

I-465 AFRPロッドで補強したRCスラブを芯材とする三層緩衝構造の性能実験

開発土木研究所 正員 中野 修
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光
 三井建設(株) 正員 田村 富雄
 室蘭工業大学 正員 松岡 健一

1. はじめに

土木構造物の衝撃緩衝材として通常敷砂が用いられている。しかしながら敷砂を用いる場合には敷厚を 120cm 以上にしても緩衝効果はそれ程向上しないこと、トップヘビー構造になるため耐震上不利になること等の問題点が挙げられている。これらの問題点を改善すべく、緩衝材の軽量化や、緩衝性能を向上させるために、EPS (expanded polystyrol) 単層を用いる場合や、表裏層材として EPS 材あるいは砂層、芯材として RC スラブを用いる三層緩衝構造に関する研究が試みられている。後者に関しては著者等も屋外実験を行ない衝撃力を敷砂単層の場合の 1/2 程度に低減できることを明らかにしている。一方、最近コンクリートの曲げおよびせん断補強筋あるいは PC, PRC 構造の緊張材として耐食性に富む新素材繊維を用いる試みがなされている。

本研究ではこの新素材繊維を補強筋とする RC スラブを芯材として用いた場合の三層緩衝構造の緩衝性能を検討する目的で屋外大型実験を試みた。本実験では補強筋として組紐状 AFRP ロッドを用いた場合について行い、緩衝性能や衝撃力の分散性について、鉄筋を補強筋とする場合や敷砂単層を用いる場合についての結果と比較検討を行った。

2. 実験概要

図-1 に本実験に用いた緩衝構造の横断面寸法を示す。本実験では縦横 4m の三層緩衝構造中央部に重量 3tf の重錘(直径 1m, 高さ 97cm の円柱体で底部高さ 17.5cm の球状)を所定の高さから自由落下させることにより行っている。実験に用いた芯材スラブは、組紐状 AFRP ロッドの表面に 5 号珪砂を接着させた場合 (AsC)、無処理の場合 (AC)、異形鉄筋を用いた場合 (RC) の各 1 体である。各スラブの形状寸法は 395cm×395cm×20cm で配筋比が 1% の単筋配置とし、AFRP ロッドの場合は K192S, K192 を、異形鉄筋の場合は D13 をそれぞれ 10cm 間隔に配置している。表-1 に補強筋の材料特性を一覧にして示している。コンクリートは設計強度を 210kgf/cm²として現場にて打設、養生を行った。材令 28 日の圧縮強度は 239kgf/cm²であった。実験時の材令は 30 日である。

本実験では表-2 に示すように、同一緩衝体に対して重錘落下高さを 10m, 20m, 30m と変化させて繰返し実験を行い、緩

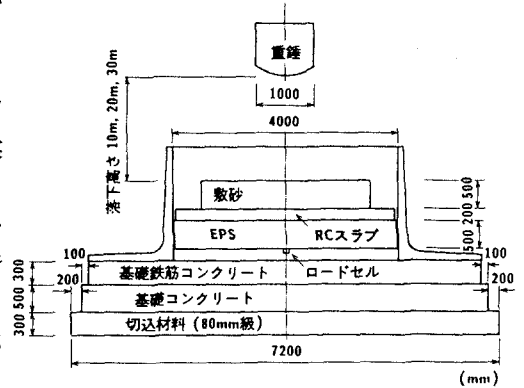


図-1 緩衝構造の横断面寸法図

表-1 補強筋の材料特性

補強筋名	K192S	K192	D13
材質	アラミド 繊維	同左	SD30A
(公称)直径 (mm)	15.5	14.0	12.7
(公称)断面積 (cm ²)	1.50	同左	1.267
密度 (g/cm ³)	1.30	同左	7.85
降伏耐力 (tf)	-	-	3.8
引張耐力 (tf)	19.2	同左	5.7~7.7
弾性係数 (×10 ⁶ kgf/cm ²)	0.65	同左	2.10
弾性伸び (%)	1.97	同左	0.20
ポアソン比	0.62	同左	0.30

表-2 実験ケース

芯材スラブ	補強筋種類	重錘落下高さ(m)		
		10	20	30
AsC	砂付きロッド K192S	10	20	30
AC	砂無しロッド K192			
RC	異形鉄筋 D13			
敷砂単層 90cm 厚				

衝性能や耐衝撃性等について検討を行っている。なお表層敷砂材に関しては単位体積重量が 1.62tf/m^3 、比重 2.57 の栗丘産砂を用い、20cm 毎に平均的に踏み固めを行い所定の敷厚としている。20m, 30m 落下時には重錘貫入部分を掘り返し、同様にして所定の高さに整地している。裏層 EPS 材は密度 20kgf/m^3 で $200\text{cm}\times 100\text{cm}\times 50\text{cm}$ のブロックを組み合わせて所定の寸法にしている。測定項目は、重錘衝撃力および基部コンクリート表面における衝撃力の分散の程度や伝達衝撃力を検討するために、重錘加速度(歪ゲージ型加速度計)波形と衝撃荷重測定用ロードセル(歪ゲージ型)から得られる応力波形とした。

3. 最大衝撃力の比較

最大衝撃力の評価方法には、1)重錘衝突時の加速度(G)に重錘重量を乗じて得られた力(重錘衝撃力)、2)基部コンクリート表面で測定された伝達応力を集積して評価した力(総伝達衝撃力)、の二つがある。図-2は最大衝撃力について重錘衝突速度を横軸にとって整理している。図より緩衝材として敷砂を用いる場合には、1)その総伝達衝撃力は振動便覧式と比較的一致していること、2)重錘衝撃力は上記衝撃力の約 1/2 であることがわかる。一方三層緩衝構造の場合には、AC スラブの 30m 落下時を除いて総伝達衝撃力と重錘衝撃力には敷砂の場合ほど差がないことがわかる。芯材スラブによる最大衝撃力について詳細に検討してみると、最大重錘衝撃力は三スラブともほぼ等しい値となっており、また 30m 落下時は 20m 落下時に類似の値となっていることがわかる。一方最大総伝達衝撃力に関しては、 A_5C , AC スラブの場合はいずれの場合も RC スラブの場合より若干大きく示されている。その比率は 10~20% 程度である。 A_5C と AC スラブに関しては 30m 落下を除いて両者に顕著な差が現れていない。AC スラブの 30m 落下の場合はロッドの付着性能が低いため載荷点部のコンクリートが大きく剝離してコンクリート塊が EPS 材中に食い込んで応力集中が生じたためと考えられる。

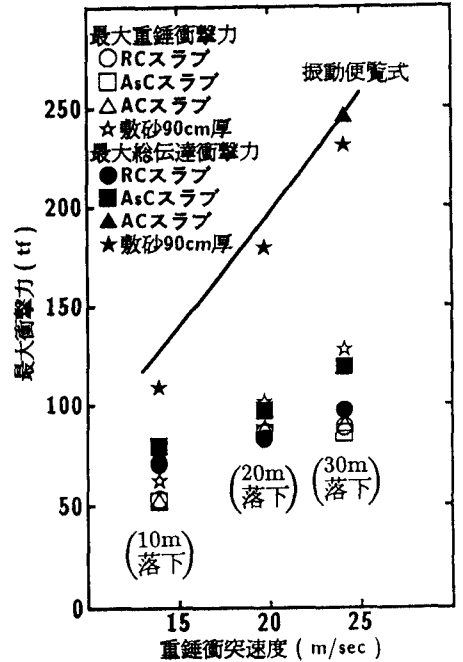


図-2 最大衝撃力-重錘衝突速度関係図

4. 波動継続時間および耐衝撃性

紙面の都合によりここでは示していないが、伝達衝撃力波形の波動継続時間に注目してみると、敷砂の場合はいずれの落下高さに対しても 50msec 前後であるが、三層緩衝構造の場合はいずれも 70msec 以上である。また A_5C , AC スラブと RC スラブの場合を比較すると 5~30msec 程度前者の方が長くなっていることが明らかになっている。

補強筋の破断性状から耐衝撃性を検討すると、RC スラブの鉄筋が中央部で数カ所破断しているが A_5C スラブの場合は破断せず、また AC スラブの場合も RC スラブより破断本数が少ないことが明らかになっている。

5. まとめ

以上より組紐状 AFRP ロッドで補強した A_5C , AC スラブを用いた三層緩衝構造は、最大伝達衝撃力に関しては敷砂の 1/2 以下で、RC スラブと比較しても 10~20% 程度大きな値を示すのみで、波動継続時間は RC スラブの場合より 5~30msec 程度長くなる傾向にある。また、破断した補強筋本数は RC スラブの場合よりも少ないことが明らかになった。本実験より AFRP ロッドで補強した A_5C スラブを芯材に用いる三層緩衝構造は RC スラブと同様、緩衝構造の芯材として十分適用可能であるものと考えられる。また、繰返し実験下では AC スラブの場合には上記スラブよりも耐衝撃性が劣るようであるが、処女載荷時には上記スラブと同様の効果を期待できることが明らかになっており、AC スラブを用いる場合も裏層 EPS 材厚を増すこと等によって工学的に十分適用可能であるものと考えられる。