

Ⅲ - 593

トンネル掘削時における斜面管理手法の開発と適用

高知県窪川土木事務所 井上 建

株式会社 鴻 池 組 嶋村貞夫 葛原 茂

山田浩幸 ○松井 正

1. はじめに

山岳トンネル坑口部においてトンネル軸線が斜面と斜交するような場合には、トンネル掘削に伴うゆるみの影響で斜面崩壊、地すべりといった事態を生じる可能性が高く、一旦不測の事態が生じればその影響はきわめて大きくなる。したがって、トンネル掘削時の周辺地山ならびに上部斜面の安定度をリアルタイムに把握できれば、対策工を迅速に行え、工事中の安全性を大いに高めることができると考えられる。

本報告は、桜井の方法をもとに開発した「トンネル工事を考慮した斜面の安全管理手法」を紹介するとともに、実際の山岳トンネル工事の坑口部付近の安全管理に適用した例について示したものである。

2. 管理手法の概要

従来から行われている逆解析手法には、①トンネル掘削を対象としたもの、②斜面を対象としたものがある。①は地山の初期応力と弾性係数を未知数として、計測された内空変位や地中変位を再現できるよう、これらの未知数を逆算するものである。また、②は斜面の掘削および降雨や地山強度の劣化等によって生じる変形を考慮できるよう、外力として地山自身の自重を与え、地山の弾性係数およびせん断剛性の低減を示すパラメータを未知数として逆解析するものである。今回、トンネル掘削時における斜面の安全管理のため、上記①と②をカップリングした逆解析手法を開発し実際の斜面に適用した。

本管理手法で用いた逆解析手法ではトンネル掘削に伴うゆるみによって生じる変形についても考慮できるよう、外力として地山自身の自重を与え、地山の弾性係数およびせん断剛性の低減を示すパラメータを未知数とし、トンネル部および斜面における計測変位を再現できるよう未知数を逆算する。これにより求めた弾性係数等を用いてFEM解析を行い、トンネル周辺および斜面全体の地山の最大せん断ひずみ分布を求める。このひずみ分布と事前に地山試験により定めた管理基準値（限界ひずみ）とを比較し、限界ひずみを超過している領域の分布状況により安定度を評価するものである。また、本手法では、次段階の予測解析も可能である。なお、現場安全管理は図-1に示す管理フローに従って実施した。

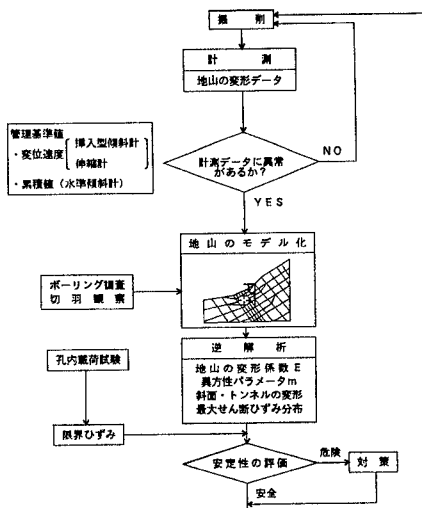


図-1 管理フロー図

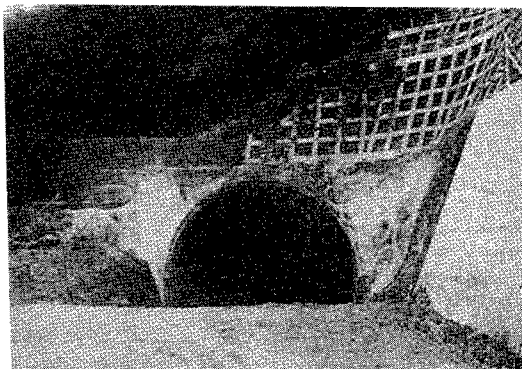


写真-1 始点側坑口

3. トンネル工事への適用例

3. 1 工事概要

本管理手法を適用した工事は国道381号線のうち、高知県幡多郡十和村川平地区に位置し、カーブの多い現国道の改良工事の一環として建設中のL=595mの山岳トンネル工事である。当トンネル始点側坑口部40m区間においては、土被りが薄く(1D程度)、トンネル軸線と斜面が斜交しており、事前の水平ボーリングの結果から縦断方向に強風化岩が良質な地山を挟んだ形で部分的に湧水を伴って分布していることが判明していた。

3. 2 現場安全管理結果

トンネル施工時の斜面計測としては、地表面沈下および地すべり伸縮計による地表面の動きとともに、地山内の変位をつかむために挿入型傾斜計で水平変位を測定した。一方、管理基準値はボーリング孔内水平載荷試験より求めた地山の变形係数から限界ひずみとして一般部0.4%、弱層部0.7%と設定した。図-2は、上半トンネル切羽離れ1Dにおける入力変位と解析変位との比較を示したものである。これを見ると、逆解析変位により傾斜計およびトンネル内空変位をほぼ表現できていることがわかる。また、図-3にその時の地山内の最大せん断ひずみの分布図を示したが、トンネルの左右肩部に限界ひずみ0.4%を越える領域が発生し、最大で0.62%（右肩部）であった。しかしながら、その領域は壁面のごく一部であり、内空変位測定結果が4mm以内で収束傾向を示していることから、トンネルの安定に影響はないと判断した。また、弱層部（粘土層）では0.53%のひずみが発生したが、限界ひずみ0.7%を越えるものではなかった。その後下半掘削を行ったが、本箇所においては下半掘削による変形は小さく、若干のひずみ増分が斜面部において見られたものの、管理基準値を越えることはなく無事にトンネル掘削を終了できた。

4. おわりに

今回、トンネル掘削時の斜面の安全管理手法を新たに開発し、実際の現場に適用するとともにその有意性について確認できた。本管理手法を用いることで、斜面のある特定位置で得られた計測値を用いて斜面全体のひずみ状態を推定することができることから、トンネル掘削による斜面への影響をよりの確に判断でき、工事の安全性が高まるとともに、必要な対策をより早く施工することができると思われる。今後さらに種々の現場で適用し、改良を加えて行きたいと考える。

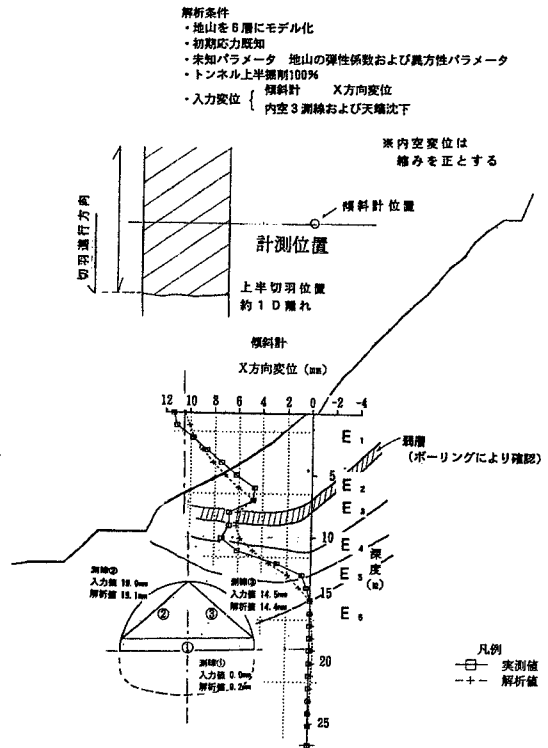


図-2 挿入型傾斜計の実測変位と逆解析変位との比較

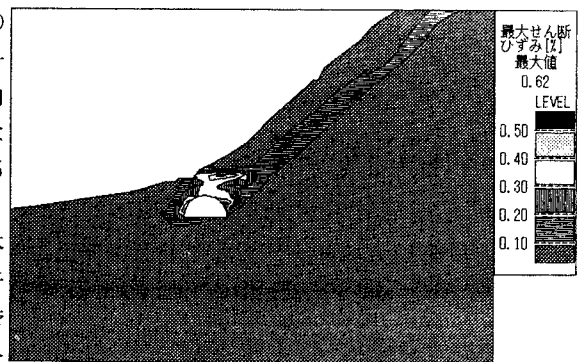


図-3 地山内の最大せん断ひずみ分布