

## I-10

## 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

|           |    |    |    |
|-----------|----|----|----|
| ショーバンド建設㈱ | 正員 | 野原 | 栄治 |
| 開発土木研究所   | 正員 | 今野 | 久志 |
| 室蘭工業大学    | 正員 | 岸  | 徳光 |
| 北海道開発局    | 正員 | 西  | 弘明 |

## 1. はじめに

山岳部や海岸線の道路では、落石による災害を防止する目的で落石覆道が数多く建設されている。落石覆道には、落石による衝撃力を緩和するためにその上部には敷砂が緩衝材として設置されているが、敷砂材は経年変化によって緩衝効果が変化することや荷重の分散範囲が狭い等の課題が指摘されていた<sup>1)</sup>。このことから北海道開発局と室蘭工業大学の研究グループは、敷砂に代わる新しい緩衝材として軽量で緩衝及び荷重分散性能に優れた三層緩衝構造を開発し、その緩衝特性を把握する目的で種々の大型野外実験を実施している<sup>2), 3)</sup>。三層緩衝構造を適用した場合のRC落石覆道の試設計に関する研究<sup>4)</sup>によれば、落石荷重が大きい場合には三層緩衝構造を用いることで本体工の部材厚を敷砂を用いる場合よりも薄くできることや覆道の補強対策として有効であることが示されている。しかしながら、現行設計法<sup>5)</sup>による試設計では三層緩衝構造を採用しても落石荷重が小さい範囲では部材厚が常時の荷重ケースで決定されるため、頂版厚がある値以下(文献4)では70cm)にはならないことが示されている。また、スノーシェッドなどの屋根部材では、落石を考慮しない場合には緩衝材を設置していないため、小規模の落石が衝突した場合でも頂版部が損傷することも考えられる。これらの観点から、本研究では、軽量で耐衝撃性及び施工性に優れた覆道用プレハブ屋根部材の開発を目的として、橋梁用鋼床版として研究開発した鋼合成サンドイッチ版の高耐荷力と優れた靱性能に着目し、落石覆道用頂版への適用性を検討するために重錘落下衝撃実験を実施した。実験は、過去に実施したRC版を用いた実験結果と比較する形でやっている。

## 2. 実験概要

## 2. 1. 供試体

実験に使用した鋼合成サンドイッチ版(以後、積層版と略称する)の形状寸法を図-1に示す。供試体は、長辺5m、短辺4m、厚さ30cmである。上下鋼板の厚さはともに9mmで、材質はSS400材、鋼板を連結するボルトはM24-5Tである。2ブロックに分割された材料を工場内で組み立て、実験場に搬送した後、添接板によって一体化し支持台に設置した後、内部をコンクリートで充填した。供試体の設置状況を写真-1に示す。使用したコンクリートの設計基準強度は240kgf/cm<sup>2</sup>である。実験は、純スパン4mとなるように長辺方向の両端部を単純支持し、他対辺自由支持として実験を行った。

一方、比較対象としたRC版供試体は、長辺5m、短辺4m、厚さ75cmでスパン方向及びスパン直角方向の片側鉄筋比がそれぞれ1%及び0.15%の複鉄筋版である。使用

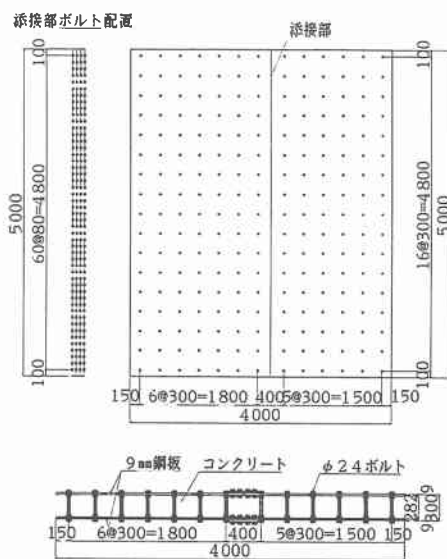


図-1 供試体形状寸法

Experimental Study on Impact Behavior of Steelplate-Sandwiched Reinforced Concrete Slab.

by Eiji NOHARA, Hisashi KONNO, Norimitsu KISHI and Hiroaki NISHI

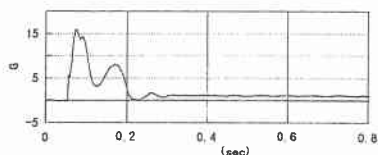


図-2 重錘加速度波形

した鉄筋は、スパン方向が SD295-D29、スパン直角方向が SD295-D22 であり、コンクリートの設計基準強度は  $240\text{kgf/cm}^2$  である。実験は、純スパン4mとなるように長辺方向の両端部を単純支持し、他対辺自由支持として行っている。

## 2. 2. 実験方法

積層版を用いた実験は、RC版での実験と同様に、2辺を単純支持した供試体上に 90cm 厚の敷砂緩衝材を設置し、この上に重量 5tf (直径1m)の重錘をトラックレーンにより落下高 5m から 30m まで 5m ピッチで自由落下させて行っている。緩衝材として使用した敷砂の実験時の含水比及び相対密度は、積層版実験では  $w=10.3\%$ 、 $Dr=17.1\%$ 、RC版実験では  $w=5.7\%$ 、 $Dr=36.0\%$  となっている。また、荷重載荷位置は、積層版では添接板のスパン方向中央部(スパン直角方向の中央部から 15cm ずれている)、RC版実験では供試体中央部に載荷している。

計測項目は、積層版実験、RC版実験ともに歪ゲージ式加速度計による重錘加速度、レーザー変位計による供試体変位、ひずみゲージによる鋼板あるいは鉄筋のひずみである。

## 3. 実験結果

### 3. 1. 重錘衝撃力と落下高の関係

積層版に対する実験 ( $H=5\text{m}$ ) において計測された重錘加速度波形を図-2に示す。加速度波形は、応答開始から約 20msec 経過後に最大値を示し、その後一旦減少するが再び増加し、最大値の 1/3 程度のピーク値を示した後減衰している。波形の継続時間は約 150msec である。重錘の落下高が高くなるに従い、波形の継続時間が多少短くなっているが、各実験ケースともほぼ同様な加速度波形が計測されている。また、RC版に対する実験で得られた加速度波形についても本実験の波形形状とほぼ同様であった。

重錘加速度の最大値と重錘質量の積により求めた重錘衝撃力と落下高の関係を図-3に示す。図より、

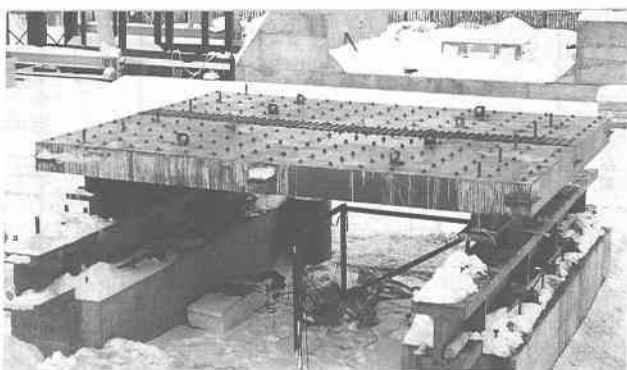


写真-1 供試体設置状況

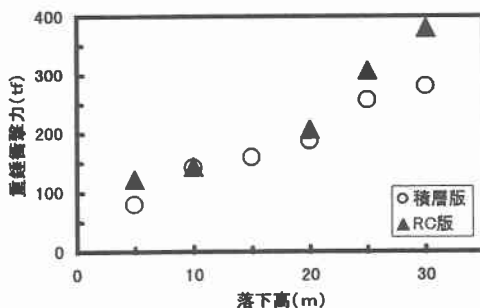


図-3 重錘衝撃力と落下高の関係

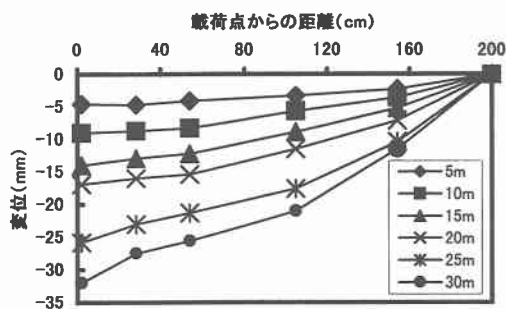


図-4 最大変位分布(スパン方向、積層版)

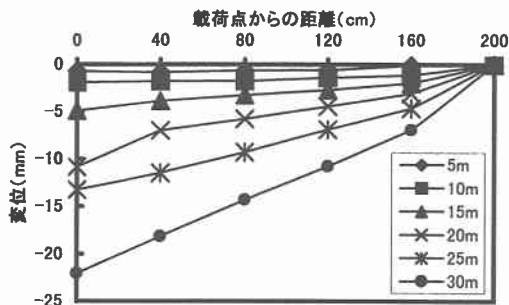


図-5 最大変位分布(スパン方向、RC版)

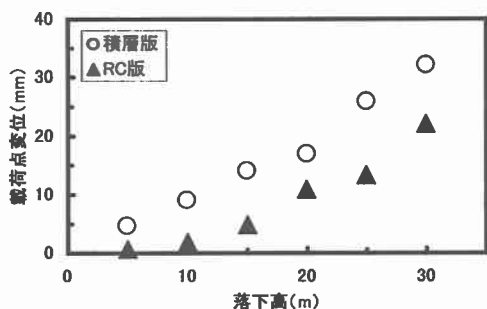


図-6 最大変位と落下高の関係

値にばらつきはあるものの、いずれの実験においても落下高の増加とともに重錘衝撃力も増加している。落下高 10m で重錘衝撃力は約 150tf、落下高 20m で約 200tf と両実験ともほぼ同程度の重錘衝撃力となっているが、落下高 25m 以上では RC 版実験の重錘衝撃力が積層版実験に比較して 20 ～ 25 % 程度大きくなっており、落下高 30m での重錘衝撃力は、RC 版実験で 380tf、積層版実験で 279tf となっている。

### 3. 2. 変位分布

#### 3. 2. 1. スパン方向変位分布

積層版及び RC 版による実験の各実験ケースに対する載荷部断面のスパン方向の最大変位分布をそれぞれ図-4、図-5に示す。積層版の変位分布は、支点部から載荷点部に向かって放物線状の分布を示している。落下高 5 ～ 20m では、なめらかな変位分布を示しているが、落下高 25m 以上では載荷点部に集中した分布形状を示している。一方、RC 版の変位分布は、積層版の場合と同様に支点部から載荷点部に向かって放物線状の分布を示しており、落下高 5m ～ 30m までなめらかな分布形状を示している。

各実験ケースにおける載荷点部の最大変位と落下高の関係を図-6示す。積層版の載荷点部の最大変位は、落下高に比例して増加している。一方、RC 版の変位は、落下高 10m までは非常に小さく、落下高 15m 以降急激に増大し、2次放物線的な増加傾向を示している。

#### 3. 2. 2. スパン直角方向変位分布

積層版及び RC 版による実験の各実験ケースに対する載荷部断面のスパン直角方向の最大変位分布をそれぞれ図-7、図-8に示す。RC 版の変位は、載荷点部で大きく、自由端部に向かって減少する分布となっているが、積層版の変位は、載荷点部から自由端部に向かってほぼ一様な分布となっており、2辺単純支持梁の様な挙動を示している。

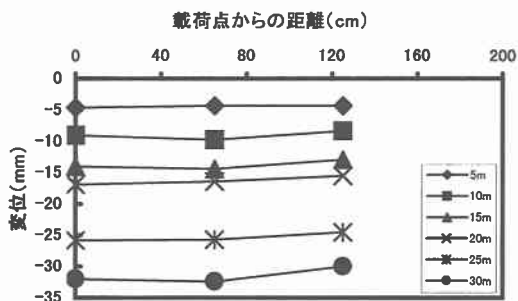


図-7 最大変位分布(スパン直角方向、積層版)

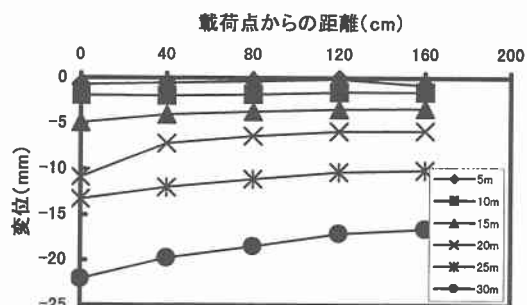


図-8 最大変位分布(スパン直角方向、RC 版)

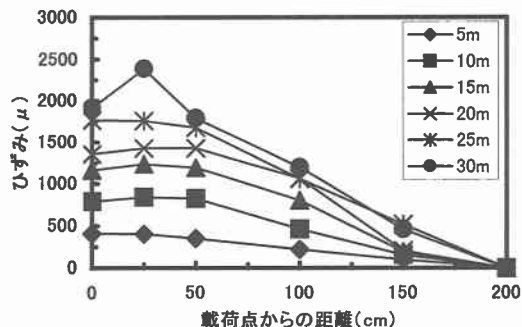


図-9 ひずみ分布(スパン方向、積層版)

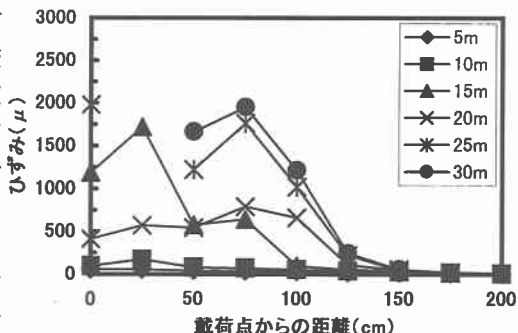
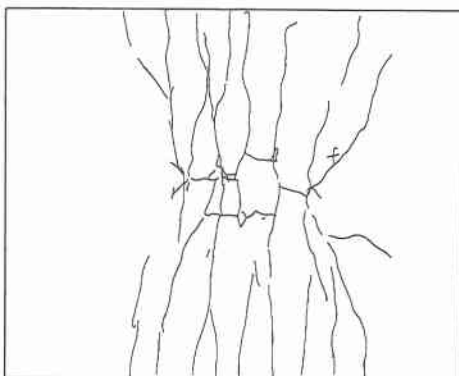


図-10 ひずみ分布(スパン方向、RC 版)

### 3. 3. ひずみ分布

積層版及び RC 版による実験の各実験ケースに対する載荷部断面のスパン方向のひずみ分布をそれぞれ図-9、図-10 示す。積層版のひずみは、落下高 30m を除けば非常になめらかな放物線状の分布を示しており、落下高に比例してひずみの値も増加している。一方、RC 版のひずみは、落下高 10m までは非常に小さな値を示し、落下高 15m 以上ではひび割れ等の影響からか局部的に大きな値を示す分布となり、落下高 25m 以上では、図中には示していないが、載荷点近傍で 10,000  $\mu$  以上のひずみが発生している。



### 3. 4. 実験終了時の供試体状況

図-11 は、実験終了後の RC 版のひび割れ状況を示している。RC 版には載荷点を中心に曲げひび割れがスパン直角方向に発生しており、また載荷点近傍には曲げひび割れと直行するひび割れが発生している。一方、積層版は、実験終了後の載荷点部の残留変位は 18mm 程度であり、外観上も特に変状が発生していないこと、また実験時の変位分布やひずみ分布からも、今回実験を行った実験条件の範囲では版としての機能を失っておらず、破壊までにはまだ十分な安全余裕度を有しているものと考えられる。

図-11 RC版のひび割れ状況

### 4. まとめ

鋼合成サンドイッチ版の落石覆道用頂版への適用性を検討するために重錘落下衝撃実験を実施し、過去に行ったRC版の実験結果と比較検討を行った。本研究から以下のことが明らかとなった。

- 1)RC版は、載荷荷重の増加とともに、ひび割れ等の発生により剛性が低下し変位や鉄筋ひずみが急激に大きくなるが、鋼合成サンドイッチ版は、載荷荷重に比例して変位やひずみが増加し、安定した耐衝撃性状を示す。
- 2)本実験の範囲では、鋼合成サンドイッチ版は、RC版の 1/2 以下の厚さで、RC版と同等以上の耐衝撃性を示した。

今後は、さらに大型の供試体で破壊までの挙動について調査するとともに、山側壁部や海側柱部との接合方法の検討、施工方法や設計法に関する検討を進めていきたいと考えている。

### 参考文献

- 1)岸 徳光、中野 修、松岡健一、西 弘明：野外実験による敷砂の緩衝性能、構造工学論文集、Vol.39A、pp.1587～1597、1993.3.
- 2)佐藤昌志、西 弘明、岸 徳光、松岡健一：三層緩衝構造を用いた実規模 PC 製落石覆工の重錘落下衝撃挙動、構造工学論文集、Vol.42A、pp.1347～1356、1996.3.
- 3)佐藤昌志、岸 徳光、今野久志、前山順宏：三層緩衝構造を用いた柱式実 RC 覆道の重錘落下衝撃実験、土木学会北海道支部論文報告集、第 53 号(A)、pp.2～7、1997.2.
- 4)佐藤昌志、松岡健一、西 弘明、太田越郁郎：三層緩衝構造を適用した RC 落石覆道の試設計について、土木学会北海道支部論文報告集、第 51 号(A)、pp.168～171、1995.2.
- 5)北海道開発局建設部道路建設課：道路防災工調査設計要領(案)(落石覆道編)、1990.3.