

III-268

シールドトンネルの急曲線施工時の検討について

日本国土開発 正会員 石田智朗 東洋大学 正会員 小泉 淳
早稲田大学 正会員 村上博智 早稲田大学 山口貴志

1. はじめに

シールドトンネルは、道路下に構築されることが多く、電力・通信および上下水道等の比較的小口径のトンネルでは、道路の線形に合わせて施工されるケースが多い。特に、道路の交差する付近では、急曲線施工を免れられない。

本研究は、急曲線区間用のセグメントに新たに性能の高いセグメントを使用することによって、特別な補助工法なしでシールドトンネルの急曲線施工を考えたものである。

2. 検討の概要

検討の対象としたシールドトンネルは、外径 $D_o = 3150$ mmの通信用洞道であり、急曲線施工区間には幅450 mmの鋼製セグメントを用いている。急曲線部の曲線半径は $R = 20$ mである。

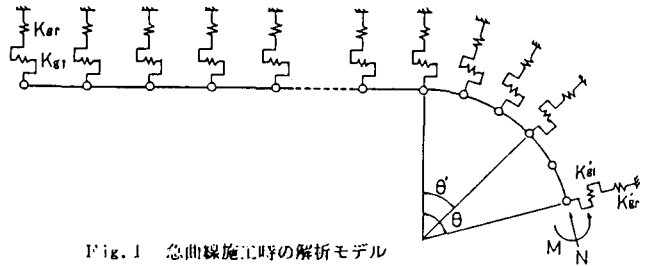


Fig. 1 急曲線施工時の解析モデル

(i) 構造モデル

直線区間に接続する急曲線区間のシールドトンネルは、その中心線を折線で表示してFig. 1に示す棒構造モデルで評価する。トンネル周辺の地盤を評価するばねのうち K_{gr} はトンネル周辺地盤の反力を、また、 K_{gl} はトンネルの周辺摩擦を評価するものであり、それぞれ地盤の状況に応じて定めた。

(ii) 荷重

トンネルがカーブを切る際には、シールド内に装備された推進用のジャッキをトンネル横断面内でカーブの外側に編心させて用いる。急曲線施工時に等間隔に配置されたジャッキのうち、トンネルの鉛直直径面から片側のジャッキのみをフルに用いたとすれば、トンネルをモデル化した棒構造モデルの先端には、軸荷重 N と外力モーメント M が作用することになる。

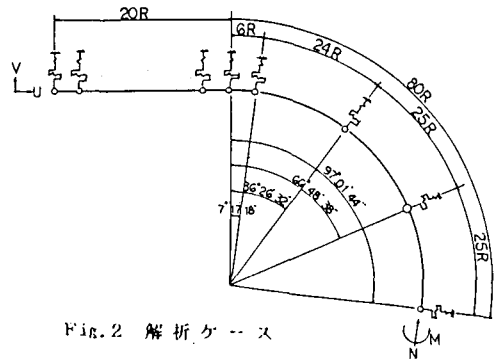


Fig. 2 解析ケース

(iii) 解析ケース

解析は、Fig. 2に示すように施工段階に応じてトンネルの先端が曲線区間に入って6リング・30リング・55リングおよび曲線区間の終点に到達した場合（それぞれCase 1・2・3・4）の4ケースを考えた。

3. 検討結果

Table 1は、各ケースごとに計算されたリング継手断面に発生する最大曲げモーメントと、その発生位置に生ずるせん断力および軸力を示したものである。

この表から明らかなように、トンネル先端が直線区間から曲線区間に入ったばかりの段階とその他の段階とでは発生する断面力がやや異なるが、曲線区間が30リングを越えると直線区間の影響はほとんどなくなり、生ずる断面力はほぼ同じ値となっていることがわかる。従って、急曲線施工の検討を行う場合には、直線区間から曲線区間に入った最初の段階およびトンネル先端が十分に曲線区間に入った段階、または曲線区間の終点に達した段階の2ケースについて解析を行えば充分であることを示している。

Table 2は、求められた断面力からリング継手部に発生する応力度および継手断面に生ずる変形量を算出した結果を示したものである。この表から明らかなように、最大曲げモーメントが発生するリング継手断面では、全ての応力度が施工時の一時的な荷重に対する許容応力度を越えている。また、継手部の開口量も5.5 mm程度出ており、これもトンネルの防水上から問題となる。従って、この断面で急曲線施工を行なうためには、何等かの補助工法が必要となることを示している。Table 3は、求められた断面力をもとに補助工法なしで急曲線を施工するために必要なリング継手部の断面を算出した結果である。はじめの検討例の断面に比べてかなり大きな断面となっているが、これらの寸法を用いれば補助工法を用いずに急曲線施工を行なうことが可能となる。

4. 結 論

急曲線施工時のトンネルの挙動を解析する構造モデルを提案し、急曲線施工を補助工法なしで行う場合に有効な優れた性能を持つセグメントの設計法を提示した。従来、一般に行なわれてきたように何等かの補助工法を用いて急曲線区間を施工することも1つの方法と考えられるが、補助工法を用いずにシールドトンネルの急曲線施工を行うことがシールド工法の本来の姿であり、この観点から見ると今回提示した方法を用いて高性能セグメントを設計することがシールド工法の正攻法であると考えている。

参考文献

- (1) 村上博智・小泉 淳 : シールド工事用セグメントのセグメント継手の挙動について
: 土木学会論文集 第296号
- (2) 小柳隆司 他 : シールドトンネル長手方向の挙動について
: 土木学会第34回年次学術講演会Ⅲ-263
- (3) 村上博智・小泉 淳 : シールドトンネル急曲線部における鋼製セグメント主桁の面外変形について
: 土木学会第41回年次学術講演会Ⅲ-419

Table 1 リング継手部に発生する断面力

		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
正	M (tf・m)	379.8	384.4	384.4	383.4
	S (tf)	283.3	277.3	277.4	277.4
	N (tf)	500.0	500.0	500.0	500.0
負	M (tf・m)	-153.4	-125.7	-126.0	-126.0
	S (tf)	233.8	222.8	222.9	222.9
	N (tf)	527.7	526.5	526.5	526.5

Table 2 リング継手部に発生する応力度・変形量

	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4
σ_c (kgf/cm ²)	-392.2	-394.1	-394.1	-394.1
σ_t (kgf/cm ²)	2889	2953	2953	2926
τ (kgf/cm ²)	3823	3772	3773	3773
σ_b (kgf/cm ²)	15087	15422	15419	15419
ΔS (mm)	0.55	0.57	0.57	0.57

Table 3 板厚・ボルトの検討結果

	検 討 例	計 算 上 必 要 な 板 厚	
		SS41を使用の場合	SM50を使用の場合
主 桁(mm)	9.0	23.0	20.0
縦リブ(mm)	8.0	15.0	11.0
継手板(mm)	14.0	15.0	11.0
ボルト	4T-20	M22, 8-8	M22, F6T