

農業用水路トンネルのロックボルトによる補強に関する基礎的研究

岡山大学大学院	非会員	村上 棕
岡山大学大学院	正会員	柴田 俊文
日化エンジニアリング株式会社	非会員	田本 敏之
岡山大学大学院	正会員	西村 伸一
岡山大学大学院	正会員	珠玖 隆行

1. 目的

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存在しており、老朽化による劣化や機能低下が懸念されている。そのため、補修・補強工事費用も膨大になることが予想され、より経済的な補修・補強工法の確立が望まれる。そのような中、農業用水路トンネルのうち、極小断面トンネルは、作業スペースを確保できないことを根拠にロックボルトによる補強は行われてこなかった¹⁾。近年、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、補強事例も報告されるようになってきたが、鉄道・道路トンネルとは断面寸法が大きく異なることから、最適なロックボルトの本数や間隔に相違が出る可能性が高い。また、在来工法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異なることが考えられる。本論文では、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。

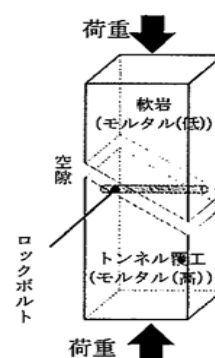


図-1 供試体

表-1 モルタルの配合

	諸元	
低強度 モルタル	早強ポルトランドセメント	800g
	砂 (6号珪砂)	2,400g
	水	800g
高強度 モルタル	早強ポルトランドセメント	1,400g
	砂 (6号珪砂)	2,040g
	水	630g

2. 供試体の製作手法

本論文では、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。図-1に実験で使用する供試体の概略図を示す。モルタルは目標強度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^{2,3)}し、地山および覆工を想定している。表-1にそれぞれの配合を示す。目標強度を考慮した結果、w/cはそれぞれ100、45%となった。裏込注入工法およびロックボルト工法をグラウトと直径5mmの鉄棒により模擬する。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配置し、30、45°の傾斜を設けて二分する。

3. 実験方法

作製した供試体に振動ドリルを用いて削孔し、ロックボルトを模擬した鉄棒を配置して載荷実験を行う。実験は、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。また、裏込注入の効果を検討するため、図-1に示す供試体の空隙部分にグラウトを充填したものを準備し比較検証を行う。鉄棒は、図-1で示すように不連続面に対して傾斜を設けた方法と不連続面に対して垂直に配置したものを準備した。ここで、不連続面に対して垂直に鉄棒を配置するパターンは、円形トンネルにロックボルトを配置した場合を想定している。また、不連続面に対して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、ほろ形や馬蹄形の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想定している。

キーワード 農業用水路トンネル, ロックボルト, 補強

連絡先 〒700-8530 岡山市北区津島中3-1-1 岡山大学大学院環境生命科学研究科 TEL/FAX 086-251-8154/8881

4. 結果および考察

図-2に角度を変化させ、鉄棒を不連続面に傾斜配置した場合の結果を示す。ここで、供試体の上下部に高強度モルタルと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行っている。使用角度に焦点を当て、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、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について着目すると、鉄棒が平行に配置されている場合、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、最大応力が高いという結果になった。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、グラウトを用いた裏込注入工法と鉄棒を用いたロックボルト工法との併用効果を確認する実験を行った。図-3に応力とひずみの関係を表した結果を示す。最大応力に大きな変化は見られなかったが、同一応力においてはグラウトを充填した供試体の方が、ひずみに対しての強度が増したので併用効果が認められる。

図-4に高強度モルタル同士で、かつ垂直に鉄棒を配置した場合の実験結果を示す。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。ここで、密着とはグラウトを充填せずに空隙も確保していない(上下のモルタルが接している)状態を指している。この条件で実験した結果、グラウトを充填したものと比べ応力が緩やかに上昇する結果が得られた。グラウトを充填した場合は完全にモルタル同士が固結しているのに対し、密着した条件では僅かに隙間が空いている。そのためモルタル自体に荷重が作用せず、直接鉄棒に载荷されたことにより、応力の上昇が遅れたと考えられる。

5. おわりに

本論文では、ロックボルト工法と裏込注入工法との併用効果を検討し、またトンネル覆工と地山の接地面における角度の影響について実験を実施した。今回の供試体載荷実験を通して、補強箇所のトンネル覆工と模擬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。今後、本論文の結果を踏まえ、約1/10スケールの農業用水路トンネルを想定した大型模型実験を実施する予定である。角度による影響と併用効果の立証を考慮に入れることで、大型模型実験の結果の把握に役立てることができると考える。

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.
- 2) 伊藤正憲, 早川健司, 瀬野康弘, 鈴木祥三, トンネル覆工背面空洞充填用軽量モルタルの基本物性, 土木学会第56回年次学術講演会講演概要集, pp.322-323, 2001.
- 3) 野城一栄, 小島芳之, 宮林秀次, 西藤潤, 朝倉俊弘, 竹村次朗, 地質不良区間における新設山岳トンネル用地震対策工の適用性, 土木学会論文集 C, Vol.65, No.4, pp.1062-1080, 2009.

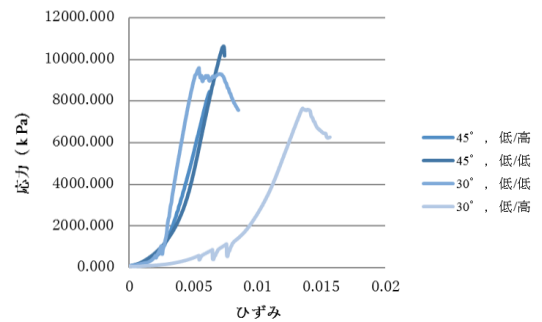


図-2 角度の影響

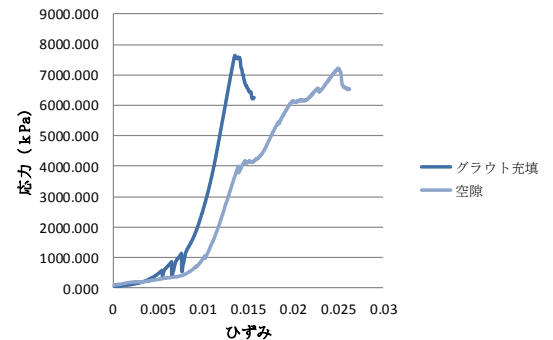


図-3 併用効果の確認

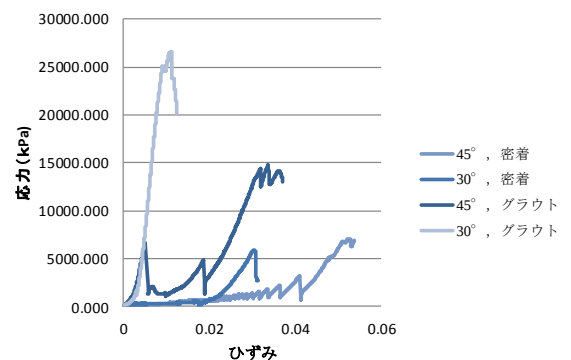


図-4 鉄棒を垂直に配置した際の結果