

ロックボルトの挿入抵抗に関する基礎的実験

飛島建設土木本部 正会員○小平哲也
 日本道路公団試験研究所 正会員 伊藤哲男
 日本道路公団試験研究所 正会員 大嶋健二
 飛島建設土木本部 正会員 黒坂聡介
 飛島建設技術研究所 野口和幸

1. はじめに

現在使用されているロックボルトは、定着用モルタルで地山と一体化する方式（全面定着式）が主体となっている。しかし、近年の第二東名・名神高速道路などに代表されるトンネルの大断面化に伴い、ロックボルトが長尺化してきており、定着時の挿入抵抗が大きいなど、現状仕様のロックボルト工における施工性や品質管理上の問題に対して何らかの対応が必要となっている。これらの課題に対する取り組みの一環として、ロックボルト定着材の配合やコンシステンシーによる挿入抵抗性や充填性の違いを把握するためのモデル実験を実施した。

2. 実験概要

実験は 3m のロックボルトが挿入できる模擬ロックボルト孔を実験室内に水平方向と鉛直方向に設置して、定着材の充填状況や挿入状況および挿入時の荷重を試験・確認するものである。表-1～3に試験配合、試験項目、使用資機材を示し、図-1に挿入荷重の測定概要を示す。試験配合は、日本道路公団の標準である早強モルタルおよび普通モルタルと早強タイプに準ずる新たな 2 つの配合を適用し、フローは現行の管理基準である 150mm±20mm に加え、施工性を考慮した目標フロー 180mm と 210mm も比較対象として加えた。また、ロックボルトの挿入は、先端の 1m は人力にて挿入し、残りの 2m について天井走行クレーンを利用し、ロードセルを装着した吊上げ治具をロックボルトプレートに取付け一定の巻き上げ速度(0.1m/s)で引き上げ、その時の荷重を測定した。

3. 実験結果

3.1 挿入抵抗荷重の経時変化

ロックボルト挿入時には、鋼材と定着材の付着抵抗やロックボルトが挿入されたことにより定着材が押し出される際の流動抵抗などが想定されるが、ここではそれらを総称して挿入抵抗と呼ぶものとする。図-2は目標フロー150mm と 180mm の代表的な挿入抵抗荷重の経時変化を示している。荷重は、クレーンの巻き上げ開始後に概ね一定の勾配で徐々に増加していく。そして、フローの違いにより荷重の増加傾向（傾き）は大きな違いがあることが解る。なお、実験では幾つかの配合を実施しているが、傾きの傾向は各々のフ

表-1 試験配合

タイプ	配合区分	配合番号	目標フロー	打設方向
早強型	現状早強型 プレミックスモルタル	①-1	150mm	水平 鉛直 (2方向) 計20本
		①-2	180mm	
	プレミックスモルタル の混合	②-1	150mm	
		②-2	180mm	
	普通プレミックス の高性能減 水剤添加	③-1	150mm	
		③-2	180mm	
普通型	現状普通型 プレミックスモルタル	④-1	150mm	
		④-2	180mm	
		④-3	210mm	

表-2 試験項目

試験項目	試験内容
テーブルフロー試験	JIS R 5201に準拠
ロックボルト挿入荷重の測定	ロードセルによる荷重計測
挿入時流出量の測定	流出材の採取、重量測定

表-3 使用資機材

使用資材・機材	仕様	備考
ロックボルト	TD24 L=3.0m	ツイストボルト
模擬ロックボルト孔	内径51mm, 外径65mm, L=3.5m	波状硬質ポリエチレン管
バッチ式ミキサ	パン型 100ℓ	モルタル練り混ぜ
注入ポンプ	吐出能力720ℓ/h	定着材充填
天井走行クレーン	15 t 吊り	ロックボルト挿入
ロードセル	引張型 容量20kN	荷重測定

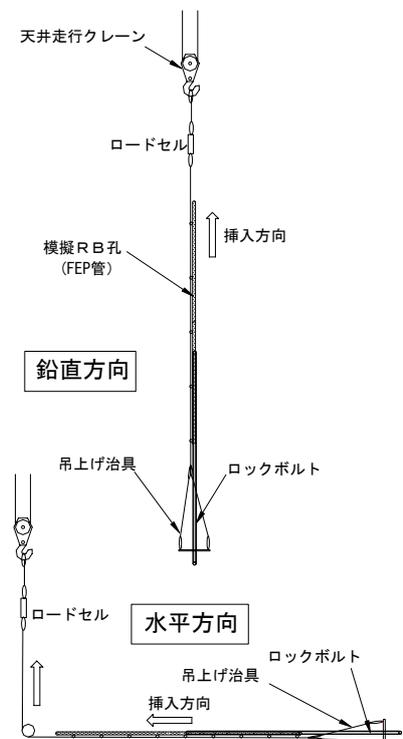


図-1 挿入荷重測定概要

キーワード：ロックボルト、ねじり棒鋼、定着材、コンシステンシー、フロー、充填性、挿入抵抗

〒102-8332 東京都千代田区三番町2番地 飛島建設土木本部土木技術部 Tel: 03-5214-7083 Fax: 03-5276-2526

ローで同様な傾向を示し、配合による顕著な差は見られなかった。

3.2 単位長さ当りの挿入抵抗荷重

図-2に示した経時変化において、ピークを迎える間際に荷重が急増している部分がある。これは終了間際にプレートや治具が模擬管や仮設材等に接触したことが影響していると考えられる。よってこの影響が現れる手前の区間(矢印の一定の傾きを示す区間)から、単位長さ当りの抵抗荷重を計算し比較してみた。

単位長さ当り挿入抵抗荷重(N/m)

$$= \text{傾き}(\text{N}/\text{sec}) / 0.1(\text{m}/\text{sec})$$

図-3には各配合における単位長さ当りの抵抗荷重の分布状況を示す。なお、③-3及び④-3は目標フロー210mmであるが、その鉛直方向は、充填時に定着材が流出したため測定不能となった。また、図-4は単位長さ当りの抵抗荷重を実測フローとの関係で整理したものである。これらから、以下の事が伺える。

- 1) 各配合とも、フロー150mmの場合の抵抗荷重が大きく、概ね300N/m以上を示しているが、フロー180mm以上では150mmの1/3程度の抵抗に減少している。
- 2) 挿入方向別の特徴は、このデータをみただけでは伺えず、鉛直、水平ともに同程度の抵抗荷重が作用するものと考えられる。
- 3) フロー180mm以上では、フローが大きくなるに従い抵抗荷重もやや低くなる傾向が伺える。
- 4) 配合別では、新しく適用した高性能減水剤添加配合が他に比べ大きい抵抗を示し、特に150mmでは他に比べ突出しており、配合の特徴が伺える。

4. まとめ

本試験により、150mm程度のフローの場合と180mm程度のフローの場合では、挿入抵抗荷重に3倍程度の差があることが判明した。これは、フローの違いによる定着材の流動性の大きさが大きく影響していると想定される。図-5はロックボルト挿入時の定着材の流出量を整理したものであるが、フローが小さい場合は流出量も少なく、ここからもフロー150mmの定着材の流動性の低さが伺える。また、今回はねじり棒鋼のみの試験であるが、一般的に用いられている異形棒鋼の場合はその表面形状からさらに抵抗荷重は大きくなることも想定される。いずれにしても、フロー150mm程度の定着材は挿入作業の施工性及び影響が大きく、特に人力による挿入の場合には顕著だと考えられることから、定着材のフローを180mm程度まで大きくすることにより、施工性が大きく改善されると考えられる。そして、並行して定着材の強度特性や引抜特性も把握し、定着に問題が無いことを確認することが重要である。

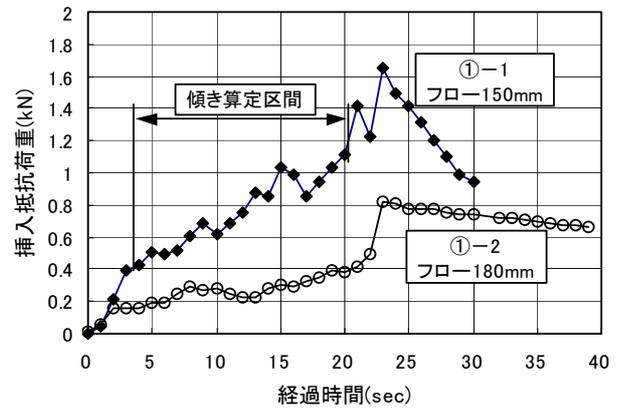


図-2 挿入抵抗荷重経時変化

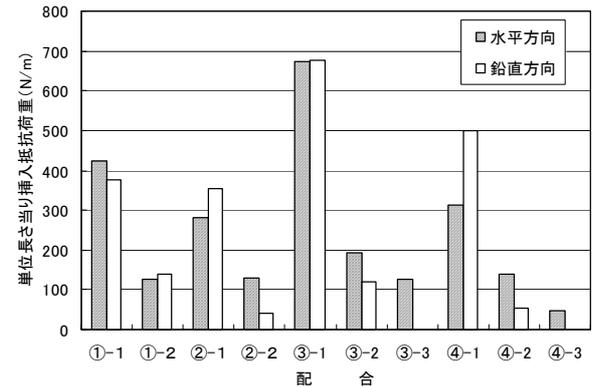


図-3 挿入抵抗荷重の分布

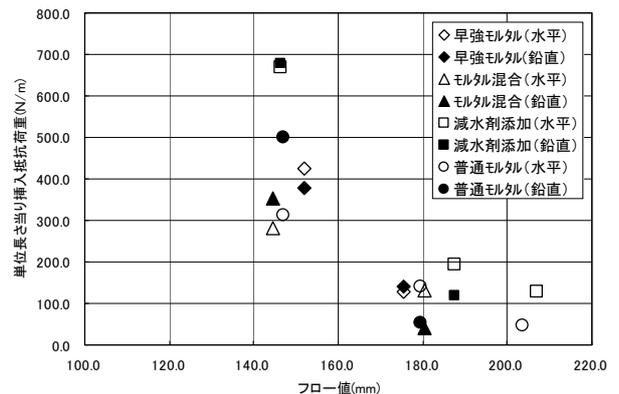


図-4 挿入抵抗荷重と実測フローの関係

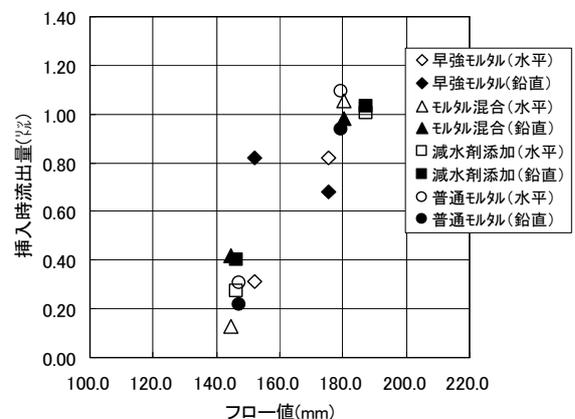


図-5 挿入時の定着材の流出量とフロー