

III-320 覆工応力逆解析法の実験的研究

株式会社 浅沼組 正会員 ○村上譲二
株式会社 浅沼組 正会員 土岐晃生
近畿大学理工学部 正会員 久武勝保

1. はじめに

現在、多くのトンネル工事現場では日常的にA計測が行われているが、その結果から覆工応力が推定されていることはほとんどなく、計測結果が有効に活かされているとは言い難い。その原因は、A計測のような少ない変位数から覆工応力を簡単に精度よく推定する逆解析手法が開発されていないことに起因している。

そこで久武らは通常行われるトンネルA計測変位を用い、覆工の応力、ひずみ、変位を逆解析してトンネルの安定性を評価する逆解析手法を提案した¹⁾。その解析方法は、覆工A計測変位を生じさせる外力組合せは無数にあるが、その中から、覆工外面に作用する外力の自乗和が最小である外力組合せを見つけだす方法であり、数値シミュレーション結果では、工学上十分な精度が確保されることがすでに検証されている。

本報告では、この解析手法の妥当性をトンネル模型実験により検討したのでその結果を述べる。なお解析方法は文献1)に詳しく説明してあるのでここでは省略する。

2. 実験装置

実験装置は、鉄道トンネル複線断面を想定した模型実験装置(縮尺1/20)である(図-1)。切羽に近接した位置での覆工応力は、三次元的に分布するが、トンネル横断面内の覆工応力はその横断面を平面歪状態と仮定した二次元逆解析により工学上十分な精度で求められることが示されている²⁾。よってここでは二次元模型について行った。

実験装置には、載荷板を断面方向に9ヶ所取り付け、各載荷板には反力フレームに設置したボルトにより円筒形ゴムを介して覆工モデルに荷重を与えるようにした。

側壁底面は、水平方向に可動となるようにした。また覆工材料は普通モルタルとポリマーモルタルの2種類を用いた。

(普通モルタル: $\sigma_c=485\text{kgf/cm}^2$, $E=251000\text{kgf/cm}^2$, ポリマーモルタル: $\sigma_c=485\text{kgf/cm}^2$, $E=251000\text{kgf/cm}^2$,)

なお、この実験は、鉄道総合技術研究所が行った複線トンネルの模型実験³⁾を参考にした。

3. 実験ケース及び実験手順

実験は、載荷位置、覆工材料をパラメーターとして種々行ったが、本稿では覆工材料が普通モルタルで載荷位置が2番、5番(図-1)のケースについて整理した。

実験手順は、厚さ20mmの覆工モルタルを実験装置にセットし、その後、それぞれの計器を配置し、全周の載荷板に初期荷重を載荷し、荷重、変位、ひずみの初期値を計測した。次に載荷ヶ所を決め、反力フレームに設置したボルトにより荷重を一定量ごとに載荷し、その時点の荷重、変位(水平変位、垂直変位)、ひずみを計測し、載荷は、覆工が終局的な破壊に至るまで行った。

4. 実験結果による解析手法の検討

図-2は本解析で用いた覆工の二次元有限要素分割図である。

トンネル覆工模型実験において得られた計測結果(実測値)と、その計測変位を本逆解析法に入力し、得た結果(解析値)とを比

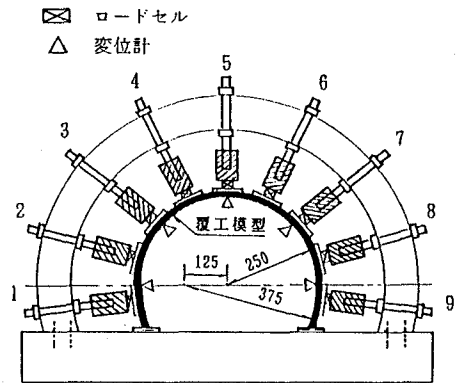


図-1 模型実験装置

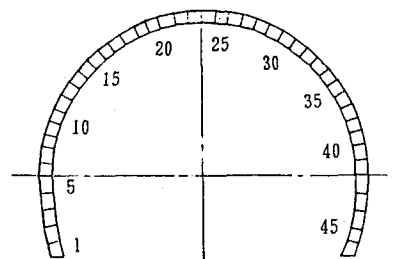


図-2 二次元有限要素分割図

較することにより、本手法の妥当性を検証することとした。

図-3(A),(B),(C)は、載荷位置5に最大荷重をかけ、覆工模型が破壊した時の荷重の90%を載荷した場合について検証した結果である。

図-3(A)は、5点の計測点のうち3点の計測変位から、逆解析して求めた水平方向変位と実測値の比較を示す。図-3(B)は、5点の計測点のうち3点の計測変位から、逆解析して求めた鉛直方向変位と実測値の比較を示す。

図-3(C)の上図には、載荷位置1から9までの荷重状態を示し、下図には、3点の計測変位から逆解析して求めたひずみと、ひずみゲージから求められた実測値の比較を示す。図-4(A),(B),(C)は、載荷位置2に最大荷重をかけ、覆工模型が破壊した時の荷重の90%を載荷した場合について検証した結果である。

図-3, 図-4から、少ない変位数(3点)でも解析値は実測値と工学上十分な精度で一致していることが理解できる。

5. 結論

本解析手法は、覆工外面に作用する外力の自乗和が最小である外力組合せを見つけた方法であり、通常のA計測程度の入力変位数でも相当高い精度が得られることが模型実験により示された。

参考文献

- 1) 久武勝保、村上敏夫、上久保祐介：トンネル覆工応力の推定法に関する考察、第23回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、pp.232~260, 1991
- 2) Hisatake, M. and Ito, T. :Back Analysis Methods to Tunnel Linings, Proc. Int.Symp. Field Measurements in Geomech., pp.1047~1056, 1983
- 3) 朝倉俊弘、小島芳之、川上義輝：トンネル覆工の力学挙動解析(1)-複線トンネルの模型実験-,土木学会第45回年次学術講演会、pp.562~563, 1990

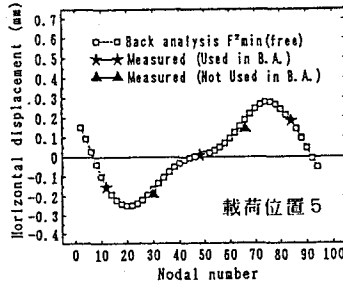


図-3 (A) 水平変位の解析値と実測値の比較

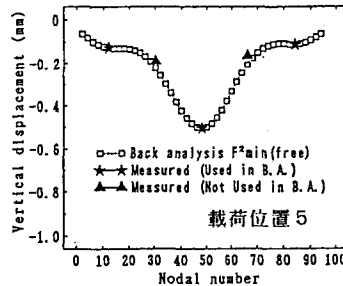


図-3 (B) 鉛直変位の解析値と実測値の比較

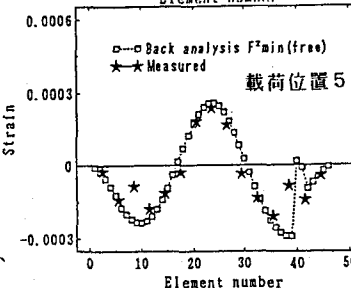
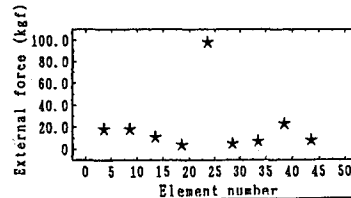


図-3 (C) 内壁の円周方向ひずみの解析値と実測値の比較

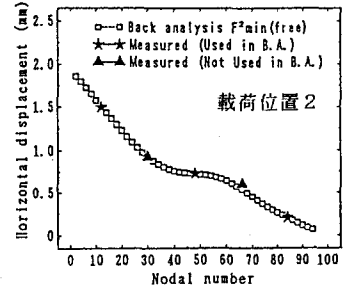


図-4 (A) 水平変位の解析値と実測値の比較

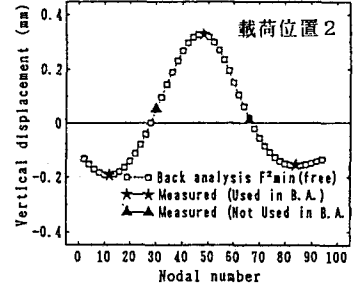


図-4 (B) 鉛直変位の解析値と実測値の比較

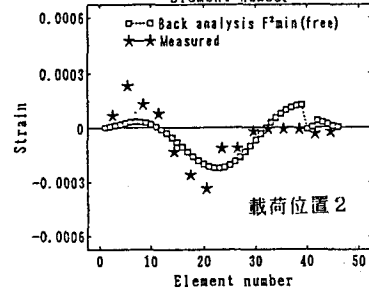
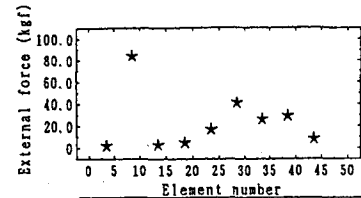


図-4 (C) 内壁の円周方向ひずみの解析値と実測値の比較