

(14) EPSを用いた落石覆道の緩衝材構造について

北海道開発局 開発土木研究所 中野 修  
 北海道開発局 開発土木研究所○今野久志  
 室蘭工業大学 岸 徳光

1. まえがき

現在、落石覆道の緩衝材には、落石対策便覧<sup>1)</sup>等に従い砂や土砂等が用いられており、これらに対する緩衝効果については、一部の大学・研究機関等で実験的研究が行われ<sup>2) 3)</sup>、衝撃力評価式が求められている。しかし、これらの材料の緩衝効果には限界があり、さらに死荷重や地震時の土圧が大きくなるなどの問題点がある。また、経年変化により緩衝材が締め固まり物性値が変化することも懸念される。

そこで筆者らは、最近土木の分野でも盛土材として使われるようになった発泡スチロール（EPS）が、高い衝撃吸収能力を持つ点に着目し<sup>4)</sup>、これを緩衝材の一部に使用し、より緩衝・分散効果の高い緩衝材構造の開発を目的とする一連の実験を行ってきており、ここではその基礎資料を得るために行った室内実験の結果について報告する。

2. 実験概要

実験は、図-1に示すように、厚さ30cmのRCスラブ上に衝撃荷重載荷用ロードセル<sup>5)</sup>を配置した鋼板を設置し、この上の緩衝材に鋼製の重錘（ $\phi=30.7\text{cm}$ 、 $W=100\text{kg}$ 、球底）を自由落下させることによって行ったものであり、緩衝材の構造は、EPSおよび砂の単層構造とEPSの間に荷重分散材として鋼板を挿入した互層構造の3種類である。実験に使用したEPSは、ビーズ法（型内発泡法）により製造した単位体積重量が $20\text{kg/m}^3$ のものであり、砂はコンクリート用細骨材を足踏みにより所定の厚さに成形したもので、コーンペネトロメーターによる支持力は平均で $3.0\text{kg/cm}^2$ 、湿潤密度は $1.9\text{g/cm}^3$ である。また、荷重分散材として使用した鋼板の材質はSS41である。実験では、

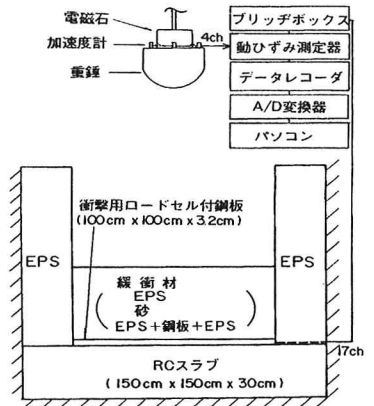


図-1 実験概要

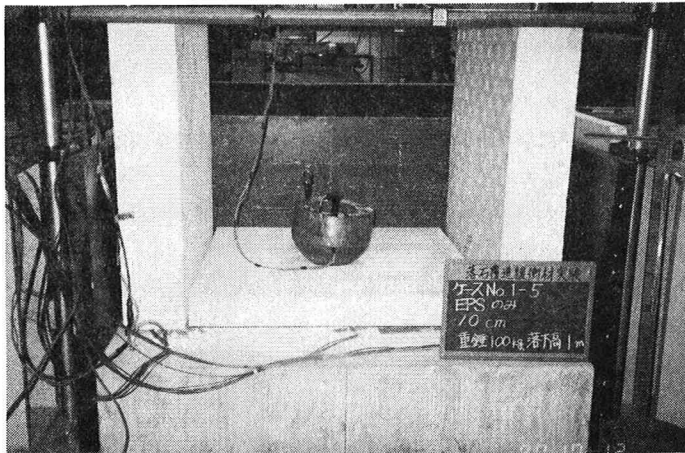


写真-1 実験状況

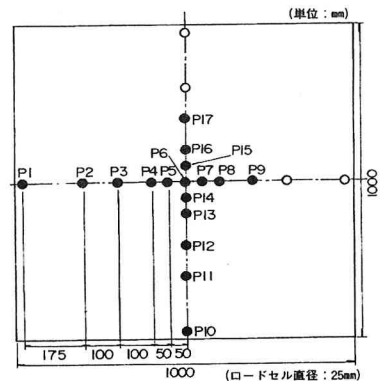


図-2 ロードセル配置図

表-1 実験結果

実験 No.	緩衝材構造	緩衝材厚さ (cm)			落下高 (m)	重錘加速度 (G)	ロードセル荷重 (kg/cm <sup>2</sup> )
1-1	EPSのみ	40			1	1.8	0.9
1-2		30				1.8	1.1
1-3		20				1.9	1.7
1-4		15				1.9	4.3
1-5		10				3.7	42.5
1-6		40			2	2.3	0.9
1-7		30				2.4	1.4
1-8		20				2.6	5.8
1-9		15				4.5	22.8
		上部EPS	下部EPS	鋼板厚			
2-1	EPS + 鋼板 + EPS	15	5	1.9	1	2.0	0.7
2-2		10	10			3.5	1.2
2-3		5	15			1.34	1.6
2-4		5	5			1.36	2.0
2-5		15	5	0.9	1	2.1	1.3
2-6		10	10			3.2	1.4
2-7		5	15			6.2	1.7
2-8		5	5			6.9	2.1
2-9		15	5	0.6	1	1.9	1.3
2-10		10	10			**1.5	0.9
2-11		5	15			*5.4	1.7
2-12		5	5			*6.2	2.3
3-1	砂のみ	40			1	1.3	0.8
3-2		20				1.7	3.0
3-3		10				2.4	28.9
3-4		40			2	1.5	1.7
3-5		20				3.7	9.1

注) \* : 鋼板が大きく変形した \*\* : 鋼板が変形した状態での結果

重錘の加速度とロードセルの荷重をデータレコーダで収録し、このデータをサンプリング周波数5KHzでA/D変換し、パソコンで整理した。実験の状況を写真-1に、衝撃用ロードセルの配置図を図-2に示す。

### 3. 実験結果

表-1は各実験の内容およびその結果である。表中の重錘加速度は重錘頂部に取り付けた4個の加速度計(容量100G 2ch, 200G・500G 1ch)の最大値の平均で表した。また、ロードセル(容量200kg/cm<sup>2</sup>)の荷重は、重錘落下位置の多少のずれにより必ずしも中心部で発生しなかったが、計測された最大荷重で表した。なお荷重の中でノイズの大きいものについては、波形の立ち上がりが速いものはローパスフィルター 300Hzで、波形の立ち上がりが遅いものについては同様に 100Hzで処理し最大値を読んだ。

#### 3.1. EPSおよび砂単層の緩衝効果

表-1の実験結果から、落下高1mにおけるEPSのみの実験では緩衝材厚さ40cmから15cmまで、重錘加速度の変化はほとんどなく、厚さ10cmで加速度および荷重が急激に大きくなっている。落下高2mにおいても厚さ20cmまで加速度の変化は小さく、厚さ15cmで大きくなっている。このことからEPSでは各外力に対し、重錘加速度つまり緩衝材が受ける入力荷重が増加していかない最小厚さが存在することが分かる。この実験において、入力荷重に対し十分な緩衝効果を得るために必要なEPSの最小厚さは落下高1mで10cm、落下高2mで20cm程度である。しかし厚さの増加に伴い荷重分散によりロードセルの最大荷重は小さくなっている。

砂のみの実験との比較では、砂の締め固まり度の影響もあろうが、EPSが上記最小厚さより薄い場合には、砂の方が加速度、荷重ともに小さく緩衝効果は大きい、それ以上の厚さでは、EPSが砂と同等かそれ以上の緩衝効果を示している<sup>9)</sup>。

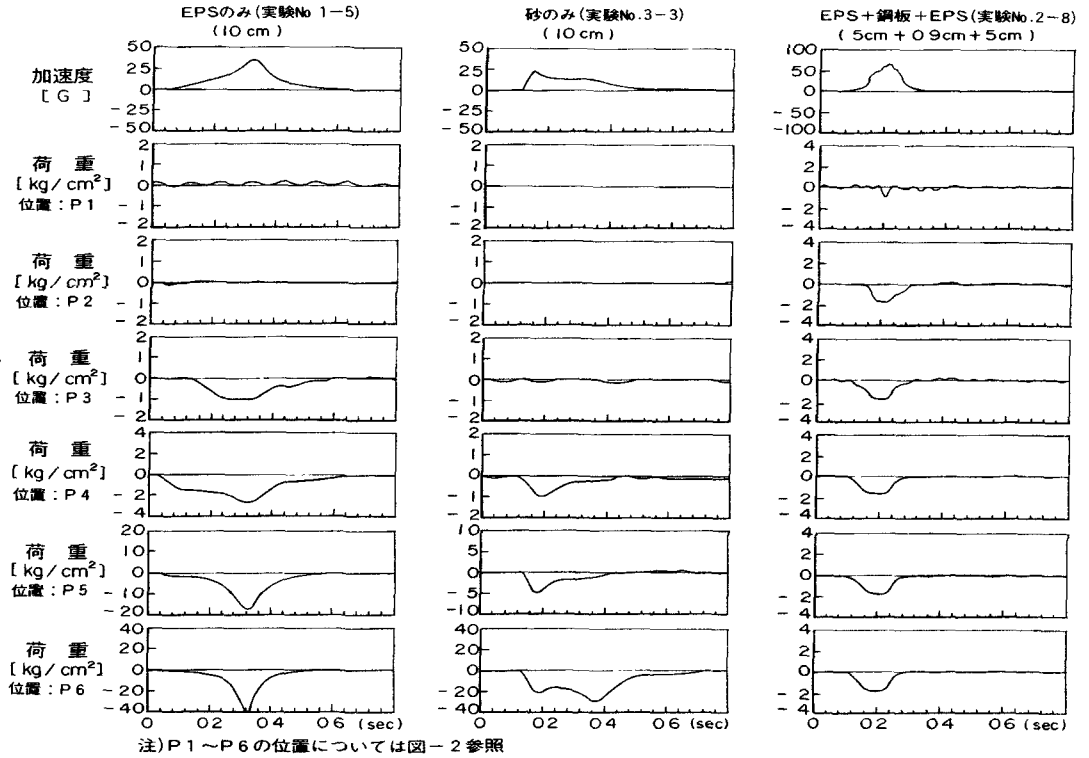


図-3 重錘加速度とロードセル荷重の波形

### 3. 2. EPSと鋼板の互層による緩衝効果

#### (A) 鋼板による荷重分散効果

図-3は、3種類の緩衝材構造（緩衝材の厚さは共に10cm）に対する実験の重錘加速度（容量100G）とロードセル荷重（P1～P6）の波形である。加速度波形に着目すると、EPSのみの実験では、緩やかな立ち上がりで最大値をむかえ、その後滑らかに減衰し継続時間も長い。砂のみの場合は、急激な立ち上がりで最大値をむかえ、その後滑らかに減衰している。EPSと鋼板の互層では、鋼板上のEPSが5cmと薄いために加速度の値は非常に大きく、また継続時間も短くなっている。荷重波形に着目すると砂単層では、重錘の貫入に伴い、荷重の分布範囲が狭くなり中央のロードセルが最大荷重を発生した時には、それより外側の荷重はすでにピークを過ぎ、減衰しはじめている。これは砂が、粒子間の結合力がほとんどない材料であるからだと思う。EPS単層では、荷重の分布範囲はそれほど広くはないが、EPSが一体となって荷重を受けていることが分かる。EPSと鋼板の互層では荷重がほぼ均等に広く分布していることが分かる。また、荷重の継続時間は加速度の継続時間に比例しているようである。

図-4は、これら3種類の実験において、荷重板中央のロードセルが最大荷重を発生したときの荷重分布である。EPSおよび砂の単層では、ともに厚さ10cmでは十分な緩衝効果が得られず、中央部に大きな荷重が生じており、また分布範囲も狭い。これに対してEPSと鋼板の互層では荷重の値は小さく、分布幅も広がっており、鋼板による荷重分散効果が確認できた。

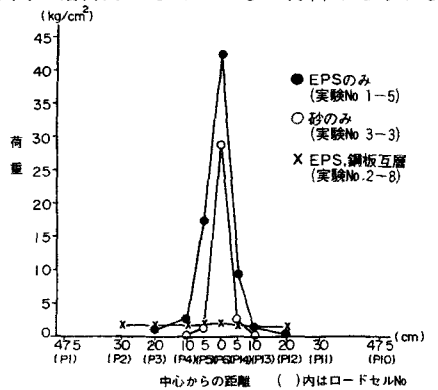


図-4 荷重分布図

## (B) 鋼板の剛性による影響

図-5は、EPSと鋼板の互層構造に対する実験において、鋼板の剛性のみ異なる2つの実験の重錘加速度とロードセル荷重の波形である。

加速度波形に着目すると、鋼板の剛性が高く、重錘の貫入によって鋼板が変形を起こさない場合には、加速度は急速に立ち上がり、素早く減衰しており、その最大値も非常に大きい。鋼板の剛性が低い場合には、重錘の貫入によって鋼板が変形するため、波形は滑らかな曲線となる。また、その最大値も小さい。

荷重の波形について比較すると、波形形状は両者とも加速度波形と近似しており、前者ではほぼ均等な荷重が全体に分布している。後者では鋼板の変形によって分布範囲が多少狭く、荷重も大きくなっている。

### 4. まとめ

軽量でより緩衝・分散効果の高い

緩衝材構造を開発することを目的に、その基礎的な実験として、室内において3種類の緩衝材構造に対する実験を行った。その結果、本実験においても、EPS単層による緩衝効果は、砂と同等以上あることが分かり、外力に比例した十分な厚さを敷けば優れた緩衝材となることが確認できた。しかし、EPSの厚さが十分ではなくても荷重分散材を入れた互層構造にすることによって荷重を均等に広く分布させることができることが分かった。

### 5. あとがき

本研究は、三菱油化株式会社との共同研究として実施しているものであり、EPSを御提供頂いた。また三菱油化パーディッシュェ(株)の遠藤 紘氏にはEPSの特性や物性値についての御教示と実験に関する御助言を頂き、ここに記して感謝の意を表す。また、実験に御協力頂いた関係者の方々にも深く感謝する。

### 参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧、1983.7
- 2) 岡田治憲、中松俊裕：覆道の衝撃実験について、第23回北海道開発局技術研究発表会論文集、昭和54年度
- 3) 吉田 博、榎谷 浩、鈴木哲次：敷砂上の落石による衝撃加速度と衝撃土圧に関する実験的研究、土木学会論文集、第352号、1984.12
- 4) 日本サミコン(株)、太陽工業(株)、(株)長野技研：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、平成2年2月
- 5) 岸 徳光、松岡健一、中野 修、後藤雪夫：衝撃荷重載荷用ロードセルの試作、落石等による衝撃問題に関するシンポジウム、平成3年3月
- 6) 佐藤匡之、岸 徳光、中野 修、能町純雄：重錘落下衝撃に対する砂およびEPS材の緩衝効果、土木学会第45回年次学術講演会、平成2年9月

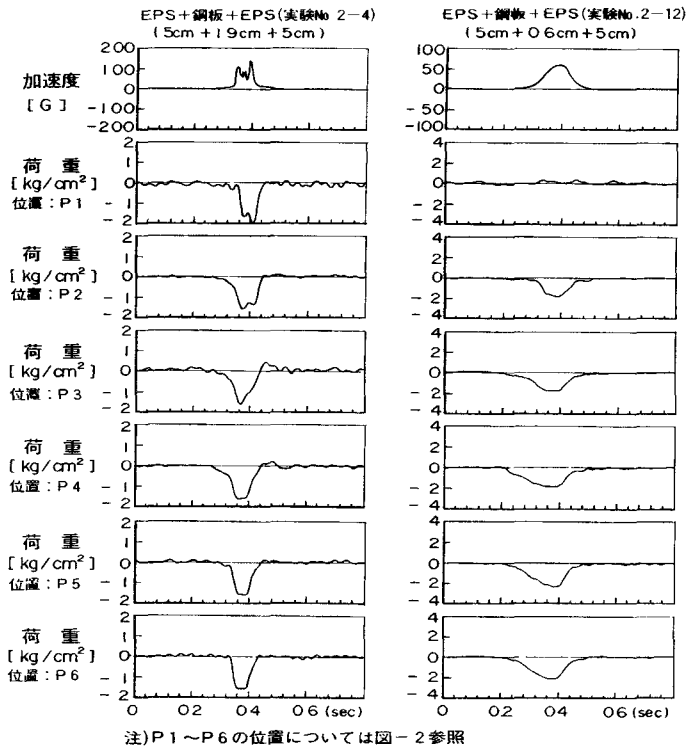


図-5 重錘加速度とロードセル荷重の波形