

### 衣浦トンネル(I期線)の縦断方向耐震補強

オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○梅林福太郎 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 福間 雅俊  
 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 大竹 省吾 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 黒崎 信博

#### 1. 目的

愛知県道路公社が管理する一般有料道路衣浦トンネル(I期線)は、愛知県三河湾の衣浦港の中央埠頭と東埠頭を結ぶ沈埋トンネルである。同トンネルは、昭和48年に供用が開始され、すでに45年が経過している。本論は、近年発生が予想される南海トラフの巨大地震に対して、同トンネルの縦断方向の耐震性照査を行い、耐震補強設計を行ったものである。

#### 2. 条件整理

衣浦トンネル(I期線)は、U型擁壁、ストラット、開削トンネル、立坑、沈埋トンネルからなる全長1.7kmの地中構造物である(図-1)。沈埋函はRC構造であり、継手には剛継手が採用されている。地盤条件については、半田側の方が碧南側に比べ軟弱な地盤であり(表-1)、半田側は杭支持構造となっている。

#### 3. 設計地震動

愛知県防災計画で設定されている過去最大モデルと理論上最大想定モデルの地震動を用いた。位相速度は、半田・碧南側の2地点の地震動の卓越周期における位相スペクトルより、式(1)を用いて算定した。

$$\text{位相速度(m/sec)} = 360(^{\circ})/\text{平均位相角} (^{\circ}) \times L(\text{m})/\text{固有周期 } T(\text{s}) \quad \text{式(1)}$$

ここに、L(m)は2地点間の距離である。

#### 4. 耐震性能

衣浦トンネルの縦断方向の耐震性能は表-2のように設定した。

表-1 地盤定数

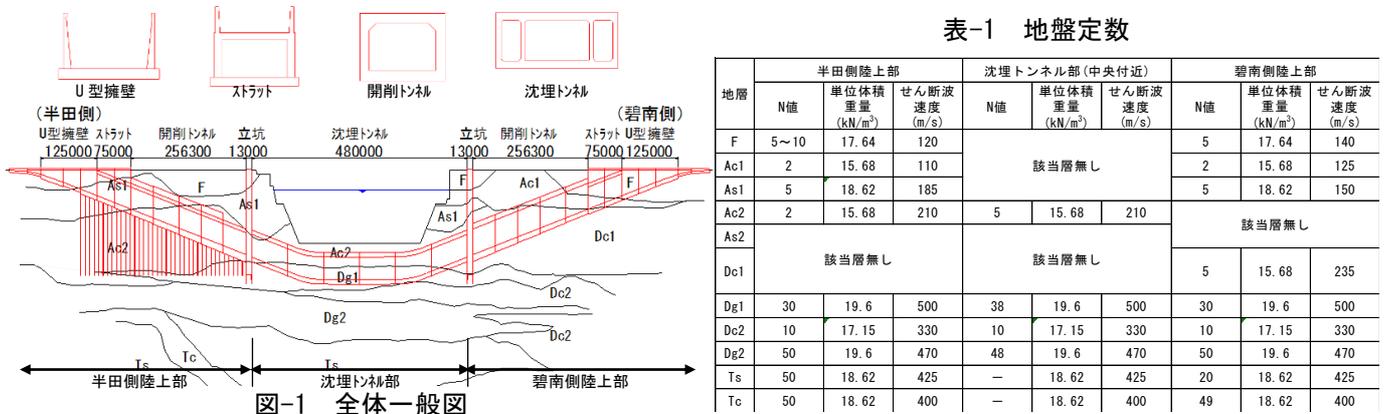


表-2 衣浦トンネル(I期線)の縦断方向耐震性能

設計地震動		耐震性能	
過去最大モデル	耐震性能2	安全性	通行車両の安全性確保のため、断面崩壊、水没に対する安全性を確保する。
		使用性	地震後、トンネルとしての機能を速やかに確保する。
		復旧性	機能回復のための復旧が比較的容易にできる。
理論上最大想定モデル	耐震性能3	安全性	通行車両の安全性確保のため、断面崩壊、水没に対する安全性を確保する。

修復性が確保できれば確保できる。  
 同上  
 縦断方向：せん断破壊・曲げ破壊に至らない。継手から漏水が生じない(継手の変位が止水ゴムの止水限界以下、または剛結継手部材の許容ひずみ(3%)以下)。  
 縦断方向：せん断破壊・曲げ破壊に至らない。継手から漏水が生じても避難が可能な状態とする(剛継手部材は許容ひずみ(5%)以下を基本とし、これを超える場合は、漏水量を推定し、判定する)。

キーワード 沈埋トンネル, 縦断方向耐震補強, 3次元 FEM, 応答変位法

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町3丁目1番1号 株式会社オリエンタルコンサルタンツ TEL03-6311-7860

### 5. 地盤解析

地盤は、地層が複雑なため、3次元 FEM の動的解析を適用した(図-2)。地震時の地盤の剛性低下及び減衰の増加は、地盤の一次元地震応答解析による収束物性値により評価した。ここで、立坑については、地盤との動的相互作用を考慮するため、地盤モデルにソリッド要素を用いて同時にモデル化した。

### 6. 構造解析

構造物の解析(図-3)には、地中構造物の耐震設計で一般的に用いられる時刻歴の応答変位法を適用した<sup>1)</sup>。構造物は、軸剛性を非線形ばね要素、曲げ剛性を非線形梁要素で評価した。開削トンネル部の継手は、圧縮側は遊間部をフリーかつ遊間よりも圧縮された場合は剛、引張側はフリーの非線形ばね要素で評価した。沈埋トンネル区間の剛継手は、引張側は継手部の鋼材、圧縮側はコンクリートの非線形ばね要素で評価した。

### 7. 現況照査結果

図-4、図-5 に過去最大モデルと理論上最大想定モデルにおける継手の開き量を示す。耐震照査の結果、開削トンネル区間の継手と沈埋トンネル区間の最終継手部において、対策が必要となった。

### 8. 耐震補強設計

開削トンネル区間は、止水継手と補強鋼板のケースについて比較検討した。既設の止水ゴムの変形性能が非常に小さいため、補強鋼板のケースは、補強鋼板が降伏し、漏水による避難上の支障が懸念された。このため、止水継手(図-6)により、完全な止水を行う案を採用した。最終継手は、止水継手と補強鋼板のケースについて比較検討した。補強鋼板のケースは、板厚を 30mm とした場合も許容値を超過したため、対応は困難である。止水継手(図-7)は、許容開き量 100mm 程度の止水ゴムを設置することで、対応が可能である。このため、止水工法を採用した。なお、工水ダクトは施工が困難なため補強鋼板も併用し、漏水量を小さくすることとした。

### 9. まとめ

衣浦トンネル(I期線)について、縦断方向の耐震照査及び補強検討を実施した。現況照査の結果、開削トンネル区間と沈埋トンネル区間において、継手部の補強が必要となることが分かった。継手部の補強としては、止水継手を採用した。

謝辞：本論は、早稲田大学清宮理教授のご指導を受けて行いました。ここに深くお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1)沿岸開発技術研究センター：沈埋トンネル技術マニュアル(改訂版)，2000.8.

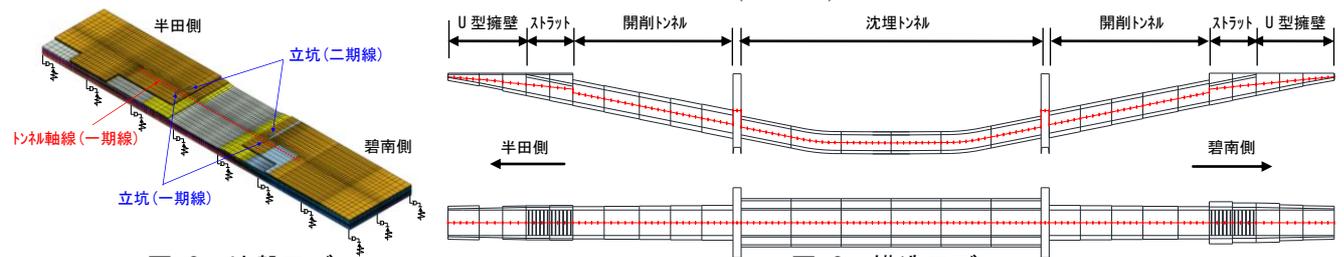


図-2 地盤モデル

図-3 構造モデル

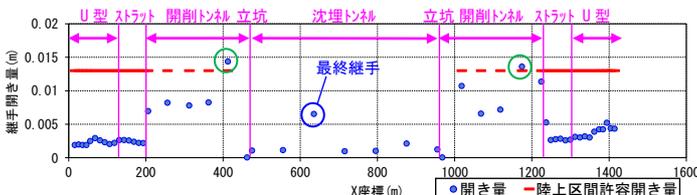


図-4 継手の開きの照査(過去最大モデル)

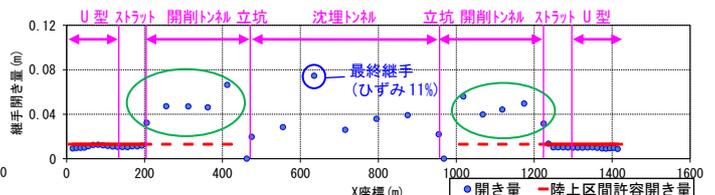


図-5 継手の開きの照査(理論上最大想定モデル)

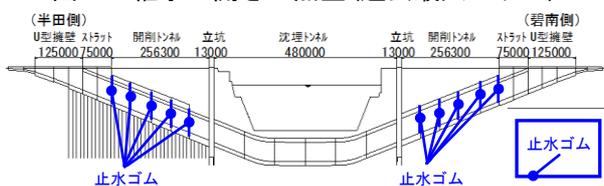


図-6 開削トンネルの止水対策

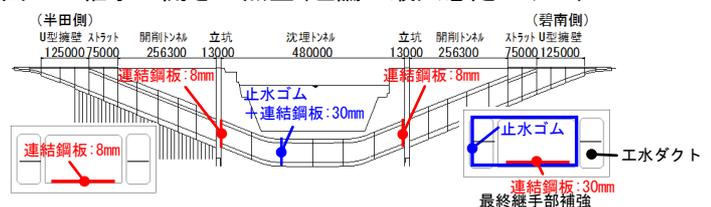


図-7 沈埋トンネルの止水対策