

道路トンネル断面の決定法に関する基礎的考察

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3心円断面に比べて内空断面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。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、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支保工形状を3心円断面は標準断面、5心円断面は大断面Ⅰのみを用いていたために、3心円断面と5心円断面の得られた解の優劣比較を行う場合、内空断面積が大きくなると実際の支保工形状とは異なる断面が採用されてしまうなどの課題が残されていた。

本研究は、これまでの研究成果を踏まえ、3心円断面と5心円断面ともに内空断面積をパラメータとして支保工形状を変化させた数値計算を実施し、その結果について検討を加えるものである。

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、偏心量 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_0 および上半半径のなす角度 θ_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 一般的なトンネルの積算における数量算出の流れを図-2に示す。実際のトンネルは延長方向に地山の地質条件(地山区分)が異なるので、同じ内空断面形状に対して掘削される断面寸法は延長方向の地山区分ごとに異なり、また、地山区分によって掘削方法も異なるので、施工に必要な期間(掘削工程)も大きく影響を受ける。さらに、断面形状の違いによって、トンネル周長方向の施工条件も異なるので、地山区分およびトンネル延長方向の条件を考慮した断面設定を行うためには、これらの影響をある程度考慮できる目的関数の設定が必要であると考えられる。

そこで、本研究では、トンネルの断面諸元を設定するために断面形状の優劣を概略評価することを目的とするため、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、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。

2.3 支保工形状の設定 トンネルで用いられている標準支保パターンを表-1に示す。文献1)では支保パター

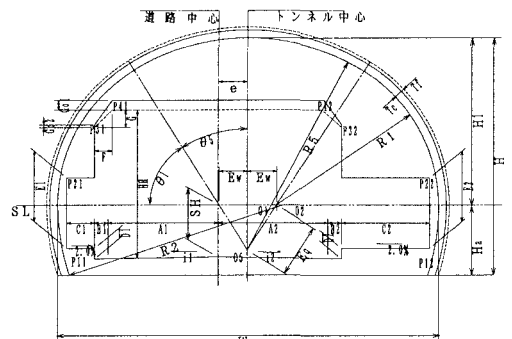


図-1 5心円トンネル断面の外形と記号

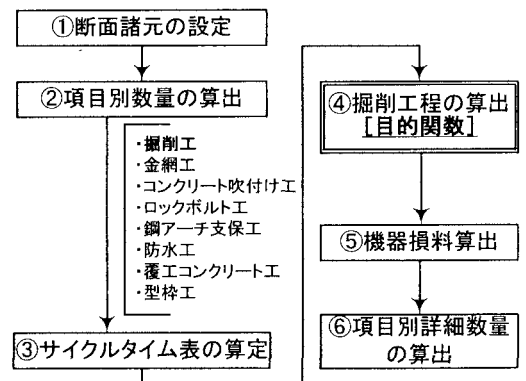


図-2 数量算出の流れ

ンを3心円断面では標準断面, 5心円断面では大断面Ⅰに固定して計算を行っていたが, 今回は表-2に示す条件で支保パターンを変化させ, 実際の設計に用いられる条件に近づくように工夫した。これによって, 3心円断面では内空断面積が大きくなるにつれて, 大きな支保パターンを採用した断面諸元を求めることが可能になると考えられる。

2.4 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

提案手法の妥当性の検証および解法特性の検討を行うため, 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(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変更した3ケース(地山A, 地山B, 地山C)について計算を行った。地山A, Cの計算結果を表-4に示す。なお, 表の工程の差は, 5心円断面と3心円断面の掘削工程の差を示し, +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, まず内空断面積に着目すると, すべてのケースで3心円断面に比べて5心円断面の方が有利な断面となっていることが確認できる。これに対して目的関数(工程)は, 概ね3心円断面で内空断面積が80m²以上のケースにつ

いて5心円断面が有利となっており, 支保パターンを変化させたことによる影響が目的関数値に現れていることが確認できる。なお, 結果の詳細は当日発表の予定である。

参考文献 1) 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, 第54回年次学術講演会講演概要集, pp.230-231, 1999.9.

表-1 トンネルの標準支保パターン

	標準断面	大断面Ⅰ	大断面Ⅱ
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

表-2 支保パターンの変化

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

表-3 計算条件(500m)

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 I	B	C I
地山 C	120m	130m	120m	130m
	C II	D I	C I	D I

表-4 3心円断面と5心円断面の比較(地山 A, C)

地山区分	道路等級	幅員(m)	S ₁₁ (m)	R ₁ (m)	R ₅ (m)	R ₂ (m)	e(m)	θ ₁ (°)	S ₁₁ (m)	内空縦横比	内空断面積(m ²)	工程(日)	工期の差
地 山 A	第3種第1級	12.25	0.850	6.400		6.400	-1.450		1.350	0.605	81.491	163.397	-2.826
			1.600	4.300	7.200	10.200	-1.400	46	2.100	0.571	76.668	160.571	
		11.75	0.800	6.200		6.200	-1.470		1.300	0.605	76.382	152.503	0.753
			1.500	4.300	7.050	6.700	-1.390	49	2.000	0.571	71.647	153.256	
	第3種第3級	11.25	0.800	5.950		5.950	-1.440		1.300	0.609	70.956	146.310	-0.233
			1.750	3.800	7.350	8.300	-1.370	55	2.250	0.573	66.740	146.077	
		10.75	0.900	5.700		5.700	-1.450		1.400	0.623	66.833	140.413	0.474
			1.650	4.000	8.650	7.200	-1.390	70	2.150	0.575	62.288	140.887	
	第4種第1級	12.25	0.850	6.400		6.400	-1.700		1.350	0.605	81.491	163.337	-2.806
			1.600	3.950	6.950	6.350	-1.640	37	2.100	0.571	76.589	160.531	
		11.75	0.800	6.200		6.200	-1.720		1.300	0.605	76.382	152.503	0.831
			1.400	4.700	7.450	9.200	-1.690	60	1.900	0.574	71.753	153.334	
地 山 C	第3種第1級	12.25	0.850	6.400		6.400	-1.450		1.350	0.605	81.491	280.454	-4.846
			1.800	3.550	7.050	7.450	-1.370	37	2.300	0.571	76.861	275.608	
		11.75	1.100	6.100		6.100	-1.440		1.600	0.631	77.743	259.289	8.555
			1.750	3.650	6.900	6.850	-1.370	41	2.250	0.575	71.918	267.844	
	第3種第3級	11.25	0.800	5.950		5.950	-1.450		1.300	0.609	70.956	251.925	8.238
			1.700	3.900	7.550	9.550	-1.370	58	2.200	0.570	66.541	260.163	
		10.75	1.000	5.650		5.650	-1.440		1.500	0.633	66.892	243.639	9.394
			1.800	3.650	7.100	8.800	-1.360	56	2.300	0.586	62.615	253.033	
	第4種第1級	12.25	0.850	6.400		6.500	-1.700		1.350	0.605	81.491	280.456	-3.643
			1.650	4.050	7.100	9.850	-1.650	42	2.150	0.571	76.451	276.813	
		11.75	1.100	6.100		6.100	-1.690		1.600	0.631	77.743	259.289	8.269
			1.800	3.450	6.800	7.850	-1.620	38	2.300	0.578	71.905	267.558	

注: 行上段...3心円断面, 行下段...5心円断面, H_A=S₁₁+0.5, (工期の差)=(5心円断面)-(3心円断面)