

## 山岳トンネルにおける合理的な地表面沈下対策に関する一考察

(株)熊谷組 正会員 森崎 泰隆  
 前田建設工業(株) 正会員 森田 篤  
 (株)鴻池組 正会員 山田 浩幸  
 長崎大学 正会員 蔣 宇静

### 1. はじめに

近年、都市部においても山岳工法による施工事例が増えており、住宅等市街地等での近接施工の影響評価が重要になっている。しかし、実務においては、地表面沈下の予測はモデル化などにおいて様々な課題があり、施工時の対策工や計測管理方法も様々なため、施工条件に応じた合理的な工法選定が必要と考えられる。

以上の背景から、土木学会内に「トンネル工学委員会、技術小委員会、山岳トンネルの地表面沈下検討部会：部会長 長崎大学 蔣教授」を設置し、地表面沈下の予測評価と合理的対策工の提案を目的として活動している。

本報告は、その内、対策WGにおける活動状況の一部を紹介するものである。

### 2. 研究テーマと活動内容

表-1 対策WGの検討項目

研究テーマは、①都市部における山岳工法の地表面沈下予測、対策選定の調査、分析 ②山岳トンネルにおける地表面沈下の予測と対策に関する研究 ③地表面沈下予測・モデル化の検討等であり、平成19年度から公募による産学官の委員30名により活動している。活動は、3つのWG(調査・計測、予測・評価、対策)を設置して検討を行っている。対策WGで扱う検討項目を表-1に示す。特に、対策工の分類と効果、検討条件に応じた組合せを含む対策工選定のフロー、対策工効果の検証評価等が重要であると考えている。また、補助工法の選定は経済性と沈下抑制効果がトレードオフの関係にあり、合理的な選定フローの考え方を示すことも検討している。

	地表面沈下対策の現状と課題
	地山(小土被り, 低強度), 対象物, 地下水等の施工条件毎の沈下対策の現状
	対策工の沈下抑制メカニズム
	工法分類(加背割り, 早期閉合, 先受け工, 脚部対策, 地山改良, 遮断壁等)と効果
対策選定	検討条件(地質・地形条件, 周辺環境条件, 近接条件, 管理値)による事前の対策選定
	対策工の選定フロー, 対策工の組合せ
	計測, 再現解析による対策工選定の評価
評価	施工中の対策工選定評価および事後評価

### 3. 地表面対策事例の調査結果と評価

地表面沈下対策事例に関して、表-1に示す既往の文献を調査し、地表面沈下に関連の深い145事例を抽出した上で、対策工の検討に関する全体的な傾向の把握、対象となる地山条件や施工条件、対策工の選定、時代毎のトレンドといった観点から調査結果の分析を実施した。なお、複数の雑誌に記載がある事例は1つとしてカウントしている。

以下に事例調査結果に関する評価に関して代表的なものを示す。

表-2 事例調査文献一覧

文献名	発行	調査範囲
施工体験発表会	日本トンネル技術協会	14年間 (1993年~2007年)
トンネル工学研究発表会	土木学会	13年間 (1994年~2007年)
トンネルと地下	土木工学社	13年間 (1994年~2008年)
土木技術	土木技術社	11年間 (1997年~2007年)
土木施工	山海堂	11年間 (1997年~2007年)

キーワード 山岳トンネル, 地表面沈下, 近接施工, 対策工選定, 計測管理

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 (株)熊谷組土木事業本部トンネル技術部 TEL 03-3235-8649

(1) 施工条件のまとめ

図-1のように、土被りの分類では、一般にグラウンドアーチ形成が不十分といわれる2D(20m)以下が全体の約3/4を占めており、土被りと補助工法の採用には密接な関係がある。特に小土被り部では、地質状況が脆弱な場合も多く、トンネル掘削に伴う地表構造物への影響が大きいこと等が要因であると考えられる。

図-2のように、地表面の対象構造物は、全対象物件145件のうち、民家が49件(34%)、道路が47件(32%)とほぼ同数であり、ライフラインや鉄道が10件程度となっている。

地上部に重要構造物が存在する場合には、地表面沈下の影響が検討され、補助工法が採用される事例が多いと考えられる。

(2) 対策工の選定(組み合わせ)

図-3に示すとおり、対策工の組み合わせとしては先受け工を採用した136件のトンネルの内、先受け工のみが30件(22%)、先受け工+鏡面補強が27件(20%)、先受け工+脚部補強が30件(22%)であり、全体の36%にあたる49件では先受け工+鏡面補強+脚部補強の組み合わせが採用されている。これは、鏡面の状態や脚部の地山条件に左右され、対策工を使い分けているためと考えられる。対策工の組合せについては、先受け工だけの対策工パターンだけでなく、鏡面補強や脚部補強との併用パターンや先受け工+鏡面補強+脚部補強を組合せたパターンも多い。

(3) 近接施工における対策工

図-3, 4のように、対象構造物(民家)の対策工と土被りの関係からは、民家の場合、全体的に土被りが小さくなるほど組み合わせの採用事例が多くなり、土被り20m以下では、先受け工+鏡面補強+脚部補強の組み合わせが多く見られる。これは、対象構造物が民家であるため、地表面沈下による被害に対する反響が敏感であると考えられ、慎重な対策工を行っていると考えられる。

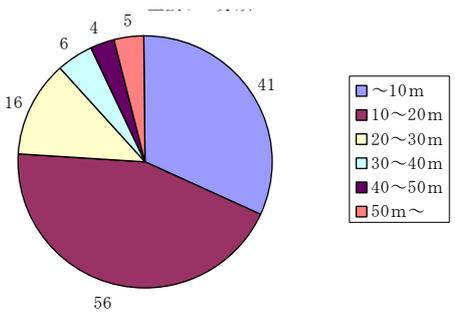


図-1 トンネル土被りの分類

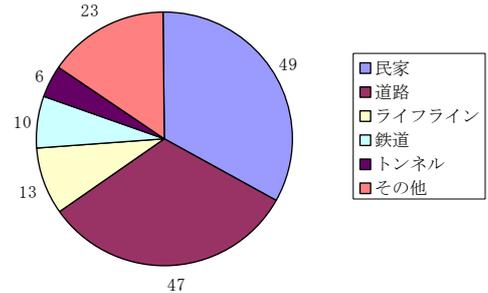


図-2 地表面の対象構造物の分類

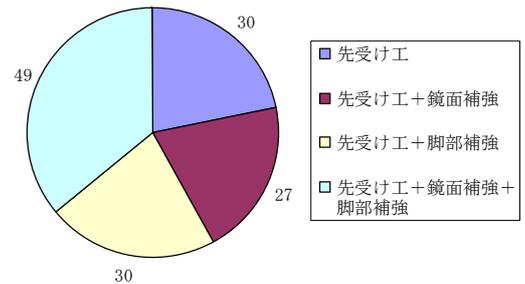


図-3 対策工の組合せ

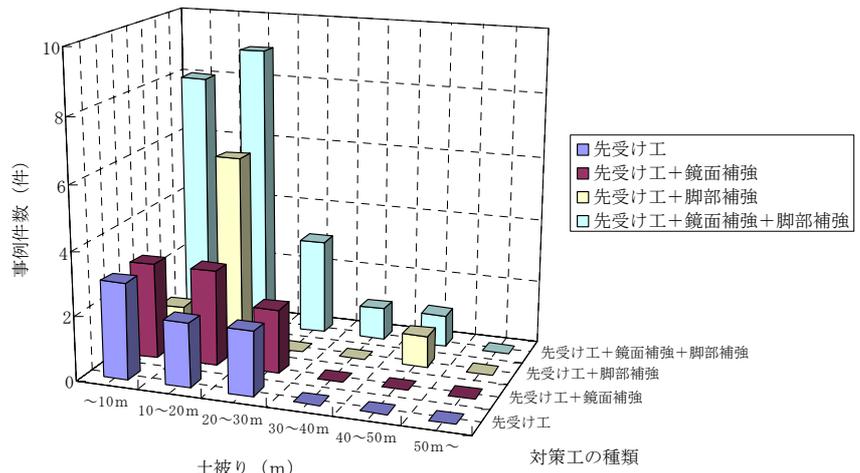


図-4 対象構造物(民家)および土被りと対策工の組合せ

4. おわりに

以上、土木学会(トンネル工学小委員会)において現在取り組んでいる山岳トンネルの合理的な地表面沈下対策の検討に関して、既往文献による事例調査に基づく対策工の分析結果の一部を示した。今後、都市部における山岳工法の採用事例も増加すると考えられることから、年代毎の対策工の変遷のまとめや沈下抑制対策効果の高い長尺鋼管フォアパイリング等の補助工法の選定条件、早期閉合の沈下抑制メカニズムといった項目に関して研究を進め、多くの実務者の意見、希望を取り入れることにより、設計・施工を担う実務者の参考となるライブラリーの作成を目標としている。