

(35) 三層緩衝構造の芯材RCスラブの剛性が緩衝性能に与える影響

北海道開発局 中野 修
 北海道開発局 西 弘明
 室蘭工業大学 松岡 健一
 (株)長大 ○尾山 靖史

1. はじめに

著者等は、落石等による衝撃力の緩衝問題において、緩衝材を荷重分散材と衝撃吸収材とを組み合わせた三層構造とすることにより、敷砂等の衝撃吸収材を単独で用いる場合よりも効果的に衝撃力を吸収かつ分散させることを数値的、実験的に明らかにすることができた。^{1)~4)}

著者等が採用している三層緩衝構造は、表材として 50cm 厚の敷砂、芯材として厚さ 20cm のRC版、裏層材として 50cm 厚のEPS材 (Expanded Poly-Styrol材) から構成されるものである。実験によれば、本緩衝材を用いた場合の覆工構造物に伝達される衝撃力 (剛基礎上で測定された伝達衝撃応力の総和で、ここではこれを伝達衝撃力と呼ぶ) は、重錘衝撃力 (重錘質量に衝突によって発する衝撃加速度を乗じて求められる衝撃力) の 1/2 程度、敷砂単独で用いる場合の伝達衝撃力の 1/4 程度に低減でき、荷重分散幅もほぼ緩衝材全体に均等に分布することが明らかになっている。これらの結果より著者等が提案している三層緩衝構造は実務的にも十分応用可能なものと考えられる。しかしながら実設計を考える場合には、与えられた重錘重量や落下高さに対する最適各層厚や芯材RC版の断面設計を合理的に行えることが必要である。

本研究では、三層緩衝構造の断面設計のための基礎資料を得ることを目的として、表裏層材の材料、厚さを一定にし、芯材RC版の剛性を変化させた場合の重錘落下衝撃力に対する緩衝特性や芯材の損傷程度について検討を行った。ここでは表裏層厚を 50cm、重錘重量 3tonf、落下高を 30m に固定し、芯材RC版の版厚、鉄筋比、コンクリート強度を変化させ検討を行った。

2. 実験方法および実験ケース

実験は図-1 に示すような約 7m 四方の剛基礎部に中心部 4 m 四方の中心線上に 10 cm ピッチに合計 39 個の伝達衝撃応力測定用のロードセル (受圧部直径 32 mm, 容量 100 kgf/m²) を基礎表面と面一になるように埋設し、その上に各種三層緩衝構造を設置して行っている。

本実験では、表層材として 50cm 厚の敷砂材、裏層材として 50cm 厚のEPS材を用い、芯材を種々変化させて 3tf の重錘を高さ30m から自由落下させている。表-1 に本研究で検討を行った実験ケースの一覧を示す。また本文では、各実験ケースをわかりやすくするため、補強筋 (D: 異形鉄筋)、版厚、鉄筋比 (0.5 : 0.5%, 1.0 : 1.0%)、配筋のタイプ (S: 単鉄筋, W: 複鉄筋)、コンクリート強度 (設計基準強度を用いる) の順にハイフンで結び簡略化して表すものとする。

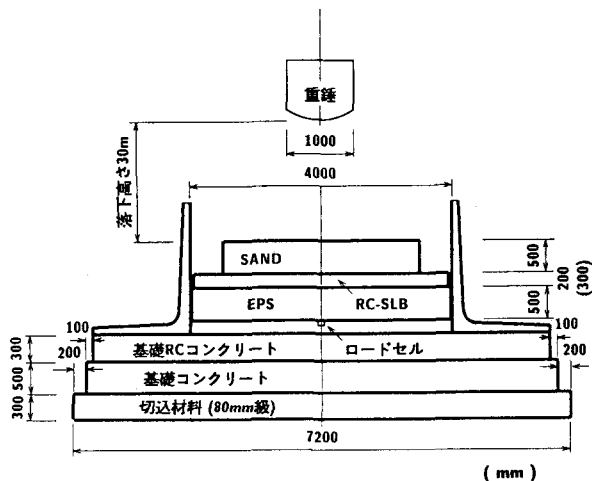


図-1 実験の概要

2.1 表材、裏材

本実験で用いた裏材 EPS 材の弾性挙動を示す領域は、圧縮歪が 1% 以下であり、この時の強度は 5% 圧縮歪時の強度の約 1/2 である。本実験では、密度 20.2 kg/m^3 、5% 圧縮歪時の強度が 1.21 kgf/cm^2 、ポアソン比 0.05 で、寸法 $200 \text{ cm} \times 100 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ の EPS ブロックを $400 \text{ cm} \times 400 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ に組み合わせている。

また、表材として用いた敷砂材は 20 cm 毎に平均的に踏み固めを行い所定の敷厚とした。なお実験で用いた敷砂材は単位体積重量 1.609 kgf/cm^3 、比重 2.59、均等係数 $U_c = 5.72$ 、曲率係数 $U_c' = 0.86$ である。

2.2 芯材 RC 版

本研究で用いている芯材 RC 版はかぶり 3 cm とし、版厚 20 cm の場合には鉄筋比 0.5% に対し D10 を 8.5 cm 間隔に、1.0% に対して D13 を 8 cm 間隔に配置している。また版厚 30 cm の場合は、鉄筋比 0.5% に対して D13 を 9.5 cm 間隔に、1.0% に対して D16 を 8 cm 間隔に配置している。コンクリートは設計基準強度をそれぞれ 210, 500 kgf/cm^2 として配合設計を行った。実験時の圧縮強度はそれぞれ平均 211, 471 kgf/cm^2 、弾性係数は平均 2.69×10^5 , $3.8 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

3. 実験結果及び考察

3.1 衝撃力の時系列分布

図-2には、重錘衝撃力と、伝達衝撃応力を総和して得られる伝達衝撃力の時系列分布を示している。重錘衝撃力はいずれの場合も初期に大きな値を示している。これは重錘が敷砂を通して芯材に衝突しているためと考えられる。その大きさは D-30 の場合と D-20-1.0-W-210, 500 が他の場合より大きな値を示しており、剛性が大きいほど大きくなっているのがわかる。その後重錘衝撃力は伝達衝撃力の最大と同程度の値になり徐々に零に戻っている。その値は初期の極大値のほぼ 1/2 である。重錘衝撃力の波動分布は、初期の極大値発生までがいずれの場合も同様である。D-20-1.0-W を基準にしてその後の波動継続時間を調べてみると D-20-0.5 の場合は波動継続時間が長くなっており、芯材の剛性が大きい D-30, D-20-1.0-W-500 は、短

表-1 実験ケース

実験ケース名	版厚 (cm)	配筋	鉄筋比 (%)	コンクリート設計基準強度 (kgf/cm^2)
D-20-0.5-S-210	20	S	0.5	210
D-20-1.0-S-210	20	S	1.0	210
D-20-0.5-W-210	20	W	0.5	210
D-20-1.0-W-210	20	W	1.0	210
D-30-0.5-W-210	30	W	0.5	210
D-30-1.0-W-210	30	W	1.0	210
D-20-1.0-W-500	20	W	1.0	500

但し、表層：砂 50cm, 裏層：EPS材 50cm, 重錘重量 3tonf

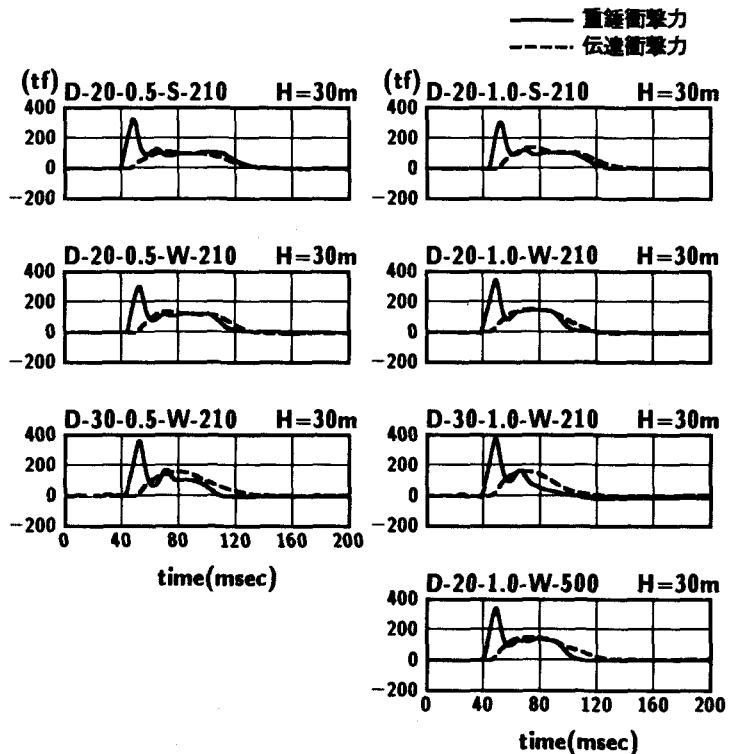


図-2 衝撃力の時経列分布

くなっているのがわかる。特に D-30-1.0-W-210 の場合は極大値を示してすぐに減衰しており、最も継続時間が短いようである。一方、伝達衝撃力の最大値は、剛性が小さい D-20-0.5, D-20-1.0-S の場合が他の剛性の大きい場合より若干小さい値を示している。これは、芯材 RC 版の剛性が小さいために、載荷点部における芯材 RC 版の著しい塑性化によって衝撃エネルギーが吸収されること、また力積等価の考え方に従えば版の変形量が大きいため荷重作用時間が長くなり、局所的には荷重強度が増大するものの全体的には伝達衝撃力が低下するためと考えられる。また、剛性の大きい D-30 や D-20-1.0-W-500 の場合は、最大値に達した後単純に減衰している。

3.2 最大衝撃力

図-3に重錘衝撃力および伝達衝撃力の最大値を振動便覧式⁵⁾の結果と比較して示している。前項でも述べたように重錘衝撃力および伝達衝撃力は共に芯材の剛性が大きい場合の方が小さい場合より大きいことが明確に示されている。また振動便覧式の結果と比較すると、重錘衝撃力に関しては $\lambda = 200 \text{ tf/m}^2$ とする場合は実験結果の平均的な値と対応しており、伝達衝撃力の場合は $\lambda = 40 \text{ tf/m}^2$ とした場合における結果より小さな値となっている。なお、振動便覧式の $\lambda = 40 \text{ tf/m}^2$ の場合は $\lambda = 200 \text{ tf/m}^2$ の場合の $1/1.9$ の衝撃力となる。

3.3 衝撃振動の継続時間

図-4に重錘衝撃力および伝達衝撃力の継続時間について示している。D-20-W-0.5-210 の場合を除いて他全てのケースは伝達衝撃力波形が重錘衝撃力波形よりも波動継続時間が長いことがわかる。伝達衝撃力波形に注目すると、D-20-S の場合が 110 ~ 120 msec 前後を示しているが、D-30 等の芯材の剛性が大きい場合には 80 ~ 100 msec の値となっており、前者より波動継続時間が短くなっている。衝撃波動の継続時間は覆工の動的応答に深く関係する。覆工の動的応答値を低減させるためには荷重の継続時間を覆工の最低次固有周期の半周期から隔てる必要がある。幅員が 10 m, 頂版厚が 1.1 m 程度の RC 型覆工の場合は固有周期が 50 ~ 70 msec 程度であるため、本研究で検討を行っている全てのケースとも覆工の動的応答を低減する方向に作用している。荷重継続時間が長いほど覆工の応答値をより低減する方向に作用するのは勿論である。覆工の動的応答を考える場合には剛性の低い芯材の場合が高い場合より有利であるものと考えられる。

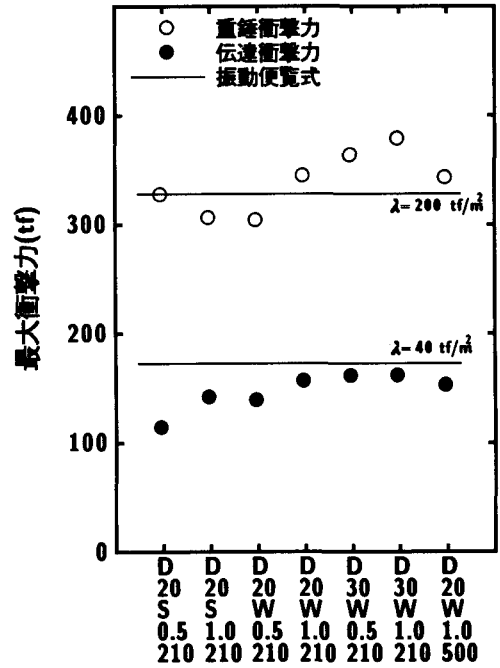


図-3 芯材RCと最大衝撃力の関係

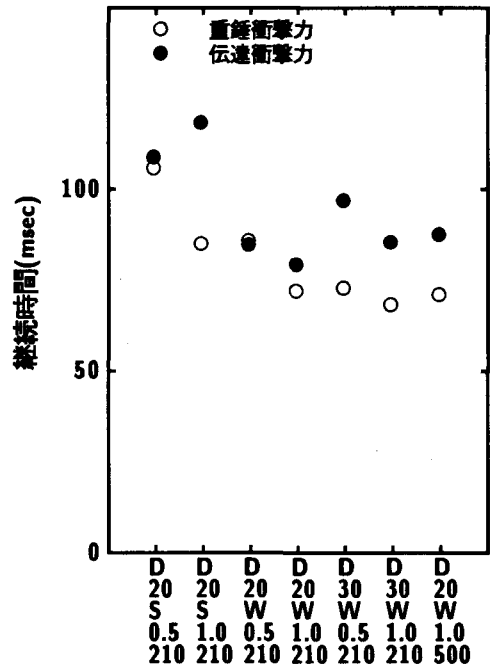


図-4 芯材RCと継続時間の関係

4. まとめ

著者等が提案している三層緩衝構造を実務的に設計可能とするために、表裏層材の材料、厚さを一定にし、芯材 RC版の剛性を变化させた場合の緩衝特性について比較検討を行った。本実験では表層材として厚さ50 cmの敷砂、裏層材として厚さ50 cmのEPS材を用い、芯材 RC版の厚さ、鉄筋比、配筋、コンクリート強度を变化させ検討を行った。剛性の度合に対する諸特性を明確に示すことはできないが、剛性の大小に対する傾向として次のような結果が得られた。

- (1)重錘、伝達衝撃力の最大値は剛性が小さい場合に対して剛性が大きい場合は大きく示される。
- (2)重錘衝撃力の最大値の平均値は $\lambda = 200 \text{ tf/m}^2$ とした振動便覧式に対応しているようであり、伝達衝撃力の場合は $\lambda = 40 \text{ tf/m}^2$ とした場合の振動便覧式より小さめの値を示している。
- (3)覆工の動的応答性状に深く関与するものと考えられる伝達衝撃力の主波動継続時間は、剛性の小さい場合が長く、大きい場合は短くなっている。ただし、剛性の大きい場合でも 80 msec 以上あり、RC製覆工の場合には応答値を低減する方向に十分作用するものと考えられる。

参考文献

- 1)中野 修, 今野久志, 金子 学, 岸 徳光: 美幌覆道における重錘落下衝撃実験, 土木学会北海道支部論文報告集, 第48号/I-51, 1992.2
- 2)岸 徳光, 中野 修, 今野久志, 松岡健一, 西 弘明: 芯材 RC スラブとした場合の三層緩衝構造の緩衝特性, 土木学会北海道支部論文報告集, 第48号, pp155-160, 1992.2
- 3)岸 徳光, 中野 修, 今野久志, 松岡健一: 三層緩衝構造の緩衝効果に関する室内実験, 構造工学論文集, Vol.38A, pp1577-1586, 1992.3
- 4)中野 修, 今野久志, 金子 学, 小野 裕二: EPSの落石覆工緩衝材への適用について, 建設省技術研究会, 平成3年11月
- 5)日本道路協会, 落石対策便覧, 1983.7, pp1~239