

III-649

単円・2連MF・3連MFセグメントに対する偏荷重の影響について

(財)鉄道総合技術研究所 正員 小山幸則

(株)熊谷組

正員○直塚一博・山森規安

1. 概要

2連MF・3連MFセグメントは構造上、円の交差部で応力の方向が急変するため、単円に比べて大きな応力が生じやすい。また、形状的に単円に比べて横長になるため、偏荷重の影響が大きくなることが考えられる。

そこで、単円・2連MF・3連MFセグメントの構造的特徴を、偏荷重を作用させる数値解析により比較検証する。偏荷重としては、下図のようなものを考慮し、偏荷重形の各部材への影響を解析する。

偏荷重：A, B, C

$$p_2 = A \cdot p_1 \quad p_1 : \text{基本荷重}$$

$$p_3 = B \cdot p_1$$

$$p_4 = B \cdot C \cdot p_1$$

$$p_5 = f(p_3)$$

$$p_6 = g(p_4)$$

挙動特性として、つぎの項目を対象とする。

①セグメント最大応力度 ②柱最大倒れ角 ③柱の開き量

2. 解析ケース

実験計画法にもとづく9ケースの偏荷重形に、柱端の結合条件（ピン、剛）を組み合わせ、18ケースとする。

3. 解析モデル

セグメントリングは剛性一様リング（ $\eta = 0.9$, $\zeta = 0.1$ ）、地盤反力は圧縮バネでモデル化し、偏荷重を分布荷重として作用させる。

(1)対象セグメントの構造

単円, 2連MF, 3連MFセグメントは、土被り約3D程度の断面を想定し、全て同断面積となるように寸法を設定した。また、2連MF・3連MFセグメントの柱端の結合条件は、ピン結合と剛結合を考慮した。

表-2 セグメント構造寸法

項 目	単 円	2 連MF	3 連MF
外 径 (m)	12.336	9.254	7.800 (両側) 8.506 (中央)
断 面 積 (cm ² /m)	258.72	215.60	215.60
セグメント高さ (mm)	300	250	250
断面2次モーメント (cm ⁴ /m)	30564.3	17687.7	17687.7

(2)地盤バネ

セグメントの半径方向に、つぎのようなバネを設置する。（単位 kgf/cm³）

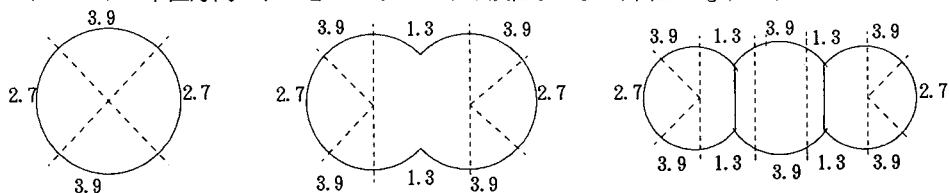


図-2 地盤バネ図

4. 解析結果

図-2に接合形式の違いによる単円、2連MF、3連MFのセグメント応力度比解析結果図を示す。

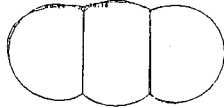
但し、 $\left\{ \begin{array}{l} \text{応力度比} = \text{各解析ケースにおける発生応力度} / \text{標準荷重ケースにおける応力度} \\ \text{標準荷重ケース} : \text{偏荷重なし、静止土圧係数} 0.4 (A=1.0, B=0.4, C=1.0) \end{array} \right\}$

図-3に接合形式の違いによる3連MFの柱倒れ角、上下各々の柱開き量結果図を示す。

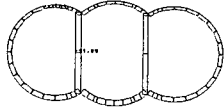
但し、 $\left\{ \begin{array}{l} \text{柱最大倒れ角} = | \text{柱上端変位} - \text{柱下端変位} | / \text{柱長さ} \\ \text{柱の開き量} = \text{右柱端変位} - \text{左柱端変位} \text{（開いた方を正）} \end{array} \right\}$

また、横軸は図-2においては図中の比較要因以外の数値は固定とし、図-3においては比較要因毎の3ケースを縦点線で結び、各々の中間を実線で結んだものである。

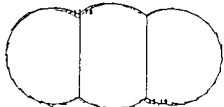
曲げモーメント (M)
(T=M/R)



軸力 (T/R)



せん断力 (S)
(T/R)



変位 (mm)

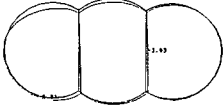


図-4 断面力および変位図（一例）

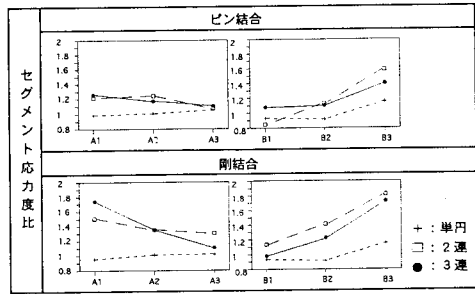


図-2 結合形式の違いによる単円、2連MF、3連MFのセグメント応力度比

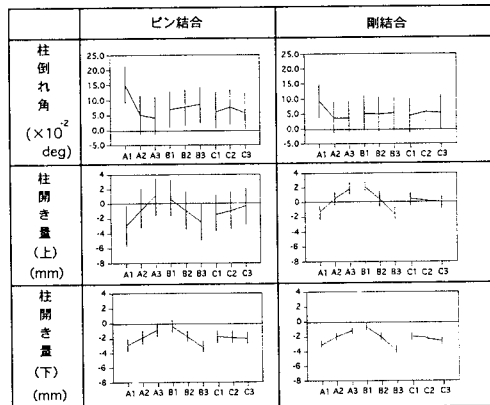


図-3 結合形式の違いによる3連MFの柱倒れ角・柱開き量解析結果図

5. まとめ

- ① 偏荷重によるセグメントの各種挙動（応力、柱の変位等）の変化（増減）の傾向は、単円、2連MF、3連MFともほぼ同じ傾向となっている。
- ② セグメントの応力度について、2連MF、3連MFは、単円の場合と比べて横方向荷重の変化の影響が鉛直荷重の変化の影響に比べて大きい。剛結合とピン結合比較では、剛結合の方がピン結合よりも2連MF、3連MF共、横方向荷重の影響が顕著にでている。応力度自体に関しては、2連MFと3連MFでは大差はない。
- ③ 柱の倒れ角は、鉛直方向の偏荷重に左右されるが、2連MF、3連MFで顕著な差はない。結合方式の比較では、ピン結合の方が剛結合よりも柱の倒れ角は大きい。
- ④ 3連MFセグメントの柱の開き量は、鉛直方向の偏荷重が等分布に近くなる程大きくなり、横方向荷重が大きくなる程小さくなる。

今後、このような多円形断面のシールドがますます増えてゆくと思われるが、セグメントの設計においては、偏荷重による断面力の発生モードの違いも十分に考慮しなければならない一つの要因であると考えられる。