

EPSとジオグリッドの組合せによる 落石衝撃力の緩衝効果に関する実験的研究

加藤英樹¹・栴尾孝之²・千代田健³・村田佳久⁴

津田 暁⁵・福澤崇志⁶・米原拓実⁷・前川幸次⁸

落石を対象とした防災構造物(ロックシェッド)上に発泡スチロール(以後、EPSとする)を積層し、落石衝撃力を緩和する工法が一般的に行われてきた。落石衝撃力の緩和効果はEPS単体の積層構造で得られるが、衝撃力が大きくなると緩和領域(EPSの設置高さ)が大きくなり施工性や経済性が悪く不合理となることから、EPSの設置高さを小さくして衝撃緩衝効果を高めることのできる工法が期待されている。

本研究では、実物大レベルの重錘落下実験によりジオグリッドを補強材として設置したEPSの衝撃緩衝効果が従来の設計方法より向上することを確認することができた。

キーワード：ジオグリッド，衝撃緩衝，EPS，高速引張試験

1. はじめに

北海道の豊浜トンネルにおける落石事故の悲劇から、来年で15年目を迎える。落石による衝撃力は非常に大きく、一度落石事故が発生すると多大な被害を生じかねないことから、ロックシェッドのような落石防災構造物が数多く設置されている。また、落石による過大な衝撃力が予想される場合には、わが国では、防災構造物上にEPSを積層することにより衝撃力を緩和する工法が用いられてきた。しかし、EPSを積層するだけでは、EPSの緩和領域(EPS設置高)が大きくなり、施工性や経済性が悪く不合理となる事例も多い。

そこで、EPSの層間(最上層下1層目)に引張り剛性の高いジオグリッドを補強材として設置することで、EPSの衝撃吸収力とジオグリッドの引張り強さによる補強効果の組合せによる衝撃緩衝効果について実物大実験を行い、その効果を確認できた。また、ジオグリッドの補強効果(緩衝効果)の設計方法は、Terzaghiの支持力理論を基本に山内らがハンモック効果を考慮して提案した支持力算定式¹⁾を参考にする。

2. 実験の概要

本実験では、防災構造物上のEPSとジオグリッドの組合せによる衝撃力緩衝効果を確認する目的で図-1に示すような、6.0m(幅)×6.0m(奥行き)×0.2m(高さ)のコンクリート土間上の、4.0m(幅)×4.0m(奥行き)×2.1m(高さ)の周囲4辺を合板で枠組みし単管で補強した囲い壁内に、厚さ50mmの砂を敷き、単位体積重量15kg/m³のEPS(2.0m×1.0m×0.5m)を4.0m(幅)×4.0m(奥行き)×2.0m(設置高さ)で目地が重ならないように交互に積重ねて重錘落下実験槽を築いた。コンクリート土間の中央部付近には図-1のように土圧計を0.25mピッチで中央から1番～5番まで5個設置した。

補強材にはポリエチレン製、一軸延伸タイプで補強材製品基準強度90kN/mのジオグリッドと、ポリプロピレン製で縦27kN/m、横30kN/mの二軸延伸タイプを用いた。一軸延伸タイプのジオグリッドは2枚敷きとし、強度発現の方向性を考えて90度回転させて敷設した。二軸延伸タイプのジオグリッドは1枚敷きおよび2枚敷きとした。また、敷設位置はEPS最上層下と2層目上とした。重錘

¹特別会員，太陽工業株式会社，国土環境エンジニアリングカンパニー（〒532-0012大阪府淀川区木川東4-8-4）

²特別会員，太陽工業株式会社，国土環境エンジニアリングカンパニー（〒154-0001東京都世田谷区池尻2-23-16）

³非会員，株式会社JSP，第一事業部 建築土木資材事業部 開発部 開発グループ（〒100-0005東京都千代田区丸の内3-4-2 新日石ビル）

⁴非会員，日本サミン株式会社，企画管理部（〒950-0925新潟市中央弁天橋通1-8-23）

⁵非会員，カネカケンテック株式会社，東日本事業部（〒100-0011東京都千代田区内幸町1-3-3）

⁶非会員，積水化成成品工業株式会社，第1事業本部 土木資材事業部（〒306-0235茨城県古河市下辺見1336-2）

⁷非会員，太陽工業ジオテクノサービス株式会社 技術開発課（〒529-0344滋賀県東浅井郡湖北町馬渡字中町1417）

⁸非会員，金沢大学，理工研究域環境デザイン学系（〒920-1192石川県金沢市角間町）

(重さ1.0tf, 1辺長78cm 写真-1)はスイス環境森林景觀庁 (SAEFL²⁾) 規格に準拠させ三軸加速度計を取付けた。落下実験は50tラフタクレーンで重錘を吊り上げ、10.0m, 20.0m, 30.0mの高さより落下させた。なお、実験の測定項目と測定方法を表-1, 各実験ケースを表-2に示す。

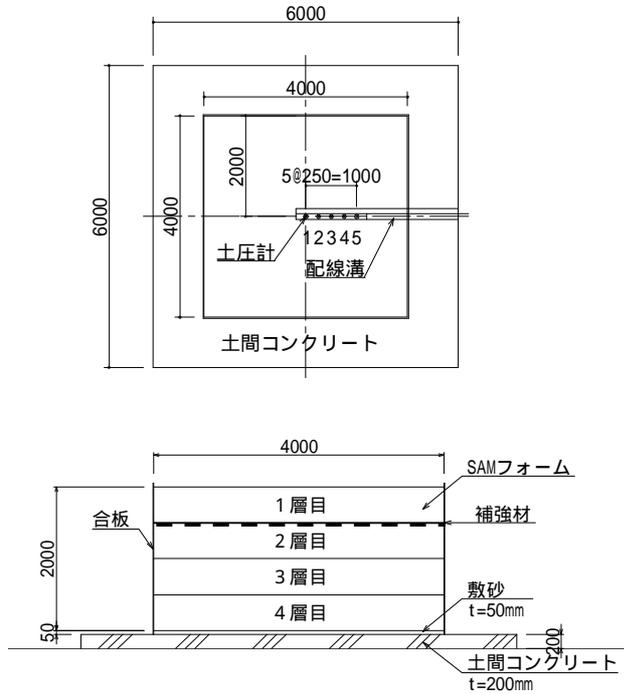


図-1 重錘落下実験槽及び土圧計配置図

表-1 測定項目と測定方法

測定項目	
重錘の加速度	3軸加速度計 (容量980m/s ²)
重錘落下直下の土圧	土圧計 (5点, 容量1MPa)
重錘のリバウンド量	高速度カメラ (2方向, 300fps)
補強材の破断状況	破断状況を計測
EPSの破断状況	EPS各段の破断状況および各段上下の貫通穴径を計測
測定方法	
KEYENCE製 NR-500 (土圧計用), NR-2000 (加速度計用)	
サンプリング間隔 0.25 msec	

表-2 実験ケース

実験No	落下高さ (m)	補強材製品基準強度 (kN/m)	枚数
CASE1	30	補強材なし	-
CASE2	30	90	2枚
CASE3	30	90	2枚
CASE4	20	90	2枚
CASE5	10	90	2枚
CASE6	10	90	2枚
CASE7	20	縦 27 横 37	2枚
CASE8	20	縦 27 横 37	1枚

1枚目と2枚目は、90度向きを変えて重ねる。

3. 実験結果と考察

(1) EPS破断径と分散角度

各ケース実験後に計測した破断面の直径を図-2に示す。同様に破断分散角度を図-3に示す。破断面直径, 破断分散角度とも直角方向に2断面の角度を測定し単純平均した値をグラフ化した。

1層目上面の重錘が貫入する箇所の破断面直径は各ケースとも重錘の1辺長の約1.1倍で同様であるが, 1層目内では, CASE1はほぼ垂直に破断分布面が見られるのに対し, CASE2~CASE8では, 1層目の上面から下面に向かい約25度から約35度の範囲でほぼ同様に円錐状に広がっている。

一方, 2層目以降はCASE1では多少の変動はあるものの重錘幅の約1.1倍から約1.4倍の幅で垂直に破断しており, 3層目の下面では重錘1辺長の約1.1倍の値を示している。この数値は過去の実験結果³⁾と合致している。

CASE2~CASE8では2層目上面から1.5m前後の直径で破断しており, 重錘幅の約1.9倍であった。

CASE1では, 重錘が最大貫入量に達するまで, ほぼ一定の影響範囲でEPSに貫入したことを表し, CASE2~CASE8ではEPSの2層目以降, ジオグリッドの補強効果により衝撃力が分散されたことを示している。



写真-1 重錘落下実験槽, 重錘と開放装置: SAEFL 規格準拠

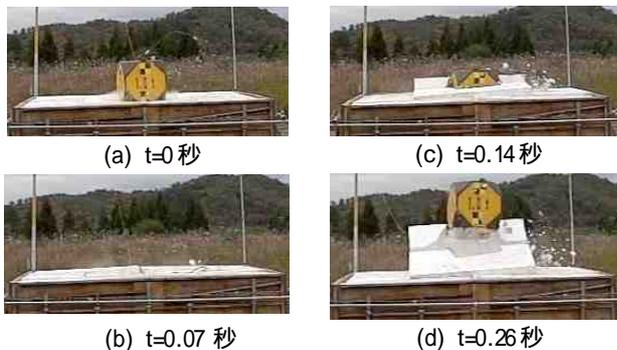


写真-2 CASE7の(a)衝突, (b)貫入と(c)(d)跳ね上がり

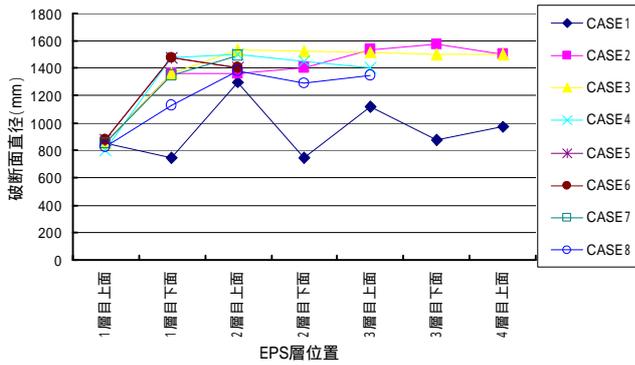


図-2 EPS 各層の破断面直径

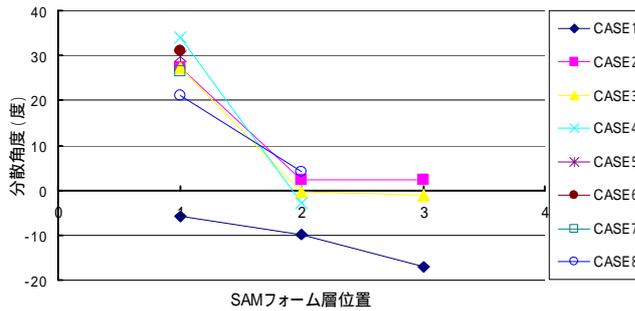


図-3 EPS 各層の破断分散角度

(2) 土圧

a) 土圧の時間的变化

土圧計は、EPS の中心から 0.25m ピッチに番号 1 から 5 まで 5 個設置した。実験ケースごとの土圧測定結果を図-4 に示す。

全ケースにおいて、中心部の土圧計 1 と最外側の土圧計 5 はその他と比較して小さな値を示している。これは土圧計を設置した位置に EPS の目地位置が重なり、衝撃力が十分に伝達されなかったためであると考えられる。また、CASE1 では貫入開始後約 0.07 秒後に最大貫入量に達するが、その後も土圧はほぼ一定に保ちながら、その後およそ 0.03 秒後にどの土圧計も土圧の値が急激に減少している。一方、CASE2 から CASE8 では貫入開始後約 0.08~0.09 秒後に最大貫入量（図-8 参照）に達し、その前後から土圧が緩やかに減少し始めている。土圧の立ち上がりについては、CASE1 と CASE2 から CASE8 の間に差は見られない。

また、全体的な土圧の作用時間は、CASE1 が 0.1 秒程度に対し、CASE2 から CASE8 は 0.2 秒程度と 2 倍弱の値を示し、どのケースも作用時間は中心から遠い土圧計に従い短くなる傾向が見られるものの顕著なものではない。

これはジオグリッドによる吊り上げ効果（ハンモック効果）により、重錘の落下とリバウンドに伴う荷重の載荷と除荷が重錘の直下に作用せず、EPS 内部で分散したことによる影響であるものと考えられる。

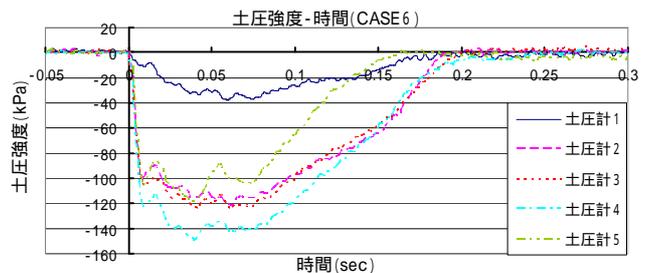
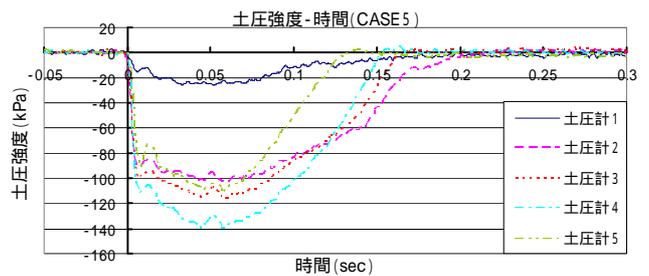
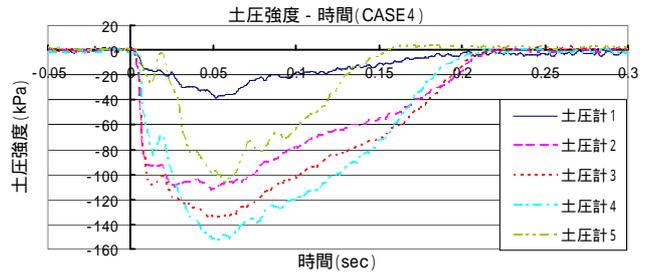
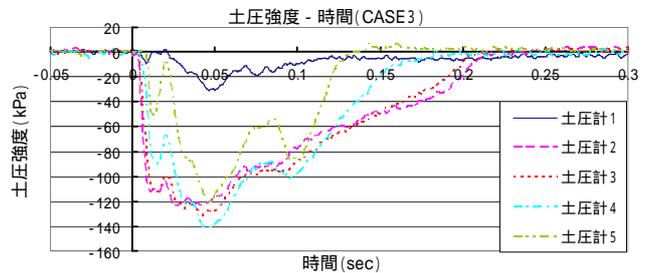
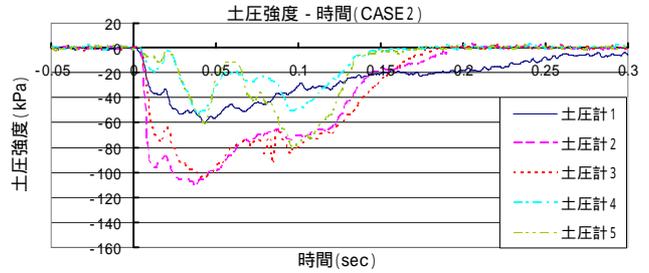
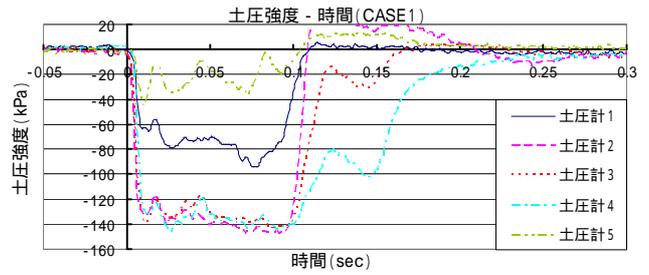


図-4a 各ケースの土圧グラフ（その1）

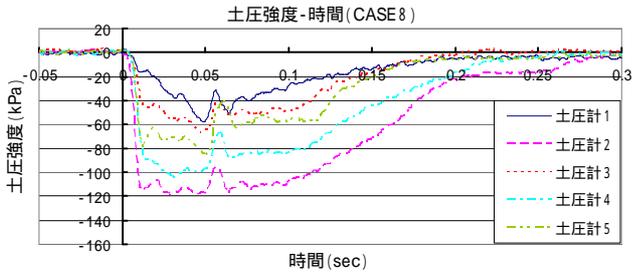
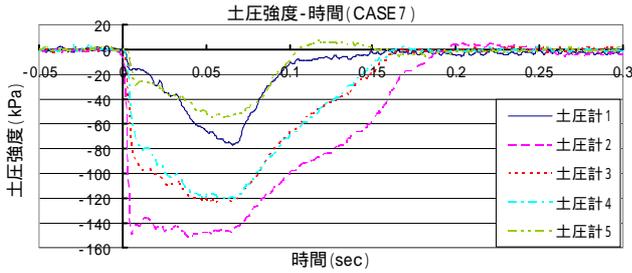


図-4b 各ケースの土圧グラフ (その2)

b) 最大土圧と平均土圧の分布

表-3 は各土圧計の最大土圧の値を示し、表-4 は各土圧計の平均土圧を示す。また、図-5 および図-6 はこれらをグラフ化したものである。

表-3 各ケースの最大土圧 (単位: kPa)

土圧計番号	1	2	3	4	5
中心距離	0	0.25m	0.50m	0.75m	1.00m
CASE1	-94.6	-147.6	-139.8	-144.0	-36.2
CASE2	-60.4	-111.2	-104.1	-54.4	-31.2
CASE3	-30.7	-124.0	-125.8	-122.1	-88.2
CASE4	-38.4	-111.5	-136.0	-152.4	-106.5
CASE5	-25.8	-102.1	-115.4	-139.6	-109.6
CASE6	-37.2	-116.2	-122.7	-141.6	-104.7
CASE7	-76.7	-147.3	-122.9	-121.9	-55.0
CASE8	-38.2	-118.5	-58.6	-103.8	-74.0

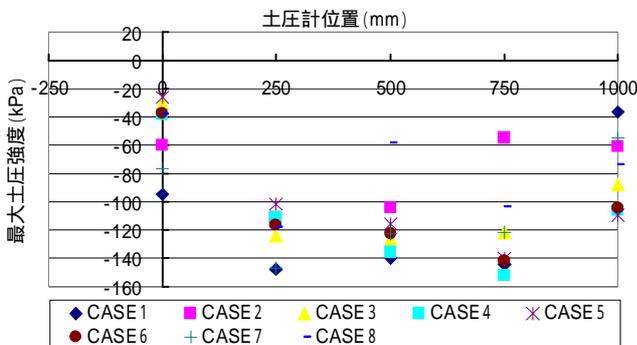


図-5 各ケースの最大土圧グラフ

表-4 各ケースの平均土圧 (単位: kPa)

土圧計番号	1	2	3	4	5
中心距離	0	0.25m	0.50m	0.75m	1.00m
CASE1	-46.9	-87.0	-100.2	-119.8	-11.5
CASE2	-	-	-	-	-
CASE3	-14.0	-104.8	-107.0	-102.2	-70.3
CASE4	-24.6	-95.6	-113.2	-115.7	-63.2
CASE5	-	-	-	-	-
CASE6	-28.0	-110.3	-115.7	-136.0	-101.8
CASE7	-48.8	-145.9	-112.2	-105.5	-42.2
CASE8	-	-	-	-	-

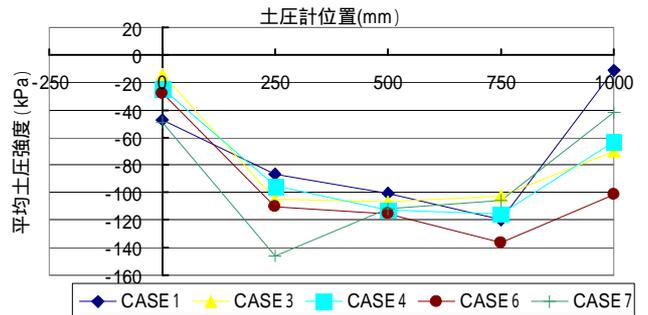


図-6 各ケースの平均土圧グラフ

土圧の分布範囲について考えると、最大土圧、および平均土圧とも CASE1 では土圧計 1~4 までの値と比較し、土圧計 5 の値は極端に小さい。このことから半径の約 0.75m から 1.00m 以内の範囲で大きな土圧を受けたと推定できる。これは、重錘の 1 辺長 0.78m の約 1.0 から 1.3 倍であり、前述の EPS 破断直径と破断分散角度より CASE1 の 2 層目以下での重錘 1 辺長の約 1.1~1.4 倍とおおよそ合致する。

CASE2 から CASE8 について、土圧計 1~4 までの値と比較して土圧計 5 の値の上がり方も小さい。このことから、直径約 1.5m 以上の範囲で力を受けていることがわかる。CASE1 と同様に EPS 破断直径と破断分散角度より破断面の直径約 1.5m と合致する。したがって、CASE1 では重錘の衝撃による衝撃力の範囲は EPS の破断径と一致し、大きな広がりを見せないが、CASE2 から CASE8 では衝撃力の範囲、EPS の破断径とともに CASE1 より大きな広がりがあり、補強材による分散効果を見ることができる。

c) 衝撃力 - 貫入量

測定した重錘の加速度に重錘質量を乗じた値を重錘衝撃力とし、衝突速度と重錘加速度の 2 階積分から得られる重錘変位を貫入量とする。

ここで、重錘の衝撃力により EPS は変形しひずみが発生する。EPS の圧縮試験による応力 とひずみ量%の関係に加え、応力 と衝撃力が作用する面積 A の積を衝

撃力 P とし、ひずみ量を貫入量と置き換えると、ひずみ量と応力、作用面積から衝撃力と貫入量の関係をモデル化することができる。図-7 にモデル化した曲線を示す。さらにモデル化する方法についての詳細を以下にまとめる。

各ケースの実験結果のグラフ上に、今回の実験で得られた各層下面の分散面積は全て同じと見なすことができることから $A_1 = A_2 = A_3 = A_4$ とし、EPS の 5%ひずみに相当する貫入量 C_5 ($C_5 = 2000 \times 0.05 = 100$ mm) に対する衝撃力を $P_5 = \sigma_5 \cdot A_1$ とする。

また、60%ひずみに相当する貫入量 C_{60} に相当する衝撃力を $P_{60} = \sigma_{60} \cdot A_2$ とし、 P_5 と結んで 70%ひずみに相当する貫入量 C_{70} まで直線を延長する。この点での衝撃力を P_{70} とし、さらに貫入量が EPS 厚さ h ($C_{100} = 2000$ mm) の 80%に対する衝撃力を $P_{80} = \sigma_{80} \cdot A_4$ として P_{70} と結ぶ。

したがって、モデルでは曲線の下側の面積は衝撃のエネルギー量と EPS に変形を与える仕事量と等価であると考えられる。

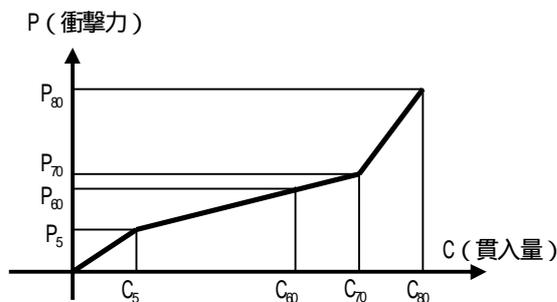


図-7 衝撃力 - 貫入量図モデル化曲線

このようにして得られた衝撃力と貫入量のモデル線と実験で得られた衝撃力と貫入量の波形と重ね合わせた代表的な図を図-8 に示す。実験で得られた実線とモデル化した破線を比較することで衝撃力と貫入量の関係の整合性について論じることができる。

横長のグラフ形状の場合は衝撃力に伴う貫入量が大いことを示し、グラフの形状が縦長の場合は衝撃力が大きく貫入量が少ないことを示すことになる。

このグラフを利用して EPS の必要厚さ（敷厚）を決める。

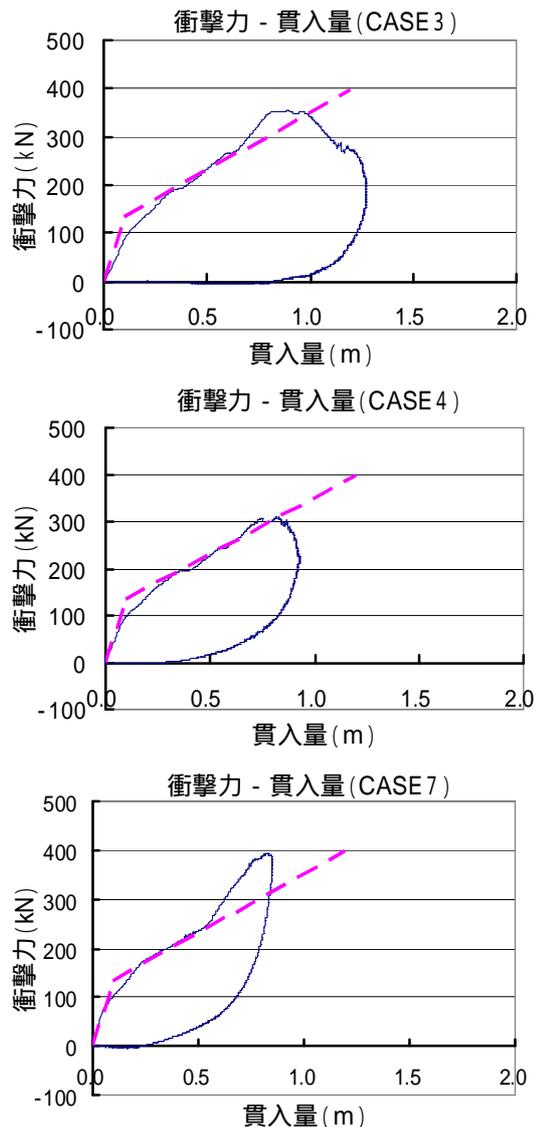
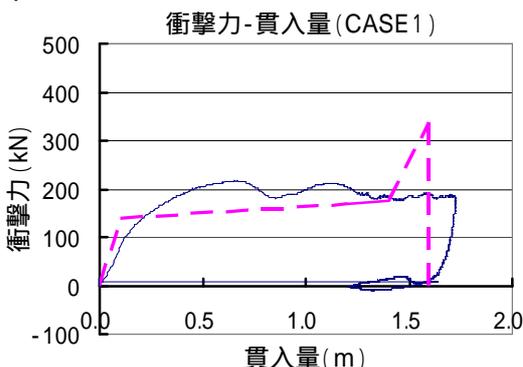


図-8 衝撃力 - 貫入量図

CASE1 では、ひずみが 70%を超えた時点で実際の波形とモデル線とずれが生じているが、CASE3 から CASE7 では、想定したモデル線とよく一致している。

以上のことから、本実験の EPS とジオグリッドの組合せによる衝撃力緩和法においても、従来の EPS 単体での衝撃力緩和法の設計方法⁴⁾を用いても問題無いこととした。

さらに EPS とジオグリッドとを併用した CASE3 から CASE7 では無補強の CASE1 に比べて衝撃力は大きくなるが貫入量が小さくなることがわかる。これはジオグリッドと EPS の組み合わせによる荷重の分散効果が現れたものと考えられる。

4. ジオグリッドの選定検討への実験成果の反映

過去の実験報告書³⁾によれば、EPSブロックは、衝撃力の緩衝効果は高いものの、衝撃力の分散効果はあまり期待できないことがわかっている。本実験によりジ

オグリッドは衝撃力をEPSブロック内で分散させる効果があることがわかった。本実験成果をジオグリッドの選定検討に反映させるためジオグリッドの補強効果について考察する。また、落石による衝撃力の分散効果のモデル図を図-9に示す。

EPSブロックは柔軟な材質の材料であることから、Terzaghiの支持力理論を基本とした山内らが提案した支持力算定式のハンモック効果による設計法¹⁾を基に衝撃力の分散効果を表す計算モデルを立てる。

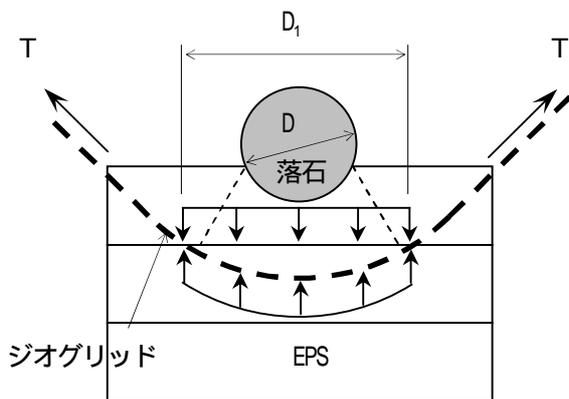


図-9 衝撃力の分散効果の検討モデル図

落石による衝撃力とジオグリッドに発生する張力とEPSブロックの支持力については次の通りとなる。

a) 単位面積あたりに生じる衝撃力

単位面積あたりの衝撃力： P_0 は、衝撃力： P を2段目のEPSブロック上面の予想破断面積： A_1 で除すことにより求められる。しかし、破断面積は落石の直径に依存するので、予想破断直径： D_1 は次式のように算定する。

$$D_1 = D + 2 \times \lambda \times \tan 30^\circ \quad (1)$$

ここに、 D は落石の予想直径、 λ はEPS最上層厚さ、 $\tan 30^\circ$ はEPS破断径と分散角度で述べたように実験結果よりEPS破断径が約25度から約35度であったため、30度とする。

次に、ジオグリッドに作用する衝撃力を等分布荷重として奥行き1.0m当りの衝撃力： P_V として換算すると

$$P_V = P_D \times D_1 \quad (2)$$

となる。

b) EPSブロックの支持力

EPSブロックの支持力： Q はEPSブロックの耐圧性能で表すことができる。

EPSブロック密度15kg/m³の耐圧性能は、本実験結果より70%ひずみ時の圧縮強度： q (300kN/m²)程度とした。

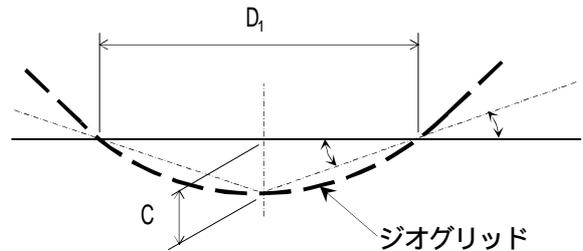
$$Q = q \times D \quad (3)$$

c) ジオグリッドに発生する張力

ジオグリッドに作用する張力： T の鉛直成分： T_V は次式で表すことができる。

$$T_V = 2T \sin \theta / D_1 \quad (4)$$

ここで、EPSブロックへのめり込み量より求まるジオグリッドの水平方向からの角度を図-10に示す。 D_1 ：落石の予想破断直径、 C ：ジオグリッドの引張り方向の水平方向からの角度である。



C は、EPSブロックへのめり込み量

図-10 ジオグリッドの角度成分図

EPSへのめり込み量は、過去の実験報告書の設計法³⁾から次式で算定できる。

$$C = 2 \times W \times H / (P + P_5) + 0.05 \times h \quad (5)$$

となる。

ここに、 W ：落石重量、 H ：落下高さ、 h ：EPSブロックの敷厚、 P ：衝撃力、また過去の実験報告書³⁾より P_5 ： $5 \times A$ とし、 $5 = 0.098$ (N/mm²)を用いる。

よって、基本となる力の釣り合い式は次式となる。

$$P_V = T_V + Q = (2T \times \sin \theta / D_1) + Q \quad (6)$$

ここで、引張力 T について解くと次式となる。

$$T = [D_1 \times (P_V - Q)] / (2 \times \sin \theta) \quad (7)$$

以上より、ジオグリッドに作用する引張強度を算定することができる。

d) ジオグリッドの速度依存性

ジオグリッドの引張強度の評価には引張速度による速度依存性がある。本実験に用いたジオグリッドの引張強度は補強土工法で用いる場合の強度試験方法で得られた強度である。落石の衝撃力は極めてわずかな時間でジオグリッドに載荷されるため、引張強度の評価に速度依存性による時間効果を与えることを考えた。そこで、表-5に示す載荷速度で高速引張試験を同速度で2回行い、それぞれのデータをもとに引張速度と載荷速度の近似式(1次方程式)を求め、各載荷速度における強度の比率を求めてジオグリッドの基準強度の割増し係数を求めることにした。

表-5 高速引張試験ケース

引張試験機	SHIMADZU EHF-U2H-2DL
载荷速度	補強材製品基準強度
0.1m/sec	90kN/m
0.5m/sec	90kN/m
1.0m/sec	90kN/m
5.0m/sec	90kN/m
10.0m/sec	90kN/m

载荷速度は、今回新たに試験を行った表-5と、载荷速度20%/min（速度換算0.00162m/sec）で過去に行った試験データを用いた。また、5.0m/sec以上のデータについては、最大荷重付近で荷重値の増減が見られたため、10点、20点、30点移動平均を求め最も安全側の30点移動平均を採用した。試験値と直線近似による最大荷重を表-6に示す。なお、载荷速度15.0m/sec以上については試験値の外挿により求めて示した。さらに、荷重時間曲線の例を図-11に示し、载荷速度と引張強度の関係を図-12に示す。

表-6 载荷速度と最大荷重比率関係表

载荷速度 (m/sec)	測定最大 荷重 (kN)	10点移動平 均最大荷重 (kN)	20点移動平 均最大荷重 (kN)	30点移動平 均最大荷重 (kN)				
	$y = 0.1027x + 2.282$	$y = 0.1014x + 2.282$	$y = 0.0974x + 2.282$	$y = 0.0924x + 2.282$				
	引張強度	比率	引張強度	比率	引張強度	比率	引張強度	比率
0.00162	2.2822	1.00	2.2822	1.00	2.2822	1.00	2.2821	1.00
0.1	2.5355	1.11	2.5355	1.11	2.5355	1.11	2.5355	1.11
0.5	2.5500	1.12	2.5500	1.12	2.5500	1.12	2.5500	1.12
1.0	2.6520	1.16	2.6520	1.16	2.6520	1.16	2.6520	1.16
5.0	3.1250	1.37	3.0955	1.36	3.0180	1.32	2.9245	1.28
10.0	3.0690	1.34	3.0645	1.34	3.0540	1.34	3.0385	1.33
15.0	3.8225	1.67	3.8030	1.67	3.7430	1.64	3.6680	1.61
20.0	4.3360	1.90	4.3100	1.89	4.2300	1.85	4.1300	1.81
25.0	4.8495	2.12	4.8170	2.11	4.7170	2.07	4.5920	2.01
30.0	5.3630	2.35	5.3240	2.33	5.2040	2.28	5.0540	2.21

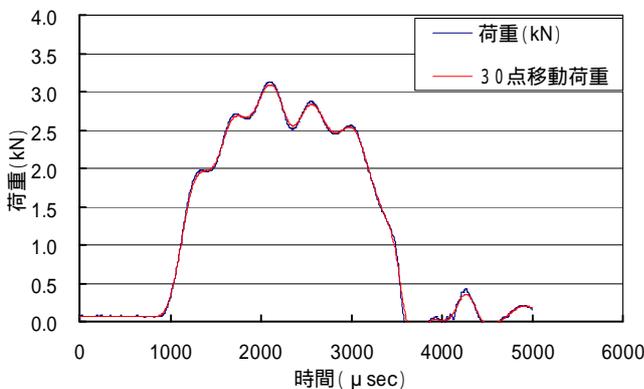


図-11 荷重時間曲線グラフ

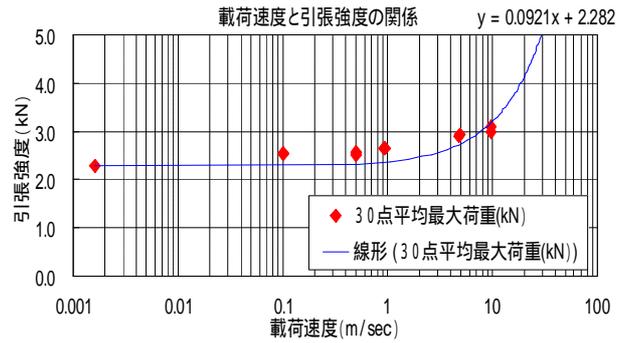


図-12 载荷速度と引張強度の関係グラフ

速度依存性による強度比率をみると载荷速度25.0m/secで約2倍になるが、落石の落下速度は過去の実験等から10.0～30.0m/secの落下速度が多く、実験データの外挿値を用いることは危険であるため、試験結果を参考に、補強材製品基準強度の割り増し係数を1.5とした。よって、ジオグリッドの必要強度は、次式のように算定できる。

$$T \leq T_{\max} \times 1.5 \quad (8)$$

ここで、T：引張力、 T_{\max} ：各補強材の製品基準強度とする。

5. 設計検討のまとめ

本実験で得られた結果をもとに試算した衝撃力とEPSブロックの敷厚、ジオグリッドの必要強度を表-7に示す。さらに、EPSとジオグリッドの組合せによる落石衝撃力の緩衝効果として得られた特徴的な事項と衝撃緩衝工の設計検討の結果を、従来工法と比較する形で以下にまとめる。

- 1) EPSとジオグリッドを組み合わせた場合でも衝撃吸収効果の設計には従来のEPS単体での衝撃力緩和法で用いられた設計法を用いてEPSの敷厚を決める。
- 2) 今回の実験結果より試算したEPSの敷厚を比較すると、従来のEPS単体に比べEPSの敷厚が1層（50cm）から3層（150cm）減らすことができる。特に落下高さが高くなるに従い必要敷厚の差が大きくなる。
- 3) 重錘落下実験の加速度測定結果とEPS破断面の直径計測結果からジオグリッドを敷設することでEPS単体時よりも衝撃力については、1.4倍から2.2倍程度大きくなる。同時にジオグリッドによる荷重の分散効果で設計分散幅が従来に比べ大きく設定でき貫入量は小さくなる。
- 4) ジョグリッドは一般的な引張強度の材料を使用することができる。一軸延伸タイプのジオグリッドを使用する場合は直交方向に2枚重ねる。

表-7 従来工法との比較表

落石重量	比較	落下高さ							
		10.0m		20.0m		30.0m		40.0m	
		敷厚 (m)	衝撃力 (kN)	敷厚 (m)	衝撃力 (kN)	敷厚 (m)	衝撃力 (kN)	敷厚 (m)	衝撃力 (kN)
10 kN	従来	1.0	212	2.0	216	2.5	226	3.5	230
	新規	1.0 (90)	352	1.0 (90)	468	1.5 (90)	483	2.0 (90)	502
20 kN	従来	1.5	328	2.5	352	3.5	363	4.5	369
	新規	1.0 (90)	528	1.5 (90)	639	2.5 (90)	631	3.0 (90)	667
30 kN	従来	1.5	544	2.5	482	4.0	480	5.0	493
	新規	1.0 (112)	442	2.0 (90)	759	3.0 (90)	778	3.5 (90)	831
40 kN	従来	1.5	710	3.0	566	4.5	574	5.5	596
	新規	1.5 (90)	543	2.5 (112)	846	3.0 (141.9)	943	4.0 (141.9)	957
50 kN	従来	2.0	752	3.0	683	4.5	695	6.0	701
	新規	1.5 (170)	880	2.5 (170)	993	3.5 (170)	1045	4.5 (170)	1075

()内の数字はジオグリッドの補強材製品基強度 T_{max} (kN/m) を示す。一軸延伸ジオグリッドを使用する場合は、直交方向に2枚重ねて敷設する。

6. おわりに

本実験の結果、EPSとジオグリッドとを組み合わせることによってEPS内部に生じるジオグリッド荷重の分散効果に

より、無補強の場合に比べて衝撃力は大きくなるが貫入量が小さくなりEPSの敷厚を減じることが可能となる。施工性や経済性において非常に有効な結果であり合理的な設計を行うことができる。

本実験ではEPSとジオグリッドとの間に生じる層間摩擦の要因について考慮せず、ジオグリッドとEPSとの摩擦が十分に取れるものとした。今後、EPSとジオグリッドとの層間摩擦の検証を行うことで、より合理的な設計法を確立することが求められる。

謝辞：本実験を実施するにあたり、SAM協会各委員会の委員各位および株式会社太野興業に多大な支援を頂いた。ここに記して深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 土木研究センター：ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル(改訂版) p.237, 2000.2
- 2) W. Gerber：Guideline for the approval of rockfall protection kits, SAEFL and the Swiss Federal Research Institute, 2001.
- 3) SAM協会：発泡スチロールの落石による衝撃力の緩衝効果に関する実験報告書, 1990.2
- 4) SAM協会：SAM工法設計・施工マニュアル, 1998.4

EXPERIMENTAL STUDY ON BUFFERING EFFECT OF LAYER-BUILT EPS REINFORCED WITH GEOGRIDS AGAINST ROCKFALL IMPACT

Hideki KATOH, Takayuki MASUO, Takeshi CHIYODA, Yoshihisa MURATA
Satoshi TSUDA, Takashi FUKUZAWA, Takumi YONEHARA, Koji MAEGAWA

Expanded Poly-Styrene, i.e. EPS is heaped up on a rockfall protection structure such as a rockshed, and the layer-built EPS has a good effect on defusing the impact force of a rockfall. The thickness of layer-built EPS must not be increased in proportion to the magnitude of a rockfall, since the workability and economical efficiency become bad and irrational in case of a huge rockfall. In order to improve the performance of layer-built EPS weight free-fall tests were carried out on the layer-built EPS reinforced with Geogrids which were put between the EPS layers. It was found in this investigation that the layer-built EPS reinforced with Geogrids has a good performance against rockfalls.