

広島市安佐北区の落石とシミュレーション解析

(株) 荒谷建設コンサルタント フェロー 山下 祐一
 (株) 荒谷建設コンサルタント 正会員 ○岡本 晋
 (株) 荒谷建設コンサルタント 徳田 純一

1. はじめに

平成 15 年 4 月 21 日、広島市安佐北区可部町上町屋で落石があり、落石は一般県道南原峡線にまで達した。幸いにも人的被害はなかったが、一步間違えば通行車両等を直撃する可能性もあった。ここでは、本落石について発生原因や落石の移動状況、到達距離等の実態を明らかにするとともに、シミュレーション解析により落石の特徴を検証した。



写真-1 斜面に停止した落石の状況

2. 落石の状況と発生原因

平成 15 年 4 月 21 日、広島市安佐北区可部町上町屋で落石があった。現場は南原ダムの下流約 3km の箇所であり、南原川と一般県道南原峡線が並行している箇所である。落石は南原川左岸側の標高約 160m の山の中腹より発生し、大部分が県道までの斜面にて停止した（写真-1）が、一部は県道上にまで到達した（写真-2）。県道に達した落石の大きさは、最大のもので $1.2\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.7\text{m}$ 程度（重量：約 1.1t）であった。



写真-2 落石状況（広島市写真）

広島地方気象台のアメダスデータ（三入）によると、落石発生当時は、19 日午前 10 時から 20 日午後 6 時にかけて合計 50mm の降雨があった（図-1）。落石発生源は、尾根より約 10m 下方にある傾斜約 60 度の露岩部分であった（写真-3）。発生源の斜面には $3.5\text{m} \times 1.5\text{m} \times 2.0\text{m}$ 程度のくぼみが存在し、この部分の岩塊が剥離し落下したものと推測される（写真-4）。なお、落石発生源から県道までの比高差（落石高さ）は約 45m であった。

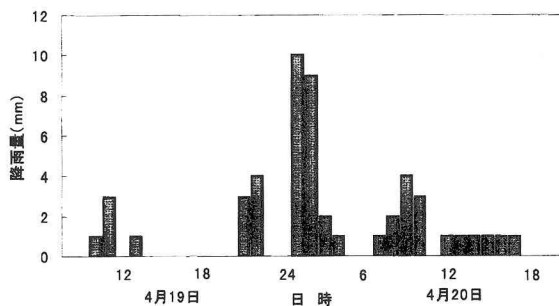


図-1 降雨状況（広島市安佐北区三入）

今回の落石の形態は、落石対策便覧のパターン分類によると転倒崩壊に該当すると考えられる。落石発生源付近は岩の亀裂が多く、木根を多く混入している状況である。落石発生原因は、雨水の浸透による岩盤の緩みと亀裂の進行、長年にわたる岩盤の風化等が考えられる。

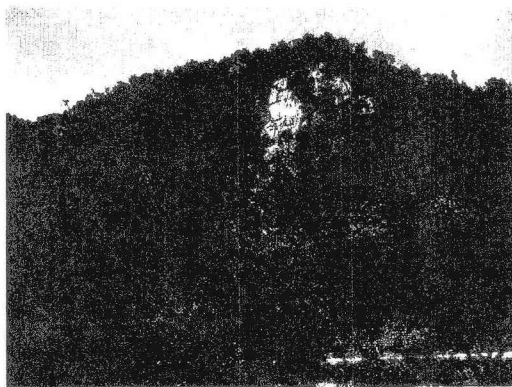


写真-3 落石発生斜面全景



写真-4 落石発生源の近影

3. 落石のシミュレーション解析

落石が斜面を落下する経過を検証するために、シミュレーション解析を行った。解析方法は個別要素法(DEM)とし、解析ソフトは2D-Block(地層科学研究所)を使用した。なお、落石シミュレーションに使用する定数等は、現地状況と過去の実績を踏まえ、表-1のように設定した。

解析に使用した落石の形状は、1.0m×1.0mの四角形とした。なお本解析では、落石の落下軌跡、速度等を算出した。

解析結果は図-2及び表-2に示すとおりである。

4. 落石による衝撃力の比較

落石対策便覧¹⁾によると、落石による衝撃力P(kN)は式(1)で表される。

$$P=2.108 \times (m \cdot g)^{2/3} \times \lambda^{2/5} \times H^{3/5} \dots\dots(1)$$

ここで、mは落石質量(t)、gは重力加速度(m/sec²)、λは被衝突体のラーメの定数(kN/m²)、Hは落下高さ(m)である。

落石対策便覧によると衝撃力は落石質量と落石落下高さにより決定されるが、落石の形状や状況を忠実に反映させることができないことから、より精度の高い衝撃力を算出するためには、落石シミュレーションによる解析が有効である。落石シミュレーションで得られた衝撃力と落石対策便覧にて求めた衝撃力との比較結果を表-3に示す。これに示すとおり、実際の落石軌跡に基づいたシミュレーション解析を用いた衝撃力は、落石対策便覧にて求めた衝撃力の約40%となった。このように、落石シミュレーションにより、より現実的な衝撃力の値が得られることから、対策工計画検討に反映させていきたい。

5. まとめ

以下に本検討で得られた結果を示す。

- 1) 本落石の発生原因は、岩盤の風化および降雨による岩盤の緩みと亀裂の進行である。
- 2) 本検討にて落石の発生、落下、到達状況等、落石の実態を整理することができた。
- 3) 個別要素法による落石シミュレーション解析は、落石の形状や状況を忠実に反映させることができるため、有効な方法である。
- 4) 今後は、さらに解析ケース数を増やし、解析に使用する定数を十分検討し、より精度の高いシミュレーションを実施して、対策工計画に役立てていきたい。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，2000.3
- 2) 山下祐一，岡山恭知，多賀谷宏：第53回平成13年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集，2001.6

表-1 落石解析定数

落石のパラメータ		採用値
落石形状	落石の大きさ	1.0m×1.0m
	形状	四角
	落石高さ	44.25m
	石の比重	2.6
斜面地山と落石の地盤定数	角～辺の接触関係	γ
	法線剛性	:Kn 1.0×10 ⁹ N/m
	せん断剛性	:Ks 1.0×10 ⁹ N/m
	摩擦角	:φ 40°
	せん断強度	:C 0
	辺～辺の関係	
	法線剛性	:Kn 1.0×10 ¹⁰ N/m
	せん断剛性	:Ks 1.0×10 ¹⁰ N/m
	摩擦角	:φ 40°
	せん断強度	:C 0
計算時の設定	解析時間ステップ	5.0×10 ⁻⁵ sec
	減衰 質量減衰比率係数 :α	0.00～0.10
	剛性減衰比率係数 :β	5×10 ⁻³ ～2×10 ⁻²

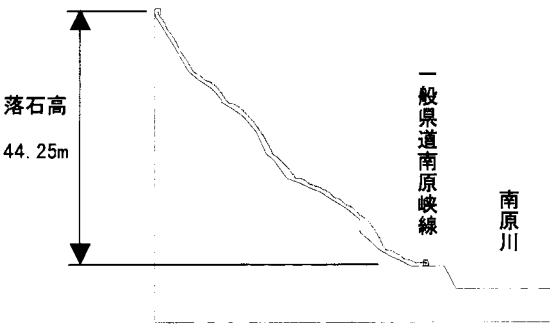


図-2 断面図及び落石落下軌跡

表-2 落石シミュレーションによる解析結果

落石形状 (m)	落石質量 (kN)	落石高さ (m)	落石速度 (m/sec)	衝撃力 (kN)
1.0×1.0	26.0	44.25	13.6	2,784

表-3 落石衝撃力算出結果の比較

	落石シミュレーション	落石対策便覧
落石による衝撃力	2,784kN	7,061kN