

VI-327

フェースボルト（長尺鏡ボルト）の効果確認試験
（その3．ボルト軸力分布について）

三井建設土木本部土木技術部

会員 ○岡野成敏

飛島建設土木本部技術部

会員 小原勝巳

飛島建設土木本部技術部

後藤辰夫

三井・吉川・長屋建設共同企業体

大澤和茂

1. はじめに

切羽に打設された長尺鏡ボルト（フェースボルト）の実際の挙動は未解明な部分が多い。この理由の一つとして、切断しながら掘削を行うため測定自体が難しいことが挙げられる。本報告は、木崎湖トンネルの貫通点において先に到達した側から軸力計を設置し、反対側からこの区間を掘削する方法を用い、切羽の進行に伴ってフェースボルトに発生する軸力がどのように変化するかを調べたものである。フェースボルトは、順次切断しながら施工するという特殊性から、①切断後全体としての効果を損なうことはないか、②切羽前方の有効範囲（長さ）と設計上の必要最小長をどう考えれば良いか、また、③切断部近傍の軸力はどのように変化するかなどを解明していくことが必要である。以下、これらの観点から軸力測定結果をまとめた。なお、試験の概要については別途に報告¹⁾する。

2. ボルト切断前後の軸力の変化について

図-2に計測結果より得られた切羽距離に対する典型的なボルト軸力を示す。ここで切羽距離とは、図-1に示す軸力計測点と切羽の離隔距離を言い、図-2に示す計測点は図-1において黒く塗りつぶされた点である。図-2より明らかなように、フェースボルト軸力は8m程度より発生し始め、当該計測点が掘削されボルトが切断されるまで増大し続ける。また、図-3にフェースボルトの軸力分布を切羽距離ごとに示す。図を例にとると、貫通点から12m付近に切羽がある場合、最大軸力は12m地点の計測点に発生し、その大きさは約10tである。また、11mの地点の測点で約5.6t、10m地点で約1.8tの軸力が発生しており、12～7.5m間の約4.5m区間が有効に作用しているものと考えられる。

フェースボルトは切羽の進行に伴って順次切断されるが、ボルトが有効に作用する長さ（有効長）が確保されていれば、軸力分布が切羽の進行と共に前方へ移動する。すなわち、フェースボルトが切羽の進行に伴い順次連続的に地山を拘束するため、フェースボルトはその機能を低下することなく有効に働き続けるものと判断される。

3. 切羽距離に対するボルト軸力の発生傾向

図-4は、28個の軸力計の個々について、軸力レベルと切羽距離（個々の軸力計と切羽との水平距離）の関係を調べた結果を集積し頻度図を作成したものである（個々の軸力計が横軸に示すある軸力レベルに到達したときの切羽距離をその軸上に28個プロットし、これを重ね合わせて散布図とし、頻度コンターを描いたもの）。

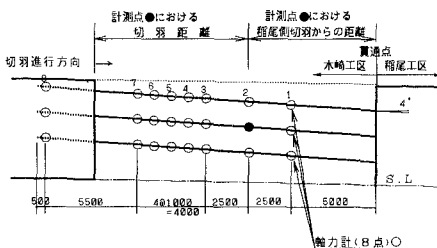


図-1 ボルト軸力計と切羽距離の関係

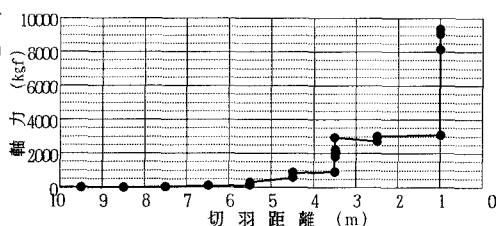


図-2 切羽距離-ボルト軸力の例

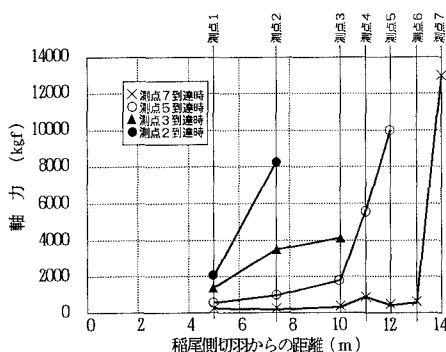


図-3 切羽進行に伴う軸力分布の変化

なお、頻度図には切羽近くで軸力のピークを過ぎた値については除外している。

頻度図から以下のことが分かる。

- ・軸力発生時を0.1 tとした場合、切羽距離は8～9 mのものもあるが、概ね7 m以下程度である。
- ・軸力が0.5 tを超えるのは4～6 mで、1 tに達するのは4 m以内となり、それ以上の軸力レベルはほとんど掘削直前（1 m）に発生している。

以上に關連して、フェースボルトの最小必要長を考えると、①単に鏡の崩壊を抑止する目的のみで使用するのか、あるいは、②地山の変位を拘束することも目的とするのか、また、③その場合、どの程度のひずみレベルまで抑制するか、といった設計的な前提が必要

であることが分かる。今回使用したケーブルボルトは引張試験における軸力と軸ひずみの関係から、軸力1 tは約0.2%の軸ひずみに相当する。地中変位計すなわち地山のひずみとの相関も含め、今後、地山条件の異なる場合の計測データをより多く収集し、解析を進めていく必要がある。

4. フェースボルトの掘削面近傍の挙動

フェースボルトを含め、ケーブルボルトの切断後の切断部（掘削面）付近の軸力の変化を知ることが、本工法に関する最も重要な点の一つと思われる。今回のデータにおいて、切断直前のボルト軸力の変化には、次のようないくつかのパターンの変化が見られた。

- ①掘削直前1～2 mでピーク軸力となり、その後緩やかに軸力が減少するタイプ（図－5）
- ②掘削直前1～2 mでピーク軸力となり、その後急激に軸力が減少するタイプ（図－6）

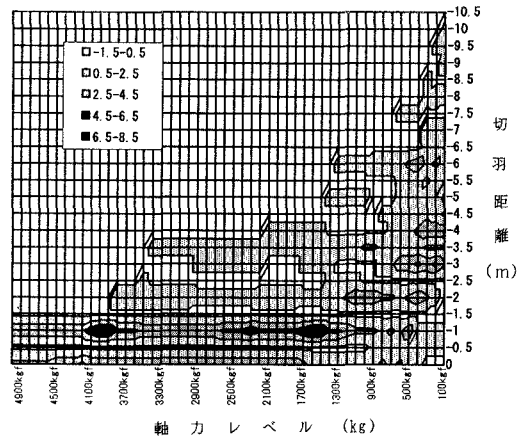
軸力が掘削直前に低下する現象は、切断によって計測器から掘削面端部までのボルト長が小さくなり地山による拘束が小さくなることによるものと考えられる。これは、通常のロックボルト軸力計においてボルトの先端部付近に取り付けた歪みゲージには大きなひずみが発生しないと同様な現象である。また、軸力がピーク値を持つことは、鏡のすべり崩壊を想定しても説明が可能である。現実にはこれら拘束力の低下と重力に伴う変位の両者が軸力のパターンに反映されていると考えられる。

5. まとめ

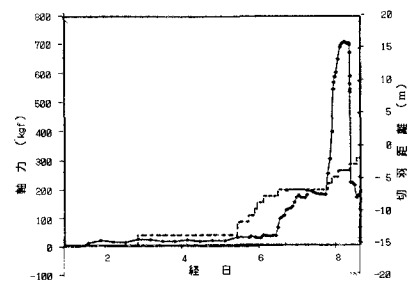
トンネルの切羽前方に打設されたフェースボルト（長尺鏡ボルト）の軸力計測結果から、マクロ的な挙動について報告した。今回の試験条件は土被りが小さく先受け工を併用していたものの、地山が比較的均質で不連続面もほとんどなかったため、今後解析などを進める上で有効なデータが得られたものと思われる。また、本編に記したとおり設計実務に有効なデータが得られたが、特に切断部のボルトの軸力の変化についてはさらに精度の高いデータを収集し、ケーブルボルトの有効性に関する検証を行う必要があると考える。

《参考文献》

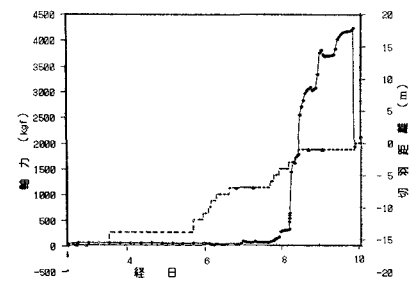
- 1) 荻田，角屋，富田，川端；フェースボルト（長尺鏡ボルト）の効果確認試験（その1），土木学会第51回年次学術講演会



図－4 軸力発生レベルと切羽距離の関係



図－5 切断直前の軸力変化の例(①)



図－6 切断直前の軸力変化の例(②)