

新若戸道路(仮称)(沈埋トンネル)の耐震検討

国土交通省 下関港湾空港技術調査事務所 正会員 諫山 貞雄
 正会員 岡野 正
 村上 真彦
 樋口 晃

1. はじめに

北九州市の若松区と戸畑側を結ぶ臨港道路として新若戸道路(仮称:以下、新若戸道路という。)が計画されており、国土交通省 九州地方整備局 港湾空港部(旧運輸省 第四港湾建設局)では、洞海湾横断部約560mについて沈埋トンネル工法を採用した。自動車専用道路等の大規模な事業で沈埋トンネル工法を採用することは九州で初めてであり、また、限界状態設計法の導入、耐震設計法の変更等「港湾の施設の技術上の基準(以下、港湾の技術基準という。)」の改訂後、初めての設計となった。

2. 縦断方向の耐震検討

2.1 レベル1地震動の設定

本検討におけるレベル1地震動の遭遇確率を、一般の港湾構造物に対して適用される再現期間75年の遭遇確率と同じ確率とした上で、沈埋トンネルの耐用年数を100年とし、再現期間150年に相当する基盤加速度を図-1に示す基盤における最大加速度の地域区分と、図-2に示す北九州港における基盤最大加速度と再現期間の関係より設定した。設定方法の流れ及び設定される基盤最大加速度の値を以下に示す。

レベル1地震動の基盤における最大加速度(2E成分)の設定

- ・沈埋トンネルの耐用年数を $T = 100$ 年と設定する。
- ・再現期間を $T_r = 150$ 年とした場合、非遭遇確率: q は以下となる

$$q = (1 - 1 / T_r)^T = (1 - 1 / 150)^{100} = 0.5$$
- ・再現期間150年とした場合の基盤最大加速度は、図-2より以下の数値となる

基盤でのSMAC最大加速度: $A_{SMAC} = 120$ (gal)

基盤での補正最大加速度: $A_{COR} = 170$ (gal)

また、レベル1地震動は、十勝沖地震(八戸港観測記録)若しくは宮城県沖地震(大船渡港観測記録)を検討対象として地盤の応答解析を行ったところ、航路部中央から若松側にかけて沖積層が分布しているといった地盤条件により八戸港観測記録による応答値(地盤変位)の方が卓越する結果となった。このため、本検討では八戸港観測記録波形を採用することとし、道路法線も全体的に曲線を有するため2方向から加振することとして縦断方向の検討を行った。図-3に地盤振動の方向を示す。



図-1 最大加速度の地域区分

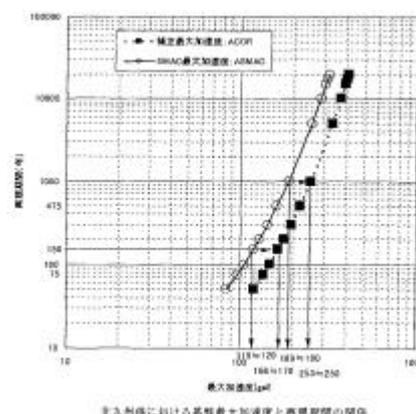


図-2 最大加速度と再現期間

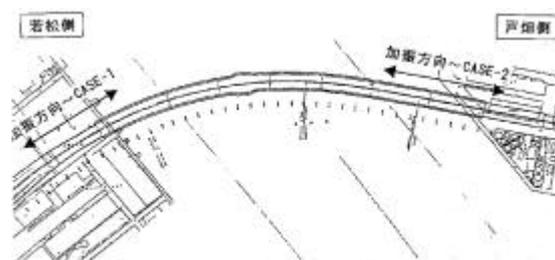


図-3 地盤振動の方向

キーワード: 新若戸道路(仮称)、沈埋トンネル、耐震設計

連絡先: 国土交通省 九州地方整備局 下関港湾空港技術調査事務所 TEL 0832-24-4130

2.2 レベル2地震動及び照査用地震動の設定

港湾の技術基準によると地域防災計画で想定地震動が定められていない場合、または、耐震強化施設の設計に用いる地震を別途検討することが適当な場合には、建設地点に最も大きな地震動を与える地震を想定することとなっている。

本トンネルにおいては、北九州市の地域防災計画に準ずることとしたが、そこでは「北九州市近傍で発生するM 6.5 程度の大規模地震を想定する」と明確な活断層等が示されていないこと、活断層の状況等を鑑み、経済性と安全性の面からレベル2地震動と照査用地震動の2種類を設定し、各々個別に検討することとした。



図 - 4 活断層分布図

レベル2地震動： 沈埋トンネルの耐用年数を100年として、その間での遭遇確率を0.1とした場合の再現期間を持つ地震動と考え、図-2に示すように1000年に1度の地震動を最大基盤加速度として250galとした。

照査用地震動： 地域防災計画(図-4に示す小倉東断層付近を震源としたM 6.5の地震規模で設定される基盤加速度)及び道路橋示方書で示される地表面での設計水平震度に合致するように設定した基盤加速度として420galとした。

(港湾の技術基準：補正最大加速度の算出式： $\log_{10} A_{COR} = 0.55 \cdot M - \log_{10} (X + 0.005 \cdot 10^{0.55M}) - 0.00122X + 0.502$ による)

以上を踏まえ、それぞれの耐震性能も以下のように定めることとした。

レベル2地震動： 軽微な損傷に止め速やかに機能の回復が行える状態とし、各構造部材が破壊には至らない状態を確保し、側壁等の鉛直部材は曲げ破壊先行型とならないようにする。

照査用地震動： 震災後もトンネルとしての最低限の機能を満足する。

また、想定地震は建設地点に近い内陸直下型としていることを考慮し、兵庫県南部地震(ポートアイランド観測記録)を採用し、道路法線も全体的に曲線を有するため、図-3に示した加振方向に加え、小倉東断層を震源とした場合の入射角45度を考慮して縦断方向の検討を行った。結果はレベル1, 2, 照査用地震動のいずれの場合に対しても耐震機能を確保できることが判明した。

3. 横断方向の耐震検討

縦断方向の耐震検討時に設定したレベル1及びレベル2地震動に基づき、当該のトンネル構造を踏まえて、フルサンドイッチ構造の沈埋函とRC構造のアプローチ部(陸上トンネル部ボックスカルバート、掘削部U型擁壁部)を対象として代表的な3断面にて基本検討を実施した。すなわち、沈埋函部は水圧荷重が卓越する航路中央付近の3号函と4号函の接合部、アプローチ部は若松側と戸畑側の土質条件を勘案した上で、特にクリティカルとなる若松側、ボックスカルバート部はU型擁壁との接合部、U型擁壁部は躯体幅の最広部にそれぞれ着目した。基本検討は、耐震検討及び使用限界状態、終局限界状態について荷重の組み合わせにより実施し最適基本断面を決定し、レベル1, 2それぞれについて地震荷重による発生曲げモーメント、せん断力の+側、-側の最大値を抽出し、常時荷重の発生断面力と重ね合わせて耐力照査を実施した結果、曲げ破壊先行型の破壊モードとするために、側壁、中壁及び隔壁のフルウエブの厚さを増すこととなった。

4. おわりに

現在、海上部の土質調査を行っていないことや検討途中段階の項目もあるため、耐震検討等において不十分な点は多々あるが、早期供用に向け各種技術開発、調査・設計に鋭意取り組んでいるところである。

末筆であるが、これまでの皆様の、港湾整備に対するご支援、ご協力に感謝するとともに今後もより一層のご理解をお願いしたい。