

第1部門 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
(株)ニチソウテック 正会員 権 映録 大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

1. まえがき

強地震時において地盤と構造物の接触面で剥離現象、滑動現象が発生する可能性がある。本研究ではこれら現象が発生する可能性が高い直接基礎構造物に着目し、地震時における地盤－構造物間の滑動現象を明らかにすることを目的とする。接触面での相対運動現象のメカニズムを解明するため、直接基礎構造物の滑動に関する実験を行う。具体的には、実験により構造物の滑動限界加速度 α_{cr} 、再付着限界加速度の地盤特性 α'_{cr} の接地圧、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し、 α_{cr} から静止摩擦係数 μ を、 α'_{cr} から動摩擦係数 μ' を推定する。さらに、構造物加速度、滑動量等の履歴変化も調べる。

2. 直接基礎構造物の地震時滑動に関する実験

2.1 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。

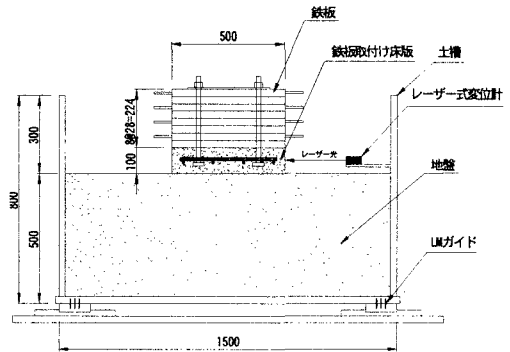


図-1 実験装置

2.2 実験ケース

①地盤特性

用いた土は川砂 1 種類のみで、地盤と構造物の接地面の状態を変えて普通地盤、表層乾燥地盤、表層碎石地盤の 3 ケースを行い、滑動限界加速度 α_{cr} 、再付着限界加速度 α'_{cr} の地盤特性に対する依存性を測定する。

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し、滑動限界加速度 α_{cr} 、再付着限界加速度 α'_{cr} の接地圧、構造物重心高さに対する依存性を測定する。

③入力波形

- (i) 振幅の増幅減衰波形・一定周波数 ω の下で振幅 a を増幅減衰させて α_{cr} 、 α'_{cr} の周波数依存性を測定する。
- (ii) 周波数の増幅減衰波形・一定振幅 a の下で周波数 ω を増幅減衰させて α_{cr} 、 α'_{cr} の振幅依存性を測定する。
- (iii) JR 西日本鷹取駅構内加速度記録・不規則波形として兵庫県南部地震時の JR 西日本鷹取駅構内加速度記録を周期、振幅を変えて再現した¹⁾²⁾。
- (iv) 定常波・定常波形で繰り返し滑らせることにより α_{cr} 、 α'_{cr} の履歴変化を測定する。

2.3 実験結果

①滑動限界の測定

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 枚は構造物に乘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、碎石のように砂より粒径の大きな成分が混じると滑りやすくなるのがわかる。

(b)接地圧 (c)構造物重心高さ 図-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-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。

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。

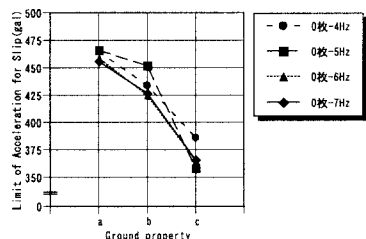
③履歴変化の考察

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。

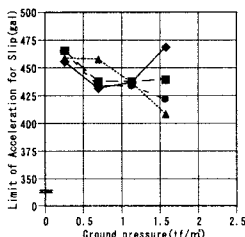
ただし、以上は繰り返し滑る回数が20回程度以下で大きな地盤崩壊がない場合である。

【参考文献】 1) 日本建築学会：地震動と地盤 一地盤震動シンポジウム10年の歩み一、丸善 July 1983

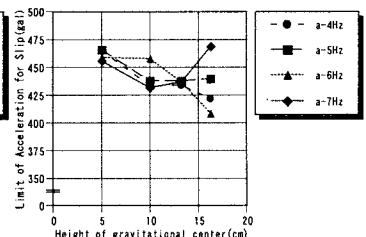
2) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会 May 1994



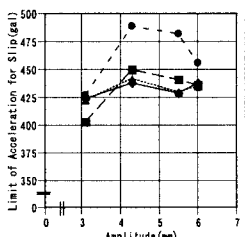
(a)地盤特性依存性



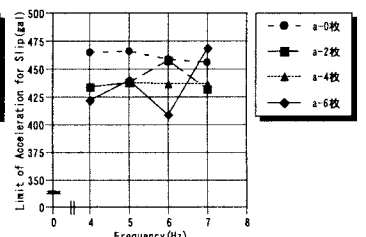
(b)接地圧依存性



(c)構造物重心高さの依存性



(d)振幅依存性



(e)周波数依存性

図-2 構造物の滑動限界加速度

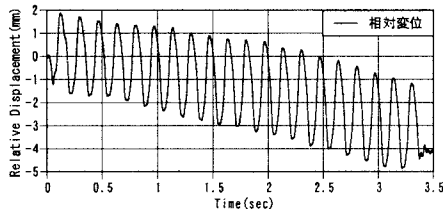


図-3 土槽-構造物間の相対変位

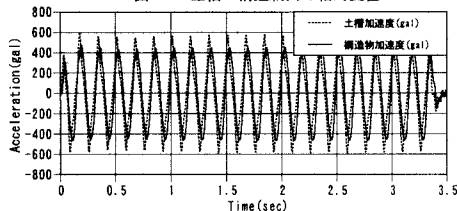


図-4 土槽加速度と構造物加速度の比較