

延長方向地盤条件を考慮したトンネル断面の最適化に関する基礎的研究

九州共立大学工学部 学生会員 黒田 英之
 第一復建(株) 正会員 千々岩浩巳, 兼松建男
 九州共立大学工学部 正会員 三原 徹治
 九州大学工学部 正会員 太田 俊昭

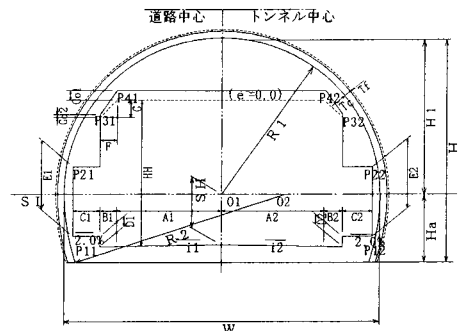
1. まえがき

平成5年11月の道路構造令¹⁾の一部改正(道路橋・道路トンネルなどに係わる最小幅員の縮小規定の廃止)によって, 考慮すべき道路幅員がこれまでよりも大きく広がるケースができた. これに伴い, 従来の道路トンネル断面形状は設計パラメータの少ない1心円または3心円から, より合理的な断面形状として5心円断面が採用されるようになってきた. しかし, この形状は決定すべきパラメータ数が多く, 合理的な断面設定が困難であるので, 著者らは, この断面の合理的な設定法の一つとして内空(掘削)断面積最小化基準によるGAを用いた離散的最適設計法²⁾を提案してきた. 現行の道路等級(第3種および第4種)を対象とした数値実験から, すべてのケースで5心円断面が有利であるという結果が得られたが, 実際の設計では内空幅(内空断面積)を目安として3心円断面と5心円断面を選択して設計している状況にある.

本研究は, これまでの研究成果を踏まえ, 5心円断面の設計パラメータ値を決定する手法の一例として, 先に提案した設計法の中で目的関数に着目し, その変更を試みたものである. すなわち, トンネル周長方向および延長方向を考慮できる掘削工程を目的関数に設定し, 簡単な数値計算例により提案した目的関数による数値実験結果の妥当性を検証するものである.

2. トンネル5心円断面の諸元決定法

2.1 設計変数 本研究で対象とする5心円トンネル断面の概要および使用する記号を図-1に示す. 設計において決定すべき設計パラメータは, 変心量 e , スプリングラインの高さ S_H , 上半半径 R_1 , 下半半径 R_2 , 上半内挿半径 R_5 および上半半径のなす角度 θ_1 である. なお, 各設計変数値はすべて連続変数であるが, 一般には, 各設計パラメータはラウンドナンバーとして取り扱われていること, およびGAの適用を前提としていることから, 連続変数を表-1に示すように離散化して取扱うものとする.



的とするため、施工費に大きく影響する工程表作成（掘削工程）を目的関数に採用し、細目の数量による誤差を無視する。なお、数量算出に用いた項目は、掘削工、金網工、コンクリート吹付け工、ロックボルト工、鋼アーチ支保工、防水工、覆工コンクリート工および型枠工であり、また、各項目の算定には建設省土木工事積算基準（平成10年度版）を用いた。

以上のように本設計問題は、トンネルの断面諸元を設計変数とし、掘削工程の最小化を目的関数とした離散的最適設計問題として定式化できる。なお、制約条件には、各建築限界点と内空断面各半径線との離れ、および内空縦横比を採用した。

3. 数値計算例および考察

本提案法の妥当性の検証を行うため、3心円および5心円断面を対象に、第3種第1級～第4種第2級の片側自歩道および両側自歩道（道路幅員10.75m～15.50m）の数値計算を試みた。なお、本計算例では、トンネルの総延長を500mと仮定し、延長方向に120m, 130m, 120m, 130mと4分割したが、提案した目的関数の特性を把握するためにすべての地山区分をBとして計算を行った。数値計算結果を表-2に示す。ここで、表中の A_N 、工期はそれぞれ内空断面積（ m^2 ）、掘削行程（日）を示し、工期の差は（5心円断面の工期）－（3心円断面の工期）であり、この数値がプラスの場合は5心円断面の方が3心円断面に比べて有利であることを示す。

表より、まず内空断面積に着目すると、どのケースも3心円断面に比べて5心円断面の方が有利な断面であり、制約条件の内空縦横比がどちらの断面形状でもアクティブになっていることから、先の研究で得られている知見と同様の傾向が表れていることがわかる。これに対して目的関数である工期は、道路種別によっては3心円断面が有利な場合と5心円断面が有利な場合が表れている。これは、これまでの研究成果とは異なる知見であり、掘削工程を目的関数にすることによって、内空断面積（掘削断面積）のみを考慮した場合に比べて、実際の設計で用いている条件に近い結果が得られる可能性があることがわかる。

なお、今回は延長方向に地山区分を同一として計算を行ったが、今後は異なる地山区分を用いた計算を行い、3心円断面と5心円断面の特性について比較・検討を行っていく予定である。

参考文献 1)日本道路協会:道路構造令の解説と運用,1983.2. 2)千々岩,三原,太田:GAによる道路トンネルの5心円型内空断面の最適化に関する基礎的研究,第5回システム最適化に関するシンポジウム論文集,1997.12. 3)日本道路協会:道路トンネル技術基準(構造編)・同解説,1985.12.

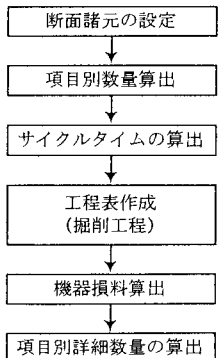


図-2 数量算出の流れ

表-2 数値計算結果

道路種別	形状	S_1 (m)	R_1 (m)	R_5 (m)	R_2 (m)	e_1 (m)	θ_1 (°)	H_a (m)	内空縦横比	A_N (m^2)	工期	工期の差
片側自歩道	第3種1級	3心円	0.850	6.400		6.400	-1.450	1.350	0.605	81.490	153.150	1.232
	12.25m	5心円	1.650	3.500	6.860	5.900	-1.390	31	2.150	0.570	76.815	154.382
	第3種2級	3心円	0.800	6.200		6.200	-1.430	1.300	0.604	76.382	146.402	0.571
	11.75m	5心円	1.900	3.500	7.200	9.800	-1.370	46	2.400	0.571	71.466	146.973
	第3種3級	3心円	0.800	5.950		5.950	-1.440	1.300	0.609	70.956	140.457	0.654
	11.25m	5心円	1.750	3.500	6.850	7.100	-1.340	44	2.250	0.573	67.521	141.111
	第3種4級	3心円	0.900	5.700		5.700	-1.430	1.400	0.622	66.833	134.796	0.628
	10.75m	5心円	1.650	3.900	7.560	7.100	-1.360	62	2.150	0.576	62.457	135.424
	第4種1級	3心円	0.850	6.400		6.400	-1.700	1.350	0.605	81.490	153.150	-0.014
	12.25m	5心円	1.700	3.500	6.950	6.450	-1.620	34	2.250	0.571	76.981	153.136
両側自歩道	第4種2級	3心円	0.800	6.200		6.200	-1.690	1.300	0.604	76.382	146.402	0.624
	11.75m	5心円	1.450	4.500	7.200	6.900	-1.670	54	1.950	0.572	71.566	147.026
	第3種1級	3心円	1.100	7.750		7.750	0.010	1.600	0.603	118.968	197.125	-2.204
	15.00m	5心円	1.700	5.000	8.050	8.950	0.000	29	2.200	0.571	111.037	194.921
	第3種2級	3心円	1.050	7.500		7.500	0.000	1.550	0.603	111.440	187.887	-0.800
	14.50m	5心円	1.800	3.750	7.750	9.250	0.000	23	2.300	0.570	103.869	187.087
	第3種3級	3心円	1.000	7.300		7.300	0.000	1.500	0.602	105.452	181.441	-2.527
	14.00m	5心円	1.750	4.000	7.600	7.200	0.000	27	2.250	0.569	97.705	178.914
	第3種4級	3心円	0.950	7.050		7.050	0.000	1.450	0.602	98.372	172.640	-1.183
	13.50m	5心円	1.950	3.950	7.600	10.250	0.000	35	2.450	0.573	92.239	171.457
両側自歩道	第4種1級	3心円	1.150	8.000		8.000	0.020	1.650	0.603	126.742	205.444	-1.241
	15.50m	5心円	1.700	5.300	8.300	9.600	0.000	29	2.200	0.570	118.236	204.203
	第4種2級	3心円	1.100	7.750		7.750	0.010	1.600	0.603	118.968	197.125	-2.332
	15.00m	5心円	1.900	3.650	8.000	10.000	0.000	22	2.400	0.570	110.913	194.793