

I - A115

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 一 復 建 (株) 正会員 兼松 建男, 千々岩浩巳
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

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GAによる断面設定法¹⁾を提案してきたが、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。実際の断面設定では、内空幅や内空断面積を1つの目安に3心円断面か5心円断面を選択し、断面諸元を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、先に提案した設計法の目的関数を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に変更し、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、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_3 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、連続変数を文献1)と同様に離散化して取扱う。

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。文献1)の研究では、目的関数に②項目別数量算出の掘削工（掘削断面積）の最小化を採用し、代表的な1つの地質条件でトンネル全体の特性を評価することを目指していた。しかし、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

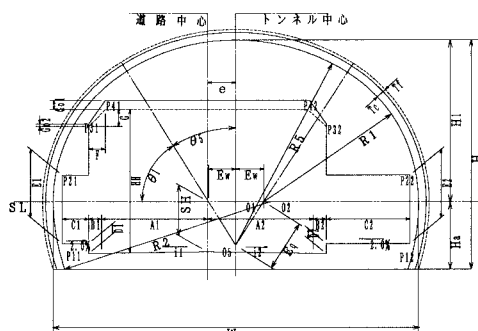


図-1 5心円トンネル断面の外形と記号

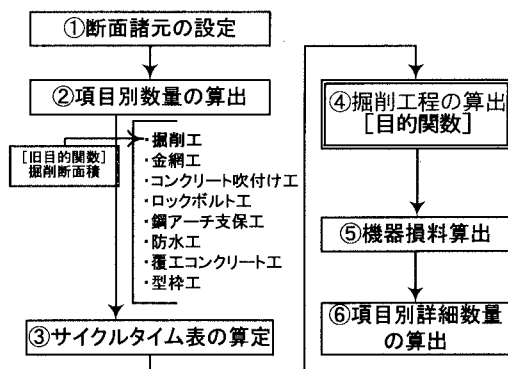


図-2 数量算出の流れ

キーワード：トンネル，5心円断面，最適化，GA

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

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 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

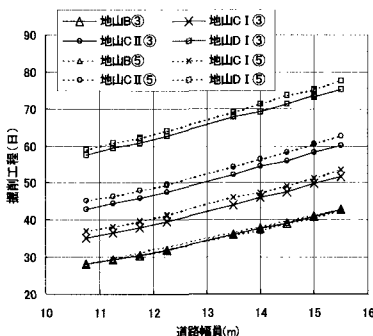
提案手法の妥当性の検証および解法特性の検討を行うため、3心円および5心円断面を対象に、第3種第1級～第4種第2級の片側自歩道および両側自歩道（道路幅員 10.75m～15.50m）の数値計算を試みた。なお、本計算例では、トンネルの総延長を 100m と設定し、表－1 に示すように、延長方向の地山区分を全て同じにした4ケース（地山B、地山C I、地山C IIおよび地山D I）について計算を行った。地山Bの計算結果を表－2 に示す。なお、表の工程の差は、5心円断面と3心円断面の掘削工程の差を示し、+の場合は3心円断面が有利であることを示している。

表から、まず内空断面積に着目すると、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となっている。つぎに目的関数に着目すると、片側自歩道（道路幅員 10.75m～12.25m）では3心円断面が有利になるのに対して、両側自歩道（道路幅員 13.50m～15.50m）では5心円断面が有利になるなど文献1)で得られた知見とは傾向の異なる結果が得られている。なお、この結果は、実際の設計に用いられている条件に近いものとなっている。

図－3に、すべてのケースについて、道路幅員と掘削工程の関係を示す。図の③と⑤は、3心円断面と5心円断面を示す。この図から、地盤条件が悪くなると、それにつれて掘削工程が大きくなっていることがわかる。また、道路幅員が大きくなるにつれて、必要な掘削工程が大きくなることも確認できる。5心円断面と3心円断面を比較すると、地山Bでは両者が交差する箇所があるが、他の地盤条件では、その差に違いがあるものの、3心円断面の方が有利になっていることがわかる。

今後は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.



図－3 道路幅員と掘削工程の関係

表－1 計算条件

ケース	地盤条件
地山B	すべてB
地山C I	すべてC I
地山C II	すべてC II
地山D I	すべてD I

表－2 3心円断面と5心円断面の比較(地山B)

道路 種別	等級	幅員 (m)	S_{11} (m)	R_1 (m)	R_2 (m)	R_3 (m)	e (m)	θ_1 (°)	内空 縦横比	内空 断面積 (m^2)	工程 (日)	工程 の差
片側 自歩道	第1級	12.25	0.85	6.40	—	6.40	-1.45	—	0.605	81.491	31.906	0.135
			1.55	4.30	7.10	10.60	-1.42	44	0.571	76.368	32.041	
		11.75	0.80	6.20	—	6.20	-1.44	—	0.605	76.382	30.501	0.145
			1.50	4.30	7.05	6.20	-1.40	49	0.571	71.614	30.646	
	第3級	11.25	0.80	5.95	—	5.95	-1.44	—	0.609	70.956	29.262	0.034
			1.80	3.55	7.10	6.85	-1.36	49	0.572	67.051	29.296	
	第4級	10.75	0.90	5.70	—	5.70	-1.42	—	0.623	66.833	28.083	0.159
			1.65	4.00	7.75	8.65	-1.38	65	0.582	62.600	28.242	
両側 自歩道	第1級	12.25	0.85	6.40	—	6.40	-1.70	—	0.605	81.491	31.906	0.154
			1.65	4.05	7.10	9.05	-1.65	42	0.571	76.421	32.060	
		11.75	0.80	6.20	—	6.20	-1.68	—	0.605	76.382	30.501	0.079
			1.65	4.05	7.20	8.15	-1.64	50	0.571	71.329	30.580	
	第2級	15.00	1.10	7.75	—	7.75	0.00	—	0.603	118.969	41.068	-0.467
			1.70	5.00	8.05	9.25	0.00	29	0.572	111.050	40.611	
		14.50	1.05	7.50	—	7.50	0.00	—	0.603	111.441	39.143	-0.043
			1.80	4.90	8.05	10.40	0.00	37	0.570	104.398	39.100	
	第3級	14.00	1.00	7.30	—	7.30	0.00	—	0.603	105.453	37.800	-0.654
			1.80	3.95	7.60	9.80	0.00	28	0.571	97.181	37.146	
第4級	第1級	13.50	1.00	7.05	—	7.05	0.00	—	0.606	99.062	36.124	-0.329
			2.00	4.00	7.75	9.95	0.00	38	0.571	92.546	35.795	
	第2級	15.50	1.15	8.00	—	8.00	0.00	—	0.603	126.743	42.801	-0.131
			1.65	3.85	8.15	5.45	0.00	16	0.571	118.732	42.670	
第4級	第2級	15.00	1.10	7.75	—	7.75	0.00	—	0.603	118.969	41.068	-0.428
			1.70	4.90	8.05	10.35	0.01	28	0.571	111.195	40.640	

注: 行上段...3心円断面, 行下段...5心円断面, $H_0 = S_{11} + 0.5$, (工程の差) = (5心円断面) - (3心円断面)