変状発生トンネルにおける複数ひび割れの進展挙動に関する研究

日本工営(株)中央研究所	正会員	鈴木正樹	師	自海
熊本大学大学院自然科学研究科	正会員	大津政康		
東京電力(株)栃木支店	正会員	小林順二	野村	才智浩

1.はじめに

供用中の発電用導水路トンネルの覆エコンクリートで発生する変状には、図1に示すように覆エコンクリ ート背面の空洞に起因して、トンネル縦断方向にひび割れ開口幅 2~5mm 程度の大きな開口ひび割れが複 数本発生し、さらに変状が著しいところでは、天端部覆工内面において圧挫が生じる場合がある。このよう な変状トンネルの定量的な管理指標としては、ひび割れ開口幅が挙げられる。一方、コンクリートのひび割 れのモデル化には大別して分布ひび割れモデルと離散ひび割れモデルがあるが、ひび割れ開口幅を定量的に 算定するには後者のモデルが妥当であるものと考える。

そこで、本研究では、離散ひび割れモデルを用いた数値解 析手法によって、変状トンネルにおける複数ひび割れの進展 メカニズムについて解明することを目的としている。本研究 の最終目標は、ひび割れ開口幅に基づく作用外力推定手法の 開発である。

本報告では、本研究で開発した離散ひび割れモデルを用い を複数ひび割れの進展解析手法の有効性を、水路トンネルの 実物大覆工破壊実験との照合により検証した結果について述べる。

2.離散ひび割れモデルを用いた複数ひび割れの進展解析手法

1 本のひび割れの数値解析によく用いられている離散ひび割れモデルを、ひび割れ先端を制御する手法に

基づいて、複数ひび割れの数値解 析手法へ拡張した。本モデルでは、 図 2 に示すとおり、まず任意の 1 本のひび割れを進展させるのに必 要な外力をそれ以外のひび割れの 進展を拘束する中で算出する。こ の作業を全てのひび割れに対して 行い、それらの最小値に基づいて ひび割れ進展パターンを決定する。 この過程の中で、拘束されている ひび割れの進展位置を修正し、無 効となる数値解を除去することに よって、様々なひび割れ進展パタ ーンを形成することができる。な



お、本手法の詳細は既報を参照するものとする^{1),2}。

キーワード:ひび割れ開口幅、トンネル覆工耐力、離散ひび割れモデル、破壊力学、変状トンネル 連絡先:日本工営㈱〒300-1259茨城県稲敷郡茎崎町稲荷原2304 Tel 0298-71-2032 Fax 0298-71-2022 熊本大学〒860-8555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 Tel 096-342-3542 Fax 096-342-3507 東京電力㈱〒320-0026 栃木県宇都宮市馬場通り1-1-11 Tel 028-302-2533 Fax 028-302-2519

-36-

 空洞

 正挫

 ひびわれ幅

 2-5 m程度

 図1 対象とする変状発生トンネルの状況

3. 実物大トンネル覆工破壊実験による本解析手法の妥当性検証

図 3 に実物大トンネル覆工破壊実験モデルとその数値解析モデルを示す。覆工コンクリートの物性値は E=20.0GPa, =0.2, f_c=20.0MPa, f_t=2.0MPa, G_f=0.1N/mm であり、解析上の引張軟化曲線は 1/4 モデルとし た。この実験では覆工背面に空洞がある場合を想定して、その覆工破壊プロセスと覆工耐荷力の検証を目的 としている。図4に破壊直前のひび割れ進展状況を、図5に荷重 - 変位および荷重 - 開口幅関係を示す。こ れらの結果から、本解析は実験でのひび割れ進展過程およびピーク荷重を精度よく再現できたと言えよう。 なお、実験では等圧制御載荷条件を厳密には再現しておらず左右の載荷荷重の大きさが異なる結果となって いる。また、実験ではひび割れ開口幅については測定されていないが、解析では側壁のひび割れが貫通する 直前において最大ひび割れ開口幅として 0.2mm 程度となる結果が得られた。以上より、本解析手法の有効 性は確認できたものと考えられる。

4.まとめ

本研究では離散ひび割れモデルを用いた複数ひび割れの進展解析手法を開発した。上述した実験の検証解 析によりその妥当性は確認できたものと考えられる。なお、覆工のみのモデル化では、実現象における 1mm 以上の大きなひび割れ開口幅までは算定できず、その原因は覆工背面の地山を考慮していないためであると 考えられる。よって、今後は、実現象の大きな開口ひび割れを再現するために、覆工と地山の相互作用を考 慮したひび割れ進展解析手法について開発することを課題としている。



【参考文献】1)師自海・大津政康・鈴木正樹・日比野悦久:NUMERICAL ANALYSIS OF MULTIPLE CRACKS IN CONCRETE USING THE DISCRETE MODELING APPROACH,第 2 回構造物の破壊過程解明に基づく地震防災性向上に関するシンポジウム論文 集,pp.219-224,2001.3

2) Z. Shi, M. Ohtsu, M. Suzuki and Y. Hibino : Numerical analysis of multiple cracks in concrete using the discrete approach, J Struct Eng ASCE (in press).

-37-