

IV-47

トンネル坑口部の景観特性と工費の相関分析

岩手大学工学部 正会員 安藤 昭
 岩手大学大学院 学生員 ○浅倉 裕嗣
 岩手大学工学部 学生員 山田 慎吾

1. はじめに

公共性の高い土木構造物の1つにトンネルがあり、近年トンネル坑口部の型式も多種多様となってきた。道路上の公共物であるトンネルは不特定多数の人々が利用するため、全体的にバランスのとれた景観を計画し、進めていくことが望ましい。そこで、坑口部（入口）における景観的デザイン及び坑口型式に注目し、坑口部を型式により分類し、分類した各坑口部型式について、スライド写真を用いて一対比較法の実験により評価を行い、山岳部及び都市部において周囲と調和し、景観的に評価の高い坑口部を抽出するものである。また、分類した各種坑口部の工費を算出し、坑口部の景観的評価と工事費の相関関係についても明らかにすることを目的としている。

2. 調査概要

2-1 調査対象トンネルの概要

トンネルの資料や写真について、北海道地方347カ所、東北地方284カ所、関東甲信越地方82カ所、北陸中部地方80カ所、近畿地方22カ所、中国地方39カ所、四国地方19カ所、九州沖縄地方91カ所（以上自動車専用道路を除く）、自動車専用道路229カ所の計1175カ所の一般道路（国道・県道）及び自動車専用道路のトンネル資料及び写真を全国各地より収集した。全国で最も多い坑口部の型式は、面壁型（ウィング式）であり、これは、「標準設計」の概念が取り入れられるようになったためである。また、煉瓦により造られた坑口は、面壁型（ウィング式）が中心であり、建設年次も戦前のものが多く、デザインにも門柱・帯石等の特徴があり、風格のある意匠設計が行われているものが多い。突出型の各型式・面壁型（アーチウィング式）・柱式ルーバー型・換気塔型・特殊型は、近年（昭和40年以降）多く建設された坑口部型式であり、平成時代になってから、最も多く建設された坑口部型式は、面壁型（アーチウィング式）であった（図-1）。これら収集した1175カ所のトンネルの中より、各坑口部型式毎に全国で18カ所を対象として抽出した。

表-1 調査対象トンネル 単位: m

番号	トンネル名	延長	体積	内空断面	坑口形式	建設年次	路線名
1	日輪TN	580	462.3	49.3	面壁型（ウィング式）	S40	国道274号
2	さくらんぼTN	141	344.5	45	面壁型（ウィング式）	H2	八郎坂駅前線
3	下道南郷TN	997	253	36.2	面壁型（ウィング式）	S53	国道106号
4	柿崎TN	746	576.5	61	面壁型（アーチウィング式）	S58	北陸自動車道
5	袴崎TN	800	315	62	突出型	S57	北陸自動車道
6	岩竹TN	410	63.8	42	竹割型	S46	札幌自動車道
7	宝塚西TN	345	88.5	37.7	逆竹割型	S50	中国自動車道
8	朝里TN	754	102.8	54.7	逆ベルマウス型	S46	札幌自動車道
9	岡崎TN	10855	4333	54.7	逆ベルマウス型	S60	岡崎自動車道
10	清水谷第一TN	421	295	63.3	逆ベルマウス型	S49	北陸自動車道
11	旭川TN	860	961.5	65.9	箱型	S62	国道1号
12	オロフレTN	935	231.5	40.7	柱式ルーバー型	S53	洞線湖登別線
13	茂津多TN	1974	201	41.3	ルーバー型	S49	国道229号
14	月山第一TN	2620	5468	36.2	換気塔型	S61	国道112号
15	駒谷崎TN	16	1	25.2	コンクリート吹き付け	S47	札文線
16	六日町TN	880	277.5	19.7	特殊型	S59	岡崎自動車道
17	関都東TN	825	41.2	特殊型	不明	不明	磐城自動車道
18	恵那山TN	8625	374.6	59.9	特殊型	S60	中央自動車道

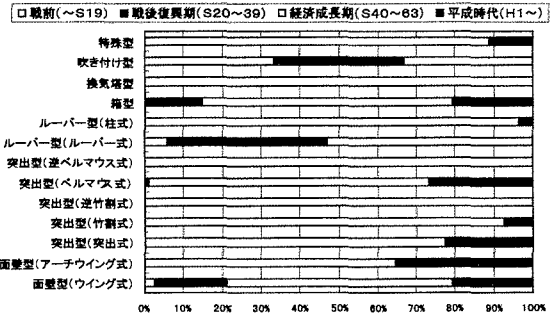


図-1 年代別坑口部型式

2-2 調査方法

「山岳トンネルとしての調和感」「都市型トンネルとしての調和感」を解析するために一対比較法を適用し、対象となるトンネルのカラー写真を2台のプロジェクターを用いて被験者に一対呈示し、「山岳部にトンネルがあると仮定し、周囲の景色と坑口部に調和感があるのはどちらか」という基準により判断させ、都市部においても同様の判断基準で評価実験を行った（表-1）。被験者は、岩手大学の学生を中心に、都市TN34名、山岳TN37名で行い、自動車運転免許取得者のみを対象とした。

3. 一対比較法による調査結果

3-1 山岳トンネルとしての調和感に関して

最も評価の高いトンネルとして、4、「柿崎TN」面壁型（アーチウィング式）（写真-1）。次いで、15、「駒谷崎TN」吹き付け型となっており、評価の低いものとして、14、「月山第一TN」換気塔型があげられた。このことより、人工的な装飾が無く、表面積・壁面積が小さく視覚的に違和感を感じさせない自然な坑口部の選好性が高く、反対に、人工的な塗装・彫刻等の装飾を施したトンネルや表面積・壁面積の大きいトンネルの選好性が低い傾向にあった（図-2）。

3-2 都市トンネルとしての調和感に関して

最も評価の高いトンネルとして、9、「関越トンネル」突出型（逆ベルマウス式）（写真-2）。次に、17、「関都東トンネル」特殊型となった。評価の低いものとして、15、「駒谷崎トンネル」コンクリート吹き付け型があげられ、「山岳トンネルとしての調和感」と比較した場合、尺度値の結果が相反する関係となった（図-3）。

4. 坑口部工費の算出方法

工費に関しては、資材としてのコンクリート・鉄筋用棒鋼費、仮設材の型枠工費、仮設工事の足場工費、支保工費の各工費及び塗装工費の合計を坑口工費（以下工費とする）とし、労務・資材・その他の費用を含むものとした。工費の算出には、坑口の表面積を標準断面図、施工記録

等の資料から車道幅員、内空断面積等の寸法及び写真を基に算出した。工費は、トンネル坑口部のみとした。

①コンクリート費について、レディーミクストコンクリート21-8-40-N60を使用し、生コンクリートポンプ車投入打設費を加えた。(単位 m^3) ②鉄筋用棒鋼費について、鉄筋加工組立費用とし、材料費と加工費と組立費を加え、鉄筋用棒鋼は、異形棒鋼SD295 A D13mmを使用した。(単位 t) ③鉄筋構造物用の型枠工を使用し、普通型枠工・円形型枠工を用いて算出した。また、レリーフや彫刻のあるものは、化粧型枠を用いた。(単位 m^2) ④足場工費に関して、枠組足場を基本とし、足場工面積(掛 m^2)の算出は以下の式の通りである。

構造物が立方体の場合

$$\text{枠組} = h_1 * L + (L + 2 * b + 3.8) * h_2$$

構造物がその他の形状の場合

$$\text{枠組} = 2 * (L + b * b_1 - b_2 - 3.8) * h$$

⑤支保工費について、トンネル坑口部の支保工の設置に当たり、支保耐力決定のためのコンクリート厚(t)は、以下の式により算出する。

$$t = (t_1 + t_2) / 2$$

支保工の空体積(空 m^3)は、以下の式により算出する。

$$V = (h_1 + h_2) / 2 * L * W$$

⑥塗装費について、写真より塗装してある坑口部のみ塗装費を考慮した。

5. 坑口部工費の算出結果

工費の高いトンネルとして、14、「月山第一TN」換気塔型(写真-3)、次いで、9、「関越TN」逆ベルマウス型となっており、費用の安いものとして、15、「駒谷崎TN」吹き付け型(写真-4)となり、また、調査対象である18ヶ所の坑口のうち10ヶ所の坑口が工費1~3000万円の間であった(図-2.3)。

6. 相関分析の結果

また、尺度値・工費・寸法に関して相関分析を行った結果、尺度値(山岳TNとしての調和感)と体積及び工費に対し有意水準1%の負の相関があり、尺度値(都市TNとしての調和感)と内空断面積は、有意水準5%の正の相関が見られた(表-2)。次に、尺度値 y を工費 x に対してプロットしたとき、近似曲線となる線形モデルを得るために変換を行い、相関性の高い関数式(理論値)が導かれ、決定係数 >0.5 の相関が得られた(図-2.3)。

・山岳トンネル 関数式 $y = -0.023 \sqrt{x} + 0.961$

決定係数 $R^2 = 0.53$ ($R = 0.728$)

表-2 尺度図と工費・寸法との相関分析

単相関	体積	内空断面	工費	尺度値 (山岳調和感)	尺度値 (都市調和感)
体積	1.0000				
内空断面	0.0150	1.0000			
工費	0.9041	0.0997	1.0000		
尺度値(山岳調和感)	-0.6289	0.1093	-0.6897	1.0000	
尺度値(都市調和感)	0.2866	0.4987	0.4098	-0.4254	1.0000

無相関の検定 * :5% ** :1%

判定	体積	内空断面	工費	尺度値 (山岳調和感)	尺度値 (都市調和感)
体積	-				
内空断面	-	-			
工費	**	-	-		
尺度値(山岳調和感)	**	*	**	-	
尺度値(都市調和感)		*		-	-

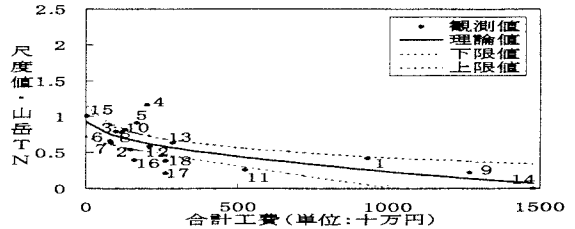


図-2 山岳TNとしての調和感と工費の散布図

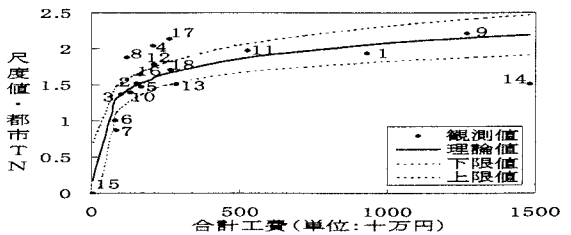


図-3 都市TNとしての調和感と工費の散布図



写真-1 4 柿崎TN
面壁型(アーチウィング式)



写真-2 9 関越TN
突出型(逆ベルマウス式)



写真-3 14 月山第1TN
換気塔型



写真-4 15 駒谷崎TN
コンクリート吹き付け型

・都市トンネル 関数式 $y = 0.306 \log x - 0.038$

決定係数 $R^2 = 0.681$ ($R = 0.825$)

7. まとめ

尺度値の評価と費用には相関性があり、レリーフ・彫刻等の装飾を施したトンネルや表面積・体積の大きいトンネルは、セメント費や型枠費と関係しているため、相関が見られ、山岳トンネルは、工費が高くなるほど評価が低く、工費3千万円以上になると尺度値の評価に影響しなことから、化粧型枠を必要とする彫刻等がある特異な形状のトンネルは、工費が高いにも関わらず評価は低くなった。反対に、都市トンネルは、工費が高くなるほど評価が高くなるが、工費3千万円以上になると尺度値の評価が上がらなくなるため、1億円以上の非常に高額なトンネルと3千万円前後のトンネルには、尺度値の評価に差がないという特性が近似曲線からも明らかになった。また、都市型トンネルの場合、山岳トンネルと比較すると尺度値の幅に約2倍の開きが見られた。

4、「柿崎TN」面壁型(アーチウィング式)は、正面から見たときの形状が面壁型ウィング式と突出型の間中間的な形状をしているため、都市部・山岳部両方の一対比較において調和感としての評価が高い傾向にあった。