既設の雪崩覆エに対する落石用緩衝体の落錘衝突実験

(株)ライテク技術部 正 ○横田 哲也 (株)ライテク北陸支店 濱 晃子(株)ライテク札幌支店 正 北島 幹士 金沢市異業種研修会館 正 前川 幸次

1. はじめに

雪崩覆工の通常の設計において落石による衝撃荷重は考慮されていないが,近年の異常気象や地震を起因 として発生する落石が雪崩覆工の屋根部に被害を及ぼすことが懸念されている.落石対策として敷砂緩衝材 の設置や屋根部コンクリート頂版の増厚では死荷重が増大し,雪崩覆工の主構部材の負担が過大となる.一 方,発泡スチロール(EPS)緩衝材は軽量ではあるが落石エネルギーによっては工事費が非常に高価となる 場合がある.本研究では既設の雪崩覆工のための軽量な落石緩衝体を製作し落錘衝突実験を行った.

2. 実験概要

緩衝体は図-1 のように、EPS ブロック(2.0 m×1.0 m×0.5 m, 密度 15 kg/m³) 8 個の集合体を繊維ネット (PE440dtx・100本・角目 82 mm)で囲った層の上に、角鋼管内部を鋼板2枚で3室に仕切った補強鋼管数本の 上下面を波型鋼板(2-KP-650×25×1.2) で挟んで平鋼 (FB-6×125) とボルト等を用いて連結した合成鋼版を載 せている. 緩衝体の種類は補強鋼管のサイズと配置により、タイプL (6- \Box -125×125×4.5, 12-PL-120×4.5, 間 隔 0.8 m) とタイプM (5- \Box -125×125×3.2, 10-PL-120×3.2, 間隔 1.0 m) である. それぞれの重量は約 700 N/m² および 800 N/m² と軽量である. タイプLを鉄筋コンクリート厚 50 cm の剛基礎上に設置した場合(以下, 剛 基礎実験) およびタイプLまたはMを鋼製雪崩覆工の屋根部モデル上に設置した場合(以下, 屋根部実験) について落錘衝突実験を行った. 屋根部実験では、標準設計解説書¹⁾に基づいて積雪深 3 m, 主構支間 8 m, 主桁間隔 3 m の屋根部(デッキプレート(SDP-100×250×155×95×3.2) とコンクリート厚 100 mm~200 mm) を 製作し, 図-2 のように H 形鋼を支承とし、緩衝体の補強鋼管が主桁と直交する方向に設置した.

実験はクレーンで吊上げた重錘を離脱装置から切り離し,自由落下により緩衝体の中央付近の補強鋼管と 補強鋼管の間に衝突させた.重錘は図-1の EOTA²⁾で規定されている多面体形状を用いた.表-2 は実験 No. と落錘条件を示す.屋根部実験 No.2 と No.3 における重錘衝突位置は図-3の屋根部端スパンで主桁支点寄り とし,屋根部のたわみの影響により衝撃力が小さくならないように,頂版にとって不利になるようにした.

重錘中心部に3 軸加速度計と記録計を設置し,計測値と重錘質量の積として重錘衝撃力を算出した.また, 頂版および主桁の変位とひずみを図-4の位置で計測した.ひずみは頂版を構成するデッキプレートおよび主 桁H鋼下フランジのひずみゲージにより計測した.なお,各センサーの値は0.2 ms間隔で記録した.





図-2 屋根部実験の概要図

8000

支間

А

3. 実験結果とまとめ

表-3は主要な計測の最大値を示し,実験 No.2 と No.3 の頂版デッキプレートや主桁の最大ひずみは弾性範囲 内に収まっている. 頂版および主桁の最大変位はそれ らの支間長に対してそれぞれ約 1/340 および 1/400 で ある. 残留変位は頂版コンクリート上面に生じたクラ ックによる頂版の連続性が変化した影響と考えられる.

図-5 は実験 No.1~3 の重錘衝撃力の時刻歴波形を表 す. 重錘エネルギーが 252.8 kJ で緩衝体タイプLの No.1 と No.2 では, No.2 の最大衝撃力は No.1 の約90% であり,屋根部のたわみの影響と思われる.衝撃力の 作用時間はいずれも 80 ms 前後であり,構造物の剛性 や緩衝体タイプによる大きな差はない.図-5 の時間積 分値である力積は, No.1 と No.2 がそれぞれ 32.4 kN・s と 31.5 kN・s で, No.3 は 20.6 kN・s である.重錘エネル ギーの等しい No.1 と No.2 は最大衝撃力は異なるが, 荷重作用効果である力積は同等と言える.

落石対策便覧 3)による敷砂緩衝材の場合の衝撃力は

 $P = 2.108 \cdot (m \cdot g)^{2/3} \cdot \lambda^{2/5} \cdot h^{3/5} \cdot \alpha$ (1) で与えられる.ここに、P : 衝撃力[kN], m : 落石質量[ton], g: 重力加速度[m/s²], $\lambda : 緩衝材のラメ定数[kN/m²], h : 落下高[m], \alpha = (T/D)^{-0.5} : 敷砂厚 T と落石径 D の比$

主桁 主桁 主桁 主桁 頂版 頂版 頂版 I Π Π W 2 з 1 支承 в 2375 No. 2 1625 625 No. 3 2375 支承 3000 3000 3000 屋根部実験の重錘衝突位置 図-3 500 500 500 500 500 750 500 500 S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9

DG2

1250

G5

1500

в

G4



 $\frac{\Delta(DG2)}{G2}$

1250

G3

1250

DG3)

1250

GI

1500

による割増し係数である.式(1)を本緩衝体に拡張して適用し、 α =1.0として実験結果からラメ定数 λ を求めると緩衝体タイプLのNo.1が λ =382 kN/m²でNo.2が λ =297 kN/m²となり、緩衝体タイプMのNo.3が λ =274 kN/m²となる.屋根部に設置された緩衝体タイプLとMは、敷砂緩衝材のラメ定数(1000 kN/m²)よりも軟らかく、衝撃力は厚さ90 cmの敷砂緩衝材の場合の約60%となる.なお、本緩衝体は衝撃力の緩衝の他に屋根部頂版への分布を広くする上でも効果を期待できるが、紙面の都合により詳細を割愛する。

No.	緩衝体タイプ・ 設置位置	重錘衝擊力 <i>P</i> (kN)	鉛直変位		曲げひずみ	
			頂版載荷点 (残留)	端主桁中央 (残留)	頂版載荷点	端主桁中央
			(mm)	(mm)	デッキプレート下面(μ)	主桁下フランジ(μ)
1	L・剛基礎	741				
2	L・頂版 1	670	8.4 (-1.6)	21.9 (1.0)	1035	104
3	M・頂版 3	474	9.5 (2.0)	17.1 (0.7)	639	67

表-3 実験結果(最大値)

参考文献

1)鋼製スノーシェッド標準設計解説書〔門型・逆L型〕/(社)北陸建設弘済会, 1987.11.

2)European Organaization for Technical Approvals (EOTA) : ETAG27, GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL of FALLONG ROCK PROTECTION KITS, 2008.

3)日本道路協会: 落石対策便覧, 丸善印刷株式会社, 2017.12.

緩衝体 重錘質量 落下高 Energy 設置 衝突位置 No. タイプ **m** (ton) **h** (m) **E** (kJ) * 剛基礎 1 L 1.2 21.5 252.8 屋根部 頂版 1* 1.2 21.5 252.8 2 L 3 Μ 屋根部 頂版 3* 0.8 20.0 156.0

表-2 実験ケース