

Ⅲ-559

地下鉄無筋アーチ隧道の計測調査について

大阪市交通局 乾 広海
 大阪市交通局 正員 ○ 松下 晃
 大阪市交通事業振興公社 正員 阪口 隆雄
 中央復建コンサルタンツ 正員 田底 成智

1. はじめに

大阪市営地下鉄は昭和8年に梅田～心斎橋間で開業し、現在路線延長は100kmをこえている。戦前には資材不足などの理由により無鉄筋のアーチ形隧道もつくられておりその延長は1500mをこえる¹⁾。今回はそのうちの第1号線(御堂筋線)天王寺～昭和町間における無筋アーチ隧道(延長328m)(図1)を調査対象とした。

対象とする隧道内部のクラウン部にはクラックが確認されているが、クラックの発生時期については、同時期に建設された形式の良く類似した動物園前～天王寺間の無筋アーチ隧道において今回対象とする隧道と同様なクラックが建設時に確認されている²⁾ことから、クラックの大部分は建設時もしくは建設直後に発生したものと考えられる。しかしながらこのクラックが進行している可能性を否定できないこと、またクラックにより隧道が少しずつでも変形している可能性があることから、隧道の変化を正確に把握する必要がある。本調査は隧道の気温との関係に特に着目してクラック幅の変化に代表される隧道の変化を計測し、隧道管理のための基礎資料とすることを目的としたものである。なお、隧道の形状は図2に示すとおりであり、隧道のクラックの発生状況は図3に示すとおりである。

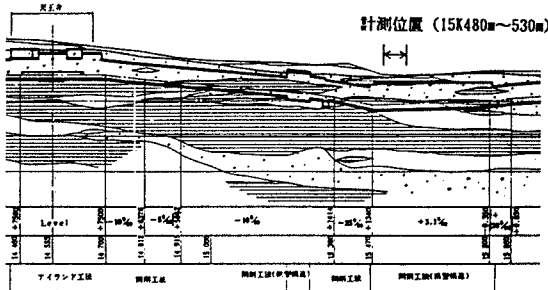


図1 対象区間の位置

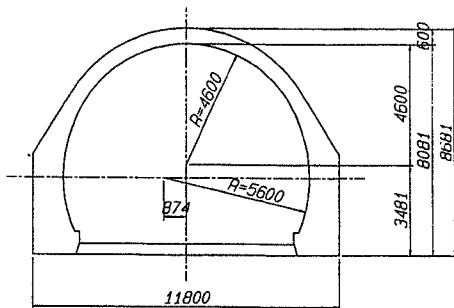


図2 隧道の断面図

2. 調査の概要

計測調査は、平成5年9月25日から平成6年9月27日に行われていた。調査は、①隧道の断面形状の変化

を掴むためのスチールテープによる内空断面計測(3断面を6回計測)、②隧道クラウン部クラックの計測、③隧道内の気温の計測(②と同じ位置)、隧道内排水溝の水温の計測(1箇所)の3項目を行った。調査の概要は表1に示すとおりである。

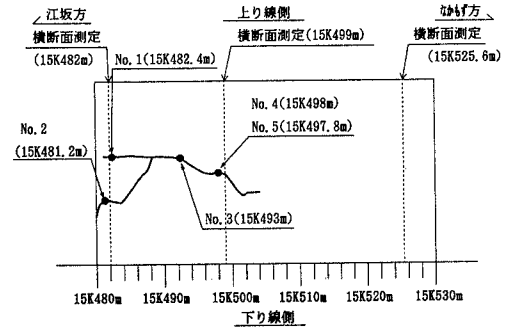


図3 アーチ隧道内のクラック発生状況

表1 調査内容・期間一覧

調査	計測器具	計測間隔	計測数	精度
①	スチールテープ	2ヶ月毎	3断面	±0.1mm
②	変位計	1時間毎	4箇所	1/150mm
③	熱電対	1時間毎	5箇所	±0.4℃

②、③の計測は計測期間の開始時に、変位計、熱電対を設置、データロガーに接続し、調査期間中自動的に1時間毎のデータが蓄積されるようにした。

3. 調査結果

1) 内空断面形状

通年変化は観測されているが、1年間でほぼ同じ状態に戻っており、隧道の形状はこの調査が行われた1年間においては急激な形状の変化は見られず、隧道は安定していると考えられ、変化は季節に応じた変化であると考えられる(図4)。

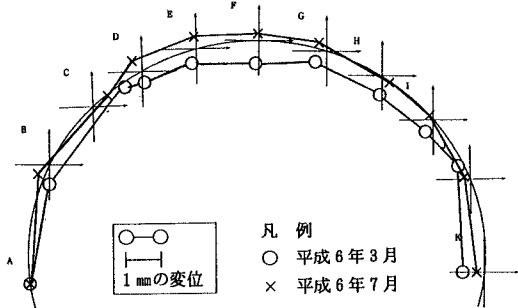


図4 隧道内空形状の年変化

2) 隧道のクラックと隧道内の気温との関係

隧道の変化の影響が集中すると考えられるアーチ頂部のクラックの幅の変化について隧道内の気温との関

係の観点から分析、考察を行った。

調査の結果、隧道のクラックの幅の変化は隧道内の気温に応じて、変化していることがわかった。隧道内の気温の上昇に伴いクラック幅は小さくなり、隧道内の気温が下降するとクラック幅は大きくなる。隧道内の気温とクラック幅の経時変化の状況を図5に示す。

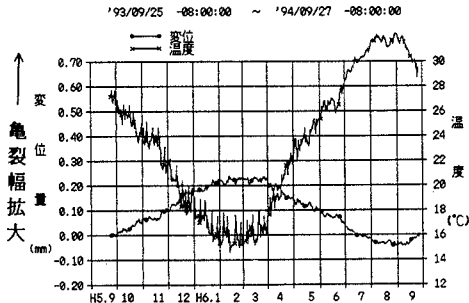


図5 クラック幅の年間変化

この結果から、隧道内の気温とクラック幅の変化量の関係を図示する(図6)。なお隧道内の気温はクラック計の位置のものである。これによると隧道内の気温とクラック幅の間には式(1)のような線形関係が認められ、その決定係数も0.921と極めて高く、クラック幅の変化はほぼ温度変化のみによって引き起こされていると結論づけることができる。式(1)は気温1度の変化に対して、0.0188mmクラック幅が変化するということを示しており、これを用いることによって、意味のある隧道の管理基準を設定することが可能となる。

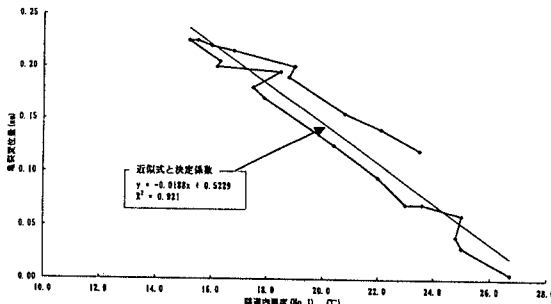


図6 クラック幅と隧道の温度の関係

$$W = -0.0188t + 0.5229 \quad \cdots \cdots \text{式(1)}$$

ただし、
 W : 計器設置時からのクラック幅変化量(mm)
 t : 隧道の該当位置での温度 (°C)

(3) 隧道内の気温について

隧道内の気温は、隧道の周囲の環境によって決定される。今回は列車の発生する熱についての考察は行っていないが、隧道位置の外気温、隧道の排水溝内の水温(以下単に水温という)との関係については考察を行った。排水溝内の水はそのほとんどが隧道外部からの漏水であるので、水温は隧道外の地中温度と一致していると考えられる。隧道内の気温、調査を行った期間の外気温、平年の外気温(過去10年間の平均)、水温の

4項目の調査期間内の変化を図7に示す。図7からは隧道内の気温は、気温が高いときには外気温に、気温が低いときには水温に關係して変化することがよみとれる。これは、隧道は外気温によって温度変化するが、外気温が低いときには地中温度によって隧道が温められ、隧道気温が比較的高く保たれている状況を示している。

隧道内気温についての上記の考察は調査期間である1年間のデータのみによっているので更にデータを収集することによって気温の変化状況を分析する必要がある。隧道の気温変化を外気温から推定できるようにすれば、隧道内気温の計測に外気温の入手をもって代えられるようになる。

隧道の挙動(クラックの挙動)の大半は、隧道の気温に追隨して起こっており、変化は気温の1次関数で表すことができた。

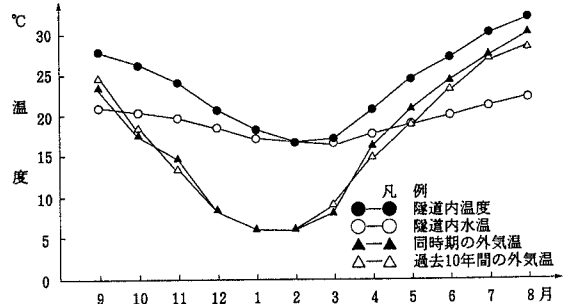


図7 隧道内の気温と外気温などの関係

4. おわりに

今回の調査の結果を用いることによって以下のことが可能となる。

ある気温のときのクラック幅の正常値というものを算定でき、それによって日常のクラック管理を効率的に行うことが可能となる。

クラック幅の変化は、長年に渡って少しずつ蓄積される隧道の劣化や変形による不可逆的な変化(劣化による変化)と、温度変化に短時間で即応する可逆的な変化(温度応力による変化)の2種類の変化の組み合わせで生じていると考えられるが、今回はこの内の温度応力による変化を決定できた。この結果を10年以上といった長期的スパンの計測に組み込むことによって、劣化による変化を計算できる。

さらに、隧道に近接して工事等が行われ隧道の計測管理が必要となった場合についても、今回の計測値を用いて、施工時の計測値のうちの温度応力による影響量を算定できる。

去る、平成7年1月17日に兵庫県南部地震が発生した。今回の調査区間に対する地震の影響はないものの、無筋アーチ隧道という特殊な構造であるため、地震時の影響解析などを行い、隧道の保守を行っていきたい。

参考文献

- 1) 大阪市交通局: 大阪市地下鉄建設50年史, 1983年5月。
- 2) 三井三郎: 無鉄筋コンクリート拱型隧道工事報告, 土木学会論説報告, pp.143~150, 第24巻第2号, 1938年2月。