

CGによるトンネル斜坑門への流入抵抗感の評価

ジ・アンド・エンジニアリング
山口大学工学部

正会員 ○野村祥子
正会員 進士正人

国土交通省中国地方整備局
山口大学工学部

正会員 辻田彩乃
フェロ-会員 中川浩二

1. はじめに

一般に、トンネルの坑門はトンネル軸線に対して直角である。しかし、橋台などの構造物が近接している場合や地形が急峻である場合、通常の坑門では、コストが増大するケースも多い。そのような場合、図-1に示すようなトンネル軸線直角方向に対して角度をもつ坑門（以下、斜坑門とする）が採用されることがある。斜坑門を施工することにより、切土法面を縮小できる、深礎工の省略などのメリットがあるにもかかわらず、その施工事例数は少ない。その要因の一つとして、斜坑門へ進入する際の抵抗感が挙げられる。

そこで本研究では、収集した30件の斜坑門施工事例（施工予定含む）より、斜坑門の特徴を整理する。そして、コンピュータグラフィック（以下、CGとする）を用いたアンケート調査を行い、斜角の違いや坑門の向き（図-1参照）による走行時の違和感および斜坑門の識別を把握し、斜坑門への流入抵抗感を評価する。

2. 斜坑門事例整理

施工・計画事例30件を①斜角、②坑門の向き、③採用坑口（入口・出口）の3項目について整理した。なお、②、③に関しては情報が得られた29件について整理した。

① 斜角の分布を図-2に示す。20～25°と30～35°が半数以上を占め、40°以上の斜角の事例はみられなかった。

② 坑門の向きを図-1のように進行方向から見て坑門の左側を山側に追い込んでいるものを左斜坑門、その逆を右斜坑門と定義し、斜角別に分類した結果を図-3に示す。斜角10～20°未満の範囲では、すべて右斜坑門であったが、20°以上では右斜坑門の事例は徐々に減少し、左斜坑門の方が多くみられた。

③ 斜坑門の採用坑口を、高速道路のような一方通行の場合は「出口」・「入口」、対面通行の場合は「兼用」と定義し、分類した結果を図-4に示す。

この図より、一方通行のトンネルでは、出口側が大部分を占めていた。

以上より、斜坑門は斜角20～30°の左斜坑門として採用される事例が多い。そして、一方通行のトンネルでは出口側に採用されることが多く、入口側での採用は避けられる傾向が強いことがわかった。

3. 斜坑門における走行性の検討

アンケートには、斜角と坑門の向きを変化させたCGを作成した。斜角は0°（直角）、20°、30°、40°、50°とし、20～50°については坑門の向きをそれぞれ左右2種類設定した。アンケート被験者は、普通自動車免許を取得している工学部の学生、男性31名、女性15名、計46名を対象とした。

アンケート目的を以下の3つに分け、それぞれ方法と結果を示す。

(a) 斜角による流入抵抗感

斜角0～50°の左斜坑門、計5パターンのCGを用い、トンネル進入時の抵

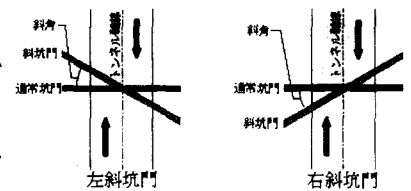


図-1 坑門の向き

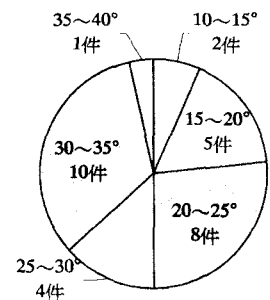


図-2 坑門工斜角の事例数

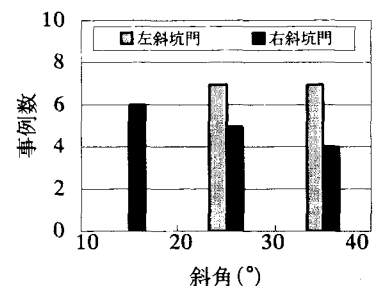


図-3 坑門の向きの事例数

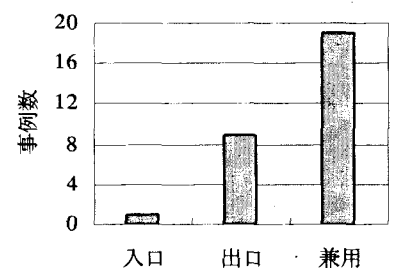


図-4 斜坑門採用坑口

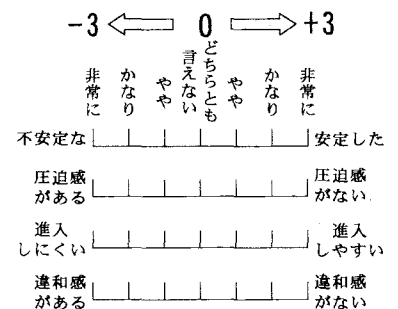


図-5 アンケート項目

抗感に関する図-5の4項目についてそれぞれ7段階の評価軸を用いて、アンケートを行った。

結果を数量的に評価するため、図-5の評価軸の点数付けを行った。すなわち、評価軸の中央「どちらとも言えない」を0点とし、左側の「非常に」を-3点、逆に右側の「非常に」を+3点とし、平均点を算出した。

斜角による印象の平均点の分布を項目別に図-6に示す。すべての項目において平均点が0点以上であり、どの斜角においてもほぼ同程度の評価が得られたため、斜角の違いによる流入抵抗感は少ないといえる。

(b) 坑門の向きによる流入抵抗感

左斜坑門と右斜坑門の2種類のCGからトンネルへ進入しやすい方を選択するアンケートを行った。斜角は20～50°とした。

坑門の向きについての選択結果を図-7に示す。どの斜角においても左斜坑門を選択した人数は右斜坑門より多い。つまり、左斜坑門の方が走行性に影響しにくく、流入抵抗感が少ないといえる。

(c) 直線および曲線のトンネルの走行性、斜坑門の識別

実際のトンネルを撮影した映像を用い、走行性に対する違和感の程度、斜坑門採用坑口の識別の調査を行った。走行性に対する抵抗感の評価は図-5の違和感に関する項目のみを用いて行った。撮影したトンネルはトンネル軸線が直線・曲線の2トンネルとし、映像は往・復路の2種類、計4パターンとした。また、斜坑門に注目してもらうため、アンケートを行う直前に斜坑門の特徴を説明した。

走行性に対する違和感の結果を(a)のアンケートと同様に点数付けを行い、平均点を算出した。

違和感の平均点、斜坑門採用坑口の正答率を表-1に示す。表-1のケース①・②と③・④は、それぞれ1つのトンネルの往路・復路の映像である。直線のトンネルでは正答率が高く、入口よりも出口の抵抗感が少ない。しかし、直線のトンネルは見通しが良く視野が広がり、坑口の形状に気付きやすいにもかかわらず、入口の抵抗感は0点以上である。つまり、直線のトンネルの入口に斜坑門が採用されていても、走行性に影響しにくいといえる。

また、曲線のトンネルでは直線のトンネルよりも正答率が低下しており、出口では著しい。曲線のトンネルでは、直線のトンネルとは逆に坑門の形状に気付きにくく、出口では一層その傾向が強くなり、抵抗感は少ない。入口では、斜坑門と認識しやすいが、平均点は0点以上であるため抵抗感は少ない。したがって、曲線のトンネルにおいても、入口での斜坑門の採用は、走行性に影響しにくいといえる。

4. おわりに

本研究では、斜坑門の特徴を整理した上で、斜角・坑門の向きを変化させたCGを用いたアンケートを行い、斜坑門への流入抵抗感の評価を行った。アンケート結果より、どの斜角においても流入抵抗感は少なく、ほぼ同程度の評価が得られた。これより、斜角の違いが及ぼす抵抗感の違いは少ないといえる。さらに、出口よりも抵抗感が大きいとされている入口で斜坑門を採用しても、走行性に影響しにくいといえる。

以上より、斜坑門は今後の坑門施工の検討項目の一つとして考慮されるべきである。

<参考文献>

- 1) 日本建築学会：建築・都市計画のための調査・分析方法
- 2) 飯田克弘，森康男，三木隆史，三井大生：トンネル進入時におけるドライバーの挙動および反応の分析，土木計画研究・講演集，pp.295-298，1997.11.
- 3) 井上義之，竹内淳，河内建，中國真人，中川浩二：山岳トンネルにおける走行快適性改善対策の効果分析，土木学会論文集，pp.61-72，2003.9.

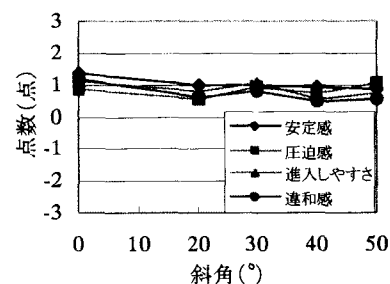


図-6 項目の平均点

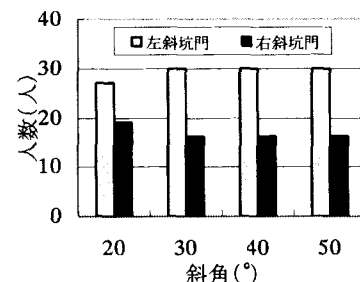


図-7 左右の走行性の優劣

表-1 平均点・正答率

ケース	斜坑門採用坑口	軸線形状	平均点	正答率(%)
①	出口	直線	1.00	98
②	入口	直線	0.28	93
③	入口	曲線	0.57	87
④	出口	曲線	0.96	54