

Ⅲ - B133

リングロックセグメントの設計法

不動建設 正会員 ガン プンタ ステンリー フジタ 正会員 片岡 希替司
三井建設 フェロー 本多 正人 石川島建材工業 正会員 大関 宗孝

1. はじめに

最近、地下河川、導水路および地下調節池など、覆工体に内水圧が作用するトンネルをシールド工法で構築する計画が増加している。さらに、経済性の観点から二次覆工を省略し、一次覆工のみで対応する例が検討・実用化されている¹⁾。このようなシールドトンネルでは内水圧作用時にトンネル覆工体に引張力が作用する。この引張力への対策として、①セグメント継手の強度、剛性を高め引張力に抵抗する方法（既存型、図-1. a）と、②セグメント本体で引張力に抵抗する方法（リングロック、図-1. b）とが考えられる。

リングロックセグメント（図-1. c）は、セグメント継手部の強度・剛性に期待せず、リング継手部の凹凸のほぞによって引張力をセグメント本体に伝達し、セグメント本体で内水圧による引張力に抵抗する構造である。このセグメント継手およびリング継手の挙動を把握すると共に設計法の妥当性を確認するため、リング載荷実験および要素実験を行った。

ここでは、本セグメントの設計法に関する基本的な考え方を記述する。

2. 解析モデル

断面力算定には、はりばねモデルを用いる。2リング構造はりばねモデルを図-1. dに示す。

本体設計の基本的な流れは、図-2に示すように荷重ごとに自重解析、土水圧解析および内水圧解析を行って重ね合わせ、断面応力度の照査を行う。

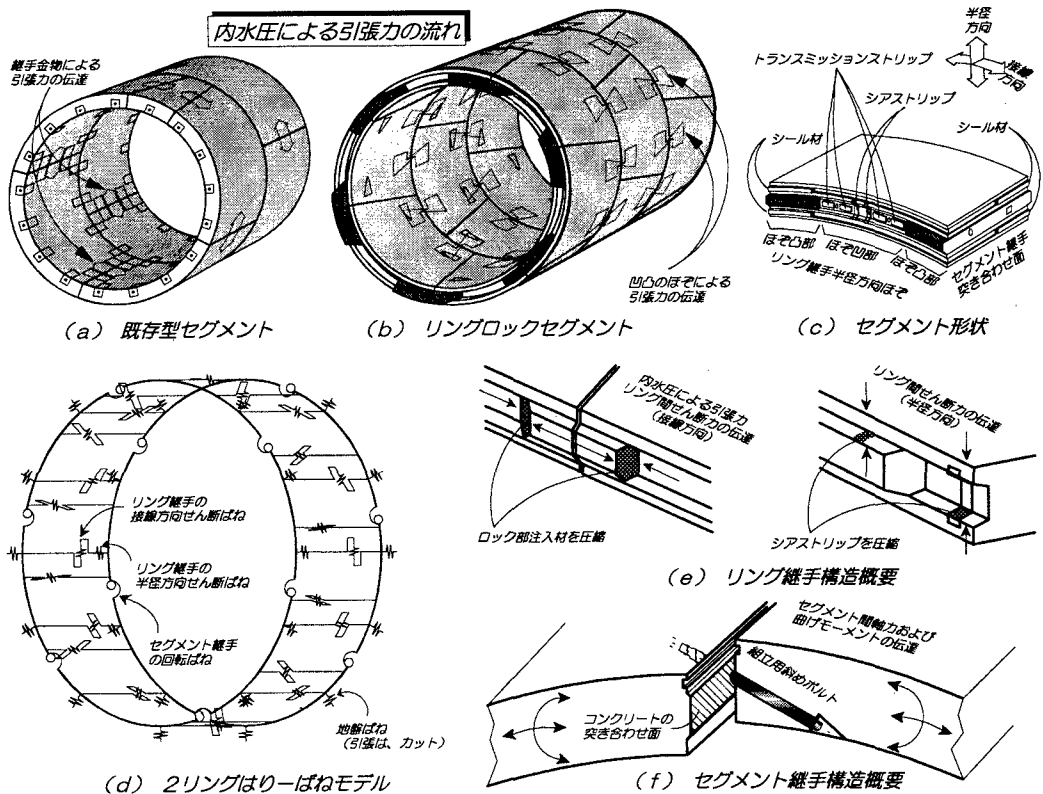


図-1 リングロックセグメントの構造と設計の考え方

キーワード：シールドトンネル、セグメント、内水圧、設計

〒110 東京都台東区台東 1-2-1 TEL:03-3837-6091 FAX:03-3837-6125

3. リングおよびセグメント継手のモデル化

3. 1. リング継手のばね定数

リング継手の構造概要を図-1. eに示す。リング継手面に半径方向と接線方向の2つのほぞを有しており、この継手部は設計上では以下のように取り扱う。

半径方向の凹凸のほぞは、土圧・水圧などの外力に抵抗させる。半径方向せん断ばね定数は、シアストリップの圧縮剛性から求める。このせん断ばね定数は要素実験²⁾より得られる半径方向せん断ばね定数と近似している。

接線方向のロック部は、内水圧に抵抗させる。接線方向せん断ばね定数は、ロック部に注入されるエポキシ樹脂の圧縮剛性から求める。なお、このせん断ばね定数も要素実験³⁾より得られる接線方向せん断ばね定数と近似している。

3. 2. セグメント継手のばね定数

セグメント継手の構造概要を図-1. fに示す。セグメント継手は、コンクリートの突き合わせ構造であり、回転ばねおよび軸ばねを考慮する。回転ばね定数は、レオンハルトのコンクリートヒンジ理論³⁾から求める。この回転ばね定数は要素実験⁴⁾より得られる回転ばね定数と近似している。レオンハルトの理論式を以下に示す。

$$k_{\theta} = \frac{M}{\alpha} = \frac{9a^3bE}{8s} \times m(1-2m)^2 \quad \text{for } m > \frac{1}{6}$$

$$k_{\theta} = \frac{a^3bE}{12s} \quad \text{for } m \leq \frac{1}{6}; \text{ where } m = \frac{M}{Na}$$

ここに、 k_{θ} : セグメント継手の回転ばね定数

m, α : 荷重偏心率、回転角

E : コンクリートのヤング係数。

M, N : 曲げモーメント、圧縮軸力

a, b : ほぞ幅、セグメント幅

s : 圧縮応力の影響範囲

回転ばね定数と荷重偏心率の関係を図-3. aに示す。各セグメント継手部の回転ばね定数は、発生した断面力による荷重偏心率との関係から求める。

また、セグメント継手の軸ばねは、継手部に軸引張力（内水圧）が作用する時と軸圧縮力が作用する時によって異なる。軸圧縮力に対しては、継手の軸ばね定数は無限大とする。また、軸引張力に対しては、セグメント継手部のボルトは組立時の安定性を確保するためのもので、構造部材として期待しないため継手の軸ばね定数はゼロとする。軸ばね定数と変位の関係を図-3. bに示す。

4. おわりに

リングロックセグメントは、セグメント継手の強度・剛性に期待せず、リング継手のロック部によって引張力をセグメント本体に伝達し、セグメント本体で内水圧による引張力に抵抗する構造である。今後、本セグメントによるトンネル工事の実現化に向け、施工性なども考慮し、さらなる研究・開発を進めていく所存である。

最後に、本セグメントの研究・開発を進めるにあたって、貴重な御意見・御指導を賜りました山本稔東京都立大学名誉教授に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) (財)先端建設技術センター：地下河川内圧トンネル覆工構造設計要領(案)、平成7年3月
- 2) 渡辺、他：リングロックセグメントのリング継手に対する安全性の照査方法に関する検討、土木学会第52回年次学術講演会、投稿中
- 3) Fritz Leonhardt, Horst Reimann: Betongelenke, *Der Bauingenieur*, 1966, 2.
- 4) 太田、他：リングロックセグメント継手の力学特性に関する評価法、土木学会第52回年次学術講演会、投稿中

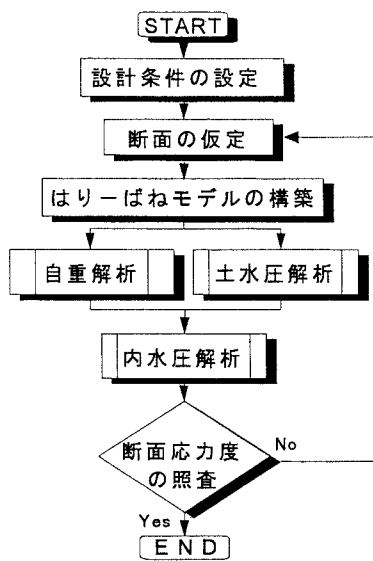
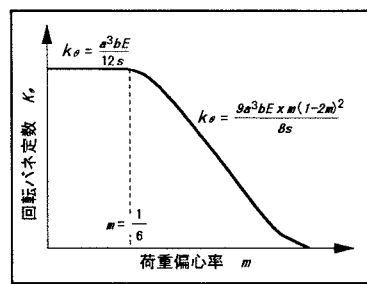
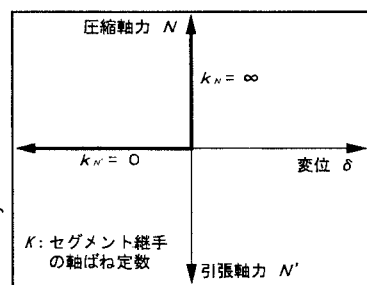


図-2 設計の流れ



(a) 回転ばね定数と荷重偏心率の関係



(b) 軸ばね定数と変位の関係

図-3 継手部のばねモデル