

大成建設〇正会員 浜田 政 則
 首都高速道路公団 正会員 西山 啓 伸
 大成建設 正会員 泉 博 允

1. はじめに

沈埋トンネルの地震時応力については、すでに地震観測、模型実験が行なわれ、この結果を参考に、実用的な数値解析法¹⁾が提案されている。この応答計算法はトンネル軸に沿つて、埋設地盤を複数の切片に分割し、各々の切片を一質点系に置き換える方法である。この応答計算法は有限要素法など、他の方法に比較し、容易にトンネルの地震時応力を計算することができるので、すでに7地点の沈埋トンネル耐震設計に用いられている。応答解析法の妥当性は、模型実験結果との比較により一応検証されているが、実物の沈埋トンネルにおいて観測された地震時歪と解析値との比較は行なわれていない。

著者らは、東京港海底トンネルにおいて地震観測を実施し、実測された地震時歪と応答計算による結果を比較して解析法の精度を検討した。

2. 沈埋トンネルの概要

東京港海底トンネルは東京港第1航路に建設され、大井埋立地より13号埋立地にいたる全長約1.0Kmの带状埋設構造物である。巾37.4m、高さ8.8mの矩形断面をもつた長さ115mの沈埋函エレメント9函よりなつている。各沈埋函エレメント間は、波形鋼板を用いた耐震継手により連結されている。トンネルの両端部は、地上4.8m、地下2.5mの換気用立坑に接続しているがここにも耐震継手が用いられている。

3. 地盤の概要

沈埋トンネル建設地点の地盤の概要をFig-1に示す。沖積層の厚さは、大井側陸上部で30m~35m、航路中央部で20m、13号地側陸上部で35mであり、その大部分はN値5以下の軟弱な粘土層により構成されている。沈埋トンネルはこの粘土層に埋設される。大井側陸上部の沖積層には砂礫層が狭在し、この部分のN値は30~40である。洪積層は、礫層と砂層よりなり、この層のN値はいずれも50以上となっている。第3紀層の深さは、大井側陸上部でAP-4.2m~AP-5.5m、航路海底部で、AP-1.00m前後(推定)、13号地側陸上部でAP-5.0m~AP-6.0mである。

大井側陸上部と、13号地側陸上部において行つたPS検層の結果、沖積層のS波速度は $100\text{ m/s} \sim 150\text{ m/s}$ 、沖積砂層では 260 m/s 、洪積砂層及び砂礫層では $300\text{ m/s} \sim 400\text{ m/s}$ 、第3紀層では 700 m/s 前後と推定された。

4. 測定計器及び測定方法

地震観測に用いた測定計器は、三方向加速度計3台、二方向加速度計4台、歪計22台で、これらの配置をFig-2で示す。

(1) 加速度及び変位の測定

沈埋トンネルの地震時応力は、トンネル軸に沿つた地盤の動きにより決定される。そこで、比較的トンネルの振動の影響が小さいと思われる、大井側陸上部の取付道路地点において、AP-5.6mの第3紀層上、AP-3.5mの東京礫層上、及び地表面に三方向加速度計を設置した。立坑は地上部の質量が大きいため、トンネル部とは異つた動的挙動をなし、この動きがトンネルの応力に与える影響が大きいことが指摘されている。このため大井側立坑位置に二方向加速度計を設置した。トンネル内には、トンネルエレメントNo.1、No.2、No.3の中央点に、各々11.5m間隔に二方向加速度計を設置し、トンネル軸に沿つた動きの差を測定した。加速度の測定は固有周期0.20秒の地中埋設用地震計を用いて行なつた。測定された加速度記録は、増巾器に内蔵された二重積分回路により変位に変換され、加速度と同時に変位が記録される。

(2) 沈埋トンネルの歪の測定

沈埋トンネルの9ヶ所の横断面についてコンクリート壁の歪を測定した。歪計は車線両側の換気用ダクト側壁、及び上床版と下床版に設置されている。すべての歪計はトンネル軸方向に向いており、コンクリート壁の軸方向歪を測定する。側壁に設置された歪計の記録よりトンネル軸方向変形による歪と、鉛直軸回りの曲げ変形による歪を検出する。又、上床版と下床版に設置された歪計により、水平軸回りの曲げ変形による歪も同時に測定する。耐震継手の有効度を検討するために、トンネルエレメント No.1 ~ No.2間、及びNo.2 ~ No.3間の継手の近傍のダクト側壁に歪計が設置されている。測定に用いた歪計の構造をFig-3に示す。長さ1.0mのインパル棒の一端をトンネルのコンクリート壁に固定し、この一端と他端の相対変位量を差動トランスにより検出する構造である。

(3) 測定方法

AP-56mの第3紀層上に設置された加速度計が0.5gal以上の加速度を感知すると起動信号によって測定は自動的に行なわれる。1回の起動信号により、データレコーダーは約1分間作動し、加速度、変位、歪の各波形が同時に記録される。

5. あとがき

地震観測に先立つて、トンネル全区間及び両岸において常時微動測定が行なわれた。又、夢の島発破による強制振動観測も行なわれた。これらの結果をもとに地盤-トンネル系の応答計算モデルを作成し、トンネルの地震時歪が算定され、解析結果と地震観測結果との比較が行なわれた。

参考文献 1) C. Tamura, S. Okamoto and M. Hamada "Dynamic Behavior of a Submerged Tunnel during Earthquakes" Report of the Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

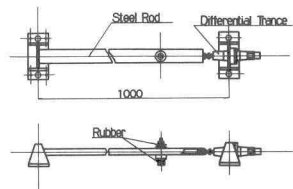


Fig-3 歪計

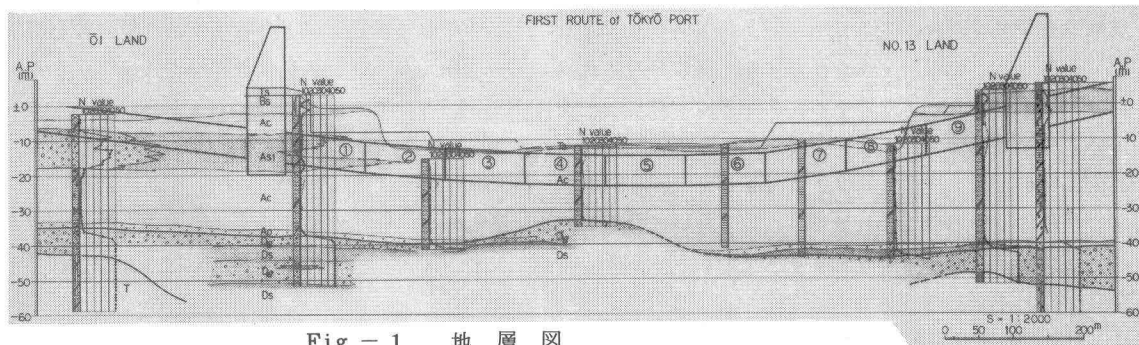


Fig-1 地層図

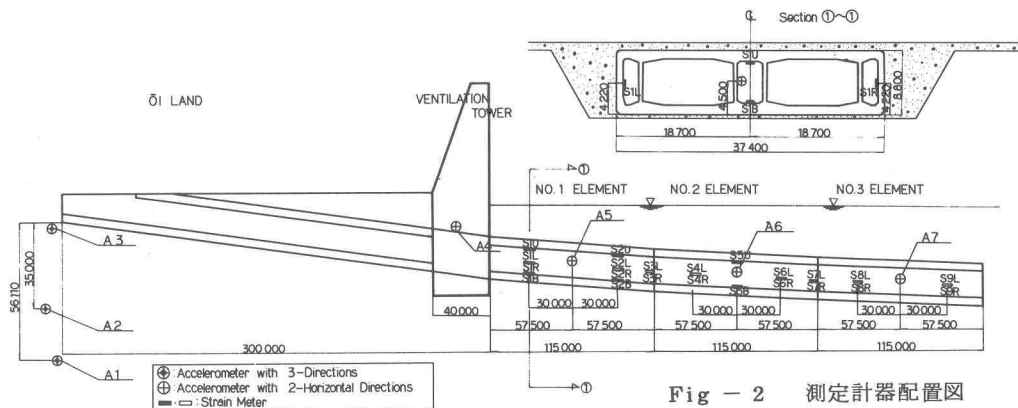


Fig-2 測定計器配置図