

Ⅲ - 595

トンネル覆工解析に関する一考察（その2）

鉄建建設（株）正会員 益田彰久

鉄建建設（株）正会員 松岡 茂

1、はじめに

今田ら¹⁾は道路トンネルを対象に覆工の耐荷力や破壊性状の実験を行っている。この報告によると、土圧等の外力により覆工部材の一部にひび割れが生じても構造物は破壊には至らず、よってトンネル覆工の最終的な破壊状態を算定するにはひび割れが生じた覆工の挙動を追跡する必要があると述べている。

また、朝倉ら²⁾はトンネル覆工の模型載荷実験からひび割れ部分をピンとしてモデル化した骨組解析で覆工の最終的な耐荷力を追跡できると報告している。しかしこのモデルではひび割れの発生・進展が考慮されておらず、また事前にひび割れ発生位置を限定する必要があるため、そのままトンネル覆工の耐荷力算定に用いるには困難であると思われる。

そこで筆者ら³⁾は無筋コンクリートのトンネル覆工においてひび割れ断面のモデル化を行うことにより、骨組解析によるひび割れ発生断面の検出およびひび割れ断面の変形限界を算定することができる可能性を示した。本報告では提案した解析法を実験結果と比較することにより、その有効性を確認することを目的とした。

2、トンネル覆工の模型実験

解析と比較する実験は前述の朝倉らによるトンネル模型実験²⁾とした。実験装置は新幹線標準トンネル断面を想定した直接載荷方法の立体模型実験装置（縮尺1/30、覆工厚20mm）であり、図-1に概要図を示す。実験では載荷板を介してトンネル模型頂部へ変位制御により載荷を行っているが、解析では集中荷重として計算をした。トンネル覆工模型のモルタル物性値を表-1に示す。

3、ひび割れ断面モデルと解析方法

トンネル覆工模型の物性値を基に、筆者らの報告³⁾に従って求めたひび割れ発生断面力を図-2に、曲げモーメントとひび割れ幅から求めた部材回転角との関係を図-3に示す。図-2において軸力360kN以上では引張強度に達する前に圧縮側の縁ひずみが限界値（3500 μ ）に達するためひび割れの発生はないものと考えられる。また、図-3中の破線はひび割れ断面における断面力の釣り合いが成立しないかまたは圧縮側の縁ひずみが限界値に達した状態を示しており、本研究における条件下では破線を越えるような回転角はあり得ない。よってこの破線がひび割れ断面の限界回転角であると考えられる。

解析の手順として、まず剛性一様要素で構成された骨組解析モデルにより与えられた境界条件の下で解析を行う。図-4に解析モデルを示す。得られた結果を図-2と比較することによりひび割れ発生断面の検出を行う。ひび割れ

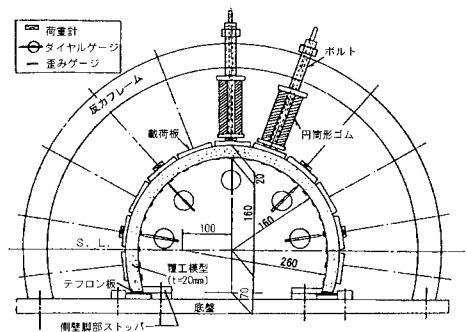


図-1 トンネル覆工模型実験概略図

表-1 トンネル覆工模型物性値

一軸圧縮強度 (MPa)	26.1
圧裂引張強度 (MPa)	2.3
静弾性係数 (MPa)	14, 122

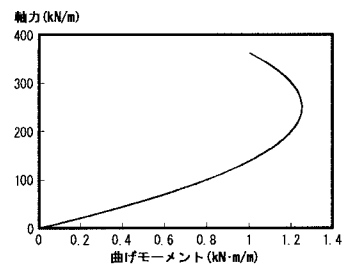


図-2 ひび割れ発生断面力図

の発生した節点には、断面に作用している軸力に相当する曲げモーメントの増加と部材回転角の増加の比である回転バネを配置すればよいのであるが、この解析条件の場合、部材断面に作用する軸力が5.0kN/m程度と小さい。図-3からわかるように軸力がある程度より小さくなると曲げモーメントは増加せず回転変形のみが進行していくため回転バネ定数を0すなわちピンとして考えた。以後、ひび割れ発生位置をピン結合とした解析モデルにより解析を行い順次ひび割れ発生位置を捜していけばよい。このようにして解析を進めていき、ひび割れ発生により構造体が不安定な状態になったとき、または既存のひび割れ発生節点における回転変形が図-3の破線部分に達した時点で構造物の最終状態となる。

4、実験結果と解析結果との比較

比較項目として荷重と載荷点における沈下変位量との関係を調べた。図-5に荷重-変位曲線を示す。解析結果によるとひび割れは載荷点である頂部（図中のA）、アーチ肩部分（同B）、脚部（同C）の順で発生し、S/L付近でひび割れが発生した段階（同D）で構造体が不安定になり計算を打ち切った。実験ではひび割れ発生を目視で確認している（図中のa, b）ため差はあるが、ひび割れの発生順序は解析結果と一致している。また荷重と変位の関係も図-5に示すように近い値を示している。

5、まとめ

本報告ではトンネル設計に多く用いられる骨組解析によりひび割れの発生・進展を考慮した解析を行うことを目的として提案されたひび割れ断面のモデルを検証するために、解析と実験との比較を行った。その結果、ひび割れが発生したと判断される節点を回転バネまたはピンとすることによりひび割れを考慮した覆工の破壊形態を骨組解析により追跡できることができることを確認した。今後さらに異なる条件においてもこの解析手法が有効であることを確認していくことが必要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 今田 徹、石橋 正穂、平江 哲：トンネルコンクリート覆工の強度に関する実験報告（1）、建設省土木研究所資料、No. 921, 1974
- 2) 朝倉 俊弘、小島 芳之、安東 豊弘、佐藤 豊、松浦 章夫：トンネル覆工の力学挙動に関する基礎的研究、土木学会論文集、Vol. 493/III-27、pp. 79-88、1994. 6
- 3) 松岡 茂、益田 彰久：トンネル覆工解析に関する一考察（その1）、土木学会第五十回年次学術講演会（投稿中）

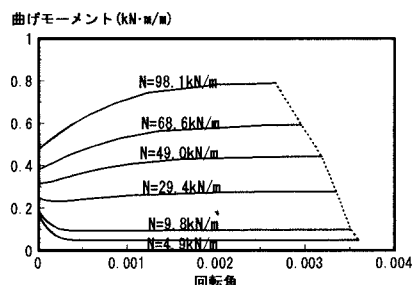


図-3 曲げモーメント-回転角図

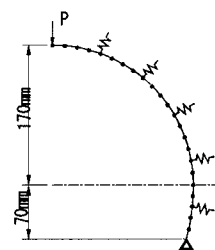


図-4 骨組解析モデル図

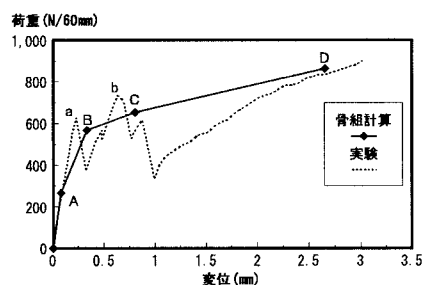


図-5 荷重-変位線図