

山岳トンネルにおける地表面沈下予測評価手法の実態調査

奥村組 正会員 ○浅野 剛
 中央復建コンサルタンツ 正会員 山本雅広
 首都大学東京 正会員 土門 剛
 パシフィックコンサルタンツ 正会員 安田 亨

1. はじめに

近年、土被りが小さく、計画路線上に建物が存在している都市部のトンネル工事において山岳工法が採用される場合が増えている。このようなケースではトンネル施工上好ましくない地質を通過することが多く、掘削にともなう地表面沈下の発生がトンネル上の建物や構造物に影響をおよぼすことが懸念されるため、適切な補助工法の選定を含めた掘削の影響評価が重要となっている。

以上の背景を踏まえ、土木学会内に「トンネル工学小委員会、山岳トンネルの地表面沈下検討部会：部長 長崎大学 蔣教授」を設置し、既往の研究や対策工選定の現状を調査分析するとともに、事前調査や施工中のモニタリング手法（調査・計測WG）、地表面沈下の予測手法（予測・評価WG）、対策工の合理的な選定法（対策WG）等の検討を行っている。

本報告は、上記WGのうち予測・評価WGの活動状況の一部を紹介したものである。

2. 検討項目

地表面沈下の予測評価手法を表-1に示す。複雑な地層、トンネル形状、施工手順、対策工の表現が他の手法よりも容易であることに加え、計算機の能力、ユーザーインターフェースを含めたソフト技術の向上により、現状では数値解析が用いられることが多くなっている。ただし、地山や支保工などのモデル化、解析領域の設定など検討すべき課題が多く、状況によっては実測データと照合した場合に矛盾するケースが見られる。

このようなことから、予測・評価WGでは数値解析を中心に予測評価における留意点、適用の限界と今後の課題等について検討を進めている。本WGにおける検討項目を表-2に示す。これらのうち事前予測を行う場合の適切な予測手法、モデル化、および施工中における計測データの活用による対策工選定フローへの反映、対策効果の検証等が特に重要である。

3. 地表面沈下予測評価事例の調査結果

地表面沈下の予測評価事例について既往文献の調査を行った。収集した205文献の中から、多くの文献で引用されている研究、独創的ある

表-1 地表面沈下の予測評価手法

手法の分類		例	備考
類似事例による予測手法			類似の地山条件、工法など
統計データによる予測手法		Peck 横山ら	沈下影響範囲 沈下分布 沈下勾配
模型実験および統計データによる予測手法		島田の方法 櫻井の方法	
解析手法による予測手法	数値解析	各種構成則 2D/3D 解析領域	複雑な地層やトンネル形状 施工順序を考慮
	理論解析	Limanov Mindlin Jeffery	均一地盤、円形

表-2 検討項目

予測手法	<ul style="list-style-type: none"> 地表面沈下予測手法の現状と課題 理論および模型実験に基づく予測手法 実験・事例に基づく沈下発生メカニズム
予測解析	<ul style="list-style-type: none"> 数値解析法の種別と沈下問題への適用性 解析条件（二次・三次元、境界条件、物性値）とモデル化（材料特性、不連続性） 支保工、補助工法のモデル化 数値解析予測精度と精度向上および適用限界（リバウンド、共下がり等の問題）
再現解析	<ul style="list-style-type: none"> 計測データ分析による逆解析、再現解析 計測結果との比較、再現精度、再予測精度 再現解析による管理値の再設定、対策工選定フローへの活用、対策効果確認・検証
評価	<ul style="list-style-type: none"> 事前予測手法、再現解析手法等の評価、適用限界と課題

キーワード 地表面沈下、沈下メカニズム、予測解析、再現解析

連絡先 〒300-2612 茨城県つくば市大砂 387 ㈱奥村組技術研究所 TEL 029-865-1785

いは斬新な研究等 96 文献を抽出して分析を実施している。

(1) 予測評価手法

分析中の文献において用いられている予測評価手法を図-1に示す。前述のように数値解析が用いられている比率が多くなっている。ただし、数値解析が単独で用いられている場合は少なく、実験結果あるいは現場での実測データと解析結果を照合することによる地表面沈下の発生メカニズム、対策工の効果の分析等に関する研究の比率が大きい。

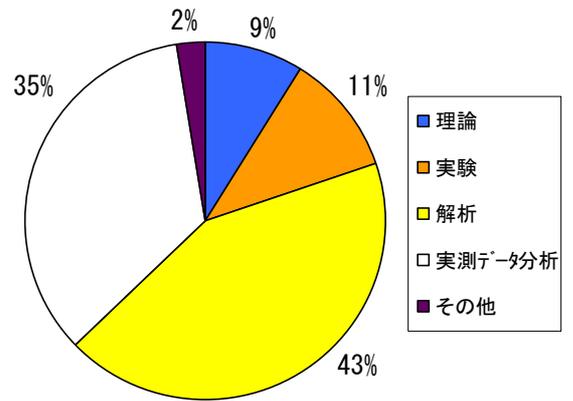


図-1 予測評価手法

(2) 予測評価対象

分析中の文献における予測評価対象を図-2に示す。地表面沈下とともに脚部沈下の比率が高くなっている。これは地表面沈下が問題となるサイトは不良地山であることが多く、地耐力不足が懸念されることによるものと考えられる。天端沈下のかかなりの比率が脚部沈下に起因する場合があることが報告されている(図-3, 4 参照, 文献1)に加筆修正)。また、小土被り区間ではアーチ効果が発揮されにくく、天端沈下がダイレクトに地表面沈下を引き起こすことから、解析による地表面沈下の予測精度向上にあたっては、脚部沈下の表現、さらに脚部沈下と天端沈下が同程度発生する共下がり現象の表現が課題の一つとなっている。

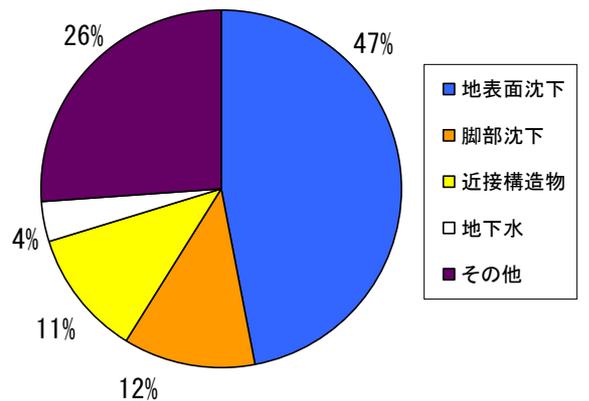


図-2 予測評価対象

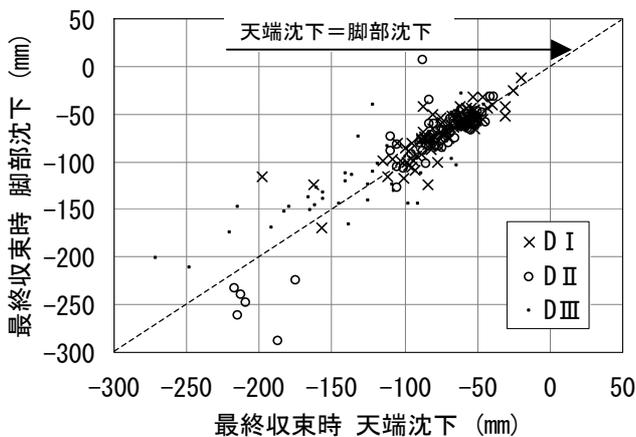


図-3 脚部沈下と天端沈下の関係 (第三紀泥岩)

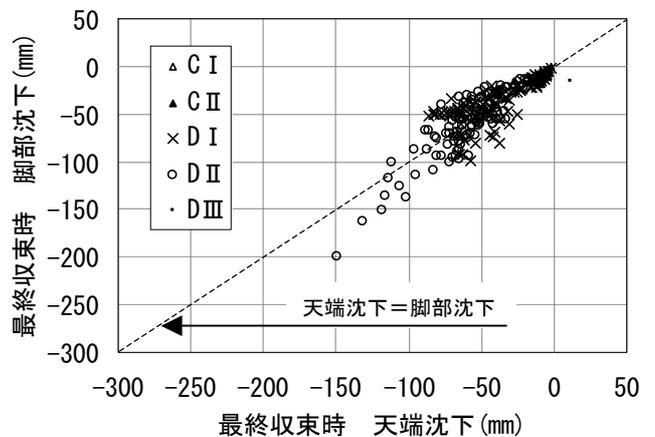


図-4 脚部沈下と天端沈下の関係 (第三紀砂岩頁岩互層)

4. おわりに

山岳トンネルの地表面沈下検討部会の予測・評価WGにおいて取り組んでいる検討内容と文献調査結果の一部を報告した。数値解析は予測評価における有力な手法であるが、地山のモデル化、解析領域の設定、二次元解析における応力解放率、地下水の影響など検討すべき課題は多く残されており、現状では必ずしも満足できる精度が得られているとは言えない。今後は、理論解析、模型実験に基づく予測評価手法の検討、実験・実測データに基づく地表面沈下メカニズムの検討などと並行して、これらの課題に対する検討を進め、他WGの検討成果をあわせて、山岳トンネルにおける地表面沈下の予測評価と合理的対策工の選定を行う上で実務者にとって有用なライブラリーとして取りまとめたいと考えている。

参考文献 1) 八木弘, 日置洋平, 山本哲人, 吉田安利: 第二東名トンネルの施工実績から見た大断面トンネルの設計・施工の評価, トンネル工学報告集第 17 巻, pp. 83-90, 2007. 11.