

東京電機大学理工学部 正会員 吉田喜忠
 東京大学工学部 正会員 石原研而
 東京大学大学院 学生員 吉嶺充俊

(1) はじめに

我が国では、地震によってしばしば斜面の崩壊が発生するが、それらは比較的急な斜面における初生的なものであって、以前から地すべりを生じていた斜面が地震によって再滑動した例はないようである。昨年12月に発生した北信越群発地震(最大M=5.5)においても、典型的な地すべり地帯における直下型地震であったにもかかわらず、地すべり斜面の滑動は生じていない。しかしながら、すべり面を内在する斜面のせん断抵抗は、当然せん断履歴のない斜面に比べて低下しているものと考えられるので、そのような地すべり斜面の動的荷重に対する挙動を調べる必要がある。

表1 実験に用いられた試料

番号 No.	試料名 sample	粘土分率 CF (%)	塑性指数 I _p (%)	残留摩擦角 φ _r (deg)
1	御岳山	2.3	9	3.3
2	屏遮那	1.8	1.9	2.8
3	Ecuador	3.3	4.0	1.5
4	北陸	5.9	4.2	2.4
5	Gissar	9	1.3	3.2
6	久々野	3.4	4.3	2.0
7	釜塚	6.7	12.4	8
8	落合	3.0	7.1	1.9
9	Galdian	4.1	2.5	1.6
10	東野名	2.8	5.4	2.9

(2) 試験器・試験方法

動的ねじりせん断力荷重が可能のように改良された一面せん断型リングせん断試験器を用いている。最初に供試体に十分大きなせん断変位(数十cm)を加えて残留強度状態のせん断面を形成する。その後、改めて残留抵抗τ_rの70%の静的せん断荷重τ_sを載荷したうえで最大振幅τ_dの動的荷重を加え、その結果生じるせん断変位dを測定した。残留抵抗τ_rは地すべり面の静的せん断強度に、静的荷重τ_sは地すべり面に作用している初期せん断力に、また変位dは地震によって生じる斜面の下方変位に対応している。

(3) 試料

現在までに、東大土質研究室において表1に示す10種類の試料について試験が行なわれた。試料はいずれも国内外の地すべり地あるいは崩壊地から採取された粘性土である。図1に示されるように、各試料のせん断特性は砂質土的なものから高塑性のものまで多様である。

(4) 動的せん断試験結果

1) 規則波載荷試験 一定振幅規則波載荷試験結果の一例を図2に示す。変位は載荷と共に直線的に進行している。このことから残留強度状態のすべり面のせん断強度特性は荷重の繰り返しによって変化しないことがわか

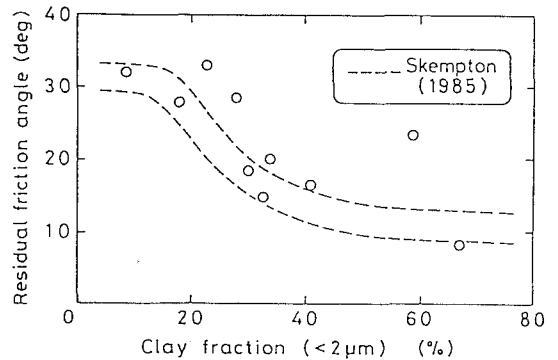


図1 残留摩擦角と粘土分含有率の相関

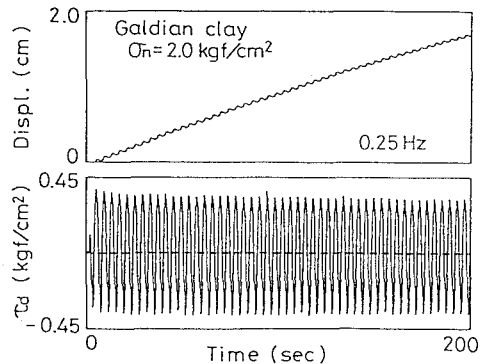


図2 規則波載荷試験結果

る。この性質は、試料の物理的性質・荷重振幅・拘束圧の大きさなどによらない。ただし、10種類の試料のうち、東野名粘土ただ1種類については、くりかえし荷重と共に強度の低下が見られた。

ii) 地震波載荷試験 図3に、地震波載荷試験における最大せん断荷重-せん断変位曲線の一例を示す。この曲線がほぼ水平となる動的せん断荷重をその試料の動的強度とみなし、動的強度と試料の粘土分含有率との関係を示すと図4のようになる。すべり面の動的強度は静的残留強度の1.2~2倍程度となるが、粘土分含有率が大きくなるほど静的残留強度に対する動的強度の増加割合は大きくなる傾向がある。動的載荷による強度増加は、粘着力増加成分と摩擦角増加成分から成る。垂直応力1kg/cm²における両成分の比 σ_n^* を調べて、図5に示した。その値はおよそ1~2程度となる。 σ_n^* はまた強度増加における粘着力成分と摩擦角成分が等しくなる垂直応力レベルをも表す。すなわち、垂直応力1~2kg/cm²の下では強度増加の粘着力成分と摩擦角成分は同じくらいである。この事実、せん断面がもともと存在しない粘性土の場合、動的載荷による強度増加が主に粘着力成分によって発揮されることと対照的である。

(5) まとめ

① 残留強度は粘性土せん断面における最小のせん断抵抗であって、繰り返し荷重が加わってもそれ以上せん断強度が低下することはない(図1)。したがって、残留強度状態のせん断面を内在しつつも一応の安定を保っているような地すべり斜面が地震によってただちに滑落する可能性は小さいと考えてよい。

② 残留強度状態のすべり面に、静的強度の1.2~2倍以上のピーク強度を持つ地震荷重が作用すると、地震発生から地震終了までの間に十数cmから数mの変位が生じる可能性がある(図3)。したがって、これが誘因(例えば、クラックからの雨水の浸透)となって、大規模な地すべりの再滑動に結び付く危険がある。

参考文献 桑野二郎、石原研而、桑野玲子、吉嶺充俊:「地すべり粘土の動的強度特性」、第8回日本地震工学シンポジウム、1990、pp963-968

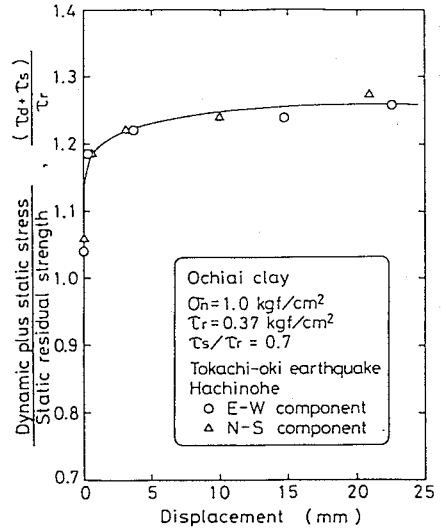


図3 地震波載荷試験結果例

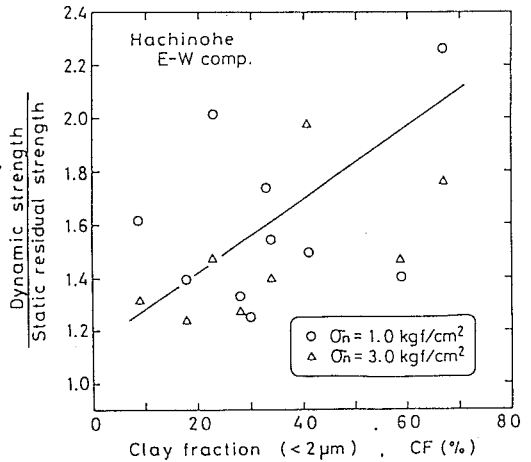


図4 動的載荷によるせん断強度の増加

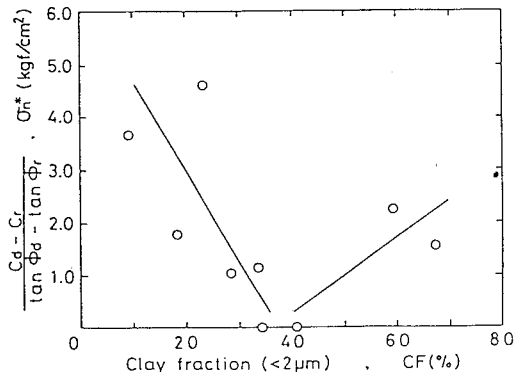


図5 動的載荷による強度増加における粘着力成分の割合