

直接基礎構造物の地震時滑動に関する実験

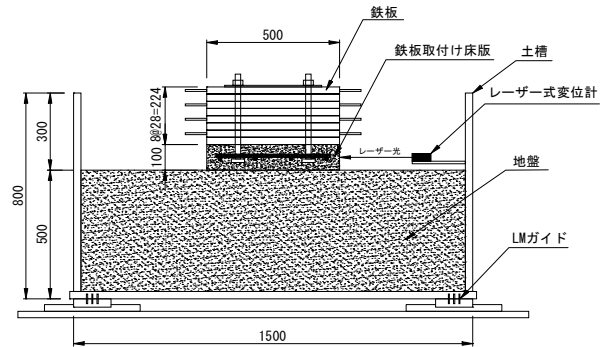
大阪大学大学院 学生員 ○木島久恵
 大阪大学大学院 学生員 山形 守
 大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

1. まえがき

直接基礎構造物の耐震性能の評価には、大地震時における直接基礎と地盤間の滑動特性を把握することが重要である。今回、実験を行い代表的地盤における摩擦係数を定量的に測定するとともに固着－滑動－再固着を繰り返す滑動現象のメカニズムを解明することを目的とした。具体的には、実験により構造物の滑動限界加速度 α_{cr} 、再付着限界加速度 α'_{cr} の地盤特性、接地圧、構造物重心高さ、地震動の振幅、周波数に対する依存性を考察する。さらに、構造物加速度、滑動量等の履歴変化も調べる。

2. 実験方法

板厚 28mm の SM400 鋼板で作成した 1.5m 四方、深さ 0.8m の土槽に、川砂を土層厚さ 10cm ごとにランマーで締固めて深さ 50cm の地盤を作成した。作成された地盤上に直接基礎構造物を設置し、500kN 級(Dynamic)油圧アクチュエーターで変位制御により土槽を加振した。この時の土槽の変位と加速度、構造物の加速度、および両者間の相対変位を計測した。



図－1 実験装置

3. 実験ケース

以下のような地盤特性、接地圧、構造物重心高さ、入力波をそれぞれ組み合わせ計 348 ケースの実験を行った。

①地盤特性

川砂 1 種類を用いて、地盤と構造物の接地状態を変えて普通地盤、表層乾燥地盤、表層碎石地盤の 3 ケース行う。普通地盤での表層含水比は 3.7%であり、表層乾燥地盤では 1.1%である。表層碎石地盤は普通地盤の表層に粒径 1~2cm の碎石を敷き詰めて作成した。

②接地圧、構造物重心高さ

62.5kgf の床版に 1 枚 54.95kgf の鉄板を載せることにより構造物重量、接地圧、構造物重心高さを調整する。

③入力波形

- (i) 振幅の増幅減衰波形 (ii) 周波数の増幅減衰波形
 (iii) 兵庫県南部地震時の JR 西日本鷹取駅構内加速度記録 (iv) 定常波

4. 実験結果

4. 1 滑動限界加速度の測定と考察

滑動が生じた瞬間を滑動限界と呼び、滑動限界における構造物加速度を滑動限界加速度 α_{cr} とする。実験より得られた滑動限界加速度 α_{cr} と(a)地盤特性、(b)接地圧、(c)構造物重心高さ、(d)地震動の振幅、(e)周波数との関係を図-2に示す。図中の a は普通地盤、b は表層乾燥地盤、c は表層碎石地盤を表している。凡例の 0,2,4,6,8 枚は構造物に乗せる鉄板の枚数であり、4,5,6,7Hz は振幅の増幅減衰波形を入力したときの周波数であり、3.1,3.7,4.3,5.0,5.5,6.0mm は周波数の増幅減衰波形を入力した時の振幅である。

(a)地盤特性 図-2(a)を見ると普通地盤、表層乾燥地盤、表層碎石地盤の順に α_{cr} が小さくなる傾向にある。このことから同じ粒度の地盤であっても接地面が湿潤状態の方が乾燥状態よりも滑りにくく摩擦係数が大きいことがわかる。また、接地面での粒径が碎石のように砂より大きくなると滑りやすくなることがわかる。

キーワード 直接基礎構造物、地震、滑動

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院 工学研究科土木工学専攻 TEL 06-6879-7598

(b) 接地圧 (c) 構造物重心高さ 図一

2(b), (c)に接地圧、構造物重心高さと α_{cr} の関係を示す。接地圧と重心高さは鉄板の枚数で調整したため、本実験においては α_{cr} の接地圧と重心高さに対する依存性の考察は同義である。接地圧および重心高さの違いにより α_{cr} にばらつきはあるが明確な傾向はなくほぼ水平な近似線が得られ、接地圧および重心高さに対する依存傾向はないといえる。

(d) 地震動の振幅 (e) 周波数 図一

2(d), (e)に地震動の振幅、周波数と α_{cr} の関係を示す。接地圧、構造物重心高さと同様に、どの地盤においても地震動の振幅および地震動の周波数の違いによって α_{cr} に明確な傾向は見られない。よって、地震動の振幅および地震動の周波数に対する依存傾向はないといえる。

さらに、図から総合して判断すると普通地盤の α_{cr} は約450gal、表層乾燥地盤の α_{cr} は約425gal、表層碎石地盤の α_{cr} は約375galと測定でき、普通地盤の静止摩擦係数 μ は約0.46、表層乾燥地盤の μ は約0.43、表層碎石地盤の μ は約0.38と推定できる。

ただし、以上は今回の実験（接地面の幅Bに対する構造物重心高さHの比H/Bが0.4以下）のように接地面の幅に対して重心高さが低く浮き上がりの現象が生じない場合についての考察である。

4.2 再付着限界の測定と考察

滑動が生じた後再び付着する瞬間を再付着限界と呼び、再付着限界における構造物加速度を再付着限界加速度 α'_{cr} とする。再付着限界加速度 α'_{cr} は地盤特性、接地圧、構造物重心高さに関係なく0に近い値となり、一旦滑動が生じた後は地盤加速度が0に近い値なるまで滑動が続いた。このことから動摩擦係数 μ' は0に近い値になると推測でき、静止摩擦係数より小さくなる。ただし、 α'_{cr} の地震動の振幅および地震動の周波数に対する依存性については本実験からの測定はできなかった。

4.3 履歴変化の考察

構造物は地震時、滑動後に再付着、再滑動を繰り返すので、滑動量、滑動限界、再付着限界を時刻歴で追跡する必要がある。このため、定常波形を入力波形とし実験を行った。その結果を図-3、図-4に示す。図-3において回数を経ると滑動量はやや大きくなるように見えるが、これは構造物に回転が生じているため、回転がなければほとんど同じであると考えられる。また、図-4から構造物加速度にほとんど変化はない。このことから滑動が繰り返しによる滑動量、滑動限界、再付着限界に与える影響はほとんどないことがわかる。この滑動量と構造物加速度に対する履歴変化は地盤特性、接地圧、構造物重心高さが変わっても同様のことがいえる。

ただし、以上は繰り返し滑る回数が20回程度以下で大きな地盤崩壊がない場合である。

5. 結言

本実験により、滑動限界加速度 α_{cr} が地盤特性に対して依存性をもつことが分かった。また各地盤特性における静止摩擦係数 μ を推定し、再付着限界加速度 α'_{cr} より動摩擦係数 μ' を推定した。今後も他の種類の地盤を用いて実験を行うと同時に、実験結果を解析に導入し直接基礎構造物の耐震性能を評価していく予定である。

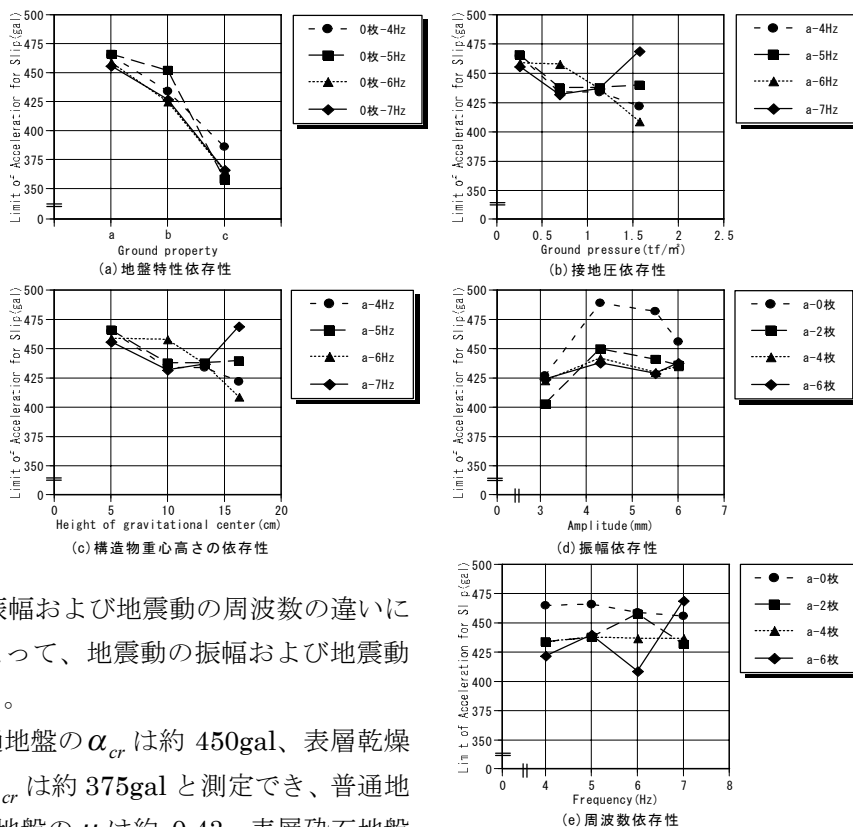


図-2 構造物の滑動限界加速度

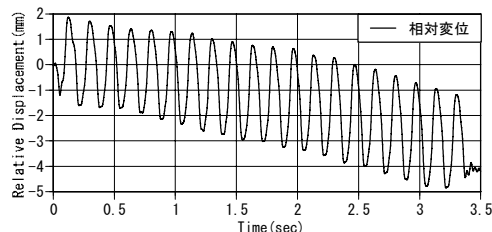


図-3 土槽-構造物間の相対変位

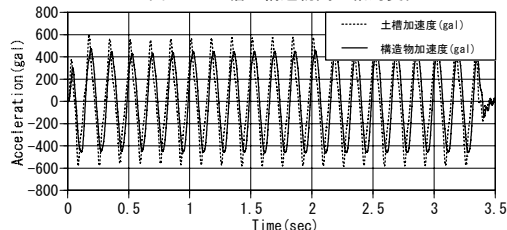


図-4 土槽加速度と構造物加速度の比較