

東京都立大学 正員 久保田 尚子
東京都立大学 正員 山本 稔

I はじめに シールドトンネルの一次覆工は、通常セグメントリングを構造の単位として、剛性一様なリングに基づく慣用設計計算法によって構造計算している。しかしボルト接合したセグメントリングは、その継ぎ手において多少ともヒンジ性が認められるのが実状であり、これを設計に反映するため、現在では曲げ剛性の有効率 η と曲げモーメントの割増し率 λ を導入している。しかしこれらの係数は適確に把握することが困難なため、定性的な考察にとどまり、設計計算に本格的に利用できるまでには至っていない。セグメント覆工のボルト継ぎ手をもつヒンジ性の影響をセグメントリングの構造計算にとり入れるために、筆者らは、継ぎ手に作用する曲げモーメントに比例して回転角を生ずる弾性的なヒンジの使用を提案している。この構造計算法によれば、継ぎ手のもつヒンジ性を取り入れてセグメント覆工の力学的挙動を説明することができる。

II セグメントリングの構造と計算条件 計算にあたっては、セグメントリングを弾性ヒンジとして処理することを除いて慣用設計計算法の仮定に従うものとした(図-1)。計算するセグメントリングは、等間隔に継ぎ手(弾性ヒンジ)が配列されており、鉛直直径に対称であるとする。頂上に弾性ヒンジがくるものをAタイプ、そうでないものをBタイプとし、弾性ヒンジ数に応じて4A, 4B, 6A, 6B, 8A, 8B, 10A, 10Bの計8種類について計算を行った。セグメント: 外半径 $R_0=3\text{m}$, 図心半径 $R_i=2.73\text{m}$, セグメント厚 $t=0.27\text{m}$, セグメントのヤング係数 $E=3.5 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$, セグメントの単位体積重量 $\gamma_c=2.6 \text{t/m}^3$, 荷重条件: 粘性土(水を含む), 土かぶり $H=18\text{m}$, 土の単位体積重量 $\gamma=1.8 \text{t/m}^3$, 上載荷重の影響 $w=1 \text{t/m}^2$, 側方土圧係数 $\lambda=0.6$, 地盤反力係数 $K=1 \text{kg/cm}^2$, 弾性ヒンジ定数: $\alpha=10^\circ \sim 90^\circ \text{cm/m}$ までの各種, 曲げ剛性の有効率: $\eta=10 \sim 100\%$ までの各種

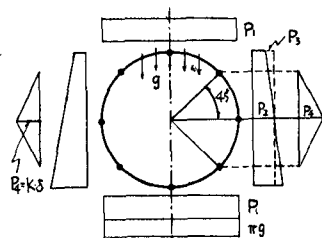


図-1

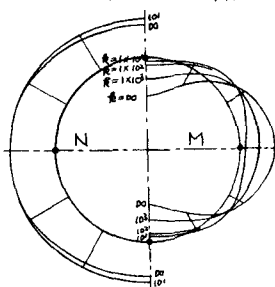


図-2 4A 91°

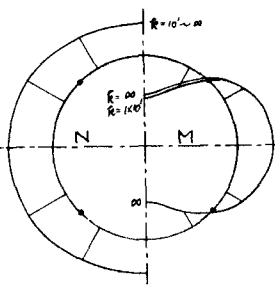


図-3 4B 91°

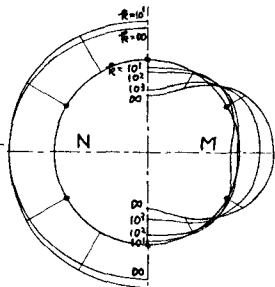


図-4 6A 91°

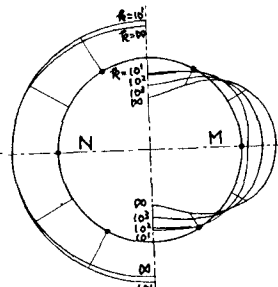


図-5 6B 91°

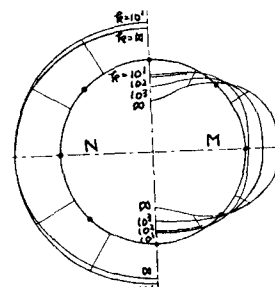


図-6 8A 91°

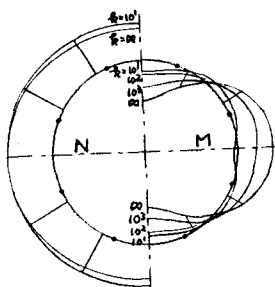


図-7 8B 91°

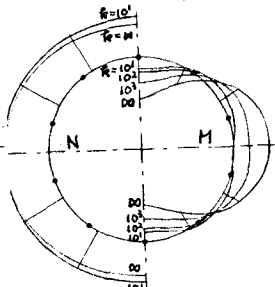


図-8 10A 91°

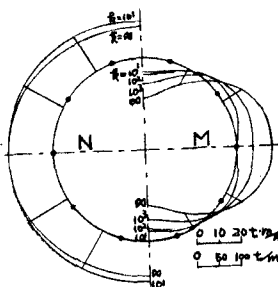


図-9 10B 91°

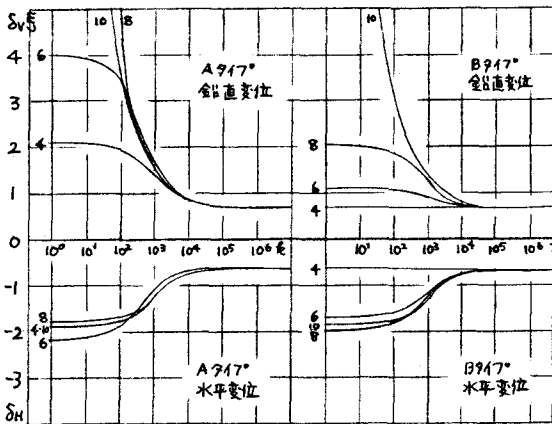


図-10 A 917°変位

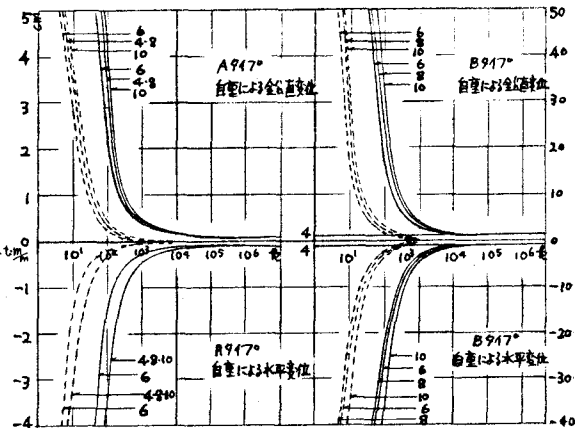


図-11 B 917°変位

図-12 A 917°自重におよぼす変位

図-13 B 917°自重におよぼす変位

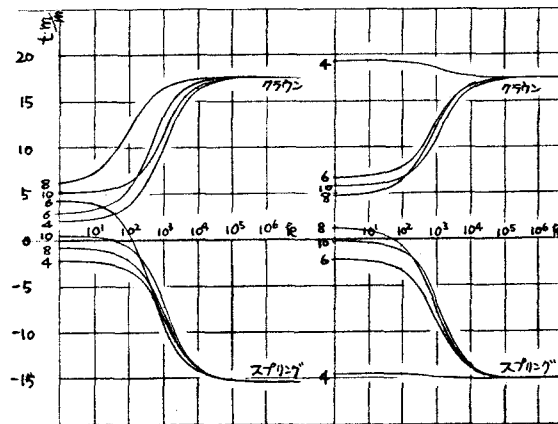


図-14 A 917°曲げモーメント

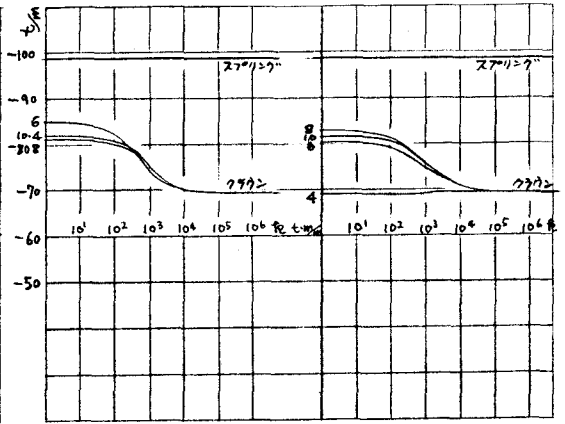


図-15 B 917°曲げモーメント

図-16 A 917°軸力

図-17 B 917°軸力

III 結果と考察

図2～17は、弾性ヒンジをもつセグメントリングの計算結果の概要である。図18～20は、剛性一様リングで曲げ剛性の有効率をパラメーターとして計算した結果である。

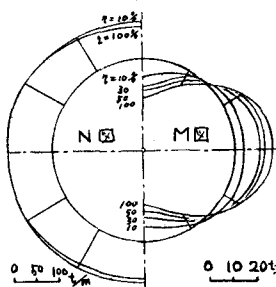


図-18 剛性一様リング

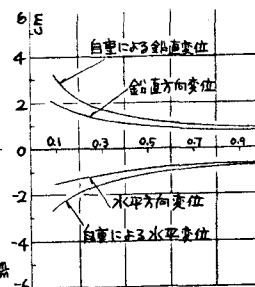


図-19 剛性一様変位

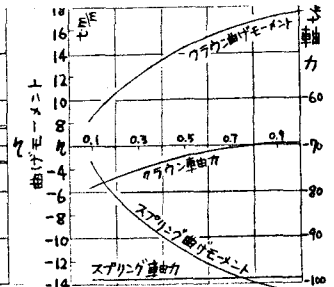


図-20 剛性一様断面力

図2～17は、弾性ヒンジをもつセグメントリングの計算結果の概要である。図18～20は、剛性一様リングで曲げ剛性の有効率をパラメーターとして計算した結果である。 $R \geq 10^1$ の領域ではリングの挙動は長→0の場合と事実上同じであるとみなすことができ、継ぎ手は剛節として処理できる。長が減少するにつれて、セグメントリングはしだいに不安定な多ヒンジリングに近づくから、一般的にリングの変形は増大してその適用性は低下すると考えられる。 $R = 10^1$ の場合に自重による直径方向の相対変位がすでにトンネルの径の1割程度に達してしまうことから、この理論の適用性の限界が $R \geq 10^1$ にあることがわかる。4A, 4B, 6A, 6B, 8Bにおいてクラウンの鉛直変位が長の減少とともに収束しているのは、荷重とヒンジ位置の特性によるものである。これらのタイプ以外では一般にクラウンの鉛直変位は、長の減少とともに増大する。断面力はタイプによってばらつきはあるが、長が小さくなる程曲げモーメントは減少し、軸力はわずかに増大する傾向がある。曲げ剛性の有効率 η と弾性ヒンジ定数 R との関係は、タイプによるばらつきが多く、 η を用いて議論することはあまり有効な方法ではないようである。