

III-122

トンネル施工におけるトラブルを対象とした前方地質予測に関する調査

建設省土木研究所	トンネル研究室	正	広瀬哲司
先端建設技術センター	研究第二部	正	久我誠司
前田建設工業（株）	土木設計第二部	正	○酒井照夫
（株）大本組	土木部	正	丸山 功
東急建設（株）	土木設計部	正	満尾 淳
五洋建設（株）	技術研究所	正	徳永 豊
（株）大本組	技術研究所	正	鈴木昌次

1. はじめに 産官学共同による施工新総プロ「トンネル施工における自動化技術の開発」における前方探査ワーキンググループでは、前方探査において調査すべき項目を具体的に把握する目的で「トンネル施工時のトラブル事例調査」を実施した。本文では、調査結果の基本集計からトラブルの予測に関して現状の傾向といくつかの問題点を考察する。

表-1 崩壊に関する基礎統計量

	相 関 係 数（事例数20）				平均値	標準偏差	事例
	断面積	最大高	最大奥	崩壊土			
断面積(m ²)	1.0	-0.35	-0.22	-0.11	64.1(72.3)	25.0(21.0)	49
最大高(m)		1.0	-0.04	0.57	5.2(5.5)	3.6(3.8)	23
最大奥(m)			1.0	0.09	5.0(5.3)	3.5(3.8)	25
崩壊量(m ³)				1.0	152.1(102.5)	264.1(72.9)	50

2. アンケートの基本分析 アンケート調査では全71事例が得られ、崩壊が50事例、変状が14事例、崩壊と変状の両者が発生したものが5事例、山はねが2事例であった。トンネル数は、地質や施工方法等から約65トンネルと推察される。地域としては、地質名等からほぼ国内全域に渡ると推察される。図-1に地質種別を示

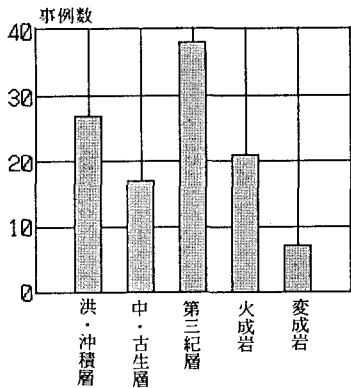


図-1 地質種別

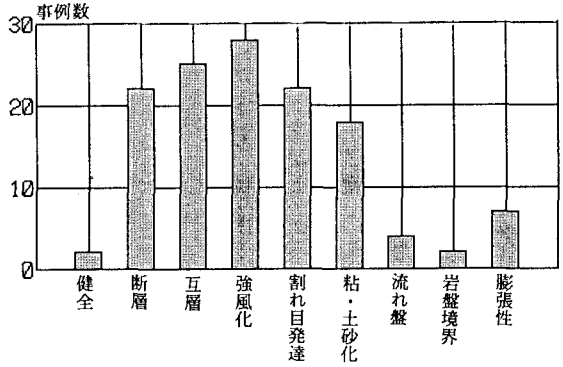


図-2 地質状況

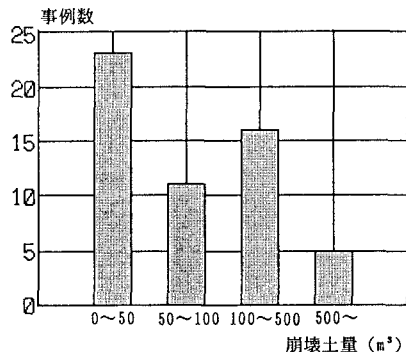


図-3 崩壊土量

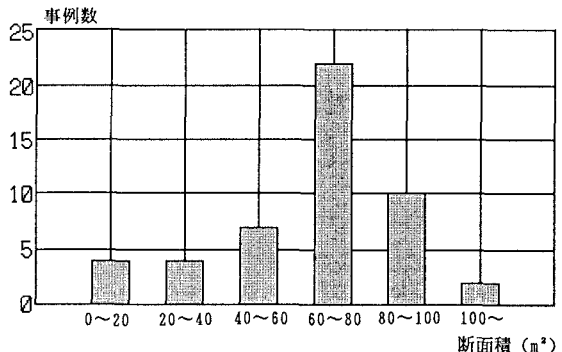


図-4 崩壊事例での掘削断面積

す。図より、第三紀堆積岩および洪・沖積層でのトラブル発生が顕著であるが、古・中世代堆積岩や火成岩および変成岩においても同様に発生していることがわかる。図-2はトラブル発生地点での地質状況を示したものである。崩壊土量としては図-3のように分布しており、ほとんどの場合に 500m^3 以下でおさまっている。なお、地質と崩壊量には明らかな関係が見られなかった。表-1は、掘削断面積、崩壊高さ、崩壊奥行き、崩壊土量についての基礎統計量を示したものである。ただし、相関係数は上記諸量の全てが得られた20事例によるものである。また、平均値と標準偏差に示された値は、各量を得られた事例数に基づく。()内の数値は相関係数を求めた事例範囲での値である。なお、図-4は崩壊事例についての掘削断面積のヒストグラムである。トンネル断面としては、 $60\text{m}^2 \sim 80\text{m}^2$ 程度が多いが、 $20\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$ 以上の範囲に広く分布している。表-1より、崩壊は高さ、奥行きとも $5 \sim 10\text{m}$ 以内となっている。また、断面積とその他の量との相関がほとんど無いことから、掘削断面積に関わらず崩壊範囲はほぼ 10m 以内となる場合が多いことが推察される。さらに、最大高さと崩壊土量には比較的良好な正の相関が見られる。このことから、崩壊土量は崩壊高さに依存し、崩壊領域に対する平面的な広がりの変化は大きくないと考えられる。このことは、切羽前方の地質状況の調査は 10m 程度を最小目標とすれば良いことを示す。一般に支保間隔は地山の自立性が良好な場合でも $2 \sim 3\text{m}$ 程度であることから、 10m 程度の予測が可能であれば調査結果に対する対応を講じるための時間的余裕もとれよう。

3. トラブル予測の現状と問題点

施工時の前方地質調査は31事例（全事例の44%）において実施されている。図-5は、施工時に実施された切羽前方地質調査法に関するヒストグラムである。図では、前方地質調査の実施された事例に対する各調査の百分率を示した。図中の「探りのみ」は削孔機械等を用いて数カ所を試験削孔し、その結果から地質を予測しようとしたものである。「観察予測」は施工時の切羽観察結果を用いて地質予測を試みたものである。なお、トラブルの発生後に以後の地質を調査する目的で実施された探査は水平ボーリングが11事例、電気探査が1事例であった。これより、現状における前方地質の調査法としては水平ボーリングが最も一般的であると言える。図-6は、坑内観察やA、B計測もしくは前方地質の予測を目的とした地質調査によってトラブル発生の予測が可能であったと回答された事例数を百分率で示したものである。観察と計測に関しては全71事例に対する百分率、地質調査に関しては調査の実施された31事例に対する百分率である。図より、観察でトラブルが予測される可能性は比較的高いが、計測結果からの予測は困難であることが推察される。また、残念ながら調査でトラブルの予測ができたケースは僅かに4事例にすぎない。この4事例の内の2事例はAB計測による山はねと観察予測によるものである。このことから、現状では水平ボーリングを用いて前方の地質を調査する方法が一般的であるが、水平ボーリングによる地質予測が現実にはかなり問題を含んでいることが指摘できる。これは、水平ボーリングがトンネル断面に対して非常に狭い範囲での調査であるため、断面全体が不良である場合を除くと局所的な脆弱部やポケット水等の存在を知ることができないためと考えられる。

4. 結論 (1)崩壊範囲は掘削断面積とは大きな相関はなく、高さ、奥行きともほぼ 10m 以内である。(2)現状では、水平ボーリングによる前方地質の予測が主であるが、適切に予測された事例は非常に少ない。(3)切羽観察に基づく地質やトラブル予測の可能性は比較的高いと考えられる。アンケートに協力いただいた18社に感謝します。

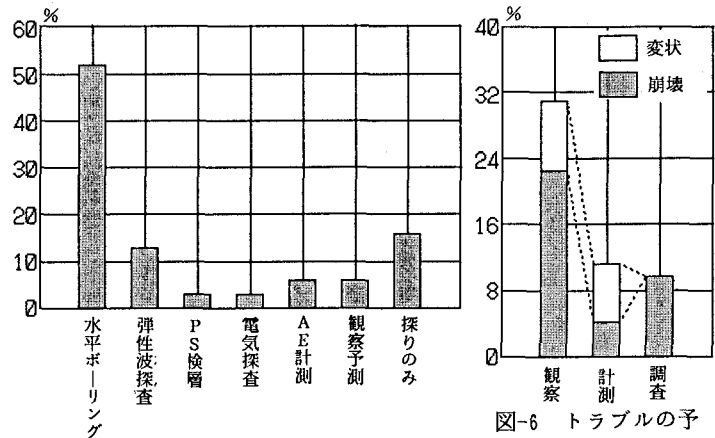


図-5 施工時に実施された切羽前方地質調査法

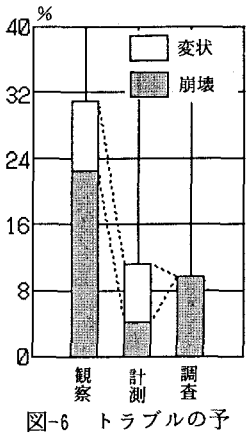


図-6 トラブルの予測事例