

## 材質の異なるロックボルトの力学的挙動に関する実験的考察

東京都立大学 ○森川 翔馬 松本 卓馬 砂金 伸治  
 土木研究所 森本 智  
 清水建設 淡路 動太 ケー・エフ・シー 岡部 正

### 1. 研究背景・目的

NATM における支保部材のひとつとしてロックボルトが用いられており、引張抵抗性能とせん断抵抗性能の2つの性能が示されている。また、ロックボルトに期待される効果として、吊下げ効果、縫付け効果、地山物性の改良効果、内圧効果、吹付け支持効果が示されている。しかし、これらの性能、効果に関して定量的に説明することは困難であり、実際の現場においても、標準的な支保パターンなどの経験的手法によって施工されているのが現状である。また、ロックボルトに求められる性能としてせん断抵抗性能を挙げているにもかかわらず、支保パターンではせん断抵抗について言及されておらず、地山の特性に合った、より合理的な支保の選定が望まれている場合もある。近年では、ファイバーボルトなどの新しい材料・種類のロックボルトが使用されるようになってきている。

本研究では、変形を伴う条件下でのロックボルトの基本的な力学的挙動を把握するために、定着の有無、ゆるみ領域の特性やその大小の差異によって影響される場合のロックボルトのひずみ等を確認する室内実験を実施し、それぞれのケースにおいて比較・検討を行った。

### 2. 実験概要

本研究で使用したロックボルトは、長さが30cmの異形棒鋼D22とGFRPロックボルトCG22Sの2種類である。図-1に行った実験ケース図、表-1に実験ケースの一覧を示す。実験では土槽として直径と高さが30cmの底付き塩ビ管を用い、上述したロックボルトの種類や定着域の有無とその大小、ゆるみ領域の大小によって14ケースの実験を行った。定着域の模擬にはドライモルタルを使用し、ゆるみ領域の模擬には、本研究ではセメント強さ試験用標準砂と静的破砕剤を混合して使用した。実験手順は、ケース1~2は基本的なケースとしてロックボルトを設置せずに材料の特性を把握するために行った。また、ケース3~6はセメント強さ試験用標準砂のみとゆるみ領域を配置し、ロックボルトを設置した。さらに、ケース7~14は上述した定着域、セメント強さ試験用標準砂、ゆるみ領域を配置した。定着域は、ドライモルタルを打設し、24時間後に硬化を確認した後にセメント強さ試験用標準砂とゆるみ領域を所定の位置まで配置した。表-2にゆるみ領域の配合を示す。実験では約3cm間隔、片面6点ずつ計12点のひずみゲージを設置し、変位計によりゆるみ領域表面の変位を測定した。

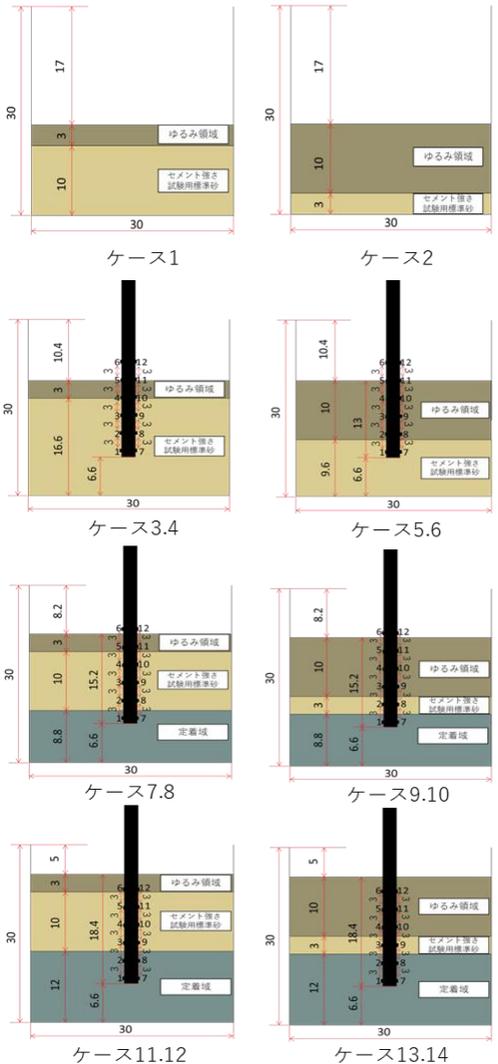


図-1 実験ケース図

表-1 実験ケース一覧

	定着域無	定着域小	定着域大
ゆるみ領域小	ケース1 RB無	ケース3 D22	ケース7 D22
		ケース4 CG22S	ケース8 CG22S
ゆるみ領域大	ケース2 RB無	ケース5 D22	ケース9 D22
		ケース6 CG22S	ケース10 CG22S
		ケース11 D22	ケース12 CG22S
		ケース13 D22	ケース14 CG22S 1本

表-2 ゆるみ領域の配合 (質量比)

セメント強さ試験用標準砂	水(セメント強さ試験用標準砂)	静的破砕材	水(静的破砕材)
60	45	100	30

キーワード ロックボルト, 変位抑制効果, 圧縮ひずみ, ゆるみ領域, 定着域

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 東京都立大学 042-677-1111

### 3. 実験結果

#### 3.1 発生変位の傾向

図-2および図-3にロックボルトが無いケースと異形棒鋼とGFRPのそれぞれのケースの土槽表面の変位量を示す。ロックボルトを用いたことにより、ほとんどのケースで土槽内の材料、すなわち地山の変位を抑制する効果が確認できていることが分かる。ゆるみ領域の大小では、ゆるみ領域が大きい場合に変位は大きく、ゆるみ領域が小さい場合に変位は小さいという結果を得られた。ゆるみ領域の膨張量が地山の変位量と考えられる実験であるため、ゆるみ領域が大きいケースの場合に変位が大きくなることと合致した結果と考えられる。一方、定着域による比較では、ゆるみ領域が大きいケースでは、定着域を大きく設ける必要があることが実験の結果から考えられる。ただし、定着を設けたことにより、変位がより増加する傾向にあり、変位が増加しているケースにおける増加率が大きいと、定着域を設けたことによって変位が抑制されているわけではないと考えられる。なお、ロックボルトの種類による変位を抑制する効果の差は本実験の条件では明確には現れなかった。

#### 3.2 発生ひずみの傾向

図-4および図-5に異形棒鋼とGFRPの72時間後のひずみゲージで測定されたひずみの分布図を示す。図中では引張りひずみを正、先端からの距離は、土槽の底部側のボルト端部からの距離である。異形棒鋼、GFRPの両者とも圧縮ひずみが生じていることが分かる。異形棒鋼では先端からの距離によってひずみ値に変化は少ない傾向のものもあるが、GFRPでは測点の位置によってひずみの値が変化する傾向を示すものが多かった。本実験ではボルトと地山等間に定着材を設けていないことからその影響も考えられるが、既往の実験結果も含めてさらなる検証が必要である。また、定着域のあるケースではボルトの先端部で圧縮が大きくなる傾向にあることが確認された。これは定着域を設けたことによりロックボルトが固定され、ゆるみ領域の膨張によって地山側に生じる圧縮が強く作用したためだと考えられる。また、定着域の大小によるひずみの傾向差異は確認することができず、ひずみに関しては定着域よりも、定着の有無、ロックボルトの種類の影響があることが考えられる。上述の変位の結果と合わせて考えると、変位がほぼ同じで、ボルトの剛性が低い分、GFRPボルトでひずみが大きく生じやすい傾向は窺える。

### 4. 結論・今後の課題

本研究より、異形棒鋼、GFRPともに変位を抑制する効果が一定程度発揮されることが確認された。また、ロックボルトに圧縮状態が生じる場合があることが確認されたとともに、異形棒鋼とGFRPではロックボルトに生じるひずみの発現に違いが確認され、変位とひずみに対して影響を及ぼすことが確認された。今後は、ベアリングプレート等による拘束や、ボルトを実施工に合わせて全面を定着するなど、より実際の条件に近づけた実験を行い、検証する必要があると考えられるとともに、実験結果の再現性やばらつきの確認を行うなど、ロックボルトが示す挙動の違いについて確認していく必要がある。

#### 参考文献

土木学会：トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説，2016年

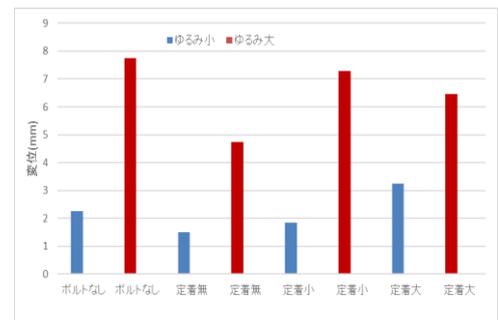


図-2 異形棒鋼変位結果

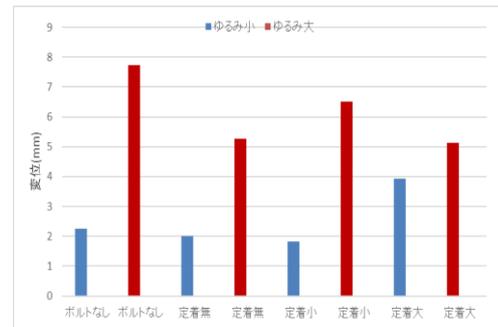


図-3 GFRP 変位結果

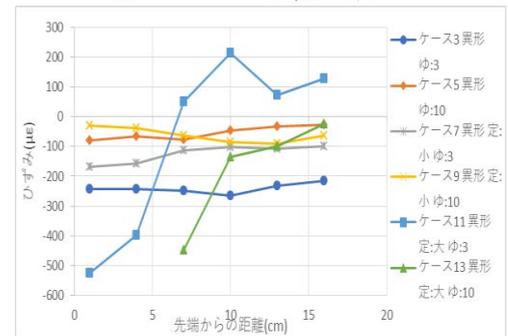


図-4 異形棒鋼ひずみ結果

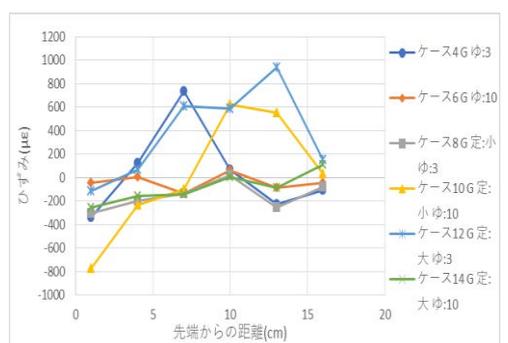


図-5 GFRP ひずみ結果