

# J R 高山線落石事故調査報告

岐阜大学工学部 正員 田中祐一朗  
 岐阜大学工学部 正員 水上精栄  
 岐阜大学工学部 学生員 ○坂口拓太

## 1. はしがき

平成8年6月25日、岐阜県益田郡下呂町でJ R 高山線落石事故が発生し、社会的関心を集めた。本研究は、事故原因の調査、検討を行い、今後の対策について論究するものである。

## 2. 事故の状況

図-1は山林所有者の中川氏より提供された落石前の石の状況を示す略図である。石の前面下部には約80cmもの穴が開き、後ろからは2個の石がもたれかかっており、不安定な状態にあった。そこに総雨量102mmの雨が降り土が泥伏化した。図-2は林地における樹木の引き抜き抵抗試験の結果を示す。当該斜面にあった樹木の胸高平均直径は約15cmであり、この樹木による石を支える力は約3tと推定される。これに対し、落石した石の重量ははるかに大きく、木では転落を防ぎきれないことがわかる。

## 3. 模型実験による事故状況の確認

上に述べた事故の状況を模型実験により確認することにした。実験に先立ち、現地で採取した石、土の土質試験結果、及び実験に用いた紙粘土等関係すると思われる諸数値を一覧表にしたものが表-1である。実物と模型との縮尺比は1/20とした。模型の石を水平の状態から斜面角度を徐々に大きくする実験を行った結果、 $\theta = 21^\circ$ で石は転落した。

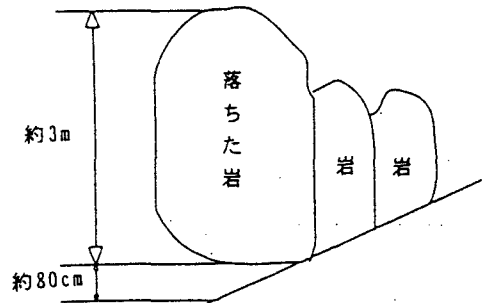


図-1 中川氏から提供を受けた落石前の石の状況

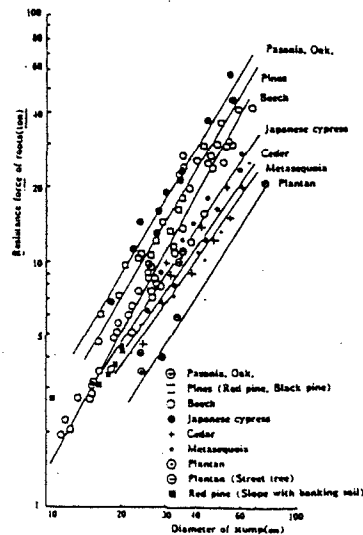


図-2 林地における樹木の引き抜き抵抗試験の結果

|     | 実物の値 : P       |                                      |                              |                        | 模型の値 : M       |                                      |                              |                   |                        | 土の土質実験値                                                  |
|-----|----------------|--------------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------|------------------------|----------------------------------------------------------|
|     | 質量<br>W<br>(t) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 体積<br>V<br>(m <sup>3</sup> ) | 斜面角<br>$\theta$<br>(度) | 質量<br>W<br>(g) | 密度<br>$\rho$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 体積<br>V<br>(m <sup>3</sup> ) | 含水比<br>$w$<br>(%) | 斜面角<br>$\theta$<br>(度) |                                                          |
| R 1 | 76.3           | 2.634                                | 28.97                        | 35                     | 447.0          | 1.235                                | 413.3                        | 98.2              | 21                     | 密度: 1.65<br>(g/cm <sup>3</sup> )<br><br>内部摩擦角:<br>35 (度) |
| R 2 | 1.36           |                                      | 0.516                        |                        | 79.7           |                                      | 61.7                         |                   |                        |                                                          |
| R 3 | 1.92           |                                      | 0.729                        |                        | 112.5          |                                      | 93.4                         |                   |                        |                                                          |

表-1 実物と模型の諸数値

#### 4. 実験による考察

図-1の略図を参考に $\theta$ なる斜面上に3個の石が並立する図-3を示す。 $G_1, G_2, G_3$ は各々の石の重心である。この3個の石の合力 $W$ とその作用点 $O_1$  ( $G_1$ からの距離 $r$ )は次のように求められる。

$$W = W_1 + W_2 + W_3 \quad (1)$$

$$r = (a_2 W_2 + a_3 W_3) / W \quad (2)$$

合力の作用点に地盤反力 $W$ がある。この $O_1$ を通り斜面に平行な線 $CD$ を考え、 $W_1, W_2, W_3$ を $CD$ 線に垂直な分力と平行な分力に分ける。 $O_1$ を中心にモーメントの釣合の式は

$$(n_1 W_1 + n_2 W_2 + n_3 W_3) \sin \theta = (m_1 W_1 + m_2 W_2 + m_3 W_3) \cos \theta \quad (3)$$

となる。(3)式より

$$\tan \theta = (m_1 W_1 + m_2 W_2 + m_3 W_3) / (n_1 W_1 + n_2 W_2 + n_3 W_3) \quad (4)$$

を得る。ここに $a_2, a_3, m_1, m_2, m_3, n_1, n_2, n_3$ は重心の位置 $G_1, G_2, G_3$ が決まると図上数値的に決定される。(4)式により計算される計算値 $\theta_p = 34.2^\circ$ ,  $\theta_m = 19.6^\circ$ は実測値 $\theta_p = 35^\circ$ ,  $\theta_m = 21^\circ$ と極めて近い。

以上のことは次のような意味を持つ。 $d = 80$  cmの穴の下から $\theta$ の角度の線は石と $O$ にて交わる。斜面の土の安息角と $\theta$ は $\phi = \theta$ であり、土は斜面を滑り落ちる限界にある。合計102 mmの雨により泥状化した土の支持力は小さく、石はその自重により若干沈下し、その分だけ地中水を排除する(圧密排水)。この水が斜面下方に流下するにつれ、 $O$ 点は $O_1$ 点方向に移動し、両点が一致した時点で石は転落するものと思われる。

#### 5. 事故防止対策

この事故の原因は次のように考えられる。大きな石が存在する斜面そのものに原因がある。山林所有者によると岩は浮いた状態にあり、人工林がこのような状況へと変化させる原因を考える必要がある。現地における樹木は人工林であり、そのため地表面は風化し、岩の下の穴が徐々に拡大され、浮き石へと変化、バランスを失い転倒した。さて、これに対し我々はどの様に対処すべきか？

現時点における、落石・崩壊に対する安全性の判断、災害発生の予知は難しい。現実的に行える処置としては、人間の勘にまかされた安全点検を行い、不安定な岩を除去することぐらいである。しかし、何の判断基準も設けられていないのも問題である。今回の事故においても、地主の方の事前の調査依頼に対し、県の土木事務所がどの様な基準で安全性を判断したか疑問である。刻々と変化する自然環境に対し、安全性を判断することは困難だが、管理者である国や県は地元住民から寄せられる情報を生かそうとする姿勢が重要である。

今回の事故では、幸いにも道床工事のため列車がスピード<sup>\*</sup>を落としていたこともあって、死者はなかった。しかし一歩間違えれば被害はもっと大きな事故につながりかねない。自然災害から市民を守ることが土木の1つの役割であり、その様な視点にたった今後の事故防止への対策としては、安全性を第一にした斜面の計画・開発、管理・調査における判断基準の検討を行う必要がある。

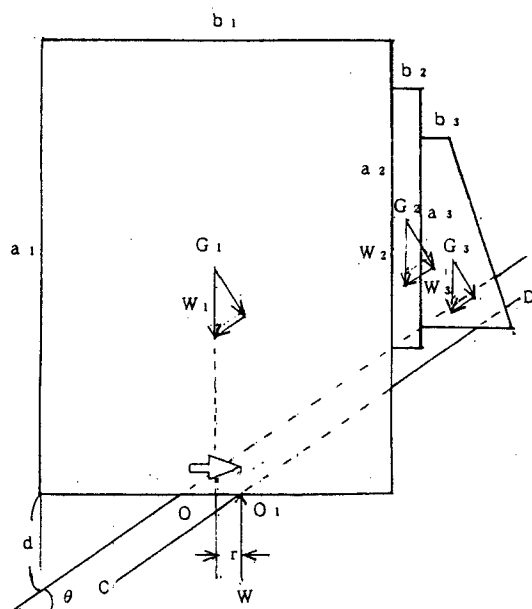


図-3 落石前の石の模式図