

トンネル断面の最適化における離散値データの影響について

第一復建(株) 正会員 兼松 建男
第一復建(株) 正会員 千々岩 浩巳
九州共立大学工学部 正会員 三原 徹治

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てきた。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に関する研究を継続的に行い、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最小化する目的関数を設定した離散的最適設計法²⁾を提案し、その妥当性・適用性について検討した。

先の研究²⁾では、最適化問題の定式化および交配個体選択 GA (scsGA) の解法としての適用性を検討するため決定すべき設計変数の候補とする離散値データにはできるだけ細かい刻み幅を設定した。しかし実際の設計では、必ずしもそのような細かい刻み幅では検討していない。そこで本研究では、離散値データの刻み幅を先の研究²⁾に比較して粗く設定し、その影響・効果について数値実験結果から考察する。

2. トンネル断面最適化問題における設計変数とその離散値データの設定

図-1 に本研究で対象とするトンネル断面の概況と用いた設計変数を、5 心円トンネル断面を例として示す。このうち設計変数は、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、連続変数を離散化して取扱うものとする。

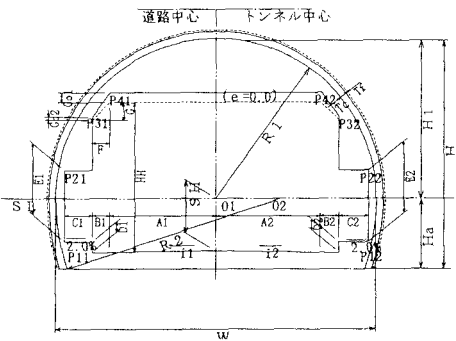


図-1 5 心円トンネル断面の概況と記号

表-1 に先の研究²⁾において使用した離散値データを Case I として示す。ここに最右欄のビット数とは、解法として用いる scsGA に必要な各設計変数毎の線列の長さであり、その合計は 43bit となる。

表-1 離散値データ (Case I)

表-2 には表-1 に比較して粗い刻み幅の離散値データを Case II として示す。ここに、変心量 e 、スプリングラインの高さ S_H 、上半半径 R_1 および上半内挿半径 R_5 は Case I と共通である。下半半径 R_2 は、Case I では上半内挿半径 R_5 と同様に上半半径 R_1 との差として与えたが、Case II では $R_2 = \alpha R_1$ とし

設計変数			離散値データ	ビット数 (個数)
偏心量	e	m	0.00, 0.01, ..., 2.55	8bit(256)
スプリングラインの高さ	S_H	m	0.00, 0.05, ..., 6.35	7bit(128)
上半半径	R_1	m	3.00, 3.05, ..., 9.35	7bit(128)
下半半径	R_2	m	R_1 との長さの差 0.00, 0.05, ..., 6.35	7bit(128)
上半内挿半径	R_5	m	R_1 との長さの差 0.00, 0.05, ..., 6.35	7bit(128)
上半半径のなす角度	θ_1	°	0, 1, ..., 90	7bit(91)

で算定するものとし、係数 α に離散値データを与えた。また上半半径のなす角度 θ_1 については、Case Iでの1度刻みから5度刻みへと変更した。このため線列は35bitとなり、Case Iに比べてわずかに小さくなった。

3. 数値実験および考察

第3種第1級～第4種第2級の片側自歩道（道路幅員 10.75m～15.50m）の数値実験結果を表-3、4に示す。なお、本計算例では、トンネルの

総延長=500m、地山区分=すべてBとし、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。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、この数値がマイナスの場合は

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。

目的関数である工期に着目すると、いずれの道路種別・トンネル形状においてもCase IよりCase IIの方がわずかながら大きな値であり、その変化量は3心円断面より5心円断面でより大きいことがわかる。このため第3種3級のように有利な断面形状が逆転する場合も出現している。他方、設計変数値はCase IとCase IIではかなり異なる傾向を示しており、特に下半半径 R_2 、並びに R_2 と密接な関係にある上半半径 R_1 および上半内挿半径 R_5 に、その傾向が強いことがわかる。また、Case IIで用いた $R_2 = \alpha R_1$ の α 値はすべて1.5が選ばれており、Case IIのように離散値データを与える場合、さらに独立した設計変数を減少させ、計算の効率化を図ることも可能と思われる。

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)兼松、千々岩、三原、太田、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一考察、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集第1部(A)、1999.9.

表-2 離散値データ (Case II)

設計変数			離散値データ	ビット数 (個数)
偏心率	e	m	0.00, 0.01, ..., 2.55	8bit(256)
スプリングラインの高さ	S_H	m	0.00, 0.05, ..., 6.35	7bit(128)
上半半径	R_1	m	3.00, 3.05, ..., 9.35	7bit(128)
下半半径	R_2	m	$R_2 = \alpha R_1$ $\alpha = 1.5, 2.0$	1bit(2)
上半内挿半径	R_5	m	R_1 との長さの差 0.00, 0.05, ..., 6.35	7bit(128)
上半半径のなす角度	θ_1	°	0, 5, ..., 90	5bit(19)

表-3 数値計算結果 (Case I)

道路種別	形状	S_H (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
第3種1級 12.25m	3心円	0.850	6.400		6.400	-1.450		1.350	0.605	81.491	163.397	-2.826
	5心円	1.600	4.300	7.200	10.200	-1.400	46	2.100	0.571	76.668	160.571	
第3種2級 11.75m	3心円	0.800	6.200		6.200	-1.470		1.300	0.605	76.382	152.503	0.753
	5心円	1.500	4.300	7.050	6.700	-1.390	49	2.000	0.571	71.647	153.259	
第3種3級 11.25m	3心円	0.800	5.950		5.950	-1.440		1.300	0.609	70.956	146.310	-0.233
	5心円	1.750	3.800	7.350	8.300	-1.370	55	2.250	0.573	66.740	146.077	
第3種4級 10.75m	3心円	0.900	5.700		5.700	-1.430		1.400	0.623	66.833	140.413	0.474
	5心円	1.650	4.000	8.650	7.200	-1.390	70	2.150	0.575	62.288	140.887	
第4種1級 12.25m	3心円	0.850	6.400		6.400	-1.700		1.350	0.605	81.491	163.337	-2.806
	5心円	1.600	3.950	6.950	6.350	-1.640	37	2.100	0.571	76.589	160.531	
第4種2級 11.75m	3心円	0.800	6.200		6.200	-1.700		1.300	0.605	76.382	152.503	0.831
	5心円	1.400	4.700	7.450	9.200	-1.690	60	1.900	0.574	71.753	153.334	

表-4 数値計算結果 (Case II)

道路種別	形状	S_H (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
第3種1級 12.25m	3心円	0.850	6.400		9.600	-1.450		1.350	0.605	81.530	163.431	-2.726
	5心円	1.250	5.000	7.100	7.500	-1.440	50	1.750	0.570	76.821	160.705	
第3種2級 11.75m	3心円	0.800	6.200		9.300	-1.440		1.300	0.605	76.422	152.535	1.204
	5心円	1.400	4.750	7.400	9.500	-1.440	60	1.900	0.577	72.101	153.739	
第3種3級 11.25m	3心円	0.800	5.950		8.925	-1.450		1.300	0.609	70.998	146.343	2.267
	5心円	1.500	4.300	7.050	6.450	-1.400	55	2.000	0.578	67.646	148.610	
第3種4級 10.75m	3心円	0.900	5.700		8.550	-1.430		1.400	0.623	66.888	140.456	1.134
	5心円	1.600	3.800	7.100	5.700	-1.310	55	2.100	0.571	62.894	141.590	
第4種1級 12.25m	3心円	0.850	6.400		9.600	-1.700		1.350	0.605	81.534	163.431	-2.194
	5心円	1.400	4.800	7.200	7.200	-1.680	50	1.900	0.572	77.242	161.237	
第4種2級 11.75m	3心円	0.800	6.200		9.300	-1.700		1.300	0.605	76.422	152.535	1.068
	5心円	1.550	4.250	7.150	6.375	-1.660	50	2.050	0.571	71.921	153.603	