

若戸トンネルにおける沈埋トンネル維持管理に関する検討

井瀬 肇*・山本 修司**・佐藤 昌宏***・林 利一****・久保田 崇仁****
 ・服部 俊朗*****・鬼童 孝*****・時任 博之*****・菅野 高弘*****

* (一財)沿岸技術研究センター 調査部 主任研究員

** (一財)沿岸技術研究センター 参与

*** (一財)沿岸技術研究センター 調査部 主席研究員

**** 株式会社日本港湾コンサルタント 西日本事業本部

***** 前 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 所長

***** 前 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 前任建設管理官

***** 前 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 建設管理官

***** 前(一財)沿岸技術研究センター 審議役

若戸トンネルでは沈埋トンネルという特殊な構造であることから、設計時から維持管理計測が計画された。特に不可視部分は自動計測が採用された。供用後5年が経過し、これまでの維持管理計測記録が収集されたため、これらを用いて沈埋トンネルの構造安定性評価を実施した上で、今後の計測計画を検討するとともに、今後の調査計画を策定した。

キーワード：維持管理，沈埋トンネル，安定性評価，加速度記録

表-1 若戸トンネルの概要

項目	種別	諸元
トンネルの規格	種別	臨港道路
	車線数	片側2車線、往復4車線
	トンネル延長	港湾管理区域 1,181 m (内、沈埋トンネル 557m)
	トンネル断面	27.9 m (幅) × 8.4 m (高さ)
	交通方式車線数	片側2車線、往復4車線/幅員 3.25 m, 建築限界 4.7 m
	道路勾配	最大約 5 %
	換気方式	自然換気
沈埋トンネル構造	併設道路	管理用通路(車道左側)および避難通路(上下線)
	構造形式	鋼コンクリート合成構造
	使用コンクリート	充填性コンクリート
	継手構造	施工継手(伸縮性止水ゴム式継手)、本設継手(連結式鋼板式剛継手)
	防錆対策	函外(電気防食)、函内(塗装被覆)
沈埋トンネル施工	耐火対策	耐火材の設置
	函体製作方法	コンクリート浮造打設工法
陸上トンネル	沈設方法	ワンタワーボイツーン方式
	構造形式	ボックスカルバート(RC構造)
掘削部	構造形式	U型擁壁(RC構造)

1. はじめに

平成24年に開通した若戸トンネルは供用5年が経過し、響灘地区などの港湾関連交通を中心に道路の利用も増えてきている。また、平成30年12月からは通行料金が無料となり、物流コスト削減の観点から今後ますます重要な役割を担うことが期待されている。

この若戸トンネルは、各種の計測計器を設置し現在まで動態観測が行われてきた。供用期間中の施設の正常な運用について、a)地盤の圧密沈下のように時間的に収束に向かう現象に起因する事象、b)鋼材の劣化のように経過時間に依存して進行する事象、c)地震等の作用に起因する事象、を適切に把握することが維持管理の目的と考えられる。一般的に、動態観測を行うには計測機器のメンテナンス・維持費用がかかり、そのための財源を確保し続ける必要がある。そこで、本検討では5年分の計測データ結果を総括するとともに、今後の適切な維持管理計画の提案を行った。

2. 対象施設

2.1 対象施設の概要

若戸トンネルは、若戸大橋の慢性的な渋滞の解消、響灘地区から戸畑・小倉方面へのスムーズな交通アクセス確保のため洞海湾を海底トンネルで横断する新たな臨港道路として計画された。

若戸トンネルは、沈埋トンネル部・陸上トンネル部・掘削部から構成され、若松区と戸畑区を直結させる延

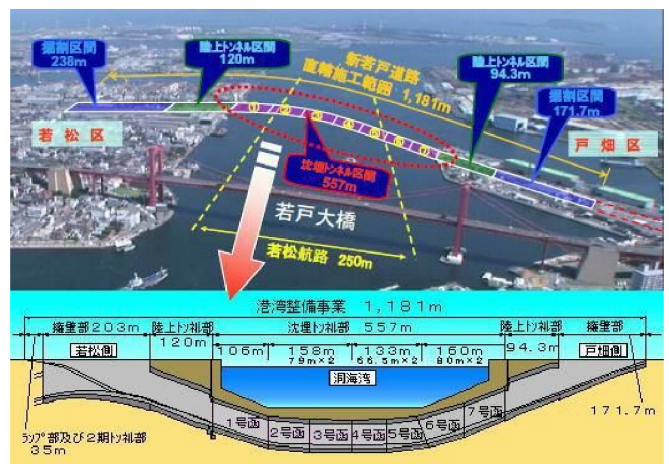


図-1 若戸トンネル概要図

長約 1.2 kmの自動車専用道路であり、九州初の道路沈埋トンネルである。本検討の対象範囲は、沈埋トンネル部(557m)・陸上トンネル部(214.3m)・掘削部(409.7m)を含めた 1,181mの土木施設である。

2.2 現状の維持管理方法

本施設では、施工時、供用時の管理段階において計測観測装置を用いて函体・継手応力や継手部変位、躯体振動等の挙動を自動計測や目視等により一定期間観測し、計器の健全性やトンネルの初期挙動を確認することとしていた。自動計測は施設築造後の平成 24 年 7 月より計測開始され、またその同時期に点検計画を含めた本施設の維持管理計画が立案されている。本施設の維持管理計画書は、専門家ではなく未経験者や職員による巡回点検を主とすることに配慮した内容となっている。

(1) 点検による維持管理

点検は地中構造物としての保全、道路トンネルとしての安全性の確保という機能的な面に加え、早期に適切な対策を講じることによる維持管理費用の最小化や設計供用期間中の健全性の確保を目的としている。

当施設における点検の種類は、港湾構造物(係留施設や外郭施設)と同様に目視や簡易計測による点検が主となるが、異常時点検においては地震発生時とそれ以外の事象に分類されている(図-2 参照)。

(2) 計測による維持管理

若戸トンネルの計測観測計画は、施工時の段階および供用時の管理段階として計画され、トンネル内部には計測機器が設置されている。現在、計測は自動計測とし、常時の静的観測と地震時の動的観測を実施している。

当初、施工時からの計測項目に供用時の計測項目を追加して、供用開始から暫定的に 2 年間程度実施し、計器の健全度やトンネルの初期挙動を確認したのちに既往沈埋トンネルの事例等も考慮して総合的に安定性を判断するとしていたものである。

また供用中に想定される主要な現象と計測すべき挙動を表-2 に示す。

(3) 計測機器の種類と設置位置

計測機器設置位置図を図-3 に示す。また、計測機器種類と個数を示す。

- ・継手変位計：可とう継手に設置
- ・加速度計：函体 3ヶ所に設置
- ・温度計：函体 3ヶ所に設置
- ・応力計(歪計測)：函体応力 16ヶ所、剛継手応力 20ヶ所

【計測機器設置の考え方】

- ・函体：土被圧が最大となる 1, 7号函と最大水深位置となる 4号函の挙動把握

- ・継手：伸縮性止水ゴムを用いた剛継手の安全性確認のため、陸上トンネル部と函体が接続する 1号函と 7号函の函体両端継手部と最大水深となる 3号函と 4号函を接続する継手の挙動把握。変位が集中する陸上トンネル部可とう継手の挙動把握(戸畑側)

【計測管理値】

- ・函体応力、剛継手応力： $\sigma_a=96\text{N/mm}^2$ (管理値)未満
- ・縦断測量、平面測量：隣接する測点の相対変位差が 10mm以上の場合は、構造解析により健全性を確認
- ・鋼板防食電位：測定箇所 1/2以上が 250mV未満(亜鉛照合電極)
- ・その他計測項目には管理値なし

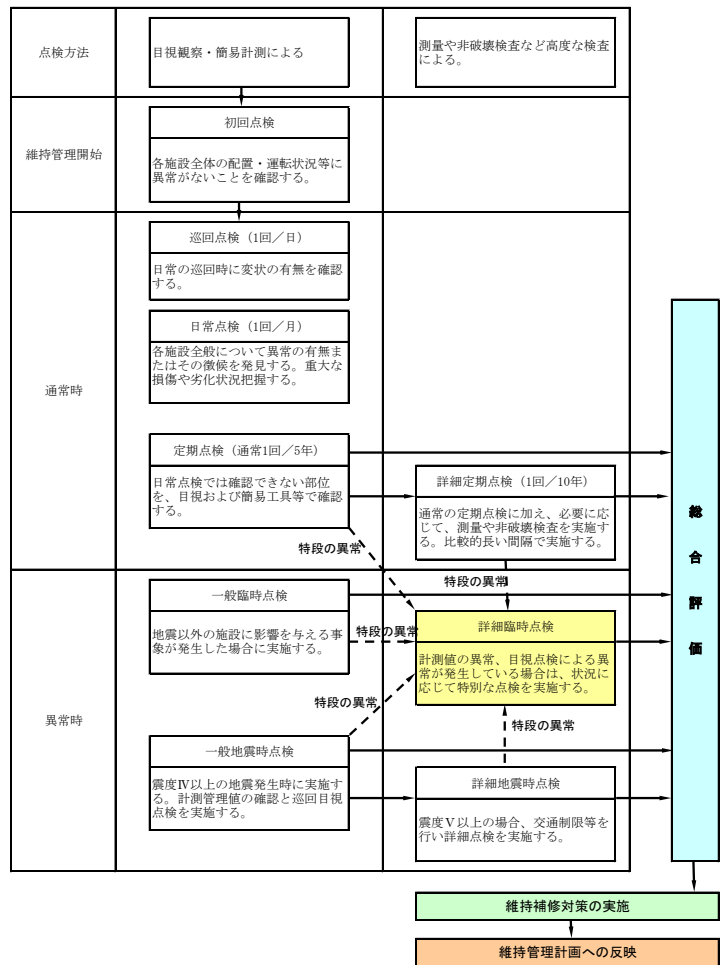
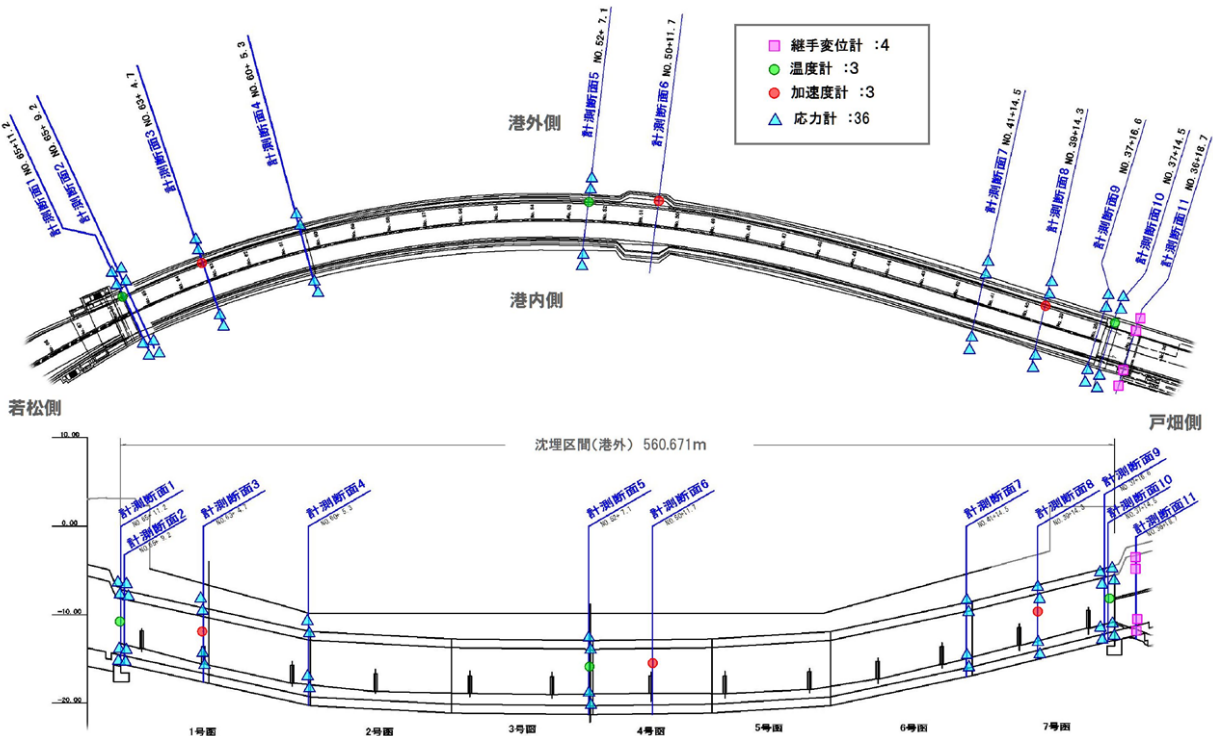


図-2 点検の種類と位置づけ

表-2 供用中に想定される主要な現象と計測すべき挙動

	想定される挙動	計測すべき挙動	計測項目
1. 地震時	地震の発生により、構造部材が弾性限界を超え、損傷を受ける可能性がある。また、構造物に大きな変位が残留し、躯体変形による内空不足、継手部の変形や漏水、破損などが予想される。	耐震設計で考慮されている現象であるが、被害が生じた場合の構造上の機能への影響と、耐震設計法の検証を目的に動的計測を行う。	・函体振動 ・函体応力の動的変動 ・剛継手応力の動的変動 ・スリッパー伸縮変位
2. 周期変動	沈埋函は温度変化や潮位の影響を受けて、周期的に変動すると想定される。特に温度変化による函体挙動は主に軸方向に伸縮すると考えられ、温度の高くなる夏季に膨張し、冬季に収縮すると想定される。	設計値と照合することで、安全性を確認する。	・函体内部温度 ・スリッパー伸縮変位
3. 経年変化	鋼材腐食等の構造部材の経年劣化に加えて、函底地盤の圧密沈下や航路上の堆積・浚渫による上載荷重の変化などの影響を受け沈埋函は変状すると予想される。	定期的な観測や坑内点検により影響程度を定量的に把握する。	・函体応力 ・トンネル線形 ・鋼板防食電位



3. 安定性評価

3.1 安定性評価の方法

安定性の評価は、これまでに収集された維持管理計測記録を用いて検討した。

1) 静的データ(継手変位・函体温度・応力・測量)

・機器による自動計測データ(継手変位・函体温度・応力)

【計測期間】2012年7月より観測開始

【計測間隔】10分間隔(1年間で52,560)

【使用データ数】2012年7月～2017年9月(約275,760データ)

・測量データ

【計測期間】2013年より測量開始(毎年2月(もしくは3月)と9月(もしくは10月)の年2回計測)

【計測内容】鉛直変位および目開き変位

2) 動的データ(継手変位・応力・躯体振動)

3) 点検結果

・初期状態および平成29年度実施結果

3.2 静的データの解析(その1)

計測された全データに対してスムージング処理し1日あたり1データに圧縮した上で全体的な傾向を確認した。データの傾向は下記のとおりである(図-4参照)。

・各計測機器の収録データより、年度間の差異はほとんどなく一年ごとにサインカーブを描き推移しており、函体温度の変動がデータ推移に影響している。

・継手部変位量は10mm程度である(机上検討では温度変化 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ で約25mm)。

・函体応力・剛継手応力は最大 0.1 N/mm^2 程度であり非常に小さく、地盤沈下等による応力は発生していないものと考えられる。

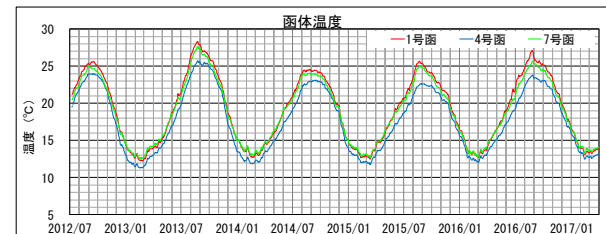
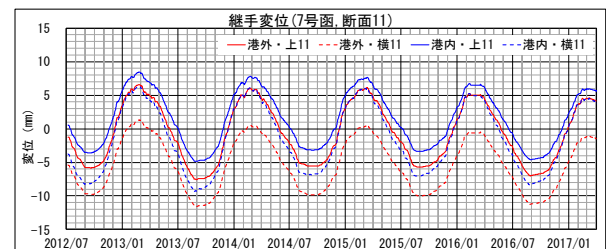
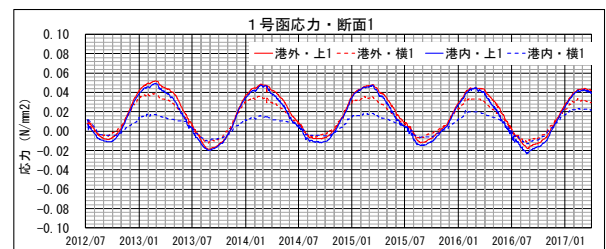


図-4 継手変位、函体応力、函体温度(長期的な傾向)

3.3 静的データの解析(その2)

詳細な時間間隔でデータの傾向を確認するために計測生データを確認した。解析期間は、2015年2月(冬季)および2015年9月(夏季)を対象とした。

データの傾向は下記のとおりである(図-5 参照)。

- 一定期間の細かな時間間隔でデータを確認したところ、異常な計測値は確認されなかった。
- 函体の応力・変位ともに函体の温度との相関が高く、潮位変動との相関はあまり見られないことが確認された。

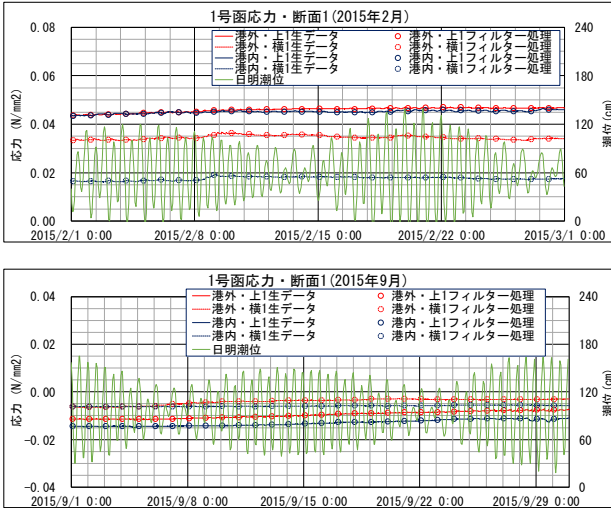


図-5 函体応力と潮位変動の比較 (冬季・夏季)

3.4 動的データの解析

若戸トンネルでの地震観測開始以降(2012年7月以降)に、当該地区(北九州市若松区および戸畑区)で震度2以上を観測した地震をピックアップした。

- 震度2以上は計22回発生
- 熊本県を震央とする地震(熊本地震)に起因するものが17回
- 震度3を超える地震は6年間で6回

得られた記録のうち、最大震度を計測した2016年4月16日(01:25:26)の加速度時刻歴波形を図-6に示す。

- 計測された最大加速度 (x: 東西, y: 南北)

【1号函】x方向:30gal, y方向:25gal, z方向:15gal

【4号函】x方向:22gal, y方向:34gal, z方向:14gal

なお、同時刻に近隣のK-NET北九州で観測された加速度時刻歴波形は下記のとおりであった。

NS方向:37gal, EW方向:61gal, z方向:28gal

この地震時の計測値はK-NET北九州での約50%であったが、波形の特徴が以ていることが確認された。

地震による加速度は非常に小さいが、函体応力・剛継手応力は地震時の挙動がみられない。また、可とう継手の最大変位は地震時に1mmに満たず、温度伸縮幅(25mm)の1割以下であることが確認された。

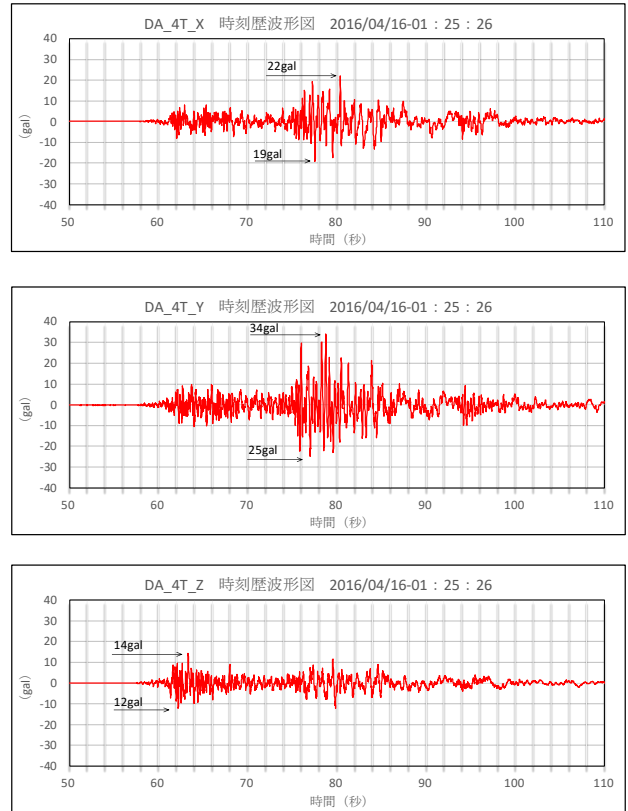


図-6 加速度時刻歴波形(東西、南北、鉛直)

3.5 点検結果

1) 初期状態

維持管理の観点から初期状態における問題点は、竣工検査においては全く確認されなかった。

2) 平成29年時点

戸畑側陸上トンネル部(ひび割れ、漏水、遊離石灰)および舗装部(継手部ひび割れ)に損傷が確認されている。

3.6 安定性評価のまとめ

観測データ解析結果を踏まえ、トンネルの安定性に大きく影響する変状が見られないことや長期的な変化がないことが確認できた。

これらを踏まえて、トンネル全体としては安定していると判断した。

4. 計測計画の検討

4.1 点検計画

点検計画は安定性の評価結果を踏まえ、道路トンネル定期点検要領や類似の構造形式を有しており効率的な維持管理が計画されている東京港臨港道路南北線の維持管理計画(案)を参考に、今後の点検計画を検討した。

点検の目的・頻度・方法・点検箇所に関する道路トンネル定期点検要領⁴⁾と現行の点検計画との比較および定期点検項目に関する東京港臨港道路南北線¹⁾との比較を下に示す。

表-3 点検概要の比較
(現行維持管理計画と道路トンネル定期点検要領)

項目	道路トンネル定期点検要領 平成 26 年 6 月	若戸トンネル維持管理計画 平成 24 年 9 月
点検目的	道路トンネルの変状・異常を把握・診断し、当該道路トンネルに必要な措置を特定するために必要な情報を得るものであり、安全で円滑な交通の確保や第三者への被害の防止を図るなど、トンネルに係る維持管理を適切に行うために必要となる情報を得ること。	トンネル全体の変状の有無や程度の把握、早期に損傷や劣化を発見して状況に応じた適切な補修等の処置を講ずることにより、その拡大あるいは2次的な損傷を未然に防ぎ、絶えず良好な機能を確保すること。
点検頻度	定期点検は5年に1回の頻度を基本とする。 トンネルの状態によっては5年より短い間隔で点検することを妨げるものではない。 初回の定期点検は、トンネル建設後1年から2年の間に実施するのが望ましい。ここでいう建設後とは、覆工打設完了後のことを指す。	定期点検の頻度は下記のとおり。 ・一般定期点検：1回/5年 ・詳細定期点検：1回/1.0年
点検方法	【初回定期点検】 トンネル全延長(本体工+付属物)に対して近接目視により状況を観察するとともに覆工表面を全面的に打音検査することを標準とする。 【二回目以降の定期点検】 トンネル全延長に対して近接目視を行うとともに必要に応じて打音検査を基本とする。 必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術等を適用する。	点検の方法は下記のとおり。 【巡回点検、日常点検】車中巡回、歩行目視、監視カメラ 【一般・詳細定期点検】遠望目視、近接目視、打音、簡易測定器、手動検査、測量、非破壊検査
点検箇所	【トンネル本体】 【付属物】	【沈埋トンネル区間】 【トンネル区間】 【陸上トンネル区間】

表-4 定期点検項目の比較
(現行と東京港臨港道路南北線)

点検箇所	点検項目	巡回点検				一般定期点検		詳細定期点検	
		1回/日	1回/月	1回/5年	1回/1年	1回/10年	1回/5年	1回/10年	
本体	路床コンクリート	ひび割れ	○	×	○	○	○	○	
	劣化	—	○	×	○	○	○		
	耐火被覆、内装板	損傷・落下危険	—	○	○	○	○		
	内鋼板	腐食	—	×	○	○	○		
	漏水	—	○	○	○	○	○		
継手	防食電位(外鋼板)	電位測定	—	△	×	○	○		
	継手部(剛継手)	腐食	—	×	○	×	○		
縦断線形	レベル測量	—	△	×	○	×	○		
	トラバース測量	—	△	×	○	×	○		
頂部保護砕石	深淺測量	—	—	—	—	—	—		
坑内温度	温度	—	×	—	—	—	—		
上載土砂	土被厚	—	—	—	—	—	—		

【凡例】若 戸：○：実施する / △：必要に応じて実施する / ×：実施しない
南北線：○：実施する / △：必要に応じて実施する / ×：実施しない / ▲：初回詳細で判断

【凡例】
黒字：従前の計画 / 赤字：今回提案(ハッチング箇所が変更点)
○：実施する / △：必要に応じて実施する / ×：実施しない

表-5 今後の点検内容項目・頻度

■ 沈埋トンネル区間【1~7号区】

点検箇所	点検項目	巡回点検				一般定期点検		詳細定期点検		一般地震時点検		詳細地震時点検		臨時点検					
		1回/日	1回/月	1回/5年	1回/10年	震度Ⅳ以上	震度Ⅴ以上	火災	爆発	溜り異常	車両事故	船舶沈没	滞水	深淵時					
本体	路床コンクリート	ひび割れ	—	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	×	×	×	×
	劣化	—	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	×
	耐火被覆、内装板	損傷・落下危険	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	内鋼板	腐食	—	×	○	○	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	漏水	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
継手	防食電位(外鋼板)	電位測定	—	△	×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	継手部(剛継手)	腐食	—	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
縦断線形	レベル測量	—	△	×	○	△	○	△	×	○	△	△	△	×	×	×	×	×	×
	トラバース測量	—	△	×	○	△	○	△	×	○	△	△	△	×	×	×	×	×	×
頂部保護砕石	深淺測量	—	—	○	△	○	△	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
坑内温度	温度	—	×	○	○	○	○	—	—	○	○	○	×	×	×	×	×	×	
上載土砂	土被厚	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

* 路床コンクリート：対象部材は舗装面下部の道床コンクリートとなるため、定期点検および臨時点検で確認が困難である。このことから、舗装面に変状が確認された際の実施することを基本とする。

点検計画については、トンネル全体の安定性が確認されており、測量結果からも特段の異常は確認されていないことから、今後は道路トンネル定期点検要領に準拠することを基本とするが、巡回点検においては人間による目視の他、カメラ等の機器を用いる方法や耐火被覆の点検においては近接目視による方法等、点検箇所に応じて適切な方法で点検を実施することとした。

点検内容については以下のとおりである。

- ① 縦断線形(レベル・トラバース測量)は、これまでの計測結果より特段の異常が見られないことから、今後は必要に応じて実施する。
- ② 深淺測量についても、縦断線形と同様、必要に応じて実施する。
- ③ 内鋼板および継手部の腐食については、地震時の調査は不要と考え実施しないこととする。
- ④ 外鋼板の防食電位は、定期点検にて確認がとれていれば日常点検および地震時の調査は不要とする。
- ⑤ 臨時点検の点検内容は、劣化や腐食については定期点検にて確認することを基本とし、その他点検内容については各々の事象に対して必要と考えられる項目とする。

4.2 機器による自動計測

静的データおよび動的データ、点検結果によるトンネルの安定性評価結果を考慮し、今後の計測計画は以下のとおりとする。

データ解析結果を踏まえ、トンネルの安定性に大きく影響する変状が見られないことから、設計の妥当性評価するための計測継続は必要ないと考えられる。

ただし、下記の理由から、躯体振動に関しては近隣施設における加速度計の計測結果を用いて代用できるか検討し、新たな提案を行うものとする。

- ・トンネル全体としては安定しているといえるが、設計用入力地震動(L1, L2)レベルの大きな地震が観測されていない。
- ・観測機器の残寿命が20年程度残っている。

- ・加速度計による計測意義として、地震時に再現計算を実施し見えない箇所の評価を行う際に、地震をモデル化の際にキャリブレーションに用いることができる。

(1) 加速度計の代替可能性の検討

1) 近隣の加速度計

若戸トンネル近隣では若戸大橋において加速度計を設置し観測がなされているため、若戸大橋での観測結果について検討する。若戸大橋の土質条件は、近傍の3つのボーリング調査結果を用いて検討した。また、若戸トンネルにおいては、1号函を対象とし、2つの土層モデルを検討に用いた。

2) 比較地震の抽出

比較する地震は、当該地区(北九州若松区および戸畑区)で震度2以上を観測した地震の中から、上位4波形とした。本検討での波形の比較は全てケース2を対象として掲載する。

- ・ケース1 2016/4/16 1:46:14 計測震度 3.2
- ・ケース2 2014/3/14 2:07:08 計測震度 3.0
- ・ケース3 2016/4/14 21:26:55 計測震度 2.9
- ・ケース4 2016/4/16 9:48:52 計測震度 1.9

なお、加速度計のX方向、Y方向、Z方向は若戸トンネル、若戸大橋共に東西方向、南北方向、上下方向であり、計測時間は若戸トンネルが約240秒間、若戸大橋が約60秒間である。

3) 波形の比較

I. 加速度および速度(地表面)

【加速度】

加速度のピーク値: z方向で若干、若戸トンネルが大

きい。波形は概ね類似している。

最大加速度: 若戸トンネル 33gal, 若戸大橋: 28gal

【速度】

ケース2では速度の絶対値と形状に類似性がみられ、それ以外の3ケースは速度の絶対値は小さいが形状は類似している。

II. 加速度フーリエスペクトル(工学的基盤)

使用した波形データは60秒間であることから、0.1~1Hz程度の周期帯(周期10s程度まで)でのスペクトル形状に着目すると、類似性がみられる。

III. スペクトル比と加速度応答スペクトル(工学的基盤)

【スペクトル比】

スペクトル比が1.0前後であればスペクトル形状が類似していると考えられ、極端に大きくなる箇所もみられるが、1.0付近も確認できる。加速度計の設置位置が沈埋函内部と陸上部の建屋内と異なることから、構造物の応答が影響している可能性も考えられる。

【加速度応答スペクトル】

加速度フーリエスペクトルと同様に、0.1~1Hz(周期1~10s)ではスペクトル形状に類似性が見られる。

IV. 速度PSI値

若戸トンネルで最大8.3 cm/s^{1/2}, 若戸大橋で最大7.3 cm/s^{1/2}となり、ほぼ同程度の値が得られた。

4) 検討結果

加速度計の観測波形およびスペクトル形状の類似性から、若戸大橋での観測結果による代替は可能であると考えられる。

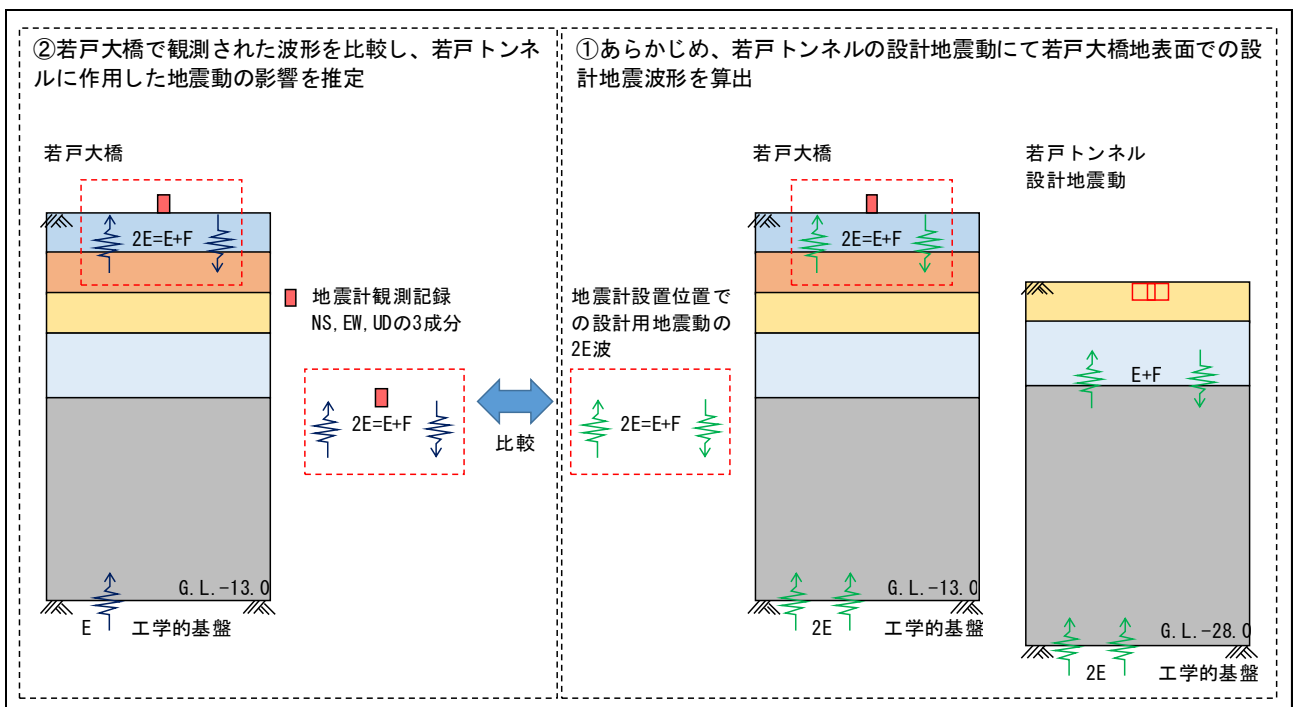


図-7 地震動比較イメージ

(2) 計測計画の提案

前項での若戸大橋での加速度計測記録による代用の検討結果を踏まえて、今後の計測計画を下記のとおりとする。

静的観測：施設全体の安定性が確認されたことから終了させる。なお、トンネル部で漏水やクラック等の変状が確認されているが、目視調査等で経過観察するものとする。

動的観測：若戸大橋での観測結果で代替できることから終了させる。

(3) 若戸大橋での地震観測記録の活用方法の提案

若戸大橋での地震観測結果は下記の考え方で活用を検討する(図-7)。

- ・若戸トンネルの設計に用いた L1 地震および L2 地震の工学的基盤の地震波形(2E)を若戸大橋の地震計設置位置の工学的基盤に入力し、地震計設置位置(地表面)での設計地震波形(E+F)をあらかじめ算出しておく。
- ・若戸大橋で観測された波形(E+F)と上記の設計地震波形(E+F)を比較し、若戸トンネルに作用した地震動の影響を推定する。

得られる地震動に対して、下記の項目を指標として比較する。

- ① 最大加速度
- ② 速度のPSI値
- ③ 計測震度相当値
- ④ 加速度フーリエスペクトルの形状

表-6 設計地震動の比較指標

		若戸トンネル			
比較項目 設計地震動	地盤モデル	最大加速度	速度のPSI値	計測震度	
		(gal)	(cm/s ^{1/2})	相当値	
L1地震動	質点8	186.28	39.28	5.0	
L2地震動		149.40	52.30	5.0	
L1地震動	質点9	223.19	36.69	5.1	
L2地震動		179.76	47.15	5.2	

		若戸大橋			
比較項目 設計地震動	地盤モデル	最大加速度	速度のPSI値	計測震度	
		(gal)	(cm/s ^{1/2})	相当値	
L1地震動	B1-T-2	202.12	30.43	4.9	
L2地震動		357.50	40.90	5.4	
L1地震動	B1-T-3	224.26	31.43	4.9	
L2地震動		235.04	41.99	5.3	
L1地震動	B2-T-1	169.02	29.64	4.8	
L2地震動		251.74	36.54	5.1	

4. まとめ

供用後5年が経過した沈埋トンネルを対象に、これまでに収集された維持管理計測記録を用いて構造安定性評価を実施した上で、自動計測を今後も継続するかどうかを検討し、新たな計測計画を立案した。有識者による委員会も踏まえ、以下にその結果を示す。

■施設全体の安定性

静的観測結果(沈埋応力・継手変位・測量・函体温度)や動的観測結果(躯体振動)、点検結果を踏まえ、トンネル全体は安定していると考えられる。また、計測データに異常値はみられない。

■計測計画

施設全体の安定性が確認できたことから、静的観測は終了させる。動的観測についても若戸大橋での観測結果で代替できることから終了させる。

■今後の点検計画について

基本的には道路トンネル定期点検要領に準じることを基本とする。ただし、現時点で変状が確認されている箇所や維持管理上注意を要する箇所については、重点点検箇所と定めて今後継続管理するものとする。これらの点については、施設所有者と管理者で協議のうえ、維持管理計画書や点検マニュアルへ反映させる。

謝辞

本稿は、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発注の「平成30年度管内技術課題検討業務」の成果及びその後の追加計測について取りまとめたものである。業務実施にあたっては、「平成30年度管内技術課題検討業務委員会(委員長：善功企九州大学名誉教授)及びWG(座長：清宮理早稲田大学名誉教授)」の委員の皆様及び関係各所から貴重なご意見、ご指導をいただいた。ここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 森本 悟司・菅野高弘・山本 修司・山口 高弘・加藤 紀章・後藤 正典：東京港臨港道路南北線における維持管理計画の検討，沿岸技術研究センター論文集No. 19, pp. 5～12, 2019.
- 2) 初級・中級技術者のための港湾工事施工実務(改訂版)，平成23年1月，財団法人 港湾空港建設技術サービスセンター。
- 3) 沈埋トンネル工法と施工事例 Vol.2 ～新工法・新技術～，平成17年3月，社団法人 日本埋立浚渫協会。
- 4) 道路トンネル定期点検要領，平成26年6月，国土交通省 道路局 国道・防災課。
- 5) 森山 安夫，永田 大，笠場 和宏：若戸トンネルの計測管理について～供用後の挙動把握と安定性の確認を目指して～，国土交通省 九州地方整備局。

