

首都高速道路公団

正員 高津 和義

首都高速道路公団

正員 山田 淳

オリエンタルコンサルタンツ

正員 ○高橋 正忠

1. はじめに

沈埋トンネルは水底下の地盤中に薄い土被りで埋設されるため、ある程度周辺の地盤に拘束されながらも、トンネル躯体の温度変化によって軸方向に伸縮する。沈埋函が可撓性継手で接続されている場合には、継手部の伸縮量を測定することによって直接これを確認できる。この報文では、首都高速道路湾岸線東京港トンネルでの11年間にわたる継手部の伸縮量の測定結果を報告するとともに、トンネルの伸縮を拘束する地盤バネ定数の試算結果、および可撓性継手のバネ定数の実際的な値を推定した結果を示す。

2. トンネル構造

東京港トンネルの沈埋区間延長は1035mで、幅37.4m、高さ8.8m、長さ115mの鉄筋コンクリート沈埋函9基から成る。継手構造は、全10箇所とも可撓性継手で、両端の立坑・沈埋トンネル間ではPCケーブル、各沈埋トンネル間ではH型鋼板で継手部を連結し、これらを引張バネ材としている。沈埋函は沖積粘性土層のトレンチ内に沈設され、厚さ1.5mの土被りで砂岩ずりにより埋戻されている。

3. 継手伸縮量の実測結果

トンネル完成直後の昭和51年より、各種の点検、計測が行われてきた。継手部の伸縮量は継手全箇所でも測定が実施されており、最初の1年は2ヶ月間隔、それ以降は年2回夏、冬に行われている。11年間の継手の伸縮量の経年変化を図-1に示した。この計測結果より、継手の伸縮は気温の年変動に対応して規則的に変動をしていることが明らかである。その伸縮量は立坑・沈埋トンネル間継手で $\pm 11 \sim 16$ mm、沈埋トンネル間継手で $\pm 1 \sim 3$ mm程度である。沈埋トンネル間継手は、計算値によれば立坑・沈埋トンネル間継手の10倍の剛性があり、伸縮量の大半は明らかに剛性の小さいトンネル両端の継手に集中している。

4. 継手の伸縮と温度変化の関係

昭和51年度にコンクリート中に埋設した温度計により躯体コンクリートの温度が計測された。トンネル内の気温変化と海水温度の変化の結果、真夏と真冬のコンクリートの温度差は 11.3°C であった。すなわち温度変化量は $\pm 5 \sim 6^{\circ}\text{C}$ であり、陸上構造物に比べると変動幅が小さいことがわかる。一方同時期の継手の実測伸縮量からみかけの温度差を逆算すると、トンネルが自由に伸縮できると仮定した場合 7.3°C と求められ、実測値の約65%に相当する。したがって実際には、トンネルの伸縮は周辺の地盤から拘束を受けているものと考えられる。

5. 地盤の拘束の影響と継手バネ定数の推定

トンネルと地盤の摩擦抵抗を表わすせん断バネを考え、両者がこのバネで結ばれた計算モデルを用い、トンネルの伸縮に対する地盤の拘束の影響を調べてみた。計算モデルと用いた諸数値を図-2に示す。せん断バネは線形弾性バネで全長にわたって一定、温度変化量も全長にわたり一様であると仮定した。実測温度変化量を与え、継手部の伸縮量が実測値と一致するようなせん断バネ k_s を求めることを試みたが、全ての継手の伸縮量が実測値に合うような k_s の値を定めることはできなかった。

そこで可撓性継手のバネ定数に着目し、立坑・沈埋トンネル間継手バネ定数 K_1 の計算値は妥当であると考え、沈埋トンネル間継手バネ定数 K_2 が計算値よりも硬いと考えて試算してみた。これは継手バネ定数 K_2 の計算値には含まれていない可撓性を拘束する要因があると考えられるためである(継手の空間部分に注入されているモルタルやせん断キー間の摩擦など)。この結果 K_2 が計算値の5~6倍程度、 $k_s = 3000 \sim 4000 \text{ t/m}^2$ 程度のとき各継手とも実測伸縮量に近い値が得られることがわかった。すなわち沈埋

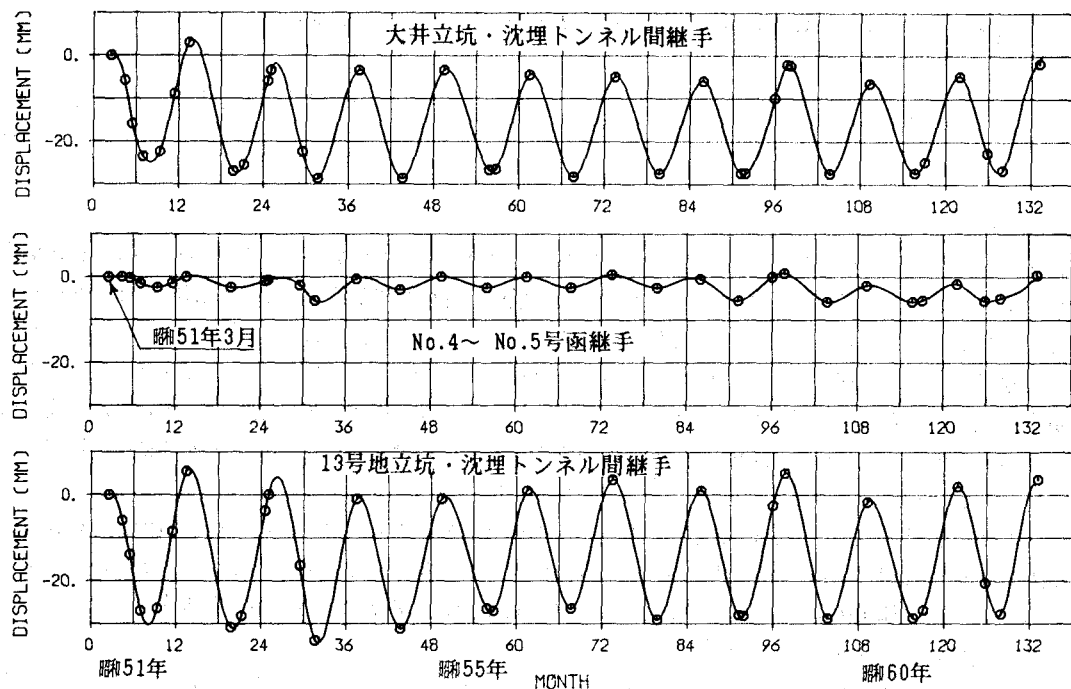


図-1 可換性継手の伸縮量の経年変化

トンネル間継手の伸縮剛性は、現実には計算値よりも数倍高いものと想定される。

推定されたせん断バネ定数 k_s は、本トンネルの地震応答解析に用いられたトンネル地盤間の軸方向バネ定数¹⁾の約1/2で、温度変化による伸縮と地震動との載荷速度の違いを考えると、両者の値は妥当な関係にあると判断される。

計算結果から得られたトンネル軸方向変位、軸方向力分布の一例を図-3に示す。

6. おわりに

沈埋トンネルの長期挙動観測により、温度変化によるトンネルの伸縮挙動と、地盤の拘束の影響をある程度定量的に把握することができた。さらに測定結果に基づいた温度ひずみ解析により、継手の実際的なバネ定数についての知見を得ることができた。

最後に、点検、計測を実施し、本論文をまとめるに当たりデータの提供をいただいた首都高速道路公団東京保全部の関係各位に感謝の意を表します。

《参考文献》 1) 首都高速道路公団編：東京港トンネル工事誌，土木学会，1977.3

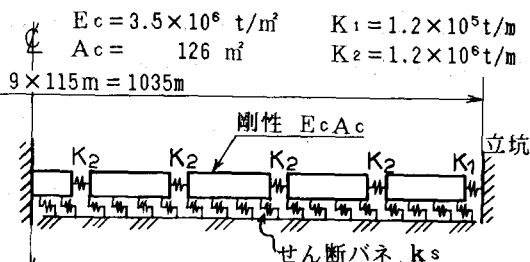


図-2 計算モデルと諸数値

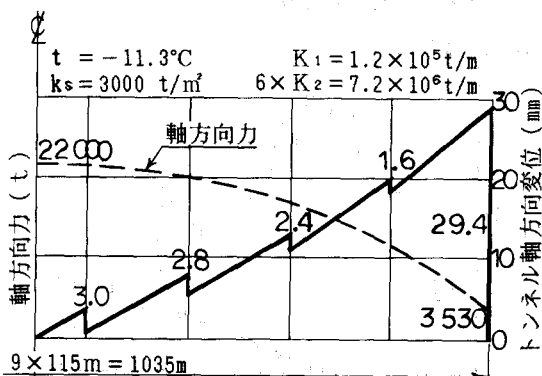


図-3 温度変化によるトンネルの軸方向変位と軸方向力