

学 位 論 文 要 旨

(Summary of the Doctoral Dissertation)

学位論文題目 (Dissertation Title)	断層破砕帯による地下水供給を考慮した盛土排水対策に関する技術的対応 (Technical study on embankment drainage countermeasures considering groundwater supply by fault zones)
氏 名(Name)	竹國 一也

2005年9月の台風14号に伴う豪雨によって、山陽自動車道岩国~玖珂間の岩国市甘木地区盛土が崩壊する災害(以降:岩国災害と呼ぶ)が発生し、盛土直下に居住されていた3名の方が犠牲となった。また、この災害により3ヶ月にわたっての長期通行止めが余儀なくされた。日本道路公団(西日本高速道路㈱の前身)では、災害復旧に当たって災害の原因究明から応急復旧、本復旧などについて山口大学村田教授を委員長とする山陽自動車道災害調査検討委員会を設置して検討を行った。その過程において、災害原因の1つに断層破砕帯に沿って地下水が他流域から供給されたことによることが判明した。災害原因の中で断層破砕帯に伴う地下水の供給が災害の大きな引き金になったという点は、これまでの災害では注目されたことがなく、この災害において初めて挙げられた原因である。岩国災害以降に発生した災害で、断層破砕帯の地下水供給を原因とする事例として、2006年4月山口県道銭壺山公園線と2006年7月山陰自動車道松江市玉湯地区が報告されている。

一方、2018年3月18日に開通した新名神高速道路路線上にも断層破砕帯が幾つかあり、その中でも宝塚北SAの大規模盛土(以降:宝塚北SA盛土と呼ぶ)箇所直下には活断層である十万辻断層が位置している。ここでは、降雨時でなくとも破砕帯に沿って線上に地下水が常時自噴していることが分かった。これは岩国災害箇所と極めて類似した地形・地質条件であるため、従来では設計施工に反映することのなかった破砕帯に沿って供給される地下水を考慮した排水計画を立てるための検討を行った。具体には、流域の水文調査や河川流量観測を実施した。また、調査結果をもとに三次元地下水解析によって、常時と豪雨時の盛土内の地下水分布を予測し、それらに基づいた排水対策工を選定した。このように建設時において他の流域からの地下水供給を加味した設計は、過去に例のない事例である。

本研究で取り扱う断層破砕帯が地下水供給する事象は、2つのケースを想定している。1つは、断層破砕帯付近を水道として、地形の高い側(場合によっては別の流域)から地下水が供給されるケース。もう1つは、難透水層である断層破砕帯が壁となりせき止められることで、その上流側(高い側)に地下水が貯まって地下水が供給されるケースである。1のケースの代表的事例が岩国災害であり、2のケースは山口県道銭壺山公園線での災害や宝塚北SA盛土が該当する。ここでは地下水が過剰供給される2つのケースを研究対象としている。

本研究は、全国的に大規模な災害が後を絶たず、特に降雨に起因する土砂災害が多発していることを踏まえて、盛土構造物を対象とした防災、減災、縮災の観点から、断層破砕帯による地下水の供給という新たな視点を加味した設計手法の確立を目指すものである。

本研究では、高速道路における岩国災害後に復旧された盛土と宝塚北SA盛土の2つの盛土箇所を対象として排水対策工の効果検証と土砂災害の要因として考えられる断層破砕帯から供給される地下水流量の推定について考察を加えた。検討にあたっては、高速道路盛土での地下水流量と地表水流量の常時現地計測を行った。その結果、断層破砕帯が他流域から地下水を供給する事実を究明した。その上で、

様式7号 (第12条, 第31条関係)

(様式7号) (Format No.7) 日本語版

供給される地下水流量は盛土流域のみならず、断層破碎帯が影響する隣接流域も対象流域に加えることが推定の一助になることを明らかにした。また、常時排水には地下排水工が、そして高強度降雨時の排水にはのり尻工の設置が有効であることを明らかにした。さらに、地下水供給量に対応した具体的な排水対策工の設計手法と維持管理手法についても示した。

(様式 9 号)

学位論文審査の結果及び最終試験の結果報告書

山口大学大学院創成科学研究科

氏 名	竹國 一也
審査委員	主 査：中 田 幸 男
	副 査：鈴 木 素 之
	副 査：榊 原 弘 之
	副 査：吉 本 憲 正
	副 査：森 啓 年
論文題目	断層破砕帯による地下水供給を考慮した盛土排水対策に関する技術的対応

【論文審査の結果及び最終試験の結果】

2005年9月の台風14号に伴う豪雨によって、山陽自動車道岩国~玖珂間の岩国市甘木地区盛土が崩壊する災害（以降、岩国災害と呼ぶ）が発生した。この災害原因の1つに断層破砕帯に沿って地下水が他流域から供給されたことによることが判明した。災害原因の中で断層破砕帯に伴う地下水の供給が災害の大きな引き金になったという点は、これまでの災害では注目されることがなく、この災害において初めて挙げられた原因である。この他、断層破砕帯の地下水供給を原因とする事例として、2006年山口県道銭壺山公園線と2006年山陰自動車道松江市玉湯地区が報告されている。

2018年に開通した新名神高速道路路線にも断層破砕帯が幾つかあり、その中でも宝塚北SAの大規模盛土（以降：宝塚北SA盛土と呼ぶ）箇所直下には活断層である十万辻断層が位置している。ここでは、降雨時でなくとも破砕帯に沿って線上に地下水が常時自噴していることが分かった。これは岩国災害箇所と極めて類似した地形・地質条件であるため、従来では設計施工に反映することのなかった破砕帯に沿って供給される地下水を考慮した排水計画を立てるための検討を行い、それらに基づいた排水対策工を選定した。このように建設時において他の流域からの地下水供給を加味した設計は、過去に例のない事例である。本研究は、全国的に大規模な災害が頻発している後を絶たず、特に降雨に起因する土砂災害が多発していることを踏まえて、盛土構造物を対象とした防災、減災、縮災の観点から、断層破砕帯による地下水の供給という新たな視点を加味した設計手法の確立を目指すものである。

本論文は、次の6章より構成される。

第1章 序論

第2章 断層破砕帯が地下水を供給する事例

第3章 岩国災害復旧盛土での現地計測

第 4 章 宝塚北 SA 盛土での現地計測

第 5 章 盛土排水対策の技術的対応に関する提案

第 6 章 結論

第 1 章は序論であり、本研究に着手するにあたっての背景と必要性、研究の目的について述べ、本研究の概要と論文の全体構成について概説している。

第 2 章では、断層破碎帯が地下水を供給する事象の事例として、山陽自動車道岩国災害と新名神高速道路宝塚北 SA 盛土の 2 事例を取り上げた。それら 2 事例について、供給される地下水に対しての対策検討の流れと対策工選定手法を示した。

第 3 章では、岩国災害復旧盛土において、地下水流量や地表水流量などを 2 年間計測し、断層破碎帯により地下水が供給される事象および盛土排水対策工効果を検証し、結果をとりまとめた。実盛土での地下水流量計測を行った事例は過去になく、ここで新たに得られた地下水挙動などの知見を示した。

第 4 章では、断層破碎帯上に大規模盛土を構築した宝塚北 SA 盛土において、2 年間地下水流量計測を行い、各排水施設の効果検証と今後の維持管理における指標をとりまとめた。

第 5 章では、第 3 章で述べた岩国災害盛土と第 4 章で述べた宝塚北 SA 盛土の現地流量計測結果から得られた地下水流量は、降水流量に対して極めて多く、降雨と時間差をもって排出されており、かつ長期間地下に賦存していたことなどから、他流域から供給されている事実を究明した。その上で断層破碎帯から供給されている地下水量を算定し、地下水供給量の推定方法を提示した。さらに推定に基づいた排水対策工の設計手法と維持管理段階でのモニタリング手法の提案を行った。

第 6 章では、本研究の総括であり、各章の成果をとりまとめるとともに、今後の盛土の排水対策に関する課題や展望などを記述している。

公聴会での主な質問内容は、

- ・岩国災害の主要な要因としての降雨と断層から供給される地下水の考え方
- ・断層破碎帯の把握の現状と、網羅の可能性
- ・排水対策としての有効な手法について
- ・ふとんかごの長期耐久性と性能の維持に対する考え方
- ・断層破碎帯を通過する流量のモデル化

についてなどであった。いずれの質問に対しても申請者から十分な回答がなされた。

以上より、本研究は、断層破碎帯による地下水供給を考慮した盛土排水対策に関する技術的対応に対して多くの知見を与え、独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分に値するものと判断した。

論文内容及び審査会、公聴会での質問に対する応答などから、最終試験は合格とした。

なお、関連論文の発表状況は以下のとおりである（関連論文 2 編）。

- 1) Murata, H, Takekuni, K. and Nakata, Y., Slope failure of embankment in Sanyo expressway due to passage of typhoon No.14 in 2005, Soils and Foundations, Vol.49, No.5, pp.797-806, 2009.
- 2) 竹國 一也, 秦 二郎, 中田 幸男, 盛土構造物における地下水流と地表流の現地計測および排水対策工の効果検証, 土木学会論文集 C (地圏工学), Vol.74, No.3, pp.289-299, 2018.