

## 山岳部トンネルにおける斜坑門の適用性

山口大学大学院 学生会員 ○辻田彩乃  
山口大学工学部 正会員 進士正人  
山口大学工学部 フェロー会員 中川浩二

### 1. はじめに

トンネル坑口部の設計において、坑門はトンネル軸線と直角をなすものが一般的である。しかし、構造物が近接している場合や地形が急峻な場合、坑口付けのための掘削が大きくできない、または坑門工のために過大な深礎工が必要となるなどの問題が生じ、坑門をトンネル軸線と直角に施工することが困難となる。また、コスト的に不利となるケースが多い。このような場合、トンネル軸線直角方向に対し角度をもつ坑門（以下、斜坑門と呼ぶ）（図-1参照）が採用されている事例がみられる。しかし、斜坑門はトンネル坑口付近の地形をうまく活用しながらトンネル構築を行う工法にも関らず、それを計画・施工したトンネルの事例はあまりみられない。そこで本研究では、過去に斜坑門を適用し施工された事例（14件）の整理を行い、斜坑門の構造的特徴や問題点の把握を行った。そして試設計を行い、斜坑門の適用の可能性について検討を行った。

### 2. 斜坑門の位置付け

14件の斜坑門の施工事例を整理した結果、トンネル軸線と斜面との関係は斜面斜交型がみられる。トンネル軸線直角方向と斜面の等高線との交差角度は、図-2に示すように20～55°に分布することがわかる。また、図-3に示すように斜坑門とトンネル軸線直角方向とのなす角度は11～36°であった。坑門の斜角は30°が多くみられ、40°以上の斜角はなかった。

次に、斜角と等高線交差角度との関係を図-4に示す。図より以下の3つのことがわかる。①坑門の斜角は等高線交差角度と同等もしくはそれよりも小さい角度で採用されている。②等高線交差角度が20°未満の事例では斜坑門の採用がみられない。③等高線交差角度が40°以上の場合は、これと同等である坑門の斜角を採用した事例がみられない。これらから、現段階での坑門の斜角の限度は30°程度と考えられる。

坑門工の形式としては、ウイング式やアーチウイング式の面壁がほとんどである。これは、坑口部背面の地山斜面が急峻であることや、橋台などの近接施工により相互の構造物の隔離距離を確保したいためであると考えられる。

14件の事例では図-5に示すように、すべて橋台が近接していた。橋台が近接している場合、トンネル施工のための地山掘削や坑門構築後的人工地山が大きくとれず、トンネルを地山側に追い込むことが難しい。このため、斜坑門を採用したものと考えられる。

これらをまとめると、斜坑門が施工された箇所は、地形や周辺環境などの条件があまり良くない場所に多くみられる。斜面とトンネルとの位置関係を整理すると、斜坑門の採用理由として、斜面斜交型で斜面が急峻であり、また、構造物が近接していることがあげられる。

斜坑門が採用されない理由を考えると、次の4つがあげられる。

- ①トンネル形状に違和感を生じるため走行性がよくない。
- ②施工が煩雑であり、坑口付け施工時の地山安定性に問題が生じやすい。
- ③斜めに突き出た部分に雨・雪が吹きこむため、走行に影響を生じやすい。
- ④面壁が大きくなるため、構造安定性が不利である。

したがって、これらの問題点をクリアすれば、斜坑門は十分適用可能な坑門形式と考えられる。

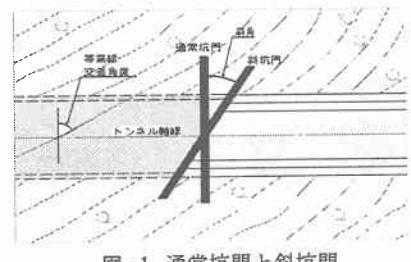


図-1 通常坑門と斜坑門

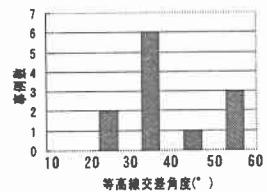


図-2 等高線交差角度の事例数

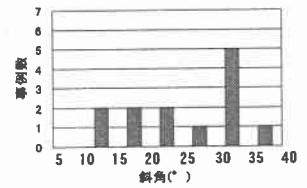


図-3 坑門工斜角の事例数

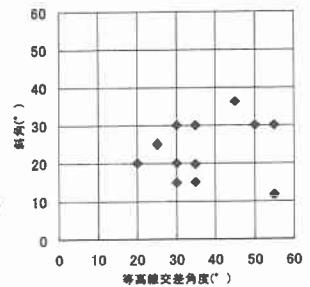


図-4 斜角と等高線交差角度の関係

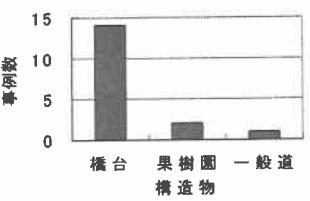


図-5 近接構造物の種類

### 3. 斜面斜交型地形における坑口部の試設計

斜面斜交型の地形を想定し、トンネル軸線と坑門が直角の場合(通常坑門)と通常坑門に対し斜角が $30^\circ$ および $45^\circ$ の斜坑門の場合について坑門設計を試行した。通常坑門と2つの斜坑門との設計を比較し、地山の掘削・最終法面形状を調べ、斜坑門の特徴を調べた。

#### (1) 設計条件

地形は約 $25^\circ$ のほぼ一様勾配の斜面に斜面斜交型トンネルを設計する。このときの等高線交差角度は約 $55^\circ$ とする。内空断面は2車線道路トンネルの標準断面を用い、幅員構成は車道幅3m、路肩0.75mとする。坑口付けの切取り斜面は1:0.5で行う。道路計画高はどのケースも188mとする。なお、トンネル軸線でのトンネル延長はどのケースも同一とする。

#### (2) 比較・検討

通常坑門と斜坑門( $45^\circ$ )の正面図を図-6に示し、平面図を図-7に示す。また、通常坑門と斜坑門( $45^\circ$ ,  $30^\circ$ )との比較を図-8に示す。試設計の結果、通常坑門では、左側に抱き擁壁を用いて、最終の埋め戻し土を小さくしている。そのため、左側は地盤高が低くなるため擁壁が宙に浮いた状態になり、坑門を安定させるため擁壁の下に2.5mの置換コンクリートを用いた。一方、 $45^\circ$ 斜坑門では、斜面との角度が小さくなるので距離は短いが、坑門左右に小規模な抱き擁壁を作ることになる。また、坑門長さを比較すると通常坑門に比べ、 $30^\circ$ 斜坑門は0.96倍、 $45^\circ$ 斜坑門は1.03倍となり、斜角による差異は認められなかった。

坑口付けに伴う切土量を比較すると通常坑門に比べ、 $30^\circ$ 斜坑門は0.70倍、 $45^\circ$ 斜坑門は0.58倍となる。したがって、切土量の最も少ない $45^\circ$ 斜坑門が坑口付けの切取りが容易であると考えられる。

坑門完成後の盛土量を比較すると通常坑門に比べ、 $30^\circ$ 斜坑門は0.61倍、 $45^\circ$ 斜坑門は0.44倍となる。擁壁の長さを比較すると、 $45^\circ$ 斜坑門では左右両側に擁壁を用いているが、左側のみに擁壁を用いた $30^\circ$ 斜坑門や通常坑門よりも擁壁の規模が小さいため、これに伴う盛土量が小さくなっている。また、どのケースも坑口付け時の切土面が永久法面として残り、通常坑門に比べ、 $30^\circ$ 斜坑門は0.63倍、 $45^\circ$ 斜坑門は0.28倍となる。したがって $45^\circ$ 斜坑門が最も永久法面が小さいため景観上有利であると考えられる。

今回設計を行った斜面斜交型の地形において、斜坑門は切土量、盛土量、永久法面など坑門長さ、坑門面積を除いては通常坑門より小さくなる。また、斜坑門でも等高線交差角度の $55^\circ$ により近い $45^\circ$ 斜坑門が小さくなり、有利になることがわかった。

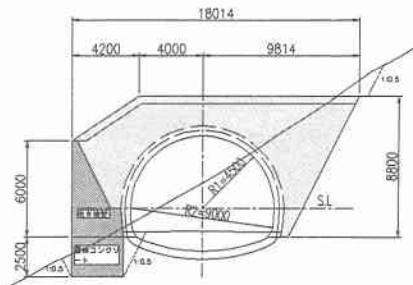
#### 4. おわりに

本研究では、斜坑門の特徴を整理し、試設計を行うことで、斜坑門の有効性の検討を行った。その結果、坑口施工において、次の条件があるとき、斜坑門が有効となることが考えられ、今後、以下に述べる条件の時は斜坑門の検討も行うべきであると考える。

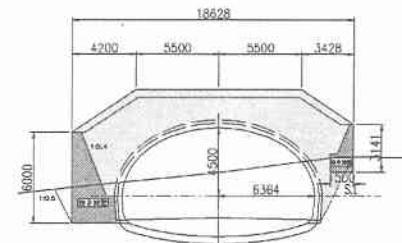
- ①斜面斜交型の急峻な地形である
- ②切取りを大きくできない
- ③近接構造物がある
- ④周辺環境の調和により、切土を残しなくてよい
- ⑤崖錐堆積物が薄く地山が安定している

#### 参考文献

田名瀬寛之、法邑信夫、西尾進、宮本靖：急崖地に斜交して坑口部を施工、北陸自動車道徳合トンネル、トンネルと地下、第30巻9号、pp.19～25、1999.9

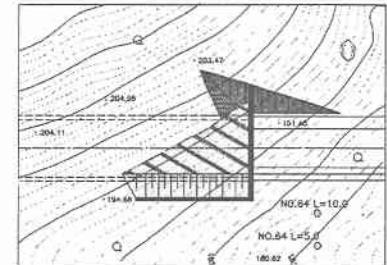


(a) 通常坑門

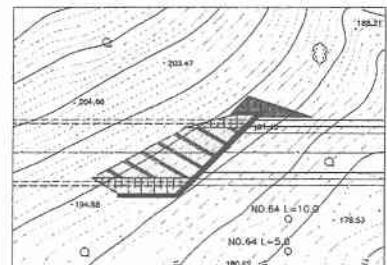


(b) 斜坑門( $45^\circ$ )

図-6 正面図



(a) 通常坑門



(b) 斜坑門( $45^\circ$ )

図-7 平面図

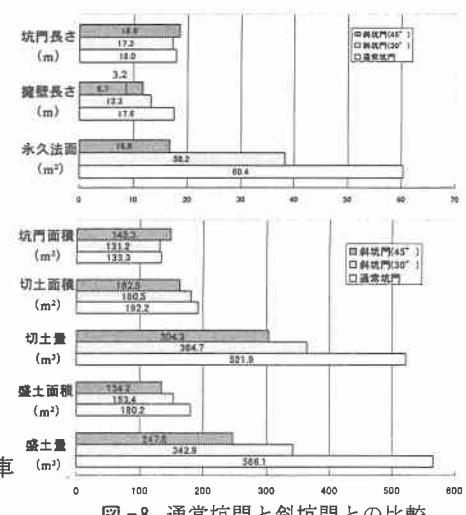


図-8 通常坑門と斜坑門との比較