

自然斜面に適用した地山補強土の工法の斜面安定効果に関する一考察

日鐵住金建材(株) 岩佐直人, 池田武穂
(株)森林土木施設研究所 桐部和義, 野田 龍

1. はじめに

近年、局地的に高強度降雨が発生する頻度が増加し、それが原因と思われる斜面災害によって、多くの人命が失われるとともに多額の経済的損失が発生している。一方 CO₂削減等環境に対する意識の高まりとともに、森林の多面的機能が見直される中、自然斜面の環境を保持しながら斜面の安定化を図る技術として、自然斜面に適用した地山補強土工法が実用化され、多くの場所で採用されている。しかし実際に施工された後の斜面安定効果に関して報告されたものは少ない²⁾のが現状である。また対策工の効果は一般には安全率で評価されているが、自然斜面の安定性を評価する場合に根系の斜面安定効果は「見かけの粘着力」として評価される³⁾ことから、対策工の効果も同様に評価できると考えられる。

今回地山補強土工法が施工された自然斜面に隣接する斜面において、降雨が誘因と思われる崩壊が生じたので、両斜面を比較することで、自然斜面に適用した地山補強土工法の効果について考察した。

2. 現場概要

対象斜面は、宮城県北部の火砕物台地周縁部にあたり、熔結した凝灰岩層や凝灰岩層が分布しているため非常に急勾配の地形が形成されている。崩壊が発生した斜面は、斜面勾配 45° で、幅 10m 程度、斜面長 15m、深さ 1m 弱の崩壊が発生した。崩壊面より斜面下部は、凝灰岩が水平に堆積しており、その上部に砂岩・シルト岩などが互層に形成されている。また崩壊面下部からは湧水が確認された他、崩壊地上部の堆積層にも滲出水による地盤の変色が認められた。斜面の中～下部では、過去の崩壊により崖錐堆積層が形成されたため、広葉樹林が成立しているが、斜面中部では、崖錐堆積がほとんど形成されていないため灌木地となっている。

一方、崩壊斜面に隣接する斜面(図-1)は、崩壊が発生した斜面とほぼ同一地形であり、自然斜面補強土工法(補強材長さ 2m、補強材間隔 2m の正三角形上に配置され、各支圧板はワイヤロープで連結)が施工され、灌木や草本類に覆われ、浸食等の現象は生じていない。

3. 対策工効果の検討

崩壊が発生した時期の特定ができなかったため、2000 年に対策工が施された以降の降雨履歴のうち、斜面崩壊が発生しやすいと一般的に言われている「連続雨量 100mm 以上」及び「100mm 以上の先行降雨後 20mm/時間以上の降雨」が生じ



図-1 崩壊斜面(無対策斜面)と対策斜面の関係

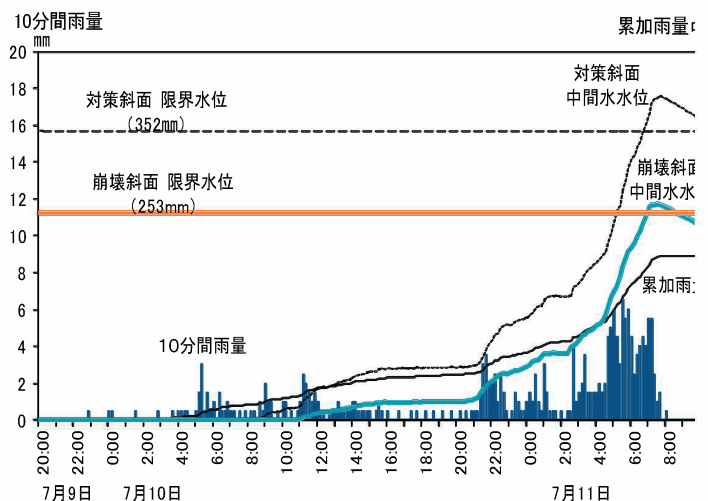


図-2 2002年7月9～11日の降雨履歴

た降雨条件に着目し、さらに崩壊斜面及び対策斜面において、斜面の崩壊と判断される地下水位（限界水位）を、（1）式で示される山口による方法⁴⁾を用いて算出した。その後（2）式で示される無限長斜面安定モデルを用いて、現地で採取した土砂による三軸圧縮試験で得られた土質強度より、無対策斜面の崩壊（安全率が1.0より小さくなる条件）に関する降雨履歴は、2002年7月9日～11日の降雨履歴（図-2）と推定した。

$$hL = \frac{\left(\frac{A_2 C}{\gamma_w} + \frac{A_2 k RL^2}{2\gamma_w} + \frac{A_2 k D^2}{2\gamma_w} \right) + \left(\frac{A_1 G D}{1+e} + \frac{A_1 F_w}{\gamma_w} - \frac{A_2 k RLD}{\gamma_w} \right)}{\left(1 - \frac{A_1 e}{1+e} \right)} \quad \dots (1) \text{式}$$

hL：限界水位，θ：斜面傾斜角，D：土層厚，φ：土の内部摩擦角，C：土の粘着力，G：土粒子比重
 γ_w ：水の単位重量，RL：根系深 k：抵抗強度変化常数，F_w：上部林木の自重，e：間隙比
 また，A1及びA2は下記式で示される。

$$A_1 = \cos \theta \left(1 - \frac{\tan \theta}{\tan \phi} \right) \quad A_2 = \frac{1}{\tan \phi \cos \theta}$$

$$F = \frac{C + \{ \gamma_1 (D - Z_w) + (\gamma_z - \gamma_w) Z_w \} \cos^2 \theta \cdot \tan \phi}{\{ \gamma_1 (D - Z_w) + \gamma_z \cdot Z_w \} \cos \theta \cdot \sin \theta} \quad \dots (2) \text{式}$$

γ_1 ：不飽和土密度， γ_2 ：飽和土密度， γ_w ：水の密度，Z_w：地下水位
 C：見かけの粘着力，φ：内部摩擦角，D：土層厚，θ：斜面傾斜角

図-2より、崩壊斜面は7月11日7時頃に地盤内水位（中間水水位）が限界水位253mmを超えており、この段階で崩壊が発生したものと推定される。一方対策斜面は、ほぼ同時刻頃に、中間水水位が限界水位352mmを越え、その後最大中間水水位395mmに達しても、対策工の効果のため崩壊は発生していないことから、この対策工による効果を、最大中間水水位に達した時点（崩壊発生時）の粘着力（見かけの粘着力）C_mとして検討した。

（2）式において、安全率F=1.0、D=0.88m、Z_w=0.395mとにおいて、Cを求めると5.4kN/m²となり、無対策斜面の粘着力C₀=4.7kN/m²であるから、対策工による「見かけの粘着力」C_m=0.7kN/m²となる。

以上より、自然斜面に適用した地山補強土工法による効果を「見かけの粘着力」効果として評価した結果、0.7kN/m²以上の粘着力増加として評価できると考えられる。

4. まとめ

今回地山補強土工法が施工された自然斜面と隣接するほぼ同一地形の斜面において、降雨によると思われる斜面崩壊が生じた。そこで斜面の崩壊と判断される地下水位を山口の式より算出し、無限長斜面安定モデルを用いて地山補強土工法の効果、「見かけの粘着力」として評価した結果、無対策時の粘着力を0.7kN/m²以上増加させる効果として評価できることがわかった。

なお本検討は、従来安全率で評価されてきた対策工の効果、見かけの粘着力の増加効果として評価した一つの試みであり、今後は、降雨の浸透を考慮したFEM解析等により同様の評価を行う予定である。

<参考文献>

- 1)例えば、樹木を保全した斜面安定工法現場調査とその周辺の斜面災害状況、NghiemMinhQuang・岩佐直人・池田武穂・青木規、平成19年度砂防研究発表会概要集、砂防学会、2007
- 2)例えば、自然斜面に適用した鉄筋挿入工法の安定メカニズムとその適用例、中村浩之・NghiemMinhQuang・井上孝人・岩佐直人、豪雨時の斜面崩壊のメカニズムと危険度予測に関するシンポジウム pp149-156、地盤工学会、2003
- 3)例えば、阿部和時、樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究、森林総合研究所研究報告 第373号、1997
- 4)地域防災対策特別整備治山事業推進の要点、山口伊佐夫、「治山」VOL.33.No8～12,1988