



図 2 : 内直径の測定方法 インサイド・マイクロメータを使用し、45 度ずつ方向を変えて、4 方向の内直径を測定した。同じ位置で測定して経年変化を調べる為に、測定位置にマーキングしてある。

3. 測定結果

図 3 に測定結果の一例を示す。視覚的なイメージを得る為に、内直径線の両端をキュービック・スプラインで補間して閉曲線を描いたが、必ずしも実際の形状を反映しているわけではない。図中の上方向(0° 方向)が、使用中のコアの天頂方向である。

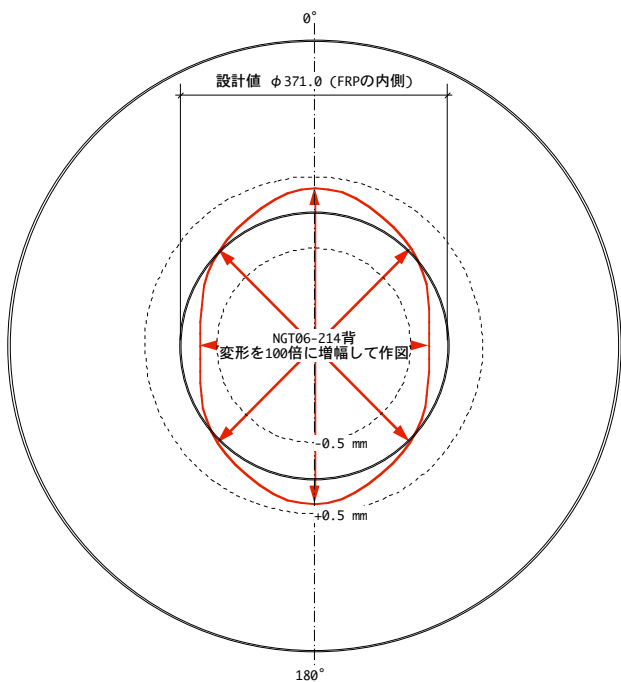


図 3 : 測定結果の一例 赤矢線が測定値である。磁性体の内側の FRP 部分の内直径の設計値 371 mm からのずれを 100 倍に強調して描いた。

3.1 内径の変形あるいは真円からのずれ

コアの内径の形状を定量的に評価する為に、内直径の測定値 4 点から標準偏差を求めた。標準偏差が大きければ、真円からのずれが大きくなる。ただし、工場出荷時の内直径のデータが無いので、製造時点で真円からずれていたのか、その後の使用によって変形したのかは断定できない。

図 4 に 2009 年 8 月に測定した空胴 3 号機と 6 号機のコア 36 枚分と損傷したコアの交換用として準備した新品コア 3 枚の内直径の標準偏差を示す。

図 4 中の黒印は、製造工程でコアの表面にシリカを塗布し、かつ低粘度樹脂を含浸した個体である。層間に樹脂が浸潤しにくいため、コアが硬くならず、運転時に生じる高周波加熱による熱応力によっても座屈に至るような破壊的な変形は起きていないと推測される。

図 4 中の赤印は、製造工程でコアの表面にシリカを塗布しないで、低粘度樹脂を含浸した個体である。層間に樹脂が浸潤し、コアが硬くなっていて、熱応力によって、座屈に至るような破壊的な変形を起こしていると推測される。

図 4 中の青印は、製造工程でコアの表面にシリカを塗布し、かつ低粘度樹脂を含浸していない個体である。コアの柔軟性が保たれ、もっとも座屈しにくいタイプと考えられる¹⁾。毎年の夏期停止期間にこのタイプのコアに順次に置換している。

このように、コアの製造方法の違いは、コアの内径の形状に反映されている。

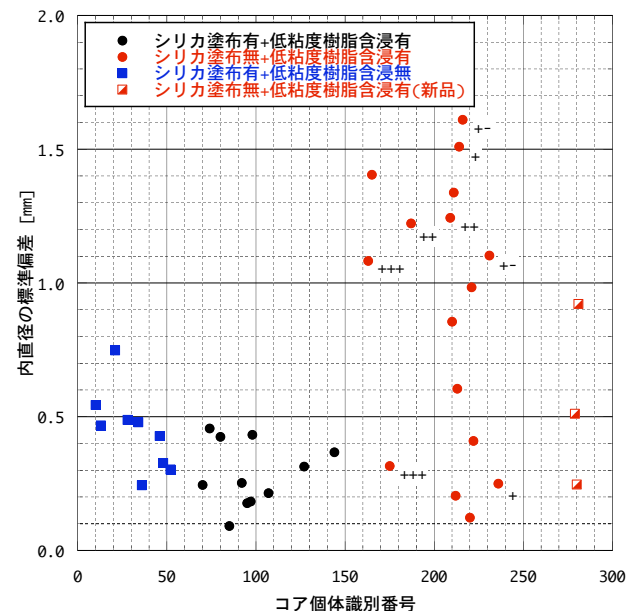


図 4 : 2009 年 8 月に測定した空胴 3 号機と 6 号機のコアの内直径の標準偏差 横軸はコアの製造順に与えた個体識別番号、縦軸は各コアの内直径の測定値の標準偏差である。損傷したコアの交換用に準備した新品 3 枚の測定結果も含む。プロットの右下の記号は座屈したコアであることとその程度を示している。

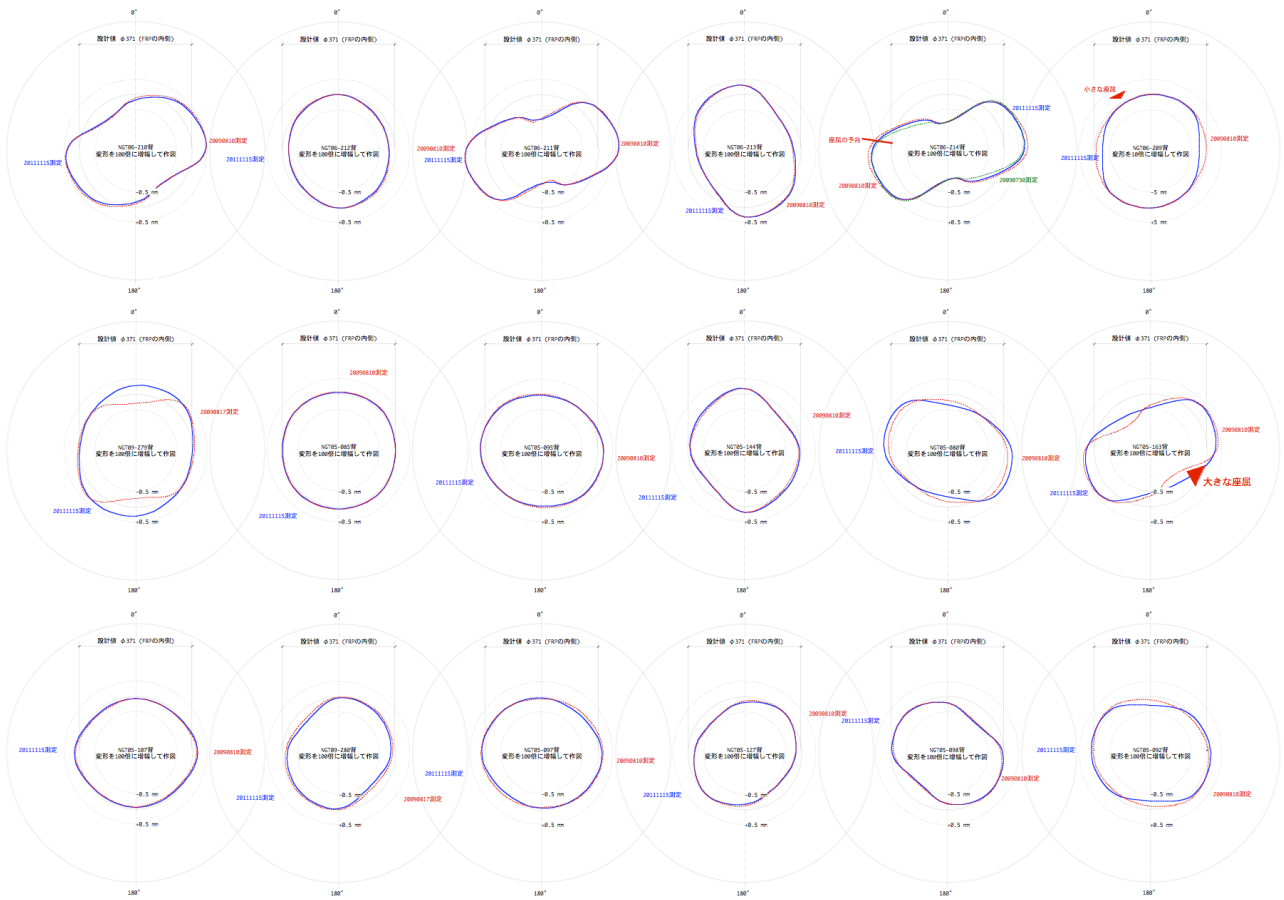


図 5 : 2009 年 8 月から 2011 年 11 月までの間の空胴 3 号機のコアの内直径の変化 赤色が 2009 年 8 月、青色が 2011 年 11 月の測定結果である。内直径の設計値 371 mm からのずれを 100 倍に強調して描いている。

3.2 経年変化

空胴 3 号機は、2009 年 8 月に内直径を測定し、約 27 ヶ月後の 2011 年 11 月に再び測定した。図 5 に測定結果を示す。

2009 年 8 月の段階で既に座屈が起きていた最右列の上段と中段のコアを除いて、ほとんどのコアでは内直径はほとんど変化していない。

しかし、最左列の中段のコアは変形が進行している。このコアは、2009 年 8 月に新品として装荷したものであるが、表面にシリカを塗布しないで低粘度樹脂を含浸したタイプである。このまま使用し続けていたら座屈が生じる可能性があった。

このように、コアの製造方法の違いは、コアの内径の経年変化の状況に影響している。

また、図 5 を見ると、コアの変形あるいは真円からのずれは、水平方向へ広がる傾向がある。この原因として、自重、下方から上方への冷却水の流れ、コア内部の温度分布などが影響している可能性があると考えられる。今後の調査課題である。

2011 年 11 月、この号機に使われていたコアのうち、表面にシリカを塗布しないで低粘度樹脂を含浸したタイプの全てをシリカを塗布し低粘度樹脂を含

浸しないタイプのコアに交換した。今後、コアの座屈はあるいは変形の進行は発生しないと考える。

まとめ

表面へのシリカ塗布を行ったコアでは、内径の変形あるいは真円からずれが行わなかったコアに比べて小さかった。

表面へのシリカ塗布を行ったコアでは、内径の経年変化が行わなかったコアに比べて小さかった。

コアの座屈対策として、製造工程をコア表面へのシリカ塗布を行い、かつ低粘度樹脂含浸を行わない方法に変更したが、内直径の測定結果はこの変更が有効であることを支持している。

内直径の測定は、簡単な作業ではあるが、コアの健全性を確認する上で有効な手段のひとつである。

参考文献

[1] M. Nomura et al, NIM-A, Volume 623, Issue 3, 21 November 2010, Pages 903–909.