

鹿島建設株式会社
東京都立大学
東京都立大学

正会員
正会員
正会員

中川 雅由
山本 稔
西村 和夫

1. はじめに

近年、道路・鉄道建設や土地造成等の建設対象が、山間部・丘陵地域へ移行するようになったため、これらの施工に伴う切り取り斜面が増加し、その勾配も面積制限・経済性等を考慮すると急峻にならざるを得ず、施工条件は一層厳しいものになっている。このような状況から、合理的な切土斜面安定工法について開発・研究を行うことは、工事の安全性・施工性・経済性等を考慮して、有意義なことであると思われる。

この研究は、切土斜面安定工法のひとつである擬似擁壁工法¹⁾～比較的短いロックボルトを斜面にシステムティックに打設し、地山をブロック（マス）化することによって擬似擁壁を形成させ、そのせん断抵抗で背面土圧に対抗させようとする工法～による三分勾配斜面の切り取り時における現象を、小型模型実験によって調べた。

2. 実験概要

実験は、斜面安定に関するロックボルトの挙動について調査するため、斜面高49cm（7cm×7段）、斜面幅30cm（10cm×3列）、三分勾配（ $\approx 73.3^\circ$ ）の小型模型斜面を用いて行い、壁面土圧・壁面変位・天端の沈下量を計測し、また同時に、カメラの重ね撮りによりすべり線の位置・形状等を観測した（図1）。

ロックボルトモデルは、 $\phi=6\text{mm}$ の異形鉄筋であり、ベアリングプレートモデルは73mm×100mmの亚克力樹脂製矩形板で、厚さ8mmである。ロックボルトモデルとベアリングプレートモデルは剛結し、これにベアリングプレートモデルと等大の受圧板に銅製リング（外径9.55mm、肉厚0.6mm）を4個挟んで斜面保護モデルとした。なお、中央縦1列の斜面保護モデルに対しては、銅製リングに歪ゲージを張り付けて荷重計とし、受圧板に作用する背面土圧を計測した（図2）。

また、風化が著しく進んだ岩盤やがしやすい等の粒状体地山を対象とすることを想定し、地山材料として銅砂（ $\gamma=5.6\text{gf/cm}^3$ 、 $C=0\text{gf/cm}^2$ 、 $\phi=38^\circ$ 、 $D_{50}=0.763$ ）を使用した。

3. 模型斜面切り取り実験

まず、斜面保護モデル（3列×7段）を三分勾配に保ちつつ、銅砂によりその背面側・切り取り側を均等に埋設してゆき、埋設完了後に静止土圧を測定する。その後、徐々に切り取り側の銅砂（押え銅砂）を、実験槽下方の排出口から抜き取ることにより、これを斜面の切り取りとした。斜面の切り取りは、斜面保護モデルの高さを1段の切り取りとし、1段の切り取りごとに、中央縦1列の斜面保護モデルに取付けた荷重計と、壁面および天端の変位計測用のダイヤルゲージ計14個とについて、土圧・変位・沈下の測定を行った。

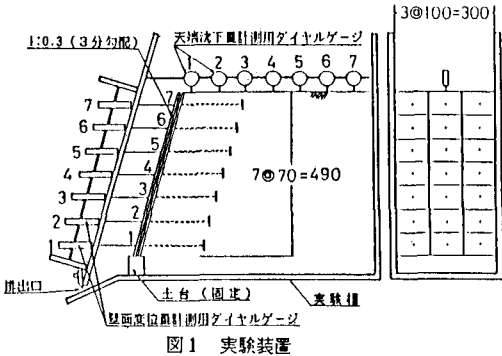


図1 実験装置

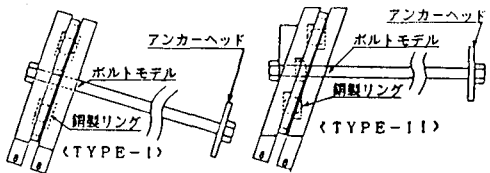


図2 斜面保護モデル

表1 実験ケース

ボルトの 打設方向	ボルト長 (cm)	アンカーヘッド の大きさ(cm)	斜面の挙動
TYPE-I (斜面に垂直 に打設)	21.0	なし	自立
	17.5	なし	崩壊 (H=38.5, 45.5)
		1.5×1.5	自立
TYPE-II (天端に平行 に打設)	21.0	なし	崩壊 (H=31.5, 38.5)
		1.5×1.5	崩壊 (H=38.5)
		3.0×3.0	自立
	17.5	1.5×1.5	崩壊 (H=31.5, 38.5)
		3.0×3.0	自立

●目：崩壊時の斜面高さ (cm)

また、ボルト打設方向・ボルト長・アンカーヘッドの大きさ（取付けない場合もある）によって、土圧や変位が、どのように変化するかを調べるため、これらをパラメータとして一連の実験を行い、比較検討した（表1）。

4. 実験結果

ボルトの打設方向によって、実験ケースをTYPE-I（斜面に垂直に打設）と TYPE-II（水平地表面に並行に打設）とに分け、検討を行った。実験結果をまとめると、以下の様になる。

- (1) ボルトの打設方向・ボルト長・アンカーヘッド大きさ等ボルトの設置条件の変化にかかわらず、壁面に作用する土圧分布はほぼ同様である（図3）。
- (2) 斜面の切取りに伴って地山内の応力状態が変わり、小さなせん断変位を生じることによって新しい応力状態が生成し（応力の再配分）、斜面の安定に寄与している（図4、図5）。
- (3) ボルトの引き抜き抵抗が斜面の安定に必要な土圧よりも小さければ、斜面にすべり破壊が生じ、崩壊に至る（図6）。
- (4) 斜面が安定するためには、ボルトの引き抜き抵抗がその斜面位置における作用土圧より大きいことが必要である。
- (5) 斜面が安定する場合には、ボルトの引き抜き抵抗力の増大とともに斜面の変位は急激に減少する。

これらのことは、斜面の安定がロックボルトの自己釣り合い作用による一体化効果によっていることを示している。

なお、実験結果によれば、TYPE-Iの方がTYPE-IIに比して斜面の変位がやや小さい。

5. おわりに

三分勾配模型斜面の切取り実験により、斜面安定に対するロックボルトの作用効果として自己釣り合い作用による一体化効果の発現するメカニズムを確認することができた。比較的短いロックボルトを用いた斜面安定においては、ボルトの引き抜き抵抗が重要な要素である。したがって、現場への適用に当っては引き抜き抵抗力の計測・検討を十分に行う必要がある。

*参考文献 1) 西村・山本・山崎 「比較的短いロックボルトによる斜面安定のメカニズム」 JSCE年講 1984.10

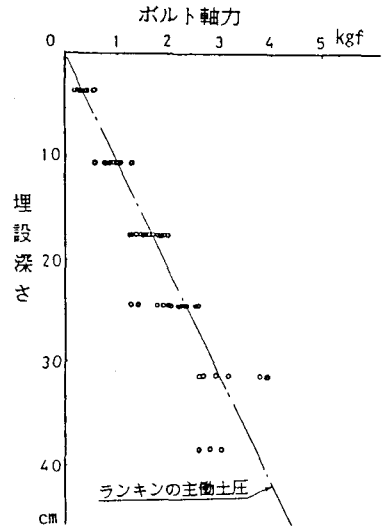


図3 斜面切取り後のボルト軸力

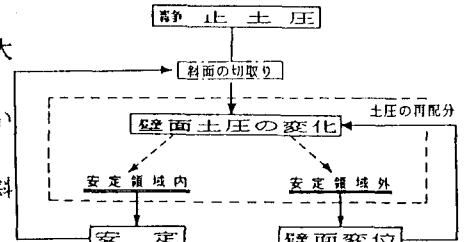


図4 ロックボルトによる自己釣り合い作用効果

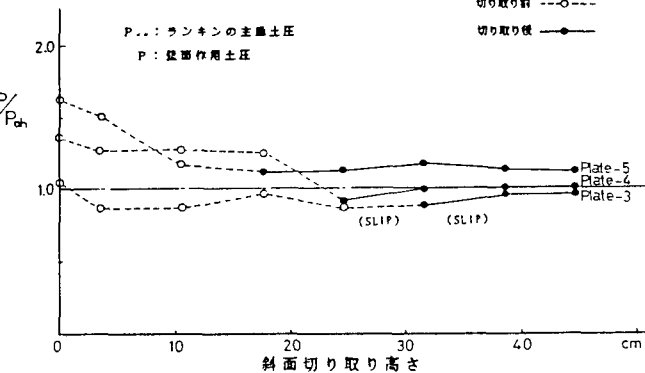


図5 斜面の切取りに伴う各段の壁面作用土圧の変化（土圧の再配分）

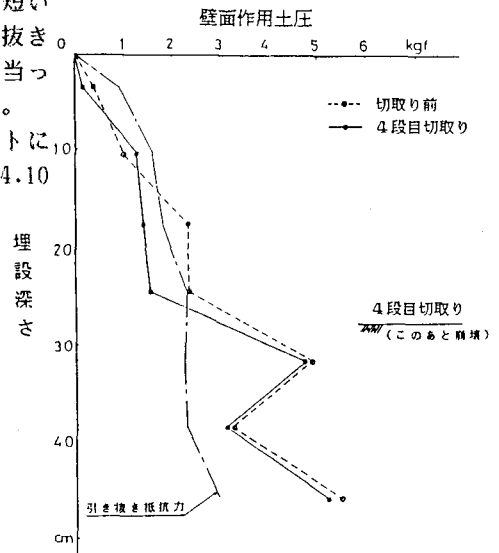


図6 ボルトの引き抜き抵抗と壁面作用土圧