

III-362 土被りの小さい土砂山におけるトンネル掘削時の逆解析法

棚鴻池組 正会員 ○宇田隆彦

棚鴻池組 正会員 小野紘一

棚鴻池組 正会員 嶋村貞夫

1. まえがき

NATMによるトンネル施工では、掘削中に生ずる地山変位の計測結果から、逆解析によって地山内のひずみを評価し、設計・施工へのフィードバックがさかに行われている。しかし、土被りの小さい土砂山トンネルの場合、トンネル天端よりも地表面の方が大きく沈下し、トンネル天端付近の地山やロックボルトに圧縮力が作用することが多く、このような挙動を従来の解析法で表現することは難しい。

本論文は、このような土被りの小さい土砂山の挙動を適切に再現する逆解析の一手法について提案し、実施工時の計測結果によってその検証を行ったものである。

2. 逆解析手法の提案

トンネル天端部に発生する圧縮ひずみは図-1に示すように、切羽通過後掘削による外力が地山内を伝達し、着目する断面には地山内のセン断力として分布し、これに対して支保部材が抵抗するため生じるものと推察される。

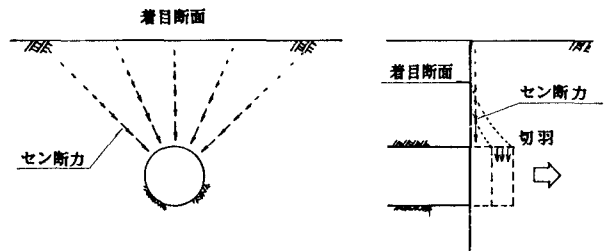


図-1 掘削力の地山内の伝達状況

そこで、土被りが小さい土砂山トンネルを二次元平面ひずみ状態にモデル化して逆

解析を行う場合、切羽進行による3次元的な効果を表現するため、トンネル掘削によって発生する外力として、掘削面に作用する荷重とトンネル周辺地山内に作用する荷重を未知量とし、計測結果よりこれを逆解析する方法が考えられる。

いま、掘削面に作用する荷重による変位 u_1 、地山内に作用する荷重による変位 u_2 は次式で与えられる。

$$u = \alpha_1 u_1 + \alpha_2 u_2$$

α_1 と α_2 は未知量であり、 u_1 と u_2 を有限要素法によって求めることができれば、実測の u を3つ以上与えることにより最小2乗法で α_1 と α_2 を求めることができる。

なお、 u_1 、 u_2 は、掘削面に作用する荷重および地山内に作用する荷重を次のように仮定して求めた。

①掘削面に作用する荷重

掘削面に作用する荷重は、自重解析による地山内の初期応力より求めた。

②地山内に作用する荷重

地山内に作用する荷重は切羽進行による3次元的な効果を考慮するため、図-2に示すような軸対称FEMモデルにより着目断面において発生するセン断力分布を切羽進

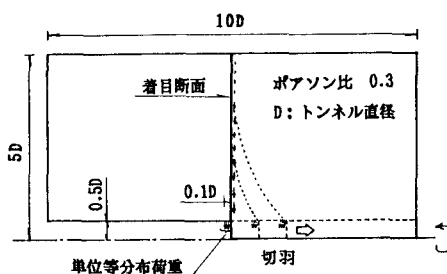


図-2 軸対称FEMモデル

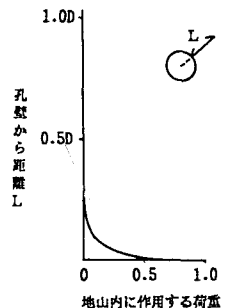


図-3 地山内に作用する荷重分布図

行方向に積分して求めた。図-3にここで求めた地山内に作用する荷重分布を示した。

この地山内に作用する荷重は図-4に示した範囲内で作用するものと仮定した。さらに今回ここで求めた荷重のうち、鉛直成分のみを荷重として作用させた。

3. 土被りの小さい土砂山トンネルへの適用例

土被りの小さい土砂山トンネルでの変位計測結果により、従来の逆解析および本論文で提案した逆解析を行い、実測値との比較を行った。図-5の例はトンネル天端より上部の地山は盛土、崖錐堆積層よりなる土砂山で、天端より下部は軟岩～中硬岩と比較的良好な地盤となっている例である。測線1, 3, 4, 5での逆解析結果では両者にほとんど違いが見られないが、測線2のトンネル天端付近の変位は従来の逆解析では引張りひずみが発生しているが、本方法によると圧縮ひずみが発生し、実測値とかなり近い値となった。また図-6の例は土被りが1D以下と非常に小さい例であり、SLより上部の地山は洪積層で、それより下部は軟岩となっている例である。例-1と同様に、測線1, 3と地表面沈下は両解析結果に余り差は見られないが、測線2の天端部の挙動は全く異なった結果を示した。従来の逆解析法では天端部の地盤は引張になっているが、本方法では圧縮となり、実測値と良く一致した。

以上の結果から、従来の逆解析ではトンネル天端付近の圧縮ひずみを表現しにくかったのに対し、本方法ではこれをうまく表現することができたと言える。

4. むすび

本論文では、今回提案した新しい逆解析法を実際の土被りが小さい土砂山トンネルでの現場計測結果に適用した。この結果本方法を用いれば、特に天端付近での圧縮ひずみをうまく表現できることがわかった。

今後、本方法と従来の逆解析法とをうまく結合させ、より精度の高い逆解析手法を確立していきたい。

《参考文献》

- (1) 桜井・武内；トンネル掘削時における変位計測結果の逆解析法：土木学会論文報告集，No.337, 1983.9
- (2) 進士・近藤・吉田；土被りが非常に小さい地山における逆解析手法によるトンネル掘削時の安定性の評価：第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，1988.2

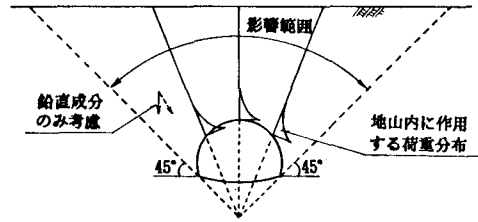


図-4 地山内に作用する荷重

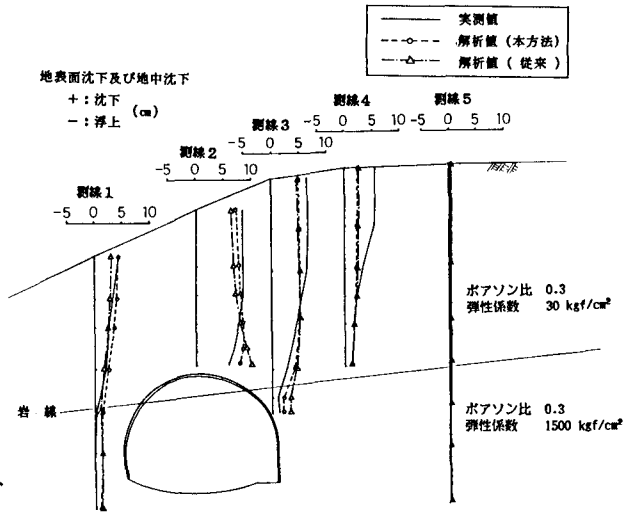


図-5 実測変位と解析変位との比較（例-1）

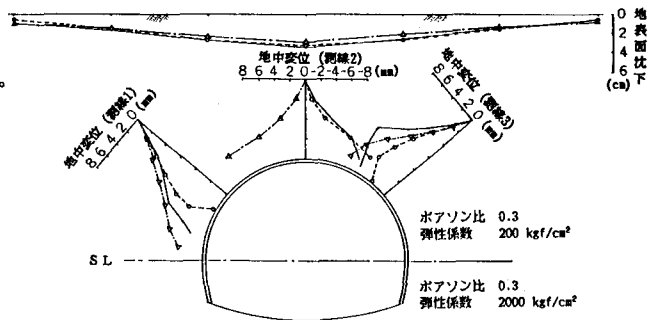


図-6 実測変位と解析変位との比較（例-2）