

トッピング破壊の解析例

(株)藤井基礎設計事務所○藤井俊逸
同 上 松井佳弓

1. はじめに

今のところ、トッピング破壊の確立された解析手法がないのが実状である。しかし、すべりの機構は比較的単純なため、いくつかの仮定を置けば現場の状況に近似した解析は可能であると考えた。

ここでは、トッピング性のすべりが発生した現場の設計事例を用いて、トッピング破壊の解析方法を紹介する。

2. 検討手順

以下に今回行ったトッピング破壊の検討手順を示す。

- ①現場踏査（亀裂の分布・亀裂の方向・開口幅・開口方向・段差・断層等）
 - ②地形測量
 - ③地形の立体モデル化（写真2-1. 参照）
 - ④粘土モデル化（写真2-2. 参照）
- 粘土モデルの挙動が実際の現象に近くなるよう亀裂方向、間隔及び粘土モデルの材質を変化させる。
- ⑤地形の立体モデルに倒れ込み現象の大きくなる範囲を書き込み、破壊機構を考察。
 - ⑥解析用断面及び解析方法の決定（写真2-1. 参照）
 - ⑦解析・対策工検討

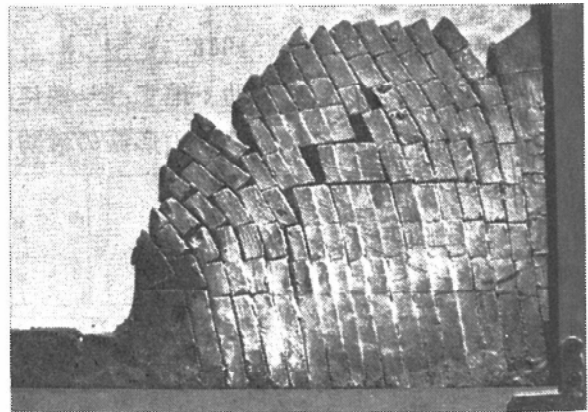
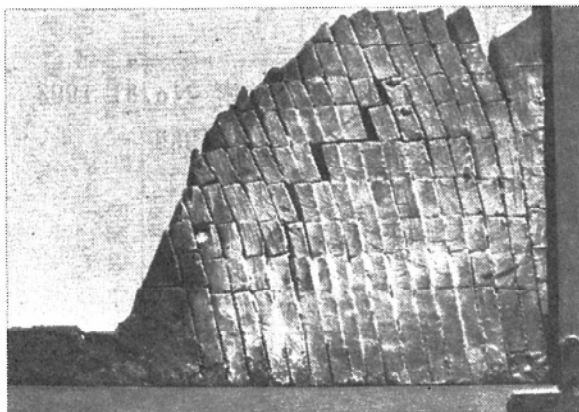
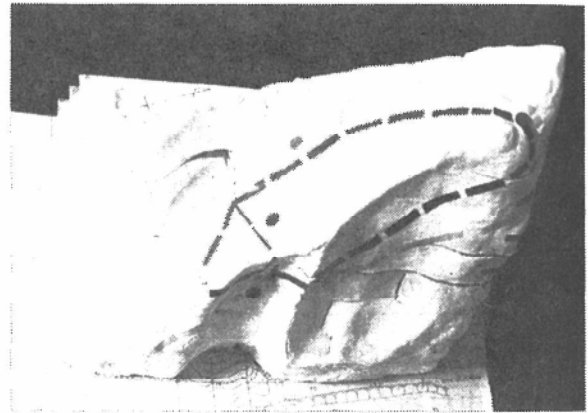
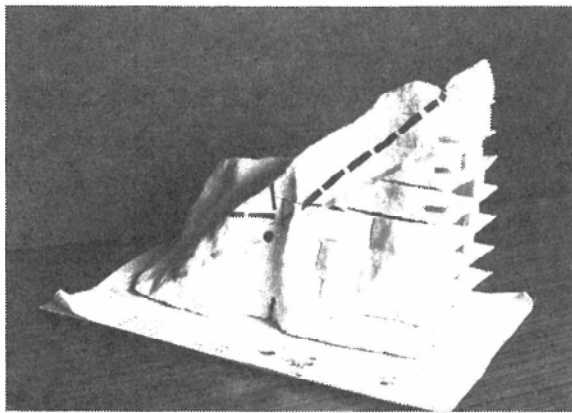


写真2-2. 粘土モデルによる破壊機構の考察

3. 解析用断面形状

図3-1. は、解析用断面形状である。以下に形状決定根拠を示す。

- ①検討断面は、岩柱の主な転倒方向である尾根方向を考えた。
- ②岩柱の倒れ込みが大きくなる深さは、現地踏査より決定した。
- ③岩柱の幅Bは、現場の亀裂間隔に合わせ、5m とした。
- ④縦亀裂の角度 θ は、亀裂測定結果から鉛直より 20° 受け盤
- ⑤岩柱は長方形であると仮定した。

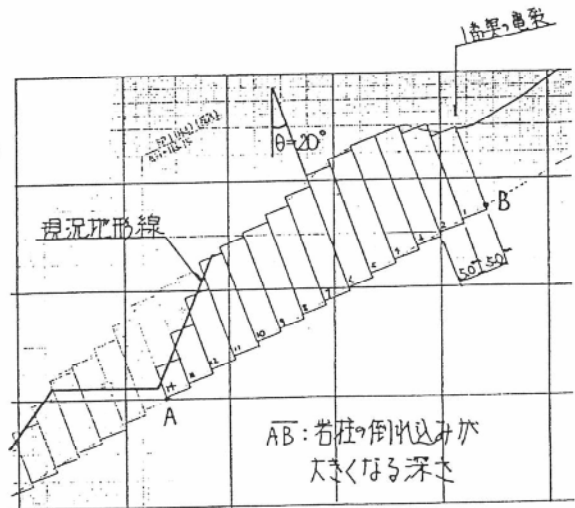


図3-1. 解析用断面形状

4. 解析方法

図4-1. の、n番目の岩柱の釣合図を図4-2. に示す。図中A点回りのモーメントの釣合は次式となる。

$$W_n \cdot l_w + P_{n-1} \cdot l_{n-1} - P_n \cdot l_n - N \cdot S \cdot B_n = 0$$

$$\text{よって、} P_n = (P_{n-1} \cdot l_{n-1} + W_n \cdot l_w - N \cdot S \cdot B_n) / l_n$$

上式を用い、解析は次のように行う。

(ただし、 $P_n < 0$ のときは、 $P_n = 0$ として次の計算を行う。)

$$P_1 = (P_0 \cdot l_0 + W_1 \cdot l_1 - N_1 \cdot S \cdot B_1) / l_1$$

$$P_2 = (P_1 \cdot l_1 + W_2 \cdot l_2 - N_2 \cdot S \cdot B_2) / l_2$$

⋮

$$P_e = (P_{e-1} \cdot l_{e-1} + W_e \cdot l_e - N_e \cdot S \cdot B_e) / l_e$$

トプリング崩壊の有無は次のように考える。

$P_e > 0$ のとき . . . 有り

$P_e \leq 0$ のとき . . . 無し

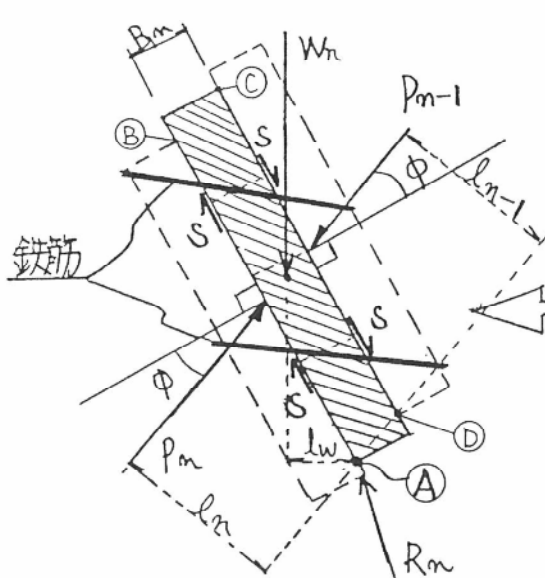


図4-2. n番目の岩柱の釣り合い図

W_n : 岩柱自重
 B_n : 岩柱の幅
 P_{n-1} : 上側岩柱からの伝達力
 P_n : 下側岩柱への伝達力
 l_{n-1} : A点から P_{n-1} までの距離
 l_n : A点から P_n までの距離
 ϕ : 岩柱間の摩擦角
 l_w : A点から W_n までの距離
 S : 鉄筋の許容せん断力
 P_{n-1} の作用位置—(C)(D)の1/2点
 P_n の作用位置—(A)(B)の1/2点

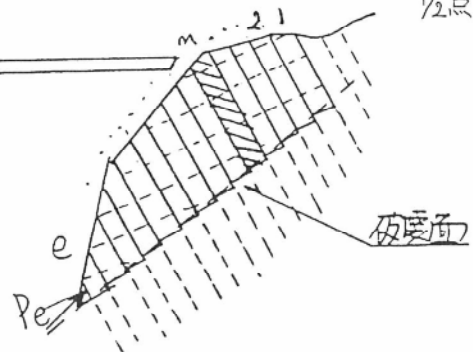


図4-1. 解析モデル

5. 解析結果

図5-1. 現況地形形状で、倒れ込みが進行していることから $P_e = 0$ となるよう、 ϕ を決定した(図4-2.)。図中の棒グラフは各岩柱のPの大きさを示したものである。

図5-2. 現在、倒れ込みを生じることで、新たな縦亀裂が発生してきているため、将来的に岩柱の幅は 2.5 m になると仮定し、Pを求めた。

図5-3. 地形の鞍部となるA点から $S = 1 : 1.2$ の排土を行った場合の解析結果である。通常の地すべり対策工では、安全率 F_{SP} を考慮するが、トップリング破壊の解析では安全率が出ないため次のような評価を行った。トップリングの転倒力は、岩柱の重量×偏心距離で発生する。したがって岩柱の重量に安全率を乗じた状態で $P_e \leq 0$ となれば、安全と判断する。このときの P_e 値を P_{FSP} で表示している。(ここでは $F_{SP} = 1.2$ とした)。

図5-4. 補強鉄筋を入れることで、 $P_{FSP} = 0$ となる。

6. まとめ

本地は、解析結果に基づいて 排土+補強鉄筋工 の対策工を計画した。

解析は、岩柱の転倒のみを考慮した単純なモデルで行っている。

今後、実際の現場の挙動 ↔ 粘土モデル ↔ 解析 を試行錯誤しながら、より本質的な解析方法を確立していきたい。

参考文献

- 1) 藤井・今若(1982)；第13回夏季研修会論文集 P.108～113
- 2) R.E.ゲットマン(訳赤井他)(1978)；「不連続性岩盤の地質工学」，森北出版 P.216～225
- 3) E.Hoek & J.W.Bray(訳小野寺他)(1979)；「岩盤斜面工学」，朝倉書店 P.187～198

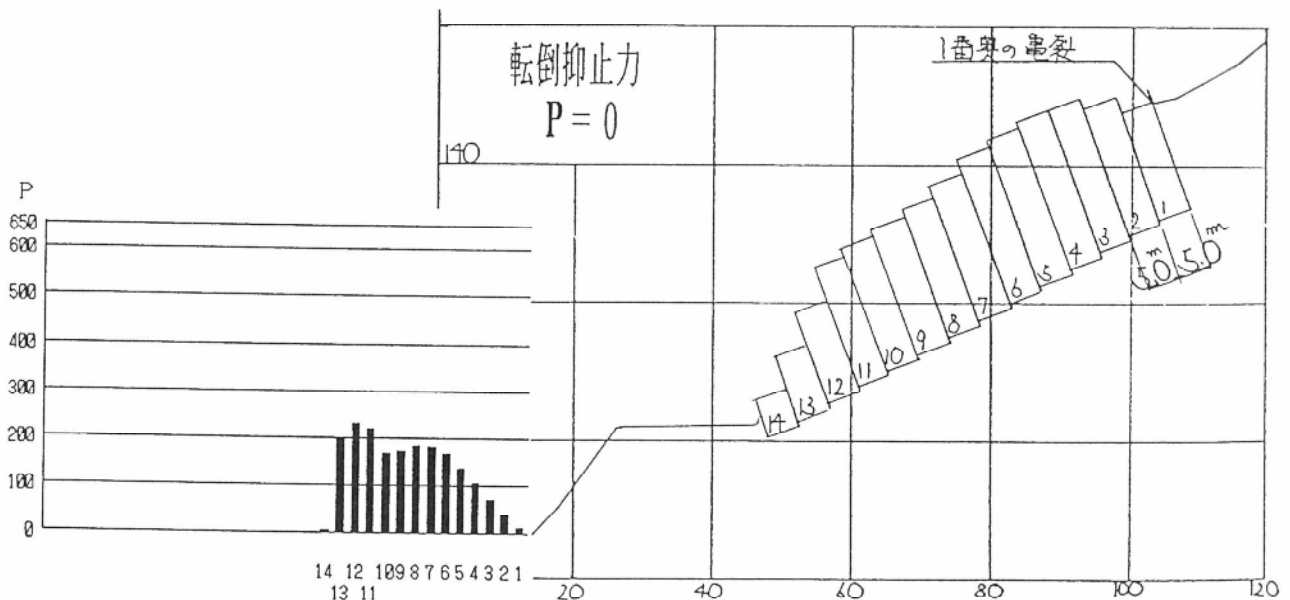


図5-1. 現況地盤形状で $P_e = 0$ となる ϕ を算出 ($\phi = 29^\circ$)

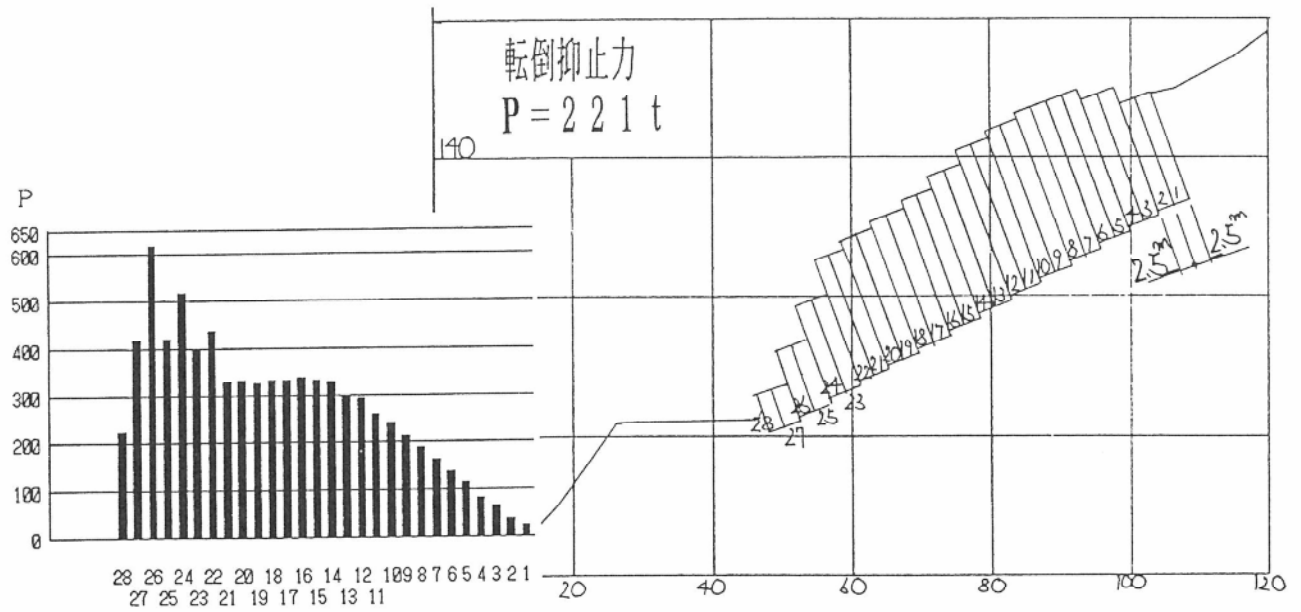


図5-2. 現況地盤形状, 亀裂間隔 $B = 2.5 \text{ m}$, $P_e = 221 \text{ t}$

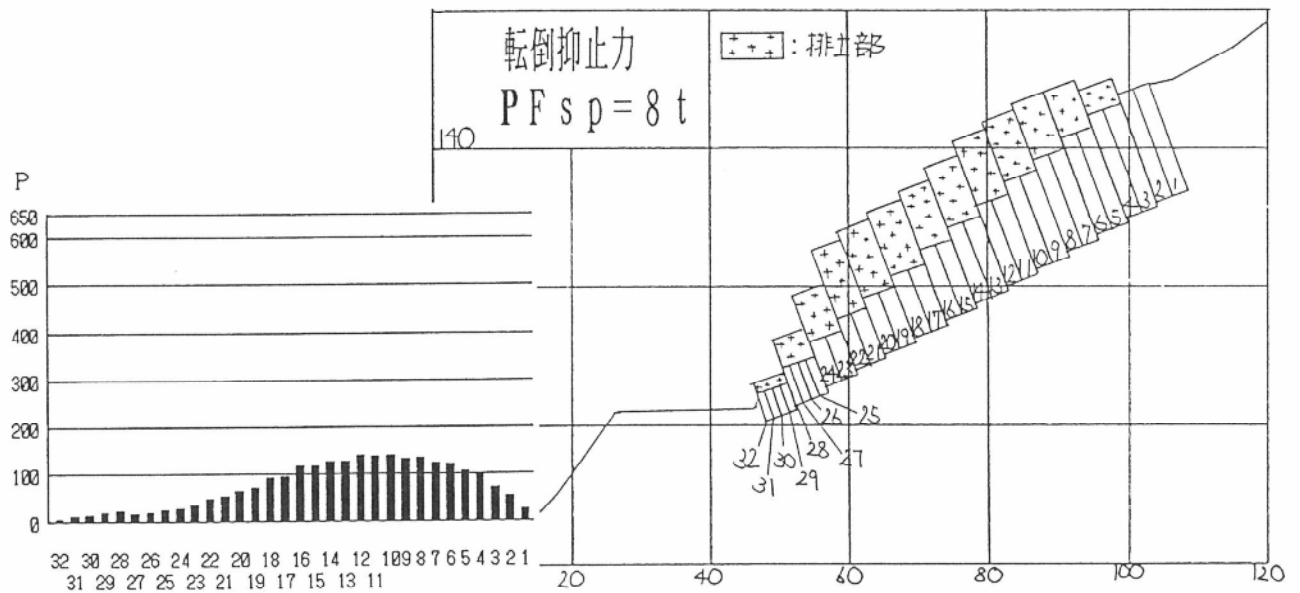


図5-3. $S=1:1.2$ 排土, 亀裂間隔 $B = 2.5 \text{ m}$ (一部 1.25 m), $P F s p = 8 \text{ t}$

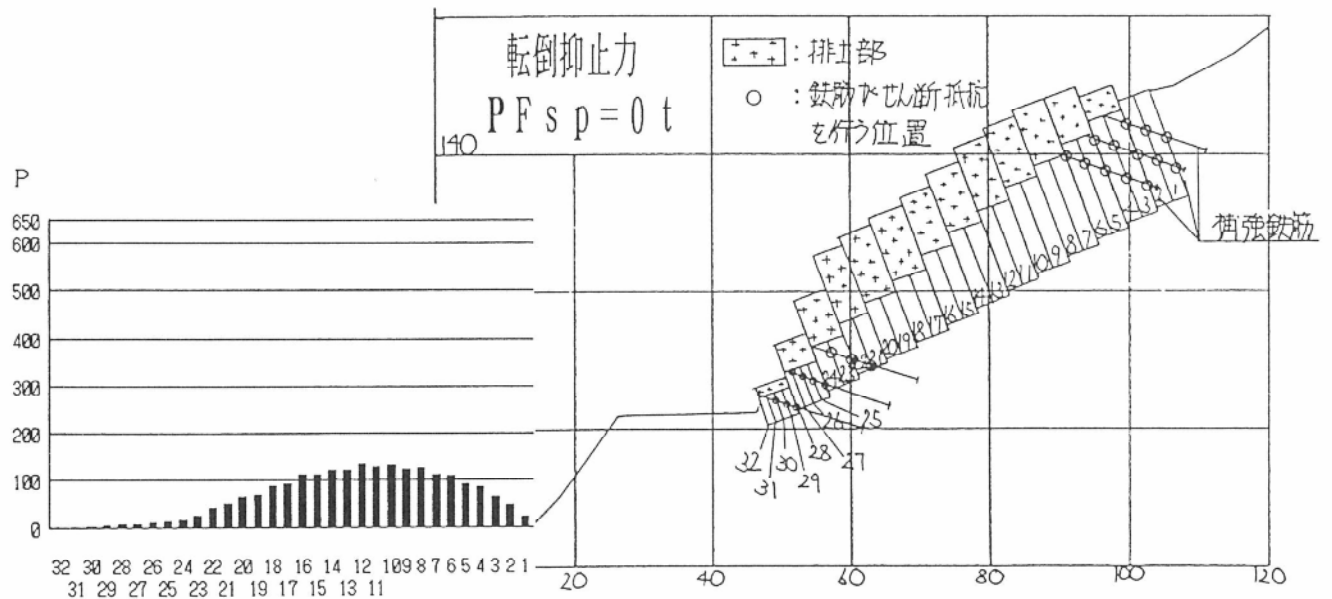


図5-4. $S=1:1.2$ 排土+補強鉄筋, 亀裂間隔 $B = 2.5 \text{ m}$ (一部 1.25 m), $P F s p = 0 \text{ t}$