

切土のり面における落石運動に関する検討

日本道路公団試験研究所 正会員 竹本 将
 日本道路公団試験研究所 正会員 松山 裕幸
 日本道路公団試験研究所 正会員 緒方 健治
 日本道路公団大阪技術事務所 正会員 永吉 哲哉

1. はじめに

切土のり面における落石の挙動に関する研究は、合理的な落石対策工の検討には非常に重要である。しかし、落石挙動は、落石の寸法・形状、斜面の形状・勾配・凹凸・地質・植生状況等の影響を受けるため、力学的理論解析のみで予測することは、非常に困難である。そのため、当公団では現場のり面を用いた落石実験¹⁾を行い、落石運動形態、速度、跳躍量等に関する過去の落石実験²⁾との比較により、切土のり面における落石挙動の検討を行ったので報告する。

2. 実験概要

表1に実験に用いた石の形状、寸法および実験ケースを示す。実験は、自然石5種類、擬石2種類の石を用い、最大自然石の重量は5.34kN、投石断面は3断面(A, B, C)、全部の実験ケース数は42である。

表1 実験に用いる石及び実験ケース

石の番号	石の名前	径[cm]			重量 [kN]	投石回数		
		長径	中間径	短径		A	B	C
1	大(1)	73	57	53	5.34	1	-	-
2	大(2)	86	64	49	5.34	1	-	-
3	中(1)	58	55	50	2.74	3	3	3
4	中(2)	50	45	44	2.25	1	3	3
5	小	32	28	28	0.64	3	3	3
6	擬石小	30	30	30	0.62	5	3	-
7	擬石大	50	50	50	2.74	4	3	-
合計						18	15	9

3. 実験結果

(1) 落石の運動形態

図1にA投石断面の断面軌跡図、図2にB, C投石断面の断面軌跡図を示す。ここでは、A断面とB, C断面の断面形状は多少異なるため、全ケースの軌跡を1つの軌跡図にまとめて表示していない。図1, 2より次のことが明らかである。

1段目のり面の落石運動軌跡は、小さな跳躍が多少存在するが、ほとんどのケースではころがり運動である。

1段目のり面における小さな跳躍は、のり面上の微地形が主な原因である。

ほとんどのケースでは、落石が小段に衝突し、小段下部のり面で大きな跳躍を示す。その後、のり面と衝突するか、次の小段に衝突する。すなわち、小段の存在により、落石の運動形態は、最初の小段から最下段の小段まで、ほとんど跳躍運動と衝突運動のみである。この点が過去の落石実験²⁾における運動形態と異なる。

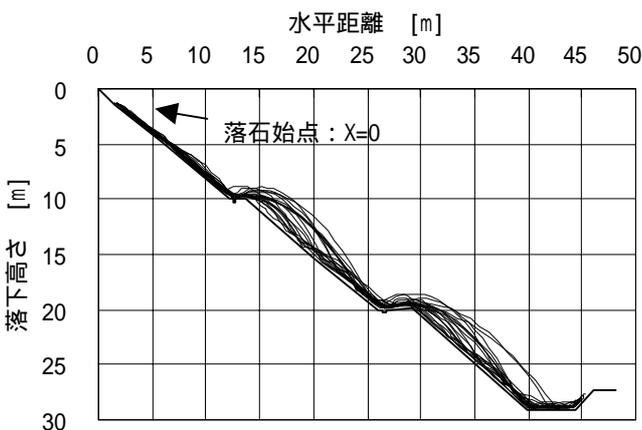


図1 A投石断面の断面軌跡図

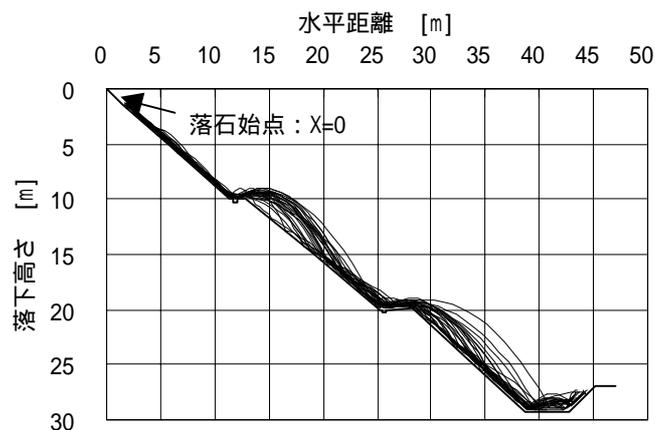


図2 B, C投石断面の断面軌跡図

(2) 落石速度

過去に行われた実験結果²⁾によれば、斜面沿いにバウンドしながら落下してくる落石の速度は、同一高さから自

キーワード：落石実験、切土のり面、落下物、落石速度、落石跳躍量

連絡先：〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 TEL：042-791-1621(代表)

由落下する速度よりも小さく、落石速度と自由落下速度との間には次の関係がある。

$$v = \alpha\sqrt{2gH}$$

ここに、 V : 落石速度、 $\sqrt{2gh}$: 自由落下速度、 α : 残存係数、 g : 重力加速度、 H : 落下高さ

図3に自然石小、自然石中(1)、擬石大(1)の落石速度と落下高さとの関係を示す。この図の中に自由落下の場合の落石速度($v = \alpha\sqrt{2gh}$)曲線、残存係数 $\alpha = 0.85$ の場合の落石速度曲線、および各小段の位置も示す。

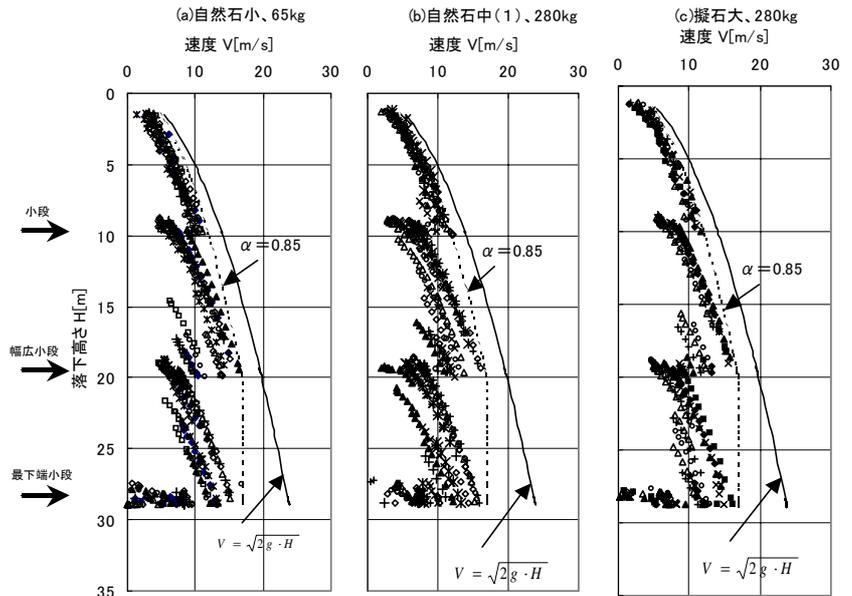


図3 落石速度と落下高さとの関係

図3より次のことが明らかである。

落石速度は、小段で減衰される。

実験に用いた石の落石速度は、

残存係数 0.85 の曲線の内側に分布している。

過去の実験結果²⁾によれば、斜面が長大となって落下高さが40mを超えると、落石速度は一定値(終端速度)に達する傾向があることが示されている。一方、今回の実験の場合、落下高さ20mまでは落下高さの増加に従い、落石速度が大きくなるが、それ以上の落下高さになると落石速度は一定値に収束する。

落石が斜面と衝突する場合、大きなエネルギー損失が生じる。衝突時のエネルギー損失は、ころがり時のエネルギー損失(1段目のり面)よりも大きい。(図1, 2も参照)

各小段での落石速度は、のり面での落石速度よりも小さい。

実験に用いた石の種類の影響は認められない。

(3) 落石の跳躍量

図4に跳躍量と落下高さの関係を示す。この図より次のことが明らかである。

跳躍量はほとんど3m以内である。

各小段における跳躍量は、のり面での跳躍量より小さい。

落石種類と寸法の影響は認められなかった。

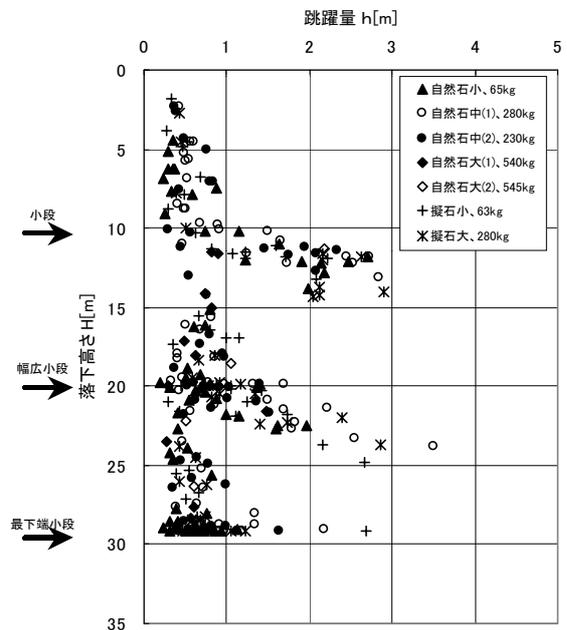


図4 跳躍量と落下高さの関係

4. おわりに

今回の落石実験により、小段が落石速度と跳躍量の減衰に非常に有効であることが分かった。今後、小段における落石対策工の検討を行うため、小段における落石の衝突位置、跳躍高さを整理することが必要である。

参考文献

- 1) 竹本 将他: 切土のり面における落石速度と跳躍量に関する実験、第56回土木学会年次学術講演会(投稿中)。
- 2) 落石対策便覧(平成12年6月)(社)日本道路協会。