

# 鋼・コンクリート合成構造頂版を用いた落石覆道の耐衝撃実証実験

北海道開発局旭川開発建設部 正員 佐藤 昌志 (独)北海道開発土木研究所 正員 池田 憲二  
 室蘭工業大学 正員 岸 徳光 (株)KGE 正員 佐藤 良一

## 1. はじめに

筆者らの研究グループは、緩衝性能や施工性の優れた落石防護構造物の開発を目的として、これまで橋梁用鋼床版として開発した鋼・コンクリート合成サンドイッチ版（上下鋼板をボルトで連結した構造内にコンクリートを充填した合成版）が高耐荷力と優れた靱性能を有することに着目し、落石覆道用頂版への適用性を検討するための衝撃実験<sup>1)</sup>や実規模落石覆道模型を用いた実験<sup>2)</sup>等を行ってきた。

本論文は、本構造が初めて採用された屏風岩覆道で耐衝撃性能の確認を目的とした重錘落下衝撃実験を実施したので、その概要を紹介すると共に実験結果の一部を報告するものである。

## 2. 実験概要

**2.1 屏風岩覆道** 実験を行った屏風岩覆道は、北海道開発局旭川開発建設部が落石対策のために一般国道39号上川町層雲峡に建設しているものである。覆道構造を図-1に示す。頂版は短辺2 m × 長辺15.3 m × 厚さ0.3 m の二重鋼板を工場内で組み立て現地に搬送した後、添接板によって一体化し内部に高流動コンクリートを充填して完成させている。柱部は、断面が0.4 × 0.4 m で高さ約4.5 m の矩形鋼管に高流動コンクリートを充填した構造で、これをRC製で厚さ1.0 m の底板、壁厚1.1 m の側壁と一体構造にしている。合成サンドイッチ版を構成している鋼板の板厚は共に9 mm である。頂版の縦横に約30 cm ピッチに65A, t=7 mm のガス管を上下端鋼板のスペーサとし M22 × 360 (F10T 相当) のボルトを用いて連結している。表-1には、設計荷重及び落石時の主要材の許容応力度を示している。

**2.2 実験方法およびケース** 衝撃荷重は、合成頂版上に90 cm 厚の敷砂緩衝材を設置した状態で、質量 2,000 kg の鋼製重錘を自由落下させることにより入力している。実験ケースの一覧を表-2に示している。落下高さは、事前に3次元衝撃応答解析を実施すると共に、現地において覆道主構造物が弾性範囲内であることを確認しながら落下高さを上げることにした。

**2.3 測定項目および方法** 実験における測定項目は、重錘に埋設した加速度計による重錘加速度(3点)、覆道頂版上面に設置した衝撃荷重計(15点)、頂版部および柱部の鋼板に添付したひずみゲージ出力(122点)、並びに頂版部および柱部の変位(22点)である。図-1(b)には各落下位置を示している。

## 3. 実験結果および考察

**3.1 最大重錘衝撃力** 図-2には、重錘加速度の時系列波形を示している。図より、加速度波形の継続時間は約60 ms であり、

キーワード：鋼・コンクリート合成構造，耐衝撃性能，衝撃実験

連絡先：〒065-0020札幌市東区北20条東15丁目3-1(株)KGE インテリアック TEL (011)731-2489、Fax (011)731-2469

表 - 1 設計荷重及び主要材料の落石時許容応力度

設計落石荷重	170tf	
鉛直方向衝撃分力	120tf	
鋼材		
頂版上面鋼板	SS400	215MPa
頂版下面鋼板	SM490YB	321MPa
角形鋼管	STKR400	215MPa
コンクリート		
頂版部	高流動コンクリート	$\sigma_{ck} = 30.6\text{MPa}$
側壁部	高流動コンクリート	$\sigma_{ck} = 24.5\text{MPa}$

表 - 2 実験ケース一覧

載荷位置	緩衝材	重錘質量	落下高さ	落下位置
C1	S90	2,000kg	6.10m	壁部側
C2			2~17.5m	中央
C3			6m	柱部側
C4			6.8m	柱部上
C5			2.4m	張出側
C6			6.7m	中央(添)
C7			6.8m	柱部上(添)

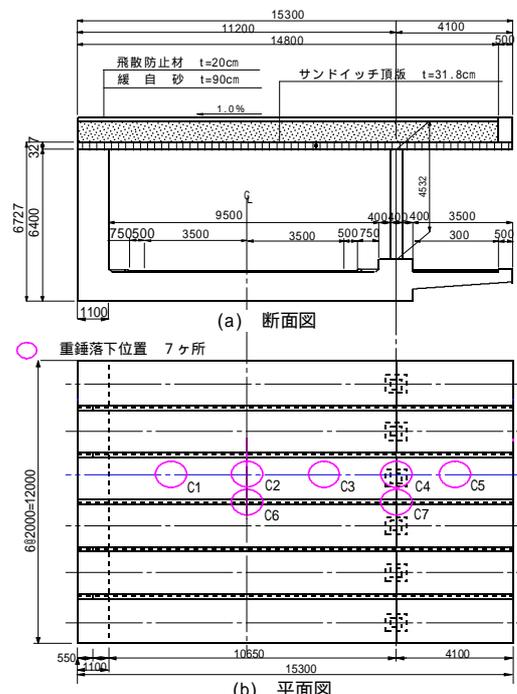


図 - 1 覆道の一般図と重錘落下位置

剛基礎における実験結果(30~40 ms)<sup>3)</sup>より大きいことがわかる。これは、頂版が撓性に富むことに起因しているものと推察される。図-3には、最大重錘衝撃力と落下高の関係を振動便覧式による敷砂緩衝材のラーメの定数を  $\lambda=500, 1000, 1500$  kN/m<sup>2</sup>と仮定する場合と比較している。図より、実験結果は、ラーメ定数が  $\lambda=1500$  kN/m<sup>2</sup>とする場合とよく対応していることがわかる。剛基礎における実験結果はラーメ定数が  $\lambda=2000$  kN/m<sup>2</sup>と対応していることより、本構造を用いることにより衝撃力も低減可能であることが明らかとなった。

**3.2 頂版部および柱部のひずみ、変位** 図-4(a), (b)には、載荷位置 C2、落下高さ 10 m 時の頂版部および柱部の断面方向応力分布、変位分布を示している。(a)図は重錘落下位置直下頂版の最大応答時の分布を示している。図中の SE 断面は添接板位置を、SC 断面は柱を含めた添接板間中央の分布を示している。鋼板下面応力度に着目すると、最大応力度は重錘落下位置直下の SC 断面鋼板下面で65.6 MPa の引張応力度、上面で81.6 MPa の圧縮応力度である。鋼板下面応力は重錘落下位置を中心とする断面方向約1.6 m の範囲内では引張応力度を示し、その範囲外は緩やかに圧縮応力度に移行している。また、(b)図の変位分布は、重錘落下位置直下で最大変位 6.9 mm を示す緩やかな放物線状を示した。

**3.3 設計頂版応力度との比較検討** 本実証実験では、C2位置において最大落下高 H = 17.5 m 迄の重錘落下実験を行った。表-3には、落石時の設計エネルギーや鋼板応力度と実験時の入力エネルギーおよび実験時の各最大応力度を比較して示している。実験値から求めた設計落下高 (H = 14 m) 時の鋼板上下面実測換算値はそれぞれ設計値の35%、77%となり、いずれも設計許容応力よりも小さいことが分かる。

**4. まとめ**

鋼・コンクリート合成サンドイッチ頂版を有する覆道として我が国で初めて採用、施工された屏風岩覆道において、その耐衝撃性能を確認するための重錘落下衝撃実験を行った。

本覆道は、経費削減・工期短縮・省力化施工を目標に掲げ設計施工された構造物である。本実験結果、設計落石荷重が作用する場合においても本覆道主構造は十分に落石時許容応力度を満足することより、本覆道は十分な耐衝撃性能を有することが明らかとなった。

参考文献

- 1)野原栄治、今野久志、岸徳光、西弘明：鋼合成サンドイッチ版の耐衝撃特性に関する実験と考察、土木学会北海道支部論文集 Vol.54A、pp.46~49、1998.2
- 2)佐藤昌志、岸徳光、西弘明、温泉重治、川瀬良司：鋼・コンクリート合成頂版を有するロックシッドの衝撃挙動、土木学会北海道支部論文集 Vol.54A、pp.84~89、1998.2
- 3)土木学会：ロックシェットの耐衝撃設計 [ 構造工学シリーズ ], 1998.11

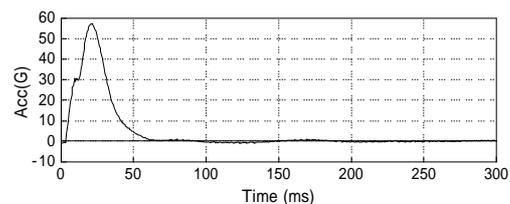


図 - 2 重錘加速波形

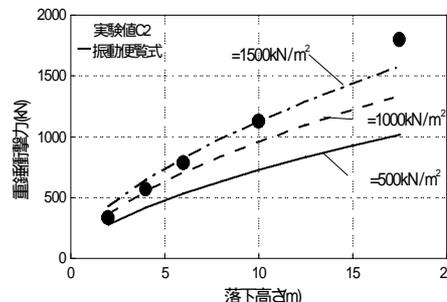
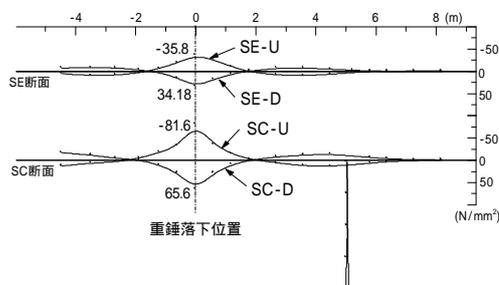
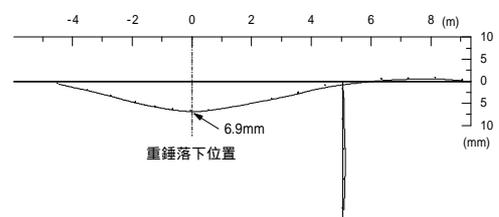


図 - 3 覆道の一般図と重錘落下位置



(a) 断面方向応力分布



(b) 変位分布

図 - 4 断面方向応力および変位分布図 (C2, H=10m)

表 - 3 設計頂版応力度と設計値との比較

	重錘重量2t換算落下高(m)	入力エネルギー(KJ)	頂版下面応力(MPa)	頂版上面応力(MPa)
設計値	14.0	274.4	251.0	145.0
実験値	落下高H=10.0m	196.0	65.6	81.6
	落下高H=17.5m	343.0	102.5	136.3
実測換算値	14.0	274.4	86.9	111.6