

(I - 27) 東京国際空港の地下道路トンネルの地震応答観測

運輸省港湾技術研究所 正会員 藤澤孝夫
 運輸省港湾技術研究所 正会員 清宮 理

1. まえがき

東京国際空港では、現在空港機能拡張のための沖合展開工事が進められている。空港内には各種の長大な埋設構造物が建設される。空港の表層地盤は非常に軟弱な沖積粘土で構成されておりこれら埋設構造物の地震時の安全性の確保が要求されている。このため地下道路トンネル内と周辺地盤内に各種観測計器を配置して地震応答観測が1988年から行われている。ここでは、この地震応答観測から得られた基礎的なデータについて紹介する。

2. 地震応答観測の概要

図-1に道路トンネルの概要を示す。トンネルの全長は、880mで6車線である。本体は鉄筋コンクリートで作されている。トンネルの上端での埋設深さは1.5mである。函体には耐震継手は設けられておらず一体で陸上道路と連続している。表層地盤は、厚さが約50mの軟弱な粘土層と砂層で構成されている。道路トンネル沿いの沖積層の構成と洪積層上面の形状はかなり複雑である。空港島の卓越する一次振動周期は約2秒である。上層の浚渫埋立土層は、ペーパードレーンで地盤改良を施すとともにトンネル周辺は水抜き工法と碎石置換により液状化対策を施してある。観測計器は、道路トンネル沿いの3箇所(図-1のA、B及びC断面)に配置してある。各断面に配置した計器の種類と個数を表-1に示す。計器の総個数は59個である。計器は主にC断面に集中的に配置してある。トンネル

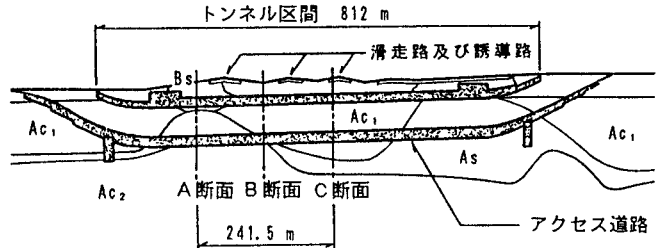


図-1 アクセス道路トンネルの概略図

表-1 観測計器の配置表

計器の種類	A断面	B断面	C断面
加速度計(3成分)	2	—	2
加速度計(2成分)	1	1	1
鉄筋計(軸方向)	8	8	8
鉄筋計(軸直方向)	—	—	16
コンクリート応力計	—	—	4
傾斜計	—	—	2
間げき水圧計	2	2	2

下方の-54.5mの洪積層内に地中地震計を配置し工学的基盤面での加速度記録を取得するとともに241.5m離れたA断面での加速度計の記録から地震波の工学的基盤面での伝播状況と入射方向に関する情報を得ることができる。

3. 地震記録の解析

1989年以来43回の地震記録が取得された。マグニチュードとしては4~5と比較的小さくまた最大加速度も20GAL以下である。図-2に取得された地震記録の一例を示す。ここでHANEは、地震波の整理番号である。今まで取得された記録をもとに函体に生じるひずみ量と地震諸元との関係を図-3に示す。従来から指摘されているようにマグニチュードが大きいほど、かつ震央距離が短いほどひずみ量は大きくなる。最小自乗法によりひずみとマグニチュード、震央距離に関する回帰式を求めると次式となった。

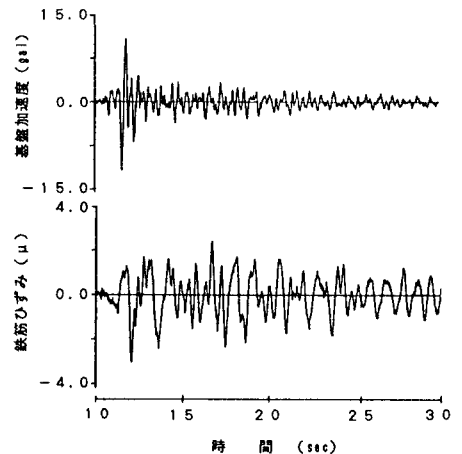


図-2 取得された地震波形(HANE27)

$$\varepsilon = 0.227 \times 10^{0.288M} \times L^{-0.348}$$

ここで ε : 函体ひずみ (μ)
 L : 震央距離 (Km)
 M : マグニチュード

図-4 に東京湾沿いに建設された同種の地下トンネルで行われている地震応答観測から得られたマグニチュード5の回帰式を示す。ひずみのレベルは、本トンネルと隣接している多摩川トンネルがほぼ似かよっている。東京第2 航路トンネルでは他の3 箇所のトンネルよりひずみ量は、耐震継手が函体間に設置されていることから小さかった。

地下道路の耐震設計では入力地震波の伝播速度の設定が問題となっている。この伝播速度は、基盤面への地震波の入射方向、基盤面以下の地層構造の違いや表面波の伝播などにより与えられる。工学基盤面での地震波の伝播速度は2 点で得られた加速度記録の相互相関を求め卓越する振動数、位相速度および2 地点間の距離から次式により簡易に今回求める。

$$V = L f / \alpha$$

ここに L : 二地点間の距離
 f : 相互相関での卓越振動数
 α : 卓越振動時の位相遅れ

HANE 9 では、トンネル軸方向に1044m/s、軸直角方向に位相差無し、HANE 2 7 では、軸方向に667m/s、軸直角方向に位相差無しとなった。両地震とも比較的深度が深く震央距離が短いことから図-5 に示すように地震波が斜め下方から工学的基盤面に到着し、見かけ上の伝播速度が得られたと考える。

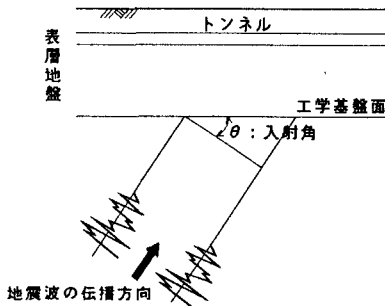


図-5 地震波の伝播方向と入射角

参考文献)

清宮 理、藤澤孝夫、長廻幹彦：羽田国際空港道路トンネルの地震応答観測と解析、第21回地震工学シンポジウム、1991年7月

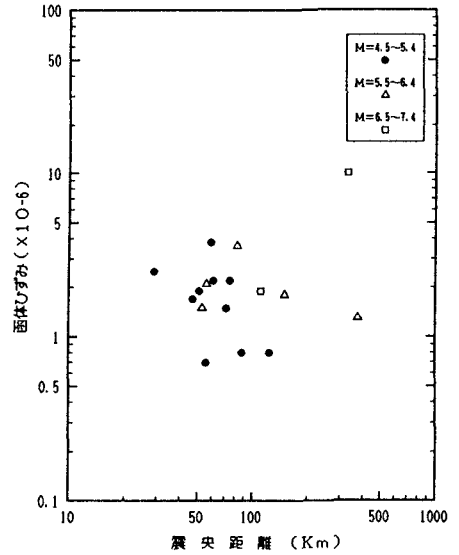


図-3 震央距離と函体ひずみの関係

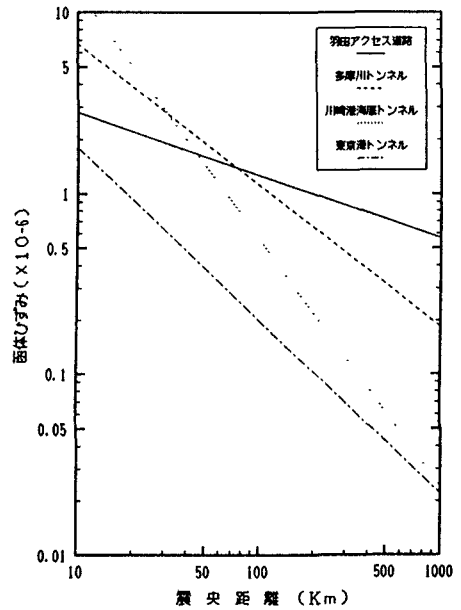


図-4 他のトンネルとの回帰式の比較