

技術寄稿

推進施工時における異なる断面の地盤変状への影響

しまだ ひでき
島田 英樹

九州大学大学院
工学研究院教授

ささおか たかし
笹岡 孝司

九州大学大学院
工学研究院准教授

はまなか あきひろ
濱中 晃弘

九州大学大学院
工学研究院助教

1 はじめに

我が国は国土が狭い上に都市に人口や経済拠点が集中し、過密な都市構造となっている。一方、上下水道、ガス、電力、通信ケーブル等のライフラインの管理設は、この過密化した都市部の地下浅部空間に施工せざるを得ない。このような都市部の管きょ構築現場への適用を目指したものが、発展著しい推進工法である。

非開削工法のひとつである推進工法は、発進・到達立坑間において工場で製造された推進管の先端に掘進機・先導体または刃口を取付け、ジャッキ等の推進力によって管を地中に圧入して管きょを埋設する工法であると定義され¹⁾、交通量の多い道路または地下埋設物の輻湊した道路で地上からの掘削が困難な場合、軌道または河川を横断するため地上からの掘削が困難な場合、管きょの埋設位置が深いため地上からの掘削となると工事費が高む場合、さらに市街地等の周辺環境や道路占用条件から地上からの開削が適さない場合等に採用される。このような採用条件から、既設都市ライフライン構築物周辺での施工が多い推進工法は、これらの既設周辺構築物に対して、できる限り施工の影響を抑制する必要がある。

現在推進工法は、その発展過程において様々な新しい技術を取り込み、改良、創意工夫がなされて多様な工法が生まれている。近年、多くなった呼び径800～3000の大口径管推進工法は、切羽面を開放状態で掘削を行う刃口式推進工法と、掘進機に隔壁を設け密閉状態で行う泥水式、泥土圧式あるいは泥濃式推進工法に分類される。

小口径の刃口式推進工法から始まった推進工法は、大口径管推進工法へと発展するにつれて次第に密閉型機械掘削方式が採用されるようになり、その結果、大口径管推進工法は次第にシールド工法に類似した工法へと変遷を遂げてきた。一方、小口径管推進工法においては、位置計測技術や掘削方向制御技術の進歩により長距離、曲線施工という意味で飛躍的にその適用範囲を拡大している。このように推進工法は著しく進化を遂げてきたが、シールド工法のような巨大プロジェクトの主体には残念ながらなり得なかった。また、掘削方法がシールド工法に模倣していることや、既製管をジャッキで地中に押し込むという簡便な工法という発想から現場実践的に発展してきた経緯があるため、推進理論の確立においては軽視される傾向にあった。その結果、推進工法は経験工学ともいわれた時代もあったが、近

年では1kmを超える長距離施工や交角合計が180度以上の曲線施工が可能となったことにより、理論工学的にもようやく脚光を浴びはじめ、施工、管理、材料等の各分野での研究開発が進められている。

我が国の総人口は減少傾向にある一方、総人口に占める65歳以上の割合は増加の一途を辿っている。現在ではその割合は過去最高の26.0%に達し、今後も人口減少・高齢化は進行していくことが予想されている²⁾。このような状況を受け、現在人口減少・高齢化社会に向けたユニバーサルデザイン、およびコンパクトかつ機能性に優れた都市空間が求められており、ハートビル法（平成6年）と交通バリアフリー法（平成12年）を統合したバリアフリー法（平成18年）の施行によって地下歩行空間の整備等といった地下空間を有効活用した魅力ある都市づくりの構築が進められている³⁾。このため、現在我が国の都市部では、アンダーパスやバリアフリー地下通路等といった地下空間の有効活用が進められている。管きよを地下に埋設する工法として、開削工法やシールド工法といった矩形函渠構築工法が挙げられるが、これらの既存の工法は広範囲の施工領域の占有が必要であることや、工期が長く高コストであるといったデメリットがある。そこで都市部における有効な施工方法として、非開削技術である密閉型矩形掘進機を用いた推進工法、通称矩形推進工法が開発され、近年管きよの推進施工が実施されてきている。推進工法による管きよの施工は、工事公害が少なく低コストであるため脚光を浴びており、今後、大断面の管きよの推進施工も見込まれている⁴⁾。さらに、近接構造物による制約や地形条件による制約などから、多様な断面を構築する推進工法の需要が増大している。

このような社会的背景に基づき、本稿は国内外で供用されている地下インフラの構築に利用されている推進工法の多様な断面構築に向けた種々の検討例について、総括的に紹介することを目的とする。

2 大断面矩形推進工法における周辺地山の挙動

2.1 矩形推進工法における課題

近年、都市部での施工において優位である矩形推進

工法が注目を集めており、矩形推進工法を用いた小中口径の矩形函渠埋設施工の事例も増えてきている。また、今後はより大口径の矩形函渠埋設施工（大断面矩形推進）も見込まれている。しかしながら、一般的な円形管きよの推進工法等と比較すると矩形函渠の推進施工事例は少なく、特に大断面矩形推進時における周辺地山の挙動に関する学術的検討は十分になされていない。以上の観点から数値解析を実施し、まず二次元応力解析によって大断面矩形推進施工における周辺地山の挙動を把握するとともに、円形管きよと比較した場合の断面形状の相違および管径の相違による周辺地山の挙動を地山変形に着目して比較し、大断面矩形推進施工における課題を抽出した。また、大断面推進施工の際、掘削面が大きいとテールボイド保持が困難となると予想され、テールボイド変形に起因した周辺地山の变形が生じる可能性がある。そのためテールボイド保持等を目的としてテールボイドに注入される滑材の性状の相違による周辺地山の挙動の変化についても検討を行った。

図-1に本検討に用いた解析モデルを示す。解析モデルは無水層とし、対象範囲は荷重、構造系ともに左右対称であるため、高さ40m、幅40mの半断面モデルとした。また、モデルは弾性体とし、境界条件として地表面である上端面以外は面と垂直方向に固定した。地山は砂質土と礫質土の二層とし、地表面から深度15mまでを砂質土、深度15mから深度40mまでを礫質土とした（図-1）。このデータは、大断面矩形推進工法が適用された関東地区のある地域の特性値を用いたも

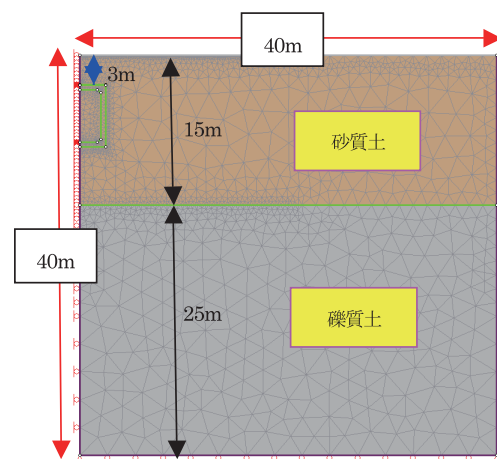


図-1 解析モデル