

GA によるトンネル断面最適化に及ぼす支保工パターンの影響

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

道路幅員の拡幅に伴い、道路トンネルの内空断面の形状には、同じ幅員構成では3心円断面に比べて内空断面積を小さくできる5心円断面が採用されるようになってきた。著者らは、トンネル断面設定の初期段階において、設計候補の抽出と選定の効率化を図ることを目的として掘削工程を目的関数として採用したGAによる断面設定法¹⁾を提案してきた。これまでの研究では、おもに同じ道路幅員を設定した場合における3心円断面と5心円断面の内空断面積またはトンネル掘削期間の優劣の比較を行い、内空断面積を比較すると5心円断面が有利であるが、掘削期間では地山の条件によって3心円断面が有利な場合と5心円断面が有利な場合があることがわかってきた。

この研究では、これまでの研究成果を踏まえ、目的関数に掘削工期を選定して、支保工パターンを変えた2種類の数値実験をから3心円断面と5心円断面の比較を試みるとともに、2つの条件における解を比較することによってGAの解の探索能力について言及する。

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、偏心率 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 α_1 である。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。

2.2 目的関数

本研究では、トンネルの断面諸元の設定時に断面形状を概略評価することが目的であるため、工事費に大きく影響する掘削期間を目的関数に採用し、細目の数量による誤差を無視する。

2.3 支保工形状の設定

一般的な標準支保パターンを表-1に示す。表より、支保パターンを変える指標として考えられるのは、内空幅と内空断面積であるが、本研究では内空幅に相当するのパラメータとして道路種別を取り扱うので、本研究では内空断面積を支保パターンの変化のパラメータとして採用する。具体的な支保パターンの変化を表-2に示す。なお、表の「無」と「有」は、それぞれ支保パターンの「区分無」と「区

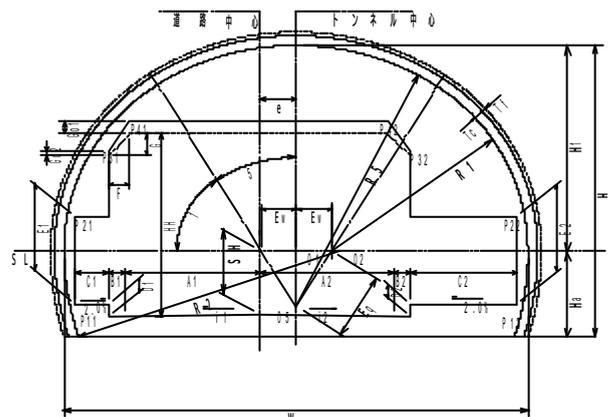


図-1 5心円トンネル断面の外形と記号

表-1 トンネルの標準支保パターン

	標準断面	大断面	大断面
内空形状	一般的に 上半単心円断面	一般的に 上半3心円断面	
内空幅(m)	8.5~12.5程度	12.5~14.0程度	14.0~16.0程度
内空縦横比	概ね0.6以上	概ね0.57以上	
内空断面積(m ²)	40~80程度	80~95程度	95~120程度

キーワード：トンネル，5心円断面，最適化，支保工パターン，GA

〒812-0016 福岡市博多区博多駅南3-5-28 TEL.092-431-0724 FAX.092-431-0726

分有」を示す。

2.3 諸元決定法

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、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する。

3. 数値計算例および考察

支保パターンによる影響を検討するため、3心円断面および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（道路幅員 10.75m~12.25m）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 と設定し、表 - 3 に示すように延長方向の地山区分を設定した 3 ケース（地山 A、地山 B および地山 C）について計算を行った。地山 A の計算結果を表 - 4 に示す。なお、道路等級ごとの上段と下段は、それぞれ 3 心円断面と 5 心円断面を、表の「差」は、5 心円断面と 3 心円断面の掘削工程の差を表し、+ の場合は 3 心円断面が有利であることを示している。

表から、まず 3 心円断面の 3 種 1 級と 4 種 1 級に着目すると、内空断面積が 80m² を越えているので、支保パターンが「標準断面」から「大断面」に変わり掘削行程が長くなっていることがわかる。それ以外の道路等級では、内空断面積が 80m² を越えていないので、結果に大きな差が生じていない。

つぎに、内空断面積が 80m² を越えていないときの掘削工程の差に着目する。3 心円断面では解の差は見受けられないが、5 心円断面では最大で内空断面積では 0.49%、掘削工程では 1.18% 生じている。この差は、scsGA によって全域的な最適解が得られていないことを表しているが、得られている解の差が非常に少ないので、かなり高い精度で優れた解を探索していると考えられる。

今後は、異なる幅員構成、地山区分やトンネル延長などをパラメータにして数値計算を行い、3 心円断面と 5 心円断面の特性や支保工パターンの影響について比較・検討を行っていく予定である。

今後、異なる幅員構成、地山区分やトンネル延長などをパラメータにして数値計算を行い、3 心円断面と 5 心円断面の特性や支保工パターンの影響について比較・検討を行っていく予定である。

参考文献

1) 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, pp.201-205, 1997.12.

表 - 2 支保工パターンの区分

内空断面積 (m ²) 断面形状	80 以下			80 以上 ~ 95 以下		95 以上
	3 心円 断面	無	標準断面			
	有	標準断面	大断面	大断面		
5 心円 断面	無	大断面				
	有	大断面		大断面		

表 - 3 延長 500m の地盤条件

地山の種類	地盤種別と延長			
地山 A	すべて B			
地山 B	120m	130m	120m	130m
	B	C	B	C
地山 C	120m	130m	120m	130m
	C	D	C	D

表 - 4 支保工パターンによる解の比較 (地山 A)

支保 区分	道路 等級	幅員 (m)	S _H (m)	R ₁ (m)	R ₅ (m)	R ₂ (m)	e (m)	α (°)	S _H (m)	内空 縦横比	内空 断面積 (m ²)	工程 (日)	差 (比率)
支保工パターン (区分無)	第3種 第1級	12.25	0.85	6.40		6.40	-1.45		1.35	0.605	81.491	159.532	-0.854
			1.70	3.90	7.10	9.05	-1.39	41	2.20	0.570	76.315	158.678	(0.54)
	第3種 第2級	11.75	0.80	6.20		6.20	-1.43		1.30	0.605	76.382	152.503	0.390
			1.65	4.05	7.20	7.95	-1.39	50	2.15	0.571	71.319	152.893	(0.26)
	第3種 第3級	11.25	0.80	5.95		5.95	-1.44		1.30	0.609	70.956	146.310	-0.079
			1.70	4.00	7.65	9.90	-1.41	60	2.20	0.574	66.897	146.231	(0.05)
	第3種 第4級	10.75	0.90	5.70		5.70	-1.42		1.40	0.623	66.833	140.413	0.836
			1.60	4.05	7.60	6.05	-1.38	64	2.10	0.581	62.593	141.249	(0.59)
	第4種 第1級	12.25	0.85	6.40		6.40	-1.70		1.35	0.605	81.491	159.532	0.768
			1.65	4.05	7.10	9.05	-1.65	42	2.15	0.571	76.421	160.300	(0.48)
	第4種 第2級	11.75	0.80	6.20		6.20	-1.68		1.30	0.605	76.382	152.503	0.673
			1.65	4.05	7.15	7.25	-1.63	49	2.15	0.572	71.548	153.176	(0.44)
支保工パターン (区分有)	第3種 第1級	12.25	0.85	6.40		6.40	-1.45		1.35	0.605	81.491	163.397	-2.826
			1.60	4.30	7.20	10.20	-1.40	46	2.10	0.571	76.668	160.571	(1.76)
	第3種 第2級	11.75	0.80	6.20		6.20	-1.47		1.30	0.605	76.382	152.503	0.753
			1.50	4.30	7.05	6.70	-1.39	49	2.00	0.571	71.647	153.256	(0.49)
	第3種 第3級	11.25	0.80	5.95		5.95	-1.44		1.30	0.609	70.956	146.310	-0.233
			1.75	3.80	7.35	8.30	-1.37	55	2.25	0.573	66.740	146.077	(0.16)
	第3種 第4級	10.75	0.90	5.70		5.70	-1.45		1.40	0.623	66.833	140.413	0.474
			1.65	4.00	8.65	7.20	-1.39	70	2.15	0.575	62.288	140.887	(0.34)
	第4種 第1級	12.25	0.85	6.40		6.40	-1.70		1.35	0.605	81.491	163.337	-2.806
			1.60	3.95	6.95	6.35	-1.64	37	2.10	0.571	76.589	160.531	(1.75)
	第4種 第2級	11.75	0.80	6.20		6.20	-1.72		1.30	0.605	76.382	152.503	0.831
			1.40	4.70	7.45	9.20	-1.69	60	1.90	0.574	71.753	153.334	(0.54)

注: H_A=S_H+0.5, (差) = (5心円断面) - (3心円断面), (比率%) = (差)/(5心円断面)