

Evaluation of High Precision Flat Floor Surface by Epoxy Resin

Hiroaki Kimura^{1A,C)}, Jun Kiuchi^{B)}, Tomoya Kai^{B)}, Noriyoshi Azumi^{A)}, Sakuo Matsui^{A)}

^{A)} XFEL/RIKEN 1-1-1 Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5148

^{B)} SPring-8 Service Co., Ltd. 2-23-1 Kouto, Kamigouri, Hyogo 678-1205

^{C)} JASRI 1-1-1 Kouto, Sayo, Hyogo, 679-5198

Abstract

We have been developing a flat surface floor for an improvement of vibration characteristics of girders and for an air-pad system, which slides heavy components by pressured air. We adopted an epoxy resin (AT150, Alpha Kogyo Co. Ltd.), and casted it to large (13m×5.6m) area by self-leveling method. We obtained flat floor having inclination of 50 micron/m. We carried out test of vibration characteristic of the resin floor. A test girder fixed on this floor showed better oscillation characteristics than that in a case on a flat concrete floor made by a grinding machine.

エポキシ樹脂による高精度平坦床面の評価

1. はじめに

加速器技術の発達と共にそのビームサイズは極小化していき、加速器コンポーネント架台の安定度への要求は益々高くなっている。ちなみにX線自由電子レーザーSACLAの主加速部の四極電磁石での振動の許容値は $0.7\mu\text{m}(\sigma)$ である。一方最近の高精度X線集光システムの進歩はめざましく、その集光サイズは $0.01\mu\text{m}$ を切るうかとしている。このようなビームを使用する実験システムでは、そのサンプル位置での装置の安定性に関してビームサイズの10分の1以下の振動振幅を求められる。

このような装置の架台を設計する上で、どのようにして床面に架台を固定するかという問題がある。通常の床表面は数mmの凹凸があり、単に平坦な底面を持つ架台を置いてみてもわずかな面積でしか床面とコンタクトせず、シム等ですき間を埋めて固定しても良好な振動特性を得られない。そこで、装置架台の底面を密着させ接触面積を増やして架台の振動特性を改善するために、高精度平坦面の製作に関する研究を行ってきた。

一方この高精度平坦面により、浮上量約 $20\mu\text{m}$ のエアーパッドシステム¹⁾や、石架台等の底面から直接圧搾空気を吹き出させる構造を用いて重量物の水平方向精密位置決めを自由に行うことも可能となった(図1参照)。

平坦な床面を得る方法としてダイヤモンドホイールなどを使用してコンクリートを直接研削²⁾する方法の他に、セルフレベリング工法がある。これは固化前の液体状態で粘性の低い材料を使用することにより、重力で平坦な水平面を得る工法である。

昨年度の本学会で、我々はエポキシ系樹脂を使用したセルフレベリング工法を紹介し、R&Dの経過を報告した³⁾。その後、大面積の平坦面を得ることができ、設置した架台の振動特性をコンクリー

ト研削面と比較したので報告する。

2. エポキシ樹脂床について

使用したエポキシ樹脂は、アルファ工業(株)⁴⁾のアルファテック(AT)150という製品である。混合液の粘度が大変低く、高いセルフレベリング性を持ちカタログによれば $50\mu\text{m/m}$ の平坦面が得られる。二液混合後5分以内に床に流す必要があり、硬化には約1週間必要である。硬化後は高い機械強度を持ち、その圧縮弾性率は 1700N/mm^2 である。

このAT150は、硬化時に2%の収縮率を持つので、 $50\mu\text{m/m}$ の平坦面を得るためには高低差約2mmの塗装被膜のない下地面を必要とする。通常の打設厚さは4~8mmである。



図1: 良好な振動特性を得るために、平坦面に研削した床面に直接密着させて設置した石架台。底面から圧搾空気を吹き出す構造を持ち、水平方向に位置を微調整することができる。

¹⁾ E-Mail:kimura@spring8.or.jp

3. 大面積床面打設

AT150 の薬液 1 セットは 10L なので、厚さ 5mm とすると約 1.4m 角のエリアを打設することができる。この数倍の面積で、高低差の 2mm 以内の下地面の場合には問題なく 50 μ m/m の平坦面を得ることができる。

下地面の高低差が 2mm を超える場合、これは打設エリアが大面積の場合は殆どそうなるが、流動性が劣る AT830 を最初に打設して高低差が小さい下地面を作るということであった。しかし、実際にはうまくゆかず高低差を小さくすることはできなかった。但し、AT830 はコンクリートに比べて柔らかいので、ディスクグラインダー等で高い部分を削るのは容易である。実際には AT150 を 2 回打設するのが手間のかからない方法と考えている。

大面積打設時のもう一つの問題は、速すぎる硬化速度である。下地面に大きなうねりや、全体に勾配がある場合には、1 セットの散布エリアを等面積にすると、セルフレベルング性で平坦になる前に硬化してしまい下地面のうねりや勾配が残ってしまった。

そこで、あらかじめ下地面の高さをレーザートランセッカーで 10cm \times 1m のエリアの角ごとに計測し、

そのデータを使って積分計算を行うことにより、樹脂材料混合液 10L あたりの散布エリアを細かく計算し、それに従って散布を行う事とした(図 2 参照)。

今回の打設は SACLA 相互利用施設の実験ハッチで行った(図 3 参照)。エリアサイズは 13m \times 5.6m である。最終的に得られた床面の高さを図 4 に示す。高さは 0.25mm のなかに収まり、一番傾斜のきついところでも 50 μ m/m の平坦面が得られた。

4. 静電気問題

AT150 で施工したこの樹脂床は大変絶縁性が高く、人が歩くだけで簡単に帯電し、静電気(3kV 以上)が発生することがわかった。静電気防止靴、絶縁靴、ケズルレス静電気防止ベルトなどを試したが効果はなかった。

対策として、静電気防止樹脂ワックス(リンレインスタック)を塗布したところ、静電気は発生しなくなった。しかし、ワックス被膜厚さが 30 μ m (3 回塗り)と厚く、5t の重量物をエアパッドで動かそうとすると、エアパッドの角で削いだワッ



図 2：大面積床面への樹脂材料混合液の散布の様子。床に書かれた区画に従って流す。



図 3：エポキシ樹脂床を打設した相互利用施設実験ハッチ内の様子。

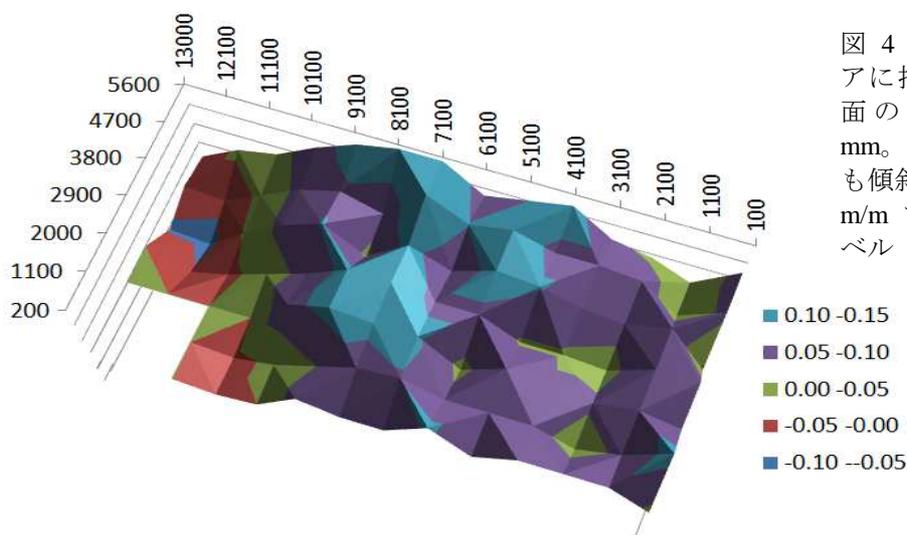


図 4：13m \times 5.6m の大面積エリアに打設した、エポキシ樹脂床面の最終高さ。単位は全て mm。1 色が 0.05mm を表す。最も傾斜しているところでも 50 μ m/m である。測定はデジタルレベル (Dini0.3) で行った。

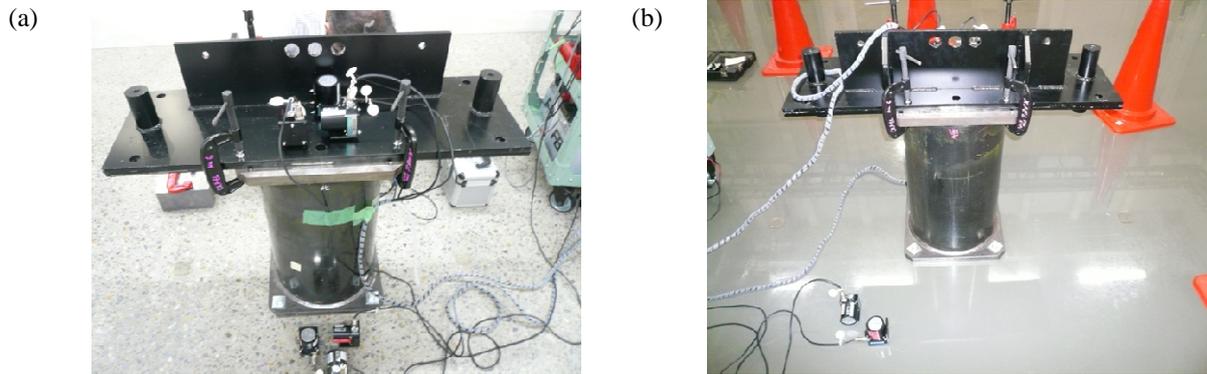


図 5：振動試験の様子。(a)コンクリート研削面上、(b)エポキシ樹脂床面上。

クスの粉がエアパッドの底面に入り込んでひっかかってしまい動かすことができなくなった。

現状では、静電気除去スプレー（ショーワ SB-8）を定期的に散布し、人が良く歩くところには導電性マットを敷いて対処している。

今回のエポキシ樹脂 AT150 の圧縮弾性率は 1700 N/mm^2 と一般コンクリートの約 26000 N/mm^2 に比べて一桁以上小さいことから、振動特性の劣下が懸念された。そこで、コンクリート研削面と、その上に厚さ約 10mm のエポキシ樹脂床を施工した面とで、同様の架台を設置して振動特性の違いを比較した。

架台は SACL A の C-band 加速管用架台(90kg)でその上にダミーウェイト(75kg、東西方向)を固定した

5. 振動試験

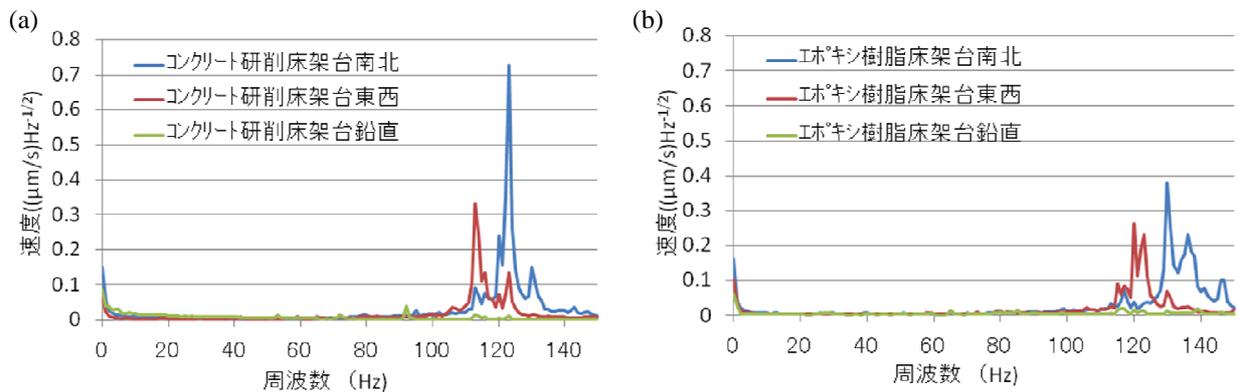


図 6：設置した架台の常備振動の速度スペクトル。(a)コンクリート研削面上、(b)エポキシ樹脂床面上。

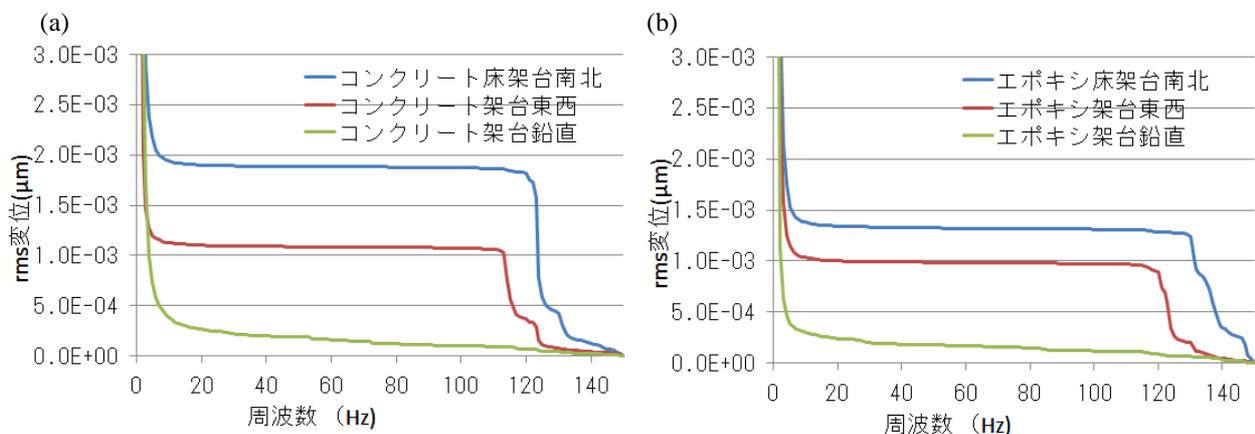


図 7：設置した架台の常備振動の積分変位スペクトル。(a)コンクリート研削面上、(b)エポキシ樹脂床面上。

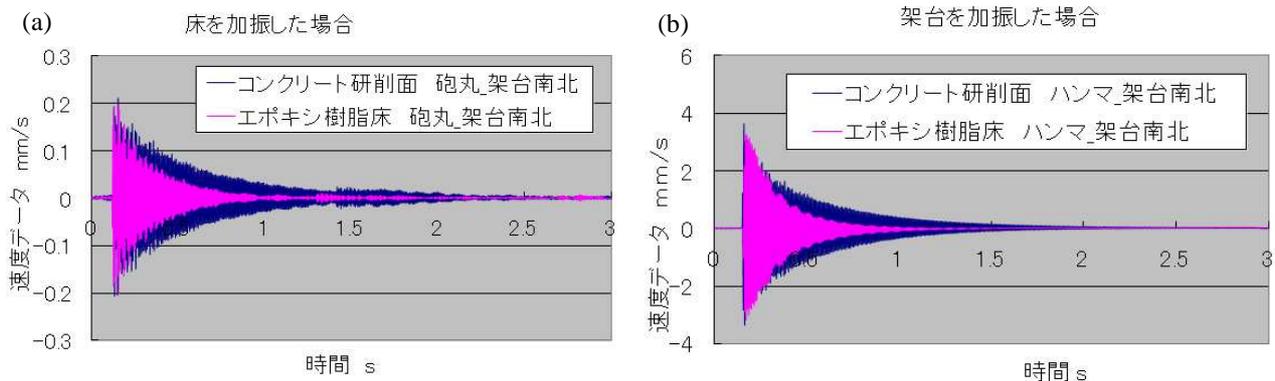


図 8 : 加振後の架台の振動の減衰。(a)砲丸落下により床を加振、(b)ハンマーにより架台を加振。

(図 5 参照)。架台の 36cm 角の底面のうち、四隅の 9cm 角の部分が床面に接地し、4 本の M12 のアンカー（締付トルク 35N・m）で固定した。振動センサーは東京測振製 VSE15D(0.2~150Hz、速度計)、測定器は小野測器製 Graduo FFT 24bit を使用した。

コンクリート研削面とエポキシ樹脂床に固定された架台上での常微振動の速度スペクトルを図 6 に示す。図から、エポキシ樹脂床の方の振動のピークはコンクリート研削面のそれより高周波側にシフトしている事がわかる。同様に常備振動の積分変位スペクトルを図 7 に示す。振動振幅もエポキシ樹脂床の方が少なくなっており、特に南北方向は 2/3 になっている。これらのデータは、厚さ 10mm 分のエポキシ樹脂床の圧縮弾性率はコンクリートのその 1/15 であるのにもかかわらず、架台底面と床面の密着性が向上する事により全体として剛性が上がっていることを示している。

コンクリート床面及び架台上面を加振した時の架台の振動減衰の結果を図 8 に示す。エポキシ樹脂床がダンパーの役割を果たし、振動減衰も速くなったと考えられる。

これらの結果から、エポキシ樹脂床の方が架台を含めたシステムとして、剛性・減衰ともに研削コンクリート面より優れている事がわかる。

6. おわりに

13 m×5.6m の広いエリアで、エポキシ樹脂を使ったセルフレベリング工法により、平坦面の製作を行い、50 μm/m の平面を得ることができた。作成した床面は、静電気の問題があるが、その上に設置した架台に関して研削したコンクリート床面よりも架台を含めた系全体として剛性・減衰とも良好な振動特性が得られることがわかった。

この工法は、これまで我々が行ってきたコンクリート直接研削に比べて粉じんや研削水の取り扱いの問題がなく、収納部内の工事において有効である。今後、このエポキシ樹脂の耐放射線性を調べる予定である。

最後にアルファ工業(株)の大井川氏のご協力に大変感謝いたします。

- [1] K. Togawa, et al., “重量物の精密位置決め用エアーパーツ開発”, 本学会2005年報告集, p406.
- [2] T. Shintake, et al., “床面研削装置の開発”, 本学会2005年報告集, p202.
- [3] H. Kimura, et al., “セルフレベリング工法による高精度平坦床面の製作”, 本学会2011年報告集.
- [4] <http://www.alpha-kogyo.com/>