

東京部立大学助教授

正員 山本 稔

東京都交通局高速電車建設本部

正員 遠藤浩三

前田建設工業KK

正員 山川忠雄

〃

正員 福井正憲

〃

〇 正員 平出 亨

I] 緒言 多ヒンジ系セグメントリングは、セグメントに作用する曲げモーメントを小さくし、断面の縮小、鉄筋量の節減を計るためにセグメントを相互にヒンジ結合して組まれた、それ自身では全く自立不可能な不安定構造物であるが、設計上不明確な要素があまりに多すぎたため、我国においては未だ実用に至っていない。山本らにより考案された多ヒンジ系セグメントリングに関する新設計法は、不明確だったリングの設計上の取扱いを体系化したものであるが、すでにソ連邦で発表された方法もあるため、これら設計理論と実験結果との比較を行ない、理論の妥当性を検討することにした。

II] 設計理論 不安定構造物たる多ヒンジ系セグメントリングは、主動土圧的外力の作用により変形し、周囲の地山を圧して受働土圧的反力を受け安定する。このためリングの安定解析は、変形と反力の相関を明らかにすることに尽きる。

1) 山本らの方法 リングの釣合は下記の仮定のもとに考慮する。i 設計上取扱うリングの変形量は微小なるため無視する。ii リングに作用する反力は、一般に半径方向反力のみとする。接線方向に生ずる摩擦力は、リングの変形を拘束し安全性を増すよう作用するものであるから、設計上無視しても差支えない。しかし外力が偶力を有する場合については、リングの回転を阻止するに足る接線方向反力を考える。以上の仮定から、釣合状態にあるリングは静定構造として扱い得ることになる。8個の等大セグメントよりなるリングに關し、図-1に示す各外力状態および反力出現形式のもとで釣合式を解き、求められた反力を表-1に示す。

2) ソ連邦の方法 水平方向、鉛直方向のいずれに關しても変位に1次的に比例する反力を考える。このためリングはヒンジ数に等しい不静定次数を持ち、釣合式だけでは解析不可能となるため、リングを形成するための変位拘束関係を導入する。図-2に示す各外力状態および反力出現形式のもとで解いた反力を表-2に示す。

図-1

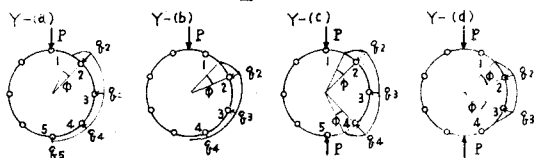
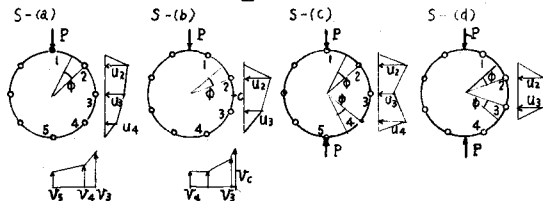


図-2

表-1 (Y: 山本らの方法) 単位 P/R

	Y-(a)	Y-(b)	Y-(c)	Y-(d)
R_1	---	---	---	---
R_2	2.829	1.245	2.698	0.955
R_3	0.854	0.477	0.561	---
R_4	1.393	0.669	---	---
R_5	1.213	---	---	---
ϕ	9°	15°	14°	23°

表-2 (S: ソ連邦の方法) 単位 P/R

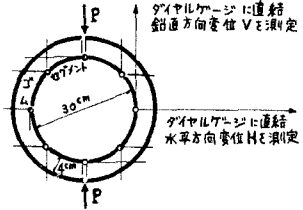
	S-(a)	S-(b)	S-(c)	S-(d)
V_1	---	---	---	---
V_2	---	---	---	---
V_3	0.437	0.684	---	---
V_4	0.925	0.401	---	---
V_5	-0.077	---	---	---
U_1	---	---	---	---
U_2	5.833	1.309	3.706	0.976
U_3	-0.761	0.283	-0.975	0.976
U_4	-0.416	---	---	---
ϕ	10°	15°	14°	23°

ここに R はリングの半径、 $\delta_2 \sim \delta_5$ は半径方向、 $U_2 \sim U_5$ は水平方向、 $V_2 \sim V_5$ は鉛直方向の反力を表わし、中は内向ヒンジ（非拘束ヒンジ）に接するセグメントの周囲における反力の出現角度を表わす。

Ⅲ 実験概要

図-3

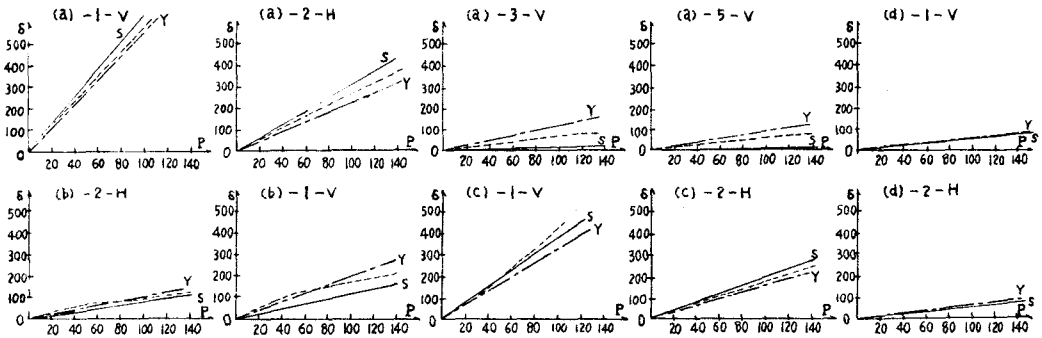
前節で示した所定外力 P に対する理論反力を地山の反力係数で除して理論変位が求められるが、これに対する実験上の変位を観測するため、図-3に略示する実験装置を用いて各ヒンジの水平、鉛直変位を測定した。リングは8個の等大鋼製セグメントとヒンジ結合して組み、これを地山材料として利用したドーナツ状の厚肉ゴム板で支持し、自立させた。水平、鉛直変位は、ヒンジと鋼線で連繫されたダイヤルゲージにより、外力 P を漸次増大しつつ段階的に測定された。地山材料として弾性の大きなゴムを使用した関係から、リングとゴムの間の粘着が非常に強く、リングと地山材料の相対的ズレが拘束されたので、これを除去するために減摩擦剤を敷いた外、微小振動を加える等の工夫がなされた。



Ⅳ 観測結果 図-1、図-2に示した(a)(b)(c)(d)の各外力状態のもとで変位測定実験を行なったが、主な変位を図-4のグラフに示す。なお各実験とも反力係数 12.3 kg/mm^2 のゴムを用いて行なわれた。

図-4

δ (変位) 単位 10^{-2} mm P (外力) 単位 kg --- 実験値



Ⅴ 理論値と実験結果との対比 (a): ヒンジ部には集中荷重が加えられるため、上半部の変形は非常に大きい。グラフから実験値は総じて両理論値の中間にあることが判る。ソ連邦の方法において、3-V 5-V が非常に小さいのは接線方向反力を考慮しているためであり、またこれにより下部に力が伝達される変形は上部に集中するため 2-H は非常に大きくなっている。(b): 荷重位置からしてリングは変形しにくく、また変形量の大半を占める上半部において、接線方向反力の影響は全く小さいため、理論値間に大差はなく、実験値もそれらの中間にある。(c): (a)の上半部と合わせた状態と考えられ、接線方向反力の影響が最も顕著な場合であり、実験値は総じてソ連邦の方法による理論値に近い。(d): (b)の上半部と合わせた状態と考えられ、実験値および両理論値の三者は全く一致する。

Ⅵ 結言 前節における対比から、実験値は両理論値のほぼ中間にあり、また理論値間の差は最大 20%、実験値と理論値の差は 10% 程度であることが判るが、実際の地山内での外力はリングのほぼ全周に分布して作用するものであり、接線方向反力の影響も少なくなることから、理論値と実験値の間にはこの実験における程の差違は認められなくなる。よつて設計を算上いずれの方法を用いても、リングの安定性は十分保証されていることが判明した。