

半断面先進によるURT幅広エレメント推進時の変位抑制効果の検討

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○正直 貴彦
 正会員 深田 隆弘
 フェロー 長山 喜則

1. はじめに

線路下非開削工法のうちURT工法PCボックス形式は、横断延長の長距離化、多様な断面への対応可能性の点で、優れた工法のひとつである。URTエレメントの推進において、掘削・排土作業の効率アップや止水上の弱点となる継手部の減少、そして工期短縮などを目的として、標準エレメント(幅1m)に代えて幅広エレメント(幅2m)の使用が求められる。一方で幅広エレメントの使用は、地盤の緩みを大きくし、切羽の崩壊リスクを増大させる。

幅広エレメントと同等の作業性を確保しつつ、切羽の崩壊リスクを抑えることのできる推進方法として、幅広エレメントの半断面を先行させて推進する方法(以下、「半断面先進工法」という)を提案する。このような工法による地盤の影響解析を実施した事例は少ない。そこで本研究では、半断面先進工法による変位抑制の効果を、3次元完全弾塑性有限要素解析により定量的に評価する。

2. エレメント推進のモデル化と解析ケース

標準エレメント(幅1m)、幅広エレメント(幅2m)、幅広(半断面先進)エレメントによる推進工程を3次元完全弾塑性有限要素解析(解析ソフト:Soil Plus2014)により再現するために、次のようにモデル化を行った。半断面先進工法は、本来エレメント先端に取り付けた刃口の半断面が突出して推進していくものであるが、解析上は段階的にエレメントが挿入されていくモデルとして考える。

(1) 地盤とエレメント:掘削する地盤の物性値は標準的な鉄道盛土の設計用値¹⁾として表-1のとおりとし、モール・クーロンの破壊基準による完全弾塑性材料とする。領域は10m×10m×10m、解析上の境界条件は、側面はそれぞれ法線方向のみ固定、底面は3方向(x,y,z方向)すべて固定とする。エレメントは鋼製の板要素として扱い、その物性値は表-1のとおりである。

メッシュの分割は、地盤の外縁は1.0m、エレメントは0.5mピッチとした(図-1)。

(2) 解析ケース:ケース0:標準エレメント, ケース1:幅広エレメント, ケース2:半断面先進(先進量1.0m), ケース3:半断面先進(先進量0.5m)の4ケースとする。

地盤掘削とエレメント挿入は、まず掘削解放率50%で1m掘削した後、エレメントの挿入、その後残りの掘削解放率50%の掘削を行うことで、推進の手順を実際に近づけるようにする。この地盤掘削とエレメント推進を繰り返していくこととなる。図-2に、3つの解析ケースとそれぞれの推進ステップ(数字は掘削順序)を示す。

(3) 変位の着目点:切羽が境界条件の影響を受けないように、地盤の側面から5mに達する箇所を変位の観察断面(以下「Y5断面」という(図-2))とする。この断面におけるエレメント上部0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m, 3.0m付近の地盤の鉛直変位量(以下「変位量」という)について各ケースの比較を行う。

なお、ケース2, 3の変位量は、掘削相当外力をケース1と同等とするため、先行および後続のエレメントがY5断面に到達した時の変位量を平均した値とする。

表-1 地盤とエレメントの物性値

地 盤	弾塑性材料, N 値 5 相当 単位体積重量: 16 kN/m ³ 変形係数: 3500 kN/m ² 粘着力: 3kN/m ² 内部摩擦角: 30°
エレメント	鋼製, 板厚: 19mm 単位体積重量: 77 kN/m ³ 弾性係数: 2×10 ⁸ kN/m ²

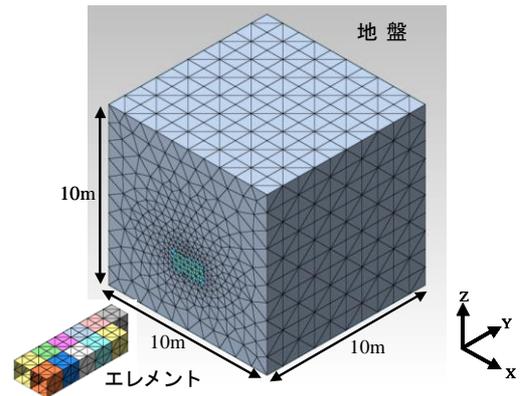


図-1 地盤とエレメントのメッシュ

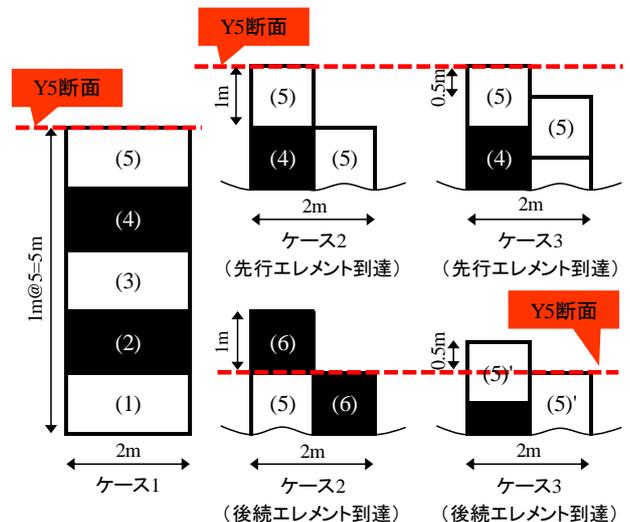


図-2 解析ケースと推進ステップ

キーワード URT工法, 幅広エレメント, 弾塑性有限要素解析
 連絡先 大阪府大阪市淀川区西中島5-4-20 電話 06-6100-0048 FAX 06-6100-0054

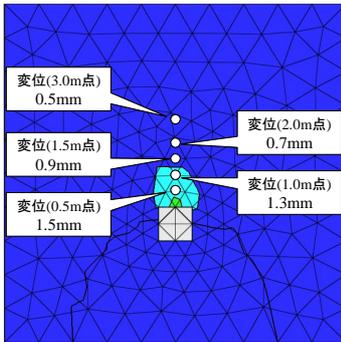


図-3 ケース0

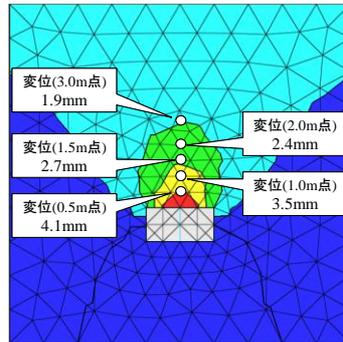


図-4 ケース1

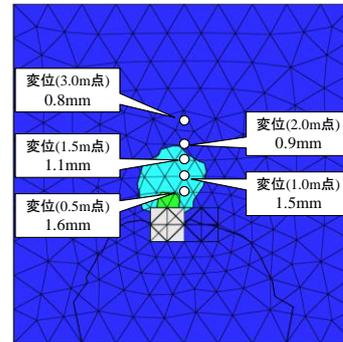


図-5 ケース2 (先行エレメント到達)

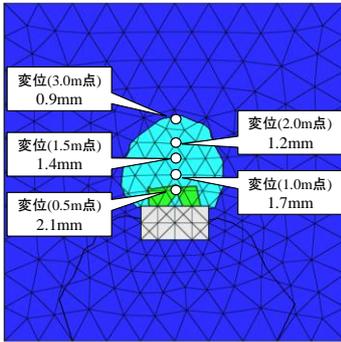


図-6 ケース2 (後続エレメント到達)

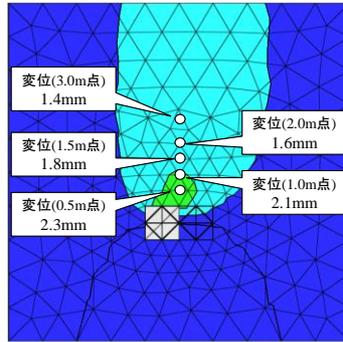


図-7 ケース3 (先行エレメント到達)

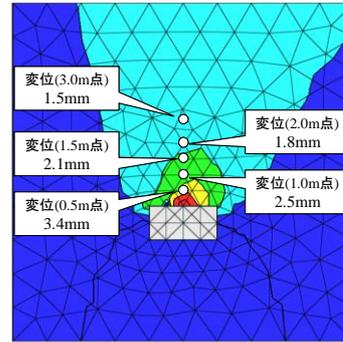


図-8 ケース3 (後続エレメント到達)

単位 : m

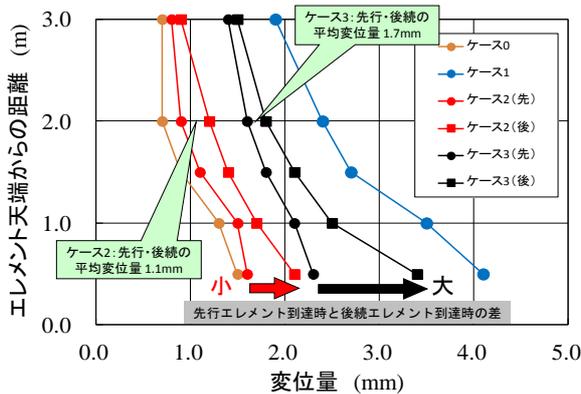
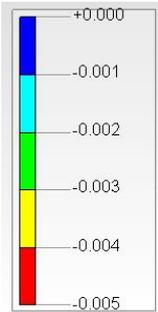


図-9 エレメント上部の変位量

3. 解析結果と考察

各ケースの Y5 断面における変位量のコンター図を図-3 から図-8 に示す。また各ケースの着目点での変位量を図-9 にまとめて示す。

まず標準エレメント (幅 1m, ケース 0) と幅広エレメント (幅 2m, ケース 1) の結果比較 (図-3 vs 4) から、それぞれの Y5 断面着目点での変位量に大きな差 (例えば 1.0m 点で 1.3mm と 3.5mm) がみられる。幅広エレメントの推進は標準エレメントの場合に比べて、地盤を大きく緩めることとなり、切羽の崩壊リスクが大きくなる。

次に半断面先進 (ケース 2, 先進量 1.0m) による変位抑制の効果を、ケース 1 の幅広エレメント全断面推進と比較する (図-4 vs 5, 6)。例えば、ケース 2 の先行および後続エレメント到達時の 1.0m 点の変位量は、それぞれ 1.5mm, 1.7mm であり、いずれもケース 1 の 3.5mm よりも小さい。また後続エレメント到達時には先行エレメントはすでに 1m 前方に進んでいるので、切羽の解放断面は半分となっている。よって半断面先進工法は、全断面推進よりも切羽崩壊のリスクを小さくすることができる。

さらにケース 2 とケース 3 の比較 (図-5, 6 vs 7, 8) から、半断面先進工法の先進量 1.0m と 0.5m の違いについてみる。図-9 から、ケース 2 の先行エレメント到達時と後続エレメント到達時の 2.0m 点の平均変位量が 1.1mm であるのに対して、ケース 3 は、同 1.7mm となっている。先進量 1.0m に比べ、先進量 0.5m は先行掘削の影響が大きくなり、後続掘削時の変位量も大きくなる。しかしケース 1 の幅広エレメントと比較した場合、先進量 0.5m でもかなりの変位抑制効果が見られる。実際の現場施工をイメージした時に、先進量 1.0m の刃口の内部空間は標準エレメントに近く、先進量 0.5m の刃口とする方が幅広エレメントの内部空間に近づけることができる。

以上の結果から、先進量 0.5m による半断面先進工法でも、幅広エレメントの推進に比べ変位抑制効果があり、掘削・排土の作業性に富んだ現実的な工法であると考えている。

4. まとめ

- 1) 半断面先進によるエレメント推進は、幅広エレメントの全断面推進より地盤の鉛直変位量を小さくことができ、切羽崩壊のリスクを小さくすることができる。
- 2) 半断面先進の先進量を 0.5m 程度とすることによっても、変位を抑制しつつ、幅広エレメントと同程度の内部空間を確保でき、掘削・排土作業の効率アップが期待できる。
- 3) 今後は、半断面先進工法 (先進量 0.5m) について、エレメント推進時の局所安全率や崩壊する可能性のある土量などに着目し、切羽の安定性を定量的に評価するための検討を行っていく。

参考文献

1) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物, p.57, 2013.5.