

I-645 三層緩衝構造を用いた場合のPCロックシェッドの断面設計

開発土木研究所 正員 西 弘明 開発土木研究所 正員 中野 修
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光 北海道大学 正員 三上 隆

1. はじめに

我国では現在、PC ロックシェッドは次のような条件の下で設計が行なわれている。すなわち、(1) 90 cm 厚の敷砂を緩衝材として用いる。(2) 衝撃力は落石対策便覧に基づいて、ラーメ定数 $\lambda=100\text{tf/m}^2$ を仮定する振動便覧式より算定する。(3) 断面力の算定は一方向曲げ問題として行なう。

一方、著者等はロックシェッドの合理的な設計手法を確立するため、敷砂緩衝工に代わる三層緩衝構造の緩衝性能に関する大型野外実験を試みている。表層材として $h=50\text{cm}$ 厚の敷砂材、芯材として20cm厚のRC版、裏層材として $h=50\text{cm}$ 厚のEPS材(密度 20kg/m^3)とする三層緩衝構造を用いた場合の結果を列記すると、

- 1) 重錘衝撃力は、敷砂単層 $h=90\text{cm}$ を用いる場合と大差がなく、ラーメ定数 $\lambda=200\text{tf/m}^2$ とする振動便覧式にほぼ対応している。
- 2) 緩衝材を通過して構造物に作用すると考えられる衝撃力(以後、伝達衝撃力と呼ぶ)は、重錘衝撃力の1/2程度に低減される。
- 3) 伝達応力は平均化され優れた分散効果を示す。

ロックシェッドの設計は軽量で緩衝性能、荷重分散性能に優れた緩衝材を用い、耐衝撃性および耐震性の高いより効率的な断面とすることが肝要であるものと考えられる。本論文では、このような観点から、大型実験より得られた三層緩衝構造に関する上記の結果を基にPCロックシェッドの断面試算を試み、同様に敷砂単層を用いた場合および従来より用いられている落石対策便覧による結果との比較検討を行った。ここではPC桁の床板幅を1.5m、床板厚を20cm、桁幅を40cmに固定し、桁高を変化させることによって算定された断面力と対応させることとした。

2. 設定条件

本研究では、重量3tfの落石が直接30m落下衝突する場合を想定し、緩衝性能実験結果に基づいて三層緩衝構造を用いる場合(Case-1)および敷厚 $h=90\text{cm}$ の敷砂材を単独に用いた場合(Case-2)、落石対策便覧に準拠した場合(Case-3)の3ケースについて比較検討している。図-1にPCロックシェッドおよび三層緩衝構造の概念図を示している。各ケースの設計条件は、

- 1) 頂版支点間距離を10.0m、建築限界高さを4.7mとし、実績の多い逆L型2ヒンジラーメン構造とする。
- 2) 各ケースの荷重分布状態は図-2に示すとおりとする。衝撃力はCase-1の場合には、 $\lambda=200\text{tf/m}^2$ とする振動便覧式による衝撃力の0.5倍とし、分散幅は安全をみて $3.0\text{m}\times 3.0\text{m}$ とする。Case-2の場合には、ラーメ定数 $\lambda=200\text{tf/m}^2$ とする振動便覧式による衝撃力の1.74倍($\lambda=800\text{tf/m}^2$ の場合に相当)とし、分散幅は重錘径に等しく1.0mとする。Case-3の場合には、 $\lambda=100\text{tf/m}^2$ とし衝撃力、分散幅とも落石対策便覧に準拠するものとする。
- 3) 設計はあくまでも概算であり、主として曲げモーメントに対して行なう。
- 4) 断面設計はPC部材として行なうが、ひび割れを許すⅢ種の領域で計算する。

3. 結果および考察

2. で設定した条件のもとに設計した一覧を表-1に示す。

各ケースにおいて床板上面が受ける伝達衝撃力とその分布面積に大きな差異があることを前提としているため、桁が受ける作用荷重および断面力の算出値には大差が生じている。設計計算はいずれもひび割れを許すⅢ種の領域で行

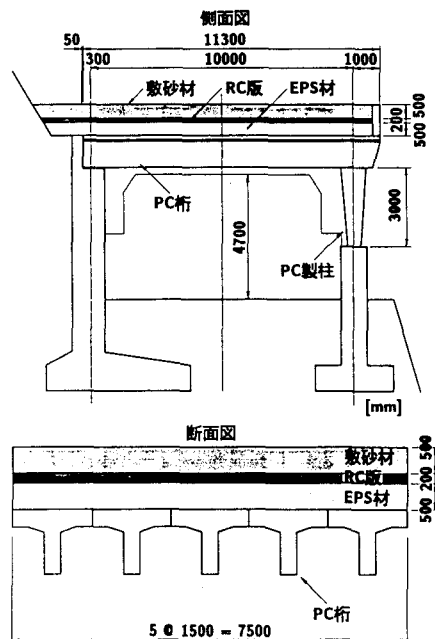
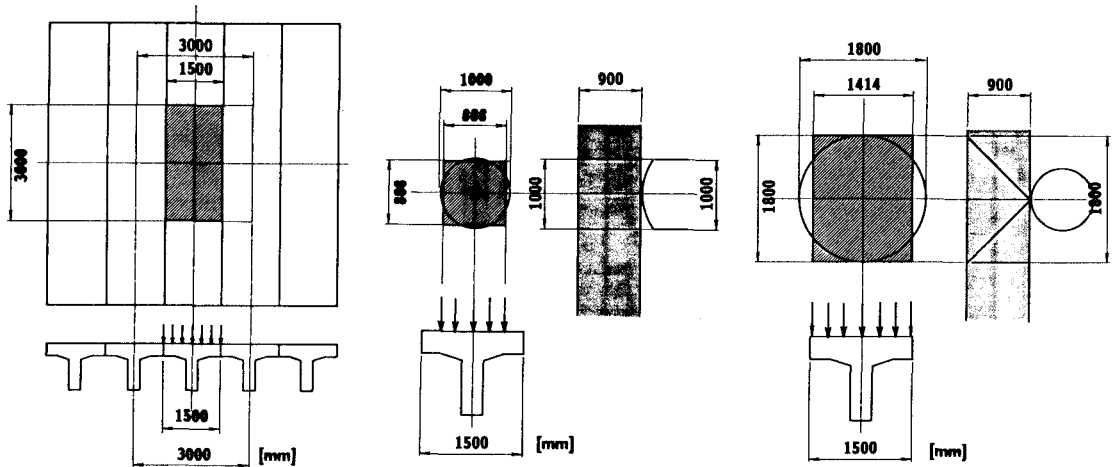


図-1 PCロックシェッドおよび
三層緩衝構造の概念図



(a) 三層緩衝構造(実験結果に基づく) (b) 敷砂単層構造(実験結果に基づく) (c) 敷砂単層構造(従来設計による)

図-2 各ケースにおける荷重分布状態

表-1 落石重量 $W = 3\text{tf}$ 、落下高さ $H = 30\text{m}$ の場合の断面試算

CASE	CASE-1	CASE-2	CASE-3
緩衝材の構造	三層緩衝構造	敷砂単層 ($H_s=90\text{cm}$)	敷砂単層 ($H_s=90\text{cm}$)
ラーメ定数 λ (tf/m^2)	200	200	100
重錘衝撃力 P_0 (tf)	$P_0=20.439 \times W^{2/3} H^{3/5}=327$	$P_0=20.439 \times W^{2/3} H^{3/5}=327$	$P_0=15.490 \times W^{2/3} H^{3/5}=248$
伝達衝撃力 P_1 (tf)	$P_1=0.5 \times P_0 = 164$	$P_1=1.74 \times P_0 = 569$	$P_1=P_0 = 248$
分布幅	3.0m×3.0m (図-2(a))	0.89m×0.89m (図-2(b))	1.80m×1.414m (図-2(c))
荷重強度 q (tf/m^2)	$q = 18.2$	$q = 725$	$q = 97.5$
作用荷重 P (tf)	$P = 81.8$	$P = 569$	$P = 248$
断面力 M (tfm)	$M = 168$	(※ $M = 720$)	$M = 505$
所要桁高 コンクリート体積	$H = 90\text{cm}$ $V = 6.3\text{m}^3$	該当なし	$H = 150\text{cm}$ $V = 9.6\text{m}^3$

※ は分担率 = 0.6 を考慮した場合を示す。

われているが、三層緩衝構造を設置する Case-1 の場合には $W = 3\text{tf}$ 、 $H=30\text{m}$ という落石条件でも 90cm 程度の桁高で設計可能であることがわかる。一方、敷砂単層を設置した場合には従来設計 case-3 によれば桁高 150cm 程度で設計可能であるが、実験結果を用いた Case-2 では 1000tfm 以上の曲げモーメントとなり、荷重分担を考慮しても PC 製としては工学的に製造不可能な断面となる。本試算結果より、緩衝構造として三層緩衝構造を採用することで、同一設計条件に対して従来工法および従来設計手法と比較して 60% 程度の桁高で設計可能であることが明らかになった。これは三層緩衝構造を採用し、従来までの断面寸法とすることにより、設計で仮定した 3 倍程度の衝撃力に対しても十分な安全余裕度を持っていることを意味しているものと考えられる。

4. まとめ

本解析では、各緩衝構造の緩衝性能に関する大型実験結果を基にして、実規模の PC ロックシェッドの曲げに注目した場合の断面試算を行なった。検討結果、三層緩衝構造を採用して従来断面で設計することにより、仮定した 3 倍程度の衝撃力に対しても十分な余裕度を有していることがわかった。これより、集中的かつ衝撃的に作用する荷重に対して、PC ロックシェッドのような一方曲げ部材は、衝撃力の低減は勿論であるが、荷重分散性能に優れた三層緩衝構造を用いることにより、RC ロックシェッド同様、より効率的な設計が可能であることが明らかになった。