



降雨と地震動を受ける火山灰盛土の安定性評価

| | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| メタデータ | 言語: English |
| | 出版者: |
| | 公開日: 2023-12-11 |
| | キーワード (Ja): |
| | キーワード (En): |
| | 作成者: グェン, チョン ナム |
| | メールアドレス: |
| URL | 所属: |
| | https://doi.org/10.15118/0002000161 |

| | |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名 | NGUYEN TRONG NAM (グエン チョン ナム) |
| 学位論文題目 | Stability evaluation of volcanic embankments under rainfall and earthquake (降雨と地震動を受ける火山灰盛土の安定性評価) |
| 論文審査委員 | 主査 教授 川村 志麻 |
| | 教授 木幡 行宏 |
| | 教授 木村 克俊 |

論文内容の要旨

近年、我が国では、予想をはるかに超える集中豪雨によって発生する斜面崩壊、地すべり、土石流などに起因する土砂災害が頻発しており、防災・減災に向けた総合的な対策が求められている。また、我が国は地震大国でもあり、2018 年 9 月に発生した北海道胆振東部地震では、甚大な地盤災害を経験した。この北海道胆振東部地震の災害では、降雨との複合地盤災害が指摘されており、地震前に通過した台風 21 号の降雨が斜面崩壊に影響を及ぼした可能性が指摘されている。本研究は、降雨と地震動の複合外力条件下で、火山灰粗粒土から構築された盛土の力学的挙動を調査し、その安定性評価について検討している。

本目的を達成するために、一連の 1g 場模型実験が、降雨を再現するためのスプレーノズルと地震動を再現するための振動載荷装置を用いて行われている。用いた試料は、先の胆振東部地震により液状化した札幌市里塚地区の住宅盛土の土質材料と同噴出源である駒岡火山灰質土であり、3 種類の細粒分含有量と 2 種類の初期含水比（最適含水比に比べ、乾燥側と湿潤側のケース）の条件の下で試験が実施されている。

得られた結果から、地震前の先行降雨はその後の地震に対する盛土の不安定化に大きな影響を及ぼすこと、また、盛土内に含まれる細粒分含有量の大小は斜面崩壊に大きな影響を与え、降雨と地震の単独または複合条件下の火山灰盛土の安定性を議論する上では十分に考慮しなければならないことが示されている。加えて、同じ締固め度では、火山灰盛土の浸透性は細粒分含有量の増加とともに減少し、先行降雨を受けた火山灰盛土の耐震性では細粒分が多いほどそれが高くなることが示されている。しかしながら、細粒分含有量が 27% を超えると、この耐震強度の増加は顕著ではない。また、盛土構築時の初期含水量の違いは、降雨や地震による盛土の力学的挙動、浸透特性、崩壊現象に変化を与え、最適含水量の湿潤側における透水性は、細粒分が多く含まれている場合では乾燥側よりも小さく、対照的に、乾燥側で締固められた盛土では、先行降雨による同じせん断ひずみ条件下において、その後の地震に対する抵抗力が低くなることが示されている。このように盛土が複合的な要因で崩壊に至る場合、先行するせん断ひずみが同程度であっても、地震と降雨の順序が異なること、斜面の安定性が異なることが定量的に示されている。

最後に、過去に行われた現地計測結果から斜面内の含水量の変化を機械学習モデルの教

師データとして用いて、実際の盛土の安定性を評価する簡便法を提案し、その有効性を示し、本研究を総括している。

ABSTRACT

This study aims to investigate the mechanical behavior of embankments constructed from volcanic soil under the independent and combined effect of rainfall and seismic loadings. To accomplish this purpose, a series of 1g model experiments on embankments were conducted with an apparatus that integrated both the spray nozzle and the shaking table. The soil samples were prepared using Komaoka volcanic coarse-grained soils as materials with 3 different amounts of fine particle contents while the initial water content was chosen at dry cases and wet cases of optimum water content. In the experiments, shear strain, acceleration, pore water pressure, and saturation degree were monitored and measured to provide an understanding of the influence of different fine particle contents and initial water content on the failure mechanism of the volcanic embankment subjected to rainfall and earthquake. In post-rainfall earthquake tests, the seismic loadings were applied at 3 different conditions of pore water pressure inside the embankments to clarify the effect of dissipation time between rainfall and earthquake. The results of post-rainfall earthquake cases in this study were compared with those in the cases of post-earthquake rainfall in previous research to investigate the importance of the order impact of external forces. The physical model test results were also compared with previous research including element tests and disaster reports. Besides, modern techniques of artificial intelligence were applied to predict the water retention characteristic.

The results show that the previous rainfall plays an important role in evaluating the stability of embankments under subsequent earthquakes through water retention conditions inside the slope such as rainfall-induced residual pore water pressure and saturation degree. The fine particle content has a great influence and must be taken into account when studying the stability of the volcanic embankment under the independent or combined effects of rainfall and earthquake. At the same degree of compaction, the permeability of volcanic soils decreases with the increase in the fine grains content. The earthquake resistance of the compacted volcanic embankments subjected to previous rainfall increases as the fine content increase. Even so, this increment in seismic strength is not significant when the fines content was higher than 27%. Initial water content has a great influence on the mechanical behavior, infiltration characteristics, and failure phenomenon of embankments due to rainfall and/or earthquakes. The

permeability of the compacted soil on the wet side of the optimum moisture content is less than it is on the dry side when the fine grain content of the soil is sufficiently large. In contrast, embankments compacted on the wet side exhibit less resistance to subsequent earthquakes under the same shear strain due to previous rainfall. When embankments are subjected to dual disasters, the slope stability may be various for different orders of earthquake and rainfall even though the preceding received shear strain is similar. Finally, a simple method to evaluate slope stability in practice with the measured water content as the object of assessment was proposed based on the change in soil infiltration capacity. Machine learning models can be applied to predict pore water pressure values from historical data. Daily updates of the dataset and the climate data can significantly improve prediction accuracy.

論文審査結果の要旨

近年、我が国では、予想をはるかに超える集中豪雨によって発生する斜面崩壊、地すべり、土石流などに起因する土砂災害が頻発しており、防災・減災に向けた総合的な対策が求められている。また、我が国は地震大国でもあり、2018年9月に発生した北海道胆振東部地震では、甚大な地盤災害を経験した。この北海道胆振東部地震の災害では、降雨との複合地盤災害が指摘されており、地震前に通過した台風21号の降雨が斜面崩壊に影響を及ぼした可能性が指摘されている。本研究は、降雨と地震動の複合外力条件下で、火山灰粗粒土から構築された盛土の力学的挙動を調査し、その安定性評価について検討している。本目的を達成するために、一連の1g場模型実験が、降雨を再現するためのスプレーノズルと地震動を再現するための振動載荷装置を用いて行われている。用いた試料は、先の胆振東部地震により液状化した札幌市里塚地区の住宅盛土の土質材料と同噴出源である駒岡火山灰質土であり、3種類の細粒分含有量と2種類の初期含水比の下で試験が実施されている。

得られた結果から、地震前の先行降雨はその後の地震に対する盛土の不安定化に影響を及ぼすこと、また、盛土内に含まれる細粒分含有量の大小は斜面崩壊に影響を与え、降雨と地震の単独または複合条件下の火山灰盛土の安定性を議論する上では十分に考慮しなければならないことが示されている。加えて、同じ締固め度では、火山灰盛土の浸透性は細粒分含有量の増加とともに減少し、先行降雨を受けた火山灰盛土の耐震性では細粒分が多いほどそれが高くなることが示されている。しかしながら、細粒分含有量が27%を超えると、この耐震強度の増加は顕著ではない。また、盛土構築時の初期含水量の違いは、降雨や地震による盛土の力学的挙動、浸透特性、崩壊現象に変化を与え、最適含水量の湿潤側における透水性は、細粒分が多く含まれている場合では乾燥側よりも小さく、対照的に、乾燥側で締固められた盛

土では、先行降雨による同じせん断ひずみ条件下において、その後の地震に対する抵抗力が低くなることが示されている。このように盛土が複合的な要因で崩壊に至る場合、先行するせん断ひずみが同程度であっても、地震と降雨の順序が異なると、斜面の安定性が異なることが定量的に示されている。最後に、過去に行われた現地計測結果から斜面内の含水量の変化を機械学習モデルの教師データとして用いて、実際の盛土の安定性を評価する簡便法を提案している。

本論文は、地震と降雨の複合外力を受ける火山灰盛土の安定性評価に重要な知見を与えており、その工学的価値は高い。よって、著者は博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。