

東京大学工学部 石原研研
大学院 長尾 哲
東京都建設局 岩永健志

I はじめに：地震時に自然斜面が崩壊することは各地で数多く見られる現象である。しかし地震により崩壊した斜面より不攪乱の試料を採取し、これを実験室へ持ち帰り、三軸試験を行なうという試みは従来ほとんど行なわれていないようである。そこで著者らは1978年1月4日に発生した伊豆大島近海地震により崩壊した斜面よりアロックサンプリングを行ない、実験室で静的三軸試験および動的三軸試験を行なった。ここではこのうち、動的くり返し試験により得られた結果を中心に発表するものである。

II 実験方法：動的くり返し試験に用いた装置は、通常の三軸試験装置に鉛直方向のくり返し載荷装置をつけ加えたもので、くり返し載荷は空気圧を用いて行なった。また供試体は、斜面より持ち帰った土塊をトリマーを用い、含水比が変化しないように注意して直径7cm、高さ14cmの大きさに切り出した不攪乱試料である。なお実験手順は以下のとおりである。i) 50 kN/m² で試料を30分程度圧密する。ii) 初期の静的軸差応力の σ_3 を加える。(この値は60~220 kN/m²の範囲で段階的に変化させ各試験を実施した。) iii) 振幅の $\sigma_1 - \sigma_3$ が100 kN/m²のくり返し荷重を加え、ヒズミの進行を測定する。

III 実験結果：くり返し三軸試験により得られた結果はFig.1に示す通りである。このグラフは縦軸には静的応力と動的応力とを加えた軸差応力の値 $\sigma_1 + \sigma_3$ 、横軸にはヒズミ ϵ がプロットしてある。ここで、くり返し載荷の中で応力が静的に加えた初期応力に等しくなった時の軸ヒズミが3%, 5%, 7%になる時のくり返し回数をFig.1のグラフから読み取り、これと軸差応力の $\sigma_1 + \sigma_3$ の値との関係を示したものがFig.2である。ところで試験に用いた試料の静的強度は、拘束圧 $\sigma_3 = 50$ kN/m²の時、平均的に $\sigma_1 = 240$ kN/m²のものと160 kN/m²のものとがあった。

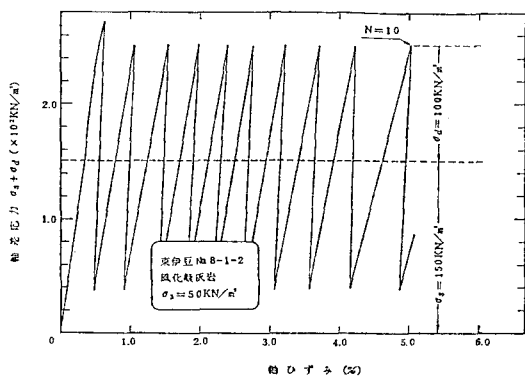


Fig.1 軸差応力とヒズミとの関係

次に動的くり返し強度を静的強度で規準化すると、Fig.3のようになる。この図より得られる結論は以下の通りである。i) 動的くり返し強度が静的強度に等しくなるのは、くり返し回数が10~20回の時である。ii) 地震動のショック的振動が5回のくり返しで代表されるものとするとき、くり返し強度は静的強度のおよそ2割増となる。

IV 解析例：地震動によるショック的振動が、静的強度の約2割増となることからわかったので、静的三軸試験により得られた強度定数 C , ϕ のうち、粘着力 C を2割増することにした。その理由は拘束圧が比較的小さい時には、内部摩擦角 ϕ は土粒子どうしのかみ合わせに関係する因子であり、土の強度に関係する因子は C であると考えられるからである。そこですべり面の形が非円弧状のものにも適用可能な Janbu の式において、地震力を考慮し、さらに C のかわりに $1.2C$ とおいて安全率 F_s を求めたものが Figs.4~5 である。これによると $F_s = 1.0$ のと

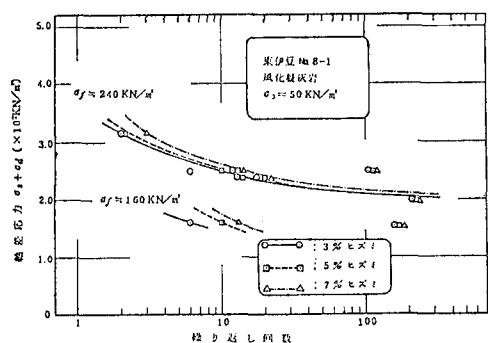


Fig. 2 軸差応力とくり返し回数との関係

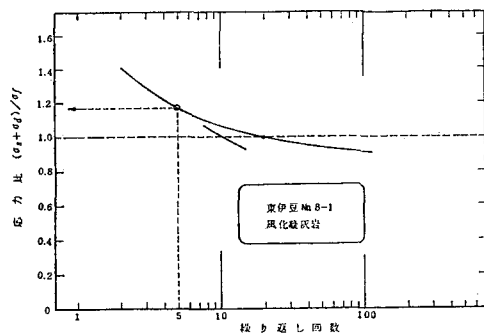


Fig. 3 応力比とくり返し回数との関係

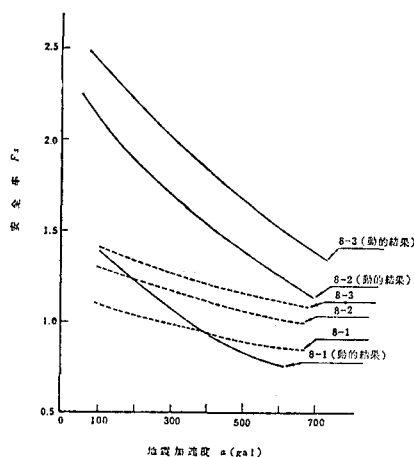


Fig. 4 動的結果と静的結果による
安全率の差異 (No. 8 地点)

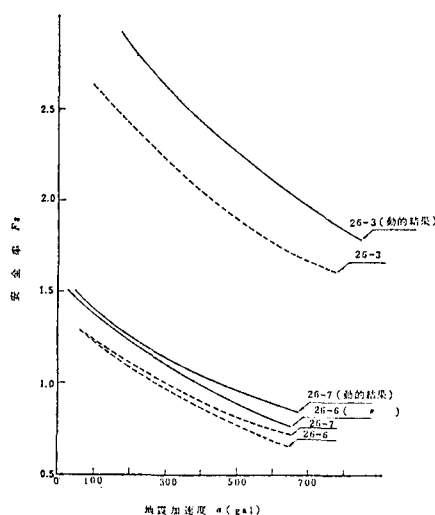


Fig. 5 動的結果と静的結果による
安全率の差異 (No. 26 地点)

きの地震加速度 a は、実際に崩壊した斜面 8-1, 26-6, 26-7 では 345, 390, 470 (gal) となり、26-7 では若干大きい値となるものの静的試験結果より求めた地震加速度 275, 270, 305 (gal) と比較して、なかなか不適切とは思われない。その理由は、伊豆大島近海地震による地震計の記録あるいは基石等の倒壊状況より稲取～河津間では地震加速度が 300～400 (gal) と推定されていること (26 地点は河津付近, 8 地点は熱川付近) およびサンプリング地点が山腹の割れ合い標高の高い所であったため、実際の地震加速度がかなり大きかったと推定できるからである。なお 8-2, 8-3, 26-3 地点は非崩壊の部分である。

Ⅶとめ: 地震により崩壊した斜面よりブロックサンプリングした風化凝灰岩を用い振動三軸試験と行ない地震動のショック振動から回のくり返しで代表されると仮定すると、くり返し強度は静的強度の約 2 割増となることがわかった。そこで、これらの強度定数を用いて解析すると、現場の状況をかなりうまく説明できた。

Ⅷ謝辞: この研究を行なうにあたり、種々便宜をはかられた、日本道路公団東京第一管理局の諸氏をはじめ数多くの諸氏のお世話になった。ここに記して感謝いたします。