

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 ○高橋 政秀
大阪大学大学院 フェロー 西村 宣男
(株)Hitachi 日立造船 正会員 若林 保美

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、構造物に必要な耐震性能が引き上げられ、構造物に働く加速度が増大した。そのため必然的に基礎部に大きな慣性力が加わることになり、上部構造だけでなく基礎部においても耐震性能の向上が必要となる。また構造物に加わる慣性力の増大、上部構造の耐震性能の向上などによって基礎部～地盤へもたらされる影響も無視できないものとなっている。また構造物は周囲の地盤と連成関係にあり、それぞれの揺れが相互に影響し合っている。そのため強地震時には、基礎部～地盤においてロッキングや基礎底面の浮き上がり、剥離や滑動など強い非線形性を示す現象が発生する可能性があり、このような現象を考慮した耐震設計を行なうべきである。特に滑動については滑動が発生する条件、及び地震後の基礎の滑動量を予測することが困難である。本研究では地盤－構造物間の滑動現象のメカニズムを明らかにするため、直接基礎構造物の地震時滑動に関する実験を行った。

本研究では砂質土を用いて地盤を作成し第1次すべり実験を、粘性土を含んだまき土を用いて第2次すべり実験を、また基礎底面に碎石を敷き詰めた場合について検証するために、碎石を締め固めた地盤を用いて第3次すべり実験を行っており、本論文では主に第3次すべり実験の結果を示す。

2. 実験概要

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の土槽に地盤材料を3層に分けランマーで締め固めて深さ約10cm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、アクチュエータ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に実験装置の平面図を示す。

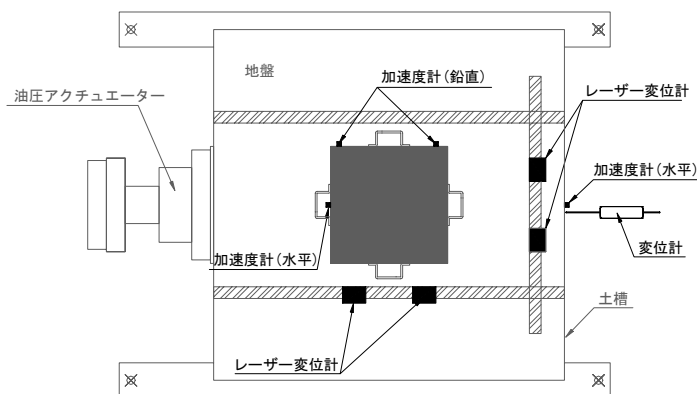


図-1 実験装置側面図

2.2 実験ケース

① 地盤材料

碎石のみを締め固めた地盤、粘性土礫まじり砂の層上に碎石を締め固めた地盤の2種を用いて実験を行い、まき土地盤、砂質土地盤における結果と比較をおこなう。

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} の接地圧および構造物重心高さに対する依存性を測定する。

③ 入力波形

- (1) 振幅の増幅定常減衰波形：一定周波数 ω の下で振幅 a を増幅定常減衰させ、 α_{cr} の周波数依存性を調べる。
- (2) 周波数の増幅減衰波形：一定振幅 a の下で周波数 ω を増幅定常減衰させ、 α_{cr} の振幅依存性を調べる。
- (3) 不規則波形：兵庫県南部地震時のJR西日本鷹取駅構内加速度記録を積分し、変位に変換した波形を入力。
- (4) Step関数：瞬間的な一方向への変位を入力し、突発的な加速度により発生する場合の滑動を調べる。

キーワード 直接基礎構造物、地震、滑動、動的相互作用

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

3. 実験結果

基礎が滑動を起こす場合、滑り面となりうる面はいくつもあり、碎石 - 基礎底面間、碎石層内、碎石 - 地盤間、地盤内などが考えられ場合によってはこれらが複合した滑り面が発生する可能性もある。今回の実験ではいずれの実験ケースにおいても碎石 - 基礎底面間で滑動が発生している。よって今回の実験で測定された滑動限界加速度は碎石 - 基礎底面間に滑動が発生する場合のものである。

3. 1 碎石のみの地盤の滑動限界加速度

碎石のみの地盤における各波形入力時の α_{cr} と接地圧(構造物重心高さ)の関係を図-2に示す。このとき α_{cr} はほぼ横ばいとなり明確な傾向は見られず、碎石のみの地盤では α_{cr} は接地圧や構造物の重心高さに依存しないといえる。またこの結果から碎石 - 基礎底面間における静止摩擦係数は0.6~0.8程度であり、粘着力は働いていない。またステップ関数入力時において他の波形よりばらつきが大きくなっているが、これは地盤側の加速度を急激に上昇させてしまうため滑動が厳密に捉えられなかったためである。

3. 2 表層碎石粘性土礫まじり砂地盤の滑動限界加速度

表層碎石粘性土礫まじり砂地盤における各波形入力時の α_{cr} と接地圧(構造物重心高さ)の関係を図-3に示す。 α_{cr} が接地圧(構造物重心高さ)の増加に伴い増加している。この地盤において鉄板の枚数が多い場合にロッキングと考えられる基礎の回転が発生しており、この影響によって、地盤から基礎に伝わる加速度が吸収され、滑動が抑制されたため構造物重心高さの増加に伴い α_{cr} が増加したものと考えられる。またロッキングみられなかった鉄板の枚数が少ないケースでは α_{cr} が碎石のみの地盤とほぼ等しい。

3. 3 砂質土地盤、まさ土地盤との比較

砂地盤、まさ土地盤における碎石 - 基礎底面間の摩擦係数、粘着力の測定値を表-1に示す。地盤特性によってこれらの値は様々に変化することが予測でき、滑動現象が地盤特性に強く依存しているといえる。

4. まとめ

碎石-基礎底面間における摩擦係数は地震動や構造物の特性には依存せず、一定の値をとる。基礎-地盤間に碎石を敷き詰めた場合における滑動限界加速度が下層の地盤の影響を受ける可能性があることがわかった。

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。

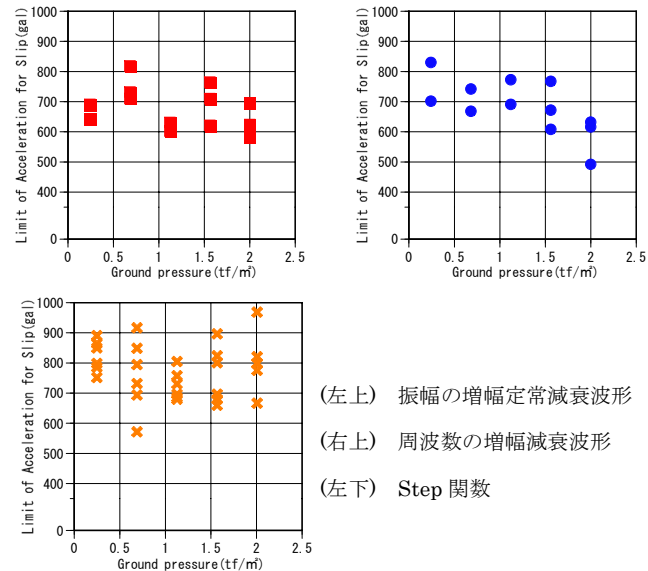


図-2 接地圧と α_{cr} の関係(碎石のみの地盤)

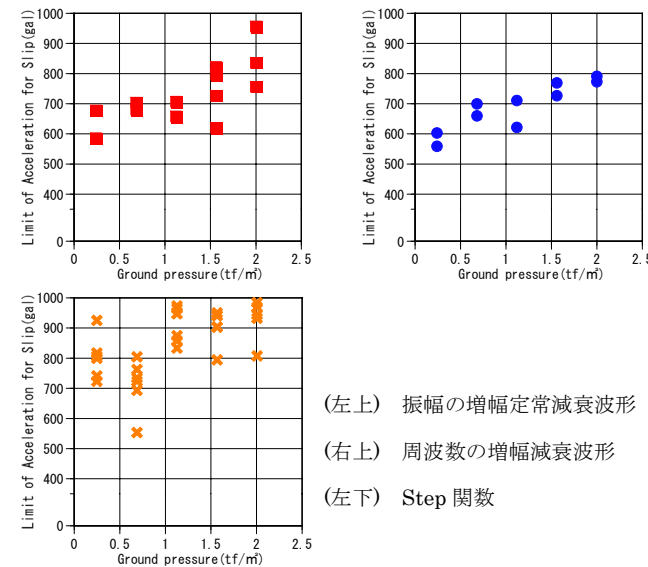


図-3 接地圧と α_{cr} の関係(表層碎石粘性土礫まじり砂地盤)

表-1 各地盤における実験による摩擦係数の測定値

まさ土地盤	粘着力	静止摩擦係数
	c (tf/m ²)	tan φ
振幅の増幅定常減衰波形	0.0356	0.626
周波数の増幅定常減衰波形	0.0316	0.6256

砂質土地盤	粘着力	静止摩擦係数
	c (tf/m ²)	tan φ
振幅の増幅減衰波形	0.00813	0.4383
周波数の増幅減衰波形	0.01071	0.4292

碎石地盤	粘着力	静止摩擦係数
	c (tf/m ²)	tan φ
振幅の増幅定常減衰波形	0	0.721
周波数の増幅減衰波形	0	0.653