

SuperKEKB トンネルのレベル変化に関する続報告

RECENT REPORT ON TUNNEL LEVEL MEASUREMENT IN SuperKEKB

古澤将司[#], 植木竜一, 大澤康伸, 増澤美佳

Masashi Furusawa[#], Ryuichi Ueki, Yasunobu Ohsawa, Mika Masuzawa

High Energy Accelerator Research Organization

Abstract

In SuperKEKB, 355 level reference points were placed at equal intervals on the walls of a 3-km tunnel. By surveying these reference points using the DNA03 digital surveying instrument, we are measuring the height of the SuperKEKB tunnel. This data is important to see the impact of tunnel level changes on the accelerator. We reported on the changes in tunnel levels during SuperKEKB construction in 2015 as well. We have continued to survey the tunnel levels since then. As before, we still see a lowering of the Fuji side reference point compared to Tsukuba. This paper reports on the changes in the tunnel level in recent years.

1. 概要

SuperKEKB 電磁石グループでは、全周 3 km のトンネルの壁面に等間隔に設置されたレベル基準点を用いて、トンネル全周の高さレベル測量を実施している。この測量で得られるデータは、トンネルレベル変動の加速器への影響を見るために重要な資料となる。2015 年の加速器学会年会では、Fig. 1 内の SuperKEKB 建設に伴う機械棟増設、PF-AR 直接入射路増設に伴うトンネルレベルへの影響の調査、およびトンネル全周レベルの長期的な変動について報告した[1-4]。以降も毎年、トンネル全周のレベル測量を継続している。以前報告した事象と同じく、現在も筑波実験室から見た富士実験室側基準点の相対的下降傾向が見られる。デジタル測量系によるトンネル全周測量は 2013 年から開始したものである。本方式によるこれまでの経年変化を確認することは現在のトンネル状況を確認するための重要な要素となる。

本発表は DNA03 の全周測量により測定した、2013 年から 2022 年の近年のトンネル高さレベルの変化について報告する。

2. トンネル壁面レベル測量

SuperKEKB トンネル壁面には、一周 3 km にほぼ等間隔でデジタルレベル測量系 DNA03 用の基準点が設置されている。このトンネル壁面の基準点を全周測量することで、トンネル全体の高低差を調査できる。2013, 2014 年の SuperKEKB 建設時のトンネルレベル測量に関しては、2015 年までに報告した[1,2]。

Figure 2 に、トンネル全周測量で使用するデジタル測量系 DNA03 を記載する。現在も、トンネルレベル状況の確認のために、毎年夏の長期メンテナンス期間にトンネル全周のレベル測量を継続している。



Figure1: SuperKEKB main ring indicated in blue and the construction sites on the ground surface.



Figure 2: Surveying by DNA03.

furusam@post.kek.jp

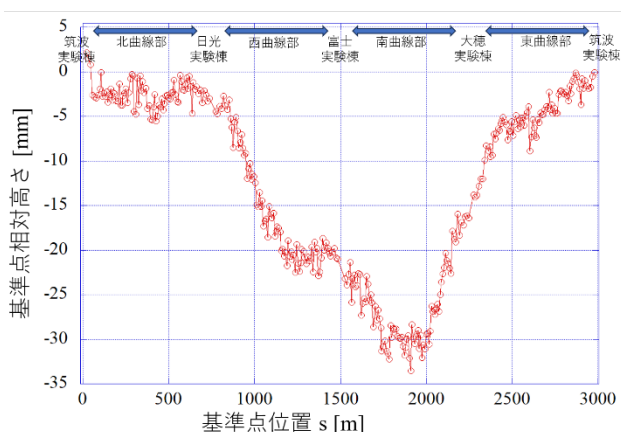


Figure3: The Survey Results in 2013.

Figure 3 に 2013 年 10 月の DNA03 でトンネル全周のレベル測量を実施した測量結果を記載する。横軸は、HER にてつくば衝突点での値を $s = 0$ として、Fig. 1 の通りに反時計回りにリングに沿って進んだ距離を示す。縦軸はトンネル基準点のレベルを示す。

Figure 3 内で見られる 2013 年の全周レベルでは、最高点と最低点で約 30 mm の差が見えるものの、単年度のグラフでは測定時の高低差に加え基準点設置に伴う取り付け誤差も含まれて表示される。このため Fig. 3 の結果だけではトンネルの傾き推移は議論できない。

KEKB, SuperKEKB のトンネルレベル変動は、2013 年以前もアナログレベル計 N3 等で測定した結果を報告済である[1-4]。以前の報告でも、同じ傾向で基準点高低差の変化が確認できた。このため、トンネル全体の高低差の増加は、2013 年以前から継続している。DNA03 を用いた全周測量は 2013 年に開始したものであるため、本紙では 2013 年の結果を基準とした、経年のトンネルレベル高低差の推移について記載した。

3. トンネルレベル推移

2013 年から 2022 年までの、毎年夏のトンネルレベル測量の結果を Fig. 4 に示す。経年でトンネル傾き推移比較のため、各年での TRIL での高さ位置を 0 mm に統一して表示した。Figure 4 より、2013 年から 2022 年にかけてトンネル全体の高低差が依然増加傾向にある。つくば実験棟衝突点にもっとも近い基準点の TRIL1 を高さ 0 mm として見ると、AR 直接入射路付近の基準点が相対的に低く見えることがわかる。なお Fig. 4 では経年比較のために全年で TRIL1 のレベルを 0 mm に合わせているため、トンネル全周の高低差変化はわかるが、つくば実験棟側の基準点が上昇しているか、または富士実験棟側の基準点が沈下しているかは判別できない。

Figure 5 に 2013 年を基準としたトンネルレベルの経年変化について示す。こちらには、Fig. 4 から 2013 年と各年度の基準点の高さの差をプロットした。Figure 5 より、TRIL1 を基準にして基準点の高さを見ると、富士実験棟側、AR 直接入射路付近の基準点 FLIL18 を最低として、その付近が低くなるような変化傾向が見られた。

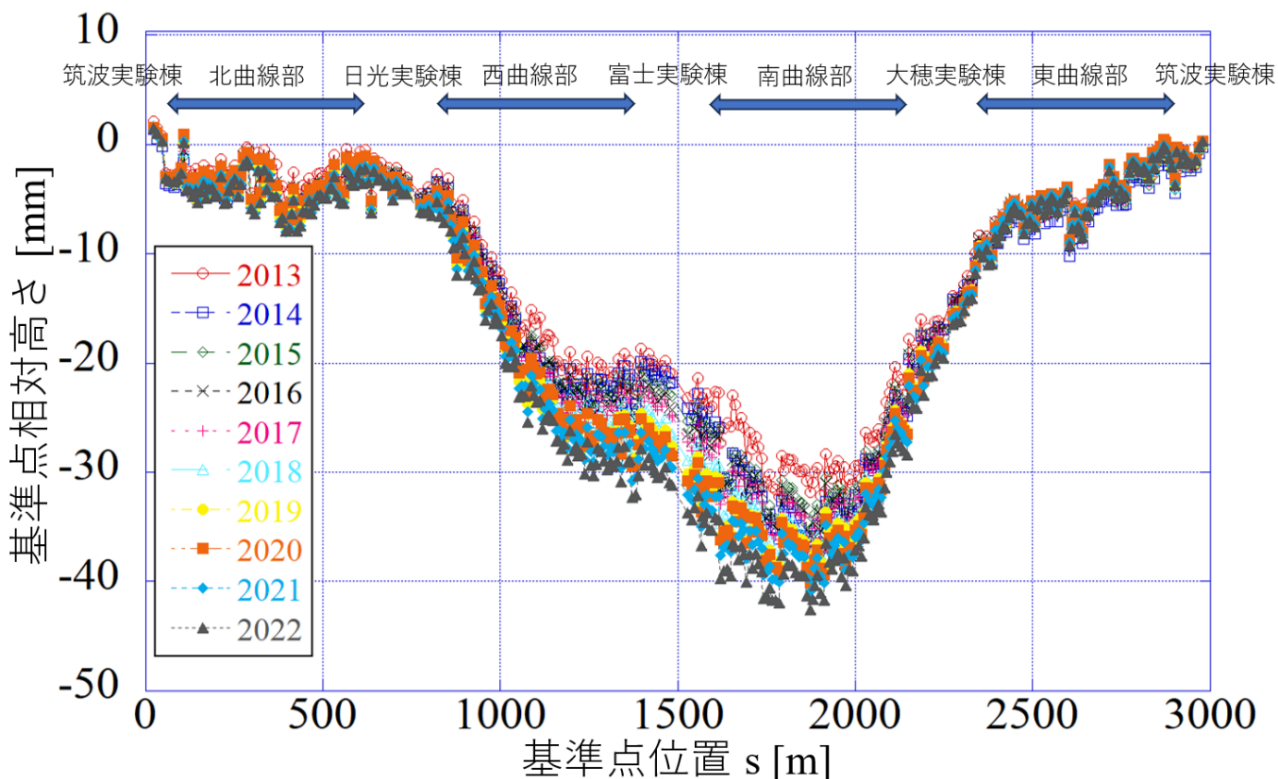


Figure 4: Tunnel height from 2013 to 2022.

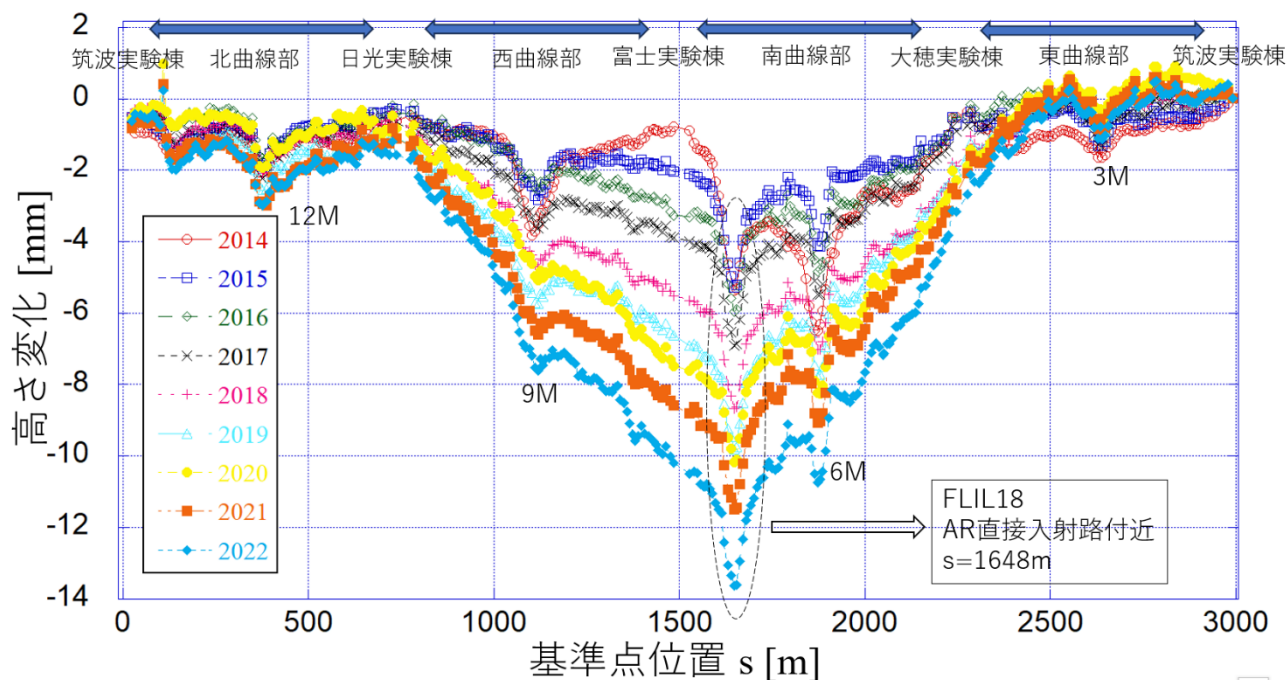


Figure 5: Tunnel height change based on 2013.

Figure 6 に FLIL18 基準点の 2013 年から 2022 年の年度毎のトンネルレベル経年変化量を記載する。Figure 5 で記載されている TRIL1 基準点の高さを 0 とした場合の FLIL18 の高さを記載した。Figure 6 より、2013 年から 2014 年は、約 5 mm 程度の降下が見られたが、2014 年から 2022 年までの 8 年間では平均して毎年約 1 mm 程度高低差が開く傾向変化が見られた。

トンネル高低差増加の原因ははっきりとしたものは不明であるが、経年で同じ傾向の変化をしていることから、地形の変動による可能性が高い。今後も、同じような変化が継続すると考えられる。

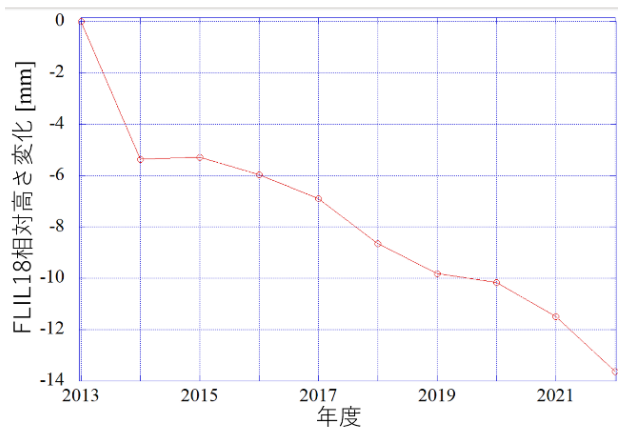


Figure 6: Tunnel height change in FLIL1.

4. まとめ

本紙では 2013 年以降の DNA03 によるトンネル全周測量の結果、及びトンネル高低差の推移について報告した。

2013 年から 2022 年までのトンネル全周レベル測量結果から、2013 年のトンネルレベルを基準とした経年の基準点の変化のプロット、及び各年の TRIL01 から見た最低点の FLIL18 との高低差を記載した。結果、以前の報告と同様に富士実験棟側基準点の FLIL18 を最低位置として、約 1~2 mm 程度トンネル高低差が増加している。

2023 年は LS1 作業で各種建造物の改造が実施されたため、トンネルレベルへの影響が出る可能性もある。本紙では時期の関係で 2023 年のトンネルレベル測量の結果が掲載できなかったが、そちらの調査も含めて、今後も長期メンテナンス中のトンネル全周測量を継続する予定である。

参考文献

- [1] Y. Ohsawa *et al.*, “デジタルレベル測量器を用いたトンネルレベル測量”, 平成 26 年度総合技術研究会, Sapporo, Sep. 4-5, 2014.
- [2] Y. Ohsawa *et al.*, “SuperKEKB トンネルレベル変動”, Proceedings of the 12th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsuruga, August 5-7, 2015.
- [3] M. Masuzawa, “SuperKEKB Main Ring Tunnel Motion”, Proceedings of the 11th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, August 9-11, 2014, Aomori, Japan.
- [4] T. Kawamoto *et al.*, “Measurement of KEKB Tunnel Level”, Proceedings of the 8th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsukuba, Aug. 1-3, 2011.