

VI-5 トンネル覆工ひずみデータの分析

北海道大学工学部 正会員 菲澤 憲吉
 北海道大学工学部 学生員 狩野 裕之

1. まえがき

青函トンネルは、その海底部においては高い水頭の海水で飽和された複雑な地質分布を有するなどの特殊性と、これまで経験したことのない長大な延長を有すること、さらに本州と北海道を結ぶ唯一の路線であることから、トンネル構造物の維持管理については特に重要な問題であり、そのため開業以来これまで、トンネル構造物の挙動監視設備のひとつとして、本坑内の4箇所の地点の断面においてトンネル覆工の表面に高感度ひずみ計を設置して自動計測を行ってきている。

これは地震時情報システムの一環をなす設備であり、地震情報および地震時挙動監視のためにそのデータは利用されてきているが、このように地中構造物のひずみについて継続的にデータを収集していることは、そのこと自体で非常に貴重な測定データであり、その測定データの解析から得られるものは、地震監視に限らずに、もっと広い意味があるものと考えられる。

今回、ある期間におけるそのトンネル覆工表面のトンネル軸方向のひずみデータについてMEMを用いて解析を試みてその変動波形について分析・考察を行ったのでその結果を報告する。

2 データ計測の状況

本坑内に設けられた4箇所の各計測地点においては50m間隔で3断面に高感度ひずみ計が設置され、図1のように軸方向7箇所、周方向14箇所の覆工表面ひずみが自動計測されている。計測されたひずみデータは時間毎、日毎のファイルとしてそれぞれ記録・保管されている。今回は4箇所の計測地点のうち1箇所について、軸方向7箇所の計測データの分析を試みた。

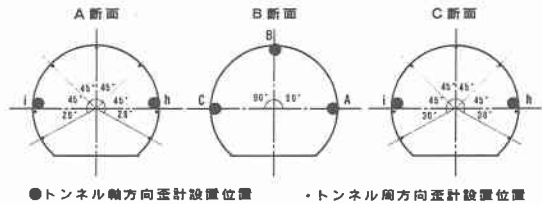


図1 ひずみ計測断面におけるセンサーの配置

3. 覆工表面ひずみデータの経時変化

数値の羅列である計測データを評価するにあたり、7箇所の計測データの経時変化を大まかに把握しておく必要がある。そこで、まずはじめに計測データをグラフ化することによって覆工表面ひずみが時間の経過とともにどのように変化しているかを検討した。

3.1 時間データの経時変化

時間毎の計測データをグラフ化したものを図2(a)に示す。一部不連続な部分があるが、これはデータが不良のためである。それぞれの計測点のひずみは小刻みな増減を繰り返しながら緩やかな波形を描いて変動している。計測点Ah,Ai,Ch またBA,BB,BCは似た波形をしており、この2つのグループは互いに逆方向にひずみが推移している傾向にあるが、Ciはこれらとは多少異なり緩やかに増加している傾向にある。また、B断面はA、C断面に比べひずみの変動の幅が大きい。

Data Analysis of the Strains Measured at the Concrete Lining of a Tunnel

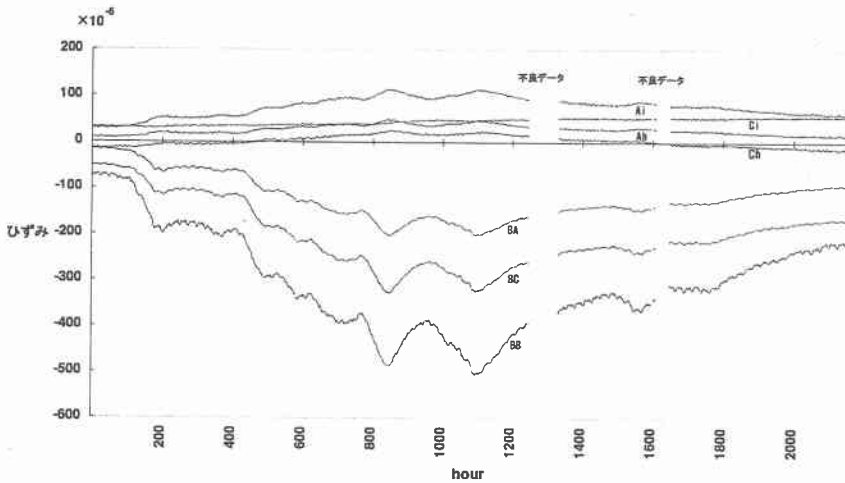
by Noriyoshi NIRASAWA and Hiroyuki KANO

3.2 日データの経時変化

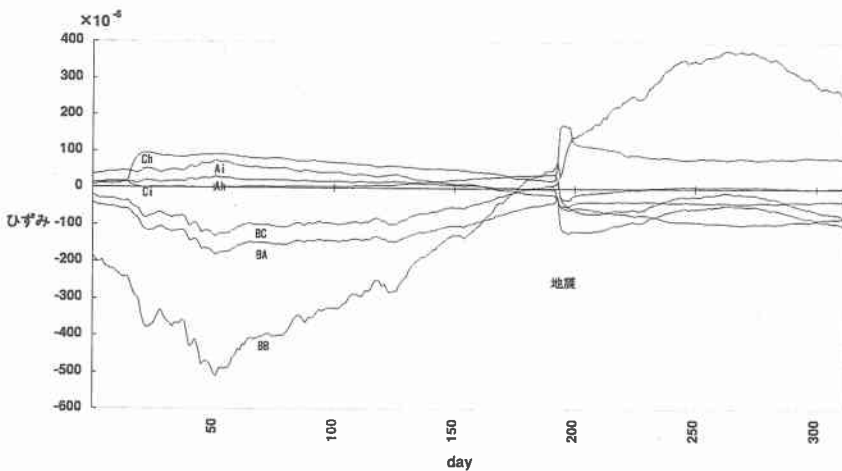
日毎の計測データをグラフ化したものを図2(b)に示す。200日付近ですべての計測点において急激なひずみの変動が見られるが、これは地震のためである。時間データのグラフと同様にそれぞれの計測点のひずみは小刻みな増減を繰り返しながら緩やかな波形を描きながら変動している。A断面とB断面の各計測点のひずみは似た波形をしているが、C断面では計測点 Ch,Ci が他の断面とは異なった変動をしており、特に17日付近で特異な変動が見られる。

3.3 経時変化のまとめ

それぞれのグラフより覆工表面のひずみはどの箇所においても単調な推移はしておらず、またランダムな波形を持っていることから変動に何らかの周期性が存在する可能性がある。そこでこれらの変動周期成分をスペクトル解析により求めた。



(a) 時間データ



(b) 日データ

図2 計測データの経時変化

4 MEMによるスペクトル解析

4.1 MEMによるスペクトル解析について

時間データ、日データそれぞれについて、不良データを含まず、サンプル数を最も多くとれる区間についてMEM (Maximum Entropy Method) を用いて覆工表面ひずみのスペクトルを求めた。MEMの特徴としては、比較的少ないサンプル数においても安定した分解能の高いスペクトルが得られ、任意の周期についてのスペクトルが計算できることがあげられる。

MEMの解析上のポイントとなる点として予測誤差フィルタの項数 m をいくつにするかという問題がある。一般には総データ数 N に対して $2 \sim 3\sqrt{N}$ の範囲にとるのが良いとされているが、 m の変化に伴うスペクトルカーブの変化も考慮するため今回はこれより広範囲の m に対し解析を行った。

4.2 時間データのMEMスペクトル

不良データを除去した 623 個、1246 時間分のデータを用いてMEMスペクトルを求めた。予測誤差フィルタの項数を $10 \leq m \leq 100$ の範囲で変化させたがどの計測点においてもピークは現れず、100日を越える長周期の変動が支配的であることが予想される。1例として $m = 70$ の時の各計測点における解析結果を図3に示す。

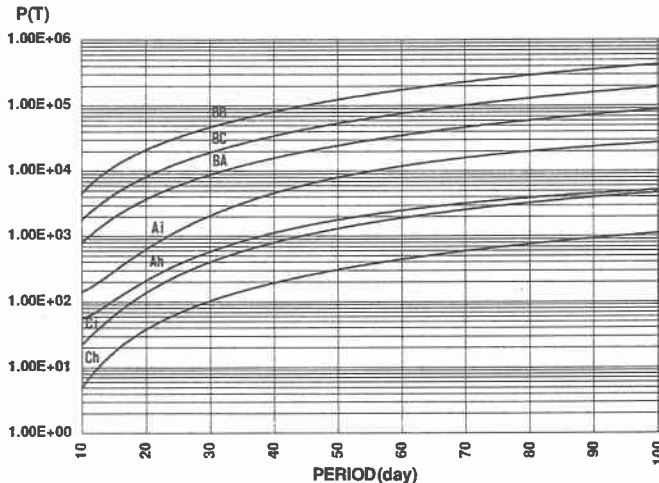


図3 時間データのスペクトル ($m=70$)

4.3 日データのMEMスペクトル

地震の変動を避けた 192 個、192 日分のデータを用いてMEMスペクトルを求めた。各計測点について時間データと同様に m を変化させると、 $40 \leq m$ で不明瞭ではあるがピークが現れ、 m の増加に伴いある幅でピークの周期が移動する立ち上がり方の異なるスペクトルカーブが得られた。解析結果の1例として計測点Ahの結果を図4に示す。

また、A、B、C断面の各計測点の解析結果を図5に示した。これより覆工表面ひずみの支配的な周期は m によるピークの移動はあるもののおおよそ120日～265日の間に見られることがわかる。

4.4 MEMによるスペクトル解析のまとめ

時間データの解析からは予測誤差フィルタの項数 m にかかわらず7箇所すべての計測点において、ひずみ周期のピークは100日以下のところには見られなかった。また、日データの解析から、 m の値によるピーク

ク周期の移動の範囲を考慮しても、おおよそ 120 日～ 265 日の範囲内にそれぞれの計測点ごとの支配的な周期が得られた。

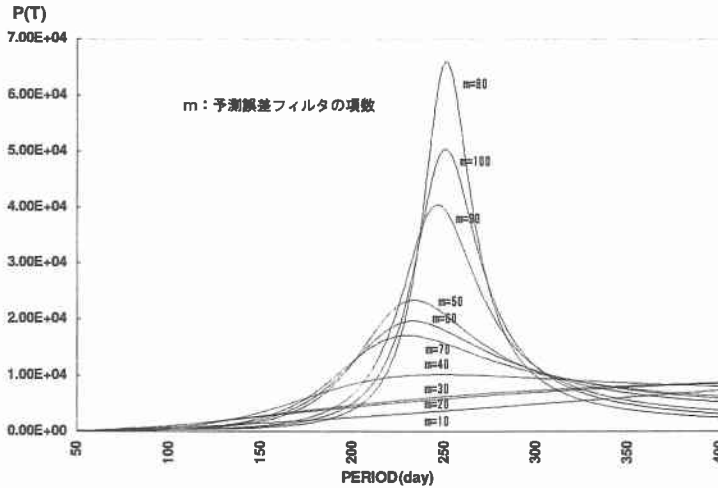


図4 日データのMEMスペクトル (Ah)

計測点	スペクトルピーク周期 (単位: day)										備 考
	40	80	120	160	200	240	280	320	360		
A h											230～252日
A i											253～265日
B A											148～187日
B B											210～237日
B C											166～199日
C h											120～173日
C i											216～253日

図5 各測点におけるスペクトルピーク周期 (幅は予測誤差フィルタの項数mによる移動の範囲を示す)

5. 結 果

ここではトンネル覆工の表面ひずみをその時間データ、日データからMEMを用いて解析し、軸方向ひずみの変動周期について 100 日を越える長周期のものが支配的でおおよそ 120 日～ 265 日の間に支配的な周期があることが見出された。

今回の解析データは長周期の変動を解析するには、やや不十分であるのでさらに長時間のデータが得られれば長周期の変動成分の解析が可能になるものと思われる。また、今回の解析は軸方向ひずみに関するものであり、同様の手法で周方向のひずみに関しても解析を行う予定である。

謝 辞

ここで用いたデータは日本鉄道建設公団札幌工事事務所吉岡管理センターのご厚意により提供を受けたもので、この場を借りて元所長の先山友康氏をはじめ同センターの職員の皆様にお礼を申し上げます。