

(29) 不連続性岩盤斜面の動的挙動の実験的研究

名城大学 正会員 ○ 清水 泰弘
 名古屋大学 正会員 オメル・アイダン
 名古屋大学 正会員 市川 康明
 名古屋大学 正会員 川本 眺 万

1. はじめに

自然の岩盤は、層理、節理、断層などの不連続面を多数内包する。これら岩盤斜面の不安定現象は母岩の破壊にもとづくことはまれで、大部分が岩盤中の構造的弱面によるものである。したがって、岩盤斜面の地震時における安定性を考える場合、不連続面を考慮した評価をしなければならない。

著者らは、長大岩盤斜面の地震時の安定性についての研究の一環として、層間の摩擦を考慮した積層剛体ブロックの安定性を検討しているが(文献1~3)、ここでは木製ブロックをいろいろな角度で積み上げて形成した模型斜面の合計19カ所に加速度計を取り付け、水平に加振しそれぞれの応答特性を調べた。また写真とビデオ装置によりブロックの移動状態および崩壊過程を記録した。

2. 振動実験方法

終局振動破壊実験装置； 実験には終局振動破壊実験装置を使用した。この装置は、振動テーブルが1300x1300mmの大きさで最大3tonの積載重量、約150mmのストロークを持つ。振動方式は電気油圧サーボ式で加振方向は水平1方向である。この実験では加振波形に正弦波を用い、加速度一定と振動数一定の二方法で実験を行なった。

模型枠； 上記の振動台の上に2600x1200x200mmの大きさの模型枠を取り付けた。この模型枠は、木製であるが四隅の継目には鋼材で補強が施してある強固な構造となっている。また、振動载荷時にブロックが飛散しないようアクリル樹脂板を取り付けた。振動台と模型枠を図示すると図-1のようである。

斜面模型； 模型枠の枠内に1600x800x100mmの斜面を形成した。ブロックは40x20x100mmおよび20x20x100mmの大きさのものを檜で制作した。木には木目がありその方向

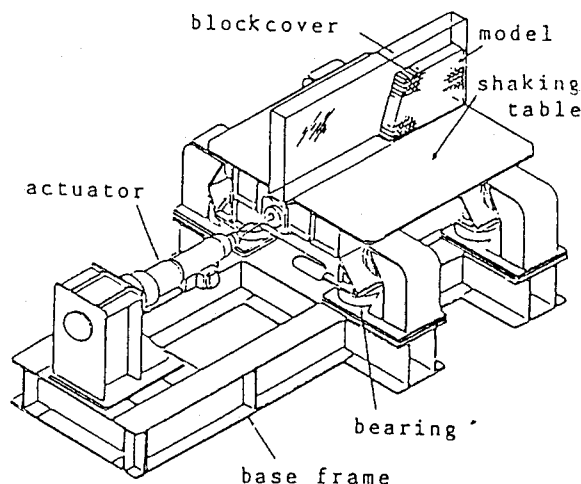


図-1 終局振動破壊実験装置と模型枠

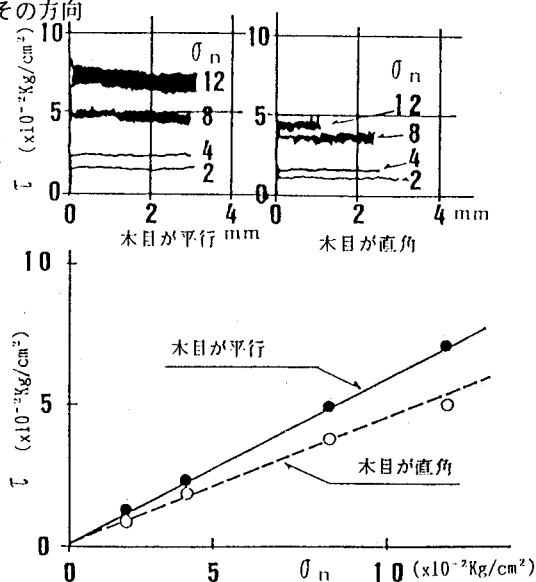


図-2 檜の表面摩擦角

表-1 計測タイプと加速度計No.

タイプ	加速度計No.
A	A・B・C・D・P
B	A・G・H・I・P
C	J・K・L・M・P
D	C・N・O・D・P
E	A・E・F・B・P

によって表面摩擦角が異なる。そこでそれぞれの方向について一面せん断試験法によって動摩擦角を計測したところ、木目を平行にした場合は $\phi=24^\circ$ であり、木目を直角にした場合は $\phi=20^\circ$ となった。これらの計測結果を示すと図-2のようである。

ブロックの積み方は、図-3に示すように方眼積みと千鳥積みの二種類とした。ここで方眼積みはブロックとブロックの角を揃える積み方であり千鳥積みはブロックの1/2の点に隣接する他のブロックの角を合わせる積み方である。

不連続面の主たる面の角度を成層角度と呼び、ベース面より反時計方向に計った値で 0° より 180° まで 15° 間隔でケースを設定した。そして、所定の成層角度にするため鋸歯状のブロックを模型枠のベース上に設置してブロックを積み上げた。しかし、成層角度によってはブロックを積み上げることができないことがあり、この場合は、実験を行なわなかった。

加速度計； 加速度計は、19カ所に設置した。その位置を図に示すと図-4のようである。しかし計測装置の関係で同時には8個の加速度計しか計測できないため表-1に示すように5パターンに分けて計測を行なった。それぞれのパターンの上から3段目までは水平および垂直方向に、最下段と振動台の上では水平方向のみ計測した。

加速度計は、その計測容量が2g、応答周波数範囲が0～64Hz有り、現在市販されている内で最も軽量且つ小型である。しかし、重量が約17g有るので計測結果に影響を与えないよう特別なブロックを制作した。そのブロックは、他のブロックと同様な材質を使いその大きさを40x40x100mmとした。そして、加速度計が設置できるようにこのブロックの中を加速度計の重量分だけ削りとった。この特別なブロックは加速度計が常に水平あるいは垂直に設置できる構造になっている。それを示すと写真-1のようである。

記録装置としては、パルス符号変調(PCM:Pulse Code Modulation)方式によるデジタルデータレコーダを用い、加速度波形はビデオテープに収録した。しかし、収録した波形を調べてみると各所に実験装置の機械

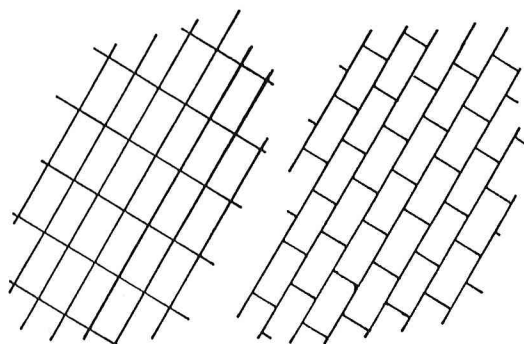


図-3 ブロックの方眼積みと千鳥積み

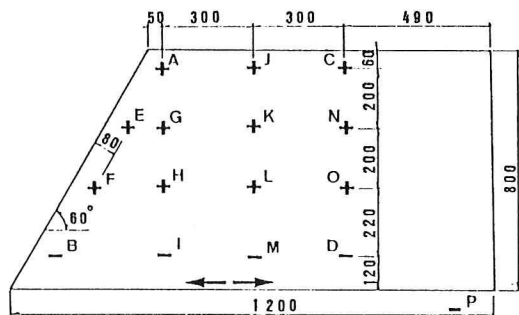


図-4 加速度計の設置位置図

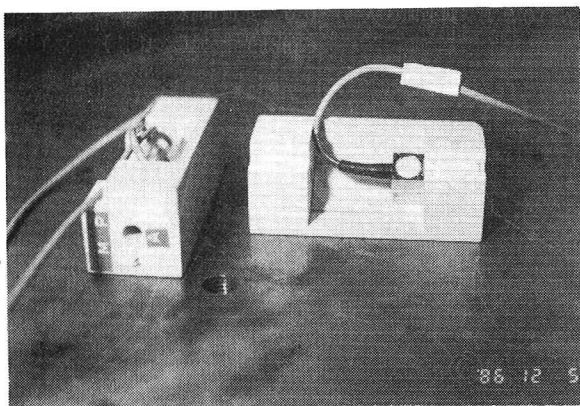


写真-1 加速度計設置用ブロック

的またはブロック同士の衝突によるものと思われるノイズが含まれていた。そこで、ノイズを除去するためにフーリエスペクトル解析を行ない、入力波形と同振動数のもの抽出した。さらに、入力波形と振動台上の波形の違いを修正するために、図-3に示す振動台上のP点に対する各点の応答倍率で比較検討を行なった

4. 実験結果および考察

振動実験の結果を示すと図-5, 6, 7 のようである。

入力加速度を100Galに固定して振動数を変化させた実験の内、成層角度 0° 斜面角度 60° 計測タイプBの方眼積みのケースを図-5に示す。

方眼積みの場合は、応答倍率がどの計測点においても約2.2倍以下である。そして、各点のピークは計測点の位置が上から5, 20, 40Hzと増加している。最下段の計測点は、曲線の状態から50Hz以上にピークが有るように考えられる。

上記と同一な形状で千鳥積みのケースを示すと図-6の様である。千鳥積みの場合は、応答倍率が約4倍まで高く現れている。それぞれの曲線のピーク時については方眼積みと同様な傾向を示す。

次に最上部の計測点を水平方向に整理してみると図-7のようになる。黒丸印で示した千鳥積みは、3点ともピークが20Hzで約4倍の応答倍率を示した。白丸印の方眼積みは、ピークが5Hzから12.5Hzまで変化しており、その時の応答倍率も2.2倍から3.2倍と一定していない。

以上の3図を総合して考察すると、方眼積みのケースでは計測位置の高さの比較では応答倍率に差がないが、それぞれのピークが有る振動数にはかなりの差があり、計測位置が高いほど小さな振動数で現れる。千鳥積みの場合は応答倍率に大きな差が見られた。しかし、ピークの現れる振動数には、方眼積みの様な傾向は見られなかった。図-7でも見られるように千鳥積みの曲線では、ピークまではほぼ一致している。これらのことから、千鳥積みのケースでは全体が連続体の様な挙動を示し、方眼積みの場合はそれぞれ柱状体の挙

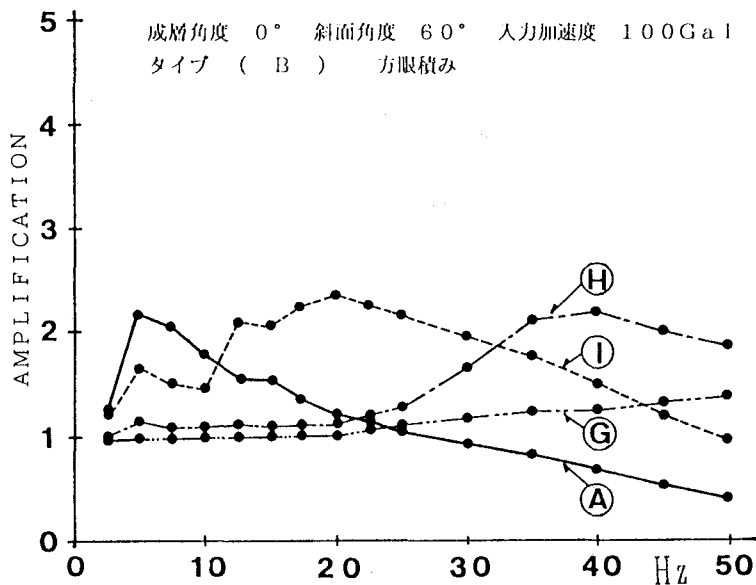


図-5 タイプB位置の水平応答倍率の比較

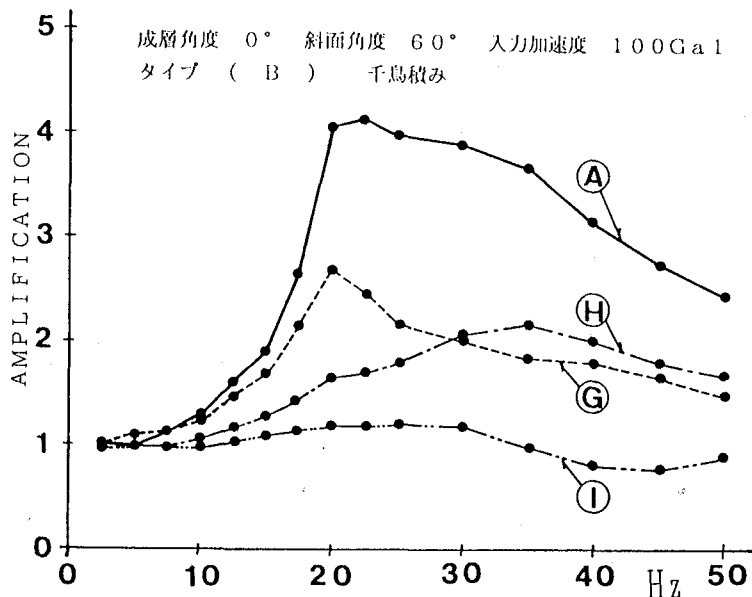


図-6 タイプB位置の水平応答倍率の比較

動を示した。同一の形状で千鳥積みの各計測点の水平方向の応答倍率を三次元的に図化すると図-8となる

5. おわりに

不連続性岩盤斜面をモデル化した模型斜面の振動性状を調べ、幾つかのケースにおいて振動の応答特性をかなり把握する事が出来た。

この報告は、紙面の都合で実験結果の一部を示した。今後、総合的なまとめと共に他の実験結果についても機会を作って報告するつもりである。

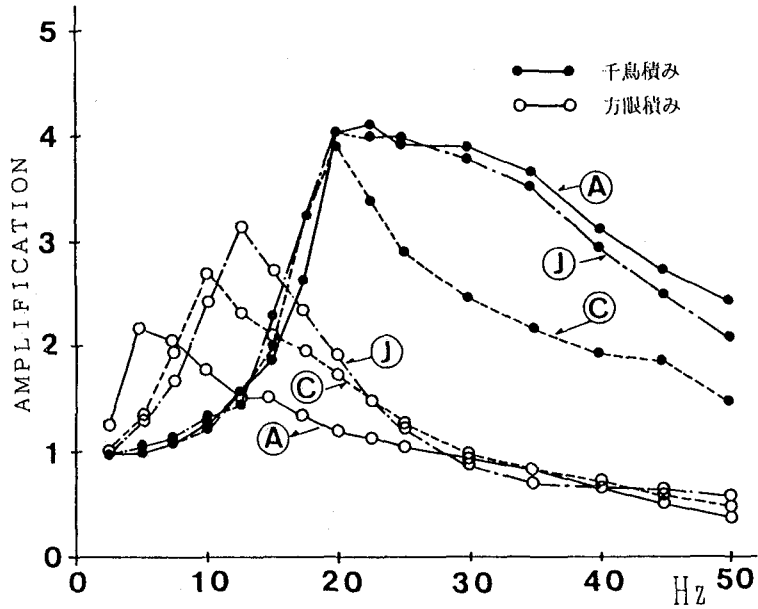


図-7 最上部の水平応答倍率の比較

6. 参考文献

1) 清水泰弘、市川康明、川本眺万；不連続性岩盤斜面の崩壊形状に関する実験的研究。第18回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、1986, pp.161-165

2) Y. Shimizu, Ö. Aydan, Y. Ichikawa, T. Kawamoto; A MODEL STUDY ON DYNAMIC FAILURE MODES OF DISCONTINUOUS ROCK SLOPES. Int. Engineering in Complex Rock Formations, Beijing, pp.183-189, 1986

3) 清水泰弘、オメル・アイダン、市川康明、川本眺万；不連続性岩盤斜面の動的強度とその安定性について。岩盤力学シンポジウム講演論文集、1987, pp.601-505

千鳥積み
成層角度 0°
斜面角度 60°
振動数 20Hz
加速度 100Gal

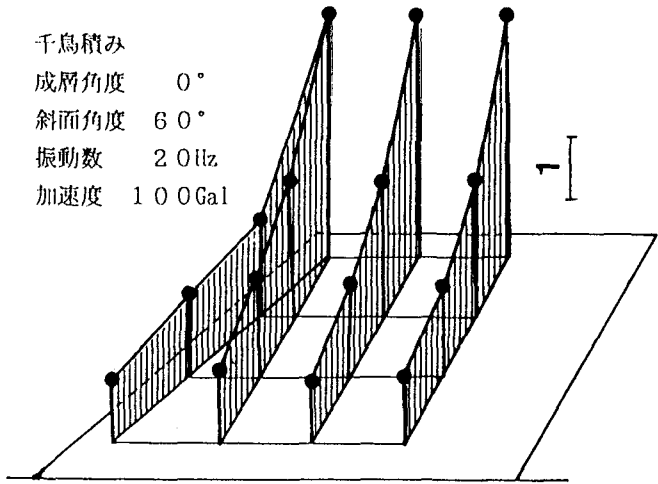


図-8 水平方向の振動応答倍率の三次元的分布

(29) AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE DYNAMIC BEHAVIOUR OF DISCONTINUOUS ROCK SLOPE

Y. Shimizu*
Ö. Aydan**
Y. Ichikawa**
T. Kawamoto**

Dynamic behaviour and the stability of rock slopes during earthquakes are of great concern in rock engineering works such as highway, dam, and nuclear power station constructions. As rock mass in nature is usually discontinuous, a greater attention must be paid to those of the rock slopes. This experimental study presents and discusses the results of two dimensional dynamic model tests carried out on discontinuous model slopes.

The model slopes are generated by piling of wood blocks of $20 \times 40 \times 100$ mm³ in various pattern and orientations. The discontinuity patterns were the cross-continuous pattern and the intermittent pattern. The slopes were tested by using shaking table apparatus and the acceleration response of the model slopes were automatically monitored by the acceleration gauges installed at several locations in the model slopes and recorded on tapes. The recorded data have been further used for the Fourier analyses. Although all data have not still been analysed, the information and conclusions gathered from the model slopes for the 0° inclination of the throughgoing discontinuity with a slope angle of 60° are reported herein.

The tests results imply that the behaviour of the slope may be very different or very close to that of the slopes in continuous medium depending upon the spatial distributions of discontinuities in relation with the slope geometry and their mechanical properties. When the discontinuity pattern is cross-continuous, the dynamic response of the slope is similar to that of columns of various ratios of the thicknesses to the heights. On the other hand, when the pattern is intermittent and no interblock sliding occurs, then the behaviour of the slope is very close to that of the slope in continuous medium. The amplification of the amplitude of the acceleration waves becomes greater near the crest of the slope. In general, the amplifications increase from bottom towards to the top of the slope as expected. Although it is too early to draw any decisive conclusion, it seems that there is no natural frequency of the discontinuous rock slopes as the response of the each point to the applied acceleration waves differs depending upon the location. Nevertheless, it is still felt that this conclusion is very subjective and some further verifications are necessary.

* Department of Civil Engineering, Meijo University, Nagoya

** Department of Geotechnical Engineering, Nagoya University, Nagoya