

論文要旨

区分	甲	氏名	佐藤 徹
論文題名	推進工法を用いたパイプルーフ工法の周辺地山への影響に関する研究		

論文内容の要旨

わが国においては、これまでに地下空間に様々な生活基盤の充実を図るために種々のインフラ整備を積極的に推し進めてきた。地下空間非開削築造技術の主流であるトンネルにおいても多数の施工が行われ、その中で、小・中口径パイプを組み合わせることで多様な断面を形成できるパイプルーフ工法は、鉄道、道路などの既設重要構造物の防護を図りながら安全にトンネルを築造できる技術として、各種地下構造物の築造に大きく貢献してきた。近年では、パイプルーフ工法のパイプ打設に泥水式推進工法を適用することで長距離施工が可能となり、今後も益々本技術の需要は増加する傾向にある。しかし、パイプルーフ工法が適用される最大の理由が、トンネル掘削による周辺への影響抑止であるにも関わらず、パイプルーフの施工自体による周辺への影響が発生することが幾つか報告されている。そこで本研究では、パイプルーフのパイプ打設に用いられている推進工法の地山掘削方式や注入、打設制御などの施工技術と周辺地山に対する影響との関連性を検証し、パイプルーフ工法の施工による影響の軽減を図るための技術的指針を提示し、パイプルーフ工法を利用した地下空間掘削施工技術の更なる展開の一助となることを目的とした。本研究で得られた結果を各章毎にまとめると以下のようなものである。

第1章は緒論であり、パイプルーフ工法の概要や変遷について述べるとともに、パイプルーフ工法の施工課題・問題点について整理し、本研究の目的を提示した。

第2章では、パイプルーフに採用される推進工法が多様化しパイプ打設精度が向上する中で、トンネル掘削時におけるパイプ配置の相違による周辺地山への影響とパイプ打設精度を考慮して、パイプ打設方法を決定する有効性を確認するために2次元および3次元数値解析を用いた検証を行った。この検証から、トンネル掘削時におけるパイプルーフ工法のパイプ配置の相違による地山への影響は大きく、トンネルとパイプの間隔およびパイプ同士の間隔を狭くすることは、いずれも破壊領域を減少させ、地表面沈下を抑制する効果が高いことが判明した。この結果は、パイプルーフの打設精度を考慮してパイプ打設方法を選定する有効性が高いことを示している。

第3章では、パイプ打設時の地山掘削による周辺地山への影響は、パイプ打設後に行われるトンネル掘削により生じる影響と比べて、それ以上となる場合もあるため、この解明のために推進工法における掘削方法をモデル化した3次元数値解析を実施・検討した。その結果、周辺地山への影響が最も小さい工法は、掘削切羽や余掘りへの適正な加圧により沈下量を抑制できる泥水式推進工法であることが明らかとなった。また、余掘りへの加圧影響がなくなると沈下が進行するため、土圧に対抗する加圧が減少する以前の段階で、沈下に対する予防措置を行うことが

重要であることを明確にした。

第4章では、前章の結果を検証するためにパイプルーフの実施工の地盤変状計測を行い、計測値との比較検討を行った。また、推進工法によるパイプ打設の過程を反映させた2次元数値解析モデルによる地盤変状解析を用い、実施工における地盤変状結果と解析結果との比較検討を行い、2次元解析モデルによるパイプルーフ地盤変状の整合性について検証した。その結果、実施工においても第3章での解析結果と同様な現象が確認され、掘削切羽や余掘りへの適正な加圧により沈下量を抑制できること、余掘りへの加圧がなくなると沈下が進行することが明らかとなった。また、2次元解析モデルによるパイプルーフ地盤変状の解析結果は、パイプルーフ配列の中心部直上において沈下量が最大になることなどの現場での地表面沈下挙動と定量的にほぼ一致するため、本解析手法はパイプルーフ工法の地表面沈下の予測に適用できることを示した。

第5章では、前章までの結果からパイプルーフ工法におけるパイプの連続施工においては、余掘りの影響が地盤変状の要因であることが判明したことを踏まえて、地盤変状を抑制する方法として余掘りを充填する材料に着目し、摩擦低減効果の発揮が見込まれる材料として、フライアッシュを主体とした充填材を開発した。そして、この材料と既存の充填材について物性実験を行い、パイプルーフ工法の充填材に求められる機能への対応性について種々検討した。その結果、フライアッシュを主体とした余掘り充填材は、地山保持、摩擦低減ともに優れた機能を有していることを示した。

第6章では、継手付きパイプ打設は、継手抵抗の増大による推進力上昇と継手を持つ複雑な形状のパイプに対する止水対応不足の課題があることを踏まえ、周辺地山への影響を抑制するのに有効な手段である継手付きパイプの課題とその適用範囲拡大について種々検討した。その結果、高水圧下におけるパイプに対する止水対応の課題については、パイプ打設時に発生する軸線周りの不規則な移動にも対応可能な止水坑口装置を考案し、継手付きパイプにおける地下水圧下 0.2MPa の条件で施工が可能な止水方法を提案した。次に、推進力増大の原因となっている継手抵抗については、既設パイプの継手凹部範囲内に新規隣接パイプの継手凸部を打設することで継手抵抗増大の課題が解決されることを示した。また継手付パイプにおける推進力計算式を提示し、その計算式から継手付きパイプによるパイプルーフ施工が300mまで適用可能であることを提示した。

第7章は結論であり、本研究の成果を整理して総括した。