

GRPロックボルトの適用について

国土交通省	九州地方整備局	案浦 久
飛鳥建設(株)	技術研究所	正会員○松元 和伸
飛鳥建設(株)	九州土木事業部	塩満 剛治
飛鳥建設(株)	九州土木事業部	武市 直人

1. はじめに

ロックボルトには、亀裂の発達した中硬岩地山において亀裂に沿った岩塊の剥落や移動を抑制し、岩盤を一体化し保持する縫付効果や地盤改良効果が期待される。また、軟岩地山に対しては地山の塑性化の防止や、塑性域の拡大の抑制によって、地山を安定させる内圧効果・地盤改良効果が期待される。

現在、山岳トンネル工法におけるロックボルトは、棒鋼を加工したものが一般的に使われている。一方、ガラス繊維強化プラスチック（GRP：Glassfiber Reinforced Plastic）製ロックボルトは、一般の鋼材以上の引張強度を持ちながら、容易に切断できる利点から、後に切り抜けが行われる導坑からのロックボルト、中壁方式の先進坑でのロックボルトあるいは鏡ボルトへの適用が進んでいる。今回、筆者らは、全てのロックボルト部材を環境負荷が小さく、軽量で施工性の高いGRPとしたGRPロックボルト（以下GRP_RBと記す）に着目した。そして、試験施工としてトンネル断面内のロックボルトに適用した。

本稿は、ロックボルトの引張試験を行い変形特性を確認した結果、および、トンネル断面内に試験施工したGRP_RBと、従来型のねじり棒鋼ロックボルト(以下棒鋼RBと記す)の効果との比較検証を行った実験結果について報告するものである。

2. 試験施工概要

試験施工は、宮崎10号大峽トンネルの起点側坑口より22m入った、崖錐および礫混じり土砂状～岩片状頁岩（破碎部）の位置（図-1参照）で実施した。図-2に示すように、同一断面内に4測線の地中変位計（E1～E4）、棒鋼RB軸力計（M1～M4）およびGRP_RB軸力計（P1～P4）を設置した。なお地中変位計は8m、ロックボルトは4mである。

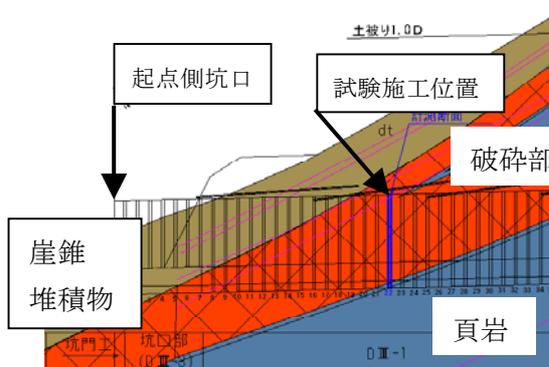


図-1 設置平面図

3. 管理基準値

本トンネルのロックボルト軸力の管理基準値【管理レベルⅠ：90kN，管理レベルⅡ：135kN，管理レベルⅢ：180kN】は、ロックボルト耐力(ネジ部)を管理レベルⅢの値として設定している。棒鋼RBのロックボルト耐力(ネジ部)は244kNであるが、本トンネルでは、異形棒鋼に相当する管理基準値を用いており、安全側の管理を行っていることになる。本トンネルで適用したGRP_RBのロックボルト耐力(ネジ部)180kNであり、この数字は、異形棒鋼と同程度となることから、管理基準値としては同じ値を用いることができる。

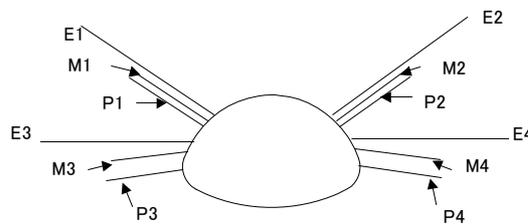


図-2 計測機器設置位置断面図

キーワード：トンネル，ロックボルト，グラスファイバ

〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472 TEL.04-7198-7572, FAX.04-7198-7586

4. 室内ロックボルト引張試験

図-3にロックボルト引張試験より得られた応力-ひずみの関係を示す。同図に示すように、5,000 μ 程度のひずみの小さい線形領域での弾性係数(E)は、棒鋼RB>GRP_RBである。この試験より得られた弾性係数(E)は、棒鋼RBがE=105.3GPa、GRP_RBがE=58.2GPaである。なお、その後のロックボルトの破断までの経過は、GRP_RBがほとんど伸びが無く(脆性)、棒鋼RBは伸び後(延性)破断する特長を持っている。

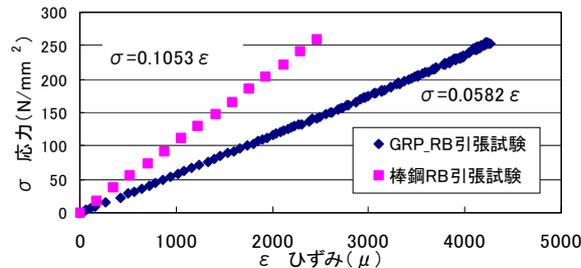


図-3 ロックボルト引張試験結果

5. 計測結果および考察

図-4に、計測値の最も大きい左肩部 GRP_RB(P1)各深度における軸力時系列図を示す。なお、計測値として採用した値は、棒鋼RBの軸力がピークに達した9月18日18:00の値としている。掘進とともに軸力の増加が見られるが、管理レベルIの90kN以下の値でほぼ収束しており、別途計測しているA計測変位状況(管理レベルI相当)も考慮すると、確実な支保効果が得られていると考えられる。ここで、GRP_RBでは4200 μ が60kNに、棒鋼RBでは4300 μ が120kNに相当する。

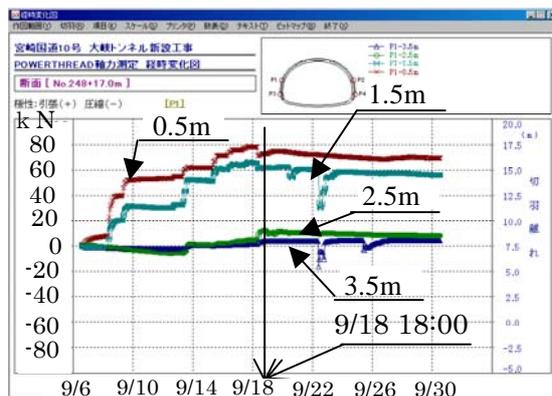


図-4 GRP_RB(P1)の軸力時系列図

表-1 右肩部深度別計測結果

深度(m)	ひずみ(μ)		区間変位(mm)		軸力(kN)	
	P2	M2	P2	M2	P2	M2
3.5	-86	1330	-0.09	1.33	-1.4	38.1
2.5	810	1054	0.81	1.05	11.5	30.2
1.5	1276	1186	1.28	1.19	18.1	34.1
0.5	1847	1922	1.85	1.92	26.1	54.9

表-2 左肩部深度別計測結果

深度(m)	ひずみ(μ)		区間変位(mm)		軸力(kN)	
	P1	M1	P1	M1	P1	M1
3.5	78	676	0.08	0.68	3.6	19.5
2.5	323	1033	0.32	1.03	12.1	29.2
1.5	4697	1528	4.70	1.53	62.4	40.7
0.5	5553	2137	5.55	2.14	72.8	58.6

表-1には、右肩部深度別計測結果を示す。右肩部ではひずみが同程度であるため、弾性係数比に相当する軸力が計測されている。ほぼ同程度のひずみが両ロックボルトで計測されていることから、トンネル断面内右肩部に試験施工したGRP_RBは、棒鋼RBと同様に確実にその性能を発揮しており、その軸力管理基準値範囲内での適用に問題はないものと考えられる。

表-2には、左肩部深度別計測結果を示す。GRP_RB(P1)のひずみは棒鋼RB(M1)に対して最大3倍程度の値であるが、軸力としてはほぼ1.5倍程度の値となっている。ひずみが同じであれば、弾性係数比に相当する軸力を示すことになるが、土被りの浅い斜面の影響で大きな変形をする左肩部は、ひずみが局所的に異なったため、弾性係数比以上の軸力の差異が発生していると考えられる。

6. まとめ

GRP_RBの線形領域の弾性係数は、室内試験により棒鋼RBの1/2程度であることが確認された。このことは、5,000 μ 程度のひずみ領域でのGRP_RBは、棒鋼RBと比較して、発生する軸力が小さくなることで管理基準値に対する余裕をもっており、棒鋼RBよりさらに大きな変形にも対応できることを示している。特に、地山変位が管理レベルI~IIの安定した地山に対するGRP_RBの適用は問題ないと考えられる。

全部材をGRPとすることで、環境負荷が小さく、軽量で施工性の高いGRP_RBの更なる適用範囲の拡大が期待される。