

大谷採石地下空間の地震時安全性と安心感に関する検討

宇都宮大学 学生会員 ○加藤 俊紀

宇都宮大学 学生会員 程 传涛

宇都宮大学 正会員 清木 隆文

表-1 使用した地震波

	震源	マグニチュード (J)	観測日
CASE1	茨城県南部	3.3	7月13日
CASE2	茨城県南部	2.6	7月15日
CASE3	埼玉県北部	3.2	7月16日

1. はじめに

本研究では、大谷採石地下空間における安全性と安心感を評価することを目的として、数値解析、アンケート調査を行い、その評価手法を検討した。大谷採石地下空間においては、安全性に不安があるとさせている箇所については、支保工による補強がなされており、安全性の向上が期待されている。地震時、入口が崩壊した場合、地上とは異なり、地下空間では、脱出する手段を失ってしまう。そのため、本研究では、大谷採石地下空間と支保工が設置されている箇所の1つであるその入口部に着目し、地下空間の安全性と支保工の有効性をFLAC3D (Itasca 社)による数値解析によって検討する。また、地下空間内における安心感について、アンケート調査を基に評価し、最終的には、大谷採石地下空間の安全性と安心感からなる総合評価を行う。

2. 大谷採石地下空間の動的解析

2.1 漸増動的解析手法について

構造物の想定する地震動を超える地震動に対しての損傷の大きさを単なる動的解析からは予見することはできないため、複数の地震動を用いて構造物の耐震性を評価するIDA (漸増動的解析) 手法¹⁾を用いる。この手法は、入力地震波の強度を漸増させ、非線形時刻歴地震応答解析を行い、その地震強度と応答の関係よりIDA曲線を作成し、構造物の耐震性能を評価する。

2.2 大谷採石地下空間入口部の解析結果

入口部の耐震性能と設置された支保工の有効性を検証するため、大谷採石地下空間に設置された地震計に観測された3種類の地震波 (表-1) を用いて、入口部に支保工を設定したモデルと設定しないモデルの結果を比較した。地震強度を表面最大加速度PGA (Peak

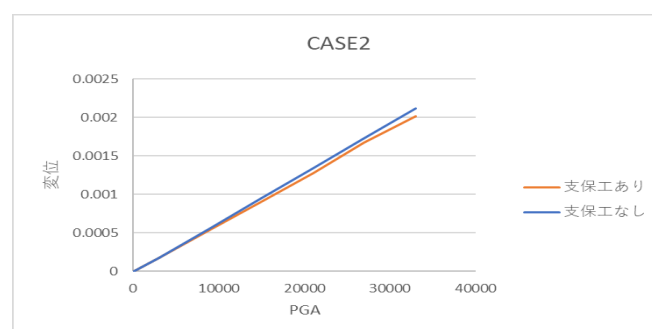


図-1 CASE2 地震動のIDA曲線

Ground Acceleration) とし、陥没する可能性を検討するために、入口部上部の鉛直方向変位に着目して、解析を行った。

結果として、支保工を設置したモデルにおける鉛直方向の変位が、支保工を設置していないモデルと比べて、小さかった。しかし、その変位差でCASE2地震動の場合の $1.019 \times 10^{-4} \text{m}$ と非常に小さいので、IDA曲線では、大きな差異が現れなかった (図-1)。そのため、大谷採石地下空間の入口部における支保工の耐震性能における有効性は不十分であると考えられ、有効な支保工の検討が求められる。

3. 大谷採石地下空間の安全性と安心感の総合評価

大谷採石地下空間内の7か所 (図-2) による安全性評価と安心感評価の2つの指標によって総合的に評価した。この7か所については、安心感の妥当性を確認するため、入口からの距離や形状が類似している空間だけにならぬように選定した。

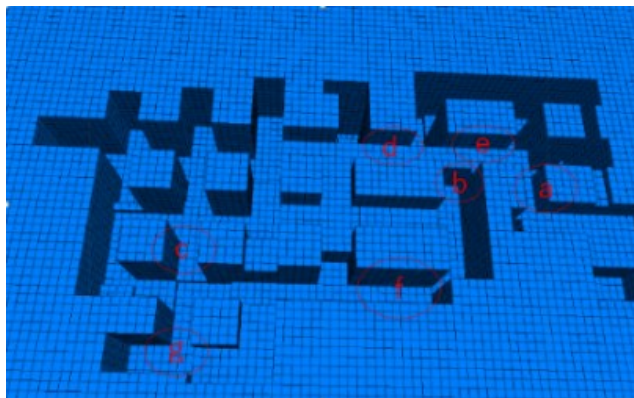


図-2 大谷採石地下空間平面俯瞰図(評価7か所記載)



図-3 アンケートで用いたトンネルの写真

本研究においては、安全性評価は、局所的な安全性を判定するために、最大せん断ひずみの許容値として、限界せん断ひずみ $\gamma_0^{2)}$ を用いた。着目した箇所の壁面の最大せん断ひずみを γ_0 で除した値を危険指数 m として、 m の値によって評価を行った。限界せん断ひずみは、 4.442×10^{-3} であり、採石地下空間全体でのせん断最大ひずみが、 3.156×10^{-3} であることから、限界せん断ひずみを超える最大ひずみが現れる壁面はなかった。

地下空間においての、安心感を調査するために、3種類の地下空間（図-3：地下トンネル、地下駐車場、地下道）について、その空間の写真あり・なしの2パターンの、地下空間に対する印象を調査した。ここでは、アンケート写真として、大谷採石地下空間が最も適当だが、回答者が大谷採石地下空間を認識していない可能性があるため、回答者に認識されている可能性が高い3種類の地下空間を用いた。アンケート結果からは、写真あり・なしの間で、回答に差異が生まれることが分かったため、安心感評価は、そのアンケートを基に作成した5項目（幅、高さ、入口からの距離、節理、明るさ）の評価項目と3段階の基準により評価し、合計点から、安心感をA、B、Cとした。

総合評価の方法としては、安全性と安心感の評価から、その評価の組み合わせによって、基準を作成した。7か所についての評価を試行した結果を表-2に示す。

表-2 総合評価の試行結果

場所	a	b	c
安心感	B	C	B
安全性	A	A	B
総合評価	A	B	B

場所	d	e	f	g
安心感	B	B	B	B
安全性	A	A	B	A
総合評価	A	A	B	A

4. まとめ及び今後の課題

4.1 まとめ

(1) 大谷採石地下空間における動的解析

本研究では、大谷採石地下空間の入口に注目し、3つの地震動によって漸増動的解析手法に基づいた動的解析を行い、IDA曲線を描いた。その結果をもとにして支保工の有効性を検討した。また、選定した7か所を対象にして、限界ひずみを用いて、安全性の評価した。

(2) 大谷採石地下空間における総合評価

安心感を定義し、一般的な地下空間を対象としたアンケート調査に基づいて評価指標を検討した。その結果をもとに動的解析に基づいた安定性評価と組み合わせ、総合評価手法を提案し、本研究で対象とした大谷採石地下空間を対象に試行を行った。

4.2 今後の課題

安心感評価においては、大谷採石地下空間だけでなく、より多くの地下空間における実用性を高めるために、アンケート調査を様々な地下空間を対象として、実施したのちに評価し、その評価基準の再度検討と改善していきたい。また、作成した評価基準を第三者に実際に使用してもらうことで、その汎用性を確認したい。また、大谷採石地下空間において、安全性を高めることのできる支保工が必要になると考えられ、コスト面も含めた検討を行っていくことが求められる。

参考文献

- 1) Vamvatsikos, D. and Cornell, C. A.: Incremental Dynamic Analysis, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 31, No. 3, pp. 491-514, 2002.
- 2) 櫻井春輔, 川嶋幾夫, 大谷達彦, 松村真一郎
(1994) : トンネルの安定性評価のための限界せん断ひずみ, 土木学会論文集 No.493/III-27, pp.185-188.