

1. はしがき

1978年6月12日の宮城県沖地震により、仙台市緑ヶ丘地区をはじめ、多くの造成地斜面で変動が生じ、道路、擁壁、家屋等に著しい被害が生じた。これらの被害は主として急峻な地形を造成した箇所と、旧谷地を埋立てた箇所に集中している。この例によらず、過去の大地震時には斜面崩壊による被害が随所で見られており、このような被害の原因の解明が急がれている。白石市寿山団地の斜面崩壊もこのような震害の一つの極端な例と考えられる。寿山の被害は、地震後の崩壊状況から見て、地震時に液状化現象が起った可能性がある。この報告は崩壊後の、寿山団地斜面より試料を採取し、地震時における斜面の安定性を論ずることを目的として、盛土材料について、基本的な動的特性を求める実験を行ない、とりまとめたものである。

2 試料土の性質

実験に用いた試料土は、寿山団地の地表面より採取した乱した試料を用いた。寿山団地の造成にあたっては、浮石質凝灰岩を主体とするいわゆる軟岩のズリを用いているので、原岩にかなり、浮石が混入しており、締固めた後は、比重が2.56と比較的軽い、火山灰質粘性土である。粒度分布は、礫分18.9%

表-1 物理試験結果

比重	2.563
含水比	27.74
L.L	37.30
P.L	20.68
P.I	16.62

砂分42.7% シルト分20.9% 粘土分17.5% となっており、見た目には、粒子の荒い土に見えるが、粘土分をかなり多く含み、含水比の高い状態では、いわゆる「うんだ」状態になる。この試料土の物理試験結果は、表1及び図1に示すとおりである。

図-1 試料の粒度分布

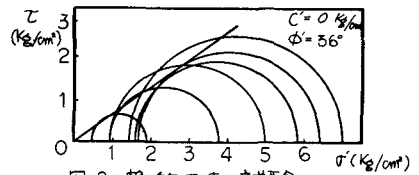
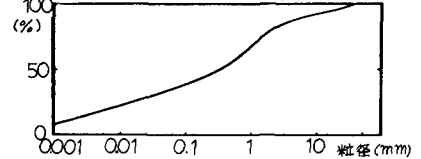


図-2 静的三軸試験

静的三軸圧縮試験は、試料土が礫を多く含むので、 $\phi 7.5 \times 16.5$ cmの供試体を単位体積重量 $\gamma = 1.8 \text{ g/cm}^3$ (含水比 $w = 28.3\%$)の条件で、突き固めて作製し、三軸セル内で圧密した後、非排水状態で、 $0.4 \text{ \%}/\text{min}$ のひずみ制御で行なった。この時の有効内部マサツ角 $\phi' = 36^\circ$ 、有効粘着力 $C' = 0 \text{ kg/cm}^2$ である。全応力で考えた時の C は 0.35 kg/cm^2 、 $\phi = 28^\circ$ であった。現場密度試験によれば、 γ_s は 1.9 t/m^3 に近い値になっており、かなり締った状態にある。しかし、これは地震後、締固めた後にサンプリングしたこと、及びコアサンダーはかなり打込みに際して、試料を乱す可能性があることなどを考えれば、やや大きめの値を与えているものと思われる。崩壊前の状態では、現場密度は、 1.9 よりかなり小さい値であるものと考えられる。従って、以下の動的実験では、かなりゆるい状態での動特性を考えて、実験を行なった。

3. 動的試験

試験装置は、空気圧制御による、側圧一定、軸圧変動型の繰り返し三軸試験装置を用いた。この試験装置は、までの軸差応力を 0.01 Hz から 10 Hz までの正弦波形で載荷することが可能である。

試料土は 5 mm ふるいでふるい分けたのち $\phi 5 \times 12.5$ cmモールドで $\gamma = 1.7$ に突き固め、三軸セル内で、側圧 0.2 kg/cm^2 をかけ、飽和させたのち、圧密を行なった。圧密終了後、バックプレッシャー 1 kg/cm^2 を加え、完全に飽和させた。その後、非排水状態で、 1 Hz の正弦波繰り返し荷重を加え試験を行なった。

図3(A)~(C)は、 $\sigma_c = 1 \text{ kg/cm}^2$ で正規圧密した供試体に繰り返し応力を加えた時の軸ひずみと間ゲキ水圧を記した

ものである。載荷の初期では、軸ひずみはほとんど発生していないにも拘らず、間ゲキ水圧が、ほぼ一定の勾配でのびていることが特徴的である。載荷回数が多くなり、間ゲキ水圧が、蓄積されると急速にひずみが増大し、やがて破壊に到るが、砂の液状化におけるように明瞭な液状化条件は見られない。特に拘束圧より大きい間ゲキ水圧が発生することが認められるが、これは計器の測定誤差。その他に試料土の排水性の不良に起因する有効拘束圧の増加によるものと考えるのが妥当であろう。すなわち、軸差応力が加わっている状態では、平均主応力が、増大しているので、その増加分が加わって、計測されるものと考えている。いずれにせよ、この種の火山灰質粘性土においても、液状化現象が見られるという結果は強調されるべきであろう。尚、軸ひずみが23%付近で止まるのは装置のストロークが限界に達しているからであり、本来は図中の点線のような径路をたどるものと思われる。

図4は、試験中の応力経路を示したものであるが、前述のように装置のストロークに限界があるため、図中の第10波以後のものは本来はずっと小さく出て静的な破壊線にそって下がるものと思われる。しかし別の試験結果によれば、動的破壊包絡線は静的なそれと異なり、内部摩擦角は小さく大きな粘着力成分を持つことも示唆されているので、動的破壊線にそって減少してある程度の粘着力を持つことも考えられる。この実験では既に述べたように、破壊状態ではシャフトがストッパーにふれる為、正確な荷重が計測されていないので、詳細は不明である。

以上の結果より、動的応力 σ_d と液状化の生じるまでの載荷回数 N との関係をプロットすると図5のようになる。通常の地震では、主要動は30波以下と考えられるので $N=30$ における σ_d/σ_c を図より読みとると、ほぼ0.4になる。これは、必ずしも大きな値ではないので、地震時の液状化の可能性は否定できない。

4 あとがき

この度の地震にかぎらず、過去の大地震に際して、火山灰質粘土の斜面が液状になって崩壊した例が数多くあり、粘性土の液状化の可能性を検討する目的で実験を行なった。寿山の試料土については明らかに液状化現象が認められたので、今後応答解析とともに、斜面の安定性の検討を行なって行きたい。

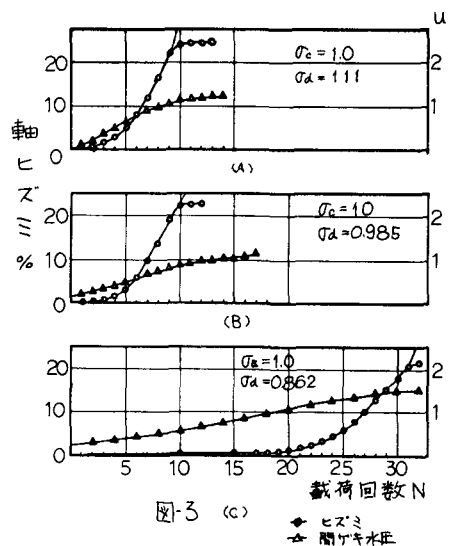
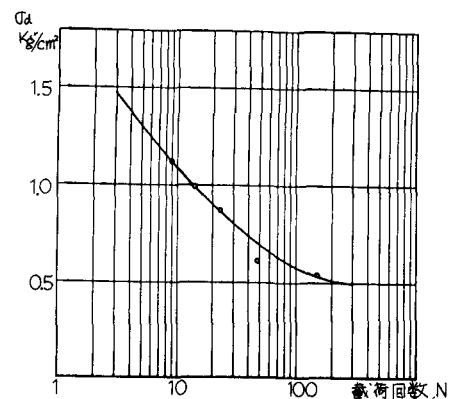
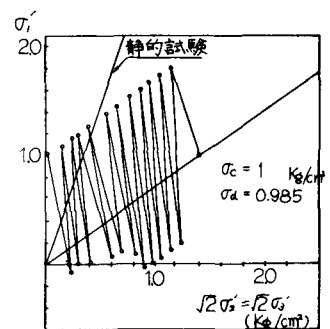


図-3 (c)



参考文献：石原著(1976)「土質力学の基礎」鹿島出版会