

大谷採石地下空間の地震応答と避難意識の検討

宇都宮大学 学生会員 ○土屋友梨珠
宇都宮大学院 学生会員 程伝涛
宇都宮大学院 正会員 清木隆文

1. はじめに

大谷石とは、栃木県宇都宮市の北西方向に約8 kmに位置する大谷町付近の東西約4 km、南北約6 kmの範囲に分布している凝灰岩のことである。この大谷石は、新生代第三世紀の前半に地底火山の激し活動により火山が噴火してできた火山灰、砂礫や軽石が海水中に堆積し、凝固してできた軽石凝灰岩である。また、その埋蔵量は約6億トンと推定されている。軽く、柔らかいため加工しやすく、さらに防音性、耐火性に優れているため、防音・防火のための建築用石材に使用される¹⁾。近年では、大谷石の地下採石跡に広大な空間が生まれていることから、大谷石地下空間を貴重な人工的空間として有効的に再利用するために、地下採石空洞で様々な施設の建設や取り組みの実施などの計画が作成されている。

しかしながら、平成元年～3年に発生した大規模陥没により大谷石採石地下空間自体の安全性と、利用者の不安が大きな問題となった。その後、2011年東北地方太平洋沖地震の影響を受け、地震時の安定性についても注目を集めてきた。そこで、本研究では、大谷石採石地下空間の地震時の安定性を確認し、その結果とアンケート調査によって得られたデータをもとに、地下空間で地震が発生した場合の対処または避難のあり方を検討することを目的とする。

2. 大谷石採石地下空間の地震時の挙動について

既往の研究²⁾では、新潟県中越沖地震レベルの地震動に対して、大谷採石地下空間は構造的に安定であるとされている一方、2011年東北地方太平洋沖地震レベルの地震が大谷地域の直下で発生した場合、安定性は必ずしも保たれないということが分かっている。大谷採石地下空間の天端部分を切り取った範囲で確認した平面図に塑性領域を示す(図-1)。この図から読み取れる通り、地下構造を支える壁面は降伏し、その結果、壁面等の剥落や地下空間群が崩壊する可能性があると考えられている。

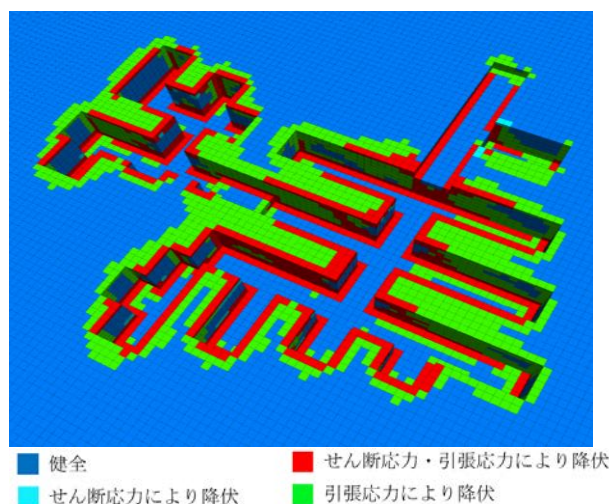


図-1 地下空間の塑性領域

3. 地下空間での避難行動の要素についての検討

前章では地下空間での地震挙動の検討を行った。しかし、大谷採石地下空間は平成元年頃から発生した陥没事故から、実際に利用する人々の安心感を完全に取り戻すことはできていない。既存の研究³⁾では、地下空間そのものに対してどのように感じるかという視点から調査が行われてきた。一方、今回の解析のような地下空間での地震については、未だ経験が少なく情報も入手しづらいというのが現状である。近年発生すると予想されている首都直下地震でも地下空間での地震は避けることができず、ハード・ソフト両面において対応が必要である。

そこで本研究では、前章の数値解析とは異なるソフト面の視点から、地下空間における地震時の避難についてどのような要素が必要かを一般人の観点で検討した。

調査の方法として、土木工学の知識が比較的浅い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主に1年生48名を対象としたアンケートで、地下空間訪問経験の有無、地下空間の地震についての認識や経験、避難行動の有効度の3種類の項目で行った。また、土木技術者24名にも同様のアンケートを実施した。その結果を図-2、図-3、図-4に示す。

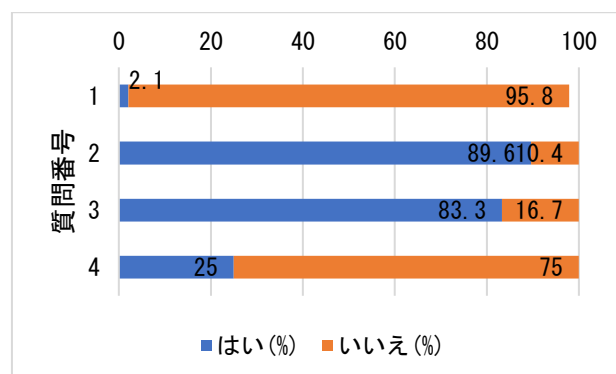


図-2 地下空間での地震に対する意識

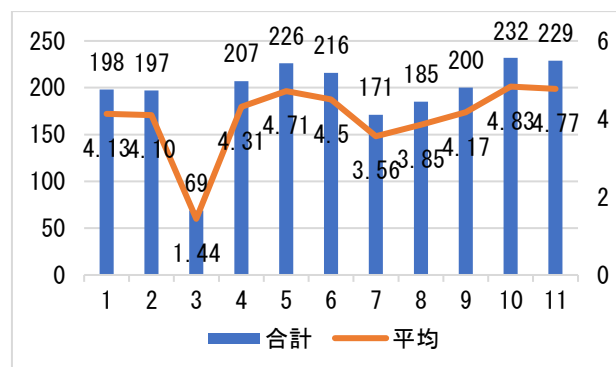


図-3 避難行動の有効度の認識

図-2の質問内容は、次の質問項目1~4である。1 以下空間にいるときに地震を経験したことがあるか。2 地上と地下では地震時の避難対策が異なるべきだと思うか。3 地下空間にいるときに地震が起きたら、地上にいるときよりも強く不安を感じると思うか。4 現状の地下空間での地震対策は十分だと思うか。

これらの質問項目から 95.8%が地下空間での地震を経験したことがなく、83.3%が地下空間での地震に強い恐怖感を抱くということがわかった。さらに、地下空間で地震を経験したことがある人は 2.1%であり、75.0%が現状の地震対策が不十分だと感じている。以上のことから、地下空間での地震は、経験の少なさや恐怖感の強さが問題であり、地下空間独自の地震対策の需要が高いことが明白である。

さらに、図-3では、避難行動の有効度の認識の結果を示した。質問内容は、次の質問項目1~11「1.地震が発生したことを伝えるアナウンス」、「2.地震が発生したことを伝える人の声」、「3.呼びかけをしない」、「4.安心感の呼びかけ」、「5.具体的な行動の呼びかけ」、「6.周囲の環境に対する呼びかけ」、「7.発生した地震に関する情報提供」、「8.被害状況の伝達」、「9.地下空間の安全性のアピール」、「10.具体的な避難の仕方の指示」、「11.避難経路を示す標識」である。

以上の質問項目から、4., 5., 6., 9., 10., 11.が特に全体の有効度が高いことがわかった。これらは地震時の避難行動に必要な不可欠な要素であり、安全性の確保には必須である。一方、図-3に示した通り、地下空間訪問経験の有無による差を見ると、質問項目1., 2., 7., 8., 9.において顕著な差がみられた。これらの項目を比較すると、図-3の結果より、地震時の避難行動の必要不可欠な度合いは低下しているが、全項に共通して人々の不安要素を和らげる効果があると期待できる。したがって、地下空間への訪問経験がない、すなわち地下空間への知識や経験が浅い人ほど地震時に不安を感じる傾向が高く、それを緩和するような避難行動の需要が高いことが考えられる。

また、同じアンケート内容を土木技術者24名に実施した結果を図-5に示す。さらに、両者の平均値の相違を図-6に示す。特に大きな差が見られるのは、質問項目5., 6.である。この二つは、「具体的な行動」と「周囲の環境に対する注意」である。これら二つの項目に差が出た理由は、土木技術者に比べて一般人は地震や地下空間に対する知識が浅く、かつ未経験の地震に対して自身の身の安全を求める傾向が高いと推測できる。

4. 大谷採石地下空間での避難行動の検討

大谷採石地下空間で地震が発生した場合、最も安全と思われる場所は、空洞端部の壁面付近だと考えられる。一方、東北地方太平洋沖地震レベルの地震が大谷採石地下空間の直下で発生した場合、空洞中央部付近は壁面や天盤が降伏しており、一時的な避難場所が必要と考えられる。また、避難時は避難の具体的な方法や周囲の安全に配慮する等のアナウンスや声がけ等が特に必要である。

したがって、大谷採石地下空間において、地震が発生した場合、どのような行動をとればよいのかを検討した結果を以下に示す。

- 空洞端部の壁面付近にいる人はその場に留まり、壁面からは離れるようにする。
- 空洞中の壁面付近にいる人はできる限り壁面から離れ、天盤の変状がないか注意しながら空洞端部に移動する。
- 避難の際は、避難対象者が一般人である場合には、

地下空間の管理者が最優先に自分の身を守る様に伝え、必要に応じて避難時にパニック等にならないよう、アナウンスや声掛け等の恐怖心を抑える行動が必要である。また、管理者等の誘導者がいない場合に備え、予め地下空間内に避難経路を指示するような標識を設置する。

5. まとめ

本研究では、大谷採石地下空間を対象として、地震時の安定性をもとにして、不特定多数の入場者を想定した地震時避難に必要な情報に関するアンケート結果を総合して、地下空間における地震時避難誘導の在り方を検討して提案した。今後は、より具体的な行動ルートの検討や避難実験等による裏付けが必要である。

参考文献

- 高葉悠, 大谷石地下空間の第三者から見た構造安定性評価に関する研究, 宇都宮大学院工学研究科地域環境デザイン専攻修士論文, 2013.
- 岩城笙, 清木隆文, 佐藤大地, 利用者意識に基いた大谷石採石地下空間の構造安定性に関する検討, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第23巻, 土木学会, pp59-64, 2018.1.

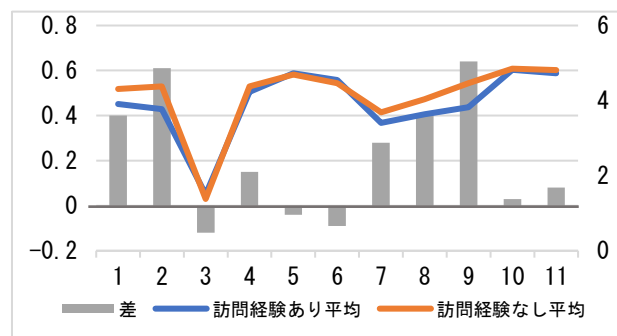


図-4 地下空間訪問経験の有無による差

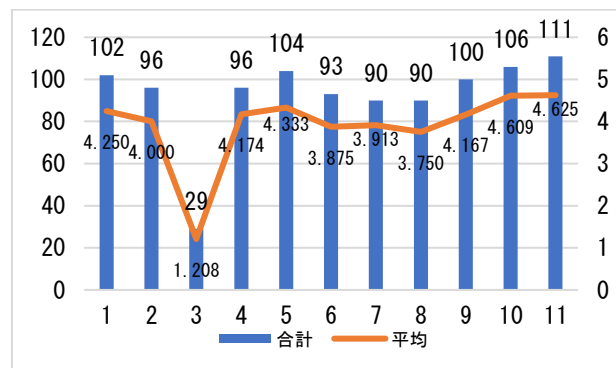


図-5 土木技術者の避難行動の有効度の認識

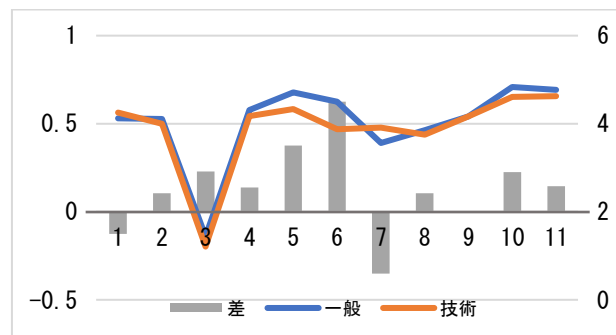


図-6 一般人と土木技術者の避難行動の認識の相違