

III-295 地中拡幅工事におけるセグメントリングの設計と現場計測

中部電力株式会社 ○正員 西野 健三
 中部電力株式会社 正員 大見 守男
 日本シールドエンジニアリング㈱ 正員 森谷 仁

1. はじめに

シールド工事では一般部の他に、他構造物との接合あるいは分岐拡幅などのため、セグメントが必ずしも閉合リングの状態でない特殊な箇所がある場合がある。セグメントは閉合した構造物であるから土圧、水压などの外力に対して比較的安定した構造物となりうるが、これらの特殊部では欠円状態となり、曲げモーメントの増大など、不安定な状態になる場合が多い。従ってこのような箇所の設計に際しては特に注意を要する。本工事は補助工法として地盤凍結工法を採用しトンネル側方を拡幅するものであるが、ここではセグメントリングの設計と、工事に伴って実施した現場計測の結果について報告する。

2. 工事概要

本工事は将来の電力ケーブルの分岐に備え、必要空間をトンネル側方に確保することを目的としている。一連の工事は現場が主要幹線道路下であることより、すべて地中からの施工となっている。また対象となる地盤は図-1に示すように極めて軟弱な粘性土であることから、補助工法として地盤凍結工法（ブライン方式）を採用した。

シールド掘進から拡幅部構築までの工事手順を表-1に示す。

3. セグメントの設計

セグメント（スチールセグメント、φ4600）の設計に際して、①一次覆工時の状態、②凍土圧が作用した状態、③拡幅の際の欠円状態、④永久構造物の状態について検討した。それぞれの状態に対する解析モデルの概要を図-2に示す。解析結果を表-2、3に示す。

凍土圧が作用し、かつ欠円状態となるモデル3では支保工で補強されているものの、閉合リング状態のモデル1と比較し曲げモーメントが4

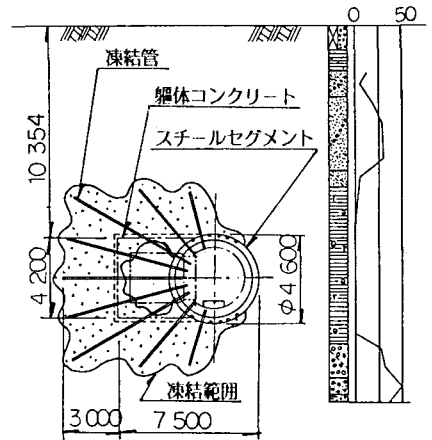


図-1 工事概要

表-2 最大断面力

		モデル1	モデル2	モデル3
曲げモーメント	+M(tfm)	1.77	5.15	6.85
	N(tf)	39.25	47.65	45.37
軸力	-M(tfm)	-1.41	-4.62	-7.74
	N(tf)	43.85	56.93	62.30
せん断力	S(tf)	1.74	7.71	12.34

表-3 主断面の応力度

		モデル1	モデル2	モデル3
σ (外縁)	正曲げ	434	868	1047
	(kgf/cm ²)			
	負曲げ	101	-185	-507
	(kgf/cm ²)			
σ (内縁)	正曲げ	-58	-566	-860
	(kgf/cm ²)			
	負曲げ	493	1101	1648
	(kgf/cm ²)			

但し、(+):圧縮 (-):引張

表-1 工事手順

工事手順	
1	シールド掘進
2	凍結管埋設及び凍結
3	セグメント欠円部補強
4	セグメント切断 (欠円状態)
5	掘削、支保工構築
6	強制解凍
7	拡幅部の構築及びセグメント二次覆工

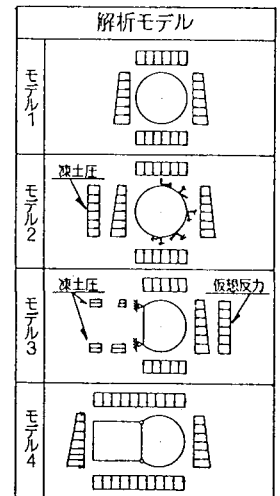


図-2 解析モデル

～5程度増加する。またモデル2においては作用荷重が偏荷重となるため、曲げモーメントが3倍程度となる。セン断力に関しても同様の結果となるが、軸力に関しては2～3割の増加となっている。

4. セグメントの現場計測

現場計測の概要を図-3に示す。計測はセグメントの応力計測および内空変位計測を、主桁（全6ピース）に貼り付けたひずみゲージおよびパイプスケール（上下、左右2方向）により実施した。計測の結果を図-4～6に示す。図-4はセグメントの内空変位を凍結直前を初期値としてまとめたものであるが、凍結と共に上下に潰れ左右に広がる変形状状となっている。これは凍結管が上下方向にも埋設されており凍土がセグメントを包み込むように造成されたためと考えられる。図-5、6は地上においてセグメントにゲージを貼り付けた直後を初期値として、主桁の応力度をまとめたものであるが、凍結と共に引張側、圧縮側で応力の増加がみられた。セグメント切断前において、最大引張応力度で $800\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、最大圧縮応力度で $610\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、また切断後ではそれぞれ $930\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、 $230\text{kgf}/\text{cm}^2$ であった。図-2に示した解析モデルでは凍土圧が側方から作用すると仮定しているが、実際は上下方向からの荷重が卓越した荷重形態となっている。そこで工事に際して、上下方向の凍土圧に対しても新たに検討を行った。本工事の土質条件ではモデル1での設定荷重が上下方向と水平方向ではほぼ等しくなることより、この新たに行った検討では、最大値の発生する箇所が約 90° ずれるものの、最大断面力はモデル2での値とほぼ等しい結果となった。

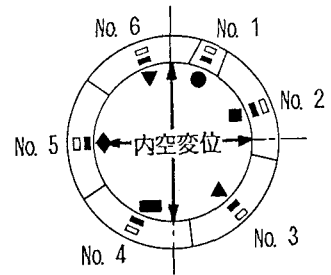


図-3 計測概要

5. おわりに

地中拡幅工事において逐次変化するセグメントリングについての安全検討を行った。計測結果によると凍土は予想以上に広範囲に造成されていたため、当初の解析値と計測値に傾向の相違がみられた。一般に地中構造物に作用する荷重は複雑であり、適確な荷重設定がかなり困難である。従って、今回のように現場計測を行い、当初の設計を再検討しながら工事を実施することが有効と思われる。本報告はシールド横断方向についてまとめたものであるが、縦断方向についても同様に検討を行っているので、別途報告したいと考えている。

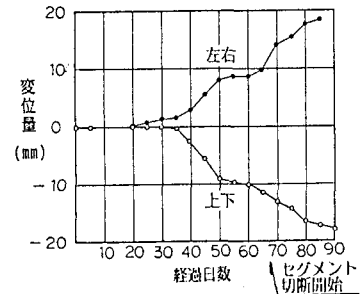


図-4 内空変位結果

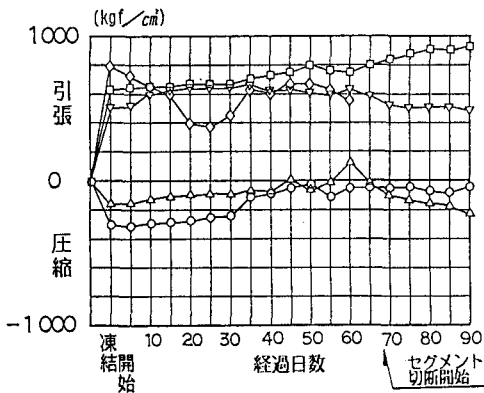


図-5 発生応力度（外縁側）

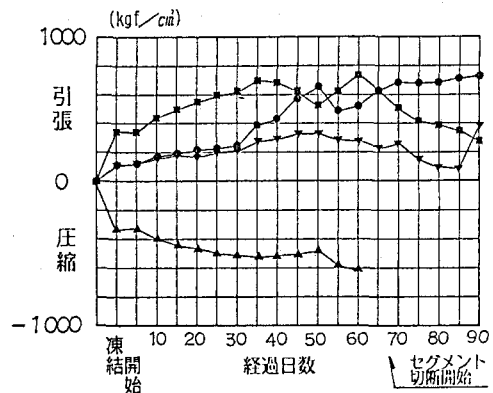


図-6 発生応力度（内縁側）