

北海道大学工学部 正員 ○ 土 岐 祥 介

北 郷 繁

鴻 池 組

千 葉 政 俊

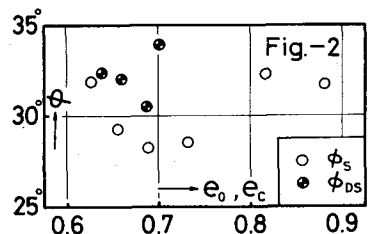
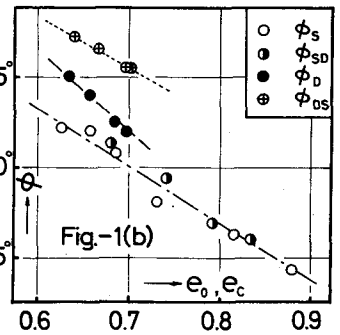
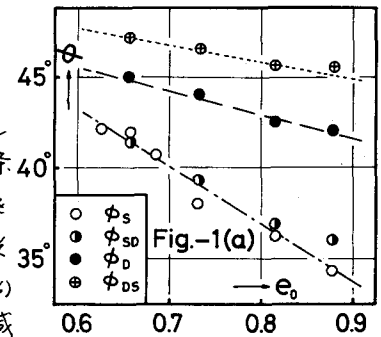
[1] まえがき：この報告は、気乾状態の豊浦砂について行った2・3の動的試験法による強度の比較 および動的繰り返し応力を受けた砂の静的強度増加についてのべたものである。ゆるい砂では、強度増加は内部まっ角にして10°にもおよび、これは繰り返し載荷による間ゲキ比減少の影響を上まわる大きさであった。破壊時のダイレイタンスーが、同じ間ゲキ比の処女供試体より大きな値を示すが、この1つの原因と考えられる。また、静的強度におよぼす繰り返し載荷は、ある応力範囲で有効である傾向がみられた。

[2] 実験方法：動荷重の載荷は、静的等方応力状態にある供試体の軸および半径方向に、同じ大きさの動荷重の逆位相で500回載荷後のも一段階分増加し、以後同じ操作を繰り返すD試験法¹⁾によった。又、静的異方応力状態の供試体に、D試験と同じ方法で動的応力を加えるSD試験も行なった。繰り返し載荷の静的強度におよぼす影響を調べる試験は、所定の大きさの動荷重まで6段階での増加し、その後応力制御法による静的載荷で破壊にいたらしめるもので、この試験法をDS試験²⁾と呼ぶ。

[3] 実験結果と考察

(1) 各試験法より求めた内部まっ角：図-1(a)は、静的試験(S試験)、D、SD、およびDS試験より求めた内部まっ角を、初期間ゲキ比 e_0 に対しプロットしたものである。SD試験は静的破壊強度の e_0 の初期静的応力の条件で行ない、 ϕ_s は、 e_0 の同じS試験における破壊ヒズミと同じヒズミを生じた時の応力より求めたものである。 ϕ_s と ϕ_0 はほとんど一致している。それに対し、D試験の内部まっ角 ϕ_D は、 ϕ_0 あるいは ϕ_s より、35°~20°(8~20%)大きく、この強度増加の主たる原因は、供試体生じた著しい間ゲキ比の減少である。図-1のDS試験は、D試験の降伏荷重まで e_0 を加えたもので、 ϕ_0 は最も大きく、 e_0 の同じ供試体の ϕ_0 にくらべ、6~11°(14~32%)も大きい。試験法により、供試体が破壊にいたるまでに生ずる間ゲキ比の変化が違うので、破壊の開始する時点での間ゲキ比に注目して ϕ をくらべたのが図-1(a)で、この図において、 ϕ_s は e_0 に、 ϕ_0 は降伏荷重付近の間ゲキ比に、そして ϕ_D は静的セン断試験開始時(繰り返し載荷終了時)の間ゲキ比 e_c に対しプロットしてある。 ϕ_s と ϕ_0 の間ゲキ比に対する関係は一本の直線上にあって両者はほぼ等しいとみることができ、 ϕ_0 、 ϕ_D はこの図においてもやはり ϕ_s より大きい。すなわち、以前に繰り返し応力を受けた供試体の動的および静的強度は、同じ間ゲキ比の処女供試体の静的強度よりかなり大きい。 ϕ_0 と ϕ_D の決定法にやや違う点があり、前者では装置の機構上、セン断ヒズミ e_{c0} の急増が生じる降伏荷重後者は $(\phi_{s0} \sim \phi_{s1})$ より ϕ を求めたので、 ϕ_0 は真の破壊強度より小さな値を示していることになるが、このような定義による ϕ_0 は ϕ_s より小さい。このことは、繰り返し応力を受ける乾燥砂の動的強度が静的強度より大きなものでなく、むしろやや小さいことを示すものである。

(2) 繰り返し応力を受けた供試体の破壊時のダイレイタンスー：図-2は、Roweの補正を行なって求めた ϕ_{ps} 、 ϕ_s



で、この図においては両者の間に大きな差はない。粘性土においては、繰り返し載荷により生じる密度増加に対応する以上の強度増加は、水分の移動、シキソトロピーなどの面から説明³⁾されているが、砂では、繰り返し応力により作られた粒子配列が、同じ間ゲキ比を有する処女供試体より大きなダイレイタンシーを破壊時におこすような構造となるので、同じ間ゲキ比と比べると強度が大きく($\phi_{ss} > \phi_s$)なると考えられる。繰り返し載荷は、密度増加の外に土粒子構造の面でも大きな役割となっている。

(3) 繰り返し応力による静的強度の増加；図-3は、 e_0 の異なる供試体について、静的せん断開始前に加えた最大の動的応力(σ_{dc})と静的破壊強度の関係を示したものである。この図で特徴的なことは、 e_0 の区別なく静的強度の増加が σ_{dc} のある大きさより顕著になることである。 e_0 の大きな供試体では、比較的小さな σ_{dc} から静的強度の増加が生じているが、 e_0 の小さなものでは $\sigma_{dc} < 5.0$ kg/cm²では強度増加がほとんどない。これは、D試験における体積変化(密化)が、ゆるい砂では小さな σ_{dc} から生じているのに対し、密な砂ではある大きさの σ_{dc} より大きくなる傾向と似ているが、密化と強度増加傾向の量的対応は必ずしも良くない。ある量の密化が進んだ後の密化で強度増加が生じ、この過程で有意な構造の変化が生じると考えられる。図-3では間ゲキ比と強度の関係がわからないので、図-4に繰り返し載荷後の間ゲキ比 e_c と($\sigma_{ss}-\sigma_{ss0}$)_fの関係を示す。両者の関係は、最初ほぼ処女試料の e_0 -($\sigma_{ss}-\sigma_{ss0}$)_f線上にあるが、途中より強度が急増し、繰り返し載荷中に降伏が生じるような大きな σ_{dc} が加えられたものは強度増加が減っている。又、強度の急増部では、同じ e_c における強度は e_0 の大きなもの(間ゲキ比減少量の大きなもの)ほど大きく、このような供試体では大きな構造の変化が生じたためと考えられる。

(4) 強度増加率；図-5は、 σ_{dc} で締めの固めた供試体の強度と処女供試体の強度($e_0 = e_c$ における)の比 R^0 を、 $\sigma_{dc}/(\sigma_{ss}-\sigma_{ss0})_f$ に対してプロットしたものである。 e_0 の区別なく、強度増加は処女供試体の静的強度の60~70%以上の応力 σ_{dc} が加えられたときより顕著となり、 e_0 の大きな供試体に対し約40%、小さなもので約25%の強度増加が生じている。 R^0 が減少しはじめる σ_{dc} は処女供試体の強度の1.3~1.5倍で、D試験の降伏荷重にほぼ対応している。

[4] 必ず、乾燥砂で行なった上記実験より、次のことがいえる。(1) 動的繰り返し応力に対する強度は、静的強度より小さい($\phi_s < \phi_{ss}$)。(2) 繰り返し応力を受けた砂では、処女供試体より破壊時のダイレイタンシーが大きく強度の増加が生じる。繰り返し載荷は、密化のほか土粒子構造改善の面でも貢献が大きい。(3) 処女供試体の静的強度の60~70%以上、130~150%以下の応力での繰り返し載荷が、強度増加に有意である。

[5] 謝 辞； 実験ならびに結果の整理は、昭和48年本学修士課程修了 白瀬治氏(理運輸省)、本学片岡博枝官におうところが大きい。記して謝意を表するものであります。

[6] 文 献； 1) 北郷、土岐；繰り返し応力を受ける～、土木学会第27年輯 2) 北郷、土岐、白瀬；繰り返し応力を受ける～、第8回土質工学会 3) Seed, et. al. ; Increased Resistance ~, ASCE, SM2, 1958

