

土砂岩盤境界領域におけるセグメント設計

阪神高速道路株式会社 正会員 藤井 康男
 正会員 ○足立 幸郎
 株式会社建設技術研究所 正会員 大野 政雄
 正会員 小嶋 勉

1. はじめに

京都市道高速道路1号線（新十条通）事業における伏見シールドトンネル建設では、掘削地盤が土砂地盤から断層を経て岩盤へ変化するが、当該部におけるセグメント設計については掘削地盤条件を合理的に判断した設計を行うことが重要である。ここでは、土砂地山を想定した従来のセグメント設計法に加えて、隣接して施工されている山岳トンネル部の施工時の計測より得られている岩盤に関する知見も利用して設計検討を実施した。本稿ではその概要について報告する。

2. 境界領域部の概要と地盤特性

境界領域部の概要を図1に示す。境界領域部は土砂地山からしだいに岩が現れる No89 付近から既施工の稲荷山山岳トンネル（No.81）までの延長 130mを指す。当該部の地盤は、①地盤の状態は土砂と岩が入り組んでいる土砂部・風化部、②岩が激しく破碎されている岩破碎部、③稲荷山断層主要部、④クラックは存在するものの比較的岩の状態が優勢な岩優勢部と変化する。なお、既施工の稲荷山山岳トンネル施工時の計測および逆解析において、境界領域の岩盤の地盤定数は図2の通り設定されている¹⁾。

3. 境界領域部のセグメント設計

境界領域部のセグメント設計では、岩盤の地盤状況に応じて次のような設計の考え方を採用した。ちなみに本境界領域部以西の土砂部においては、鉄道標準²⁾に沿って緩み土圧で設計を行っている。

土砂部・風化部以東の境界領域部では、岩優勢部へと次第に地盤が変化する。一般に、土砂から岩盤に変化するに伴いセグメントへの作用荷重が減少する方向であると想定されるが、このような領域における作用荷重を調査し実設計に適用した事例はない。ここでは、下記方針にて作用荷重を仮定もしくは推定し設計を実施した。ちなみに、当該境界領域部には稲荷山断層主要部が存在するが、既往の研究では過去30万年活動が認められないことから、断層運動による変位などについては考慮せず、地盤状態から土砂性状として取扱った。

①土砂部・風化部 シールドトンネル上部の岩被りが少なく土砂地山が主体であることから緩み土圧を考慮する。さらに、トンネル下半は岩盤であるため地盤バネは岩盤の剛性を考慮した地盤バネとする。

②岩破碎部 当該部も、シールドトンネル上部の岩被りが少なく土砂地山が主体であることから緩み土圧を考慮する。ここではある程度の岩被りが期待できるため、全周にわたり岩盤の剛性を考慮

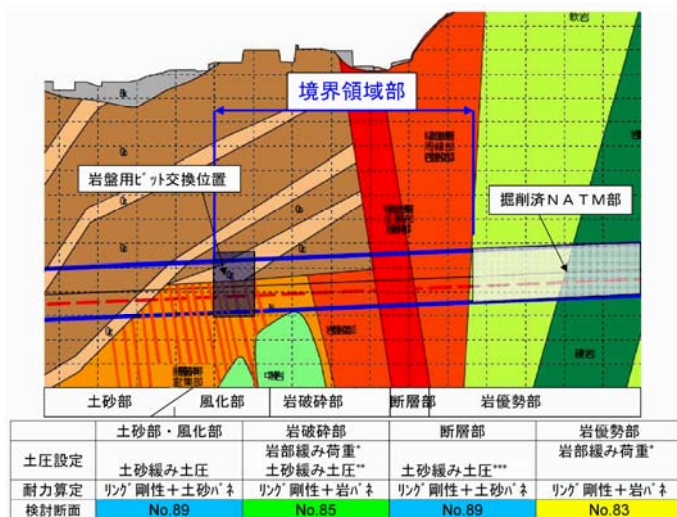


図1 境界領域の地盤モデルと設計土圧の区分

地山等級	単位体積重量 γ (kN/m ³)	変形係数 E (kN/m ²)	ポアソン比	内部摩擦角 ϕ (°)	粘着力 C (kgf/cm ²)
D II	21	100,000~300,000※	0.35	30	2

※山岳トンネル部における逆解析によりD IIの変形係数は300,000 (kN/m²)であるが、稲荷山断層周辺部でクラックが多いため、岩の変形係数は境界部の大阪層群砂礫の変形係数である100,000 (kN/m²)まで幅を持たせて検討する

図2 岩盤部の地盤定数

キーワード：シールド工法、岩盤、緩み土圧、設計、土圧

連絡先：京都市中京区烏丸通錦小路上ル・ TEL 075(223)1810・ FAX 075(223)5898

した地盤バネを考慮する。

③断層主要部 稲荷山断層部分で岩盤が激しく破碎されていることから、岩盤としての剛性は期待できないと考え土砂部相当とする。

④岩優勢部 D II 等級の岩盤であるがクラックが多く存在する。従って、後述の解析によりセグメントへの作用荷重を推定する。全周にわたり岩盤の剛性を考慮した地盤バネを考慮する。

4. 岩盤部での作用荷重の推定

当該岩盤部では、シールドマシン転回坑が NATM 工法により既に施工されている。その施工時に得られている地盤の緩みに関する計測結果や、岩盤部の地盤定数等の逆解析結果等を参考とし、地盤に関する FEM 解析によりセグメントに作用する荷重の推定を行った。解析モデルを図 3 に示す。解析は、シールド施工手順に沿って 5 ステップで実施した。地山の応力開放率については、土砂地山において一般的に用いられている 10%、および転回坑 NATM 施工時での逆算推定値 50%を用いた。図 4 に示す算定式 ④

より求めた限界ひずみを解析による地盤のせん断ひずみが越えた部分を緩み領域と設定して解析を行ったところ、図 5 に示すとおり、応力開放率 10%ではゆるみ領域は発生せず、50%では最大で高さ 4m 程度のゆるみ領域が発生する結果となった。応力開放率 50%は非常に大きな値と考えられるが、地盤剛性および応力開放率については未確定な点が多いことから、ここでは安全側の設計として 4 m の緩み荷重を考慮した。

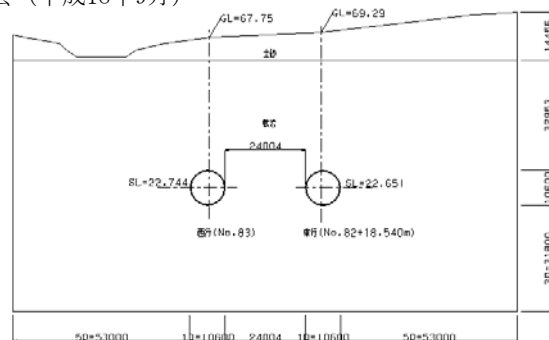


図 3 解析モデル

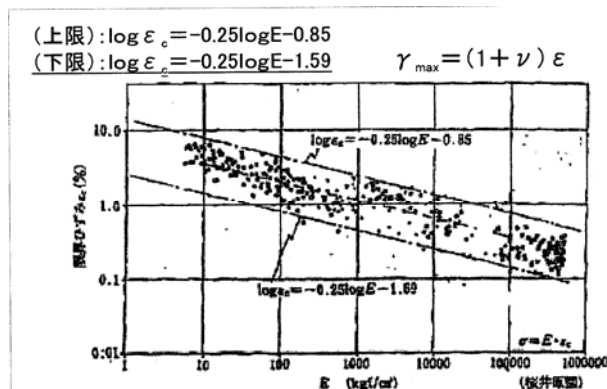
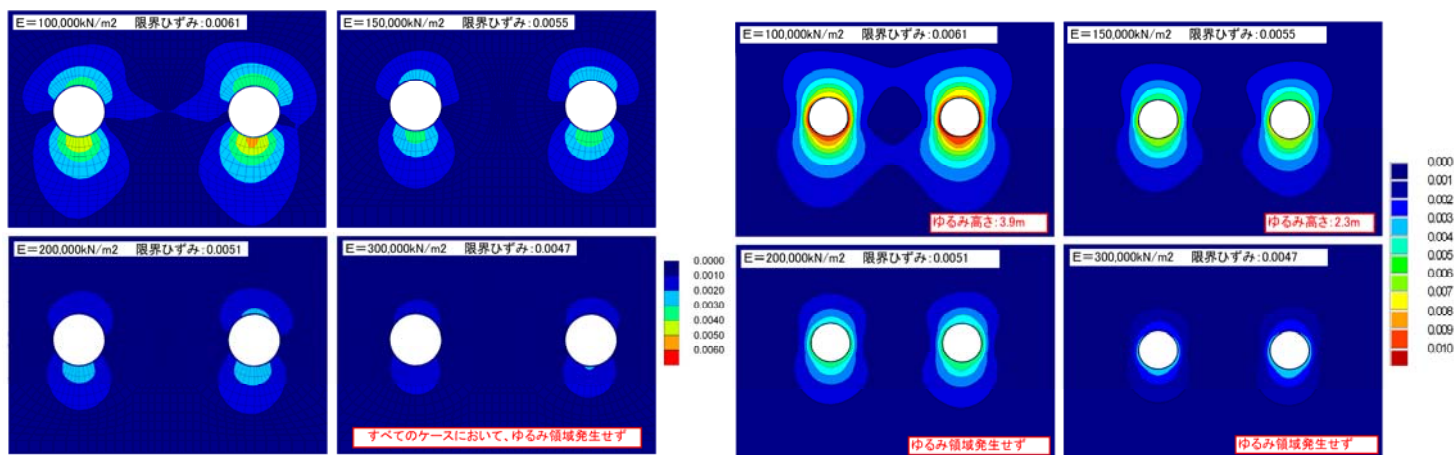


図 4 限界せん断ひずみの算出式 ($\gamma_{\max}$)



(a) 応力開放率 10%

(b) 応力開放率 50%

図 5 FEM ステップ解析結果

5. まとめ

土砂岩盤境界領域部にセグメントの合理的設計の一検討として岩盤部における作用荷重の推定を行った。当該工事では嵌合方式の合成セグメントを使用しているが、岩優勢部では隣接する土砂部のそれと比較して鋼部材重量を 30% 程度軽くすることができ、コスト削減を達成することができた。今後、実施工において土圧計測を行い、セグメントへの作用荷重の検証を実施する予定である。

(参考文献) 1) 西岡、仲、福田、青柳：京都市街地のシールド転回用大断面 NATM (京都市道高速道路 1 号線稲荷山トンネル)、トンネルと地下、2003 年 6 月 2) 鉄道構造物等設計標準・同解説 (シールドトンネル)、鉄道総合技術研究所、1997 年 8 月 3) 岡田、東郷：近畿の活断層、東京大学出版会、2000 年 3 月 4) 桜井、川島、大谷、松村：トンネル安定性評価のための限界せん断ひずみ、土木学会論文集 No.493/III-27, pp.185-188 1994 年 6 月