

III-648

単円・2連MF・3連MFセグメントに対する地盤バネの影響について

(助)鉄道総合技術研究所 正会員 小山幸則

(株)熊谷組

○正会員 宮下芳高 山森規安

正会員 直塚一博

1. はじめに

大都市の地下には重要構造物が輻輳し、工事用地の取得が難しいために、開削工法の適用が困難な場合が多く、シールド工法の適用範囲がますます広がりつつある。近年シールド技術の進歩と相まって、複線トンネルや地下駅等の建設に2連MFや3連MFシールド工法が採用されるようになってきた。

これらに用いられる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、偏荷重を受けやすく、とりわけ地盤反力が期待できない場合には、柱の倒れが大きくなったり、交差部のセグメントに大きな応力の発生することが考えられる。

そこで単円・2連MF・3連MFセグメントに対して、地盤バネにより支持した場合と地盤バネを外して底部に等分布の地盤反力を载荷する数値解析を行い、各々の地盤バネ有無による感度を分析する。

検証にあたっては、荷重は全て左右対称载荷、偏荷重は考慮しないものとし、セグメントの挙動特性として①セグメント最大応力度②セグメント最大せん断応力度③柱最大応力度④柱の最大開き量に着目する。

2. 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。2連MF・3連MFセグメントの柱端の結合条件は、ピン結合とした。

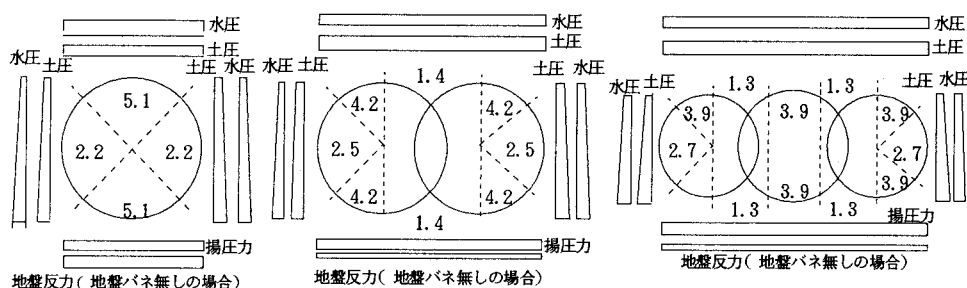
表1 セグメント構造寸法

項 目	単 円	2 連MF	3 連MF
外 径 (m)	12.336	9.254	7.800 (内側) 8.506 (外側)
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

3. 解析モデルと解析ケース

セグメントリングは剛性一様リング、地盤反力は圧縮バネでモデル化し荷重は左右対称に载荷する。荷重は、土と水を分離して考え、鉛直土圧はテルツァーギの緩み土圧により算定する。側方土圧は $\lambda=0.3, 0.4, 0.5, 0.7$ の4通りを考慮する。解析ケースは単円・2連MF・3連MFそれぞれに対して、地盤バネと側方土圧の組合わせによる8ケース、合計24ケースである。

地盤バネは、セグメントの半径方向につきのようなバネを設置する。(単位 Kg/cm³)

図1 解析モデル(側方土圧は、 $\lambda=0.3, 0.4, 0.5, 0.7$ の4通り)

4. 解析結果

(1) セグメント最大応力度

セグメントの最大応力度と地盤バネの有無および側方土圧の関係を図2に、せん断応力度については図3に示す。

応力レベルの全体的な傾向としては、3連MF、単円、2連MFの順に小さい。

単円のセグメントの最大応力度は、地盤バネの無い場合、側方土圧の大小の影響を受けるが、地盤バネの有る場合は、側方土圧の影響を受けない。2連MFでは、地盤バネの有無と側方土圧の大小の影響を受け、地盤バネ無しの影響の方が大きい。3連MFでは、地盤バネの有無と側方土圧の大小の影響がほとんど見られない。

セグメントの最大せん断応力度は、単円・2連MF・3連MFセグメントとともに、側方荷重の影響を受けるが、地盤バネの影響は少ない。

セグメントの変形モードについては、図示していないが、単円・2連MF・3連MFセグメントとともに、側圧が大きくなると縦長傾向が強くなり、地盤バネ無しの方が顕著である。

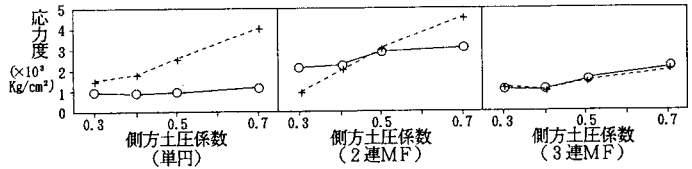


図2 セグメント最大応力度

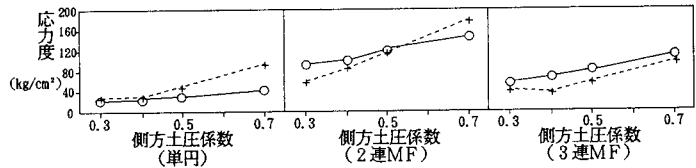


図3 セグメント最大せん断応力度

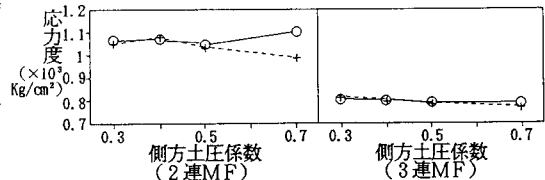
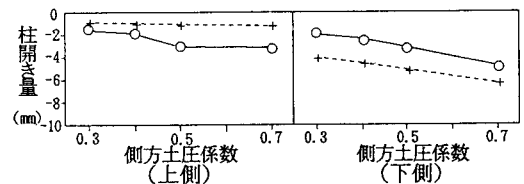


図4 柱最大応力度

(2) 柱の応力度と開き量

2連MF、3連MFの柱の最大応力度と地盤バネの有無および側方土圧の大小の関係を図4、3連MFの柱の開き量について図5に示す。

柱の応力度は2連MF、3連MFともに、地盤バネと側圧の影響をほとんど受けない。3連MFセグメントの柱間隔は、上側が開き下側が縮む変形モードを示し、側圧の影響が見られる。変形量は地盤バネ無しの方がやや大きい。



凡例

図5 柱の上下の開き量 ○ 地盤バネ有り
+ 地盤バネ無し (3連MF)

5. 考察

左右対称な荷重に対して、地盤バネの有無による感度は、3連MF、2連MF、単円セグメントの順に鈍い。これは、柱がセグメントの鉛直方向の変形を拘束し、鉛直荷重の大部分を負担するため、柱はあたかも地盤バネのような役割を果たしている。

実際には、偏荷重が作用することが予想され、とくに柱端がピン接合の場合、地盤反力を期待することになるため、偏荷重の影響についても今後数値解析を実施する予定である。