

総 論

矩形推進における周辺地山への影響

ささおか たかし
笠岡 孝司

九州大学大学院
工学研究院准教授

しまだ ひでき
島田 英樹

九州大学大学院
工学研究院教授

はまなか あさひろ
濱中 晃弘

九州大学大学院
工学研究院准教授

1 はじめに

近年、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¹⁾。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²⁾。

矩形きょは地下人道通路等の地下空間の構築に多く用いられる。これまで矩形きょを地下に埋設する際、主に開削工法や刃口式推進工法、シールド工法といった矩形きょ構築工法が適用されていた。しかしながら、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り、また工期も長く高コストであるため、都市部における適用は困難であった。そこで密閉型矩形掘進機を用いた推進工法であるボックス推進工法が開発された。本工法は従来の工法による周辺環境への影響や施工費などの多くの問題を解決することが可能であり、現

在注目を集めている。

近年、この矩形推進工法を用いた小口径や中口径の矩形きょ埋設施工件数は増加しており、今後より大口径の矩形きょにおける施工（大断面矩形推進）も見込まれている。しかし、矩形推進の施工事例は少数であり、特に大断面矩形推進施工時における周辺地山への影響に関する学術的検討は十分になされていない。

そこで、本報告では二次元応力解析ソフトウェアPhase2³⁾を用いて、矩形推進施工における課題を抽出するため、円形と矩形の断面形状の相違、管径の相違、矩形断面のアスペクト比（縦横比）の相違等による周辺地山の挙動の変化、および矩形推進施工に用い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種々検討を行った結果について紹介する。さらに、切羽に注入される掘削添加材の逸泥により、周辺地山の緩みを誘発し、その影響範囲が拡大する恐れがあるため、各土質における逸泥範囲について二次元移流分散解析コードDtransu-2D・EL⁴⁾を用いて、影響範囲について検討した結果についても紹介する。

2 矩形推進工法について

従来、矩形きょを用いた地下通路等を構築する工法と

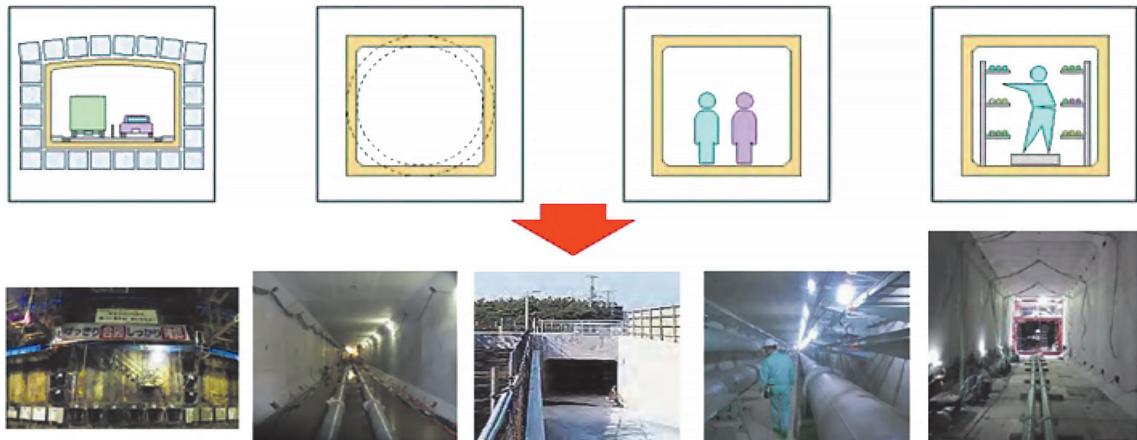


図-1 矩形推進工法の適用例

して主に、開削工法、刃口式推進工法、シールド工法が適用されてきた⁵⁾。しかし都市部での施工においては既設埋設物の影響、あるいは経済性の問題等から従来の工法の適用が困難な場合がある。そこで、密閉型矩形掘進機を用いて矩形きょを構築する矩形推進工法が開発されている⁶⁾。

本工法の適用事例としては主に、①バリアフリー地下通路の構築②電力函路や通信函路の構築③下水きょや雨水きょの構築④矩形パイプルーフ工法等が挙げられる(図-1)。矩形きょと円形管きょを比較した場合、管内の有効面積は円形管きょよりも矩形きょの方が25%程度大きくなるため、電力函路等の場合は配管の整理が行いやすくなり、メンテナンスが容易になること、下水きょ等の場合は必要な流量を確保することが容易になると考えられる。また近年の高齢化社会に向けたバリアフリー環境の整備および利便性等の観点から地下通路の増設が求められており、矩形推進工法により構築した函列はそのまま通路として利用可能となるため、施工期間の短縮が可能であるといった利点を有する。

3 矩形推進工法における周辺地山の挙動に関する検討

3.1 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しており、矩形推進工法を用いた小口径の矩形きょ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きょ埋設施工（大断面矩形推

進）も見込まれている。しかしながら、一般的な円形管きょの推進工法等と比較すると矩形きょ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。そこで、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、円形管きょ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、掘削面が大きいため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変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。

3.2 解析手法および解析モデル

図-2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。解析ステップは、実際の推進施工の施工過程を考慮し、STEP1で初期応力状態の解析を行い、STEP2で切羽圧を掘削面に作用させ、掘進機が切羽を掘削する状況を再現した。次に、STEP3で矩形