

## DEVELOPMENT OF CONCRETE FLOOR GRINDING MACHINE

Tsumoru Shintake<sup>1, A)</sup>, Kazuaki Togawa<sup>A)</sup>, Akiko Hara<sup>B)</sup>, Masao Hara<sup>B)</sup>, Haruhiko Ohashi<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> RIKEN Harima Institute,

1-1-1, Kouto, Mikazuki-cho, Hyogo, 679-5148, Japan

<sup>B)</sup> HARA MACHINERY Co., LTD

Okazaki, Aichi, 444-3173 Japan

<sup>C)</sup> JASRI/SPring-8, 1-1-1 Kouto, Mikazuki-cho, Hyogo, 679-5198, Japan

### Abstract

In order to provide a flat concrete floor, we have developed a new concrete grinding machine, which is equipped with a rotating diamond wheel, mounted on XYZ translator controlled by PLC digital program controller. By measuring the surface level for several points on work area, and set the target level by external reference, then start machine grinding according to programmed data. It typically takes a few hours to complete one working area of 1 m x 1 m square for 5 mm grind. Current machine is capable to finish levelling within 50  $\mu\text{m}$  for 1 m span, and surface roughness rms 20  $\mu\text{m}$  for 1 m, and 10  $\mu\text{m}$  for 0.1 m. Once we have a flat floor, we may locate hardware component directly on it, without using base plate and level adjustment screws, thus the connection between the component and the concrete floor becomes tight, which provides a very large equivalent mass on the component (a part of the ground becomes linked virtual mass to the component), which drastically reduces the mechanical vibration. This type of technique will be also applicable to industrial use, such as, setting a fine mechanical machining tool or process equipments which require quiet environment.

## 床面研削装置の開発

### 1. はじめに

コンクリートの床面1 m x 1 mを、平坦度20マイクロン、水平度30マイクロンにて研削仕上げを行う床面研削装置「愛称：ゆかとけんさく」を開発した。通常施工のコンクリート床面の精度は、基準高さに対して $\pm 1 \text{ cm}$ 、平坦度は $\sim 5 \text{ mm/1m}$ である。このため従来は機器の設置工事において、まず床面にアンカーボルトを立て、これを手がかりにベースプレートを設置、高さや傾きを調整したのち、床とベースプレートの隙間にセメントやグラウトを注入している。手間と時間がかかり、かつ、ベースプレートと床面の密着度が高くないために、機器が振動しやすい。そこで、コンクリートを必要な面積だけ研削する装置を開発した。まずオートレベルや特別な測定ジグにて高さ測定し目標を設定。ダイヤモンドホイールを高速回転させ、XYZ駆動装置により自動研削する。数時間で最大1 m x 1 mの床面が、まるで石定盤のごとくに仕上がる。ここに機器を設置するが、すでに床面の高さと水平が高精度で決まっているので、単に機器を置くだけである。機器の足と床面が密着するので、剛性の高い結合ができ、機器の振動が激減する。

この床面研削装置とこれを用いた施工方法は、振動を嫌う精密加工装置やプロセス装置の設置方法としても応用可能であり、広い分野への展開が考えられる。

本報告では、装置の概要、開発の経緯、関連技術について述べる。

### 2. 装置の概要

2.1 なぜ、コンクリート床を研削する必要があるのか？

まったく床まで削ってしまおうというのだから奇想天外、物好きにも程がある、と自分でも時々思う。しかし、いま理研播磨研究所で建設が予定されている波長1  $\text{\AA}$ のX線自由電子レーザー<sup>[1]</sup>を成功させるカギが、高精度のアライメントと機器の安定保持技術であることを思い起こすと、その必要性を再認識するのである。なんと、アンジュレータ区間に設置するBPMのアライメント要求精度は $\pm 4 \text{ }\mu\text{m}$ である(3台のアンジュレータ区間を想定して、軌道の曲がりかたが $\pm 4 \text{ }\mu\text{m}$ 以内であることがX線の増幅に必要であることがわかっている)。すべての不安定要素を排除しなくてはならない。

その不安定要素のひとつが、床面と架台の間の接合点である。加速器部品をはじめ、高精度加工機や分析機器を、コンクリート床上に精度良く、安定に設置する場合に、通常、コンクリート床の施工精度が悪く、床面の凹凸や高さの違いが問題であった。従来は、床面上に鉄製のベースプレートを水平に設置して、高さをかさ上げして、この上に機器を設置

<sup>1</sup> shintake@spring8.or.jp

### 3. 床面研削装置

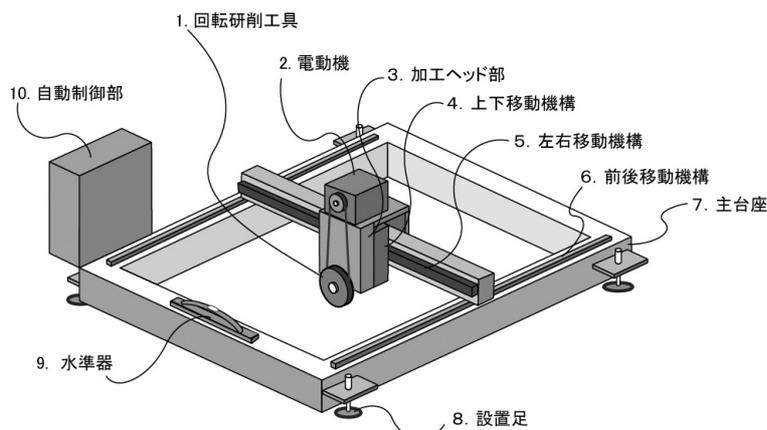


図1 床面研削装置

していた。この作業は人手で行うため、時間がかかり、精度が高くないという問題があった。また、ベースプレートと床面の間を密着する目的で、グラウト材を注入することが行われているが、床面とベースプレートの汚れ等によって、必ずしも強固な密着性が得られないこと、中央に気泡等が残りやすいことが問題であった。またグラウト材が硬化するのを待って、機器を設置する必要があり、工程が長くなるという問題があった。

開発した床面研削装置を使用してコンクリート床面を研削することで、あたかも石定盤を床面に形成することができ、この上に、上記の機器を設置すると、高精度かつ強固に、安定に固定することが出来る。

なお、これと並行して、セラミック製の安定架台と位置調整用のエアパッドを開発したので、本研究会の論文を参照されたい<sup>[2,3]</sup>。また、床研削の時間短縮のために、コンクリートの床の施工精度を上げる工夫も試験している<sup>[4]</sup>。

#### 3.1 目標性能

開発を行うにあたり、目標とした性能は、水平度50ミクロン/m、平坦度最大高低差100ミクロン/mである。このような装置の前例がないために、目標値の設定も手探りであった。幸い、設計製造を担当した原マシナリーは、国内では数少ない石材加工機の製造メーカーであり、長年にわたる石材加工機に関するノウハウがあった。特に、大型の加工機について、ワークである石材を設置するベッドとして、コンクリート床を石材加工機そのものを使って研削した実績があり、これが大変に役にたった。ただし、この装置では研削面の表面荒さや、水平度に関しては興味の対象ではなく、あくまで納入された加工機の研削砥石の移動面のくせにならって、コンクリート面を研削し、ベッドを砥石移動面に近似的に並行とするのが目的である。

#### 3.2 構成

図1に構成図を、図2に完成した装置と研削試験の様子を示す。鉄製の角チャンネルを長方形に組んだフレーム上にリニアガイドを送りモータを装備し、研削砥石の位置をPLCコントロールによって、X、Y、Z方向に移動可能となっている。

フレームは鉄製の角パイプを使用し、予想される研削砥石からの半力を受けても、曲がり数が数十ミクロン以下となるように十分に大きいサイズを選定した。詳細は、製造メーカーに問い合わせ願いたい。

#### 3.3 研削ホイールについて

研削砥石は図3のような、ダイヤモンド粒子のはいったダイヤモンドホイールである。いわゆる、グラインダーの高精度版である。冷却目的と研削粉を速やかにホイール接地面から取り除くために、水を流しながら研削を行う。砥粒は用いていない。

一般に、研削砥石には、その回転面が水平のいわゆるディスク型と今回用いた垂直のホイール型がある。ディスク型は滑らかな表面が得られるため、装飾価値が重視される目的に使用され、たとえば墓石などの仕上げに用いられる。しかし、大きなうねりが残るので、今回のような基準面を形成するには不向きである。これは、研削応力によるディスクの曲がり数が主な原因である。逆に言うと、切削面



図2 床研削装置と研削されたコンクリート床面、骨材の石がみごとにカットされているのがわかる。

の歪みにディスク面がなじみながら移動するので、段差のない滑らかな表面仕上げが可能となる。

一方、垂直面のホイール型では、円筒側面を研削に用い、研削反力によるホイールの変形が、垂直方向の研削位置の変動とならないため、正しい高さの基準面が得られやすい。石定盤の製造で使用される。しかし、ホイールの取り付け角度のエラーや、磨耗による端面の曲がりがあるまま研削面にコピーされるため、研削



図3 ダイヤモンドホイール

のパス周期の凹凸が残りやすい。これを小さくするには、パスのパターン最適化や、ホイールの管理が重要なファクターであり、現在、1号機を用いて習得中であり、最適パラメータとして、荒砥石# 50にて40 mm送り、0.5 mm切り込み、仕上げ砥石#140、40 mm送り、0.15 mm 切り込みにて行っている。なおホイールの詳細は、関連メーカーに問い合わせ願いたい<sup>[5]</sup>。

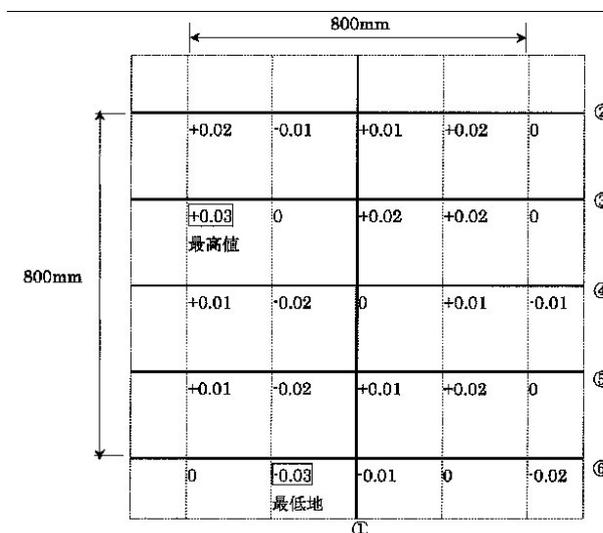


図4 研削面の平面度測定結果。

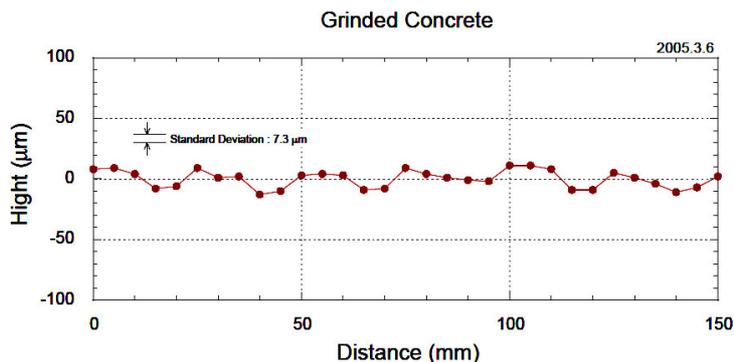


図5 表面荒さ

#### 4 研削面の平坦度

図4に工場の床面0.8 m x 0.8 mを研削し、その凹凸を水準器によって測定した結果を示す。その結果、山から谷までの高低差は60ミクロン、rmsは15ミクロンであった。また水平度も $\pm 0.03/0.8 = \pm 0.04$ に収まっていることがわかる。これはX線FELでの磁石等の設置水平度を十分満足している。

図5に真直度測定器にて計測した表面荒さを示す。150mm区間にてrms 7.3 ミクロンであり、架台の設置という目的には十分であり、またエアパッドを使用するにも十分な平坦度である。なお周期的な凹凸は、25mmの研削パスピッチに相当する。

#### 5. 議論

さて、コンクリートは打設後初期に大きく乾燥収縮し、その後、水和化のため長年にわたって緩やかに収縮することが知られている。また、四季を通しての気温変動、日照による日変動などもある。したがって仮にコンクリート床面を研削しても、未来永劫に一定のレベルに留まるわけではない。

そこで、HeNeレーザーを使ったアライメント装置を開発しており、これを自動化し、少なくとも1週に1回、または場合によっては、1日1回程度繰り返し、Cavity-BPMの位置をXY-moverによって調整を行い、コンクリート床面のゆっくりとした変動を吸収する作戦としている。

謝辞：床面研削装置の試験運転、評価試験等において、旭工業所の平田氏に多大な協力をいただいたことを感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 新竹 積、他、「理研SCSS X線FEL計画の現状」、本研究会
- [2] 大竹雄二、他、「コーライト製安定架台の開発：振動測定について」、本研究会
- [3] 渡川和晃、他、「重量物の精密位置決め用エアパッド開発」、本研究会
- [4] 木村洋昭、他、「ミリメートル精度のコンクリート床面のレベル調整」、本研究会
- [5] 榎原マシンリー、<http://www.hara-mc.co.jp>