

III-128

砂における履歴吸収エネルギー量とせん断剛性の低下について

武蔵工業大学土木工学科 正会員 片田敏行
 武蔵工業大学大学院 学生会員 柏村孝彰

1. まえがき

構造要素や土の破壊状況と入力地震動の関係を明らかにする方法のひとつに、エネルギー論的取り扱いがある。この方法では入力地震動の効果は入力エネルギー量で定量的に表される。また、この方法で必要な情報はどのくらいのエネルギー量で構造要素あるいは土が破壊するかという点である。著者らは、オンライン実験結果を用いて、飽和砂が液状化に要するエネルギー量を算出している¹⁾。これに対して、本研究では破壊するまでの過程における砂の剛性低下の状況とエネルギー量の関係を解析している。

地震時における土の物性変化に伴う非線形性は、土に吸収される履歴エネルギーによって表せるのではないかと考えた。すなわち、履歴エネルギーを関数としてせん断剛性を表した。本研究では、土に吸収される履歴エネルギー量とせん断剛性の低下の状況をオンライン地震応答載荷実験の結果を用いて解析し、その解析結果をもとに両者の関係を明らかにする。

2. 土のオンライン地震応答載荷実験とエネルギー量の算出

オンライン地震応答載荷実験では、解析対象の土が存在する表層地盤は、1自由度のパネ-質点系でモデル化される。したがって、砂の供試体に作用する強制変位は1自由度系の振動方程式より求められる。また、応答解析に必要な非線形復元力は振動三軸試験機より求められる。オンライン地震応答解析の結果により、次式を用いてエネルギー量を算出する。1自由度系の非線形復元力による履歴エネルギー量は(1)式を用いて算出した。

$$Wh = \int_0^t R(t) \dot{x}(t) dt \quad (1)$$

ただし、Wh: 履歴エネルギー量、R: 非線形復元力、 \dot{x} : 応答速度

3. 載荷実験結果と求められた砂のせん断剛性

供試体の状態、解析条件を表-1に示す。表-1に示した条件のもとで、オンライン地震応答載荷実験を行った。図-1に入力加速度波、応答加速度波、応答速度波、応答変位波、供試体のせん断応力、せん断ひずみ、過剰間隙水圧を示す。また、図-2はせん断応力とせん断ひずみによる履歴曲線を示す。また、図-1に示す応答加速度、応答速度、応答変位、せん断応力、せん断ひずみの値はマイクロ・コンピュータで応答計算した結果得られた最大応答値で、過剰間隙水圧の値は振動三軸試験機に設置された間隙水圧計により測定した最大値である。

本研究では、オンライン地震応答載荷実験により得られたせん断応力とせん断ひずみからなる履歴曲線の傾きからせん断剛性を求めたその定義を図-3に示す。

4. 砂のせん断剛性と履歴吸収エネルギー量の関係

解析結果

図-4は供試体に吸収された履歴エネルギー量と砂のせん断剛性の関係を示したものである。せん断剛性の値は図-2に示す履歴曲線から算出した値であり、履歴吸収エネルギー量の数値は履歴エネルギーの蓄積量を

表-1 供試体状態および解析条件

試料砂	豊浦標準砂
試料状態	飽和
相対密度	80.8%
B値	0.94
間隙比	0.69
単位体積重量	1.94gf/cm ³
入力波	十勝沖地震大船渡港記録(N-S)
最大入力加速度	200gal
時間刻み	0.02秒
継続時間	60秒
拘束圧	横圧 1.8kgf/cm ² 背圧 1.0kgf/cm ²
減衰定数	0.1
固有振動数	2.0Hz

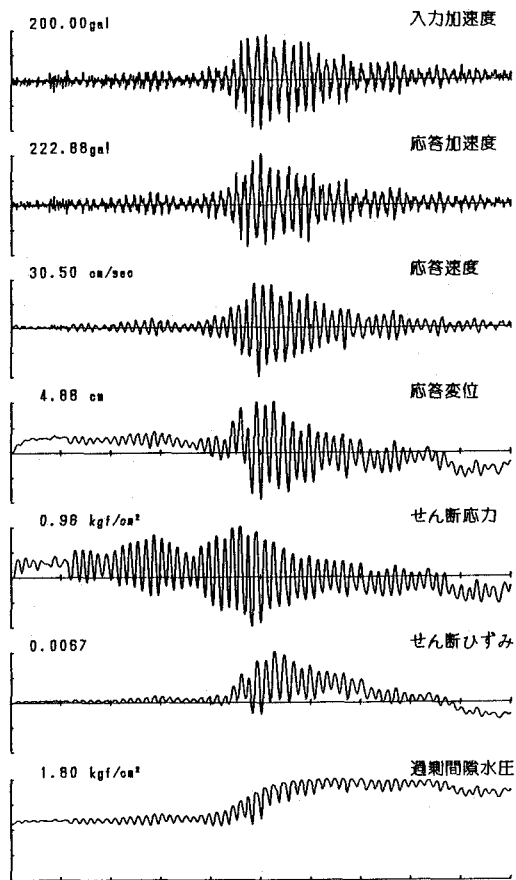


図-1 実験結果(入力波形、応答波形)

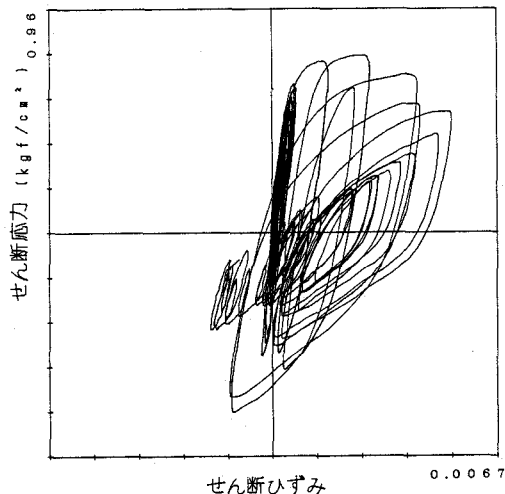


図-2 実験結果(履歴曲線)

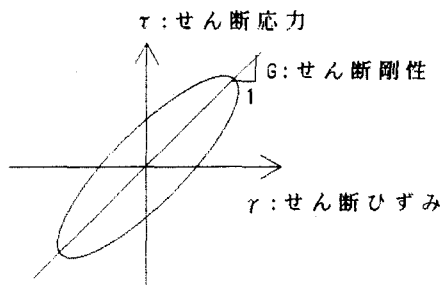


図-3 せん断剛性の求め方

示している。履歴エネルギーが吸収されるにつれてせん断剛性は低下している。また、履歴エネルギーが最大を示す付近ではせん断剛性が若干増加している。

砂のせん断剛性と履歴吸収エネルギー量の関係の定式化

次に、砂のせん断剛性と履歴吸収エネルギー量の回帰分析を行った。得られた回帰曲線(2)式を以下に示す。(2)式の相関係数は0.936である。

$$G = 406 E^{-0.4} \quad (2)$$

ただし、G: せん断剛性(kgf/cm²)

E: 履歴吸収エネルギー(Joule)

5. あとがき

本研究は、土に吸収される履歴エネルギー量とせん断剛性の低下の状況をオンライン地震応答載荷実験の結果を用いて解析した。さらに、回帰分析により両者の関係の定式化を行った。その結果、両者の変化の状況がよく対応していることが明らかになった。

参考文献 1)片田敏行・阿部幸樹・東山晃: ひずみエネルギー蓄積効果を用いた飽和砂地盤の液状化過程の考察、土木学会論文集, 第388号/Ⅲ-8, 1987年12月。

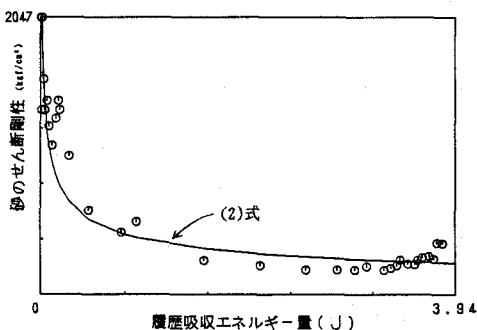


図-4 砂のせん断剛性と履歴吸収エネルギー量の関係