

トンネル上部切土事例に基づくトンネル変位挙動の評価

鉄道総合技術研究所	正会員	小島芳之	山口大学工学部	正会員	重田佳幸
鉄道総合技術研究所	正会員	吉川和行	ダイヤコンサルタント		木村英雄
山口大学工学部	正会員	Maulidya Indah Junica	山口大学工学部	フェロ-会員	中川浩二

1. はじめに

既設トンネルに著しく近接した大規模な造成工事やトンネル工事などの近接施工が増加しており、トンネルに対する適切な影響予測を行うことが重要となっている。既設トンネル上部の切土工事は、最近数多く実施されており、トンネルへの影響評価に関する事例報告がなされている。しかし、これらの貴重なデータが統一的に論議されることは少なく、現時点においては、それぞれの個別の問題として評価されていることが多く、統一的に多数の現場データを整理した報告は少ない。

そこで、本報告では、上部切土による影響評価法を確立するための第一歩として、トンネル上部の切土の施工実績を収集・整理し、トンネルの変形挙動の実態を把握するとともに近接影響度の事前評価に用いられている残存土被り比とトンネル変形挙動との関係を把握する。

2. 収集事例

本報告で取り扱う事例は、著者らが独自に収集したものと文献調査により収集した23件である。このうち18件が鉄道トンネル、2件が道路トンネル、3件が通信用などのトンネルである。また、トンネル施工法は、山岳工法が16件（うちNATM4件）、シールド工法が6件、不明が1件である。収集事例の地形分類としては、丘陵地（65%）、台地（13%）、低地（22%）である。また、地質は、中・古生代から第四紀更新世の硬岩・軟岩・土砂の広範囲にのりものである。

残存土被り比をみると、0.0~0.67とトンネルを露出するものからトンネルの初期土被りの約3割までを切土するものまでが収集され、そのうち、残存土被り比0.5以下のものが約8割を占めている。

3. 上部切土によるトンネル変状

図-1は、切土量（ $H$ ）と残存土被り（ $h$ ）の関係図上に、岩種毎に切土による影響の有無に着目して整理したものである。岩種は、泥質軟岩、砂質軟岩、硬岩の3種類に区分した。なお、泥質軟岩には、洪積粘性土を含め、砂質軟岩には洪積砂質土を含めた。「影響あり」とは、切土中あるいは切土後にひび割れの発生・進展が確認されたもの、「既変状」とは、工事前に既にひび割れが生じていたものである。

トンネル上部切土の影響で覆工に変状が発生した事例は比較的少なく、23事例中7事例である。覆工への影響は、切土量（ $H$ ）よりも残存土被り（ $h$ ）あるいは残存土被り比（ $h/H$ ）に左右され、影響が生じたものは概ね  $h < 10\text{m}$  あるいは  $h/H < 0.25$  の範囲に集中している。また、

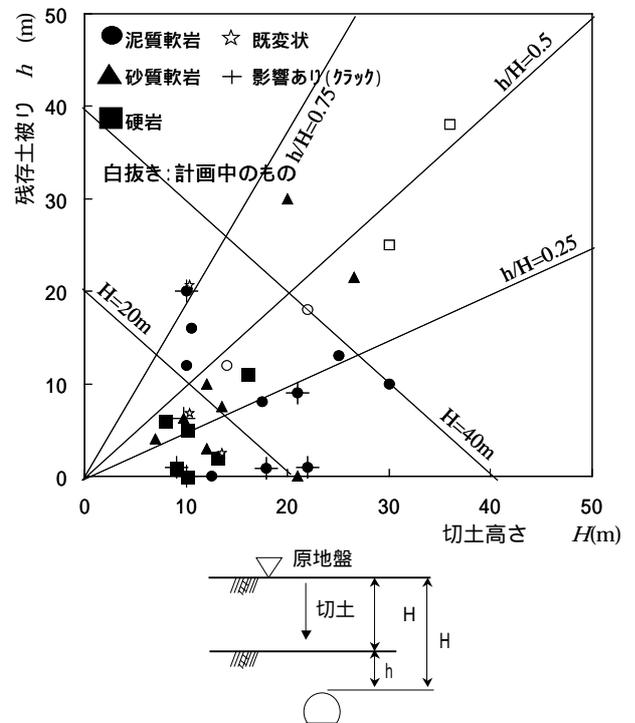


図-1 切土事例の分布

キーワード トンネル，覆工，近接施工，内空変位，残存土被り比

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38, Tel : 042-573-7266, Fax : 042-573-7248

切土前から変状がみられたトンネル（既変状のトンネル）は、健全度が良好なトンネルより影響を大きく受ける事例が多い。地質的な観点からみると、砂質岩より泥質岩の方が影響を受けやすく、硬岩では、残存土被り  $h$  が 0m（残存土被り比  $h/H=0$ ）の場合を除いて影響は認められていない。

4. トンネル内空変位の傾向

図-2は、 $H$ と $h$ の関係図上に切土後のトンネル路盤部隆起量の分布を示したものである。この図より、 $H$ が大きき $h$ が小さいほどは大きくなる傾向があり、特に $h=0m$ に近い例は隆起が著しいといえる。

図-3, 4は、残存土被り ( $h$ ) または残存土被り比と内空変位率 ( $u/D$ ) ( $u$ : トンネル水平方向あるいは鉛直方向の内空変位,  $D$ : トンネル掘削外径) の関係を示したものである。図-2, 3をみると、残存土被りが小さいほど内空変位率が大きくなる傾向にあることがわかる。特に残存土被りが 15m 以下のときにその傾向が大きくなる。また、残存土被り比が 0.3 以下のときに内空変位率が大きくなる傾向がみられた。これらは、図-1の結果に整合しており、切土高が大きき残存土被りが小さいほど、切土による影響が加速度的に増大することが示唆される。

内空変位率は、最大でも 1000  $\mu$  程度（内空変位  $u$ : 水平方向  $\pm 5mm$ , 鉛直方向  $+7mm$ ）である。トンネル覆工および周辺地山に発生するひずみの範囲が小さいため、地山は弾性範囲内で変形したものと考えられる。

内空断面は、水平方向に縮小し鉛直方向に拡大する事例が多い。ただし、全体が拡大するすなわち水平方向にも拡大する事例もある。水平方向に縮小する挙動は、今迄の研究でも一般に指摘されていることである。水平方向にも拡大する挙動については、切土幅、地山と覆工との接触状態、覆工の初期応力状態などが寄与しているものと考えられる。

5. おわりに

本報告では、トンネルの上部切土によるトンネル変形挙動について計測事例を整理分析することにより、トンネルの変形挙動、上部切土の影響の有無について検討した。事例分析からトンネルの変形挙動を整理すると残存土被りが 10m 以下の場合に影響度が大きい傾向が認められ、残存土被り比を、上部切土の簡易影響評価の指標とすることが有効であると考えられる。しかし、現段階では、収集した事例が少ないため、今後は、更にデータを蓄積して詳細な分析し近接影響評価法の確立を図りたい。

参考文献

1) 小島芳之, 吉川和行, 重田佳幸, 木村英雄, 朝倉俊弘: トンネル上部の切土による影響事例の分析, 第 11 回岩の力学国内シンポジウム, CD-ROM F13, 2002.1

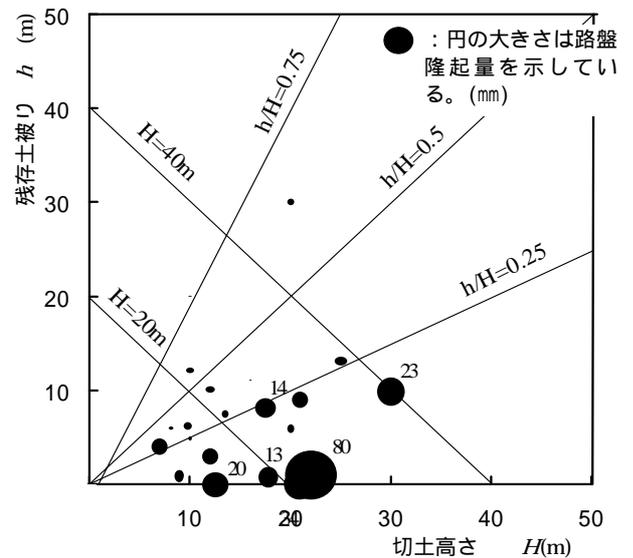


図-2 トンネルの路盤隆起量の分布

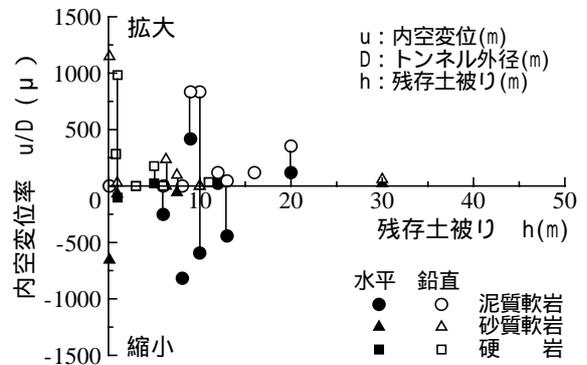


図-3 残存土被りと内空変位率の関係

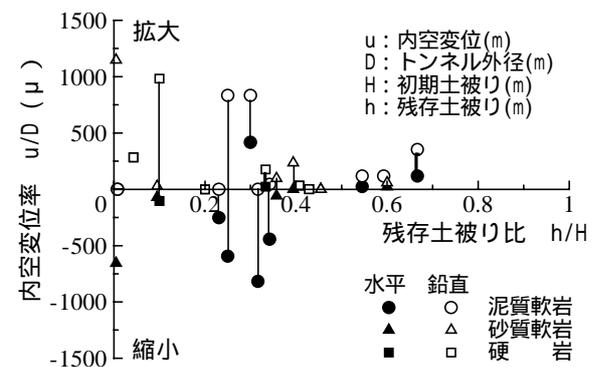


図-4 残存土被り比と内空変位率の関係