

トンネル上半脚部の地盤改良による沈下抑制効果

大阪工業大学大学院	学生員	東 亮太
大阪工業大学工学部	正会員	長谷川昌弘
大阪工業大学工学部	正会員	吉岡 尚也
大阪工業大学大学院	学生員	林 久資
大阪工業大学大学院	学生員	菅 浩亮

1. 研究目的

従来シールド工法の適用範囲であった都市部の浅い軟弱な地山条件下でも、補助工法を併用することにより NATM で掘削・構築が可能となった。しかし、補助工法の併用は資源を多用し、補助部材の廃棄による環境負荷を大きくする。さらに補助工法の効果は十分に解明されていないのが現状である。このような地山条件下でトンネルを掘削するには切羽の安定対策や地表面の沈下対策などを考慮しなければならない。本研究では、数ある補助工法の中から、上半脚部下の地盤を改良した工法に着目し、トンネル掘削が地表面沈下量・天端沈下量・上半脚部の沈下量に及ぼす影響を把握することを主たる目的とした。

2. 解析概要

2-1. 解析に用いた工法

補助工法の効果を解明するための掘削工法を、図-1(a)(b)のように設定した。図-1(a)はベンチ長 10m のショートベンチカット工法、(b)は上半脚部に改良体(改良体の形状は 1.5m × 1.5m の正方形断面とし、切羽進行に伴い 1m 先行して改良)を設けた工法である。この二つの工法を都市部の軟弱な地山条件下で適用し施工した場合、地表面沈下などがどのような影響を受けるのかを理解するために数値解析を行った。

2-2. 解析領域および境界条件

トンネルは道路トンネルの D_aタイプで掘削されるものとし、その土被りを 20m に設定した。トンネルインバートより下部は 35m、横断方向は 50m、奥行き方向はトンネルを 50m まで掘削するものとし、100m に設定した。境界条件については、地山側面は横断方向、前面と背面は縦断方向、底面は上下方向に拘束し、地表面は自由とした。

2-2. 入力定数および力学モデル

浅い土被り下で施工された事例を既住の文献より調べた。図-2 は、地山の粘着力 c と内部摩擦角 ϕ の関係を表したものである。プロットされた粘着力 c の多くは 200kN/m² 以下に集中していることがわかる。図-2 より、解析に用いる地山の強度定数については粘着力 c を 150kN/m²、内部摩擦角 ϕ を 10°に設定した。地山の变形係数 D は 40000kN/m²、単位体積重量 γ は 15kN/m³ と設定した¹⁾。改良部分については、ケース 1 では内部摩擦角 ϕ を 20°に、ケース 2 では内部摩擦角 ϕ を 20°、粘着力 c を 200kN/m² に増加するものとした。また、改良部分の变形係数 D は地山の 3 倍の 120000kN/m² になるものとした。鋼製支保工はトンネル標準示方書²⁾、吹付けコンクリートは土屋ら³⁾、コンクリート標準示方書⁴⁾の値を用いた。

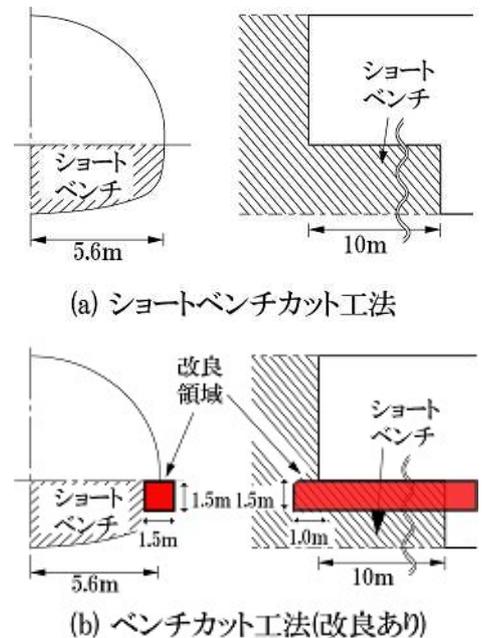


図-1 解析に用いた工法

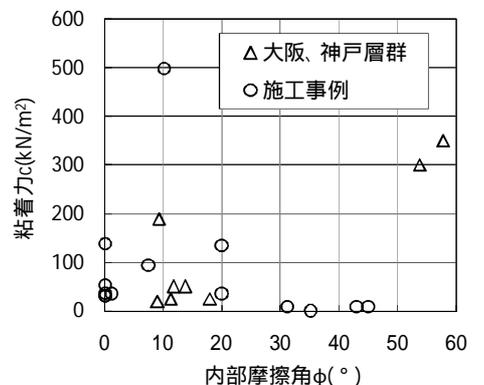


図-2 c と ϕ の関係

キーワード 沈下対策, 地盤改良, 数値解析

連絡先 〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学大学院 TEL 06-6954-4109

地山の力学モデルは弾完全塑性体とし、降伏の判定にはモール・クーロンの降伏基準を用いた。また鋼製支保工はビーム要素、吹付けコンクリートはシェル要素でモデル化を行った。解析は、ステップ 1 で地山の初期応力解析を行い、ステップ 2 でトンネルを 50m まで 1m ずつ掘削を行った。また、鋼製支保工と吹付けコンクリートは一間遅れで施工されるものとした。

3. 解析結果および考察

図-4, 図-5, 図-6 はそれぞれ坑口から 20m 地点における地表面沈下量, 天端沈下量, 上半脚部の沈下量を上半切羽の位置との関係で示している。以下に, それぞれの沈下量についての結果と考察を述べる。

(1)地表面沈下量

図-3 より, 上半脚部に改良を行った場合は行っていない場合に比べると最終沈下量が最大で約 4mm 抑制されていることがわかる。さらに, 粘着力が 200kN/m², 内部摩擦角が 20°に増加した場合には, 内部摩擦角のみが 20°に増加した場合よりもさらに抑制効果が大きくなっている。

(2)天端沈下量

図-4 も図-3 と同様の傾向が見られる。粘着力・内部摩擦角とも増加した場合には約 6mm の沈下抑制効果があり, 内部摩擦角のみが増加した工法では約 4mm の沈下抑制効果がある。

(3)上半脚部の沈下量

図-5 も図-3, 図-4 と同様の傾向が見られる。粘着力と内部摩擦角の両方が増加している場合には約 6mm, 一方, 内部摩擦角が増加した場合は約 4mm の沈下抑制効果がある。

上半脚部については, 切羽の進行がトンネル坑口より 20m 地点に達した時点で約 7mm 隆起している。この隆起現象は, 切羽手前より前方地山における鉛直方向の応力が大きくなっていることに起因したものと考える。

このように上半脚部下の地盤を改良すると脚部地盤の強度・変形特性が増加し, グランドアーチが形成されやすくなり地表面沈下量の抑制に寄与したものと推察される。また, 粘着力と内部摩擦角が増加した工法の方が, 内部摩擦角が増加した工法より沈下抑制効果が大きくなることもわかった。

4. まとめ

三次元数値解析を通じて得られた結果より, 上半脚部地盤の改良は地表面沈下量, 天端沈下量, 上半脚部の沈下量抑制に効果があることがわかった。

5. 参考文献

1)東亮太他：浅い土被り下におけるトンネル地表面対策, 平成 21 年度土木学会関西支部年次学術講演会(投稿中)。2)土木学会トンネル工学委員会：トンネル標準示方書〔山岳工法〕・同解説, pp.84-86, 2006。3)土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書〔設計編〕, pp.17-40, 1997。4)土屋敬：トンネル設計のための支保と地山物性に関する研究, 土木学会論文集, No.364/ -4, pp.31-40, 1985。

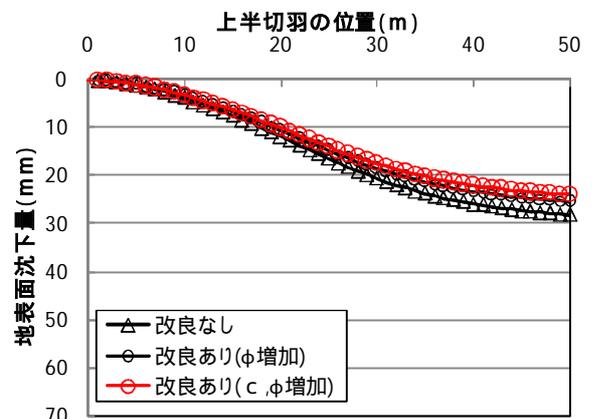


図-3 地表面沈下量

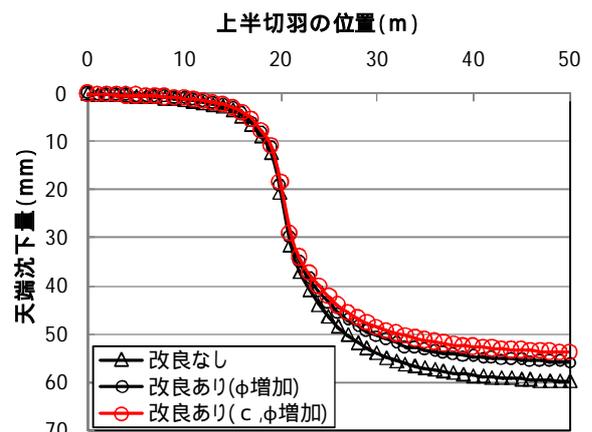


図-4 天端沈下量

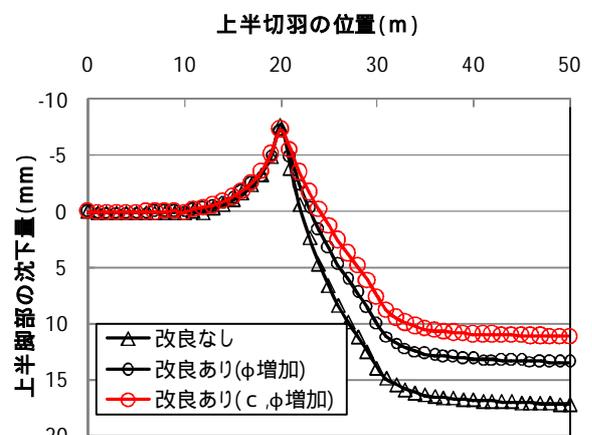


図-5 上半脚部の沈下量