

低土被りでの先受け工法の沈下抑制効果に関する解析的検証

(株)大林組 正会員 ○粕谷 悠紀 正会員 山本 彰
正会員 杉江 茂彦 正会員 稲川 雄宣

1. はじめに

シールド工法や推進工法を用いて低土被りで地盤を掘削する場合には、地表面への影響を軽減させるとともに、地盤の中抜けや陥没を防止させるための補助工法として、山岳トンネル工事で使用する先受け工法が有効と考えられる。そこで、本報では、図-1 に示すような先受け工法の補強体の設置間隔や土被り厚を変化させた場合の地盤への影響について、FEM 解析による検討を行った。

2. 解析概要

2. 1 解析モデル 図-2 に対象とした範囲の解析モデル図を示す。図-1 のトンネル掘削部分上方の補強体 2 本 ($d=0.15\text{m}$) を含む地盤領域を対象にした。解析では、表-1 に示すように、補強体の設置間隔 (ピッチ) s 、土被り厚 z を変化させている。解析に用いるモデルは 2 次元平面ひずみ問題として扱う。

2. 2 材料モデル 解析は、地盤をモール・クーロンのモデルを用いた弾塑性体と仮定し、no tension 解析¹⁾ によって実施した。表-2 に解析に用いた地盤定数を示す。地盤モデルを 2 通り (表中①, ②) 設定した。

2. 3 解析手順 解析モデルの側面を x 方向固定、底面を y 方向固定として自重解析した後、補強体部を固定する。次に、底面の固定を解除するとともに底部応力解放分の力を上向きの節点荷重として与える。以下、この作用力を応力解放力、段階的に解放させる割合を応力解放率と呼ぶことにする。この応力解放力の与え方によって、シールドマシンのチャンバー内に管理土圧を保持させた地盤の掘削過程を模擬した。加えて、地表面に等分布の上載荷重 p を段階的に与えて、地表面の沈下量 δ や鉛直ひずみ分布等を算出した。

3. 解析結果

地盤モデル①および地盤モデル②の解析結果を図-3、図-4 に示す。これは、土被り厚が 0.5m での上載荷重 p と地表面の中央位置における沈下量 δ の関係である。地中構造物の建設に伴う近接施工指針²⁾ では、沈下量の 1 次管理値を 5mm と設定している。図-3、図-4 から、ピッチが $2d$ ($s=0.3\text{m}$) および $4d$ ($s=0.6\text{m}$) では荷重を 32kN/m^2 まで載荷させても沈下量は 5mm 以内に抑制できることがわかる。また、沈下量が急激に増加する変曲点が存在しており、この段階において補強体間で地盤の中抜けが生じ、陥没の生じやすい状態であると考えられる。また、地盤モデル①では応力解放率を低くすると沈下量を抑制できる結果となっているのに対し、地盤モデル②では応力解放率

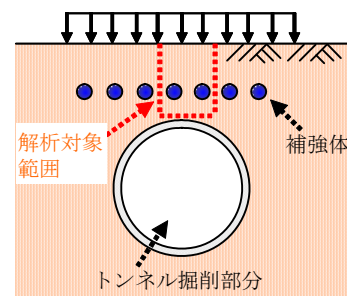


図-1 先受け工法

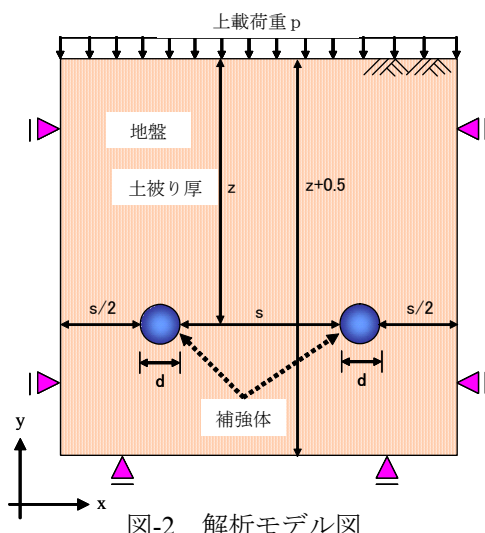


図-2 解析モデル図

表-1 解析パラメーター

項目	設定値
補強体の形状	円形 ($d=0.15\text{m}$)
補強体のピッチ	$s=2d, 4d, 6d, 8d, 10d$ $0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5\text{ m}$
土被り厚	$z=0.5, 1, 1.5, 2.0\text{ m}$

表-2 設定地盤定数

項目	記号	単位	地盤モデル	
			①	②
ポアソン比	ν	—	0.45	0.3
ヤング率	E	kN/m^2	12500	12500
単位体積重量	γ	kN/m^3	15	15
粘着力	c	kN/m^2	30	5
内部摩擦角	ϕ	$^\circ$	5	30

キーワード 低土被り, 先受け, 沈下抑制, 応力解放率, 弾塑性解析

連絡先 〒208-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 地盤技術研究部 TEL 042-495-1015

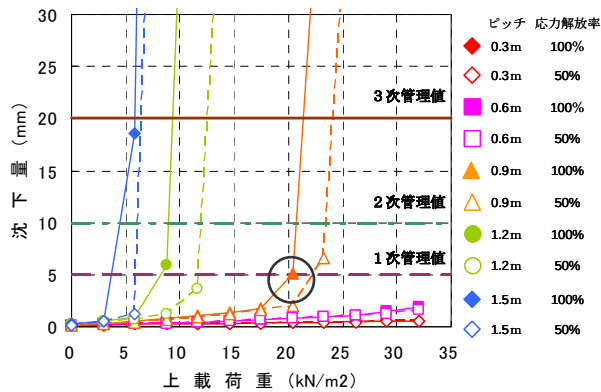


図-3 p-δ 関係 (地盤モデル①, z=0.5m)

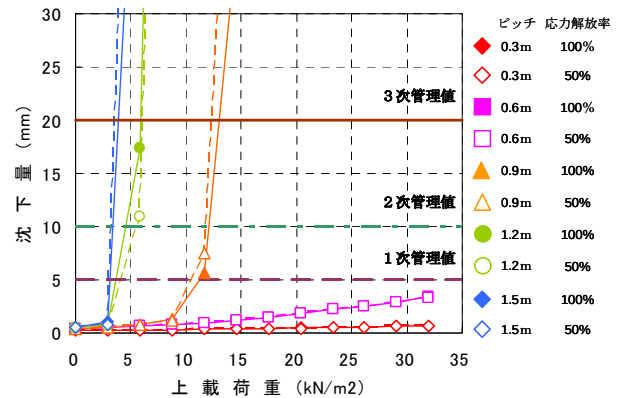


図-4 p-δ 関係 (地盤モデル②, z=0.5m)

による影響はみられない。図-3 から、ピッチが小さくなるに伴い、沈下量も抑制できる傾向がみられる。

地盤の鉛直ひずみ分布と局所安全率の分布を図-5、図-6 に示す。これらは、図-3 において○で囲ったピッチが 6d ($s=0.9m$)、応力解放率 100% のケースの変位が急激に増加する段階での結果である。図-5 中の赤色と黄色で表した部分は引張ひずみが発生した領域を表しており、補強体間で鉛直引張ひずみ領域がつながる状態となっている。一方、図-6 の局所安全率分布図をみると、地表面付近において安全率が低くなる傾向がみられる。また、補強体部を完全固定として解析を実施したため、補強体部の上方でせん断破壊が生じ、安全率が低くなっていることがわかる。

図-7 に地盤モデル①について、沈下量 δ が 5mm に到達したときのピッチ s と上載荷重 p の関係を示す。これは、図-3 で示した p - δ 関係の曲線と 1 次管理値 5mm の直線の交点を、各土被り厚 ($z=0.5\sim 2.0m$) について整理したものである。図-7 は、各曲線の右側領域では 5mm 以上の沈下量 δ を生じ、左側領域では 5mm 以下の沈下量 δ が生じることを表している。図-7 から、ピッチが狭いほど、土被り厚が深いほど地表面の沈下量を軽減できることがわかる。

4. おわりに

本解析で得られた結果を以下に列挙する。1) 土被り厚が 0.5m の p - δ 関係から、ピッチが広がると上載荷重の増大に伴い、沈下量が急激に増加する変曲点が認められる。2) 地表面の沈下量が急激に増加する段階では、補強体間で鉛直引張ひずみ領域がつながった状態となる。3) 補強体のピッチが狭いほど沈下抑制効果は大きくなり、土被り厚が深いほど地表面の沈下量が小さくなる。本報では、施工後の補強体を完全固定とみなして FEM 解析を行ったが、実際は補強体自体が下方方向に変位することにより地表面の沈下量も増大すると考えられる。今後の検討課題とした。

参考文献 1) Zienkiewicz, o.c., Valliappan, S. and King, I.P. : Stress Analysis of Rock as a 'No Tension' Material, Geotechnique No.18, pp.56-66, 1968. 2) (社)日本トンネル技術協会 : 地中構造物の建設に伴う近接施工指針, pp.105-107, 1999.2.

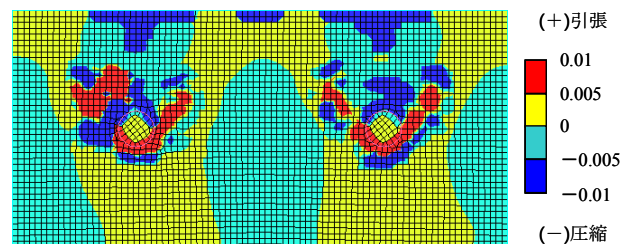
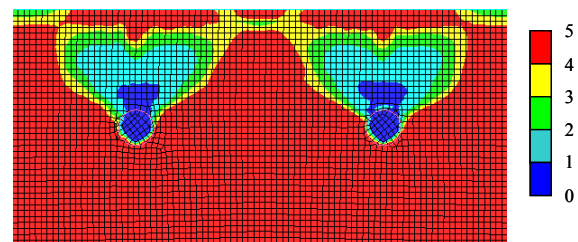
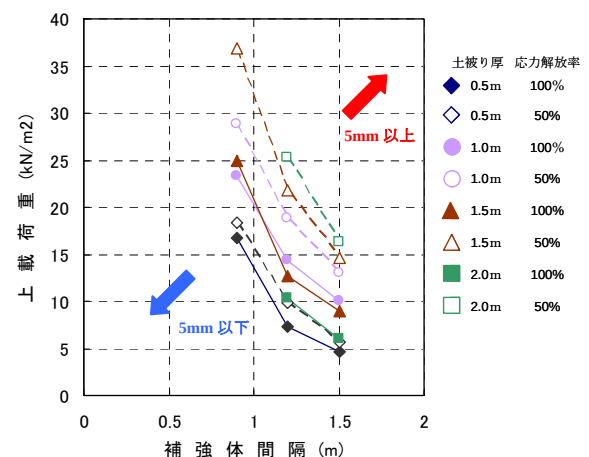
図-5 鉛直ひずみ分布 ($s=0.9m$, $p=20.4kN/m^2$)図-6 局所安全率分布 ($s=0.9m$, $p=20.4kN/m^2$)

図-7 s-p 関係 (地盤モデル①)