

滑り基礎構造の基礎板挙動に関する検討
—シングルディンプルとマルチディンプルの比較—

A Study on the Behavior of Sliding Surfaces in Sliding-Foundation-Structures
Comparison between Single Dimple and Multi Dimple Configurations

○中舘良太¹, 小出裕輝乃¹, 谷内颯真¹, 北嶋圭二²

*Ryota Nakadate¹, Yukino Koide¹, Sohma Taniuchi¹, Keiji Kitajima²

Abstract: This study examines a sliding foundation system using graphite powder as a low-friction material between an artificial ground and a base plate. To clarify the effect of dimple geometry and arrangement, single-dimple (SD) and multi-dimple (MD) configurations were tested. Shaking table results showed clear differences in vertical displacement and contact behavior, demonstrating that dimple configuration strongly influences base plate response.

1. はじめに

本研究は、コンクリート製の人工地盤と基礎板との間に安価で摩擦係数の小さな摩擦材(黒鉛粉末)を擦り込むことにより、大地震時に建物へ入力される加速度が低減される“滑り基礎構造¹⁾²⁾”に関するものである。先行研究により、滑り基礎構造においては、滑り面に1つのディンプル(窪み)を設けたシングルディンプル(以下SD)を用いることで応答低減効果が確認されている¹⁾²⁾。また、SDで課題とされていた残留回転角については、滑り面に4つのディンプルを設けたマルチディンプル(以下MD)を用いることで、その抑制効果が確認されている²⁾。しかしながら、ディンプル形状や配置が滑り性能に及ぼす影響については、十分に明らかではない。

そこで本報では、SDおよびMDの2種類を対象に、先行研究で実施された振動台実験の結果²⁾より、基礎板の鉛直変位を評価し、ディンプル形状および配置による基礎板の挙動の違いを明らかにすることを目的とする。

2. 試験体概要

Fig.1に試験体概要、Fig.2に試験体全景を示す。人工地盤と基礎板はともに幅1800mm×1800mm、厚さ300mmとし、基礎板重量は11.7kNである。ディンプル面は凹面を人工地盤上面、凸面を基礎板下面に設けた。

3. ディンプル概要

ディンプルの深さは、ディンプルにより得られる復元力特性がSD, MDで同程度となるように、振り子の原理と固有周期の関係より求めた。SDのディンプルをFig.3のように円弧に置き換え、円の方程式(式(1))より円弧の半径rを求める。ここで、MDのディンプル部を円弧に置き換えた際の半径rとSDの半径rが等しければ、周期も等しくなる(式(2))。よって円弧の半径rが等しいときのディンプル深さを式(3)よりそれぞれ算出する。式(3)は式(1)に、Fig3の座標(x,y)=(L,h)、(a,b)=(0,r)を代入し、ディンプル深さhについて整理した式である。算出した結果、ディンプル深さはSDが15mm、MDが7mmとなった。

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2 \dots (1)$$

$$T = 2\pi\sqrt{r/g} = 2\pi\sqrt{m/k} \dots (2)$$

$$y = r - \sqrt{r^2 - L^2} \dots (3)$$

- L : ディンプル半径[mm]
- h : ディンプル深さ[mm]
- r : 円弧の半径[mm]
- T : 周期[s]
- g : 重力加速度[m/sec²]
- m : 質量[kg]
- k : 剛性[N/mm]

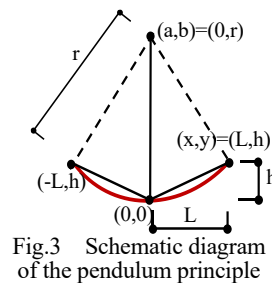


Fig.3 Schematic diagram of the pendulum principle

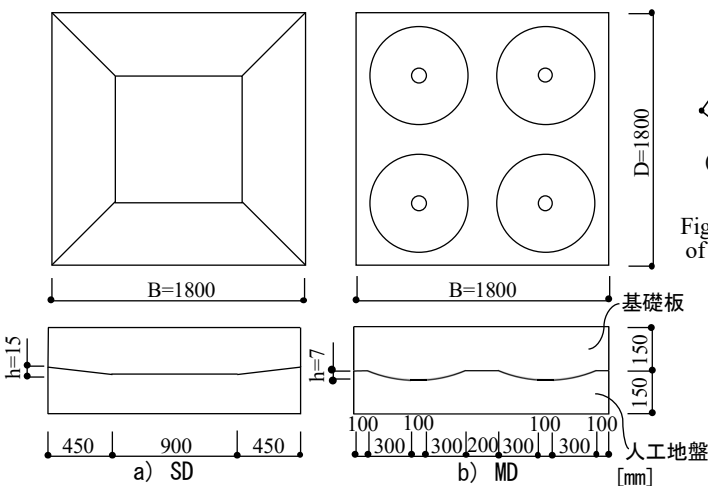


Fig.1 Outline drawing of specimens



Fig.2 Front view of the specimen

1 : 日大理工・院(前)・海建 2 : 日大・教員・海建

4. 実験概要

実験は、日本大学理工学部環境・防災都市共同研究センターの2方向振動台を使用し実施された。本報では、1(X)方向入力時1.00Hz 300cm/sec²の結果を用いる。計測項目は、地盤および基礎板の絶対変位である。絶対変位は画像センサ(VENUS3D)により計測した。Fig.4に画像センサの計測用マーカー(以下マーカー)の設置位置を見下げて平面図で示す。マーカーは、基礎板および振動台のそれぞれ四隅、計8点に張り付けた(Fig.4●)。なお、マーカーには番号を付しており、その配置もFig.4に示す。

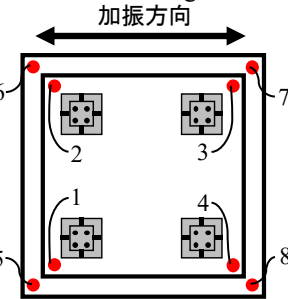


Fig.4 Plan view showing the arrangement of measuring instruments

5. 実験結果

5.1 鉛直変位の時刻歴

Fig.5に1(X)方向入力時の各マーカーの鉛直変位の時刻歴波形を示す。鉛直変位は人工地盤と基礎板の絶対変位の差である。

Fig.5a)に示すSDでは、マーカー1・2の鉛直変位が正側に変位したときに、マーカー3・4では負側に変位している。これは、滑り変位が生じた際に基礎板の一方の側が持ち上がることで、基礎板全体が傾くためである。

Fig.5b)に示すMDでは、マーカー3・4の鉛直変位に差異はほぼ無いが、マーカー1・2に差異が生じている。また、マーカー2については、その他のマーカーと比較して鉛直変位や波長に差異が生じていることが確認できる。さらに、加振終了時にマーカー4の鉛直変位が大きく負側に生じた直後に正側に生じていた。

以上より、SDではマーカー1・2の鉛直変位が正側に変位したときに、マーカー3・4では負側に変位していることを、MDでは、マーカー3・4の鉛直変位に差異はほぼ無いが、マーカー1・2に差異が生じていることを確認した。

5.2 鉛直変位－滑り変位関係

Fig.6に鉛直変位－滑り変位関係を示す。滑り変位は人工地盤と基礎板の絶対変位の差である。なお、図中に示す記号は、任意の同一時刻における4つのマーカーの鉛直変位を示したものである。

Fig.6a)に示すSDでは、マーカー1・2およびマーカー3・4それぞれの基礎板の軌道に差がないことが確認できる。また、同一時刻の記号位置より、マーカー1・4(○, △)とマーカー2・3(◇, □)の滑り変位に差異が生じていた。

Fig.6b)に示すMDでは、各マーカーの基礎板の軌道に明確な差異が生じている。また、同一時刻の記号位置より、マーカー3・4(□, △)の鉛直変位は同程度であるのに対し、マーカー1・2(○, ◇)の鉛直変位は差異が見られた。

以上より、SDではマーカー1・2およびマーカー3・4それぞれの基礎板の軌道に差がないことを、MDでは各マーカーの基礎板の軌道に明確な差異が生じることを確認した。

6. まとめ

以上の検討から得られた知見を以下に示す。

- SD：滑り変位が生じた際に基礎板全体が傾くが、マーカー1・2とマーカー3・4間それぞれの鉛直変位および基礎板の軌道に差異は見られなかった。また、同一時刻の記号位置より、マーカー1・4(○, △)とマーカー2・3(◇, □)の滑り変位に差異が生じていた。これは、基礎板が回転しているためだと考えられる。
- MD：各マーカーの基礎板の軌道に差異が見られた。また加振終了時にマーカー4の鉛直変位が大きく負側に変位した直後、正側に変位していた。また、同一時刻の記号位置より、マーカー3・4(□, △)の鉛直変位は同程度であるのに対し、マーカー1・2(○, ◇)の鉛直変位は差異が見られた。

7. 参考文献

- 1)北嶋, 波田ほか：黒鉛を摩擦材とした基礎構造に関する研究(その 1-8), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, 2012-2015
- 2)北嶋, 波田ほか：滑り基礎構造の2方向振動台実験(その 1-6), 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造II, 2021-2025

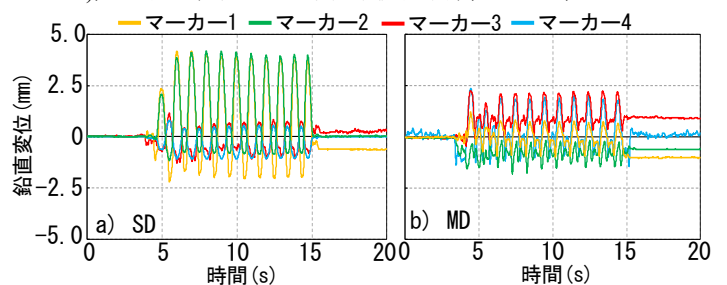


Fig.5 Vertical displacement-time histories

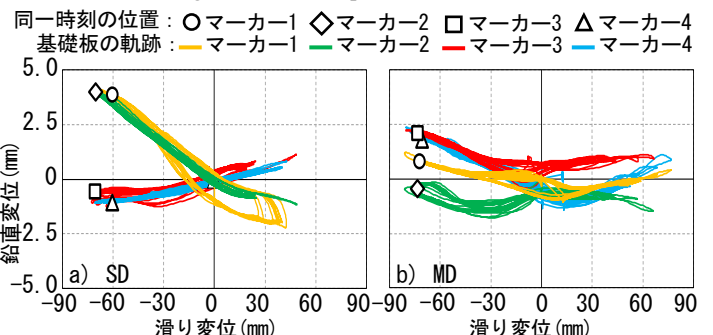


Fig.6 Relationship between sliding displacement and vertical displacement