

17 自然斜面に適用した鉄筋挿入工法の設計法に関する検討

東京農工大学
 (財) 林業土木施設研究所
 ○日鐵建材工業 (株)
 同上

中村浩之
 井上孝人
 岩佐直人
 加藤貴章

1、はじめに

近年景観環境に対する意識の高まりとともに、樹木を残したままで斜面の安定化を図れる工法が検討されており、その一つに鉄筋挿入工法が挙げられる。鉄筋挿入工法における補強力発生メカニズムを図1に示す。斜面に打設された補強材は、地盤の変形によって図のように変形し、その際に補強材には摩擦力に起因する軸力Pが生じ、この軸力による作用(Ps成分とPn成分)によって土塊の見掛けの強度が向上すると考えられている。

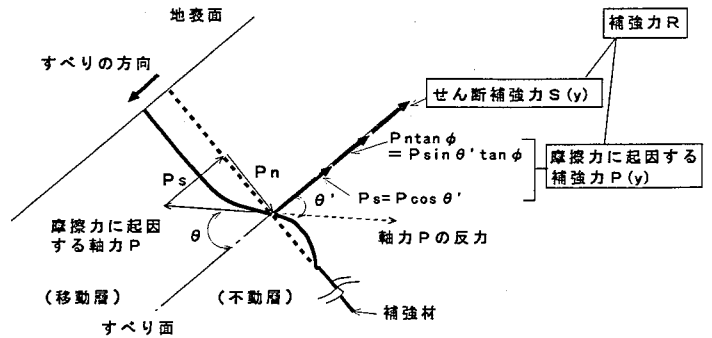


図1 補強力の発生メカニズム

さらにこの摩擦力に起因する補強力Pyに補強材自身の抵抗力(せん断補強力: Sy)が加味されて、斜面が安定するとされている。

一方自然斜面では移動土塊が多孔質で軟弱であって、移動土塊内の補強材と土砂との周面摩擦が小さいため、従来の「摩擦に依存した設計法」によって必要な抑止力を得るためには、補強材密度を大きくするか、のり面工に剛性の大きな構造物を使用することが必要となり、樹木を残して斜面の安定化を図ることが困難とある他、経済性の面でも高価な工法になると考えられる。

そこで上記の課題を解決するために、これまで実施してきた模型斜面実験、現場実験及び数値解析などをもとに、「補強材の曲げ補強効果」及び「支圧板の支圧効果」を考慮した設計法について検討を行っている。⁽¹⁾ 本報告では補強材の曲げ補強効果と地盤定数との関係について整理した結果について報告する。

2、基本的考え方

補強材に生じる引張り補強力Pyと補強材自身の抵抗力Syは、斜面の変位とともにその分担度が異なることが既往の研究でわかっている。

そこで補強材が不動層から抜け出さないことを前提として、移動土塊の移動を抑制する観点で設計を行うと、補強材に生じる引張り補強力(摩擦に起因する補強力)Pyは1式により算出される。

$$P_y = P \cdot \cos \theta + P \cdot \sin \theta \cdot \tan \phi \cdots 1$$

ここで、P: 摩擦に起因する引張り力 φ: 内部摩擦角
 θ: すべり面と補強材のなす角度

したがって、合成補強力は2式より求まる。

$$\text{合成補強力 } R = \text{引張り補強力 } P_y + \text{曲げ補強力 } S_y \cdots 2$$

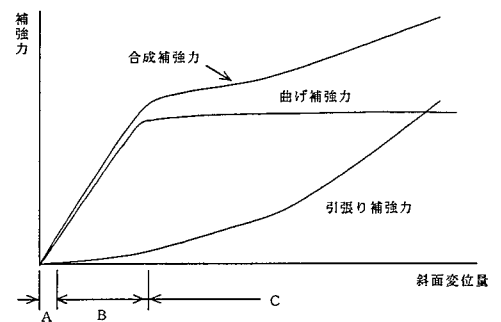


図2 補強力と斜面変位量との関係概念図

Aゾーン: 地盤自体のせん断抵抗が受け持つ範囲
 Bゾーン: 主に補強材の曲げ抵抗が支配的な範囲
 Cゾーン: 主に補強材の引張り抵抗が支配的な範囲

3、検討結果

曲げ補強力(補強材自身の抵抗力)は、地盤の変形係数と補強材の曲げ剛性が影響することから、数値解析によって評価を行う。

地盤条件を表3-1に示す。解析に使用したソフトは、杭設計ソフト「地すべり調査解析システムSK3」であり、計算は「くさび杭計算法」によって、補強材の変形に伴って補強材に発生する曲

げモーメントとせん断力を求めるもので、本検討では、補強材の頭部変位を徐々に大きくしていき、補強材のすべり面上に生じるせん断力を求め、この値を曲げ補強力として評価した。

(1) 解析モデル設定時の条件

表 3-1 地盤条件

- ①補強材頭部は水平方向に移動するものとして、回転しない。
- ②補強材の引張り力は、土塊と補強材との周面摩擦によって生じるものとする。
- ③補強材はすべり面に垂直に打設されているものとする。
- ④補強材には外径 28.5mm の自穿孔ロッドを用いる。

| | N値 | 厚さ | 変形係数(kN/m ²) |
|-----|----|---------------------|--------------------------|
| 移動層 | 10 | 1.0m、1.5m、2.0m、3.0m | 5700及び10000 |
| 不動層 | 30 | — | 17100 |

(2) 検討結果

図 2～図 3 に、斜面ひずみ 1.5% の場合で移動層の主な周面摩擦抵抗のときの、曲げ補強力率： $(\text{曲げ補強力} + \text{引張り補強力}) / \text{引張り補強力}$ と移動層の内部摩擦角との関係を表している。

図より、曲げ補強力率は下記の傾向にあることがわかる。

- 移動層の内部摩擦角が大きくなるにつれ、曲げ補強力率は小さくなる。
- いずれの条件においても、周面摩擦抵抗が 0.3 MN/m² より大きく、内部摩擦角が 25° より大きい場合、曲げ補強力率はほとんど一定である。
- 移動層厚が厚いほど曲げ補強力率は大きくなる傾向にあるが、厚さ 1.5m～厚さ 2m における曲げ補強力率はほとんど等しく、厚さ 2m が最大の補強力率である。また、周面摩擦抵抗が大きいほど移動層厚による影響はほとんどない。
- 移動層の変形係数が大きいほど、曲げ補強力率は大きくなる。

以上より、移動層の内部摩擦角及び周面摩擦が比較的小さいときや、移動層の変形係数が確保できる場合、移動層厚が 3m 以下の場合には、曲げ補強力の影響が大きくなると考えることができる。

自然斜面の場合、移動層の平均 N 値は 10 以下であり、また、移動層の引き抜き試験から得られた周面摩擦抵抗は 0.1 MN/m² より小さいか、0.1～0.2 MN/m² 程度であったという報告がある。したがって、自然斜面に鉄筋挿入工法を適用する場合、曲げ補強力を考慮した設計を行うことができると考えられる。

4、まとめ

自然斜面に適用した鉄筋挿入工法の設計法の検討を行い、補強材の曲げ補強効果と地盤定数との関係について整理した結果、自然斜面における移動層の地盤定数では、補強材の曲げ補強力を考慮した設計ができることがわかった。

<参考文献>

- 1) 中村、井上、岩佐、山田 (1999) 樹木を保全した斜面安定工法の設計法に関する検討

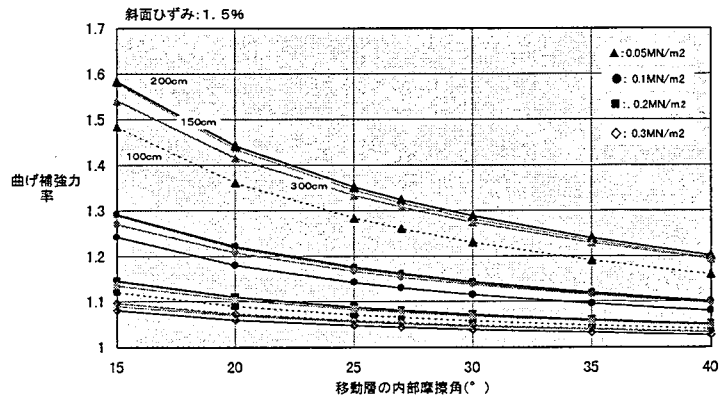


図 2 移動層厚別の曲げ補強力率とすべり面の内部摩擦角及び周面摩擦抵抗の関係

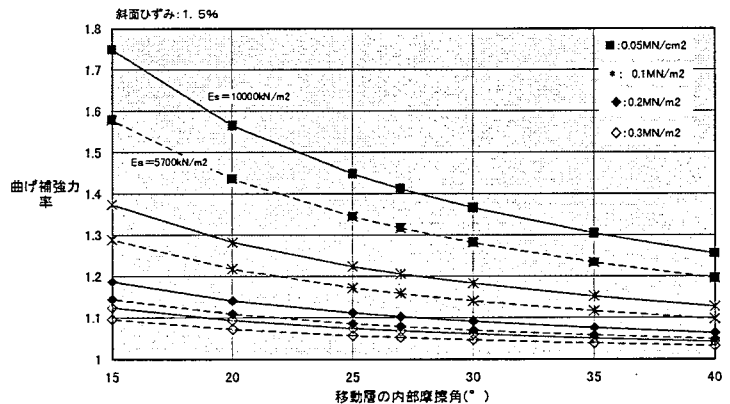


図 3 移動層の変形係数別の曲げ補強力率とすべり面の内部摩擦角及び周面摩擦抵抗との関係