

I-510 多摩川・川崎航路沈埋トンネルの耐震設計法

首都高速道路公団 正員 加藤 紘一
 (株)オリエンタルコンサルタンツ 正員 松本 修一
 同上 正員 〇田 中 努

1. トンネルおよび耐震設計法の概要

多摩川トンネルと川崎航路トンネルは、図-1に示すように首都高速湾岸線の一部を形成するもので、図-2の断面を持ち、各々トンネルの全長が2080m、1980.5m、沈埋区間長が1520m、1156.5mの道路トンネルである。両トンネルは、図-3に示すような厚い沖積粘性土（ $N \approx 0$ ）層の中にあり、地震時には大きな地盤変位を受けることが予想される。

本トンネルの耐震設計は、震度法、修正震度法、応答変位法によることを基本とし、地震応答解析を照査として用いるものとした。用いた耐震設計計算法を表-1に示す。

2. 設計用入力地震動の設定

入力地震動のレベルは、耐用年数内に生ずることが確率統計的に予想される最大地震動とし、川島らの方法を用いて、図-4に示す第1種地盤上の加速度応答スペクトルを設定した。次にこのスペクトル特性に近い強震記録として、宮城県沖地震（1978年）の際に開北橋近傍の地盤上で記録された加速度波形を選定し、周波数領域で振幅調整して同図の目標スペクトルに適合する波形を作成した。この波形は第1種地盤露頭部での地震動であるため、対象地盤との関係を図-5のように考え、SHAKEを用いて耐震計算上の基盤面での地震動を作成した。

3. FEMを用いた横断面の耐震設計

水底トンネルや深いトンネルの横断面は、地震によって決まることが少ないため、1断面のみ確認を行った。横断面の検討では一般に地盤ばねに支持された骨組モデルが用いられるが、地盤ばねの評価法には種々の提案があり、今なお確立していないため、FEMを用いて次のように検討した。

- ① 地盤のみのFEMモデルの両側面に水平力を与え、トンネルが設置される位置での地盤変位が、所定の応答変位分布になるように、荷重を設定する。（図-6(a)参照）
- ② トンネル断面の骨組をFEMモデルの中に設け、上記①の荷重を両側面に作用させ、トンネルの断面力を求める。（図-6(b)参照）

4. トンネル全体系による縦断方向の検討

沈埋函の継手部はすべてゴムガスケットとPCケーブル等の連結材を用いる可撓性継手とし、それらの合成作用によるばね定数を評価して、応答変位法による検討を行った上で、浜田らの解析モデルにより地震応答解析を行った。地盤反力を表わす K_1 ばねはFEMにより算定した。縦断方向の地盤条件の変化を考慮するため、地盤質点および K_1 ばねを30m程度の間隔で数十断面をモデル化した。多摩川トンネルの解析で得られた断面力の分布を図-7に示す。

5. おわりに

東京港トンネルの設計後十数年たち、その間に研究開発された手法や知見を反映させた新しい耐震設計を本トンネルに対して行うことができた。これには、建設省土木研究所の川島一彦室長および東海大学の浜田政則助教授を始めとする「沈埋トンネルの設計施工に関する調査研究委員会（委員長：今田徹教授）」の委員および幹事の方々の御指導や御助言に負うところが大きい。末筆ながら感謝の意を示し、ここに御礼申し上げる次第である。

〔参考文献〕(1) 荒川・川島、動的解析用入力地震動の設定法、土木研究所資料第2120号、S59.3

(2) 東京港トンネル工事誌、土木学会、S52.3

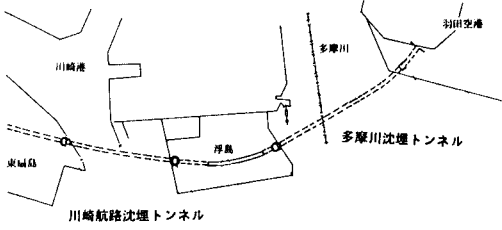


図-1 位置図

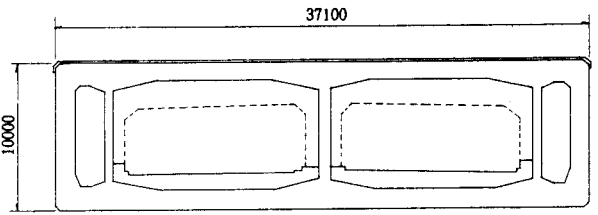


図-2 沈埋トンネル部の横断面
(多摩川トンネル, 川崎航路トンネル)

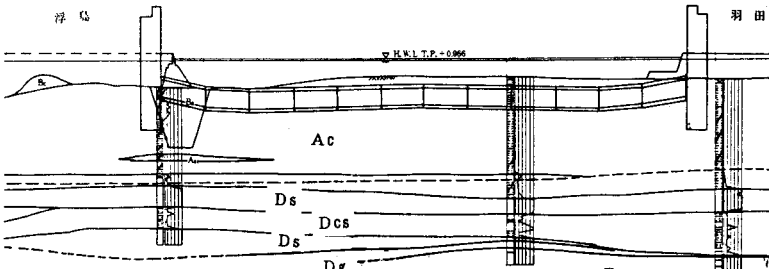


図-3 多摩川沈埋トンネル位置の地層構成

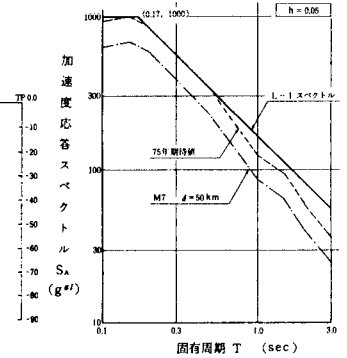


図-4 L-1 スペクトル
(第1種地盤震源部)

表-1 耐震設計計算方法

	震度法	修正震度法	応答変位法	地震応答解析	備考
沈埋トンネル部			●		
横断面					
全体系			●	●	地震応答解析では立坑の影響考慮。
立坑部		●		●	地震応答解析ではトンネルの影響考慮。
付帯構造物 (取付部等)	●				海面下に位置する接合部の設計は沈埋トンネル部に準じる。
周辺地盤				●	
トンネル完成系の安定性					
液状化	●				道路橋示方書V耐震設計編の規定に準じる。

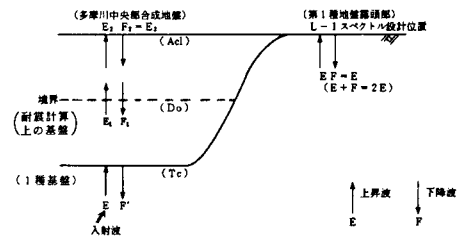


図-5 入力方法

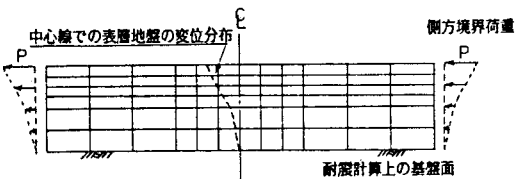


図-6(a) 地盤のみのモデルによる側方境界荷重Pの設定

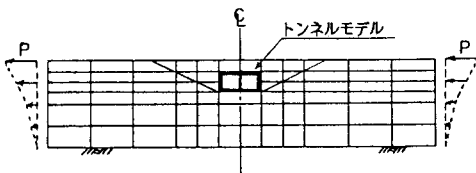


図-6(b) トンネルを含むモデルによるトンネル断面力の算定

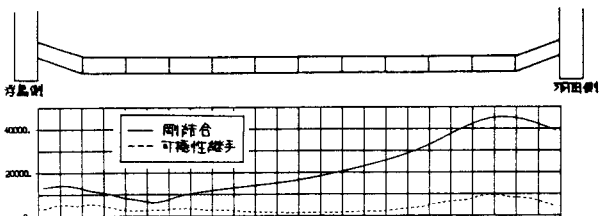


図-7 (a) 軸力 (t)

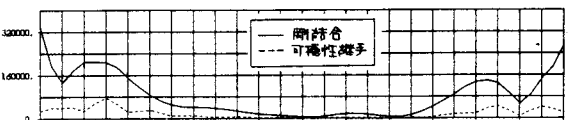


図-7 (b) 曲げモーメント (水平) (t·m)