

営業線シールドトンネル直上における土留め工の計画と設計 - その2

小田急電鉄株式会社複々線建設部	兜 俊彦
小田急電鉄株式会社複々線建設部	上野 修彦
小田急電鉄株式会社複々線建設部	小寺 和己
大成建設株式会社東京支店	正会員 大石 憲寛
大成建設株式会社東京支店	正会員 ○尾関 孝人

4. 根入れ無部の地盤改良

前稿で述べた根入れ無部Ⅱについては、根入れが極端に短く受働抵抗が確保できず（受働地盤の全塑性化）、図7-aに示すように根入れ部の変形が大きくなり土留めの安定性を損なう可能性がある。また、土留め根入れ部の変形が大きくなることで、先行薬液注入範囲との縁が切れて出水するリスクも想定される。

そこで、受働地盤の全塑性化を防止するため、根入れ無部Ⅱについては高圧噴射攪拌工法による地盤改良を行う方針とした。改良体範囲の低減を目的として全面ではなく格子状に配置を行ったが、このように地中梁としての効果も改良体に付与することで、受働地盤の全塑性化を防ぐだけでなく、根入れ不足箇所の下端変位の抑制も期待できる（図7-b, c参照）。図5に根入れ無部Ⅱの設計断面の一例を、図6に地盤改良範囲の概要図を、図7に地盤改良を有無による土留め壁の変形図を比較したものを示す。

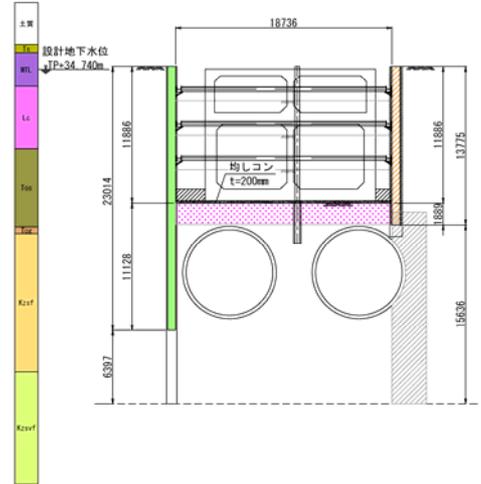


図5 根入れ無部Ⅱの設計断面の一例

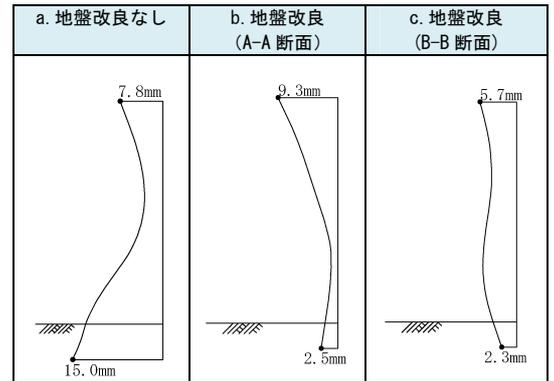


図7 土留め壁(根入れ無部)変形比較図

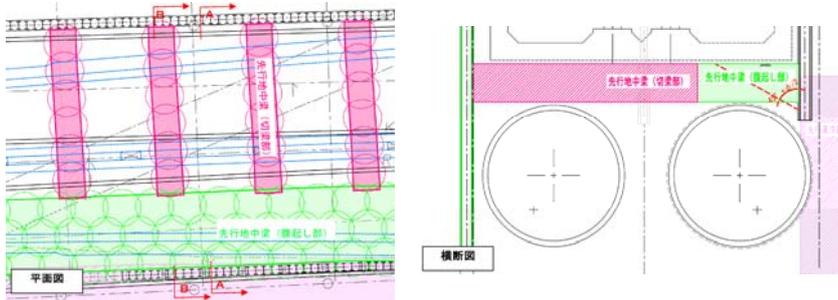


図6 地盤改良範囲概要図

5. セグメントによる受働地盤の緩みの評価

根入れ無部・根入れ有部ともに、上部掘削によりシールドトンネル上部の土被りが非常に小さくなる区間がある(最小土被り:約0.6m)。そのため、前稿の表1の緩み分布図に示すように、土留壁受働側の地盤に緩み領域が拡大し、土留壁の挙動に変形増大などの影響を与えることが想定される。このリスクは通常の弾塑性解析では評価できないため、FEM解析により掘削側の地盤の緩みを定量的に評価し、弾塑性解析における土質定数の低減を行うものとした。

セグメント低土被りの影響による掘削側地盤の緩みを評価するため等価緩み係数R'を用いた。図8に示すように、地盤の非線形性を考慮した電中研法によりFEM解析を行い、緩み係数を算出した。

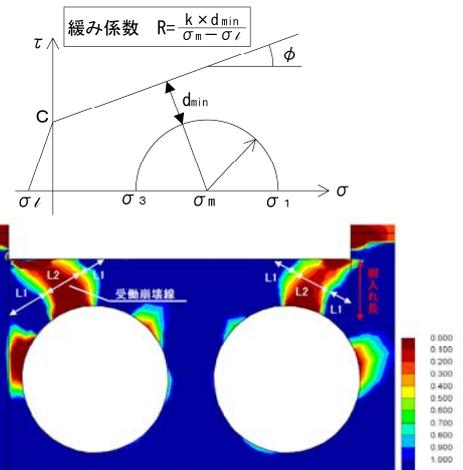


図8 緩み係数の算定モデル

キーワード 鉄道トンネル, 営業線, シールド, 土留め

連絡先 〒155-0033 東京都世田谷区代田2-31-27 小田急電鉄(株)複々線建設部下北沢工事事務所 TEL03-5431-1670

このとき、根入れ長に対して受働崩壊線を想定し、範囲L1を健全領域、範囲L2を緩み領域とし、下式により、加重平均をとって、等価緩み係数R'を算出した。

$$R' = L1 / (L1 + L2) \times R1 + L2 / (L1 + L2) \times R2$$

次に、シールド土被りと緩み係数の関係性を評価するためシールド上部土被り毎にFEM解析を行い、シールド土被りに応じた土留受働地盤の等価緩み係数R'を算出した。図9にシールド土被りと等価緩み係数の関係を示す。なお、 $\Delta R'$ とはセグメントが有る場合と無い場合の等価緩み係数の差分であり、セグメントによる等価緩み係数の変化量を表している。

このようにして算定した等価緩み係数R'を用いて土質定数の補正を行った。その際、FEM解析と弾塑性解析において土留め壁が近い挙動を示すよう土質定数の補正方法についての検討を実施し、粘着力Cおよび地盤ばね定数kにこの等価緩み係数R'を乗じる補正方法を採用することとした。

6. シールドトンネルと土留め壁の相互作用ばねの評価

根入れ有部は、土留め壁とシールドが近接しているため、前稿の表1に示すようにシールド周辺部の地盤ばね定数についてシールドセグメントの影響を考慮する必要がある。

そこで、図11に示すように、受働崩壊線以浅の地盤ばねは通常の地盤ばね、受働崩壊線以深の地盤ばねはシールドトンネル側方地盤ばねとして評価するものと仮定した。

また、シールドトンネル側方地盤ばねの算定は以下のように行った。図12に示すように、シールドセグメントおよび周辺の地盤をばね(K=EA/L)としてモデル化し、等分布荷重Pを作用させる。シールドセグメントに生じる変位量 δ から、シールドセグメントの影響を考慮した土留め壁の地盤ばね定数(k=P/ δ):シールドトンネル側方地盤ばねを算定した。

最後に、1期工事の下北沢駅部の土留め壁の計測結果を用いて比較検討を行い、上記のように算定したシールドトンネル側方地盤ばねの妥当性を確認した。これらの結果より、2期工事範囲の根入れ有部土留め壁のシールドトンネル側方地盤ばねはこの評価手法を用いる方針とした。

7. おわりに

本工事は、現在土留め壁の構築を行っており、今後掘削および土留め支保工の架設を行っていく予定である。土留め壁および土留め支保工に対する計測を行い計測値と設計値を比較することで、工事の安全性を確保するとともに、本稿で述べた土留め設計手法の妥当性を確認する。それらについては、今後報告をさせていただきます。

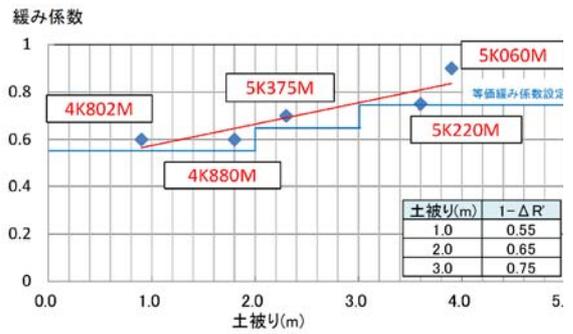


図9 シールド土被りと緩み係数の関係

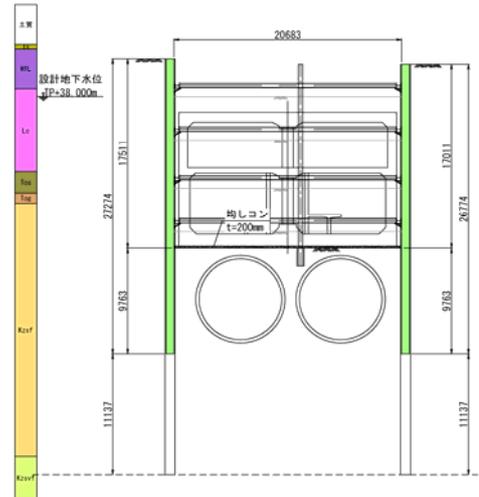


図10 根入れ有部の設計断面の一例

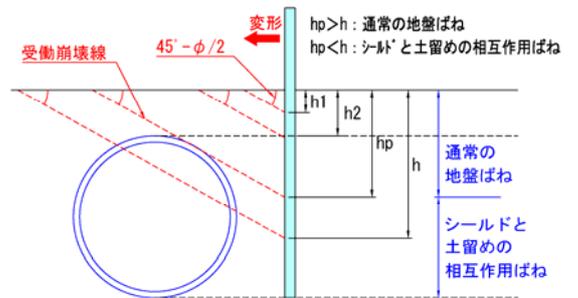


図11 シールドトンネル側方地盤ばねの作用範囲

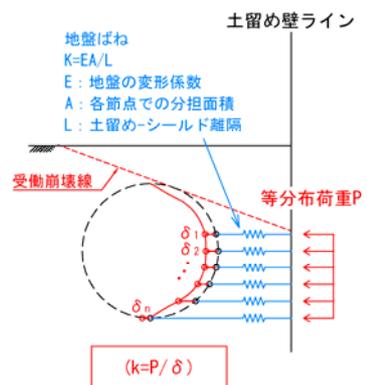


図12 シールドトンネル側方地盤ばねの算定方法