

大谷採石地下空間の利用者安全意識と構造安定性

岩手銀行
宇都宮市役所
宇都宮大学

岩城 笙
佐藤 大地
正会員 ○ 清木 隆文

1. 研究背景と目的

近年、都市部の土地不足や、CO₂削減など環境負荷の低減が求められていることから、大深度地下を始め、多くの地下空間の利用が注目されている。一般的に地下空間は、恒温性や恒湿性、遮音性、耐震性など地上部にはない特性を有している場合が多い。栃木県宇都宮市大谷地域には大谷石(軽石火山礫凝灰岩)の石材としての採石に伴って形成された広大な地下空間跡地が多数存在している。しかしながら、このほとんどが、放置され荒廃している。また、観光用に公開されている大谷資料館など、極一部が有効利用されるに留まっている。このような既存の地下空間を貴重な空間資源として捉えて、その特性を活かした様々な利用が求められる。既存の地下空間である大谷採石地下空間跡地を有効利用するためには、構造の安全性の保証が不可欠である。事実、平成元年～3年に発生した大規模陥没の影響で、安全性に対する不安から、以降の有効利用が中止に至った。そこで、本研究では、大谷地域に事業を興す事を対象に、大谷石採石地下空間の安全性に不安を感じる要素を知るために、コンジョイント分析を用いたアンケート調査を行った。その結果から、大谷採石地下空間への事業実施を想定した場合に、その安全性に不安抱く因子を抽出し、数値解析でその影響度を確認した。また、大谷資料館に訪れる観光客を対象に、トラベルコスト法を用いたアンケート調査を行い、レクリエーション価値を計測した。

2. 事業者の視点から見た大谷採石地下空間の安全性の不安要素に関するコンジョイント分析

(1) 調査内容について

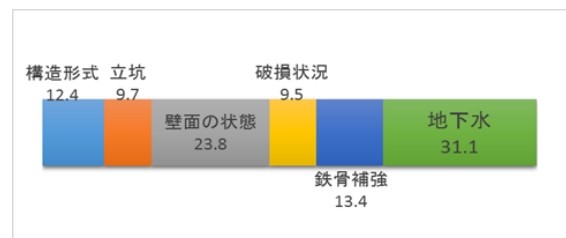
本研究では大谷採石地下空間跡において安全性に不安を感じるような6つの属性の組み合わせを、直交表を用いて8枚のコンジョイント・カード¹⁾を作成した。評価方法は、各要素についての説明後、8枚のカードを同時に提示し、被験者に5段階で点数評価をして頂くものとした。また、被験者の属性を知るために、地下空間に入った経験有無や、職業についての設問を設けた。

(2) アンケートの実施について

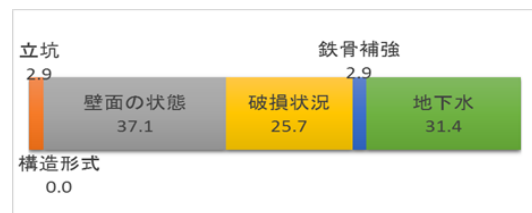
アンケートは、宇都宮市役所産業政策課の方々のご協力を得て、大谷地域に関わりのある事業者の方15名、土木工学の知識がある事業を行うことを想定した被験者64名、土木に関する知識の少ない被験者として宇都宮大学1年生129名を対象にして、大谷採石地下空間で、事業を行うことを想定したうえで回答をして頂くアンケートを実施した。この際、地下空間に入った経験がない方にも地下空間内部が想像しやすいように、該当箇所の写真を用いて説明を加えた後に、設問に回答して頂いた。実施時期は平成28年11月から12月の間とした。



(a) 土木工学に関する知識の少ない被験者 (%)



(b) 土木工学に精通している被験者 (%)



(c) 大谷に関わりのある事業者 (%)

図-1 空間不安要素に対する属性の重要度

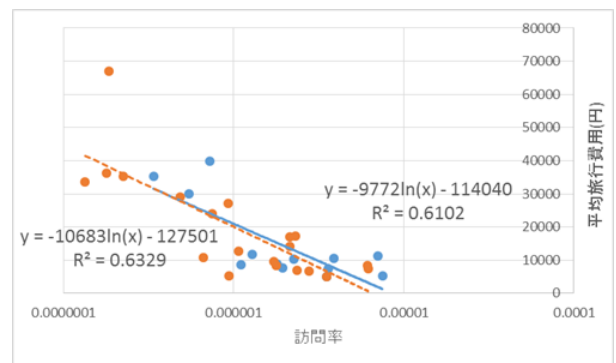


図-2 訪問率と平均旅行費用との関係

(2016/11/18(橙), 12/23(青)実施)

(3) 調査結果のコンジョイント分析

コンジョイント分析において、算出された各部分効用値の絶対値の合計からの割合を大谷採石地下空間内の不安要素に対する属性の重要度と見なすものとする。その地下空間内における、各要素の重要度の結果を図-1に示す。なお、各属性の数値の大きさは不安要素に対する影響の大きさを示す。事業者その他の属性に共通

キーワード 大谷石、採石地下空間、有効利用、安全性、構造安定性

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科 TEL028-689-6216

して、「壁面の状態」「地下水」の重要度が高くなっている。また事業者があまり大きな関心を示さなかった「鉄骨補強」について、土木工学に関する知識の少ない被験者は、視覚的に理解しやすいという理由から、重要度が高く捉えられたと考えられる。

3. トラベルコスト法を用いた大谷地域のレクリエーション価値の変動評価

(1) 調査内容について

大谷資料館に訪れる観光客の旅行費用をもとに、大谷地域の環境価値を、ゾーントラベルコスト法を用いて、現時点と2015年の価値評価の比較また平日と祝日の価値評価の比較を行った^{1),2)}。

(2) 大谷地域のトラベルコストの算出結果

アンケートの回答者は大谷資料館に訪れる観光客とし、2016年11月18日(水)、2016年12月23日(金)に実施した。アンケートの有効回答数は、それぞれ126枚、123枚であった。これらをもとにして、大谷地域のレクリエーション価値MSを求めた結果、2016年は11月が10,683円、12月が9,772円となった。一方で、2015年(12月19日実施)のMSは、8,262円であった。

4. 不安因子を考慮した大谷採石地下空間の安定性検討

(1) 解析対象および解析条件について

解析は有限差分法による数値解析ソフトFLAC3Dを使用する。解析対象は現在も採掘が行われている大谷採石地下空間の採掘申請箇所も含め東西、南北約160mに広がり、約40mの深さの大谷石層中に長壁式で掘削された地下空間で、これを単純化したモデルとする。解析条件は、地下空間内の不安要素である節理が存在する場合と存在しない場合との比較を行った。

(2) 解析結果について

節理が存在する場合としない場合の、地下空間内の鉛直方向(以下、z軸方向)の縦断面における変位のコンターを図-3、図-4示す。節理が存在しない場合では、9.1mm、節理が存在する場合では、10.2mmの鉛直変位が、地下空間天井部に生じているが、構造的に安定している。

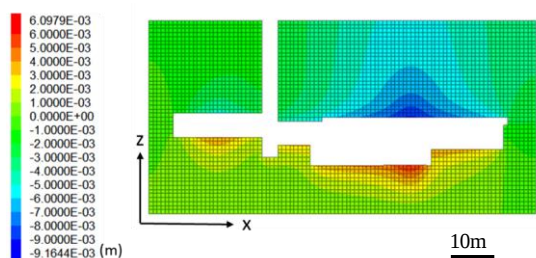


図-3 鉛直変位のコンター図(節理が存在しない断面)

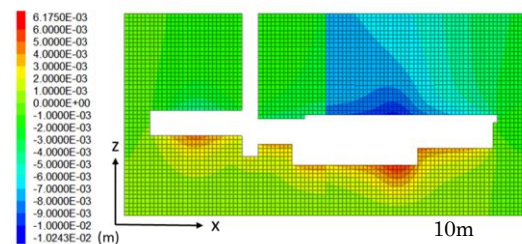


図-4 鉛直変位のコンター図 (節理が存在する断面)

まとめ

事業者の視点で見た大谷採石地下空間の安全性に対する不安要素について整理すると、大谷地域に関する事業者には「壁面の節理」、「地下水」の順に重要、土木工学の知識のある被験者には「地下水」「壁面の節理」の順に重要となる傾向がある。一方でその他の「構造形式」や「鉄骨補強」などに関しては、あまり安全性の視点から関心を示さない傾向となった。土木工学に関する知識の少ない被験者らは「破損状況」に最も不安を抱くという結果が得られたが、他の属性と同様に「壁面の節理」「地下水」に関しても、高い関心が向けられており、これらの要素の安全意識への影響の高さが伺える。また今回のアンケートに用いた安全性因子を重回帰分析のp値でその有意性を確認した。その結果、事業者における「壁面の節理」に有意である事を示した。これにより節理が安全な構造との意識を得るために最も重要度であることが再認識された。また、土木工学に関する知識の少ない被験者は、他の2つの属性で関心の低かった「鉄骨補強」に関しての重要度が低くなかった。これは地下空間に詳しくない方には、補強材があることで、心理的に地下空間の安全性に不安を与える可能性がある。

稼働中の大谷石採石地下空間の数値解析では、アンケートで安全性に対する重要度の高かった節理の存在が、地下空間内の変位に僅かに影響を与える傾向を示した。より安全な施設を建設するためにも、今後、節理に対する対策が不可欠である。これらの解析に加えて、同モデルで鋼材の支保工を設置した場合としない場合について坑内変位を比べた結果、大きな違いは見られなかった。支保工が大谷採石地下空間の構造安定性を向上させるうえで効果的か検討したうえで、必要であれば、専門家以外の地下空間の利用者に無用な不安を与えない対策を継続的に検討する必要がある。

トラベルコスト法アンケートでは、レクリエーション価値は前年よりも高くなっている傾向を示した。このことから、大谷資料館の地名度が上がっていると考えられる。また訪問客全体に対する関東近辺以外の遠方からの訪問客の割合が増えていることから、大谷資料館のみならず、大谷地域の知名度が上がっている様子が伺われる。

5. 今後の課題

トラベルコスト法のアンケートでは、栃木県内在住の方について大谷地域に関して詳しく知らない方の割合が高まった原因を調べ、大谷地域を宇都宮市内の観光資源としての価値向上の条件を検討する。

コンジョイント法のアンケートでは、安全性に対する影響因子の追加検討と回答者数増加の工夫が今後も必要である。

数値解析では、節理以外の要因の安全性に対する影響の検討、大谷石の風化や劣化を考慮した解析モデルの作成、実験・観測データとの比較検討も望まれる。

参考文献

- 1) 斎藤 明秀, 清木 隆文, 佐藤 大地(2017): 大谷石採石地下空間の安全性に着目した空間価値評価の試み, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第22巻, 土木学会 [一般投稿論文], pp.29-34.
- 2) 高橋 智信, 多田 海成, 下池 恭平, 清木 隆文(2016): 事業化を目指した大谷採石地下空間の価値評価, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第21巻, 土木学会 [一般投稿論文], pp.57-64.