

運輸省才五港湾建設局 正会員 横井聡之

1. まえがき

衣浦港連絡道路は水路を隔てて東西にわかれていた衣浦港の中央埠頭を沈埋トンネルで連絡するもので、現在施工中である。

衣浦地区は過去に大地震をしばしばうけた地域であるので、本トンネルについても耐震性について検討を加える必要がある。ところが沈埋トンネルの耐震設計法として確立されたものはなく、わずかにBARTトンネルにおけるハウズナーの方法が提案されているのみである。

そこで、ここではこのハウズナーの方法に修正を加えた方法、及びトンネルを多次系モデルとして応答を計算する二つの方法で耐震性を検討した。

2. 沈埋トンネルの概要

(1) 地盤条件

地盤構造の概略は地表より-5m附近までは埋立土、-5~-18m附近までは沖積層のシルト質粘土層、-18m附近より下は洪積層の砂れき層からなっている。沈埋管は砂れき層の上にあるが取付部は沖積層を横切る。

(2) トンネル構造

トンネルの縦断は図-1に示す通りであるが、沈埋区間は長さ80mの沈埋管を6管連結し、両端は立坑に接続し取付部に続いている。トンネル区間延長は約1,000m、内沈埋区間は480mである。

沈埋管断面は図-2に示すように矩形断面で、鋼製外殻をもち、内部はコンクリート構造となっている。

立坑は延長13m、巾22.6m、高25.7mのニューマチックケーソンで、開削埋戻部は車道及び換気ダクトのみの断面で巾10.4~11.2m、高8~8.5mのボックスカルバートである。

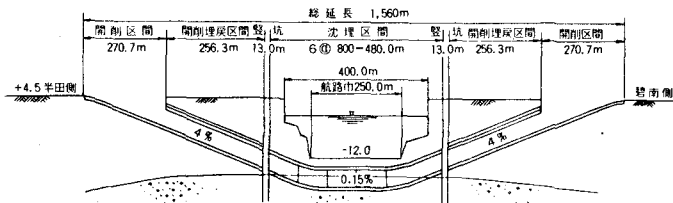


図-1 連絡道路縦断線形

3 耐震性の検討

次の二つの方法で耐震性の検討を行った。一つはハウズナーの方法を一部修正したもの、他はトンネルを多層系として応答計算をするものである。いずれの方法に対しても地震波の最大加速度は 250 gal とした。

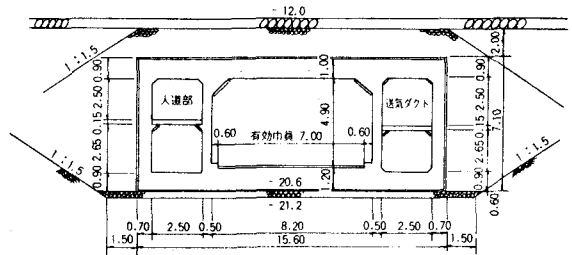


図-2 沈埋管断面

(1) ハウズナーの方法による検討

この方法は沈埋区間のみを対象とし、トンネル軸直角方向に関しては弾性床土の梁として解き、軸方向には地震波がトンネル軸に対し斜めに入射すると沈埋管及び周辺の土は波の伝播方向に直角に変位するので、沈埋管延長各点におけるその軸方向の成分の差により伸縮力が働くとするものである。

ここで地震波は地盤の変位スペクトルを用いた正弦波とし、沈埋管は周辺の土と同じ周期、位相、波長で振動すると考える。なお沈埋管両端の条件は入っていない。

この方法で検討すると、沈埋管外殻の鋼板の抵抗を考慮すると応力は許容内になる。

(2) 多層系モデルによる検討

トンネルと沈埋管、立坑及び取付部を層系におきかえ(36層系)、一自由度の応答を計算するもので、入力地震波としてエルセントロ及び衣浦で記録された地震波を最大 250 gal に修正した波を用い各層系共同時に同じ波が入るものとした。バネ定数は弾性波探査より得られた土の弾性係数及び剛性率を用い、トンネル側面の力の反力によるものに底面のせん断力によるものを加えたものとした。

この結果は沈埋管と立坑を剛結としたトンネル全体の系に対しては、いずれの入力波に対しても最大変位約 7 mm が立坑位置に生じる。最大モーメントも立坑位置に生じるが、その大きさは(1)の方法による値の約 $1/2$ である。また沈埋管と立坑を切り離し、取付部と沈埋部に分けた系に対しては、変位は全体系の場合と殆んどかわらないが、モーメントは $1/3 \sim 1/4$ 以下になる。

またこの方法ではトンネル軸方向については求められないので、立坑の移動及びロッキングによる沈埋管取付点の変位を求めると、沈埋管と立坑が剛結されている場合約 2 cm 、剛結されていない場合約 1 cm となる。

4 継手構造

耐震構造上問題となるのは振動性状の異なる立坑と沈埋管の継手構造である。ここで行った二つの計算はいずれも多くは仮定に基くもので、計算結果も二方法でかなり差があり、その信頼性は確認されていない。従ってあくまで試算ではあるが、一応計算上は剛結でも耐え得ること、またそれ以上の力がかかった場合、剛結でも沈埋管と立坑の継手附近にヒンジが形成されると考えられること、この部分は陸地内にあり破壊しても必ずしも復旧不可能ではないこと、一方可撓性継手は三次元方向に可撓性であれば十分ではないこと、止水性が完全であればならないこと、小地震で破壊するおそれがあることを考慮し、また不平等沈下の心配がないことより剛結継手とした。