

早稲田大学 大学院 学生員 小泉 淳
早稲田大学 理工学部 正員 村上博智

1. まえがき 筆者らはセグメント継手を回転バネに評価し、十鳥組による添接効果を数値解析上、仮想外力という形で評価して数値実験を行い、セグメントリングの荷重機構を明らかにするとともに、セグメントの設計方法についてもその方針を示した⁽¹⁾。それによれば要求されるセグメント継手の強さやセグメントリングの組み方は、地盤反力係数 k の大小に基づいて定めることができる。この報告は筆者らの方法によって周辺地山の状況に3つに分けてそれぞれの場合について設計されたセグメント断面と、慣用計算法に準拠して設計されている土木学会・下水道協会共編「シールド工用標準セグメント」⁽²⁾の教例を比較し、検討を加えたものである。

2. 設計例 計算に用いた構造系ならびに荷重系のモデルはその概略を図1、図2に示す。周辺地山の状況に応じて表1に示す3通りの設計条件を設定した。なお従来の慣用計算法ではセグメントリングの変形に対する許容差がなかった。現場における施工の経験に基づいて、表1中の最大許容直径変化量 δ はリング外径 D_0 の0.5%以内と仮定した。

(1) 設計例Ⅰ (周辺地山が良好な場合)

a) 慣用計算法によれば鋼製標準セグメントNo.57, 図3-a)がその設計断面となる。この場合 $\sigma_{max} = 1,160 \text{ kg/cm}^2$ である。(No.56, 図3-b)の断面では $\sigma_{max} = 2,400 \text{ kg/cm}^2$ となってしまう。)

b) 図3-a)をオ一次試算断面として、イモ継ぎで計算を行った結果が図4-a)である。最大直径変化量 δ も最大曲げ圧縮応力 σ も充分許容内に入っていることがわかる。断面を一段階落として図3-b)について試算を行うと図4-b)となり、 δ , σ ともにまだ余裕があることがわかる。そこでさらに図3-c), d)の断面についても試算を行うと図4-c), イモ継ぎd)が得られ、この両者を検討した結果、ジャンキ推力に対するセグメン

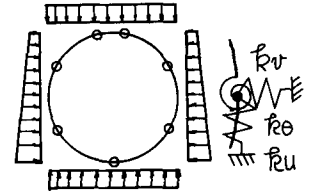


図1 モデル化したリング

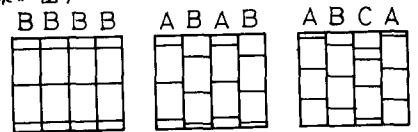


図2 リングの組み方

トの挙動も考え合せて、図3-c)の断面が妥当と判断される。この場合継手は無次元化された継手の曲げ剛性 $R_0 = 2$ (回転バネ定数 $R_0 = 1.64 \times 10^7 \text{ kg/cm}$) 以下に設計されれば、 δ も σ も許容限界内となる。

(2) 設計例Ⅱ (周辺地山が中向的な場合)

a) 慣用計算法によれば鋼製標準セグメントNo.58, 図3-e)に示す断面が $\sigma_{max} = 1,410 \text{ kg/cm}^2$ で安全率を考慮すればぎりぎり採用できる。

b) 図3-e)の同じ断面で、イモ継ぎ・2リング十鳥・3リング十鳥の各場合を試算すると、図5-a), b), c)となる。イモ継ぎの場合および3リング十鳥組の場合には δ , σ ともに充分な余裕があるが、2リング十鳥組の場合は、 δ については設計許容内であるが σ については実用上の継手範囲^{*}を考えると不適当であり、この断面を用いて2リング十鳥組とするとは無理があると考えられる。次にイモ継ぎおよび3リング十鳥組の場合に一段階落とした断面、図3-f)について試算を行うと図5-d), e)となり、イモ継ぎの場合 $R_0 = 2$ 以下、3リング十鳥組の場合 $R_0 = 16$ 以下であれば δ , σ ともに許容限界内であることがわかる。この結果変形および応力の程度さらには継手設計の難易度を考慮して、イモ継ぎでは $R_0 = 1.08 \times 10^6 \text{ kg/cm}$ 程度かそれよりやや強めの継手を、又3リング十鳥組では $R_0 = 1.08 \times 10^6 \text{ kg/cm}$ 程度の継手を設計すればこの図3-a)の断面が妥当である。

(3) 設計例Ⅲ (周辺地山の悪い場合)

a) 標準セグメントによれば図3-a)に示す断面に対して $\sigma_{max} = 1,390 \text{ kg/cm}^2$ である。

④ 同じ図3-a)の断面でイモ継ぎ・2リング牛島・3リング牛島の各場合を試算した結果を(図6-a), (b), (c)に示す。イモ継ぎの場合は σ は許容内であるが δ はかなり強い継ぎ(危 $\approx 5.92 \times 10^6 \text{ kg/cm}$)を設計しなければ許容内とはならない。2リング牛島組の場合は、 δ は許容内であるが σ は実用上の継ぎを考えると許容応力を越えてしまう。3リング牛島組の場合には、 δ , σ ともに許容内に入っており、継ぎはその実用設計範囲を考えると、危 $\approx 1.08 \times 10^6 \text{ kg/cm}$ 程度が合理的である。

3. 筆者らの方法による断面と慣用計算法による断面の比較

表1 設計条件

Case	Do(cm)	H/Do	λ	R(kg/cm ²)	δa (cm)	σa (kg/cm ²)
I	3.8	3.0	0.7	8.0	1.9	1400
II	3.8	3.0	0.7	1.0	1.9	1400
III	3.8	2.0	0.7	0.25	1.9	1400

設計例Iでは筆者らの方法による断面の方が2割程度経済的であった。設計例IIではイモ継ぎおよび3リング牛島組の場合に筆者らの方法は1割程度経済的な断面が得られた。し

かしながら2リング牛島組では一段階上の断面でも危険が生じる可能性が示された。設計例IIIでは慣用法と筆者らの方法と同じ断面を得たが、慣用法の例として取り上げた標準セグメントは2リング牛島組を考えているため、危険が生じる可能性がある。一般に筆者らの方法によれば周辺地山が中程度以上の場合には、従来の方法よりも経済的な断面が得られる。しかし逆に周辺地山が薄い場合に、慣用計算法によって断面を設計した上で、それを2リング牛島組にすると、危険を伴う可能性があることが示された。

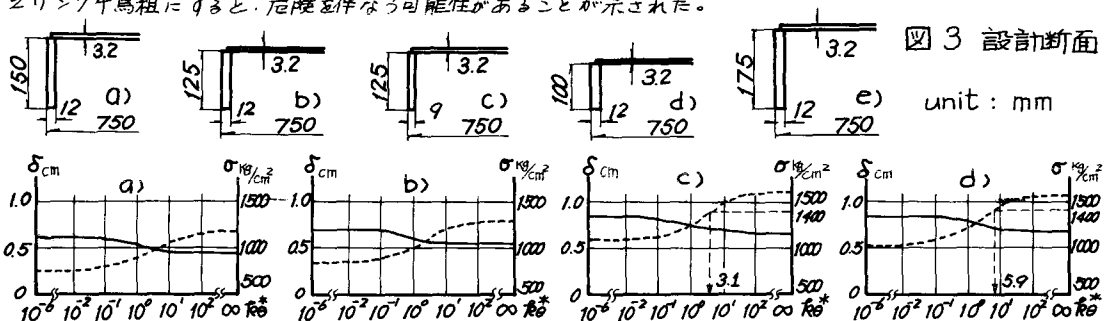


図4 設計例I

4. あとがき

以上により周辺地山および継ぎの曲げ剛性を考慮したセグメントの断面設計方法を明らかにできた。次の場合には、このようにして求めた回転バネ定数に対してセグメント継ぎを設計する方法について報告できればと考えている。なおこれらの数値計算は東大大型計算機センター、HITAC-8800によった。

* $R\theta = 10^7 \text{ kg/cm}$ 以上の継ぎを得るには、継ぎ板をかなり厚くし、ボルト本数を相当多くしたりする必要がある。これを済かす作業能率が落ちる。 $R\theta = 10^6 \text{ kg/cm}$ 以下は、継ぎはほとんどピンジである。

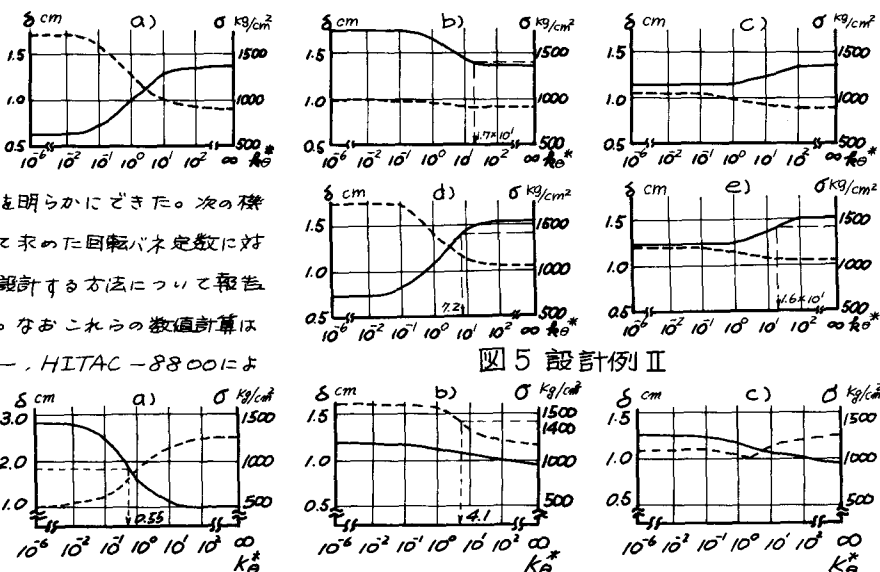


図5 設計例II

図6 設計例III

参考文献

- 1) 村上・小泉：シールドセグメントリングの耐荷機構について、土木学会論文報告集，No. 272，1978-4。
- 2) 土木学会・下水道協会共編：シールド工事用標準セグメント，1973