

東京都立大学 正買 ○ 山 本 稔
東京都立大学 久保田 尚子

1 はじめに

従来我が国においては、ボルト接合から成るセグメント継手を千鳥組による添接によって補剛し、セグメントリングを剛性一様なリングとして設計計算を行ってきた。しかし、千鳥組によってもなお完全にはセグメント継手のヒンジ性はさけられず、このためセグメント覆工が構造上または施工上諸種の問題をかかえている実状にあることは経験者のよく知るところである。かかる問題は剛継手を仮定した剛性一様なリングおよびヒンジを仮定した多ヒンジリングの力学では解明できず、セグメント継手の力学的解釈を改めることによらなければならない。曲げモーメントに比例して継手面が相対的に回転するような弾性的ヒンジを導入したセグメントリングの力学は、剛性一様なリングと多ヒンジリングの力学を結びつけるものとしてこの種の問題を解決する有効な手段として利用できよう。

2 耐荷機構と計算仮定

理論は、慣用計算法のもつ問題点を指摘し、その適用性を明らかにすることを主目的として構成する。したがって、セグメントリングの構造計算に着目する場合には、従来の設計計算法を尊重し、セグメント継手を弾性ヒンジとして処理することを除いては慣用計算法の仮定に従うことにする（図-1 参照）。また、地山の抵抗土圧に着目する場合には、弾性ヒンジを有するリングに加え、地山に新たな弾性的性質を付与する（図-2 参照）。なお理論の構成に当り、設けた仮定を具体的に示せば次の通りである。

2.1 継手とその剛性 継手の構造は、 $M = \tau \theta$ によって曲げモーメントとともに回転する弾性ヒンジとする。また、 τ は一定で軸力 N に支配されないとする。 $\tau \rightarrow \infty$ は剛継手、 $\tau \rightarrow 0$ はヒンジとなる。

2.2 抵抗土圧と地盤反力係数 慣用計算法における抵抗土圧の発生領域と地盤反力係数が、地山の弾性的性質と如何にかかわり合うかを調べるため、図-3 の K を K_s で置換した図-2 のモデルを考える。図-2 は、地中のセグメントリングに作用する力をリングの変形に関係ない外力とリングの変形に關係する抵抗土圧に分けると、モデル化のパターンとして適当であると考えられる。

3 構造計算

等間隔に配列した弾性ヒンジをもつセグメントリングは、構造が鉛直直径に対称であるとする。そして、頂上に弾性ヒンジをもつものとないものをそれぞれ A タイプと 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。

3.1 弾性ヒンジを有するリングの構造計算 図-1 に示すように、慣用計算法と同じ荷重に対して構造計算する。慣用計算法との関連において断面力、曲げ剛性の有効率、曲げモーメントの割増率などの考察資料がえられる。

3.2 弾性地山に囲まれた弾性ヒンジを有するリングの構造計算 セグメントリングを n 正多角形 ($n = 60 \sim 72$) に置きかえ、それぞれの頂上に K_s に相当するスプリングを設けて構造計算する。この計算結果は、慣用

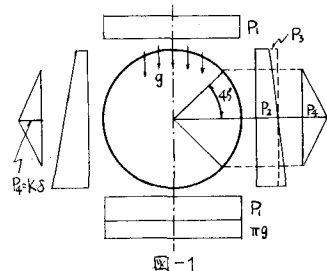


図-1

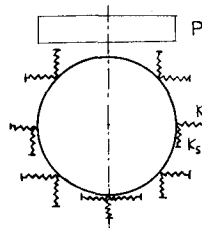


図-2

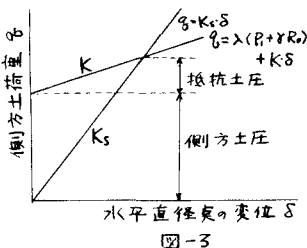


図-3

計算法における抵抗土圧の考察に利用する。

4 計算条件とその取扱いは

弾性ヒンジや地山の性質がセグメントリングの挙動に与える影響を調べる為から、セグメントリングは1種類とし、次を例とした。

セグメント外径 $D_o = 600\text{ cm}$ 、セグメント厚 $h = 25\text{ cm}$ 、図心半径 $R_g = 287.5\text{ cm}$ 、ヤング率 $E = 0.14 \times 10^6\text{ kg/cm}^2$
 3.1の構造計算に当り、荷重は次の通りである。

土の単位体積重量 $\gamma = 1.8\text{ t/m}^3$ 、上載荷重の影響 $W = 1.0\text{ t/m}^2$ 、鉛直土圧 $\gamma'_0 = 1.0, 3.0$
 側方土圧係数 λ と地盤反力係数 K の組合せ

粘性土 $\lambda = 0.6, 0.8$ $K = 1.0\text{ kg/cm}^3$

砂質土 $\lambda = 0.4, 0.6$ $K = 4.0\text{ kg/cm}^3$

また 3.2 の計算に用いた鉛直土圧と地盤反力係数は次の通りである。

鉛直土圧 $\gamma'_0 = 1.0, 3.0$ $K_s = 1.0, 4.0\text{ kg/cm}^3$

5 結果とその考察

5.1 継手の剛性がセグメントリングの挙動に与える影響について

(a) 断面力、変位と継手の剛性 図-4～図-6 から明らかなように、

セグメントリングを剛性一様なりんぐとして処理するには、継手の剛性を制限する必要がある。

(b) 曲げ剛性の有効率 弾性ヒンジを有するセグメントリングの変形挙動を剛性一様なりんぐとして処理する場合にはセグメントの曲げ剛性 EI が弾性ヒンジの介在によってあたかも ηEI に低下したとして変形計算することができる。このとき η の百分率を曲げ剛性の有効率といい、弾性ヒンジの性質はもちろん、荷重の作用条件などによって異なった値をもつ。鉛直荷重 γ'_0

$= 3.0$ 、 $K = 1.0$ 、 $\lambda = 0.6$ の場合を例にとると表-1 のような有効率が得られる。

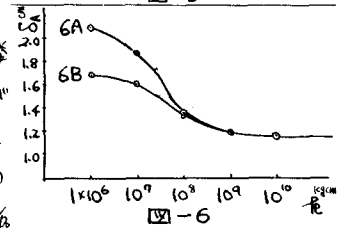
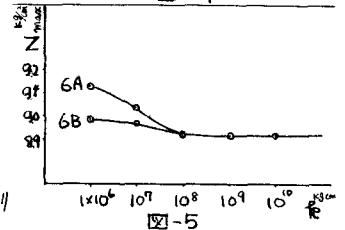
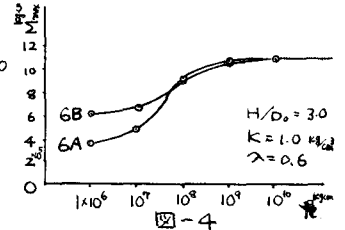
(c) 曲げモーメントの割増率 継手を通して伝わる曲げモーメントを M_1 、隣接セグメントを通して伝わる曲げモーメントを M_2 とすると、セグメント本体に作用するモーメント M は $M = M_1 + M_2$ であり $\zeta = M_2/M$ として ζ の百分率を曲げモーメントの割増率とよぶ。セグメントの構造単位として図-7 のようなスリングを考える。構造単位 of 継手部 AB のバネ定数を $\bar{r}$ 、実際の継手部のみのバネ定数を $\bar{r}^*$ とおけば、開口角を θ として

$$\left. \begin{array}{l} \text{実際の継手部について} \quad M_1 = \bar{r}^* \theta \\ \text{構造単位 of 継手部について} \quad 2M = 2\bar{r} \theta \end{array} \right\} M_1 = \frac{\bar{r}^*}{\bar{r}} M$$

$$\zeta = M_2/M = (M - M_1)/M = 1 - \bar{r}^*/\bar{r}$$

となる。 $\bar{r} = 1.0 \times 10^8\text{ kg/cm}$ 、 $\bar{r}^* = 1.0 \times 10^6\text{ kg/cm}$ と仮定すると割増率は 99% となる。 $\bar{r}$ および $\bar{r}^*$ は実験から求めなければならない。

5.2 地盤反力係数と慣用計算 地盤反力係数 K と側方土圧係数 λ の選択に用いて 3.1 の K と λ の組合せで得られた結果と、3.2 の K_s を用いた結果から水平直径変の変位を合せると、 K_s をパラメーターとして図-8 のような K - λ 分布図が得られる。セグメント継手のバネ定数 $\bar{r}$ と荷重が決れば、許される K と λ の組合せは一直線上の点として与えられる。この図を利用すれば、地山のジャッキ試験結果を解釈することができる。と考える。



TYPE	6A	6B	8A	8B
1.0×10^6	—	16.45	7.76	—
1.0×10^7	—	24.60	15.60	2.65
1.0×10^8	59.45	61.61	54.22	52.98
1.0×10^9	93.71	92.98	91.29	91.86

表-1 η (%)

