

青函トンネル海底部の挙動計測

THE MEASUREMENT OF THE BEHAVIOR AT THE UNDERSEA PORTION OF THE SEIKAN TUNNEL

前田憲一*・小幡利男**・高橋正義***・豊島 茂****

Kenichi MAEDA, Toshio OBATA, Masayoshi TAKAHASHI and Shigeru TOYOSHIMA

After the completion of the Seikan Tunnel, four years passed through.

Japan Railway Construction Public Corporation have carried out various investigations for the maintenance of the tunnel since the entry into service by agreement with Hokkaido Railway Company.

In this paper, we report the high accurate measurement (unit of 0.1mm) in the main tunnel's cross section by three dimensional measurement system four times a year at 77 positions.

It seems to be quite all right to consider that the main tunnel is sound at present.

Keywords: maintenance of undersea tunnel, high accurate measurement in main tunnel by three dimensional measurement system.

1. まえがき

世界最長の青函海底トンネルを含む津軽海峡線は開業して早くも4年半が経過した。

天候に左右されない定時・安定・大量輸送の特質が十分に生かされ、旅客は平成3年度は278万人で、昨年8月には予想より1年早く開業後3年5箇月で1000万人に達した。一方、貨物は特に本州向けのコンテナ輸送が急増しており、平成3年度は開業以前の6割増しの518万トン記録している（JR北海道提供資料による）。

このような重要路線の要とも言える青函トンネルの海底部分の維持管理については、長大であり、かつ海底下という特殊な環境条件のため、建設過程で得られた知識や技術が不可欠であること、また鉄道公団が財産を保有していること等から、運営主体であるJR北海道と協議の結果、公団が行うこととなり、開業と同時に吉岡管理センターが設立された。

本稿では、維持管理のための調査業務のうち開業以来、年4回直轄で実施してきた本坑内空断面測定（海

* 正会員 日本鉄道建設公団 札幌工事事務所 吉岡管理センター 所長

** 日本鉄道建設公団 札幌工事事務所 管理課 補佐

*** 同 上 吉岡管理センター 作業係長

**** 同 上 吉岡管理センター

底部77断面)の概要を述べる(図-2参照)。

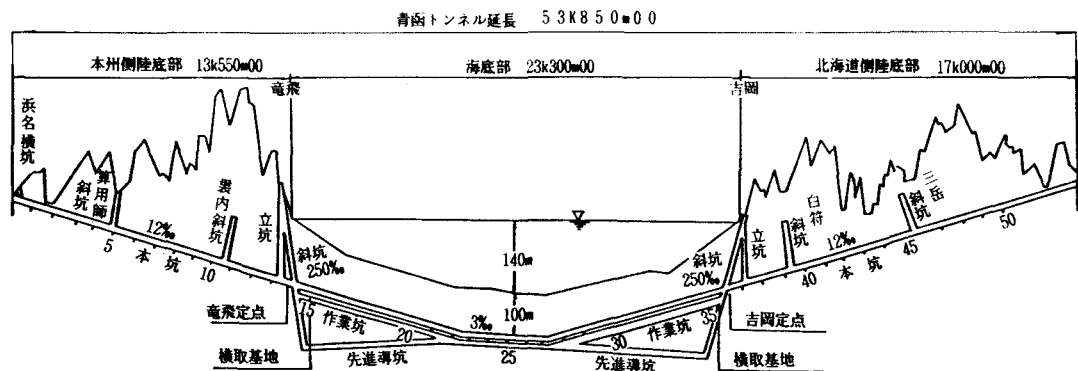


図-1 青函トンネル縦断面

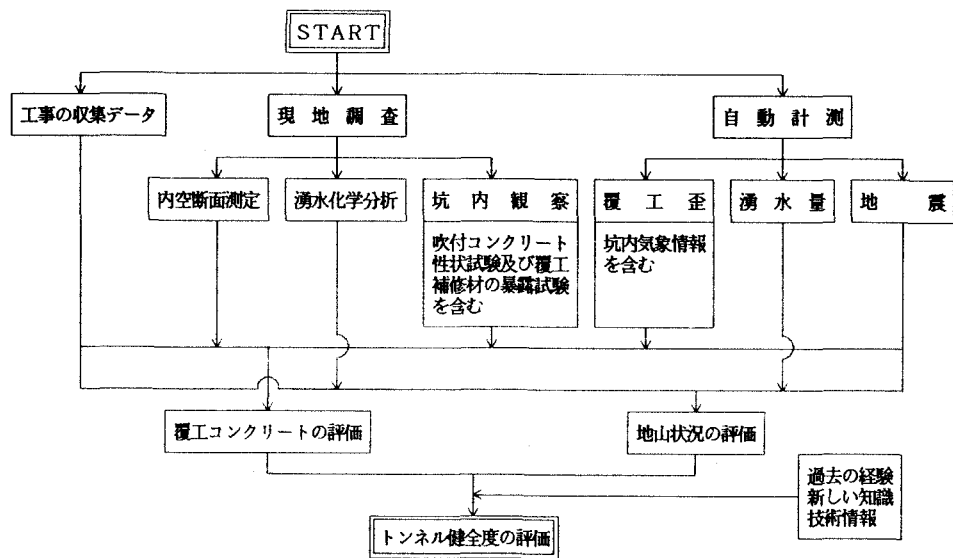
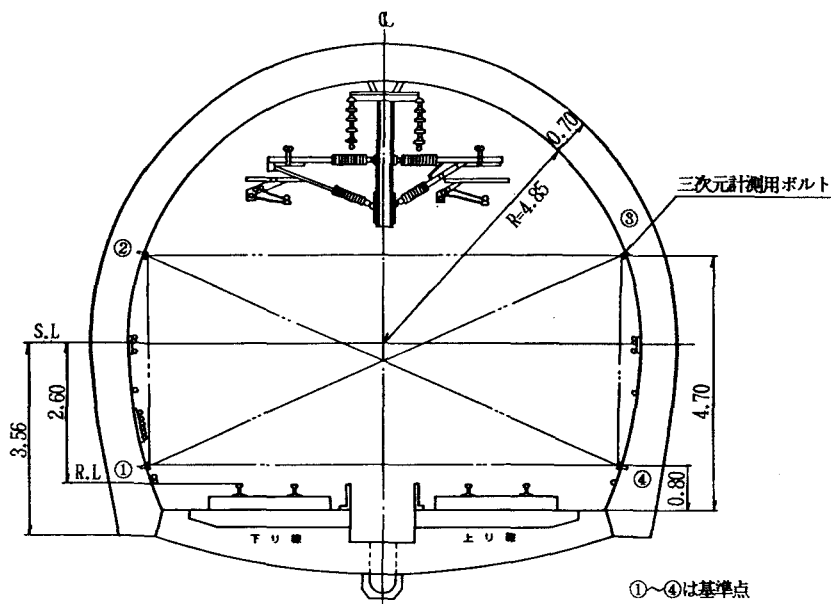


図-2 トンネルの維持管理フロー

2. 本坑内空断面測定について

現在実施している計測方法は、公団と測量会社が共同開発した三次元計測システム（1989年土木学会技術開発賞受賞）によるもので、測定手順等については表-1、図-3および図-4に示す。すなわち、2台のトランシットを使って基準尺を視準することによって各トランシットの位置が決まり、坑壁の測点を視準することにより、パソコンで各測定点間の距離が計算される極めて簡便な方法である。実際には2台のトランシットの視準が測点1点で交わることは不可能に近いので、図-5に示すように空間上の2直線 ℓ_1 、 ℓ_2 に対して直角な直線 ℓ_3 （共通垂線）を計算で求め、交点 P_3 、 P_4 の中点 P_0 の位置を決定座標とし

ている。dを制限値として（現在3mmとしている）あらかじめパソコンに設定しておき、測定ごとにdの値が表示される様になっている（実際の測定では通常1mm以内）。



図－3 本坑内空断面測点位置

表－1 三次元計測システムによる測定手順

作 業 手 順	記 事
1. 中央通路上の任意の位置に2台のデジタルトランシットを7～8m離してセットする。	NO1とNO2のトランシットは、20～30cmの高低差をつけてセットする。
2. トランシットの前面部に貼付けた視準標を望遠鏡（正）の位置でお互いに視準する。	角度（水平、鉛直）は、パソコンのキー操作で自動的にパソコンに取り込まれる。
3. 側壁部に置いている基準尺の両端を望遠鏡正反でそれぞれ視準する。	
4. 基準尺視準後、再度トランシットの前面部に貼付けた視準標をお互いに視準する。	任意の位置に設置した2台のデジタルトランシットの位置座標（X、Y、Z座標軸）が決定する。
5. 望遠鏡（正）で各測点NO1～NO4の順に視準した後、望遠鏡を反にして、測点NO4～NO1の順に視準して1セットを終了する。	視準終了と同時にパソコンのキー操作で自動的に各測点間（①～②、②～③、③～④、④～①、②～④、①～③）の距離が算出される。
6. 上記の1～5までの作業を2回繰り返して、1断面当りの測定を終了する。	1断面当り2セット

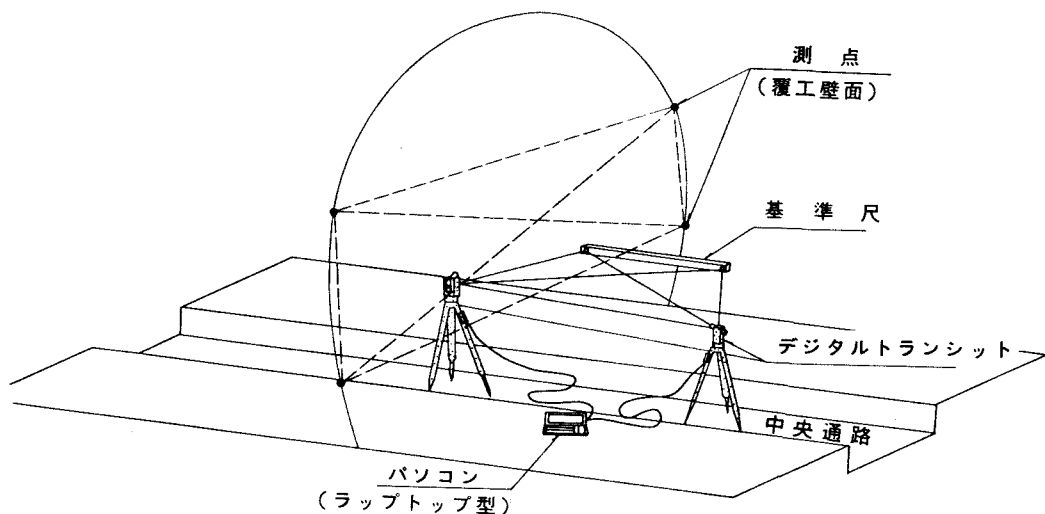


図-4 三次元計測システムによる内空断面測定用具配置図

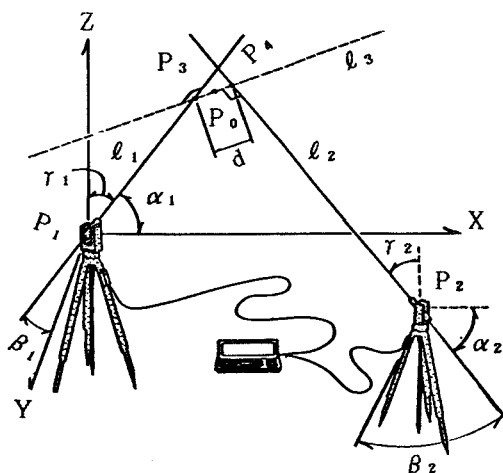


図-5 2直線 l_1 、 l_2 と直角に交わる共通垂線 l_3 との関係

測定結果は、1988年（昭和63年3月）の測定値を基準値として、各測線の経時変化が判るようにグラフ化して整理している。測定値は、当初は3回（3セットと呼んでいる）の平均値（3回の測定値の偏差は最大0.5mmを許容範囲としている）としていたが、その後、偏差が小さいため2回の測定で十分と判断し、1年前から2回（2セット）の測定値の平均値を用いている。図-6にその一例を示す。

また、この測定地点の近傍にある円周方向の覆工歪測定地点の経時変化を図-7に示す（マイナスは圧縮、プラスは引張を示す）。歪量は左右ほぼ対称で1年の周期性が認められ、この周期は坑内温度や潮位と相関関係が認められる。しかし、全体的に歪量が小さく、また歪測定と断面測定の測定間隔が異なっている事もあり両者の関連はつけ難い。

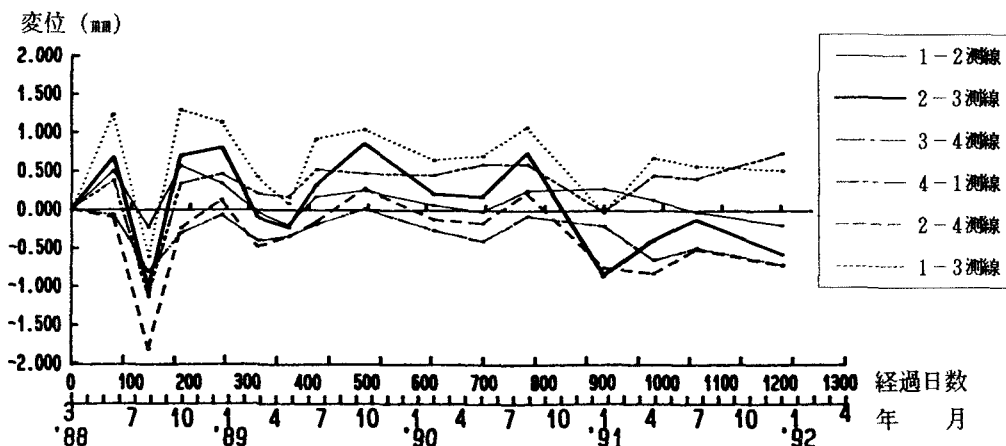


図-6 21k649m(中小国起点40k860m)地点の内空断面経時変化

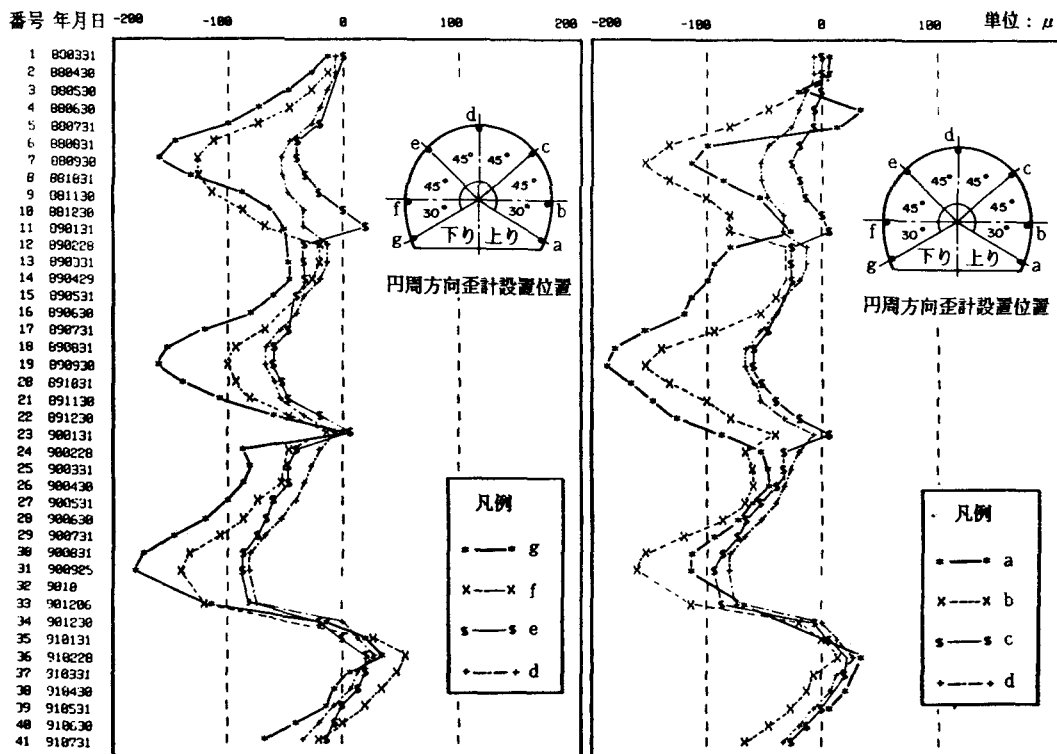


図-7 21k652m地点の円周方向歪の経時変化

各測線長の変化は、全数462測線(77箇所×6測線/箇所)のうち基準値より0.5mm~1.0mm縮小している測線数は67測線、1.0mm以上最大3.0mm(4年間で測線長が約10mのうちの3.0mm)まで縮小している測線数は23測線あるが、現在連続した進行性がうかがわれるような傾向は認められない。1992年(平成4年)2月までに16回の測定を行ったが、各測線長は測定毎の変化はあるものの、規則性は認められない。本坑全域における目視検査等の結果でも特に異常は認められないことと、変位量そのものが非常に微小であることから、トンネルは全般的に健全な状態を保っているものと考えられる。

測定回数は、トンネル覆工の季節的変動などを把握するために、1991年度(平成3年度)まで年4回

としていたが、それまでのデータを整理した結果、1992年度（平成4年度）からは地質不良区間、難工事区間、特殊断面区間および1.5mm以上の変動を示した箇所については年3回、その他は年2回行うよう測定頻度を変更している。

3. あとがき

本坑は今のところ健全と判断されるが、先進導坑、作業坑での部分的な変状、漏水防止工等の予想外に早い劣化現象（塩害等）が認められており、近い将来には補修を余儀なくされることと思われる。さらに長期的に見れば本坑へ波及することもあり得るので、原因の調査と耐海水性の材料の開発を含めた補修方法の検討に努力しているところである。

また、今後は本坑内空断面測定を主とする外業の軽減化をはかり、出来るだけ分析、解析業務に重点を置くと共に、最終的な目標である維持管理のマニュアルの整備に向けた体制に移行していくこととしており、上記懸案事項をひとつずつ着実に解決するよう努力する所存であり、今後とも関係者の深いご理解とご指導をお願いする次第である。

末筆ながら、調査ならびに坑内の安全作業に絶大なるご協力をいただいているJR北海道の関係者に厚く御礼申し上げます。

4. 参考文献

- 1) 吉原伸行：青函トンネルの地震防災システムについて，第24回日本鉄道建設公団本社技術研究会記録，pp.326～385,1988.10.
- 2) 向井軍治：青函トンネルの安全，第18回安全工学シンポジウム講演予稿集（安全工学シンポジウム実行委員会）pp.s2 ～s21,1988.7.
- 3) 下河内 稔・吉川大三・登坂敏雄・三島研二・小林俊雄（発明者）：三次元計測システムによる土木計測法，1988.10.31特許出願。
- 4) 米沢豊司：新しい計測システム等を用いた青函トンネルの維持管理，第25回日本鉄道建設公団本社技術研究会記録，pp.383～412,1989.10.
- 5) 日本鉄道建設公団青函建設局：津軽海峡線工事誌（青函トンネル）上・下，1990.3.
- 6) 日本鉄道建設公団：津軽海峡線工事誌，1990.3.
- 7) 日本鉄道建設公団青函建設局：青函トンネル技術誌第6編「計測」，pp.314～352,1988年度。
- 8) 相良邦臣・米沢豊司：新しい計測システム等を用いた青函トンネルの効率的な維持管理，日本鉄道施設協会誌，第28巻4号，pp.57～59,1990.4.
- 9) 北川修三・小幡利男：青函トンネル海底部の維持管理，トンネルと地下，vol 21, No5, pp.59～64,1990.
- 10) 小幡利男：青函トンネルの維持管理上判明したトンネル挙動等，第27回日本鉄道建設公団本社技術研究会予稿，1991.10.
- 11) 豊島 茂：これからが正念場－青函トンネルの維持管理，JRCC，ラポール，No.4，pp.19～21,1992.2
- 12) 日本鉄道建設公団青函建設局：津軽海峡線（青函トンネル32km000m～56km200m間）維持管理報告書，1989.5.
- 13) 日本鉄道建設公団札幌工事事務所：津軽海峡線（青函トンネル32km000m～56km200m間）維持管理報告書 1990.5.，1991.5.及び1992.5.