

Ⅲ-A223

ロックボルトおよびアンカーの打設角度について

㈱高島テクノロジー センター 正会員 永岡 雅大

明星大学 正会員 竹内 則雄

(有)アトバンテクノロジー 濱崎 英作

㈱日本工営 正会員 大河原 彰

1. はじめに

不安定斜面において地山の弱体化を防ぐ方法として、ロックボルト工やアンカー工が一般的に用いられている。これらの打設に際しては、位置、本数、打設角度等の検討を行う必要がある。この様な現状に鑑み、本研究ではロックボルトとアンカーの打設角度をRBSM(Rigid Bodies-Spring Model: 剛体ばねモデル)[1]を用いた数値解析的立場より検討を行った。

2. ロックボルトの有効な打設角度について

筆者らは、ロックボルトにより補強された岩盤に対するモデル化を提案した[2]。これは、補強材を等価な異方性要素で表現する方法である。この手法により解析を行った結果(モデルは図1、物性は表1)、図2の様な関係が得られた。縦軸は鉄筋を考慮した場合のジョイント面破壊時の最大荷重(Pmax)と鉄筋を考慮しない場合の最大耐荷力(Po)の比、横軸は鉄筋の打設角度(θ)を表している。これより、純せん断を受けるジョイントの場合、約 30° に鉄筋を打設すると最大耐荷力を発揮するのがわかる。

また、土の内部摩擦角(ϕ)の増加に伴い、最大耐荷力を発揮する場合の鉄筋の打設角度(θ)はジョイント面に対し、鉛直方向に近づいた。そこで、土の内部摩擦角(ϕ)とその時の鉄筋の打設角度(θ)の関係を調べたところ、図3のとおりとなった。軸方向有効係数が $\alpha=1.0$, 0.5 それぞれの場合を単回帰直線に当てはめると式(1), (2)の様に表現できる。したがって、地盤の内部摩擦角(ϕ)と最大耐荷力発揮時の鉄筋の打設角度(θ)の間には比例関係が存在するものと思われる。

$$\left\{ \begin{array}{l} [\alpha=1.0] \quad \theta = -0.486\phi + 45.545 \quad (R^2 = 0.99974) \\ [\alpha=0.5] \quad \theta = -0.486\phi + 45.236 \quad (R^2 = 0.99974) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$(2)$$

3. 安全率について

すべり面が非円弧の場合、極限平衡法における安全率は、すべり面に沿って発揮されるモール・クーロンの破壊基準に基づき、せん断抵抗力と滑動力の比をとるのが一般的である。この強度安全率の考え方をRBSMによる離散化極限解析に適用する場合には、図4に示す様な想定するすべり線

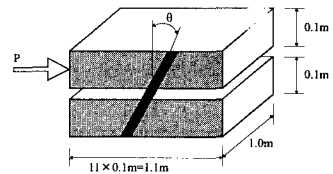
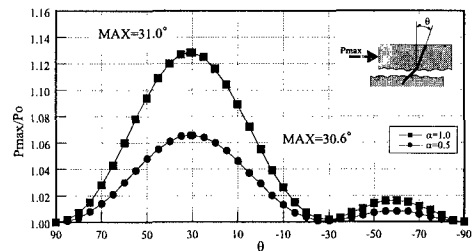
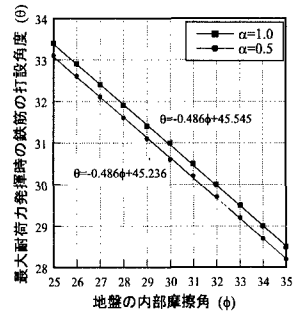


図1 計算に用いたモデル

表1 物性値

岩		鉄筋(SD30-D25)	
地盤係数 : $E(\text{tf/m}^2)$	250000	弾性係数 : $E(\text{tf/m}^2)$	21000000
ポアソン比 : ν	0.3	軸方向有効係数 : α	0.5, 1.0
単位体積重量 : $\gamma(\text{tf/m}^3)$	0.0	ダウエル係数 : β	0.0
粘着力 : $C(\text{tf/m}^2)$	5.0	鉄筋軸方向 : $\theta(\text{deg.})$	$90 \sim -90$
内部摩擦角 : $\phi(\text{deg.})$	30	内部摩擦角 : $\phi(\text{deg.})$	0

図2 α, θ の相違による耐荷力図3 ϕ と θ の関係

キーワード : RBSM, ロックボルト工法, アンカー工法, 打設角度

〒153-0063 東京都目黒区目黒 3-9-1

TEL.03-3791-6161

に隣接する要素辺上のせん断抵抗力と滑動力の比をとる方法[3]が提案されている。これによれば、従来の極限平衡法と同列の議論ができると思われ、本研究では安全率の算出に次式を用いた。

$$F_s = \frac{\sum(\sigma \cdot \tan \phi + C) \cdot \ell}{\sum \tau \cdot \ell} \quad (3)$$

4. アンカーの有効な打設角度の検討

図5には、計算に用いたモデル(物性は表2)が示されている。アンカーの抑止力は図6に示す様に法先の4周辺要素に合計で20(t)の等価外力を与えることで考慮した。また、打設角度(θx)は斜面の法線方向を 0° として下向きを-(マイナス)にとり、 $\theta x=0^\circ \sim -90^\circ$ まで 5° 刻みで変化させた。

図7に示す様な最大安全率を得た場合($\theta x=-70^\circ$)を例にとり、ロックボルトの解析で得られた式(1)に当てはめたところ、抑止力と滑動力の合力の作用方向と概ね一致した。したがって、アンカーの打設角度(θx)においても土の内部摩擦角(ϕ)との間に比例関係が存在すると思われる。

表2 物性値

	変形係数 $E(tf/m^2)$	ポアソン比 ν	単位体積重量 $\gamma(tf/m^3)$	粘着力 $C(tf/m^2)$	内部摩擦角 $\phi(deg.)$	引張強度 $\sigma_t(tf/m^2)$	解析厚 $t(m)$
①	5000.	0.30	1.7	1.0	20.0	10.0	1.0
②	10000.	0.30	1.7	5.0	40.0	10.0	1.0

5. まとめ

以上の結果から、ロックボルト工において、地盤の内部摩擦角(ϕ)と打設角度(θ)の間には比例関係が存在するものとする。この関係式をアンカー工にも適応したところ、概ね一致した結果を得たため、土の内部摩擦角(ϕ)とアンカーの打設角度(θ)の間にも比例関係が存在すると思われる。

しかし、式(1)におけるロックボルトの打設角度はすべり面との角度を表すものであり、アンカーに適応するには若干の問題が残る。したがって、アンカーの打設角度とすべり面との関係は今後の課題として検討の余地があるものの、本手法はアンカー工法において打設角度を決定する上で有益な情報を提供するものとする。

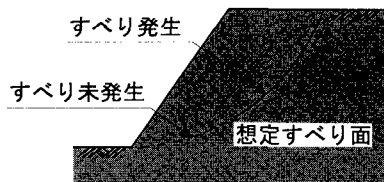


図4 想定すべり面

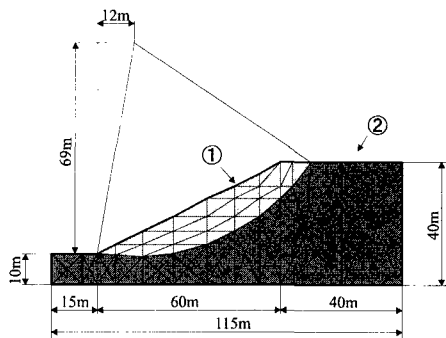


図5 計算に用いたモデル

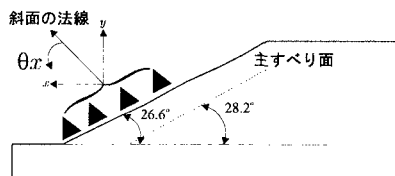


図6 斜面の詳細

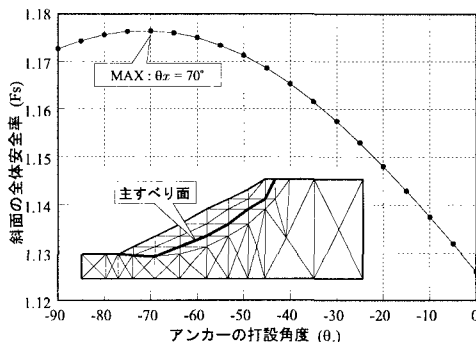


図7 θx と F_s の関係

参考文献

- 1) Kawai, T.: "New element models In discrete structure analysis", 日本造船学会論文集, No.141, 1977
- 2) 竹内則雄・川井忠彦: "鉄筋により補強された岩盤ジョイントのRBSMによるモデル化について", 土木学会第47回年次学術講演会論文集, pp.560-561, 1992
- 3) 竹内則雄: "地盤力学における離散化極限解析", 倍風館, 1991