

III-258

砂質地山トンネルにおける斜めロックボルトの
効果に関する基礎的研究 — 現場試験 —

（財）大阪土質試験所 正会員 村山 朔郎

近畿日本鉄道株式会社 正会員 澤田 守生

（財）大阪土質試験所 正会員 橋本 正 ○有本 弘孝

1. まえがき

斜めロックボルトの室内土槽実験¹⁾より、切羽における先行沈下の抑止効果は、斜めロックボルト長 $L \geq 0.6D$ （ D =トンネル直径）、縦断方向水平面からの傾斜角 45° のとき最も大きいことがわかった。本研究は、土槽試験の成果を踏まえて実際のトンネル工事における現場試験を実施したので、以下に報告する。

2. 現場試験の概要

現場試験を行った地盤は、大阪層群下部に相当する砂質土を主体のよく締まった未固結地盤である。現場試験は図-1に示すように、トンネル半径4.55m、土被り比 $h/D \approx 4$ で、斜めボルト施工区間と従来の垂直ボルト施工区間について行った。

試験は、地中変位、地表面沈下、ボルト軸力および吹付けコンクリート土圧等を計測した。トン

ネル掘削は、底設導坑掘削後上半先進のロングベンチカットにより行った。上半掘削時の施工順序は、リングカット→U型支保工建込み→吹付けコンクリート→ロックボルト（1mピッチ）である。なお、土槽実験の結果から、ボルト長 $L=5\text{m}$ （ $0.6D$ ）、斜めボルトの傾斜角 $\theta=45^\circ$ とした。

3. 現場試験の結果

上半掘削による地中変位とボルト軸力の計測結果に重点を置き、斜めボルトと垂直ボルト区間で比較する。

a) 地中変位

図-2はトンネル横断方向の水平変位と沈下を同時に描いたものである。地中および地表面沈下とも垂直ボルト区間の方で大きく、広範囲に広がっている。

図-3はトンネル天端から上方約1m地点における沈下量と施工進捗の関係を示したものである。斜めボルト区間の沈下は切羽到達2m手前から始まり、切羽到達1m手前で6mm、最終沈下量は14mmである。一方、垂直ボルト区間の沈下は切羽到達4m手前から始まり、切羽到達1m手前で8mm、最終沈下量は18mmである。したがって、斜めボルト区間の沈下量は垂直ボルト区間の約3/4程度に低減している。

b) 軸力分布

図-4はトンネル横断面上に斜めボルトと垂直ボルトの軸力分布を比較したものである。計測結果を定性的にまとめると以下のようである。

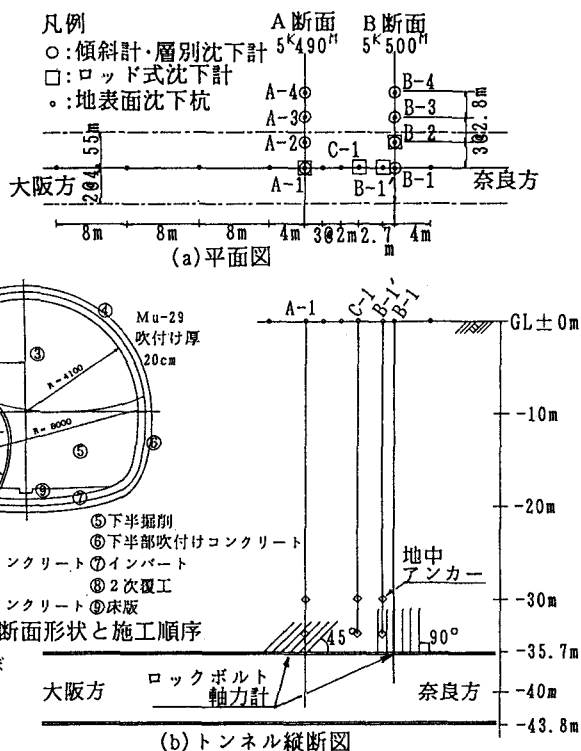


図-1 現場試験

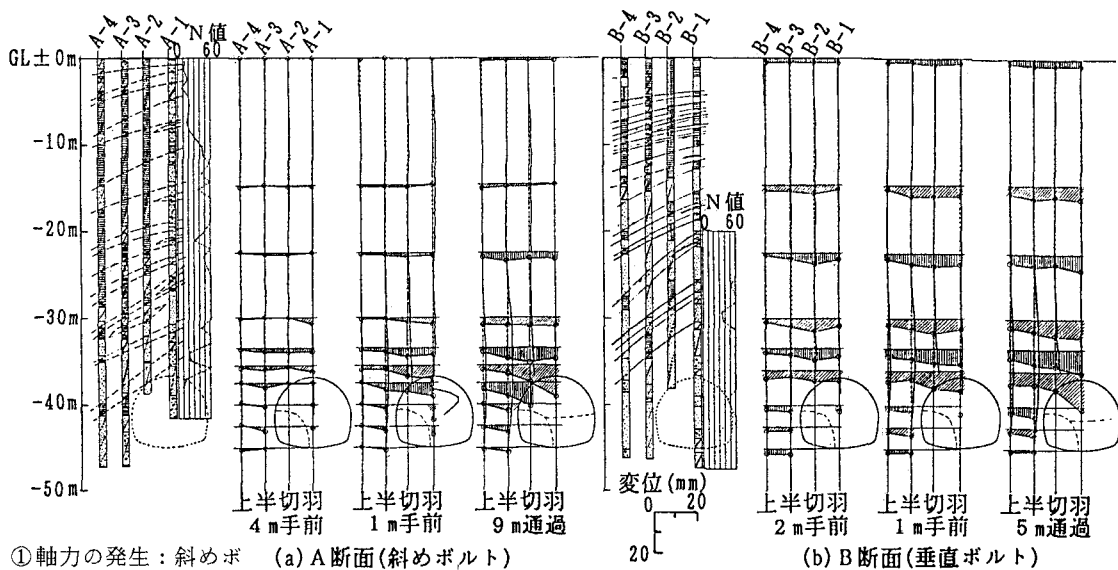


図-2 上半掘削によるトンネル周辺地盤の変形

①軸力の発生：斜めボルトでは打設後1 m掘削時点よりみられ、その次の掘削段階（打設後2 m掘削）で顕著に増大している。特にNo. 2の口元より3～4 m間の軸力が引張側に大き

い。一方、垂直ボルトでは、打設後2 m掘削時点から発生しているものの斜めボルトの軸力よりも相対的に小さい。

② トンネル天端部(No. 3)：口元付近では両ボルトとも圧縮軸力が発生している。斜めボルトは先端部で若干引張軸力が認められるがほぼボルト全長にわたり圧縮傾向である。

③斜めボルトの肩部において、引張軸力の発生が大きい。

4. 斜めボルトの軸力発生機構

上述した計測結果から斜めボルトの軸力発生機構の模式図を図-5に示した。トンネル肩部の口元付近以外のボルトは、引張側の軸力であることからトンネル切羽に押し寄せようとする緩み変位を抑制する効果と考えられる。また、切羽上方地山が切羽に向かって落ちようとする力に対し、ボルトを介して手前の支保工、吹付コンクリートが受け止めることにより、ボルトの口元付近に圧縮側の軸力が発生する。のを下から突っ張って止める効果があると考えられる。 参考文献

抑止効果に関する基礎的研究-室内実験-, 土木学会第45回年次学術

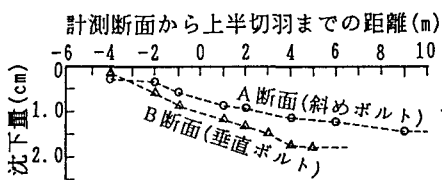


図-3 沈下と施工進捗の関係
(トンネル天端上方1 m地点)

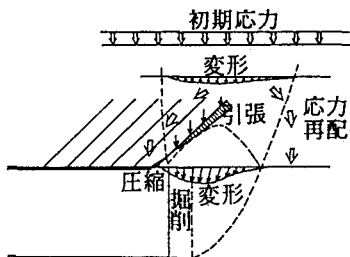


図-5 斜めボルトの軸力発生模式図

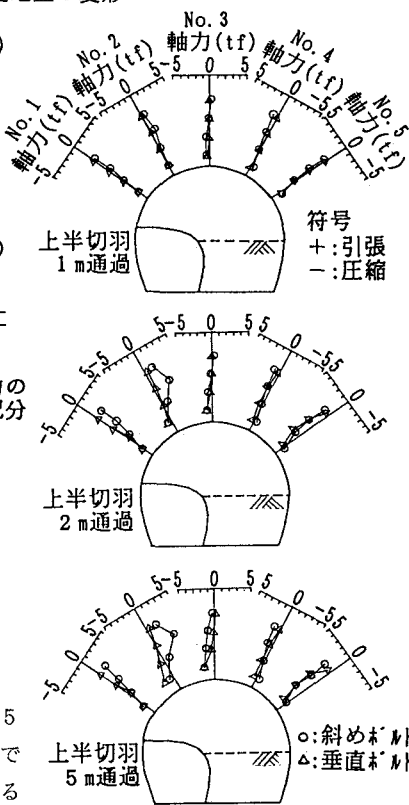


図-4 上半掘削によるボルト軸力の分布