

Ⅲ－35

繰返して地震動を受ける地盤の地震時・地震後の変形挙動

東北学院大学 学生員 ○田口真 菊地聖和 成田彩
正会員 山口晶 飛田善雄

1. はじめに

本研究では粘性土地盤が地震動を受けた際の地震時の挙動及び地震動後の挙動について、いくつかの地震加速度時刻歴を用いてハイブリッドオンライン実験を行なった。地震履歴によって粘土地盤の被害（沈下と変位）がどのように異なるか検討を行なう。

2. ハイブリッドオンライン実験

本実験で想定した地盤を図-1に示す。粘性土地盤上に岸壁等が存在する場合を想定した。入力地震加速度時刻歴は、1978年宮城県沖地震（MIYA波）、1994年三陸はるか沖地震（SAN波）、1995年兵庫県南部地震（PI波）、2004年新潟中越地震（ODI波）の加速度時刻歴を用いた。なお、それぞれの地震加速度は5Hz以下の成分を用いている。それぞれの入力地震加速度時刻歴を図-2に示す。

表-1に実験条件を示す。各実験とも、非排水で加震実験後に排水して排水量を計測する実験を5回繰り返した。使用した試験は簡易型単純せん断試験である。垂直応力は73.5kPa、側圧は34.3kPaとした。供試体としてカオリン粘土を用いている。

3. 実験結果及び考察

図-3に入力地震波の最大加速度と地表面の最大せん断ひずみの関係を示す。PI10以外の実験結果は、地震波に関わらず入力最大加速度と最大ひずみ量がほぼ比例関係にあり一直線上となっている。また全体的に、5回目の最大せん断ひずみは1回目から0.2%程度減少している。

PI10の実験は他の実験に比べて、せん断ひずみが6%程度大きい。

図-4に地表面の最大加速度と最大ひずみの関係を示す。ここでもPI10以外はほぼ一直線上になっている。

これらの実験結果から、PI10とそれ以外の実験結果では、地表面の最大加速度と地盤の最大ひずみの傾向が異なる。これらの理由を検討する。図-5a)にPI10(1回目)、b)にSAN20(1回目)、c)にPI10(5回目)、d)にSAN20(5回目)のせん断応力-せん断ひずみ関係を示す。PI10は地震によってほぼ地盤のせん断強度が発揮されていることがわかる。それに対して、SAN20はほぼ弾性領域に近いせん断ひずみで変形している。他の実験も、最大せん断ひずみ量が2%以下で、ほぼ弾性領域で変形していた。

ここで、粘性土の変形特性と地表面の最大加速度の関係について考える。地盤上の構造物は剛体であるため、構造物の加速度 a とすると、 $F=ma$ の関係が成り立つ。 m は質量、 F は構造物に働く力である。構造物に働く力は地盤から作用するので、この力は地盤の最大せん断強度 τ_f より大きな力とはならない。従って、構造物の最大加速度は単位面積当たりを考えると、 $a_{max} = \tau_f / m$ となる。また、せん断ひずみが小さい弾性領域では、せん断剛性(G)を直線としてモデル化し、仮にサイン波で表される単振動と考

えると、 $a_{max} = G \gamma / m$

となる。 γ はせん断ひずみである。これらから計算した最大加速度を図-4中に

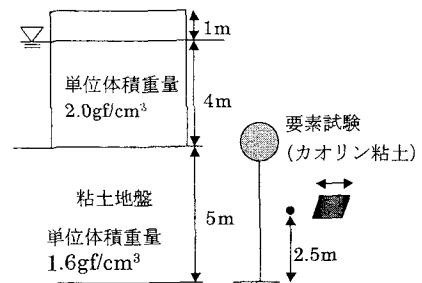


図-1 対象地盤の模式図

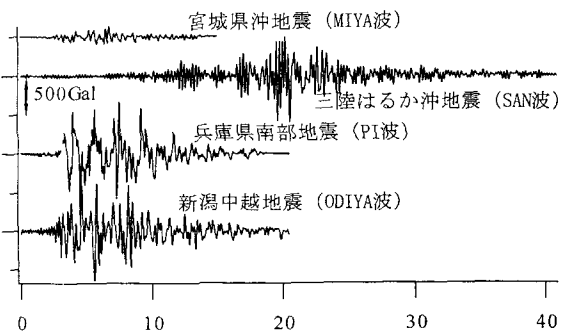


図-2 入力地震加速度時刻歴

表-1 実験条件

実験名	PI05	PI075	PI10	SAN10	SAN20	MIYA10	ODI10	ODI15
入力波	PI波	PI波	PI波	SAN波	SAN波	MIYA波	ODIYA波	ODIYA波
係数	0.5	0.75	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.5
最大加速度(Gal)	365	548	730	542	1084	111	629	943

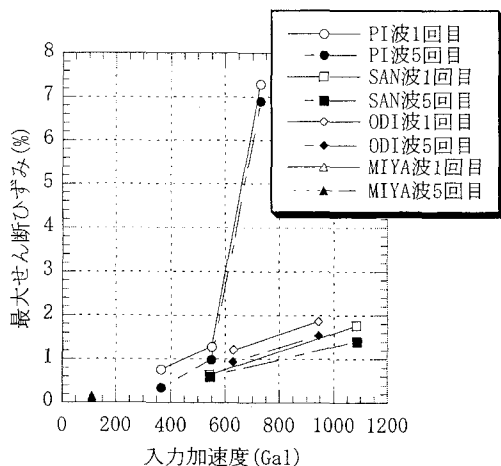


図-3 入力最大加速度と最大せん断ひずみ

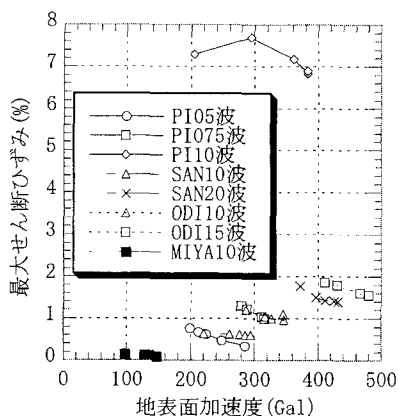


図-4 地表面最大加速度と最大せん断ひずみ

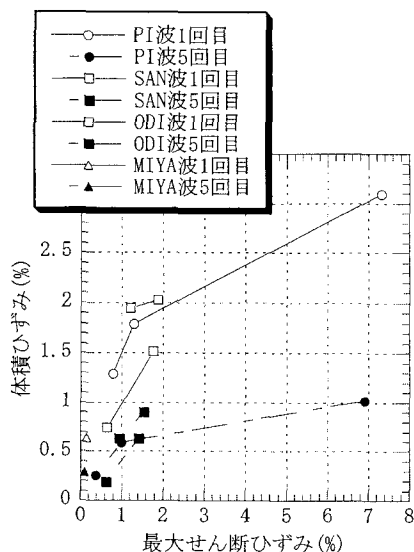


図-6 最大せん断ひずみと体積ひずみ

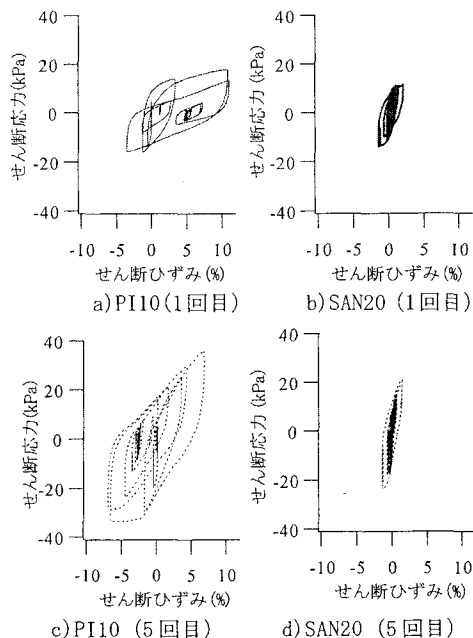


図-5 せん断応力-ひずみ関係

示したが、実験結果はほぼこの計算した値と等しくなっている。このことから、地表面の最大加速度は粘性土のせん断剛性とせん断強度で決定されることがわかった。

実験した地盤のせん断波速度を地表面と入力した加速度から計算したところ約9.1m/secであった。この値から1/4波長則より計算した地盤の固有振動数は0.45Hzで、ほぼPI波の卓越振動数と一致する。これがPI10のせん断ひずみが大きかった理由である。

また、図-5c)とd)をみると、地震と圧密の繰返しにより、SAN20の5回目ではせん断剛性が大きくなり、PI10の5回目では正のダイレイタンスが発揮されていることがわかる。地震動の履歴によって圧密を繰り返した地盤は密度が減少してせん断剛性が大きくなり、ひずみの大きい領域では正のダイレイタンスが発揮される。この二つの作用により、繰返し地震動を受けると、地表面の最大加速度は大きくなり、地盤のせん断ひずみは小さくなる。図-6に地表面の最大せん断ひずみと体積ひずみを示す。1回目と5回目ともに最大ひずみと体積ひずみは比例している。

4. 終わりに

本実験から地表面の最大加速度と地盤のせん断ひずみは粘性土のせん断剛性とせん断強度で説明できる。また、地震動後の沈下量はせん断ひずみに比例した。今後地震被害を予測する上では、破壊領域でどの程度ひずみが発生するかが重要である。