

都市部トンネルの近接施工による環境影響の事前評価

長崎大学工学部 正会員 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 蔣 宇静
飛鳥建設(株) 正会員 佐々木郁夫 長崎大学大学院 学生員○今長谷秀亮

1.はじめに

近年、多様な補助工法を効果的に採用することにより、土被りの薄い地山の都市部トンネルや、離隔をさほど取らない眼鏡型のトンネル近接施工など特殊立地条件下での施工事例が増加している。

そこで、本研究は土被りの薄い都市部住宅密集地という特殊立地条件下において施工されている都市部道路トンネルを対象に、掘削による地表沈下など住居環境への影響を的確に把握するために、三次元有限差分数値解析手法による事前評価に基づきトンネルの合理的設計施工を実現することを目的とする。

2.長尺先受け工の地表沈下抑制効果の評価

先受け工の沈下抑制効果を評価するために、先受け工の有無および土被りを変化させた場合の三次元掘削解析を行う。本研究では多数ある補助工法の中でも今日頻繁に採用されている長尺鋼管フォアパイリング方式を考慮した(表-1)。掘削工法は全断面掘削とし、断面形状は標準断面(掘削外径約10m)で行う。地山の特性値は、日本道路公団の地山分類のDⅠクラス程度²⁾(ヤング率 $E=278\text{MPa}$, ポアソン比 $\nu=0.35$, 粘着力 $c=0.5\text{MPa}$, 内部摩擦角 $\phi=25^\circ$, ダイレイタンスー角 $\psi=20^\circ$)を想定し、支保工打設もそれに準じた支保パターンを用いることとする。また軟岩地山は破壊後、ひずみ軟化挙動(粘着力 $c=0.25\text{MPa}$, 内部摩擦角 $\phi=20^\circ$)を呈することとする。長尺先受け鋼管は鋼管長14m, ラップ長4m, 打設範囲はスプリングラインより 120° とし、円周方向打設ピッチ(@)600mm, 外径(d)114.3mmの場合と円周方向打設ピッチ300mm, 外径139.8mmの場合で比較検討を行うこととする。解析では逐次掘削過程を表現するために、標準的な施工手順に基づき掘削は1掘削ステップ長(1.0m)毎に行い、支保工は1ステップ分遅らせて鋼製支保工を含めた吹付けコンクリートとロックボルトの打設を行う。また、先受け鋼管は10ステップ掘削毎に打設する。

長尺鋼管先受け工はトンネル掘削に先立って、切羽前方地山に鋼管を打設すると同時に、セメントミルクや薬液等の圧入により梁効果およびシェル効果を期待するものである。しかし、トンネル縦断方向に打設した鋼管の剛性により地山の安定性向上を図ることが主目的で、ブレイニングの効果(シェル効果)は補助的であり、鋼管の打設間隔や鋼管周辺地山の改良の程度によりその効果は異なるものと考えられる¹⁾。したがって、本研究ではシェル効果を見捨てる。支保モデルを図-1に示す。解析結果の一例を図-2に示すが、横軸は土被り、縦軸は先受け工の有無による空洞天端および地表面沈下抑制効果の割合である。

表-1¹⁾ ブレイニング方式別適用事例数

ブレイニング方式	事例数
スリットコンクリート方式	3
水平ジェットグラウト方式	15
長尺鋼管フォアパイリング方式	221

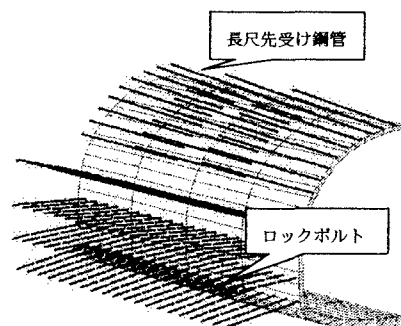


図-1 支保モデル

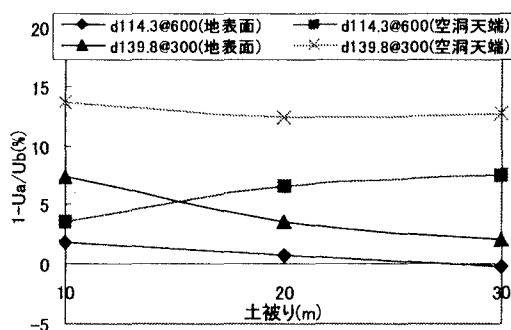


図-2 長尺鋼管先受け工による沈下抑制効果
(U_a :先受け工が有る場合の最終変位,
 U_b :先受け工が無い場合の最終変位)

の改良の程度によりその効果は異なるものと考えられる¹⁾。したがって、本研究ではシェル効果を見捨てる。支保モデルを図-1に示す。解析結果の一例を図-2に示すが、横軸は土被り、縦軸は先受け工の有無による空洞天端および地表面沈下抑制効果の割合である。

図-2から長尺鋼管先受け工による沈下抑制効果は地表面より空洞天端が大であり、わずかだが土被りが浅い方が沈下抑制効果は大きい。最も沈下抑制効果があるのはd139.8@300の場合で空洞天端の沈下を約13%抑制している。また、d114.3@600よりd139.8@300の方が沈下抑制効果が2~3倍大きい。したがって、前述した仮定とは異なり長尺鋼管先受け工の梁効果はさほど期待できないと考えられる。また、鋼管を密に打設することにより多少の沈下抑制効果が表れているため、注入もしくは鋼管を密に打設したり鋼管径の大きなものを採用したりすることにより連続または連続に近いシェル構造体を築き、明らかな沈下抑制効果が期待できると考えられる。

3.現場への適用

現場への適用として、現在長崎市に施工中のオランダ坂トンネルをモデル化し、掘削解析を行った。モデル全体図および上下線トンネルの位置関係を図-3に併せて示す。オランダ坂トンネルは、住宅密集地下に存在し最低土被りは坑口部(S断面)で約7mであり、さらに地形的制約によりB断面からC断面において上下線両トンネルの中心間距離は約3D(D:トンネル径)から2Dへと漸近するため特殊立地条件下での施工を余儀なくされている。また、2002年1月時点で、長尺鋼管先受け工を補助工法として、下り線が上り線より70~80m先行して施工が行われているが、不透水性の地山のため梁効果しか期待できない。解析結果の一例として地表面沈下量の計測結果との比較を図-4に、未掘削域での予測地表面沈下量を図-5に示す。

図-4から解析結果と計測結果は大差が無く、実地盤の挙動を適切に表現できたといえる。下り線より上り線の沈下量が大きいのは、上り線掘削時に先行している下り線が地山に与えた影響を受けたためと考えられる。また、図-5から、センターピラー部において約20mmの地表面沈下が予測され、地上環境を害する恐れがあるためセンターピラー部の注入による補強対策が必要である。

4.おわりに

長尺鋼管先受け工の沈下抑制効果を確認し、現場施工へ有用な情報を与え得るモデルの開発ができた。今後、地山条件や空洞の近接度等を考慮した解析を行い、都市部トンネル近接施工による地上環境への影響を評価していく。

【参考文献】

- 1)土木学会：トンネル・ライブラリー第10号プレライニング工法，2000． 2)土木学会編：トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説，1996．

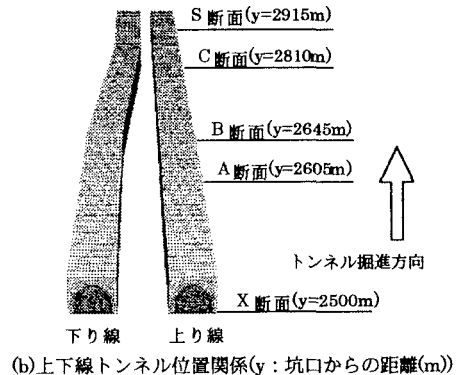
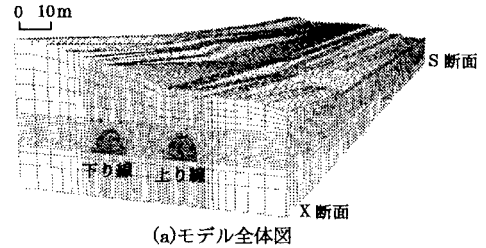


図-3 オランダ坂トンネルモデル

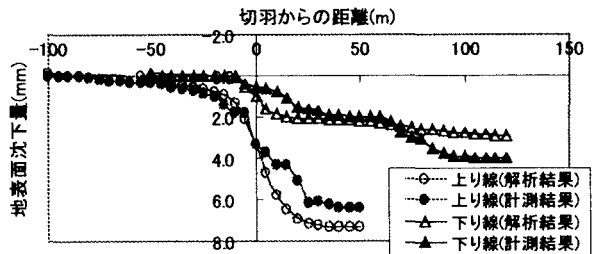


図-4 解析結果と計測結果の比較(地表面沈下量)

(切羽位置:上り線 y=2735m, 下り線 y=2815m)

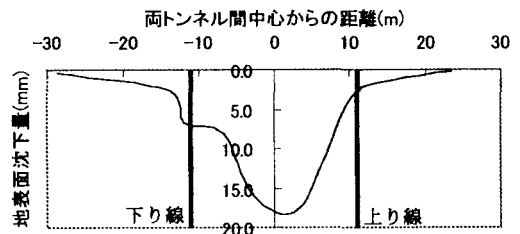


図-5 未掘削域(y=2835m)における予測地表面最終沈下量