

農業用水路トンネルにおける地山とロックボルトの相互挙動 Interaction behavior between ground and rock bolt in irrigation tunnels

○村上 椋*, 柴田 俊文*, 田本 敏之**, 西村 伸一*, 珠玖 隆行*

Ryo Murakami, Toshifumi Shibata, Toshiyuki Tamoto, Shin-ichi Nishimura and Takayuki Shuku

1. はじめに¹⁾

農業用水路トンネルは、大正・昭和時代に施工されたものが数多くあり、老朽化の問題が指摘されている。近年、農業用水路トンネルで見られる極小断面でのロックボルトによる補強技術が新たに開発され、施工事例も報告されてきている。これらのトンネルは、鉄道や道路トンネルとは断面寸法が異なるため、ロックボルトの最適な本数・間隔が異なることが予想される。また、在来工法で施工されたトンネルに補強工法としてロックボルトを施工する場合、NATM工法で用いる場合とは地山/ロックボルトの相互挙動が相違することが考えられる。本論文では、地山とロックボルトの挙動の把握、裏込注入工法との併用効果の検討を目的として載荷実験を行う。

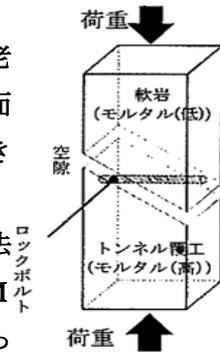


Fig.1 供試体
Test specimen

2. 供試体の製作

Fig.1 に示す横×奥行き×高さが 100mm×100mm×200mm のモルタルを用いて載荷実験を行う。ここで地山および覆工を想定し、目標強度 5N/mm² 程度の低強度モルタルと、目標強度 20N/mm² 程度の高強度モルタルを使用する。それぞれのモルタルの配合は、低強度のものが早強ポルトランドセメント、砂、水が 800g, 2,400g, 800g、高強度のものが 1,400g, 2,040g, 630g を用い、目標強度より w/c はそれぞれ 100, 45% と設定した。裏込注入工法およびロックボルト工法はグラウトの注入と直径 5mm の鉄棒の挿入により模擬する。また不連続面を作製するため、供試体作製時にプラスチック製のスペーサーを型枠中央に配置し、その際に傾斜を設けて供試体を二分した。

3. 実験概要

作製した供試体に鉄棒を挿入して載荷実験を行う。ここで鉄棒の定着は、グラウトの注入によって行われる。実験は、モルタル間の空隙・鉄棒の角度・2種のモルタルの組み合わせを変化させて実施し、測定したデータから作成した応力-ひずみ曲線を比較する。なお、全自動圧縮試験機 (HI-ACTIS-2000) を用いて載荷を行っている。ここで、ロックボルト配置前の裏込注入の効果を検討するため、Fig.1 に示す供試体の空隙にグラウトを充填したものにより比較を行う。鉄棒は、不連続面に対して傾斜を設けるケースと垂直に配置したもの二ケースを想定した。不連続面に対して垂直に鉄棒を配置するパターンは、円形のトンネル断面にロックボルトを配置した場合を想定しており、角度をつけて配置するパターンは、地山が有する不連続面をロックボルトが貫入する場合と幌形や馬蹄形トンネルのスプリングライン下部にロックボルトが配置されることを仮定している。

4. 実験結果

Fig.2 に鉄棒を不連続面に傾斜配置し、角度を変化させた際の結果を示す。ここで、供試体の上

*岡山大学大学院 環境生命科学研究科, Graduate School of Environmental and Life Science, Okayama University

**日化エンジニアリング株式会社, Nikka Engineering Co., Inc.

キーワード: ロックボルト, 農業用水路トンネル, 補強

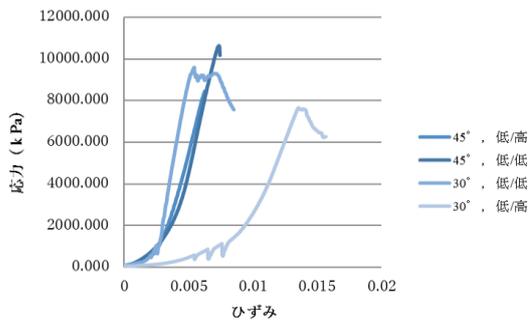


Fig.2 不連続面の角度の影響
Influence of angle of discontinuity

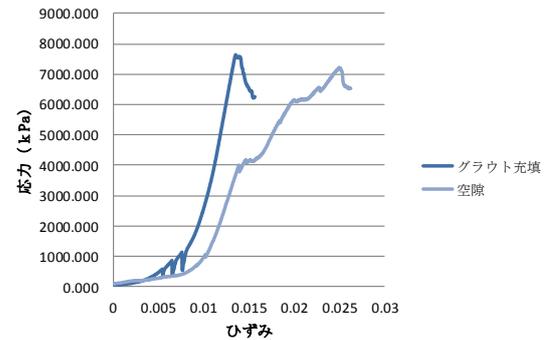


Fig.3 補強工法の併用の効果
Effectiveness of reinforcement combinations

部に高強度モルタル、下部に低強度モルタルを組み合わせたケースと、両方とも低強度モルタルを用いたケースについて実験を実施した。最大応力で比較すると、モルタルの組み合わせが同じ場合、不連続面の角度は 30°より 45°の方が高い値を示した。モルタル強度の組み合わせで考察すると、低強度モルタル同士の方が高強度モルタルと組み合わせた場合より高い最大応力が得られた。これは、変位制御による実験のため、高強度モルタルに対してより大きな応力が作用し、全体の強度が下がったことが考えられる。次に、**Fig.3**

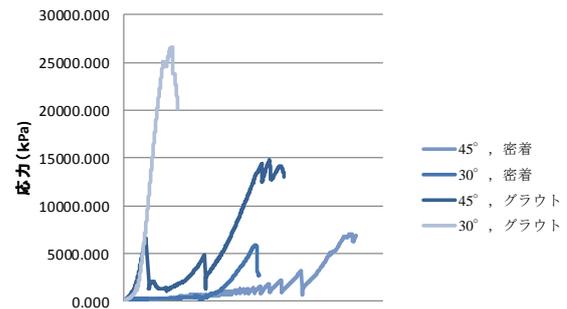


Fig.4 鉄棒の垂直配置時の結果
Results of loading tests in case of steel bar installed perpendicular to discontinuity

にグラウトを用いた場合と鉄棒とグラウトの両方を用いた場合とで実験を行った結果を示す。最大応力に大きな差異は確認できなかったが、同一応力においてはグラウトを充填した供試体の方が小さいひずみの値を示している。このことから併用による補強の効果が確認できる。最後に、**Fig.4**に上下に高強度モルタルを配置し、垂直に鉄棒を挿入した実験の結果を示す。ここで、図中凡例の「密着」とは、グラウトを充填させず上下のモルタルが接した状態を示す。グラウトで充填した方が角度に関わらず、高い最大応力と圧縮強度が得られた。グラウトを充填した場合はモルタル同士が連続している状態であるのに対し、密着した条件では僅かに隙間が空いて不連続になっており、両者の相対変位が大きくなっている。そのため、鉄棒に直接载荷されたことにより、モルタルの応力の上昇が遅れたものと考えられる。

5. まとめ

本論文では、ロックボルト工法と裏込注入工法との併用の効果を検討し、トンネル覆工と地山の境界部における角度の影響について载荷実験を実施して、その結果を比較した。供試体载荷実験を通して、補強箇所のトンネル覆工と地山の角度および地山強度の影響、ロックボルト工法と裏込注入工法の併用効果を示すことができた。

謝辞

本論文は、公益財団法人ウエスコ学術振興財団の研究費助成に基づき、研究を実施した結果を取り纏めたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 山地宏志, 中野陽一, 清水則一, ロックボルトによる極小断面水路トンネル補修の設計と施工法, 「建設施工と建設機械シンポジウム」 論文集, pp.23-28, 2009.