

# トンネル覆工の劣化進行予測モデル定式化のためのデータ解析の試み

大成建設（株）土木設計部 フェロー会員 亀村 勝美

はじめに

トンネルをはじめとする道路構造物の維持管理の合理化は、不可避の要求である。しかし、全国のトンネルに対する一斉点検の結果得られる膨大なデータを有効に活用するためには、事前にその処理、評価手法について検討しておく必要がある。特にトンネルの劣化状況を示す指標の数値化とその評価手法の開発は急務である。

トンネル覆工においてクラックの有無、その進展は劣化状況を示す基本的なデータである。ここでは、岩盤力学の分野で用いられているクラックテンソルを参考に、クラックデータの定量的評価を試みる。そしてこの定量的評価が可能となれば、本研究の次なる目標である劣化進行予測モデルの検討を行うことが出来る。

## 1. トンネルにおけるクラックデータの評価法

クラックテンソルの一般式は、以下の形で与えられる。

$$F_{ij\dots k} = \frac{\pi\rho}{4} \int_0^m \int_0^m \int_{\Omega} r^a t^b n_i n_j \dots n_k E(n,r,t) d\Omega dr dt$$

ここで、

- $\rho$  : クラックの体積密度
- $r$  : クラックの直径の最大値
- $t$  : クラックの開口幅の最大値
- $E(n,r,t)$  : 確率密度関数
- $\Omega$  : 全立体角
- 定数  $a, b$  : 任意の指数

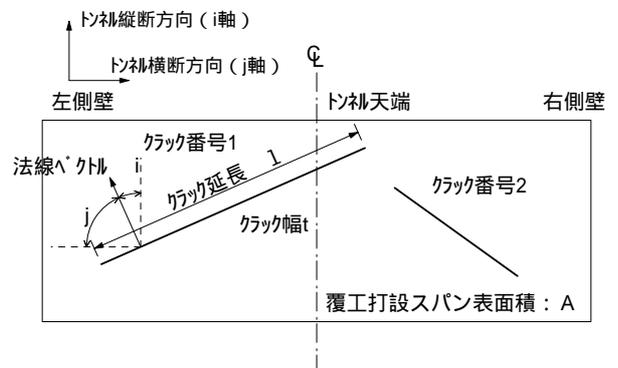


図-1 覆工における劣化クラックテンソルの概念

である。

ここで、図-1のように覆工のクラック状況を2次元の

平面に展開し、劣化の規模はクラック開口幅の  $a$  乗、クラック長の  $b$  乗に比例するものと仮定すれば、上の式は以下の形に変形できる。

$$F_{ij} = \frac{1}{A} \sum_{k=1}^m (t^{(k)})^a (l^{(k)})^b \cos \theta_i^{(k)} \cos \theta_j^{(k)}$$

ここで、 $A$  : 対象とする覆工の面積

- $m$  : 対象とする覆工に存在するクラック本数
- $l^{(k)}$  :  $k$  番目のクラックの長さ
- $t^{(k)}$  :  $k$  番目のクラックの幅
- $i^{(k)}$  :  $k$  番目のクラックの法線ベクトルが  $i$  軸となす角度
- $j^{(k)}$  :  $k$  番目のクラックの法線ベクトルが  $j$  軸となす角度

また、 $F_0 = F_{11} + F_{22}$  は、クラックテンソルの不変量であり、考慮している範囲内の劣化量の総和とみなすことができる。

## 2. 覆工の劣化（クラック）の定量化

覆工のクラックのパターンとしては、土木学会：「トンネルコンクリート施工指針（案）」に示されているような以下のパターンが代表的なものとして挙げられる。

- 1) トンネル軸方向に直線的に伸びるクラック
- 2) トンネル軸直角方向に直線的に伸びるクラック

キーワード トンネル変状，クラック調査，クラックテンソル

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設（株）土木設計部 TEL 03-5381-5296

3) 継ぎ目部近傍でトンネル軸方向に伸びるクラック

4) 亀甲状あるいは網目状のクラック

今、1打設長 10m、周の長さ 30mの覆工のクラック展開図があるとすると、図2 に示した 1) ~ 4)までのクラックパターンのクラックについてクラックテンソルを求めると、表-1 のような結果となる。

表 1 クラックテンソル計算結果(×10<sup>-6</sup>)

Case	a	b	パターン	F11	F22	F0
A	1	1	1	0	33.3	33.3
			2	33.3	0	33.3
			3	0	33.3	33.3
			4	16.7	16.7	33.3
B	2	1	1	0	0.033	0.033
			2	0.0167	0	0.0167
			3	0	0.033	0.033
			4	0.0167	0.0167	0.033
C	1	2	1	0	333	333
			2	666	0	666
			3	0	83.3	83.3
			4	16.7	16.7	33.3
D	2	2	1	0	0.33	0.33
			2	0.33	0	0.33
			3	0	0.083	0.083
			4	0.0167	0.0167	0.033

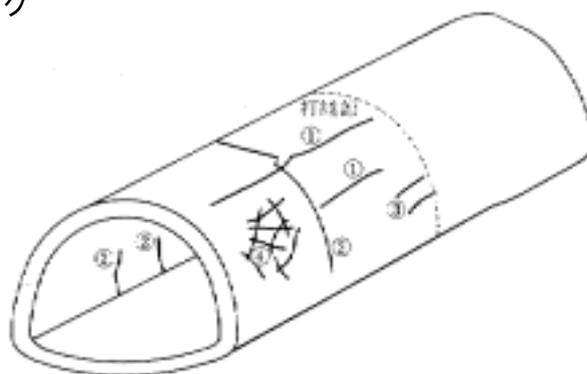


図-2 クラックの代表的パターン

(土木学会「トンネルコンクリート施工指針(案)」)

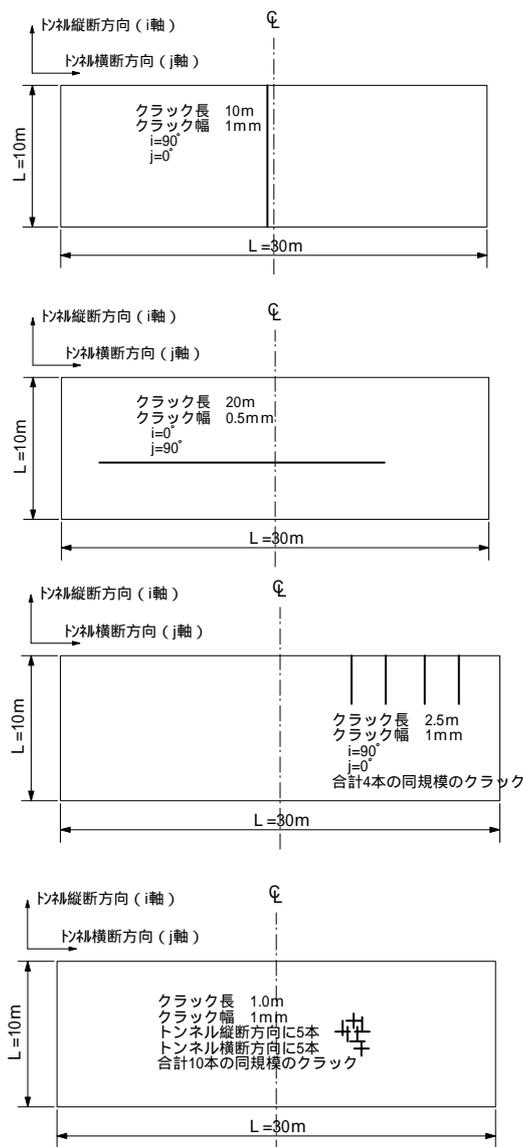


図-3 クラックのモデル図

3.まとめ

表-1 を見ると、まず  $F_{ij}$  の各成分から各パターンのクラック卓越方向が読みとれる。また以下の項目が判断できる。

ケース A : 4 つのパターンの損傷度は同じである。

ケース B : 2 の損傷度は小さい。

ケース C : 2 の損傷度は大きく、4 のそれは小さい。

ケース D : 1 と 2 の損傷度は同じであり、3、4 は小さい。

以上のようにここで提案する指標を用いれば、トンネル覆工に生じているクラックの幾何的性状を具体的に数値として評価できる。同一のトンネルについてこの数値の経時的変化を見れば、クラックの進展状況は明確である。また複数のトンネル間で比較することにより、損傷度の違いを評価することもできる。

残された課題は、こうした幾何情報が力学的現象とどう対応しているかを明らかにすることである。

[参考文献]1) 山辺、小田、亀村：一般化クラックテンソルによる亀裂性岩盤の非線形弾性解析、岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、Vol.18th、pp.181-185、1986

2) 亀村、須藤：トンネル覆工劣化度評価のためのデータ解析の試み、第 57 回土木学会年次学術講演会、2002