

固有値解析によるトンネル覆工裏状況推定方法の検討

ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社 正会員 ○谷利 晃

ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社 正会員 稲熊 唯史

京都大学大学院 正会員 朝倉 俊弘

1. はじめに

トンネル覆工の維持管理において、覆工コンクリートの厚さや、覆工裏の空隙の状態を把握することは、トンネル覆工の耐久性や耐震性を評価する上で重要である。蔣らによる既往の検討¹⁾では、トンネル覆工に生じたひび割れ数量と構造物の振動特性に相関があるとの考察がある。振動特性の変化を計測することで覆工の状況の評価する手法が確立できると、トンネル覆工の健全度評価において効率的な手法として期待できる。

そこで本検討では、トンネル覆工裏の空隙を例にとり、空隙の範囲がトンネル断面の振動特性に及ぼす影響を確認することを目的とした。FEMによる固有値解析を行い、覆工裏空隙範囲の他に、覆工厚、および地山の種類をパラメータとし、各パラメータが固有値に及ぼす影響を整理した。

2. 検討概要

(1) 解析概要

対象断面は、公表されている東海道新幹線の標準断面²⁾とし、解析モデルは2次元モデルとした(図-1)。覆工コンクリートは弾性係数を 28kN/mm^2 (設計基準強度 30N/mm^2 相当)の弾性要素とした。トンネル覆工と地山の界面は各地山種別の弾性係数より換算した弾性ばね要素(以下地盤ばねと称す)を設定した。

(2) パラメータの設定方法

パラメータは地盤ばねの弾性係数、設計巻厚、空隙範囲とした。地山の種類は表-1²⁾の8水準とし、各地山弾性係数から地盤ばねを設定した。設計巻厚は、50cm、70cmの2水準とした。トンネル覆工裏の空隙範囲は、 $\theta=30^\circ$ 、 60° 、 90° 、 120° の4水準とし、図-1で示すように覆工厚を設計巻厚の1/2とし、地盤ばねを設けないこととした。

3. 結果の考察

(1) 振動モードと計測方法の関係

固有値解析結果から得られた振動モードを図-2に示す。1次モード～3次モードの振動は、断面形状を保持したまま、回転方向、縦・横方向に振動していることから、実トンネルにおいて計測する際は、絶対振動を計測する必要がある。また4次モード～6次モードについては、内空変位等のトンネル断面内の相対変位が変動していることから、計測ではトンネル断面の相対変位量を計測する必要がある。

(2) 卓越振動と振動モード

各振動モードにおける刺激係数を図-3に示す。刺激係数とは、各固有モードの振幅の占める割合を示しており、刺激係数が高い振動モー

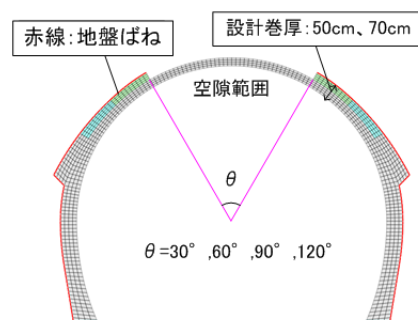


図-1 2次元解析モデル

表-1 地山物性値

地山 物性値	静弾性係数 N/mm ²
S1	20
R1	50
R3	200
R4	500
R5	1000
R6	2000
R7	5000
R8	10000

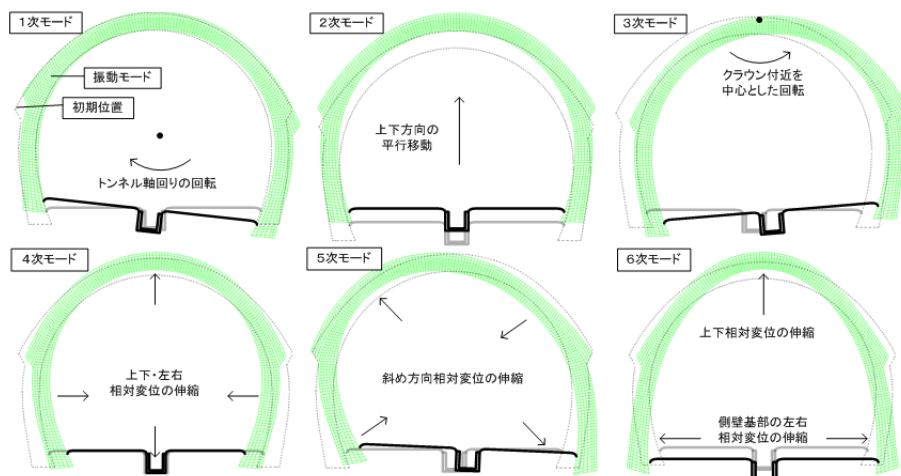


図-2 固有値解析結果による振動モード

キーワード： トンネル覆工、空隙、固有値解析、固有周波数

連絡先：〒450-0002 名古屋市中村区名駅五丁目33番10号 アクアタウン納屋橋 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) TEL052-746-7122

ドほど振幅が大きく、計測値を得やすいと考えられる。この結果より、卓越振動モードは2次モードとなった。このことから、2次モードにて結果を整理することとした。

(3) 各パラメータが及ぼす影響

1) 覆工裏空隙範囲

覆工裏空隙範囲が固有周波数に及ぼす影響を図-4に示す。空隙範囲が広がると、固有周波数が低減する傾向が見られ、その程度は、空隙範囲を 0° (空隙無し)から 120° とすることで、1.6~1.8倍程度固有周波数が増大する結果となった。

2) 地山の弾性係数

地山の弾性係数が固有周波数に及ぼす影響を図-5に示す。固有周波数に及ぼす影響としては静弾性係数によるものが最も大きく、軟弱地山(S1)による卓越振動数は13Hz、硬岩地山(R8)による卓越振動数は173Hzと、地山地質の相違により13倍程度の変動が見られた。

3) 覆工巻厚

トンネル覆工巻厚が固有周波数に及ぼす影響を図-6に示す。軟弱地山(S1)では巻厚が大きくなると固有周波数が大きくなるのに対し、硬岩地山(R8)では巻厚が大きくなると固有周波数が小さくなる結果となった。また巻厚を50cmから70cmとした際の固有周波数の変動は1.1倍程度となった。

4. 結果のまとめ

本検討では、トンネル覆工において覆工裏の空隙の範囲がトンネル断面の固有周波数に及ぼす影響について検討し、実トンネルにおいて振動特性の計測値から、覆工裏の状況の推測が可能であるかを検討した。

その結果、覆工裏の空隙の相違による固有周波数の変動が見られた。このことから、健全な断面と空隙を有する断面の固有周波数を計測し、比較することで、覆工裏の空隙の状態を予測出来る可能性があることが確認できた。ただし、固有周波数に及ぼす影響は、覆工裏の空隙範囲よりも地山の弾性係数の方が大きいことから、実計測の際は地山の地質が同一の断面において比較するなど、地山の地質による影響を受けない状況下で計測する必要があると考えられる。なお、1断面のみの計測結果では覆工裏の状況の推定は困難であることに留意が必要である。

5. 今後の課題

実トンネルの計測から、トンネル覆工裏の状況の相違による影響が、計測値から読み取れるかを確認する必要がある。なお、トンネル覆工の裏込め注入前後において同じ断面を対象に計測し計測値を比較するなど、同じ断面を対象とするのが良いと考えられる。

参考文献

- 1) 蔣, 谷川, 山内, 安田, 田近: 常時微振動測定に基づくトンネル覆工の健全度評価手法の提案, トンネル工学報告書第20巻/pp.205-209
- 2) 最新トンネルハンドブック (建設産業調査会)
- 3) 鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル (平成13年3月)

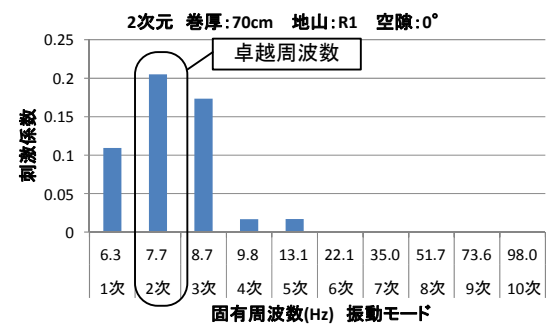


図-3 刺激係数

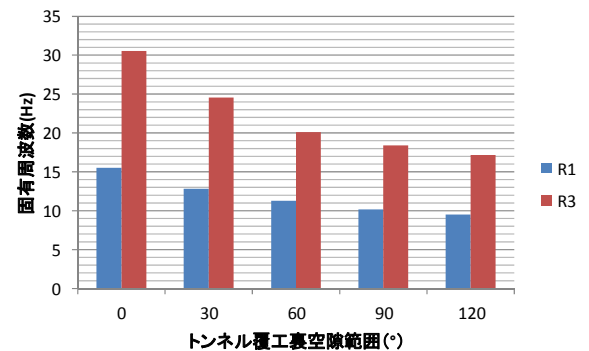


図-4 空隙範囲の影響

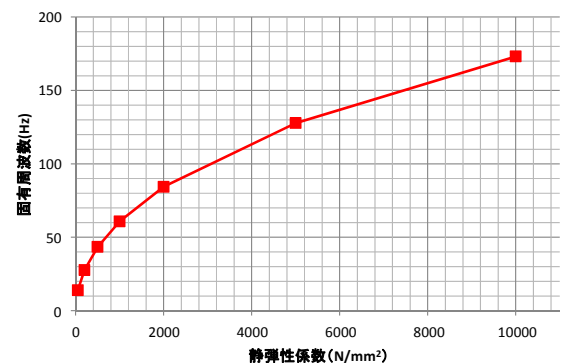


図-5 地山静弾性係数の影響

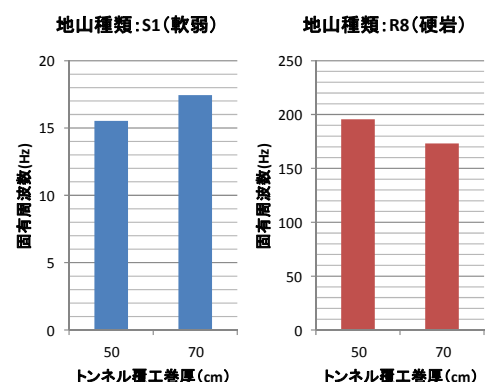


図-6 トンネル覆工厚の影響