

地山補強土工法の新たな挑戦

—自然斜面に適用した地山補強土工法—

Application of Nailing Method to Stabilize the Natural Slope

岩 佐 直 人 (いわさ なおと)

日鐵住金建材㈱商品開発センター グループ長

Nghiem Minh Quang (げん みん くあん)

日鐵住金建材㈱商品開発センター

池 田 武 穂 (いけだ たけお)

日鐵住金建材㈱土木鉄構商品部

1. はじめに

近年多発する地震や降雨による土砂災害は、日本列島が悲鳴を上げているように思える。国土が脆弱で気候条件が厳しい我が国では、土砂災害が多発し、私たちは様々な斜面安定工法を配置して、高い防災効果を発揮してきた。一方景観・環境に対する意識の高まりとともに、樹木を残したまま斜面の安定化を図りたいという要求が高まってきており、防災と環境景観を両立する工法として、構造が比較的簡単な地山補強土工法が着目されている。しかし地山補強土工法については、これまで掘削土留め、切土法面を対象とした研究から設計法や効果が確立されてきており、自然斜面の地盤条件を考慮した研究は少なく、施工事例もまだまだ少ないのが実情である。

ここでは地山補強土工法の新たな挑戦として、自然斜面に適用した地山補強土工法について実施してきた研究の一部を紹介する。

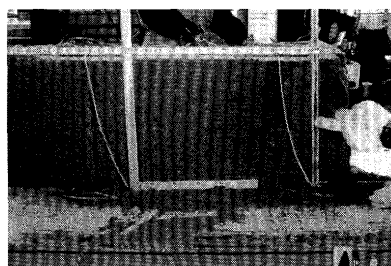
2. 自然斜面地山補強土工法の開発

㈱土木研究所（旧建設省土木研究所）が実施した全国で発生した崖崩れ災害の調査結果では、崖崩れの全体の90%が崩壊深さ3.0 mより浅い崩壊で、また全体の75%が表土や崩積土といった比較的柔らかな土砂が崩壊している¹⁾。このような土砂は植物の根系が成長しやすい状態なので、崩壊深さ3.0 mより浅い崖崩れは植物の根系と密接な関係があると考えられる。森林には、「樹冠による雨水の遮断」・「下草や森林土壌による表面流による侵食防止」・「根系による地盤の補強」によって、斜面崩

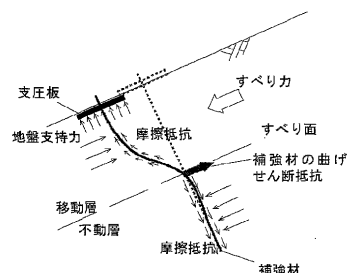
壊防止機能があると考えられている²⁾が、森林はその成長によって地盤を風化させる他、風による樹木のゆさぶりと腐食根系箇所はパイプ流の原因となる等、斜面安定に対するマイナス要素もあり、恒久的な斜面安定構造物として期待することは難しいと思える。そこで、比較的根系の影響が高い層と安定している基盤層を鉄筋等によって連結する方法が、自然斜面に適用した地山補強土工法である。ところで、自然斜面に補強材を設置するには、勾配が急で狭小な樹間内での施工となるため、大きな削孔機械を使用することが難しい。そこで比較的小径の補強材で周面摩擦が確保しにくい地盤における補強メカニズムを明らかにしなければならない。

2.1 基礎的な検討

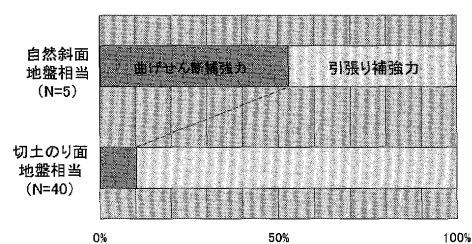
移動層が比較的柔らかい地盤に補強材を配置したときの補強力の発生メカニズムを把握するために一面せん断試験を実施した。写真—1に示すように、地盤内の補強材は、地盤の変形によって杭のように変形していることから、補強材の曲げ剛性の影響があることが予想される。また支圧板反力や補強材と地盤との摩擦によって補強材には軸力が生じる。図—1に補強材の曲げ剛性と軸力を考慮した基本モデルを示す。補強材に発生する軸力は、土に作用するせん断応力を減少させ、すべり面に作用する直応力を増加させて、土塊の見掛けの強度を向上させる作用をすると考えられている。また補強材自身の剛性の影響によって、補強材の曲げ変形に伴ってせん断抵抗力が発生し、その結果補強力は「補強材の曲げ変形に伴うせん断力： S_y 」と、「補強材と地盤の間の摩擦に起因する軸力： P_y 」の和として表せる。図—2に基本モデル



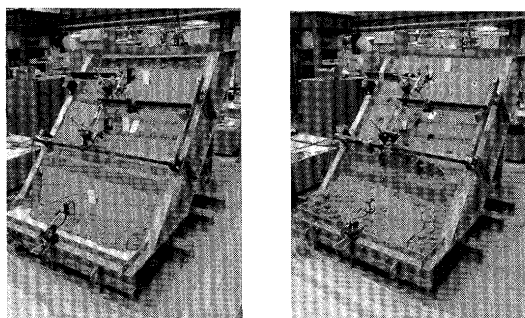
写真—1 一面せん断試験後の補強材の状況



図—1 補強力発生メカニズムの概要



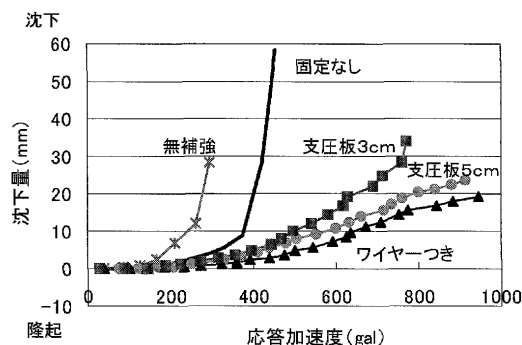
図—2 地盤条件別補強材の負担率



(a)無補強

(b)地山補強土工(支圧板 5cm)

写真—2 振動台実験状況



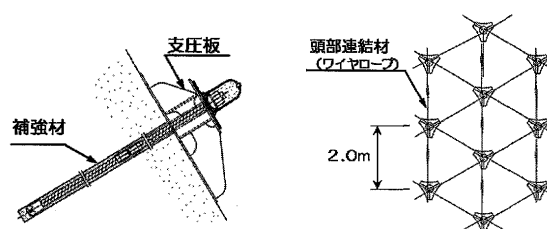
図—3 法肩沈下量と応答加速度の関係

で解析した結果の一部を示す。自然斜面では移動土塊が多孔質で軟弱であることから、補強材と土砂との周面摩擦は小さく、補強材の曲げ変形に伴うせん断抵抗力の負担率が大きくなる。一方、切土法面のような周面摩擦が大きい地盤では、摩擦による軸抵抗力の負担率が大きくなる。このように、それぞれの補強力は土塊の周面摩擦の大きさや補強材とすべり面とのなす角度によって負担する割合は異なる。筆者らはこれら一連の実験や解析より補強材の曲げ剛性を考慮した設計法を提案している³⁾。

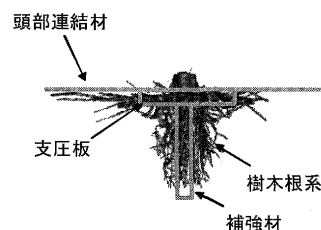
2.2 地震時における効果の確認

移動層が比較的軟弱な地盤に設置した地山補強土工法の地震時の挙動を確認するために実施した室内振動台実験の結果の一部を写真—2と図—3に示す。

無補強時には応答加速度295 galで崩壊したが、地山補強土工を施した場合は、崩壊するまでの応答加速度が大きくなる。補強材を定着部に固定しないケースでも無補強より1.5倍の耐震性を有している。ちなみに支圧板が比較的小さい場合は、斜面表層の剥離が顕著であった。これらの結果より適切な大きさの支圧板が必要であること、補強材頭部を連結することにより耐震性が向上することが明らかになっている⁴⁾。



図—4 自然斜面補強土工法の例(ノンフレーム工法)



図—5 各部材と樹木根系との関係概念図

3. 自然斜面地山補強土工法の事例

自然斜面補強土工法の代表的な工法の概要を図—4に示すが、比較的大きな支圧板と補強材頭部を頭部連結材(ワイヤ)で連結し、補強材による地山補強効果・支圧板の効果・頭部連結による地山一体化効果による複合的な効果で斜面の安定化を図る工法である。なおこの工法は図—5に示すように樹木根系を人工モデル化したもので、補強材が直根、支圧板が樹根、頭部連結材が側根の役割を果たしている。

4. ま と め

現在地山補強土工法は、鉄筋挿入補強土工法、マイクロパイル技術やダウリング技術を含めた総称として位置づけられているが、これら技術の使用条件によって、その安定メカニズムが異なる。今後はこれら技術の使用条件を考慮した設計法の確立に向けて努力していきたいと考えている。(適用例は、口絵写真—3～4参照)

参 考 文 献

- 1) がけ崩れ災害実態について, 土木研究所資料, 第3651号, 1999.
- 2) 阿部和時, 根系の引き抜き抵抗力によるせん断補強強度の推定, 日本緑化学会誌, 第4号, pp. 37~45, 1991.
- 3) 岩佐直人・中村浩之・Nghiem Minh Quang・井上孝人, 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, 豪雨時の斜面崩壊のメカニズムおよび危険度予測に関するシンポジウム発表論文集, pp. 149~156, 2003.
- 4) S. Yasuda・C. Higuchi・C. Ishii・N. Iwasa, Shaking table tests on the mechanism to stabilize slopes by steel nails during earthquakes, New Horizons in Earth Reinforcement, pp. 831~836, 2007.

(原稿受理 2009.1.16)