因子寄与率	60.170	35.165	-

期待感評価においては、形容詞対による尺度を用いてアンケートを行い、地下空間入口形状への期待感と尺度との関係について分析した。その結果、期待感の最も高い形状は横坑半円型、ならびに、期待感に影響を与える尺度は安楽性と刺激性であることが分かった(表-3, 表-4)。

総合評価では、安全性評価値と期待感評価値を総合評価する評価式を示した。感性和力学による評価結果を個々に論じるのではなく、総合して議論することが可能となることを示した。

参考文献

- 1) 今泉暁音：感性和力学を融合した地下空間形状のデザイン手法に関する基礎的研究(平成22年度 山口大学大学院理工学研究科 博士論文), 2010
- 2) 宇都宮市経済部 都市魅力創造課 大谷振興室主任 佐藤大地：大谷石採取場跡地内の冷熱エネルギーを軸とした取組について～事業と雇用の創出による地域振興へ～(第4回地域プロジェクト推進会議)
- 3) 松本直司・近久博志・加藤毅・勝崎香奈：地下空間における期待感～空間拡大時の期待感位置とその強さ～, 土木学会論文集 No.777/VI-65, pp139-147, 土木学会, 2004.12.