

## トンネル掘削で出現した脆弱な安山岩自破碎部の成因に関する一考察

安藤ハザマ 正会員○寶谷 周 国土交通省 戌亥 俊介  
 安藤ハザマ 正会員 多宝 徹 安藤ハザマ 上林 凡人

## 1. はじめに

水海川導水トンネルは延長 4,717 m、内空幅 8.5 m の長大トンネルで、令和 4 年 2 月時点で TD3,030 m まで掘削を行っている(図-1 参照)。本トンネルの中央付近では延長 500 m 以上に渡って安山岩中に脆弱な自破碎部が出現し、トンネルに大きな変位が発生し、D II～E の支保パターンでの施工を余儀なくされている。今回、これまであまり報告されていない地山深部の安山岩自破碎部を詳細に観察することができたので、その性状や分布について述べるとともに、破碎部の成因やトンネルに長区間に渡って出現する要因について考察する。

## 2. 自破碎部の状況

## (1) 分布および性状

当該区間の主要な地質は新第三紀中新世の安山岩で、安山岩中に溶岩が自らの流動作用で破碎されながら固化した自破碎部を混在するのが大きな特徴である。自破碎部は、固結した溶岩片の間を埋める細粒物質の固結度が高いものは堅固な岩盤になることもあるが、本工事の切羽で確認された自破碎部は、溶岩片間の固結が弱く、脆弱で細片になりやすい地山となっている。

TD2,500 m 付近までは、切羽のほぼ全面を通常の安山岩が占め、自破碎部は認められなかったが、掘削を進めるにつれて自破碎部が出現し始め、特に TD2,800～3,030 m 間では、200 m 以上に渡って切羽の大半を安山岩の自破碎部が占める状況が続いている。図-2 に自破碎部が大半を占める切羽の代表的な切羽写真とそのスケッチをまとめる。また、図-3 に切羽観察にもとづくトンネルスプリングラインの地質水平断面図を示す。

切羽で確認する安山岩自破碎部の性状は様々ではなく、破碎の程度も、場所ごとに異なっている。また、自破碎部を良く観察すると、破碎部が形成された際にできたと思われる冷却節理を分断したり、細分するような割れ目も認められることから、固化時の破碎(一次破碎)に加えて、固化後に二次的な破碎を受けていることも推察できる。当該区間の自破碎部が極めて脆弱であるのは、二次的な破碎を受けたことも、大きな要因のひとつであると考えている。図-2 では、一次破碎が優勢なものを自破碎部(A)、二次的な破碎が優勢なものを自破碎部(B)に分けて表現している。部分的に、破碎を受けず通常の形で固結した安山岩が認められるが、これらは、二次的な破碎が優勢な自破碎部(B)の中に、塊状で認められる。

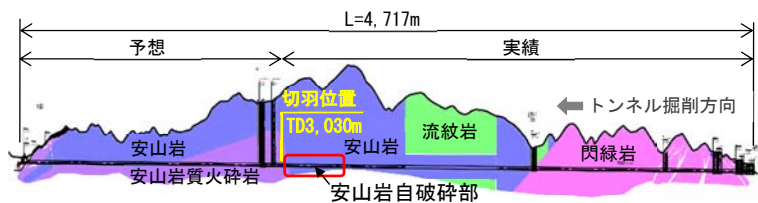


図-1 水海川導水トンネル地質縦断面図

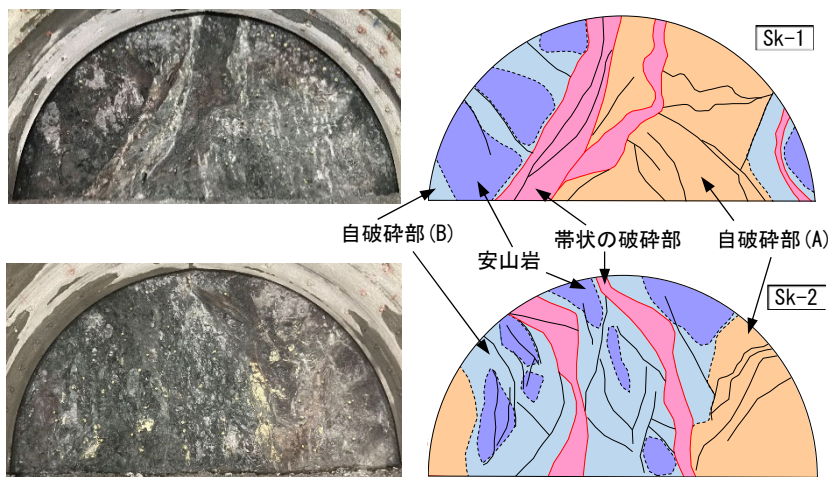


図-2 自破碎部卓越区間の代表箇所切羽写真およびスケッチ

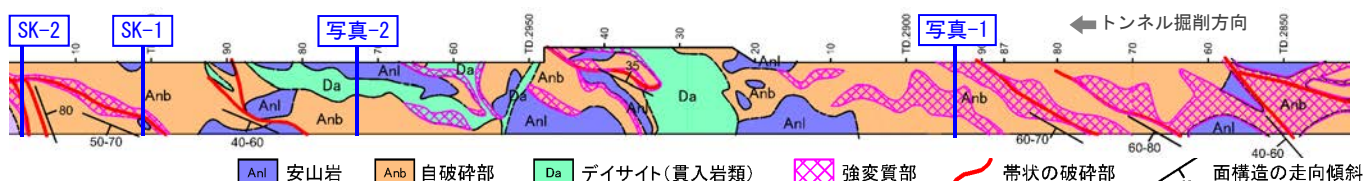


図-3 自破碎部卓越区間の地質水平断面図(スプリングライン標高)

キーワード：山岳トンネル、安山岩、自破碎溶岩

連絡先：〒107-8658 東京都港区赤坂六丁目1番20 TEL:03-6234-3670 FAX:03-6234-3704

また、所々に、強い破碎を受けた幅数 10cm 程度の帯状の破碎部が認められる（図-2 の赤色部分、図-3 の赤線）。帯状の破碎部は、形成要因は不明であるが、破碎面の方向に統一性がないことから、一定方向の広域的な応力を受けて形成された断層とは考えづらく、自破碎部の二次的破碎と同じ要因により形成されたせん断面のように見える。

## (2) 構造の特徴

地表付近で見られる安山岩の自破碎部は、火口から噴出した溶岩流が水平方向に流動して冷却固結する際に、溶岩流の周縁部が破碎され、水平方向に層状に連続するものが多い。これに対し、本トンネル切羽では、自破碎部(A)と自破碎部(B)の境界や、自破碎部中に含まれる帯状の破碎部の方向が、縦方向に卓越している。このことから、安山岩や安山岩の自破碎部を形成した溶岩の支配的な流動方向が縦方向であることが推測される。

## (3) 変質および貫入岩脈

本トンネル切羽の自破碎部は、破碎していない安山岩部分に比べて、強く熱水変質を受けて、一段と脆弱化している。さらに、帯状の破碎部沿いなど、破碎の強い箇所ほど選択的に強い変質を受けている傾向があるが、場所によっては、写真-1 のように、切羽の大部分が強変質し粘土化している。

また、自破碎部には、写真-2 のように、デイサイトや流紋岩などの岩脈の貫入が多く認められる。

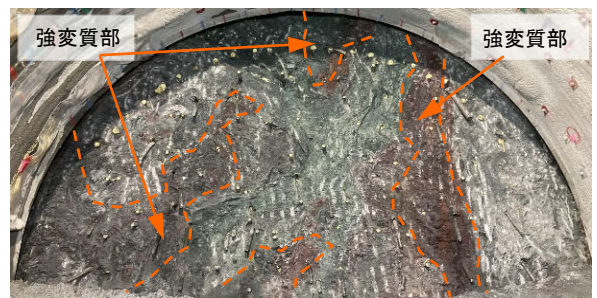


写真-1 強変質部の状況



写真-2 デイサイトの貫入

## 3. 自破碎部の形成場所に関する考察

自破碎部の溶岩の流動方向が縦方向に卓越することが推測されることから、当該区間で出現した自破碎部は、火道域付近にあたる可能性が考えられる。図-3 に火道付近で形成される自破碎部のイメージ図を示す。

噴火活動中の火道の周辺では、マグマの上昇やガス圧の増大などに伴い、過去に流出し固結した溶岩に大きな圧力が加わることが想像される。そのため、帯状破碎部をはじめとする自破碎部の二次的な破碎は、こうした噴火活動に伴う圧力により生じたことも考えられる。

また、自破碎部に見られる貫入岩脈や強い熱水変質は、後世の火成活動による可能性もあるが、雲仙普賢岳の火道をボーリング掘削した例<sup>1)</sup>では、活動中の火山の火道域において、特徴的に貫入岩脈や熱水変質が確認されていることから、一連の火山活動で生じたことも考えられ、これらも火道域付近である可能性を示唆している。

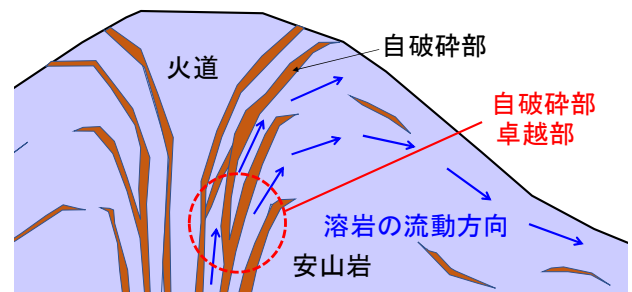


図-3 火道域に形成される自破碎部のイメージ

仮に、当トンネルの自破碎部区間が火道域に形成されたものだとすると、雲仙普賢岳の火道域が、直径 400～500 m に及ぶと推定されていることから、このように長区間に渡り自破碎部が出現することも説明可能である。

## 4. おわりに

これまで、地山深部のトンネル掘削で長区間に渡り安山岩の自破碎部が出現し、その詳細が報告された事例は少ない。本報文の性状報告が、今後の類似地山のトンネルの計画・設計・施工に役立てば幸いである。また、安山岩は火山岩としてトンネル掘削対象として比較的良好な岩盤のイメージがあるが、近年、トンネル完成後の変状報告が散見されるようになり<sup>例えは2)</sup>、注意が必要な地質として認識されつつある。今後、安山岩およびその自破碎部の研究が進むことにより、安山岩地山のトンネルの変状メカニズムの解明にもつながるのではないかと期待する。

## 参考文献

- 1)後藤彦彦ほか：雲仙科学掘削によるコアの記載と解釈：火道域の内部構造，地球惑星科学関連学会合同大会予稿集，p.V072-003，2005
- 2)佐々木隆ほか：熱変質を受けた自破碎溶岩によるトンネル変状部の施工，土木学会第 68 回年次学術講演会，pp785-786，2013.9.