

トンネル問題における3次元逆解析法について

大阪大学工学部 久武 勝保
 慶島建設 大田 哲也
 大阪大学大学院 ○上久保裕介

1: 諸 論

筆者らは地山を一樣弾性体とみなし、切端での力のつり合い条件を用いることにより、覆工内面変位のみから地山の等価弾性係数と切端での掘削解放力を求める逆解析手法を提案した^{1),2)}。そしてその逆解析で求められた諸量を用いればトンネルを合理的に設計できることを示した。本論文では上記逆解析法において計測変位の数を減らして現場への適用性を高める手法について述べることにする。

2: 手法の説明及び考察

未知量が多いと、それだけ変位計測量が増大し、本手法の現場への適用性が悪くなる。そこで切端での掘削解放力がトンネル内面変位に与える影響を調べることににより、未知量を減少させることを考える。

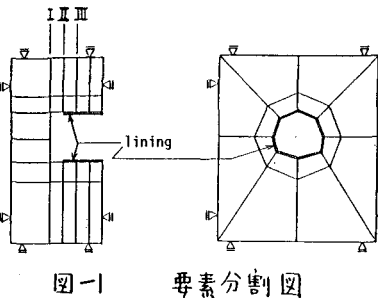


表-1 トンネル諸条件

地山弾性係数 E_g	50000 (t/m^2)
地山ポアソン比 ν_g	0.3
覆工弾性係数 E_l	1000000 (t/m^2)
覆工ポアソン比 ν_l	0.15
覆工厚	0.20 (m)
トンネル幅	10.00 (m)
掘削長	2.50 (m)

さて、定常掘削状態を想定して通常の有限要素解析(以後、順解析とよぶ)を行なうこととする。ここに使用する要素を図-1に、諸条件を表-1に示し、地山の初期応力は鉛直方向 -200 t/m^2 、水平方向 -100 t/m^2 である。順解析により、図-1の断面Iの力 $\bar{F}_1$ のみによる覆工内面変位と断面IIの力 $\bar{F}_2$ のみによる覆工内面変位とを比較したのが図-2である。この図から $\bar{F}_2$ が覆工内面変位に及ぼす影響が小さく、覆工内面変位はほとんど $\bar{F}_1$ により生じていることがわかる。そこで逆解析においては $\bar{F}_2$ のみを求め、 $\bar{F}_1$ は何かの手法で間接的に算出することにすれば $\bar{F}_2$ の成分数だけ計測変位数が減少し、好都合である。また $\bar{F}_2$ と $\bar{F}_1$ を同時に逆解析する場合において、 $\bar{F}_2$ は計測誤差や仮定く例えば地山ポアソン比、解析領域など)の誤まりの影響を強く受けてその精度は悪いが、 $\bar{F}_1$ は覆工内面変位との関係が大き

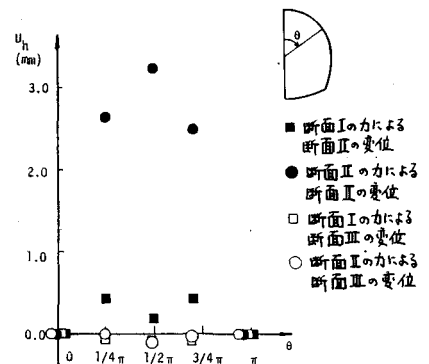


図-2 覆工内面変位(水平方向)

く精度よく求められることから考えて上記の考え方は合理的である。さらに $\bar{F}_1$ のトンネル軸方向成分がトンネル横断面内の変位に与える影響も小さく、これを無視してそ工學上問題がない。そこで逆解析では断面IIでのトンネル横断面内の解放節点力のみを求めて

おけばよいことになる。以上の考えで逆解析を実行する。まず真の $\hat{\sigma}_x$, $\hat{\sigma}_y$ 両方の力を作用させて順解析を行ない、覆工内面変位、覆工応力、地山ひずみをあらかじめ求めておく。次に以上で得られた正しい覆工内面変位を逆解析の入力値とし、等価弾性係数 E_0 と断面Ⅱの力 $\hat{\sigma}_x$ （ただしトンネル軸方向成分を除く）を求める逆解析を行なう。逆解析結果について、断面Ⅱの力 $\hat{\sigma}_x$ と $\hat{\sigma}_y$ （ともにトンネル軸方向を含む）の両方を求めていた従来の逆解析では E_0 は順解析時の地山弾性係数 E_g と一致し、解放節点力も真の値が求められていたのに対し、本論文の手法では $E_0/E_g = 0.63$ となり、相当の誤差が含まれることになる。一方、 $\hat{\sigma}_x$ の間接的な算定であるが、逆解析から $\hat{\sigma}_x$ のみを求め、 $\hat{\sigma}_y = \hat{\sigma}_x$ として算定した $\hat{\sigma}_y$ と真の $\hat{\sigma}_y$ とを比較した結果が図-3であるが、これから $\hat{\sigma}_y$ は近似的に $\hat{\sigma}_x$ と等しいとして算定してもよいように思われる。

次に、逆解析で求められた諸量を用いての有限要素解析（以後、再度順解析とよぶ）を行ない、順解析結果との比較を行なう。両者の断面Ⅱにおける覆工内面最大せん断応力を図-4に示す。この図から、逆解析によって得られる E_0 に誤差が含まれるものの、再度順解析による覆工応力は精度よく求められていることがわかる。さらに施工条件を変える時に覆工の挙動が正しく予測できるかどうかを調べるために、覆工厚を半分の10cmとする場合について、 E_0 , $\hat{\sigma}_x$, $\hat{\sigma}_y$ を用いて順解析した結果と、 E_0 , $\hat{\sigma}_x$, $\hat{\sigma}_y$ を用いて再度順解析した結果を比べる。断面Ⅱにおける覆工内面の最大せん断応力を図-5に示すがこの図から施工条件を変えたときも覆工の挙動の予測が精度よく行なえることがわかる。

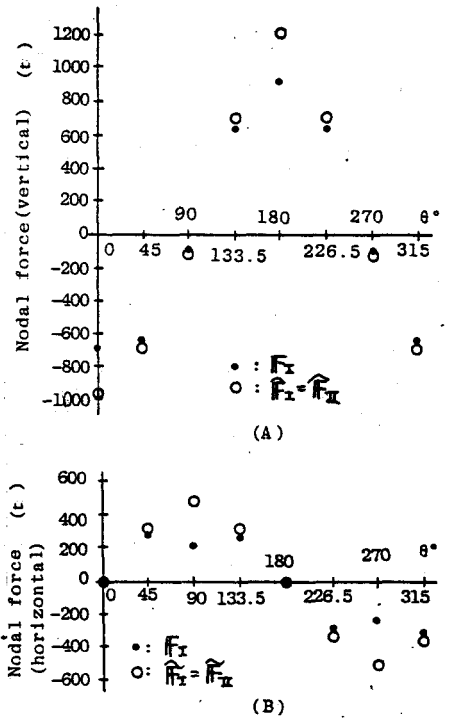


図-3 解放節点力

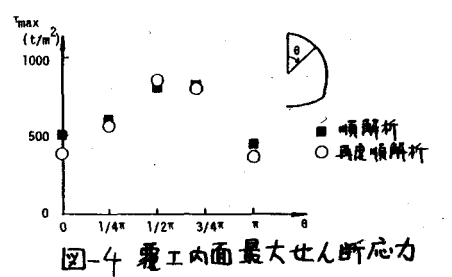


図-4 覆工内面最大せん断応力

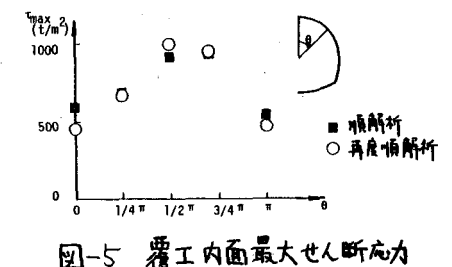


図-5 覆工内面最大せん断応力

3: 結論

本論文の手法により、トンネル覆工の応力を精度よく予測できることがわかった。
(参考文献)

- 1) 久武・伊藤・上久保 「トンネル問題における三次元逆解析法の開発」 第39回土木学会年次学術講演会講演概要集、第3部 1984
- 2) 久武・大田 「トンネル問題における三次元逆解析法に関する考察」 第39回土木学会年次学術講演会講演概要集、第3部 1984