

鉄筋補強土工のためのノモグラフ作成に関する研究

佐賀大学理工学部

学生員 ○山田博文

佐賀大学低平地防災研究センター

正会員 林 重徳

(株)アース・ストーン

正会員 佐藤全良

1. はじめに

鉄筋補強土工の簡易設計法として、ノモグラフによる設計法が提案されている。地山の補強に関しては、現地の土質は選択できず、詳細な調査や土質試験等も実施されないことが多い。また、切土法面の高さの変化や地山土質の変化などから、施工途中での補強材の割り増しや長さの変更などが必要になることがある。このような変更に対し柔軟かつ迅速に対応するには、施工現場で容易に変更が可能な設計法が必要とされる。このため、ノモグラフによる鉄筋補強土工の簡易設計法が考案された。この簡易設計法を確立するためには、想定される様々な設計条件に対応できる数多くのノモグラフを作成しておかねばならない。

本研究では、簡易設計法に必要なとされる一連のノモグラフを作成するとともに、鉄筋補強土工における長さや間隔の差異と地山補強の効果に関する考察を行う。

2. ノモグラフの作成方法と条件

簡易設計法では、地山特性や切土形状など設計条件に見合ったノモグラフを用いる必要がある。地山・切土の条件として、切土法面高さ、法面勾配、地山勾配、上載荷重、粘着力、内部摩擦角、単位体積重量が考えられる。さらに、補強材の設計条件として、長さ、間隔および引抜き抵抗力などがある。各々条件を変え、ノモグラフを作成する。

解析方法は、図 1 のような法面を仮定し、円弧すべりに対する安全率を Bishop 法により計算し、法面の最小値を安全率とする。また、鉄筋補強土工の安全率は補強材の引抜き抵抗力 (T_y) とせん断抵抗力 (T_{sj}) を用いて、Bishop 法による分割法を修正拡張した次式で求めた。

$$F_s = \frac{\sum \left[\frac{1}{\cos \alpha_i} \cdot c_i \ell_i \cos \alpha_i + \left\{ W_i - u_i \ell_i \cos \alpha_i - 1/F_s (T_{y_i} \sin \alpha_i - T_{sj_i} \sin \beta_i) \right\} \tan \phi_i \right]}{\sum \left[W_i \sin \alpha_i - 1/F_s \cdot (T_{y_i} + T_{sj_i} \cos(\alpha_i + \beta_i)) \right]}$$

その結果、横軸に鉄筋の引抜き抵抗力 τ (tf/m) をとり、縦軸に安全率 F_s をとり、補強材長 ℓ をパラメータとするモノグラフが得られる。

表 1 の条件のもとで得られたノモグラフの一例を図 2 に示す。これは、補強材長 ℓ を 3 通り (2.5, 3.0, 3.5 m) 考え、それぞれにおいて引き抜き抵抗力 τ を 0~5.0 tf/m まで 0.1 刻みに変化させて得られた安全率をプロットしたものである。ただし、鉄筋挿入角は法面と垂直である。

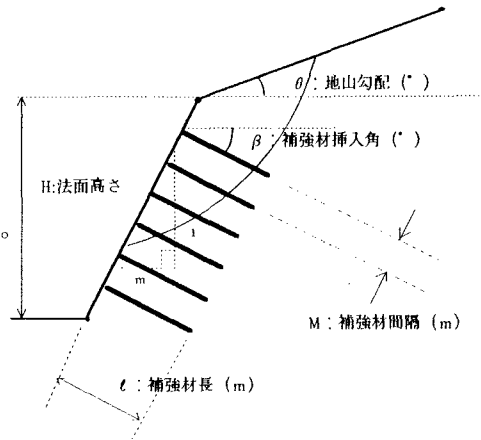


図 1 標準断面図

表 1 解析条件

法面高さ	H	7 m
上載荷重	q	0 tf/m
法面勾配	m	0.5
地山自然勾配	θ	10°
粘着力	c	10.0 tf/m ²
内部摩擦角	ϕ	20°
単位体積重量	γ	1.8 tf/m ³
補強材間隔	M	1.0 m

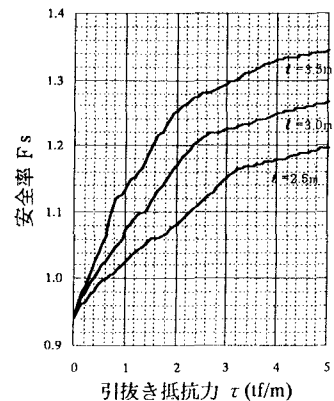


図 2 ノモグラフの例

3. 補強材長および間隔と補強土効果

図 3は、補強材間隔 M が 1.0 m (図 3a) と 1.5 m (図 3b)とが異なり、他の諸条件が等しいノモグラフを比較したものである。両者のノモグラフの形は類似したものとなり、 $M=1.0$ で $\ell=3.0\text{ m}$ は $M=1.5$ で $\ell=5.0\text{ m}$ はとほぼ同じ傾向であり、 ℓ/M は両者とも近い値をとっている。これは、補強材間隔を小さくすると、補強材長 ℓ は ℓ/M が一定の関係を保ちな

がら、大きくすればよいと言える。 $1/M$ は法面に挿入する鉄筋の本数に比例するので、補強材長と鉄筋本数の積が安全率を支配する重要な要素と言うことが出来る。

4. 地山勾配と上載荷重の取扱い

地山勾配は $0, 10, 20$ および 30° に変化させてノモグラフが作成されている。しかし、上載荷重 q をパラメータにしたものが含まれていない。これは、 q と地山勾配 θ に密接な関係があることが解析の結果得られており、 q と θ は図 4に示す関係にあり、 $q=1.0\text{ tf/m}$ なら $\theta=13^\circ$ となる。したがって、この場合ノモグラフは $\theta=13$ を代用することで解決できる。ただし、実際には $\theta=13^\circ$ のノモグラフはないので、 $\theta=10^\circ$ と $\theta=20^\circ$ のノモグラフから、内挿して新たに作成したノモグラフを用いる。粘着力や内部摩擦角も切りのよい数字の値のノモグラフしかないので、同様の手法で新規に作成する。

5. ノモグラフを用いた設計手順

ノモグラフを用いた設計の概略は、次の通りである。

- ① 地山の土質条件に見合ったノモグラフを用意する。
- ② 安全率 $F=1.2$ を確保する必要があるとすると、これを満たす鉄筋長さと引抜抵抗力をノモグラフから読みとる。
図 2のノモグラフの場合、 $\{(\ell=3.0, \tau=2.3), (\ell=3.5, \tau=1.5)\}$ の2組が得られる。
- ③ 引抜抵抗力から、ボウリング径を次式に従って求める。

$$D = \frac{F_{\text{引}}}{\pi \tau_{\text{orn}}} \tau \quad (\text{m})$$

$F_{\text{引}}$: 引抜抵抗の安全率、 τ_{orn} : 地盤のアンカーの周面摩擦抵抗(tf/m^2)、 τ : 引抜抵抗力(tf/m)

参考文献

- 1) 林重徳：ノモグラフによる鉄筋補強土工の簡易設計法（試案）
- 2) 林重徳：切土斜面における鉄筋による補強土工の設計法（案）
- 3) 財団法人高速道路調査会：補強土工法の設計施工に関する検討

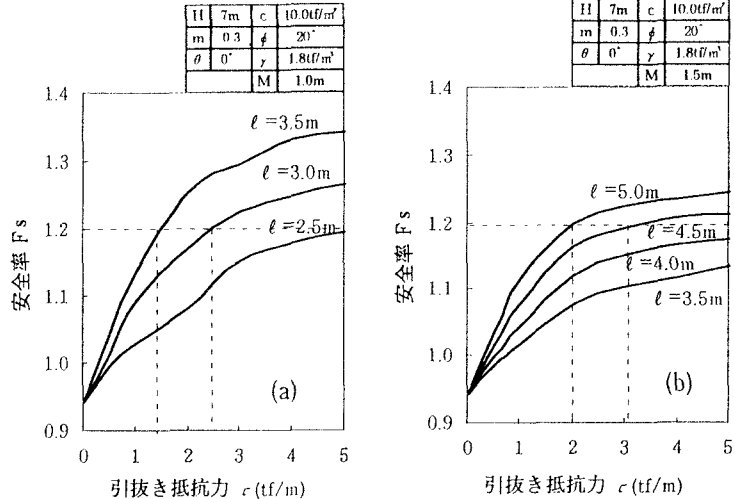


図 3 ノモグラフに見る補強材間隔の影響

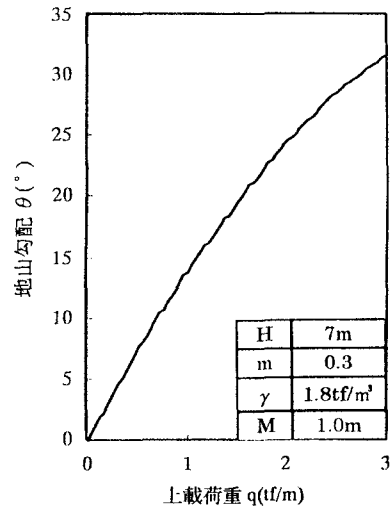


図 4 $q-\theta$ 変換グラフ