

シールド工事用セグメントの部分安全係数の値の幅が照査結果に与える影響

長岡工業高等専門学校 学生会員   ○桑原正也

長岡工業高等専門学校     正会員     岩波基

1. はじめに

土木構造物の設計の分野において多くの種類の構造物の設計に限界状態設計法が導入されている．それに対して，シールドトンネルでは地盤や覆工の相互作用が複雑なことから許容応力度設計法が採用されてきたが，前回改訂された「トンネル標準示方書シールド工法・同解説」<sup>1)</sup>（以後，トンネル標準示方書と称す）では限界状態設計法について記載された．しかし，部分安全係数には目安として幅をもたせてあり，その部分安全係数の設定の考え方に関する記述はない．

そこで，本検討ではそのうち終局限界状態における荷重係数の目安に着目し，それらの荷重係数の幅が設計の照査値へ与える影響を試計算したものである．

2. 解析ケースおよび条件

本検討では，シールドトンネルの仕様を外径が 10.0m の鉄道用複線トンネルとして検討を行った．

図-1 に地盤条件を示し，表-1 には地盤の物性値を示した．セグメントの仕様は表-2 にまとめた．表-3 には「トンネル標準示方書」<sup>1)</sup>に記載されている終局限界状態の荷重係数の目安を示す．土圧の算定には全土被り圧を採用し計算した．

解析条件として，荷重係数の組合せは 96 ケースあり，それらを用いてトンネルへの荷重を計算した．  
計算した荷重より，はりばねモデルを用いて構造解析を行って最大曲げモーメントとその時の軸力を算定した．最大曲げモーメントとその時の軸力の平均値を表-4 に示す．

本報告は，セグメント主断面に発生する最大曲げモーメントをその時の軸力に対する曲げ耐力  $M_{ud}$  (kN・m) で除した照査値を設定して検討を行い，この値から設計結果への影響の大きさを評価した．

3. 解析結果

表-5 に示したように，最大の照査値は 0.640 で最小の照査値の 0.219 の約 3 倍の値となった．図-3 は水圧の荷重係数の変化によって設計の照査値がどのように変化するかを表したものである．

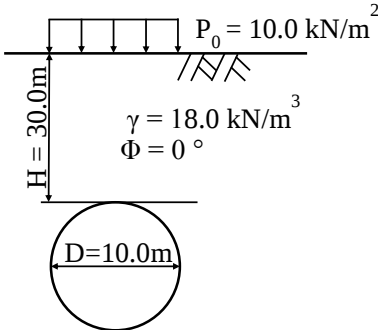


図-1 地盤条件

表-1 地盤物性値

|                               |         |
|-------------------------------|---------|
| 土被り (m)                       | 30      |
| 地下水位 (GL-m)                   | 0       |
| 土の種類                          | 締まった砂質土 |
| 土水の扱い                         | 土水分離    |
| N値                            | 30      |
| $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 18      |
| $\lambda$                     | 0.45    |
| k (MN/m <sup>3</sup> )        | 30      |

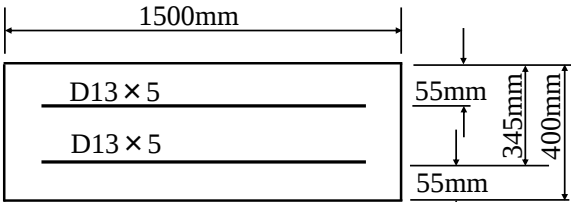


図-2 セグメントの寸法断面

表-2 セグメントの仕様

|             |                         |       |
|-------------|-------------------------|-------|
| セグメントの種類    |                         | RC平板型 |
| セグメント幅b(m)  |                         | 1.5   |
| セグメント分割数    |                         | 8等分割  |
| リング継手数      |                         | 32    |
| セグメント厚さh(m) |                         | 0.4   |
| 鉄筋量         | 鉄筋量(As)                 | D13×5 |
|             | 有効高さd <sub>1</sub> (mm) | 55    |
|             | 有効高さd <sub>2</sub> (mm) | 345   |

表-3 荷重係数の目安

|        |         |
|--------|---------|
| 全土被り圧  | 1.05    |
| 側方土圧係数 | 0.8～1.0 |
| 水圧     | 0.9～1.0 |
| 地盤反力係数 | 0.9～1.0 |
| 自重     | 1.0～1.1 |
| 上載荷重   | 1.0～1.3 |

表-4 最大曲げモーメントと軸力

| 最大曲げモーメント     |        |
|---------------|--------|
| 平均値(kN・m)     | 243.52 |
| 最大曲げモーメント時の軸力 |        |
| 平均値(kN)       | 2339.2 |

表-5 最小の照査値と最大の照査値

| 最小の照査値 | 最大の照査値 |
|--------|--------|
| 0.219  | 0.640  |

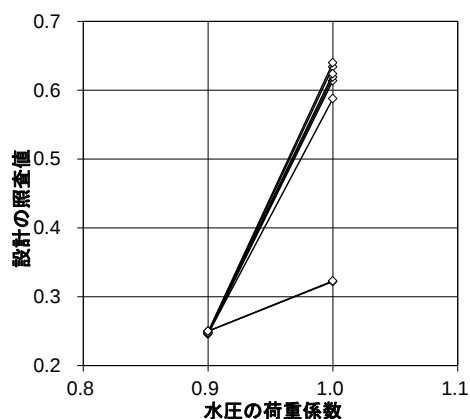
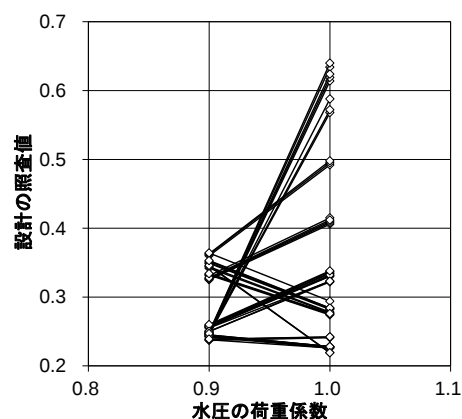
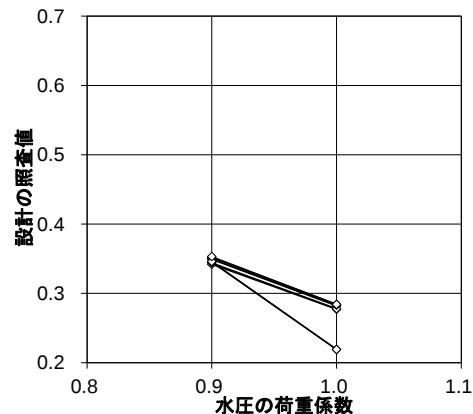
図-4 水圧の荷重係数と照査値の関係  
(側方土圧係数 0.8, 地盤反力係数 1.0)

図-3 水圧の荷重係数と照査値の関係

図-5 水圧の荷重係数と照査値の関係  
(側方土圧係数 1.0, 地盤反力係数 0.9)

水圧の荷重係数が0.9の場合には、設計の照査値のばらつきが小さいが、1.0にすると設計の照査値のばらつきが非常に大きくなることから分かる。また0.9から1.0へ変化することによる設計の照査値の変化に明確な傾向がない。そこで、水圧の荷重係数が0.9の場合に設計の照査値が0.3以下で1.0の場合に0.6程度になる場合の水圧以外の荷重係数について、詳細にケースを絞り込んだところ、側方土圧係数の荷重係数が0.8で地盤反力係数の荷重係数が1.0とした組合せであることが分かった。そこで、図-4に側方土圧係数の荷重係数が0.8で地盤反力係数の荷重係数が1.0の組合せを抽出して水圧の荷重係数と設計の照査値との関係を示した。図-4から、この荷重係数の組合せのケースでは水圧の荷重係数が0.9から1.0に変化するのに対して、ほとんどの場合で設計の照査値も大きく増加することが分かる。次に、水圧の荷重係数が0.9から1.0になるとき、設計の照査値が減少する場合の水圧以外の荷重係数について確認したところ、側方土圧係数の荷重係数が1.0で地盤反力係数の荷重係数が0.9の組合せであることが分かった。図-5に、側方土圧係数と地盤反力係数の荷重係数を1.0と0.9にした場合のケースを抜き出して示した。この図から、水圧の荷重係数が0.9から1.0に変化することで設計の照査値が0.35から0.3以下に減少していることが分かる。

#### 4. まとめ

今回の検討で、水圧の荷重係数は設計の照査値に大きく影響を与えることが分かった。また、側方土圧係数と地盤反力係数の荷重係数の組合せによって設計の照査値の変化の傾向が大きく異なることも判明した。したがって、水圧と側方土圧係数、地盤反力係数の荷重係数は設計結果への影響が大きい可能性がある。

今後は、シールド径と地盤条件を変え、同様の傾向があるか確認した上で、設定に必要な水圧と側方土圧係数、地盤反力係数の荷重係数の合理的な設定方法を解明する予定である。

#### 【参考文献】

- 1) 土木学会トンネル工学委員会：2006年制定，トンネル標準示方書[シールド工法]・同解説，pp247-282