

## シールドトンネルの非線形地震応答解析と耐震性に関する研究

神戸大学工学部 正会員 高田至郎  
神戸大学大学院 学生員 〇杉原 聡

1. はじめに シールドトンネルの長手方向の地震応答解析を行う際には、覆工のモデル化とその数値解析手法が重要な課題となっている。特にトンネル軸方向の加振の場合、軸剛性が引張側と圧縮側で異なり、非線形を示す特徴がある。線状地中構造物の軸方向加振の場合では、非線形な特性を有する継手部分に変形が集中する。したがってシールドトンネルの耐震設計上の検討において、継手部分の挙動を周辺地盤も含めて動的に解析する必要があると考えられる。本文は、任意な非線形継手特性を取り扱える、周辺地盤を含めた非線形地震応答解析について報告する。

2. 解析手法 シールドトンネルのモデル化はシールドトンネル20mを線形な梁と非線形なばね特性を持つ継手として評価した。線形な梁部分は質量と圧縮剛性と同一引張剛性を持つ梁とし、非線形継手部分にシールドトンネルの有する軸剛性の非線形特性を持つようにした。

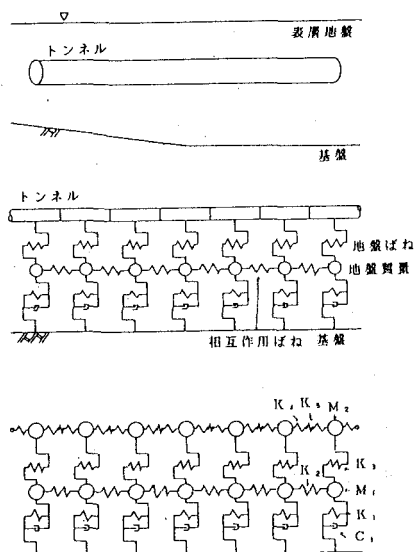


図-1 シールドトンネルのモデル化

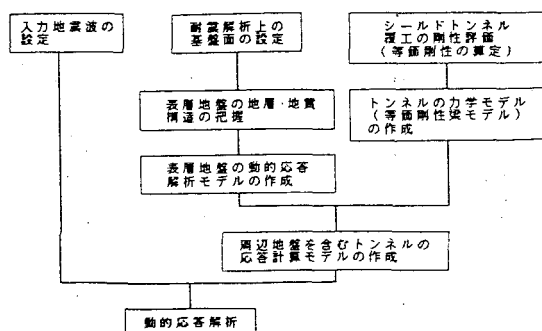


図-2 動的解析手順

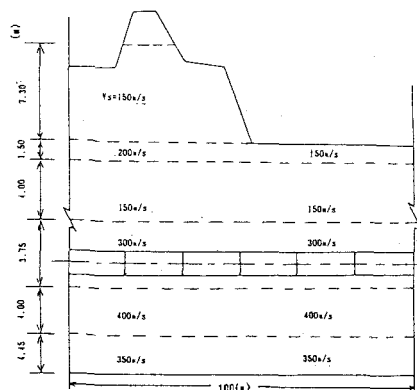


図-3 解析モデル

継手の履歴特性を載荷方向と除荷方向に分けて考えると、継手開き量と荷重がわかるとその点でのばね定数は一定であると考えられる。従って、継手ばね特性は載荷方向と除荷方向に分け、継手開き量と荷重とで格子を作り格子点のデータとして継手特性を取り扱った。また、解析では解析時刻での継手開き量と荷重の最寄りの格子点での値をばね定数とした。

図-1にシールドトンネルの動的解析モデルを示す。また解析手順は図-2に示すとおりである。

Shiro TAKADA Satoshi SUGIHARA

以下に解析の項目について示す。

①表層地盤のモデル化を行う。モデル化はせん断一次振動と等価な振動特性を持つ質点およびばねに置換するものである。

②継手ばね特性を決める。リング継手の継手金具面板の曲げ剛性から求める<sup>1)</sup>。

③周辺地盤を含めてシールドトンネルの質点-ばねモデルを作成する。ここで周辺地盤とシールドトンネルを結ぶばねはすべりを考慮するためにバイリニア型のばね特性でモデル化した。

④周辺地盤を含めたシールドトンネルのモデルをパワースペクトルをもとに計算した定常波に包絡関数をかけて作成した地震波を使用して動的解析を行う。

3. 解析 解析は兵庫県揖保川流域下水道揖保川第2幹線河川横断トンネルの資料<sup>2)</sup>より設定し、El Centro地震のパワースペクトルを用いて解析を行った。図-5に解析結果を示す。

また、比較のために行った応答変位法<sup>3)</sup>の結果を図-7に示す。また、継手特性および地盤ばねを変化させて解析した結果を図-8に示す。

4. まとめ シールドトンネルの長手方向の任意な非線形ばね特性の地震応答解析を行う方法を考案し、解析例を示した。これによりシールドトンネルの継手の特性を考慮でき、シールドトンネルに発生する軸力だけでなく継手の開き量も把握できることを示した。また、地盤ばねの変化による結果より地盤との相互作用を考慮された。

表-1 地盤質量

| 距離<br>(m) | 質量<br>(ton/sec/m) | 既 表<br>(ton-sec/m) | ばね1<br>(ton/m) | ばね2<br>(ton/m) |
|-----------|-------------------|--------------------|----------------|----------------|
| 0         | 6921              | 19733              | 69000          | 642741         |
| 20        | 5987              | 21557              | 82467          | 539934         |
| 40        | 5052              | 23380              | 95933          | 437127         |
| 60        | 4118              | 25204              | 109400         | 334321         |
| 80        | 4118              | 25204              | 109400         |                |

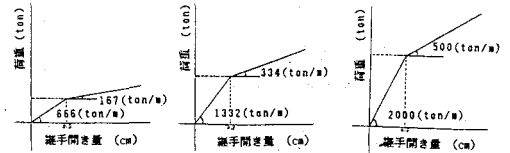


図-4 解析継手モデル

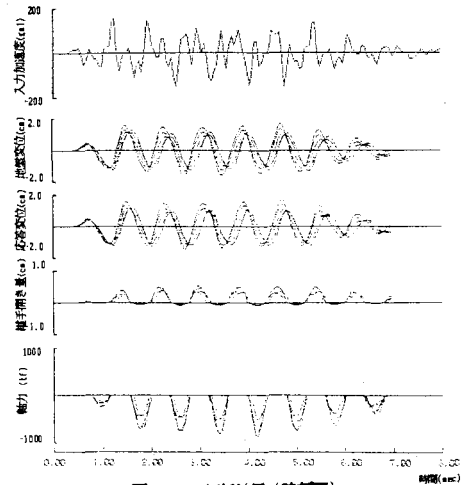


図-5 解析結果(時刻歴)

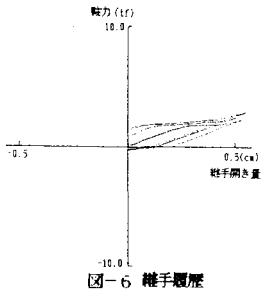


図-6 継手開き

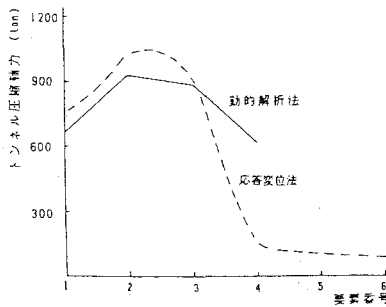


図-7 応答変位法と動的解析法の結果比較図

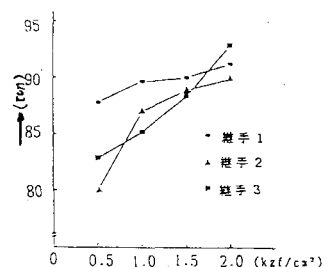


図-8 地盤特性とトンネル最大軸力の関係

5. 参考文献 1)川島一彦・大日方尚巳・志波由紀夫・加納尚史:覆工剛性の非線形性を考慮したシールドトンネルの動的解析,土木技術資料,第28巻,第10号,1986.10.

2)兵庫県土木部:兵庫県揖保川流域下水道揖保川第2幹線河川横断トンネル技術検討書,1988.10.

3)日本ガス協会:高圧ガス導管耐震設計指針,1988.4.