

咲洲トンネル立坑における基礎地盤の沈下に関する考察

咲洲の防災機能府市共同検討ワーキンググループ

〔1〕目的

咲洲トンネルは、両側坑口付近には立坑を設置し、それぞれの上部に換気塔を設置している。平成 9 年 10 月の完成・開通から既に 12 年が経過しているが、咲洲側の立坑は、設置して以来基礎地盤の沈下が続いている。設置してから完成までの施工過程においては、不等沈下が発生している。なお、現在では沈下量は落ち着き、収束に向かっており、不等沈下はほぼ収束している。

本資料は、施工過程で発生した立坑の基礎地盤の不等沈下の原因を明らかにし、不等沈下が咲洲トンネルの換気塔に及ぼす影響について考察するものである。

〔2〕咲洲トンネルの状況

2 - 1 . 咲洲トンネルの概要

咲洲トンネルは、大阪市の住之江区・咲洲地区と港区・築港地区を結ぶ、全長約 2,200m の道路鉄道併用の海底トンネルである。トンネル海底部は 1,025m で、咲洲側及び築港側に設置した立坑間に、工場で作成した 1 ブロックおよそ 100m の函渠を現地に沈設、ブロックを接合してトンネルを築造する、沈埋工法を採用している。



図 1 咲洲・WTC ビルと咲洲トンネル

陸域と海域の境界に位置する換気塔には、トンネル内部の換気や照明、防災用の設備を設け、集中監視センターにより、トンネル内の防災と安全を一元管理している。

図 1 に咲洲トンネルの位置、図 2 に咲洲トンネルの概要図、図 3 に沈埋トンネル部の標準横断面図、図 4 に換気塔の概要図を示す。

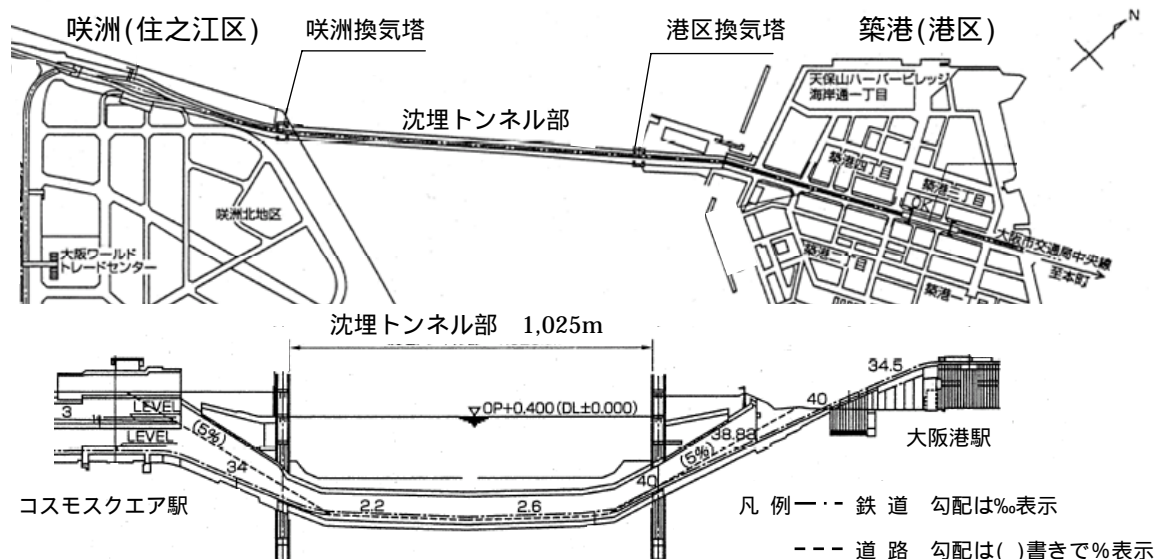


図 2 咲洲トンネル概要図

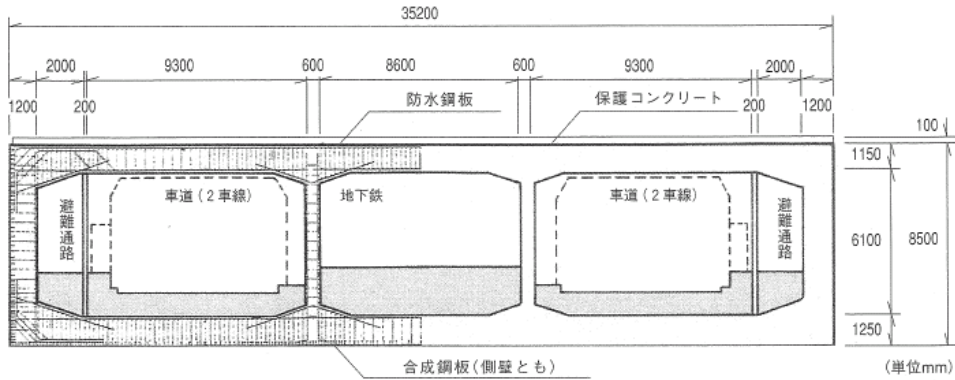


図3 沈埋トンネル部標準横断面図

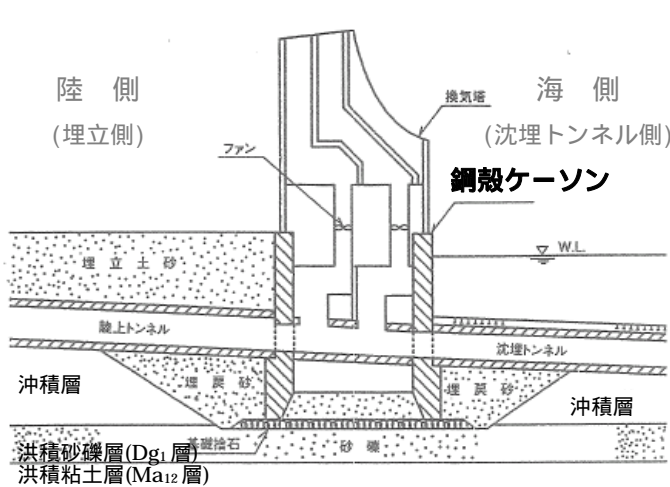


図4 換気塔概要図

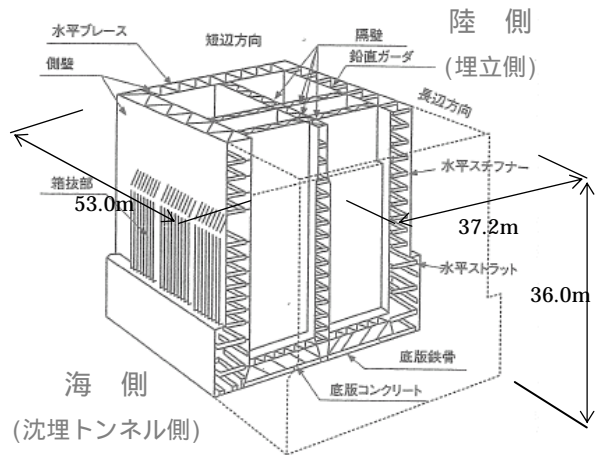


図5 鋼殻ケーソン概要図

2 - 2 . 立坑の概要

換気塔下部の立坑は設置ケーソン工法により築造されている。この工法は、予め支持層である洪積砂礫層 (Dg₁層) まで基礎掘削を完了させ、底面を捨石で整正した海底に、陸上で製作した鋼殻ケーソンを海上から現地に曳航、沈設する工法である。咲洲トンネルでは、横断方向 (長辺方向) が 53.00m、縦断方向 (短辺方向) が 37.20m、高さが 36.00m の鋼殻ケーソンを据付けている。図5に鋼殻ケーソン概要図を、写真1にケーソンの曳航の状況を、写真2に据付け後のコンクリート打設の状況を示す。

ケーソンの据付け後の工程としては、コンクリートを打設して立坑の築造を進めるとともに、埋立区域を締め切り、ケーソン部と併行して陸側 (トンネル、埋立) の施工を進める。また、立坑の施工が完了した後、沈埋函の据付を実施し、海底部の施工を進める。



写真1 ケーソン曳航の状況



写真2 コンクリート打設の状況

2 - 3 . 立坑の基礎地盤の沈下

ケーソンを据付ける基礎地盤は、堅固な洪積砂礫層であるが、立坑周辺の埋立てによる荷重が、基礎地盤やさらにその下層の洪積粘土層（Ma₁₂層以深）に沈下をもたらすとともに、ケーソンに直接土圧などの外力として作用するため、ケーソンの不等沈下や傾斜が生じることが想定された。

洪積粘土層の沈下に関しては未解明な部分も多く、ケーソン本体及び周辺地盤の現地観測を実施し、この観測データを基に課題を把握し、迅速に対応策を検討することとした。

そこで、ケーソンの沈下管理のひとつとして、咲洲側立坑の4つの隅角部に観測点を設け、施工中及び完成後の沈下量を継続して観測した。図6に観測点の位置を示す。

図7は、各観測点における累積沈下量を示したものである。各観測点の沈下量は、ケーソン据付け後、ケーソン周囲（海底）の埋戻し完了後から観測を開始した。観測開始後しばらくは各観測点の沈下量に差は生じなかったが、ある時点から観測点間の差が大きくなり、時間の経過とともに顕著になった。観測点間の累積沈下量の差は、対角する点であるA点とC点の差が最も大きく、観測開始からおよそ1～4年後(1992年6月～1995年6月)が顕著であるが、B点とD点は、同時期ではほぼ同じような沈下量で推移している。

これらの結果から、立坑の不等沈下の状況は、顕著になっている時期は、対角線辺BDを軸に、A点側（海側）よりC点側（陸側）の沈下量が大きくなっており、その後は、トンネルの縦断方向を軸に、辺AB側（海側）より辺CD側（陸側）の沈下量が上回っていることがわかる。

なお、4点ともその後の時間の経過とともに沈下量が徐々に小さくなっていく傾向である。

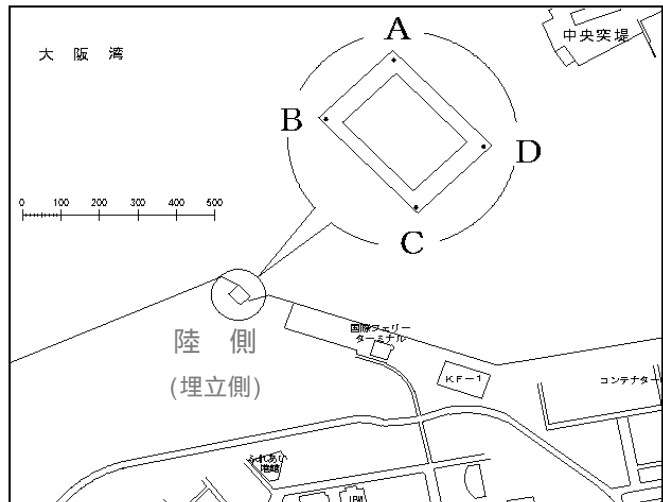


図6 立坑の基礎地盤の沈下量の観測地点

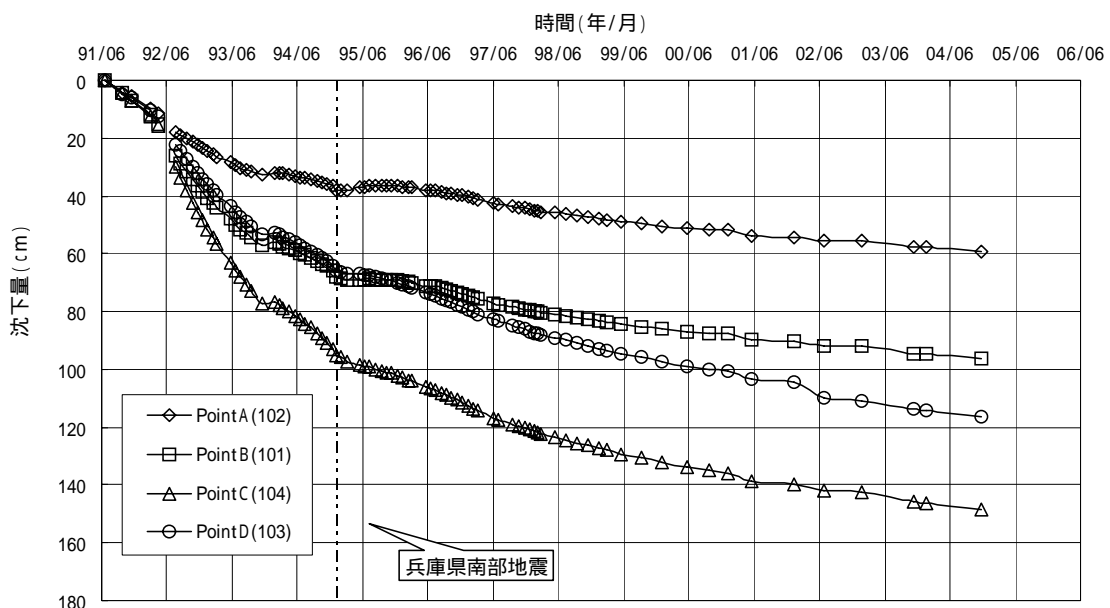


図7 咲洲側立坑の基礎地盤の累積沈下量

〔 3 〕 考 察

咲洲トンネルの咲洲側立坑の施工過程で生じた不等沈下の原因を考察し、今後のトンネルの換気塔への影響について検証する。

3 - 1 . 立坑の基礎地盤の沈下と周辺の主要工程との関係

図 8 は、立坑の累積沈下量と、立坑部分を含む周辺の主要工程との関係を示したものである。立坑の不等沈下が顕著になった時期は、ケーソンの据付が完了し、陸側の埋立ての時期にほぼ一致することから、不等沈下の原因は、埋立て土砂の荷重による陸側の洪積粘土層の沈下が、立坑の基礎地盤の沈下へ影響していると考えられる。

また、陸側の埋立てが概成し、立坑の内部躯体が完成した後の各観測点の沈下の状況は、トンネルの縦断方向に位置する A 点と B 点、C 点と D 点が、それぞれ同じような傾向で沈下している。換気塔建築開始以降の沈下についてはその傾向を継続しつつ、沈下量が徐々に小さくなっていく状況であることがわかる。

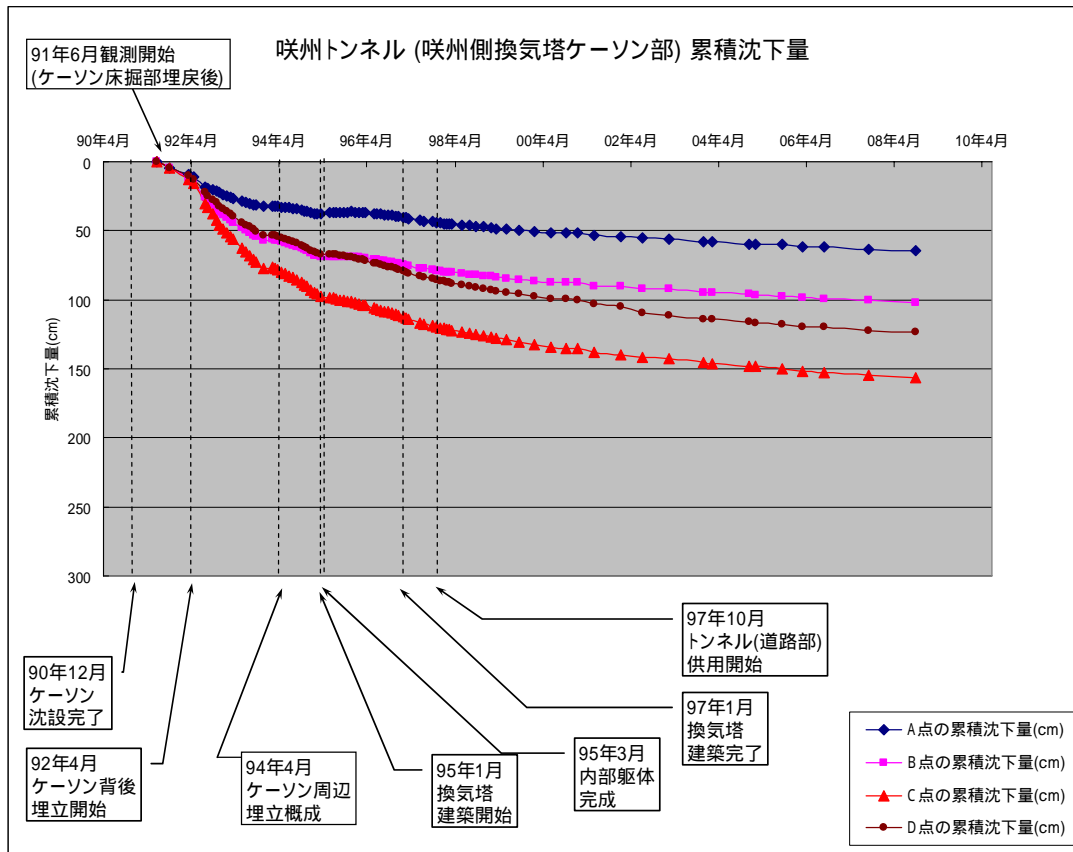


図 8 咲洲側立坑の累積沈下量と周辺の主要工程との関係

3 - 2 . 立坑の基礎地盤の沈下の現状

観測開始から沈下量が最も小さい A 点と、それ以外の 3 点 (B、C、D 点) との年間の沈下速度の差の経年変化を示し、現状における沈下の状況を明らかにする。

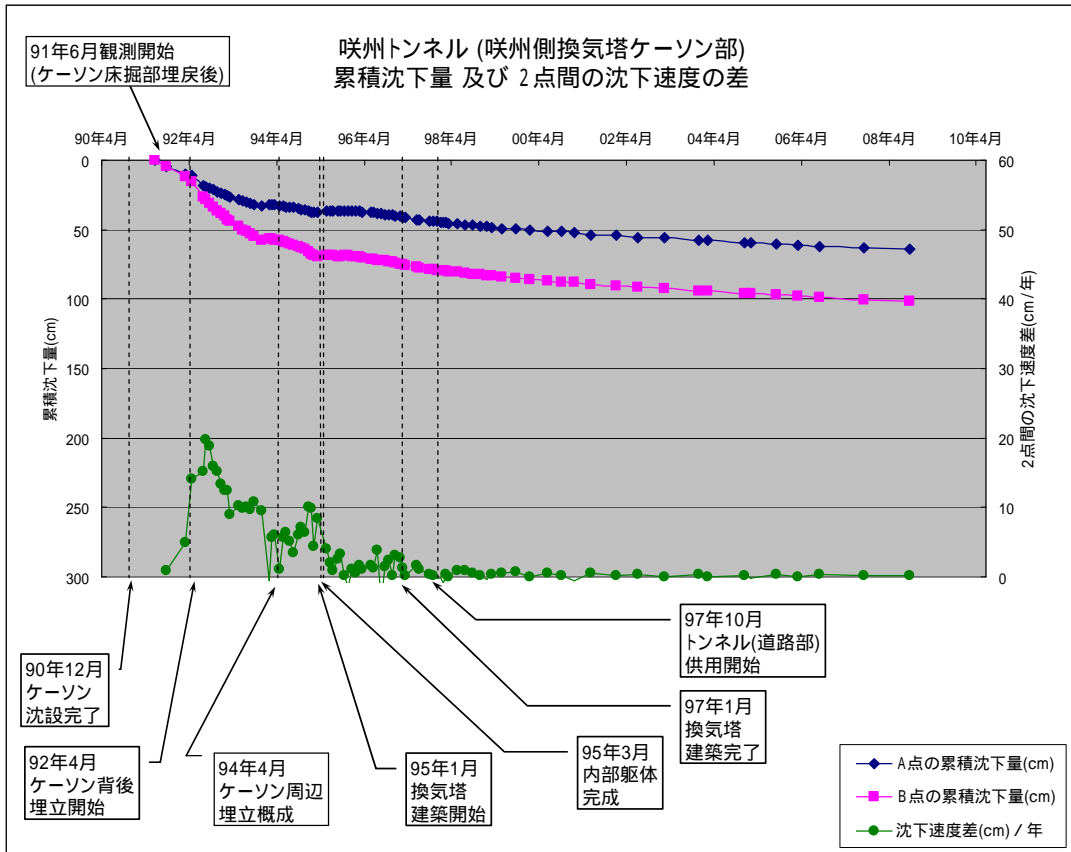


図9 累積沈下量及び観測地点間の年間沈下速度の差 (A点とB点)

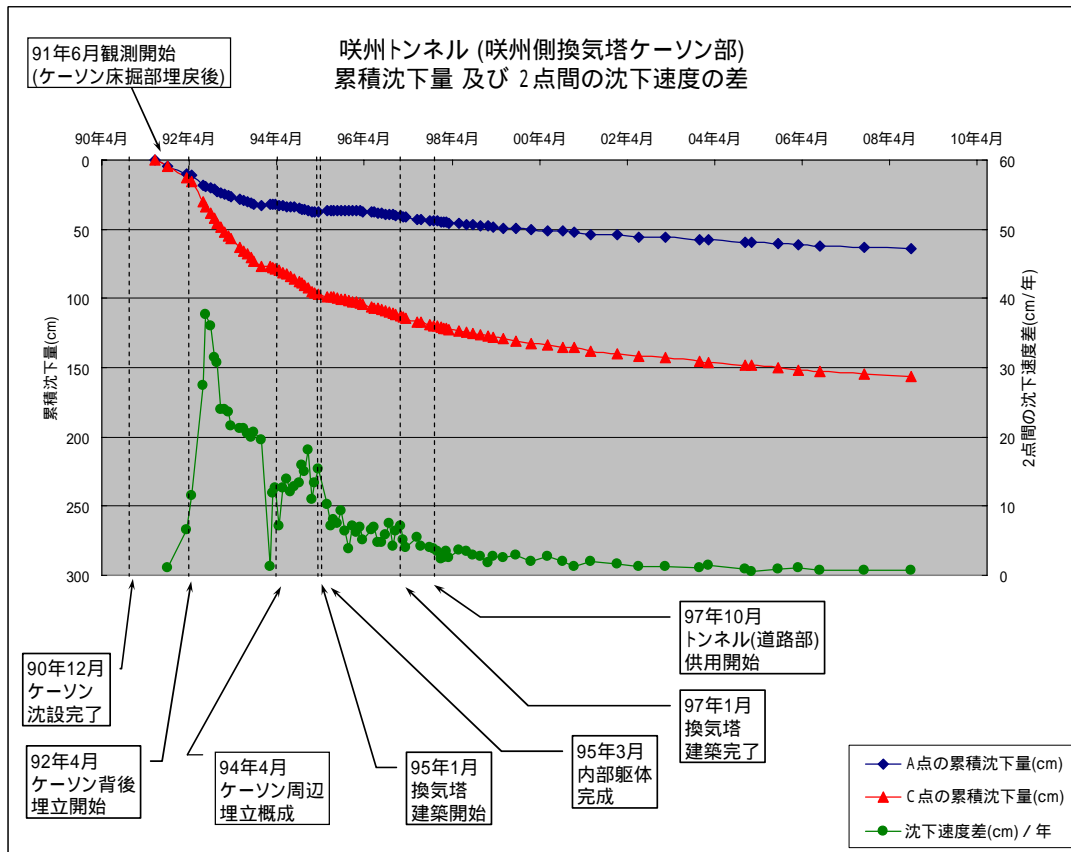


図10 累積沈下量及び観測地点間の年間沈下速度の差 (A点とC点)

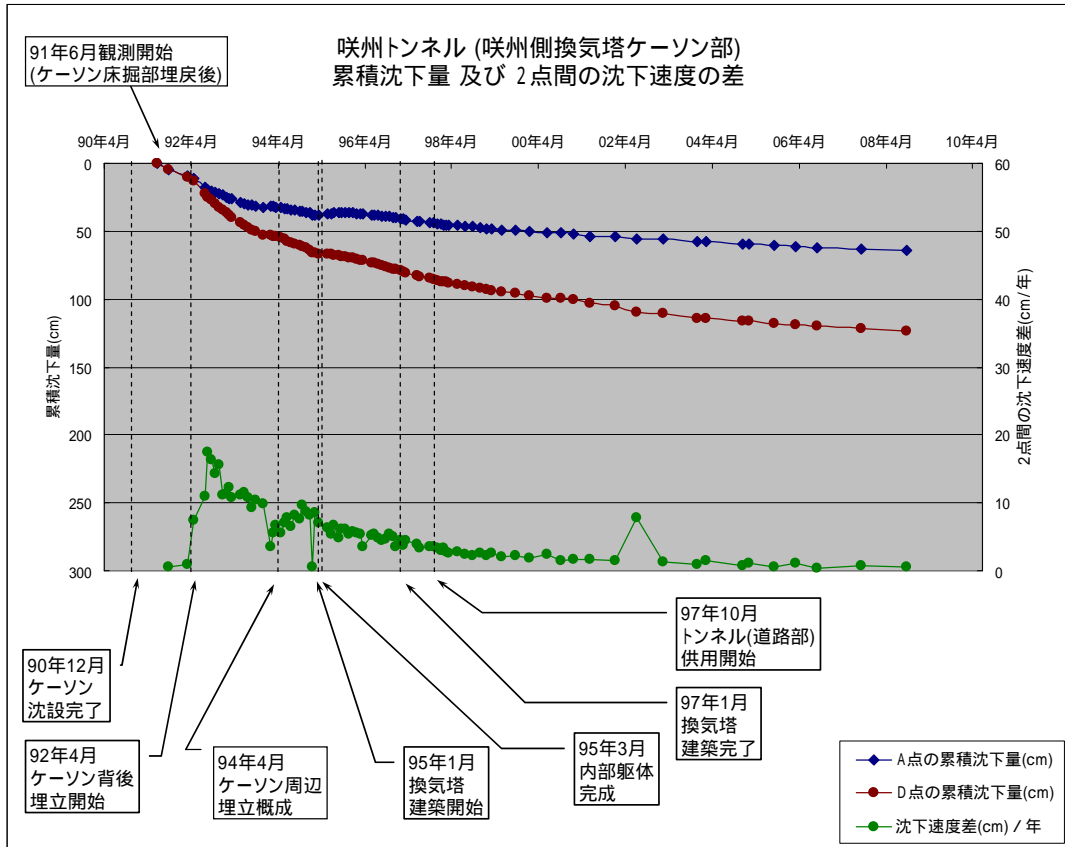


図 11 累積沈下量及び観測地点間の沈下速度の差 (A点とD点)

図 9～11 に示すとおり、A点とその他の3点間の沈下速度の差は減少している。2008年9月時点の各地点の沈下速度は、A点が0.93cm、B点が1.08cm、C点が1.68cm、D点が1.54cmであり、年間1～2cm程度で、観測地点間の沈下速度の差も、ほぼゼロあるいは数mm程度となり、不等沈下はほぼ収束している。沈下速度も、周辺地盤の沈下速度(年間3～4cm、「咲洲の防災機能に関する検討報告書」を参照)と比較して小さい値となっており、沈下の状況も周辺の埋立地盤と同様、収束しつつある。

3 - 3 . 立坑の不等沈下の換気塔への影響

換気塔の建築は、ケーソン周辺の埋立てが概ね完了したおよそ1年後、立坑の不等沈下が収束に向かう時期以降から開始しており、その後の不等沈下は引き続き収束に向っている。建築完了から現在までの各点の累積沈下量の差は最大約20cm(A点とC点、A点とD点)で、その傾きは0.3～0.4%程度である。咲洲トンネルの開通から現在まで、傾きによる換気塔の建物や機能の不具合は認められておらず、不等沈下の換気塔への影響はない。

3 - 4 . 結 論

咲洲トンネルの咲洲側立坑の基礎地盤の不等沈下は、背後地盤の埋立ての影響を受けたものであり、現在はほぼ収束し、地盤沈下そのものも収束しつつある。立坑の上部に築造された換気塔も、不等沈下による不具合は認められていない。このことから、立坑の沈下が咲洲トンネルの換気塔に影響を及ぼすものではないと考えられる。