天端先行変位計によるトンネル掘削の先行変位に対する一考察

中日本高速道路㈱ 四日市工事事務所 正会員 山﨑 哲也 井上 猛 ㈱大林組 正会員 o木野村 有亮 桑高 崇 林 圭一

1. はじめに

トンネル掘削の計測工は、掘削に伴う内空変位や天端沈下の監視を行い、限界ひずみ等と照合しながら必要 に応じて支保パターンの変更や補助工法の選定などにフィードバックさせることが重要である.しかし、一般 的な A 計測で得られる変位は、切羽到達前の先行変位部分を捉えられいない.つまり、限界ひずみと照合す るには不整合が生じるため、地山の安定性を知るには全変位を計測する必要がある.そこで本件は小土被りの トンネルにおいて、先行変位の計測を行い、トンネル掘削における先行変位と全変位の関係に一考察を述べる.

2. 工事概要

本工事は平成30年度開通予定の新名神高速道路の新四日市JCT-亀山西JCT(23.4km)区間のうち菰野IC-亀山 西JCT(15.2km)間に位置し,延長1,353mのトンネル工事である.

図1のように地形・地質条件は、全線で土被りが小さく、地質年代が新世代第三期から第四期の固結シルト や砂礫、扇状地堆積物が主体となっている.地山強度比は0.67~1.65と低く、また、地表には市道や県道、河 川が横断している厳しい条件であったため、上半先進ベンチカット工法(機械掘削)により行った.



図 1. 地質縦断図

3. 天端先行変位計設置概要

3.1 計器設置概要

本システム¹⁾利用目的の一つは、切羽前方の区間せん断ひ ずみを計測・監視し、急激な切羽崩落を未然に防ぐものであ る.一方、本トンネルでは小土被りかつ未固結土砂地山が想 定されており、地表面への影響をも考慮したうえで安全に施 工するために適用された.なお、今回は得られた結果から先 行変位を算出する.設置する計器は、φ30mmの細径であり図 2のように長尺鋼管先受け工の鋼管(φ114.3mm)内にも設置 可能で、注入工の妨げにもならない.天端部分の先受け工打 設時に鋼管内にガイド管(φ60mm)を設置しておき、端末の 鋼管撤去後に計器を挿入して計測を開始する.



図 2. 計器概要



3.2 天端先行変位計

計器は、図3のように加速度センサにより 50cm 区間毎に水平傾斜角θを計測する. 管口部分の沈下量νを

キーワード 小土被り,先行変位,全変位,先行沈下計,地表面沈下 連絡先 〒512-1105 三重県四日市市水沢町4850-1 大林・東急特定建設工事共同企業体 TEL059-329-8650 A 計測により計測し, θと併せて前述の式(1)により絶対変位を得ることができる.ただし,計測点間距離 L=500mm,
D は計器管口からの水平距離で, w_iは測点の相対鉛直変位,
u_iは鉛直変位とする.

4. 結果・考察

(1) 変位計測

各計測点における 1m 掘削毎の計測結果を図4 に示す. 各計測点において変位が掘削の進行に伴って増大していることがわかる.

また, D=0.0~2.5m 区間において, 切羽の位置に限らず u は右肩下がりとなり, それ以降の区間はほぼ横ばいの傾 向を示しているが, これは管口付近において計器設置時に は既に先行変位が発生しているため考えられる.

(2) 先行変位計測および地表面沈下

図5は、*D*=8mの*u*および同地点の直上における地表面 沈下*s*の経時変化を示す.図中の上半切羽通過時の変位Δ *u*および*su*ともに2mm程度の急激な変位があることがわ かる.それ以降は*u*および*s*のどちらも下半施工までに 6.7mmまで増大し、以降、収束傾向を示している.これは 下半施工直後にインバートストラット閉合を行っており、 それによって地山が安定したためと考えらえる.

また, *s* は切羽位置が 40m手前から徐々に変位が増大し, 全沈下量の 25%は切羽到達前に発生している.これにより, 計測された切羽到達前の*u* は非常に小さいが,実際には先 行変位が発生している可能性が示された.

(3) 近似曲線による全変位の推定

図 6 は、u と切羽離れの関係から、応力解放曲線として 多く用いられる Gompertz の式²⁾で全変位を推定し、全変 位の割合としたものである.これによると、上半通過時ま での変位割合 Ru_f は 1~2割となっている.一般的に全変 位の 3~5割とされている先行変位の割合と比較して小

さい結果となった.これは、当該区間において、長尺鋼管先受工を実施しており、それによる効果によるもの と考えられる.なお、今回、本計器設置までの変位割合 *Rubm* は最小でも 2%程度あり、これを計測するために は、計器の延長を大きくして計測を行う必要があることが示された.

5. まとめ

・先行変位はあるものの、変位の大部分は直下の掘削時に発生している.

・地表面沈下と天端沈下には相関関係が見受けられる.

・近似式を用いて全変位を推定すると、1~2割程度が先行変位として発生している.

上記を踏まえ,地形・地質の異なる地山で本システムを適用して先行変位と全変位の実態を明らかにしたい. 参考文献

1) 木野村有亮,磐田吾郎,木梨秀雄:切羽先行沈下計測システムの開発と適用,第69回土木学会年次講演会

2) 鈴木健之, 土門剛, 西村和夫: 地山特性曲線法を用いた先行変位予測, トンネルエ学論文集第14巻 2004 年11月



図 4. 計測結果(1m 毎変位の変化)



図 5. 計測結果および地表面沈下 (D=8.0m地点)



図 6. 切羽離れによる変位割合