

III-8

大深度・大断面セグメントリングに及ぼす継手剛性の影響の検討(第2報)

NKK 正会員 長山秀昭 大石 博
(株) 間組 正会員 岡田知己 竹之内康昭

1. はじめに

大深度・大断面シールドトンネルにおいては、周辺地山が硬質地盤となる一方で高水圧環境下になることや、セグメントは大型化、大重量化する中で、製作・運搬・組立を考慮した合理的かつ経済的な覆工構造の検討が必要である。本報では、継手剛性とセグメント本体曲げモーメントの関係を検討した前報¹⁾にひきつづき、さらに地盤反力係数、セグメントの分割を変化させた場合のセグメントリングに与える影響について検討した結果を報告する。

表-1 検討条件

セグメント外径 D		φ 20.0 m
土被り		50.0 m
地下水位		45.0 m
対象土層		砂質土 N値≧50
土質定数	土の単位重量	$\gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$ ($\gamma' = 0.9 \text{ t/m}^3$)
	内部摩擦角	$\phi = 40^\circ$
	側方土圧係数	$\lambda = 0.4$
	地盤反力係数	$k = 5.0 \text{ kg/cm}^3$
土圧・水圧の考え方		土圧・水圧分離する
鉛直荷重(ゆるみ荷重)		2D分の土圧を考慮
分割数		16分割($\theta A = \theta B = \theta K = 22^\circ 30'$)
セグメント本体 (16分割)	桁高	1 m
	幅	1.25 m
	弧長	3.927 m
	ピース重量	12.2 ton
継手	ピース間	回転バネ
	リング間	せん断バネ

2. はり-バネモデルによるパラメータ解析

はり-バネモデル(村上・小泉の方法)を用いて、表-1を基本条件とし、地盤反力係数および分割数のセグメントリングに与える影響について検討した。

2.1 地盤反力係数のセグメントリング応力、変形に及ぼす影響

地盤反力係数 $k = 0.5 \text{ kgf/cm}^3$, 5 kgf/cm^3 , 10 kgf/cm^3 の場合について継手剛性のセグメントリング応力、変形に及ぼす影響を検討した結果を図-1、図-2に示す。

① セグメントを千鳥組(リング間継手のせん断バネ定数

K_s を有限、 ∞)とする場合

地盤反力係数が小さい場合($k = 0.5 \text{ kgf/cm}^3$)には、リング間継手の添接効果($K_s = \infty$)によっては、セグメント本体の応力が従来材料の許容値($\sigma_{ca} = 160 \text{ kgf/cm}^2$, $\sigma_{sa} = 2000 \text{ kgf/cm}^2$)を大幅に超え、 $K_s < 10^5 \text{ tf/m}$ では変形が増加する傾向にある。 $k = 5 \text{ kgf/cm}^3$ と $k = 10 \text{ kgf/cm}^3$ の場合では、セグメントリングの応力、変形は同様の傾向を示している。すなわち、 $k = 5 \text{ kgf/cm}^3$ 程度以上になると、添接効果を期待する千鳥組の場合は、セグメントリングの変形は地盤反力係数の大きさに関係なく小さな値となるので、応力低減の観点から継手剛性を制御する必要がある。

② セグメントを芋継ぎ(リング間継手のせん断

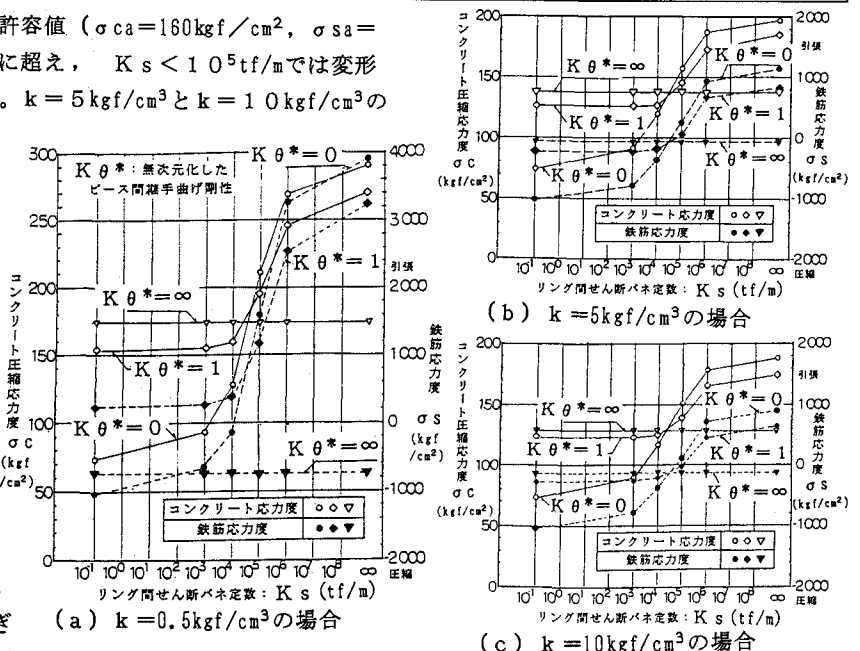


図-1 地盤反力係数のセグメントリング応力に与える影響

バネ定数 $K_s = 0$) とする場合

芋継ぎの場合, 地盤反力係数が小さくなるほど変形は増加するが, $k = 5 \text{ kgf/cm}^3$ 程度以上であれば, 千鳥組と比較して変形は同等であり, 応力も小さくなる。なお, $k = 10 \text{ kgf/cm}^3$ になると, ピース間継手はヒンジ ($K_{\theta^*} = 0$) にしても安定を保つことが分かる。

2.2 分割数のセグメントリング応力, 変形に及ぼす影響

地盤反力係数 $k = 5 \text{ kgf/cm}^3$ で, 分割数を 12, 16, 20 分割にした場合のトンネルクラウン部の変形と継手剛性の関係を図-3に示す(16分割の場合は図-2(b)参照)。

これより, セグメントを千鳥組するとトンネル変形は分割数に関係なく小さな値になるが, 芋継ぎとする場合, 分割数を多くすると変形が増加する傾向もあるもので分割数を少なくする配慮が必要である。

3. 結論

はり-バネモデルによるパラメータ解析の結果, 以下のことが明らかとなった。

① セグメントリングの組み方

大深度の十分良好な地山条件下では, セグメントを千鳥組する場合は, ピース間およびリング間継手剛性の大きさを抑制する方が構造的に有利になる。むしろ, 構造的にリング間継手の添接効果を期待せず, トンネル周辺の地山反力を積極的に利用する芋継ぎ構造を考えても良いと思われる。

② 継手剛性

地山が十分堅固(地盤反力係数 $k = 10 \text{ kgf/cm}^3$) の場合, セグメントを芋継ぎにしてピース間継手をヒンジ ($K_{\theta^*} = 0$) に近い構造とすることで, より経済的なセグメント構造となる可能性がある。

4. おわりに

数値解析による限定された検討ではあるが, 十分強固な地山条件下のもとでは, 必ずしも継手を高剛性化する必要はなく, セグメントを芋継ぎしても構造として成立することが確認できた。なお, 本報告は地下総プロ「大深度・大断面シールドトンネルの設計施工技術に関する研究」において建設省土木研究所, (財) 先端建設技術センターとの共同研究として実施したものの一部である。

参考文献 1) 長山, 上田, 岡田, 竹之内: 「大深度・大断面セグメントリングに及ぼす継手剛性の影響の検討」, 土木学会第46回年次学術講演会第Ⅲ部門, pp.118~119, 1991.9

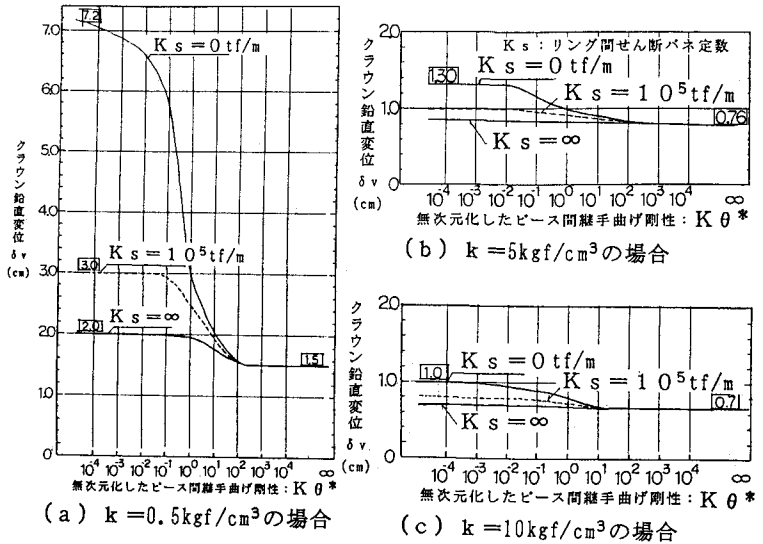


図-2 地盤反力係数のセグメントリング変形に与える影響

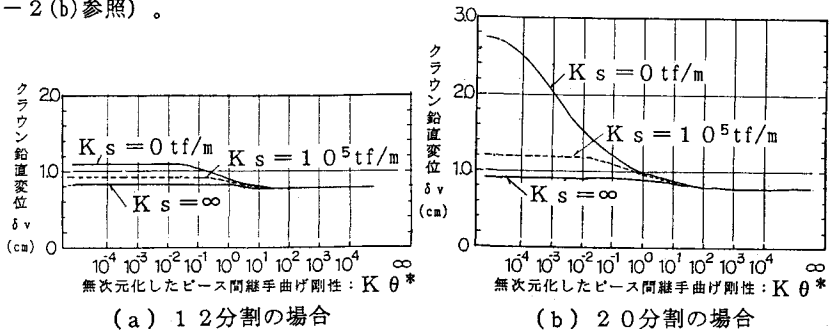


図-3 分割数のセグメントリング変形に与える影響