

扁平型断面シールド工法の開発（その2：扁平型セグメントの開発）

石川島建材工業(株) 正会員 ○橋口 彰夫
 石川島建材工業(株) 正会員 橋本 博英
 (株)奥村組 正会員 田中 雅彦

1. はじめに

シールド工法による矩形や楕円形断面等のトンネルは、高剛性のセグメントが必要であり、一般に製造費が高いことから地下駅部や渡り線などの特殊なセグメントに採用され、延長の長い一般部への適用は経済性の面から困難とされている。本文は、都市部山岳工法とシールド工法の境界領域における比較的硬質な地盤を対象とした扁平型断面シールド工法の開発の一環として、経済性と施工性を併せもつセグメントの構造について検討結果を報告するものである。

2. 扁平型セグメントの概要

扁平型セグメントの試設計断面を図-1に示す。断面形状は、1種3級の2車線道路トンネルの建築限界と縦流式換気用ジェットファンを基準として、別途検討結果（その1：合理的な断面形状に関する検討）を踏まえ設定した。

(1) 扁平型セグメントの断面力軽減策①

本形状は、上半広域でモーメントが過小で薄型化が期待できる一方、インバート部に過大な正の曲げモーメントと斜め下方に過大な負の曲げモーメントが発生する（図-2）。また、従来のRCセグメントの千鳥組構造では円形と比較し桁高・鉄筋量が増大する傾向にある。そこで、上半部の負の曲げモーメントの領域をできるだけ低減し、上半の広範囲の薄型化（ $t=300$ ）を図るため、斜め下方をヒンジ構造とした（図-3）。

(2) 扁平型セグメントの断面力軽減策②

地盤反力が十分確保可能な地盤ではヒンジを有した構造でもインバートの断面力は過大とならない。しかし、地盤反力が十分確保出来ない領域や土圧が大きい領域ではインバート部の断面力が過大となり、覆工が成立しない状況となる。そこでインバート内部に引張補強部材を設置することにより発生断面力を低減し、桁高増大の抑制を図った（図-4）。内部引張補強部材は、矩形や楕円形断面等の断面力を軽減し、覆工桁高の低減に効果があることが一般に知られており、本工法では扁平型断面の内部補強材として、PCa床版と一体化した適用方法を検討した。

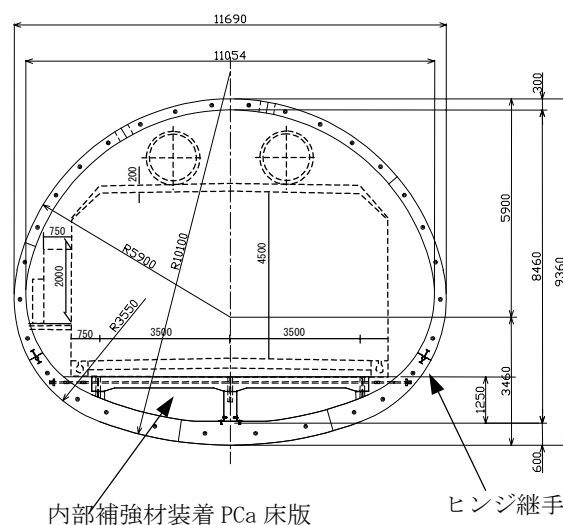


図-1 扁平型セグメントの概要図

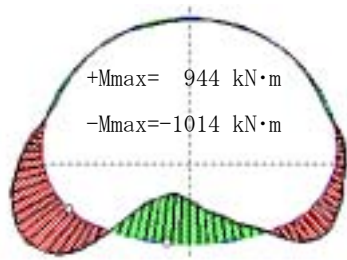


図-2 曲げモーメント図
（完全千鳥組構造）

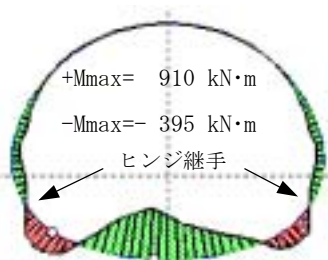


図-3 曲げモーメント図
（ヒンジ継手設定）

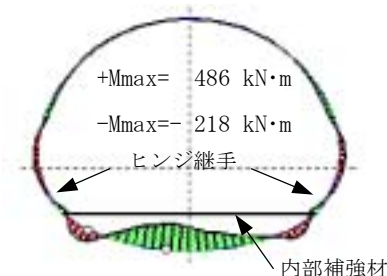


図-4 曲げモーメント図
（ヒンジ継手、内部補強材設置）

キーワード シールド、セグメント、断面、扁平、馬蹄、床版

連絡先 〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 石川島建材工業(株)セグメント事業本部 TEL 03-5221-7237

3. 扁平型セグメントの適用範囲の検討

扁平型セグメントは、地盤反力が十分確保できない地盤では断面力が非常に大きくなるため適用が困難である。そのためセグメントの適用範囲を把握することを目的に感度解析を実施した。解析条件は、緩み高さ1D、地下水位20m、側方土圧係数0.4、ヒンジ継手あり、として地盤反力をパラメータにした解析を行った。

計算結果の一部を表-1に示す。図-5および図-6は、下部セグメントの断面力の変化であり、補強部材のあり／なしによる解析結果を示している。

補強部材なし（図-5）では、地盤反力係数が100MN/m³以上であれば最小鉄筋量に収まるが50MN/m³以下では鉄筋量、変形量が増大し、桁高もUPする領域となった。

また、50MN/m³以上では適用可能であるが、10MN/m³では適用困難となった。一方、補強部材あり（図-6）では10MN/m³で適用可能となり、変形量が著しく低減し、適用範囲が大幅に拡大する結果となった。

表-1 感度解析結果(例)

地盤反力係数 k (一軸圧縮強度qu) MN/m ³ (N/mm ²)	内部補強材 有 無	下部本体最大断面力					変位		
		正曲げモーメント M(kN・m)	N(kN)	負曲げモーメント M(kN・m)	N(kN)	補強材軸力 N(kN)	上部鉛直 (mm)	下部鉛直 (mm)	側部水平 (mm)
100(1.0)	○	910	3515	-395	3649	---	0.53	21.17	8.56
50(0.5)		1235	3341	-318	3537	---	0.88	31.97	14.14
10(0.1)		2401	2807	-90	3117	---	-0.47	72.58	34.32
100(1.0)	○	486	4065	-218	4116	-1361	-0.30	11.74	4.03
50(0.5)		502	4127	-164	4172	-1591	-2.71	12.81	4.85
10(0.1)		515	4260	-70	4269	-1932	-18.91	10.29	9.89

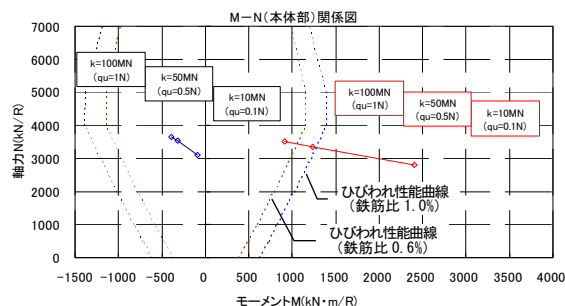


図-5 地盤反力をパラメータとした解析結果(補強部材なし)

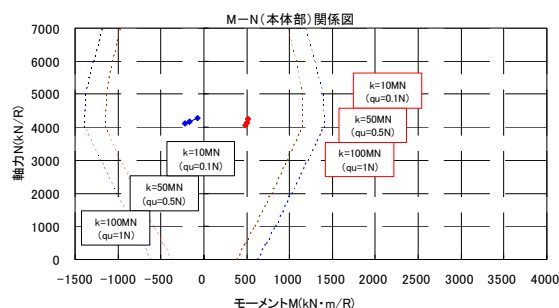


図-6 地盤反力をパラメータとした解析結果(補強部材あり)

4. 内部補強材一体型 PCa 床版の施工手順

内部補強材一体型 PCa 床版の施工手順を図-7に示す。

床版下部の側壁コンクリートは、扁平型セグメントと一体化構造であり、中壁の小型化と併せて従来の円形セグメントによる施工と比較して床版の材料費および設置時間の大幅な低減が可能である。

5. まとめ

解析結果のまとめを以下に示す。

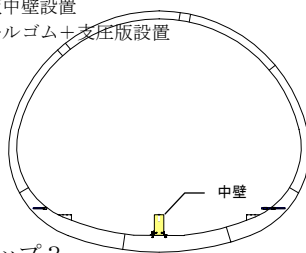
- ①ヒンジ継手の設置により負曲げが低減し、セグメント上半部の薄肉化が可能である。
- ②内部補強材の設置により広範囲の地盤に対応可能である。
- ③セグメント組立てと内部補強材一体型 PCa 床版の同時施工により高速施工が可能である。

6. おわりに

扁平型セグメントの基本構造と対象地盤への適応性等について検討した結果、経済性や施工性とともに実用可能な構造であることを確認した。今後はセグメントの継手強度等を試験により検証し、実用化に向けた詳細検討を進めて行く予定である。

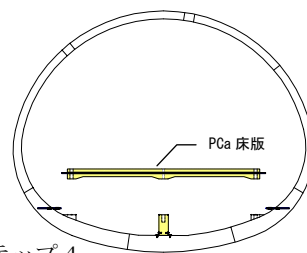
ステップ1

- ・セグメントに接続部材取付
- ・床版中壁設置
- ・シールゴム+支柱版設置



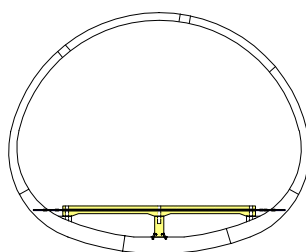
ステップ2

- ・PCa 床版設置



ステップ3

- ・内部補強材接続



ステップ4

- ・アンカー設置,パネル目地配筋
- ・グラウト充填,目地コンクリート打設
- ・地覆,調整コン,舗装

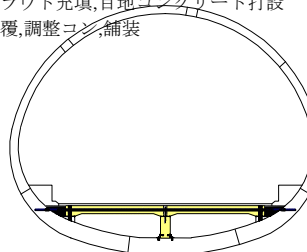


図-7 PCa 床版の施工手順