

ジオテキスタイルを用いた落石防護補強土壁の実規模重錘衝突実験

(株) ライテク 正会員 ○田島 与典
(株) ライテク 難波 正和

金沢大学大学院 正会員 前川 幸次
金沢大学大学院 遠田 真澄

1. はじめに

落石対策工の一種である落石防護土堤は、落石エネルギーの吸収、消散を図るものであり、施工が容易、かつ経済的な対策となる場合がある。しかし、盛土や切土で築造される土堤は、安定勾配で法面を整形する必要があり、比較的広い用地を要する。ここで、道路構築分野などで用いられている補強土工法に着目すると、ジオテキスタイルを適宜間隔で敷設し、1:1.0～直立までの急勾配盛土を構築する、補強土壁と称される技術がある。この補強土壁で落石防護土堤を構築した場合、土堤幅の縮小、用地制約の緩和が図られ、より多くの落石危険箇所へ適用することが可能となり得る。このような背景から本研究では、ジオテキスタイルを用いた落石防護補強土壁（以下、落石防護補強土壁という）の落石エネルギー吸収性能、挙動を確認することを目的として、実規模実験を行った。

2. 実験概要

(1) 実験方法

図-1 は、実験方法の模式図を示している。本実験では、平均斜面勾配 40° 、斜面直高 37m の実斜面法肩からバックホウで押し出し落下させた重錘を、法尻に設置した実規模大の落石防護補強土壁実験供試体に衝突させた。

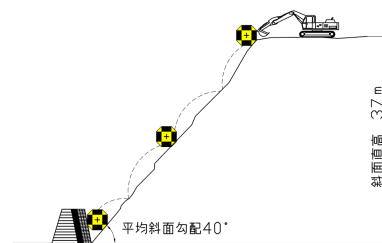


図-1 実験方法

(2) 実験供試体

図-2 は、実験供試体の概要を示している。落石防護補強土壁は、30cm 間隔で2種類のジオテキスタイルを交互に敷設した補強土体と、ジオセルと呼ばれる高密度ポリエチレン樹脂製枠に単粒度砕石 6 号を中詰めした緩衝体で構成する複合構造とした。ジオテキスタイルは、高密度ポリエチレン製の1方向補強材(RSGB)とポリプロピレン製の多方向補強材(TX)を用いた。供試体は緩衝体幅が 0.8m (TYPE2) と 1.6m (TYPE3) の異なる2形式とし、2形式共通の基本形状寸法は、直高 4.2m、谷側勾配 1:0.3、山側勾配 1:0.2、補強土体天端幅 1.4m とした。また落石防護の有効延長を 12m、ジオセル(テラセル TW)の小口止めを両端部に 1m ずつ設置し、供試体総延長を 14m とした。なお、実験最終段階において、補強土体単独構造 (TYPE1) の性能を確認するため、緩衝体を撤去し補強土体単体に対する重錘衝突実験も試みた。

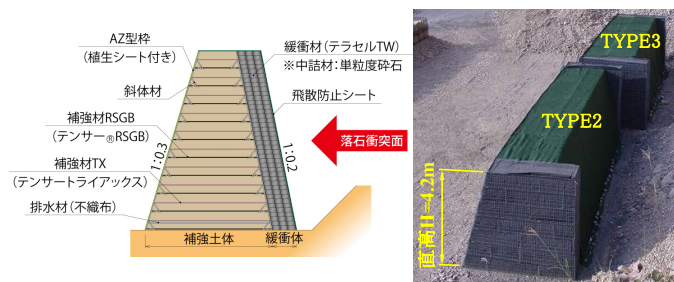


図-2 実験供試体の概要

3. 実験結果および考察

実験は重錘落下走路 A, B の2走路、重錘4種類(質量 2.5, 5.2, 10.1, 17.1ton)で全9ケース実施した。3構造形式で、衝突エネルギー、最大衝撃力が大きい3ケースの実験概要を表-1に示す。表-1において、速度とエネルギーは高速度カメラの画像解析より得た値であり、最大衝撃力は重錘内部に設置した三軸加速度計で得た合成加速度と重錘質量の積である。この種の実規模実験における衝突エネルギーおよび衝撃力の計測値は

キーワード 落石, 落石防護, ジオテキスタイル, 落石防護補強土壁, 重錘衝突実験

連絡先 〒951-8061 新潟県新潟市中央区西堀通7番町1555番地 日生第5ビル5階

(株) ライテク新潟事務所 TEL 025-378-8051

表-1 実験結果の概要

実験No.	構造形式	走路	重錘重量 W (ton)	重錘直径 D (m)	衝突高さ ^{*2} H (m)	線速度 V (m/s)	回転角速度 ω (rad/s)	線速度エネルギー [*] E_v (kJ)	回転エネルギー [*] E_r (kJ)	全運動エネルギー [*] E (kJ)	最大衝撃力 ^{*3} $F_{\max}$ (kN)	壁面最大変位量 ^{*4} $\delta_{\max}$ (mm)	上段: 実験目的と供試体状態 下段: 捕捉後の供試体損傷状態
						上段: 衝突時の値 (評価値) 下段: 衝突0.15～0.30s前の最大値 (参考値)						上段: 谷側 下段: 山側	
Case 1	TYPE2	A	17.1	2.108	2.546	14.358	7.680	1762.6	274.2	2036.8	5774	239	TYPE2補修状態での重錘連続衝突実験 (衝突回数3回目) 飛散防止シートとジオセルが破損, 谷側壁面の突出と補強土体の変状大, AZ型枠は谷側上下連結部が一部離脱, 山側一部鉄線破断
						17.381	8.311	2582.9	321.2	2904.1		1727	
Case 2	TYPE3	B	17.1	2.108	2.646	13.988	10.125	1672.9	476.7	2149.6	5426	133	TYPE3補修状態での重錘連続衝突実験 (衝突回数2回目) 飛散防止シートとジオセルが破損, 谷側壁面の突出と補強土体の変状が進行
						23.268	11.443	4629.0	608.8	5237.8		1800	
Case 3	TYPE1	B	17.1	2.108	2.146	16.294	9.723	2270.0	439.6	2709.6	5287	441	TYPE1未補修状態での重錘連続衝突実験 (衝突回数4回目) 谷側壁面衝突部は変状大でAZ型枠の上下連結の離脱, 変形, 溶接点破断, 山側壁面衝突部は陥没大でAZ型枠の変形, 鉄線破断
						21.857	10.606	4084.6	523.0	4607.6		1900	

*1 緩衝体幅:TYPE1は無, TYPE2は0.8m, TYPE3は1.6m. *2 衝突高さ:下端から重錘中心までの高さ. *3 最大衝撃力:衝突後の最大値. *4 最大変位量:谷側は衝突後のトータルステーション計測による残留変位量, 山側は高速度カメラの画像解析による重錘衝突位置から谷側への最大移動量.

ほとんどない. 衝突時の全運動エネルギーは, 衝突 0.15~0.30s 前のそれに対して約 40~80%に低減した. これは, 重錘が衝突直前で供試体山側の斜面整形盛土上をリバウンドし, 運動エネルギーが吸収されたためである.

図-3 は, Case1 の谷側壁面変位量の分布を示している. 衝撃荷重の影響は, 衝突位置を中心として供試体全体に及んでおり, この傾向は他ケースも概ね同様である. これは, AZ 型枠(壁面材)の縦横連結部が強固であること, ジオテキスタイルを 30cm 間隔で敷設したことで補強土体の安定度が高まることにより, 衝撃荷重を広範囲に分散させる効果があるものと推察する. 壁面変位について, 谷側は連続载荷による変位量の累計が 300mm 程度を超えると AZ 型枠に何らかの変状をきたす一方で, 700mm 程度に達しても供試体は崩壊することなく重錘を捕捉した. 山側は重錘が直撃することで変状ならびに部材損傷を伴うため, 損傷箇所の補修が必要と考える.

図-4 は, 最大衝撃力と衝突エネルギーの実験値を, 振動便覧式による理論値と併せて示している. 供試体のラメ定数は, 補強土体と緩衝体の複合構造(TYPE2, 3)で 1500kN/m²程度, 補強土体単独構造(TYPE1)で 1000kN/m²程度である. 複合構造は, 補強土体単独構造と比較して, 単粒度碎石を中詰めしたジオセルの剛性が高いため, ラメ定数が大きくなるものとする.

4. まとめ

本実験において, 補強土体単独構造は, やや大きな変状を伴いながらも破壊に至ることなく約 2700kJ の衝突エネルギーを捕捉した. 補強土体と緩衝体の複合構造は, 目標衝突エネルギー5000kJ を下回り, 軽微な損傷で捕捉したため, 本構造体における落石防護性能の限界値は確認できていない. しかしながら, 2007 年イタリアで D.Peila¹⁾らが類似構造の実規模実験を行い, 約 4200kJ の衝突エネルギーを捕捉した事例からも, 落石防護補強土壁の落石防護性能は非常に優れているものと確信する.

参考文献

1) D.Peila, C.Oggeri, C.Castiglia : Ground reinforced embankments for rockfall protection : design and evaluation of full scale tests, *Landslides*, Vol.4, pp. 255-265,2007.3.

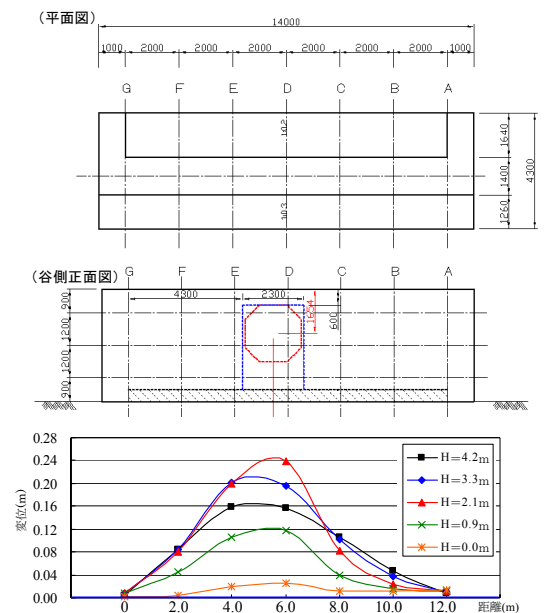


図-3 谷側壁面変位量の分布 (Case1)

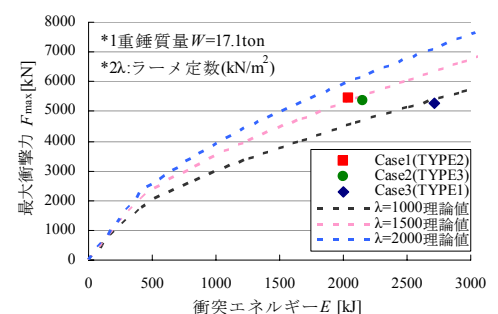


図-4 最大衝撃力と衝突エネルギーの関係