

III-131 応力凍結光弾性実験法を併用した切土斜面の模型実験と斜面安定

東京都立大学 正員 山 本 稔

〃 〃 山 崎 良 一

〃 〃 西 村 和 夫

1 はじめに

風化した亀裂の多い岩盤や土砂で形成される自然の急傾斜面あるいは人工的に切り取った斜面にロックボルト工と併用して表面保護工、例えば現場打ち法棒工などを施せば、斜面に施工したロックボルト周辺の岩盤は、各ロックボルトを中心として一体化し、斜面にはあたかも石垣またはたわみ性擁壁に似た構造体が形成されることは筆者らによってすでに指摘されており、これによって急傾斜面の安定を図る工法（SW工法）が提案されている。この工法は、地山自体を構造材料として活用し、かつ比較的短いボルトで斜面の安定を図ろうとするところに特徴がある。このような構造体の安定には、ボルト長、ボルトの締付け力、さらには土の性質等を考慮しなければならない。既に基礎実験を踏まえ、実物の数分の一にあたる大きな地山模型による観察を経て、実用化への一步を踏みだしている。しかし、重力場の現象として理論的裏付けになる現象の究明はむずかしく、なお不明確なところが多く残っている。光弾性実験の利用はこの点から有利と考え、ここに擬似擁壁の役割を果たすロックボルトの作用効果に関する実験を、常温における模型実験と応力凍結法を利用した光弾性実験との組合せにより調査し、理論的検討を加えることにした。

2 実験概要

対象とした斜面は勾配が 90° 、すなわち垂直壁面で斜面としては最も崩壊しやすい場合である。ロックボルトモデルは予備実験を経て、応力凍結実験用にはエポキシ樹脂板、すバリ線の観察用にはアクリル板を用いた。両者の常温時における性質は、ほとんど同じである。すバリ線の観察は、擬似擁壁モデルを用いた応力凍結実験に合わせて同時に行うのが望ましいが、加熱に耐える片面透明な実験槽の調達や狭い炉中でそれを行わなければならない等の理由から実験は別々に行なった。なお、地山材料には鉛の散弾を用いた。鉛の散弾は、砂のような塑性地山または破砕が極度に進んだ岩盤などを想定して選んだものであるが、自重が大きく、熱伝導率および流動性が良好で、実験中性質の変動が少なく、光弾性実験用材料としても適している。また、用いた散弾の粒径は約2mm、密度は 11.2 g/cm^3 、単位体積重量は 6.8 g/cm^3 、内部摩擦角は $25\sim 30^\circ$ 、線膨張係数は $2.9\times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ である。

3 実験ととの結果

(1) ロックボルトの引抜き抵抗力：斜面安定に対する他の工法と異なり、SW工法ではロックボルトと地山との間に働く摩擦抵抗力によって地山の一体化を図っている。地山を一体化し、擬似擁壁を形成するには、まずロックボルトが単独には地山から抜け出さないことである。一方、ロックボルトの引抜き抵抗力は光弾性実験による結果を批判する資料でもある。このような事情から、引抜き抵抗力が土圧とどのような関係になっているかは調査しておく必要がある。実験は、実験槽側方の下端に $51\times 10\text{ mm}$ のスリットを明け、そこから断面が $50\times 9\text{ mm}$ のエポキシ樹脂製のボルトを引き出し、それを遠方からボルトの方向に引張って引抜き抵抗力を求めた。引抜き抵抗力 P は、土被りにあたる土圧に摩擦係数を乗じて求められるとすれば、 $P=2b\ell h\mu$ である。ここに、 b ：モデルの幅、 ℓ ：ロックボルト長、 h ：散弾の単位体積重量、 μ ：土被り高さ、 μ_e ：エポキシ樹脂板と散弾の摩擦係数（ $\mu_e=0.17$ ）。図-5に実験結果の一部を示すが、実験結果は土被りに比例しない。これは実験槽の形状寸法にも関係があると思われる。

(2) ロックボルトの光弾性実験：実験槽はアルミ板製で周囲を溝型鋼で補強してある。実験の具体は、始めに散弾の排出口を塞いでおき、仕切り底板の高さまで散弾を敷きなす。次に、仕切り底板の上端にSW工法モデルを載せ、それを鉛直に保ちながら散弾を敷くようにして一様に詰める。この詰め方はゆる詰めに対応する。

SWI法モデルの埋設終了後、排出口をあけて散弾を少しずつ排出する。これによって垂直な壁面をもつSWI法の擁壁が完成する。この擁壁は、あたかも施工を上部から逐次に行つて築いたのと同じ結果となっている。擁壁の自立を確認し、容器ごと凍めて応力凍結を行う。

表-1に実験ケースを示した。ロックボルトモデルの最大長37cmは、製作したエポキシ樹脂板から採取できた最大寸法にすぎない。図-2に等色線写真の一部を、図-3に、図-2に対応する軸力分布図を示した。このように重力場における現象を計測できたことは、この種の研究に応力凍結法が利用できることを示している。

(3) すべり線の観察：用いた実験槽は101×800×580mmで、片面は厚さ15mmのアクリル板となっている。ボルトの断面は50×9.8mm、法面プレートは70×100×9.8mmである。モデルのセットは光弾性の場合と全く同じである。SWI法モデルの埋設終了後、排出口をあけて散弾を少量ずつ排出するが、この排出の過程ですべりゾーンの観察を目視と写真撮影で行った。図-4に観察写真の一例を示す。

4 実験結果の考察

これらの実験結果に基づき擬似擁壁とロックボルトの作用効果をめぐる要点を述べれば、

- ① 擬似擁壁は、ロックボルトの張力が法面プレートを通じて作用する背面土圧につり合うことによって形成され、ロックボルトの張力は地山との相対変位によって発生する。
- ② 同一長さのロックボルトによる擬似擁壁は、地山によるソイルウォール(S.W.)としてたわみ性擁壁を形成する。
- ③ ロックボルトの土圧に対する抵抗形態は、ロックボルトの斜面に対する設置位置によって異なる。
- ④ ロックボルト打設領域(擬似擁壁形成域)では、ほぼボルト軸線に沿ってすべり線が発生し、地表へ向う曲線すべり線はどの区域より奥に生ずる。
- ⑤ 擬似擁壁の安定は、ロックボルト打設領域をソイルウォールと考え、その安定と擁壁に作用する土圧または斜面のすべり安定などによって評価することとでき、ロックボルトについては、引抜き抵抗力が背面土圧につり合うことで設計することとできる。

5 おわりに

重力場の現象として斜面上に打設したロックボルトの応力を計測することは困難であったが、光弾性実験を利用することによってその可能性を見い出すことができた。SWI法の安定に関する理論的裏付けのみならず、他方面への応用にも役立つと思う。なお、実験を行うに当たり当時本学学生の夫成紀君の助力があったことを記し謝意にかえる。

表-1 実験ケース

記号	ロックボルトモデル長 cm	ロックボルトモデルの断面 cm	法面プレートの断面 cm
L37.0-1~7	37.0	5×0.9	10×10
L35.0-1~7	35.0		
L32.5-1~7	32.5		
L30.0-1~7	30.0		
L27.5-1~7	27.5		
L25.0-1~7	25.0		
L22.5-1~7	22.5		

※ モデル破損、実験の継続不可能となる。

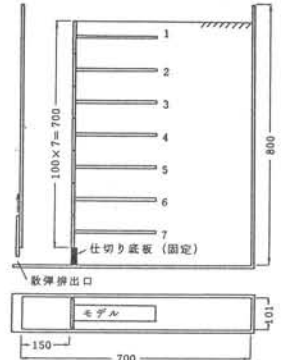


図-1 実験槽と実験法の説明図

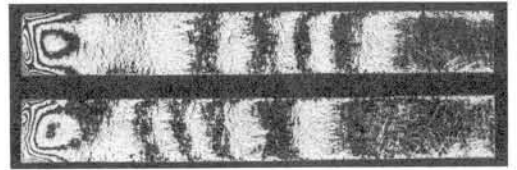


図-2 等色線写真 (ロックボルトモデル長37.0 cm)

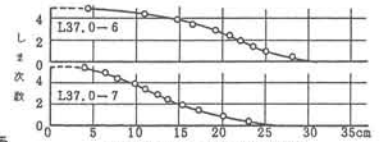


図-3 軸力分布図 (L=37.0cm)

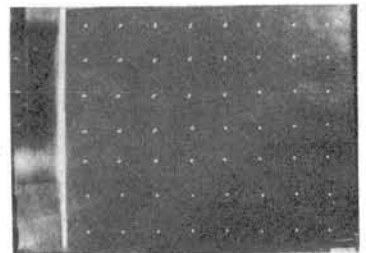


図-4 すべりゾーンの観察写真

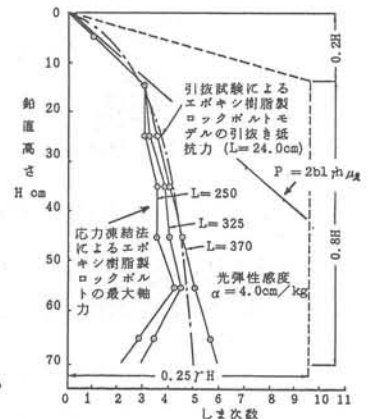


図-5 壁面土圧分布