

## トンネル崩壊とその要因に関するアンケート調査

首都大学東京 正会員 土門 剛  
 (元)首都大学東京・学生 石土健太郎  
 首都大学東京 正会員 西村和夫

### 1. 研究の目的

地質調査手法や数値解析による事前予測手法が発達している現在でも、トンネル崩壊を未然に予測し対策を講ずることは極めて難しい。したがって、実際に崩壊した現場の経験をもとに、トンネル諸元や周辺地山の状況などの要因と崩壊位置・規模などとの因果関係をデータ分析によって解明することも崩壊の事前予測に役立つものと思われる。

そこで、山岳トンネルにおける過去の崩壊事例を収集し、それらをデータ分析することによって崩壊を生じさせる要因を見出すとともに、その結果から崩壊メカニズムを究明することを最終目的とした。本研究ではその第一段階として、過去に崩壊したトンネル現場に対するアンケート調査結果に基づき、そこに記載された膨大なデータをデジタル化して広範な検討を行うこととした。本報告では、崩壊要因のアンケート調査結果の一部について報告する。

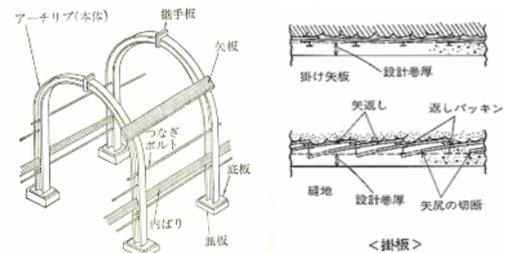
### 2. アンケート調査および整理方法

#### 2-1 調査資料の概要

本研究では、過去に実施されたトンネル施工現場に対するアンケート「崩壊に関する調査」を資料として用いた。表1に、アンケートに記載された項目について、諸元ごとに示している。調査資料は、昭和43年6月から昭和50年7月まで、調査件数は125件、調査の対象は矢板工法(図1)で掘削された山岳トンネルの場合のみである。

#### 2-2 データ整理の方法

調査資料は2-1に記載した資料の事項に従い、主に定量的な項目について崩壊データ一覧としてまとめた。ここでは、アンケート調査に記された内容とそれに添付された施工図、崩壊図の内容との整合性を確認しながらデータ化し、整合性の低いものはデータ分析から除外した。デジタル化したデータの一覧表のごく一部を表2に示す。さらに図面、調査書に崩壊図が添付されているものに関しては表3のように、陥没の有無と崩壊箇所によって崩壊形状を8通りに分類した。



緩い地山と支保の間に矢板を入れ崩壊を防ぐ  
 現在の吹き付けコンクリートの役割

図1 矢板工法概要<sup>1)</sup>

表1 「崩壊に関する調査」記載項目

トンネル諸元	トンネル名,トンネル長,プロジェクト名,トンネル位置,企業名,施工者名,トンネル寸法(幅・高さ),土被り,計画支保工(形状・寸法・間隔),計画覆工巻厚
崩壊諸元	崩壊発生年月日,崩壊位置(切羽から・覆工端から),掘削後の経過時間,崩壊規模(高さ・幅・延長),崩壊推定土砂,崩壊地点の地質(岩質・割れ目・湧水・力学的性質),崩壊の状況,崩壊の原因
復旧諸元	崩壊後支保工(形状・寸法・間隔),崩壊後覆工,復旧方法

表2 崩壊データ一覧抜粋

トンネルデータ No.	崩壊の延長(m)	崩壊量(m <sup>3</sup> )	大まかな岩種わけ	崩壊図	
				縦断面	横断面
1.01	4.5	160	凝灰角れき岩	○	○
1.02	3	480	ひん岩	○	○
1.03	3	100	凝灰岩	○	○
1.04	3.5	80.7	段丘	○	○
1.05	20	725	中生代の流紋岩	○	○
1.06	2.5	160	蛇紋岩	○	○
1.07	1.5	100	凝灰岩	○	○
1.08	5	30	凝灰角れき岩	○	○
1.09	3	70	泥岩	○	○
1.10	5	60	中生代の流紋岩	○	○
1.11	7	200	シルト岩	○	○
1.12	4	100	シルト岩	○	○
1.13	7.5	900	石灰岩	○	○

表3 トンネル崩壊分類例

①陥没あり	②陥没なし
A 切羽のみ	B 切羽から支保工まで
C 切羽から支保工上	D 天端

キーワード トンネル 崩壊 矢板工法 アンケート調査

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1, TEL&FAX 0426-77-1111(4578)

次に、崩壊に関する全体的な傾向を把握するため、整理したデータをもとに各項目間の関係について調べた。

本報告では、崩壊量と崩壊地点の地質、そして一般的に崩壊との相関が大きいと考えられる湧水量と弾性波速度について、各々の崩壊量との関係について述べる。

### 3. 崩壊量と湧水量他の関係

図2は崩壊量と崩壊件数を示している。この図から、規模の大きい崩壊よりも規模の小さい崩壊事例が圧倒的に多いことが伺える。

崩壊に最も密接に結びつくと考えられる湧水量について、図3に岩盤の弾性波速度毎に整理し、図4に亀裂の多少で整理してその関係を両対数グラフで示した。ここで湧水量として、地山から常時湧き出ているケースではなく、崩壊時に湧水量が突発的に増えたケースのみを抽出している。湧水量が多いほど崩壊量も多くなるであろうとの予想に反して、両図から崩壊量と湧水量の関係を見るとそれほど顕著な傾向が見られない。

弾性波速度が大きいほど岩盤強度が高いので、弾性波速度が小さいほど、つまり低強度岩盤ほど崩壊量は大きくなると考えられた。しかし、図3によると弾性波速度の値に関わらず崩壊量にはばらつきが出ている。したがって、弾性波速度の大小からは崩壊量との関係を得ることはできなかった。

一方、岩盤の亀裂の多少を考慮した図4では、亀裂無・少のケースは母数が少なく傾向をはっきりとは読み取れないものの、亀裂の多いケースでは、崩壊量と湧水量との関係にはほぼ正の相関を見出すことができる。

### 4. 結論

本研究ではデータ整理を中心に、今後のトンネル崩壊に関する要因分析を行っていく上での基礎を構築した。要因間の関係の検討に今回用いた項目は湧水量や弾性波速度などであったが、崩壊は局所的な地質状況（粘土層の有無、破碎帯、風化など）にも左右されている例は数多く見られる。

今後は本研究で整理したデータを用いて、より多くの項目から複合的な相関を調べ、高度な統計処理手法を行うことによって崩壊の要因をより細かく解明していく必要がある。

数多くの施工事例が蓄積されている現在ではあるが、一般に崩壊事故は公開されにくい状況にある。冒頭に述べたように、トンネル崩壊によって安全性や経済性を大きく損ねる可能性があることから、トンネル崩壊を事前に予測する手法の開発が大いに期待される。今後は本研究のような過去の事例を分析することを通じて、トンネル崩壊要因の特定と崩壊メカニズムの解明につなげたい。

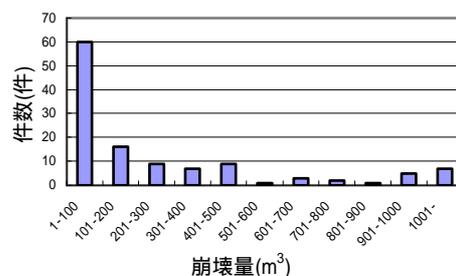


図2 崩壊量と件数

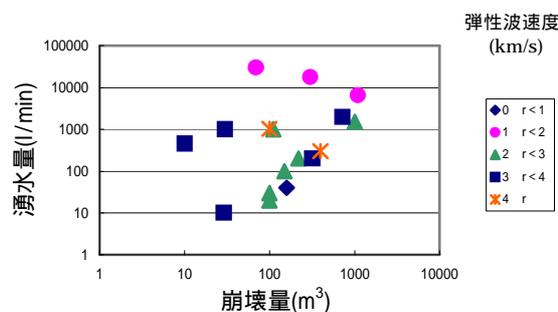


図3 崩壊量と湧水量の関係（弾性波速度別）

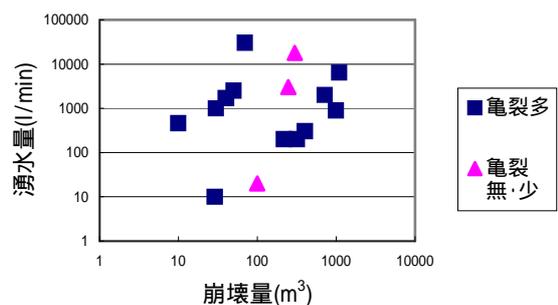


図4 崩壊量と崩壊時湧水の関係（亀裂の有無）