

第Ⅲ部門 繰返し荷重が土のせん断強度に及ぼす影響 - 繰返し荷重及び粒度分布の違いによる考察 -

神戸大学工学部	学生員	○竹内 信
神戸大学自然科学系先端融合研究環都市安全研究センター	正会員	沖村 孝
神戸大学自然科学系先端融合研究環都市安全研究センター	正会員	鳥居 宣之
神戸大学大学院自然科学研究科	学生員	谷本 育水

1. はじめに

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震により、六甲山系では747カ所の斜面崩壊が発生した<sup>1)</sup>。しかし、地震の影響はそれにとどまらず、地震直後から1995年10月末までの平年並みの降雨によっても938カ所もの崩壊が発生した<sup>2)</sup>。地震後に平年並みの降雨量で斜面崩壊が多発した事例は他地域でも報告されており<sup>例えば<sup>3)</sup></sup>、今後も同様の事例が生じる可能性は高いと考えられる。このような地震後の降雨による斜面崩壊での被害を軽減するためには、その崩壊発生メカニズムの解明が必要であり、地震後の降雨により発生した斜面崩壊地に地震動が及ぼす影響を知ることが重要となる。そこで、本研究では、地震動が土のせん断強度に及ぼす影響に着目し、繰返し一面せん断試験による実験的検討を行った。具体的には、繰返し荷重の違いによる影響を検討するため、振幅や載荷回数の異なる数種類の繰返し荷重を載荷して実験を行った。また、土質条件の違いによる影響を考慮するため、粒度分布の異なるまさ土を用いて実験を行った。

2. 実験概要

六甲山系での斜面崩壊の多くは、花崗岩が風化したまさ土が堆積した斜面の表層崩壊であり、すべり面上のまさ土は風化残積土であるため、土粒子同士が互いに結合した構造（以下、骨格構造と称する）を形成していると考えられる。そこで、本実験では、粒度調整（図-1参照）したまさ土に石こう30gを混ぜて骨格構造を擬似的に持たせた石こう混じりまさ土供試体を用いることとした。なお、粒度分布の違いによる影響を考慮するため、用いるまさ土は3種類とし、採取したまさ土の粒度分布を再現したまさ土を用いた実験をケースA、ケースAと比較して粒度分布が粗い土粒子に偏っているまさ土を用いた実験をケースB、ケースAと比較して様々な粒径の土粒子が偏りなく分布したまさ土を用いた実験をケースCとした（図-1参照）。また、均一な供試体を作成するため、湿潤密度を1.48g/cm<sup>3</sup>前後、間隙比を1.0前後で統一した。本実験に使用した試験装置は図-2に示す<sup>4)</sup>。実験は、供試体を20kPaで圧密した後、せん断箱上下に0.02mmのすき間を開け、定圧せん断を行う静的試験と、せん断を行う前に定圧で繰返し荷重を加えた後に、定圧せん断を行う動的試験の2種類を行い、繰返し荷重が土のせん断強度に及ぼす影響について調べた。なお、繰返し荷重の違いによる影響を検討するため、振幅は0.01mmと0.03mmの2種類、載荷回数も数種類変化させて実験を行った（表-1参照）。また、最大せん断強度は、単純にせん断強度の最大値とするのではなく、ダイランシーの影響を取り除くために、最も供試体が圧縮した時点でのせん断抵抗力を最大せん断強度とし、最も圧縮する前にせん断抵抗力がピークに達したものに関しては、そのピーク値を最大せん断強度とした。

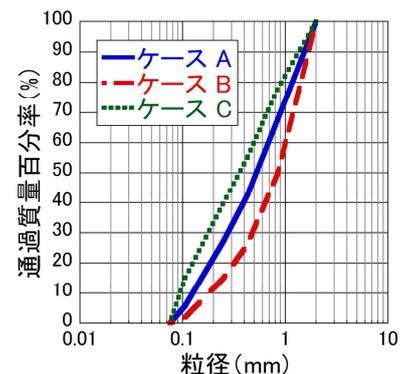


図-1 粒径加積曲線

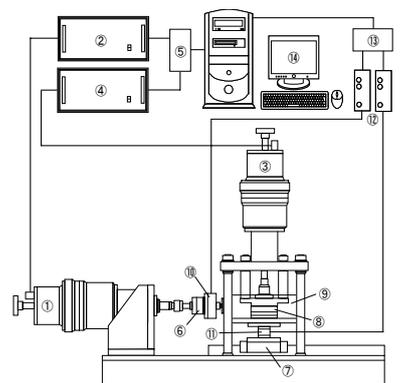


図-2 試験装置の概要<sup>4)</sup>

表 - 1 各ケースの繰返し荷重の振幅及び载荷回数

ケース	振幅	载荷回数	ケース	振幅	回数	ケース	振幅	载荷回数	ケース	振幅	载荷回数
A-1		静的	A-7	0.01mm	16回	B-1		静的	C-1		静的
A-2		静的	A-8	0.03mm	2回	B-2	0.01mm	4回	C-2		静的
A-3	0.01mm	1回	A-9	0.03mm	4回	B-3	0.03mm	2回	C-3	0.01mm	2回
A-4	0.01mm	4回	A-10	0.03mm	6回	B-4	0.03mm	6回	C-4	0.01mm	4回
A-5	0.01mm	6回	A-11	0.03mm	8回				C-5	0.01mm	8回
A-6	0.01mm	8回	A-12	0.03mm	16回				C-6	0.03mm	8回

### 3. 実験結果と考察

まず、振幅や载荷回数の異なる繰返し荷重を比較するための共通の指標が必要となる。そこで、本実験では、風間ら<sup>5)</sup>が砂の液状化評価に用いている累積損失エネルギーを繰返し荷重の評価の指標として用いることとした。累積損失エネルギーとは、繰返し荷重载荷過程に得られる応力-ひずみループの総面積である。ここで、本実験によって得られた、せん断強度と累積損失エネルギーの関係を図-3に示す。図-3より、ケースA、ケースB、ケースCのいずれに関しても、累積損失エネルギーが大きくなるに従って、せん断強度は低下することがわかる。また、図-3の近似曲線から、せん断強度低下の傾向に関しても、ケースA、ケースB、ケースCの各ケースは共通していることがわかる。このことから、繰返し荷重による土のせん断強度低下は、粒度分布に関わらず共通の傾向を示すといえる。次に、せん断強度の低下量に着目して考察を行う。ここで、静的の実験ケースからのせん断強度の低下量と累積損失エネルギーとの関係を図-4に示す。図-4より、粒度分布が異なれば、繰返し荷重によるせん断強度の低下量に違いが生じることがわかる。この原因としては、骨格構造の強度の違いが考えられる。つまり、ケースBでは、粗い土粒子が形成する骨格構造が多いため、骨格構造の形成部分が大きく、ケースAと比較して骨格構造の強度が大きいのに対し、ケースCでは、細かい土粒子が形成する骨格構造が多いため、骨格構造の形成部分が小さく、骨格構造の強度が小さいと考えられる。そのため、ケースBでは、繰返し荷重による骨格構造の破壊で強度が大きく低下するのに対し、ケースCでは、強度低下量は小さくなったのではないかと考えられる。

### 4. まとめ

本実験の結果から、繰返し荷重による累積損失エネルギーが大きくなるに従って、せん断強度も低下することがわかった。また、粒度分布によってせん断強度の低下量に違いはみられるものの、繰返し荷重による土のせん断強度低下の傾向は粒度分布に関わらず共通であることがわかった。

<参考文献>1)沖村孝ら：兵庫県南部地震による山腹斜面崩壊の実態，土地造成工学研究施設報告，Vo1.13，pp.147-167，1995 2)沖村孝ら：地震後の降雨により発生した斜面崩壊メカニズムの一考察，建設工学研究所論文報告集，Vol.40-B，pp.97-114，1998 3)堀田紀文ら：集集地震後の降雨で発生した崩壊に対する地震の影響について-台湾大学溪頭実験林における長期林道補修記録を用いた検討-，新砂防，Vol.58，No.1，pp.3-13，2005 4)金大仁：「構造」に着目した洪積粘土の工学的性質の一様性に関する実験研究，神戸大学大学院修士論文，pp.34-46，2005 5)風間基樹ら：地盤に入力された累積損失エネルギーの評価方法と液状化予測への適用，土木学会論文集，No.631，pp.161-177，1999

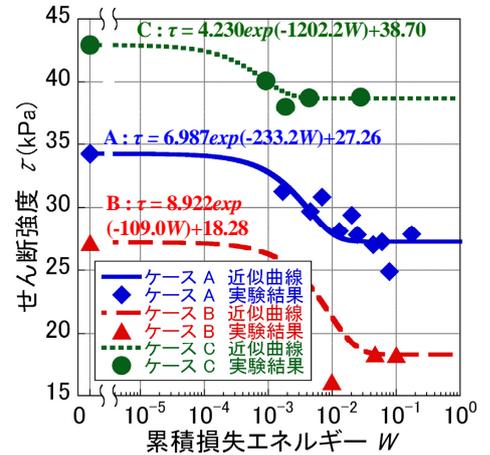


図 - 3 せん断強度と累積損失エネルギーの関係

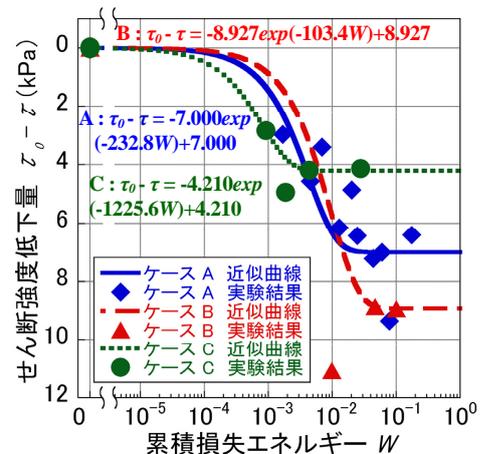


図 - 4 せん断強度低下量と累積損失エネルギーの関係