

1. まえがき

一昨年の大分県中部地震の活動と被害に關する調査研究の一環として、著者らは別府阿蘇道路に発生した長大法面の崩壊を調査研究した。その過程で今回の崩壊に特徴的と思われるいくつかの現象を見出した。それらについてはすでに発表してきたが、これらの現象が1968年の十勝沖地震、1964年のアラスカ地震においても見られたので、これらの崩壊との関係がさるに考察を加えてみた。

2. 三つの地震の崩壊について

大分地震における道路法面の崩壊を図-1に、十勝沖地震における斜道盛土の崩壊を図-2に示した。この崩壊における両者の類似点は、(1)いずれも斜面を持ちそれが崩壊していること、(2)崩壊土砂が予想外に遠くまで移動していることである。このことは地震時に最も不安定となる土構造物が斜面を持つものであることを示している。また崩壊した土砂がかなり遠方まで移動していることは、土砂が流動化していたのではないかと示しているように思える。盛土に使用されるような土が流動化を起すには、まず含水率が相当に高く(液性限界値がひとつの目安になりそうである)なければならぬことがあげられる。これについては両者とも地震の前に、大分地震では30mm程度、十勝沖地震では150~200mmもの雨が降っており流動化をうながす下地ができていたようである。それから崩壊を起した図-1、2の斜線部分は、大分地震では片盛土した部分、十勝沖地震では土羽の部分で、崩壊せずに残った部分との間に密度の相違があったことがあげられる。この密度の違いが図-3に示すような透水係数の違いとなって表われ、盛土と地山あるいは盛土本体と土羽部分の境界面が不透水層となり想像以上に高含水率となっていたものと思われる。こうして高含水率となったところに地震による繰返しせん断が盛土に作用し、境界面付近の土が繰返しを受け軟弱化したために崩壊が生じたのではないかとと思われる。このようなことをここでは土の流動化と呼んでいる。

また同一の地震が入力として盛土などに作用したとしても密度が異なることによって盛土内部での共振は違ってくるはずで、そのことによる境界面上での土の繰返しも無視できないであろう。さらに大分地震では水平振動が作用する前にかかなり大きな上下

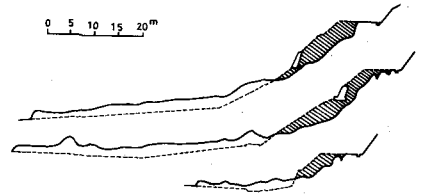


図-1 大分地震による法面崩壊

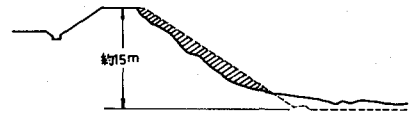


図-2 十勝沖地震による盛土崩壊

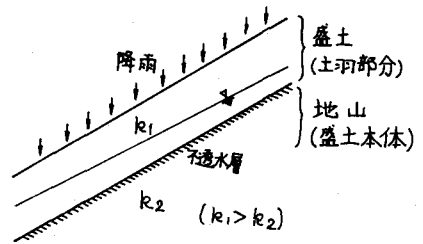


図-3 人為的な不透水層の形成

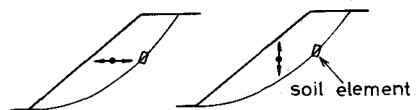


図-4 斜面に作用する水平・上下振動

振動が作用しており、この上下振動が流動化にも影響を及ぼしたのではないかと認められ今後の興味ある問題と言える。(図-4)

図-5, 6はそれぞれ別府阿蘇道路, 東北本線の盛土に使用された土の粒度曲線で、両者とも火山灰土が使用されている。火山灰土はある程度水を含んだ状態で繰返すと泥状化する性質を持っており、地震時に流動化する可能性を十分考えられる。

最後にアラスカ地震の際に発生した地盤の崩壊を見てみる。まず図-7に示すような砂と砂利からなる三角洲が地震時に液状化し一気にすべり出し水中に完全に没した崩壊がある。この種の崩壊に共通していたことは、中密度のゆるい飽和砂あるいは雨水を吸い込んだスレが地盤の内部に含まれていたことで、これが弱点となって崩壊が引き起こされている。次に図-8のような砂の薄い層を向にはさんだ地盤が、地震によるこの層の液状化によって崩壊につながったもの、さらに図-9のような粘土層の中に砂やシルトなどからなるレンズ層が層状にたくさん含まれた地盤で、このレンズ層が地震時に液状化して崩壊が斜面の部分から連鎖反应的に内陸部まで進行したものとがある。

大分地震との関連からこれらの崩壊をみると、ひとつには斜面を持った地形であること、さらには地震に対し潜在的な弱点となるものを地盤の内部に持っていることがあげられる。

3. まとめ

ここにあげた三つの地震の崩壊から次のようなことが考察される。

- (1) 流動化は条件がととのえばあらゆる土に起こりうる。
条件としては含水比、振動の大きさ、密度、地形(斜面のように片側が自由な境界面を持っていること)などが考えられる。
- (2) 地震による崩壊は地盤内部の潜在的な弱点が大きな役割をばたしている。潜在的な弱点とは地山と盛土や盛土本体と土羽部の境界面、アラスカ地震の Sand Seam や Sand Lens などである。

あらゆる土の流動化ということを中心とその発生条件や機構について少し述べてきたが、今後それを実験によつて確かめてゆきたい。

(参考文献)

- 1) 内田一郎他(1976): 1975年大分県中部地震の活動性と被害に関する調査研究報告。
- 2) 内田一郎・村田重之(1976): 昭和50年大分県中部地震における道路法面の崩壊とその特徴, 第11回土質工学学会講演集, P.317-322。
- 3) 池原武一郎(1972): 十勝沖地震による鉄道盛土の被害に関する研究, 鉄道技術研究報告, No. 791, P. 1-143。
- 4) H. B. Seed (1968): Landslides during Earthquakes due to Soil Liquefaction, ASCE, Vol. 94, SM5, P. 1055-1122。

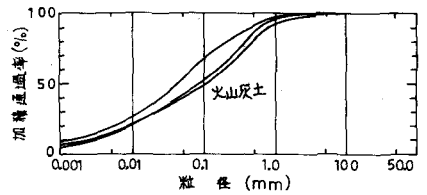


図-5 道路盛土の粒度曲線

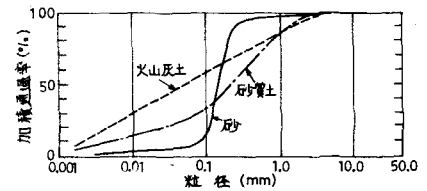


図-6 鉄道盛土の粒度曲線

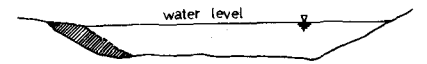


図-7 アラスカ地震の崩壊例 1

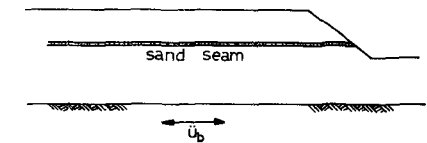


図-8 アラスカ地震の崩壊例 2

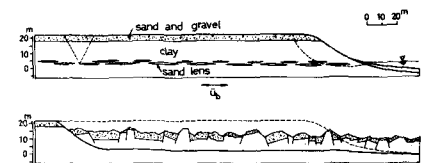


図-9 アラスカ地震の崩壊例 3