

山岳トンネルにおける地表面沈下の計測に関する考察（その1）

(株)東亜測器 正会員○辻村 幸治 (株)大林組 正会員 木梨 秀雄
 (独)鉄道・運輸機構 正会員 井浦 智実 応用地質(株) 正会員 奥井 裕三

1. はじめに

土木学会トンネル工学委員会技術小委員会、山岳トンネル地表面沈下検討部会（部会長：長崎大学 蔣教授）の調査・計測WG（以下、沈下部会調査・計測WGという）では、地表面沈下が問題となるようなトンネル現場での事前調査手法と計測手法について、既存の文献や最近の論文を調査し、その分析結果をもとにした考察を行っている。本報では、これらの調査過程で得られた知見の一部について紹介する。なお、調査対象とした論文・報文は、土木学会論文集、トンネル工学研究発表会、岩盤力学シンポジウム、年次講演会、トンネル技術協会の施工体験発表会および専門誌「トンネルと地下」とし、期間を過去10年程度までとしている。

2. 地表面沈下と現場条件の考察

地表面沈下の計測が実施された53事例を対象に地上条件、対象地質および地下水条件について分析した。なお、1つの事例で複数の条件があるものは重複してカウントし、論文に記述がない事例はカウントしていない、など各データの合計は53事例と一致していない。

1) 地上条件（データ数72）

図1に示すように、トンネルの地上条件として最も多かったのが家屋や学校その他の施設であり、全体の49%（36事例）を占めている。次いで道路・鉄道が28%（20事例）、河川・水路・埋設管が10%（7事例）と続く。これらの割合は、地上条件の重要度を反映していると思われる、既設構造物や道路、ライフラインなどの保安物件が存在する場合に地表面沈下計測が重視されている傾向が伺える。その一方で、山林や耕作地は重要度が比較的低いことから、地表面沈下計測の対象となっている事例が少ない、あるいは論文の対象とされにくいことなどが考えられる。

2) 対象地質（データ数61）

図2は地表面沈下計測事例の対象地質を分類したものである。これによると、砂層や粘土層などの未固結層が53%（32事例）を占めた。次いで、砂岩・泥岩・凝灰岩などの堆積岩が26%（16事例）、破碎帯・混在岩・変成岩が8%（5事例）、崖錐層と硬岩・火成岩がそれぞれ5%（3事例）となっている。このことは、地表面沈下が問題となる事例の背景として、主に坑口部に代表される小土被り区間における施工や、都市部における補助工法を併用した山岳工法適用事例が増えていることなどが考えられる。

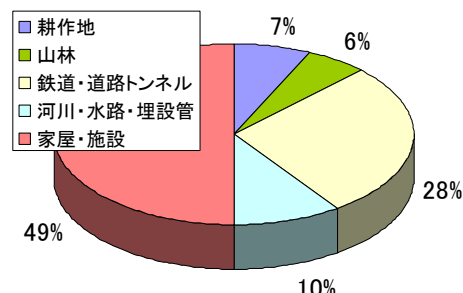


図1 地表面沈下計測事例の地上条件

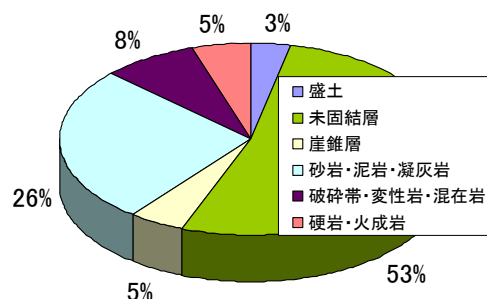


図2 地表面沈下計測事例の対象地質

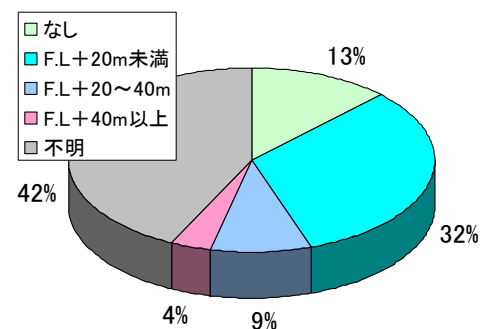


図3 地表面沈下計測事例の地下水条件

キーワード 山岳トンネル、地表面沈下、調査、計測

連絡先 〒220-0051 神奈川県横浜市西区中央 1-28-8 (株)東亜測器 技術営業部 TEL 045-321-1653

3) 地下水条件 (データ数 56)

脱水压密に伴う地表面沈下の発生や、掘削時における地下水を伴った切羽崩落など、地下水条件は地表面沈下に大きく影響を及ぼす要因のひとつと考えられる。今回の文献調査によれば、図 3 のように全体の半数近い 45% (25 事例) で地下水位がトンネル F.L. より高位 (F.L.+20m 未満～+40m 以上) にある結果となった。この結果のみで地表面沈下と地下水位の関係を把握することは難しいが、今回の調査では、地下水位低下に伴う地表面沈下計測事例などもあり、今後の分析対象としたいと考えている。

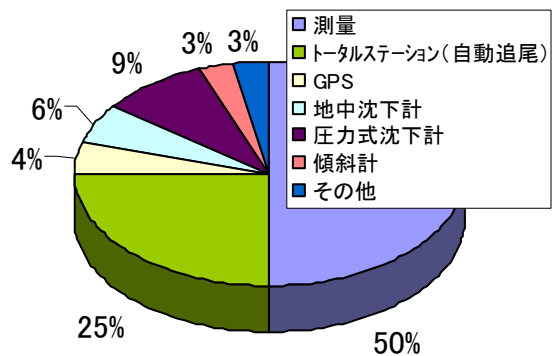


図 4 地表面沈下の計測手法

3. 地表面沈下と計測手法の考察

1) 計測手法 (データ数 68)

地表面沈下データが掲載されている事例で、手法が不明なものを一般的な手動計測(レベル測量やトータルステーションによる測量)として集計すると図 4 のようになる。測量機器による手動計測は、従来から A 計測などの日常管理中で実施されており、全体の 50% (34 事例) を占めている。これに対して、無人計測が可能となる自動追尾式トータルステーションや GPS による計測を実施した事例が約 30%であった。この他、圧力式沈下計や傾斜計などの主に構造物などに対する計測手法、また、地表そのものではないが、地中を各種の沈下計で計測する事例がある。これらは、地中の先行沈下や、トンネル上部地山のとも下がりの有無などを把握することができ、対策工による先行変位抑制効果や地山改良効果の検証などに活用されている。

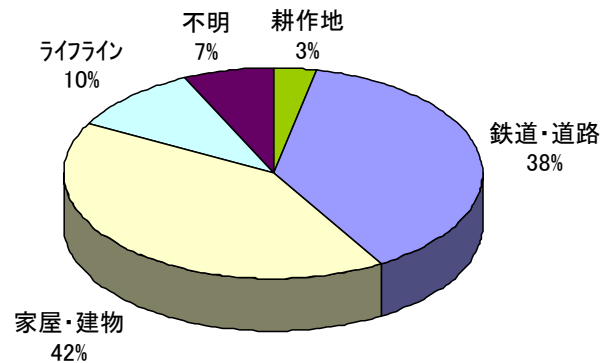


図 5 自動計測が実施された事例の地表条件

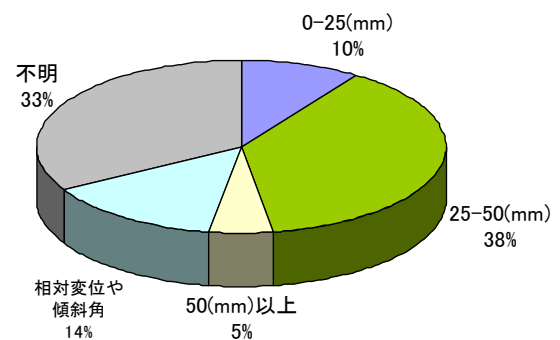


図 6 自動計測が実施された事例の許容値

2) 自動計測採用事例 (データ数 29)

図 5 は自動追尾式トータルステーションや自動計測の地中沈下計など、自動計測の採用事例における地表物件を示したものである。これによると、全体の 90% (26 事例) が家屋や建物、道路、ライフラインなどの重要構造物であり、自動計測が採用されるケースはこれら保安物件に対する安全監視目的が主要であることがわかる。

3) 自動計測における許容値 (データ数 21)

自動計測を実施した事例における許容値について調べたものが図 6 である。全体の 67% (14 事例) において具体的な許容値が定められている。また、絶対沈下量の許容値 50mm 以下の事例が全体の 48% (10 事例) と約半数を占めた。今回の分析では、文献に具体的な数値が記載されていないものを不明としており、実際には全ての事例で許容値もしくは管理基準値が設定されていると思われる。今後の調査においては、これらのさらなる分析や、各種地表条件に対する許容値の傾向や設定例なども分析の対象としたいと考えている。

4. おわりに

以上、沈下部会調査・計測 WG の調査結果および考察の一部を紹介した。さらに調査、考察を深度化させ、トンネル実務者に役立つ情報を提供したいと考えている。なお、沈下部会の成果は、トンネル・ライブラリーとして、平成 22 年度中の発刊を予定している。