

1 まえがき

岩石の節理、層理あるいはひび割れなどは不規則に発達しているものもあるが、一定方向に発達し成層状態となる場合も少なくない。このような岩盤地帯を掘さくし斜面と形成する現場はダム、道路等工事にみられ、その安定のためにロックボルト、PSアンカー、グラウチング工等がある。ここでは図-1のように主成層面が単斜りとなし、この層と直交する方向に割れ目と有する斜面の安定のためにロックボルト等で補強することによる位置的効果と塩化ビニール製ブロック積層体と地山材料に用いた模型実験の結果を報告する。

2 実験の概要

岩盤地山の模型として角柱状塩化ビニールブロック $2 \times 2 \times 5 \text{ cm}$ (比重 1.5) を用いた。図-1の木製台と水平にしておき、ここにブロックと斜面上に積層した後、台の一端をシヤキにより傾斜に上げ、成層面に傾斜角 α とする。

ブロックの積層方法は図-2(a)のように下のブロックの直上に上ブロックと積層する「格子積み」と、(b)のように上下のブロックを幅の半分づつずらせ積層する「対称千鳥積み」の2方法とした。

また主成層面は互に平行でこれを水平とする角を α 、斜面高さを H 、斜面前面の傾斜角 θ で表わす。斜面模型の規模は $H=24 \text{ cm}$ 、斜面頂面長さは約 40 cm と積層法と変えても一定とした。ロックボルトには $\phi 2 \text{ mm}$ の鋼材を用い、例へば主成層面と直角方向に打ち込む場合は図-2(a)に示すようにブロックに穴をあけ、ここに通して挿付した。なおブロックの摩擦角 μ は約 26° であった。

3 実験結果と考察

3-1 ロックボルトを施さない場合

単斜り構造となる岩盤斜面の安定性と Terzaghi は成層面の摩擦角 μ 、粘着力 C 、ならびに成層面の傾斜角 α の関係で論じ、 $C=0$ の場合 $\alpha < \mu$ ならば H とは無関係に安定であるとしている。しかし $\alpha < \mu$ であっても崩壊する例は四国鉄土讃線などでみられ、著者もすでに実験的に確認している。たとへば θ は一定で H のみと変え崩壊時成層面のなす角 α_f との関係とみると図-3である。 H の増加とともに α_f は減少し、 α_f が H と相関性の深いことを示している。ブロックの $\mu=26^\circ$ であるから、それよりなるかに小さい α_f で崩壊していることから、これら崩壊が成層面に沿うすべりによらず、生ずるのでなく、柱状ブロックなどの転倒などにより引き起されるものと思われる。また崩壊時には図-1の本線と示すような位置にクラックが発生する。

3-2 ロックボルトを施した場合

ロックボルト等の打ち込みは割れ目と多く切る方向に打ち込むのがよいと思われるが、ここでは図4~6の上側に示すように成層面と直交する方向、平行な方向、傾斜と有する方向の3種類について調べた。

垂直に打ち込む場合、斜面背後に向けて離れた位置にあるほど、図-1の本線と示した崩壊の領域から離れるために、安定性に寄与しなくなると思われる。そこで斜面背後のりかなる位置に打ち込まれたボルトが最も効果的であるかとみるため、 H を一定にし、ボルトの打ち込み場所と変える実験を行った。写真-1は千鳥積み、法肩より5列目(約 $0.4H$)のブロックと垂直方向に挿め付けた場合の崩壊状況を示している。挿め付けたブロックの柱があたかも一つの壁のようになり、これより肩側のみ崩壊している。

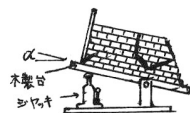


図-1 装置

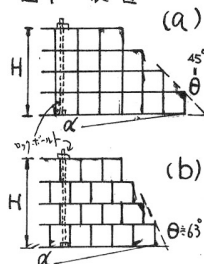


図-2 積層方法

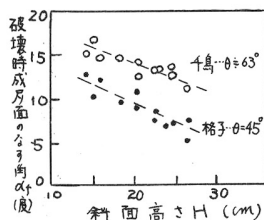


図-3 α_f と H の関係

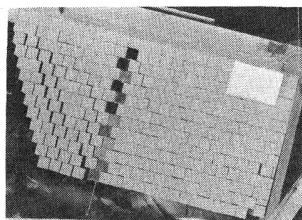


写真-1 成層面に垂直方向のロックボルト

ロックボルトの位置 x と法肩と中心に斜面背後側とマウス、前面側に打ち込んだ位置とアラスとして、これを横軸にとり、 α_f とたて軸にとりこれらの関係とアラスをば図-4とする。 $x=0$ で α_f は最大となる傾向がみられ、法肩の所に打ち込まれるロックボルトの効果が最も大きいといえる。そして斜面背後側、前面側は α_f は小さくなり、格子状の結果からみれば $x \geq 2.6H$ 以上離れると α_f がほぼ一定とする。これはボルトを施さない場合の α_f にほぼ等しく、格子状斜面では $-0.6H$ 以上離れた位置に打ち込まれるロックボルトの効果は少ないことになる。しかし千鳥積みの場合には $x=0.8H$ でも一定とならず、打ち込みの効果はそれ以上に及ぶようである。これは千鳥積みのもはブロックが互に噛み合っているため弾性的連続体のような挙動を有するためと思われる。

ロックボルトと成局面と平行な方向に打ち込んだ場合の千鳥積みの場合の崩壊状況と写真-2に示した。これはボルトと法肩より7段目(約 $0.5H$)のブロックに打ち込んだ場合のもので、上側のブロックはあたかも分布荷重として、下側ブロック斜面に作用しているような状況と呈している。

図-4と同様の高さ $H=24\text{cm}$ でボルト打ち込み位置と図-5上側に示すように法肩よりの高さ y とし、 y と種々変え得られた α_f との関係が図-5である。なおこの場合ボルトの長さは 30cm である。 30cm としたのは図-1の本図で示した斜面背後のフック発生位置が $15 \sim 20\text{cm}$ であるため、崩壊に関係のない領域までロックボルトを打ち込むことと想定したためである。図-5は y が大きくなると α_f も大きくなり、格子積みの場合 $0.5H$ の位置にロックボルトが打ち込まれた場合が最も安定性が大きいといえる。また千鳥積みのもは $0.6 \sim 0.8H$ の位置が安定性が大きい。しかし斜面崩壊が有るにより、柱状のブロックが転倒するという考え方を有するならば、 $y=0$ の位置に打ち込まれた場合が最も効果が大きいはずである。この相違は y が大きくなりほど補件せられるブロックと、その下側ブロックとの不陸が大きくなり、ゆがみが生じていても一部に集中応力が生じたためと思われる。

ロックボルトが切れる割れ目の数が多くなりほど安定性に及ぼす効果が小さくなり考えられるので、図-6の上側に示すように成局面と角 δ となる方向にブロックを傾付け崩壊実験とした。写真より省くが図-6上側に示す一変鎖線状にフックが入り、あたかもロックボルトと対角線の一辺とを平行四辺形のような壁状のものができた。ボルト頭部の法肩からの距離を x として、これを横軸にとり、 α_f との関係と示せば図-6となる。ただし千鳥積みは $\delta=63^\circ$ 、格子積みは $\delta=45^\circ$ である。

図によれば格子積みの場合ロックボルト頭部が法肩に近いほど α_f が大きくなり、さらに $x=0$ と越えてロックボルトが斜面内にあるほうが α_f は大きく斜面が安定であることを示している。千鳥積みについては $x=0$ までは同じような傾向であるが $x=0$ を越えては異なる。

4 つまび

以上の図-4~6と比較すると格子積みの場合には水平方向に締め付けた場合の α_f が大きい。しかし千鳥積みのもについてには差は小さい。実際地山の岩目はこの実験より複雑なため結果の適用にはさらに検討の要がある。

最後にこの研究を行なうにあたり有益な示唆、助言を賜った中国電力南九州発電所光野第一課長、さらに資料提供賜った(株)山陽同部林に感謝の意を表す。参考文献 1) Terzaghi, K.: *Soil Mechanics*, 12, (1962) 2) 村山, 石井: 成局面の斜面崩壊に因る一様型実験, 京防衛学報 11, B, 昭43.

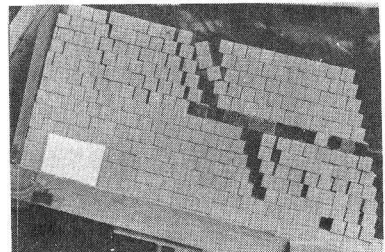
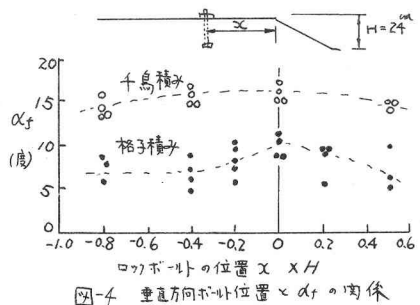


写真-2 成局面に平行なロックボルトの場合

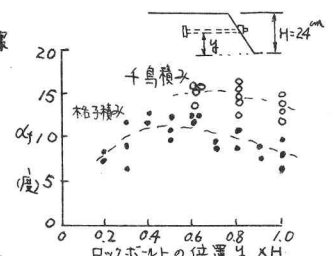


図-5 水平方向ボルト位置と α_f の関係

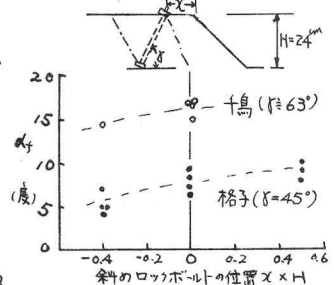


図-6 斜め方向ボルト位置と α_f の関係