

I-21

鋼合成サンドイッチ構造を用いた落石覆道の開発

ショーボンド建設(株)	○正会員	近藤 悦郎
ショーボンド建設(株)	正会員	温泉 重治
北海道開発局開発土木研究所	正会員	佐藤 昌志
北海道開発局開発土木研究所	正会員	今野 久志
室蘭工業大学	正会員	岸 徳光

1. はじめに

軽量で耐衝撃性および施工性に優れた覆道用屋根部材の開発を目的として、鋼合成サンドイッチ版の高耐荷力と靱性能に着目し、落石覆道頂版への適用性を検討するために、頂版部のみの重錘落下実験を実施し、RC版と比較して耐衝撃性に優れることを確認した¹⁾。

しかしながら、頂版と柱および壁との接合方法、構造物全体としての詳細な衝撃特性、設計および施工方法などについて、検討すべき課題が挙げられていた。

本報では、上述の経緯から開発された鋼合成サンドイッチ頂版を有する落石覆道(以降、サンドイッチ覆道と称す)について、実規模重錘落下実験の結果から、本論で述べる設計方法および構造が妥当であったことについて報告するとともに、サンドイッチ覆道の施工方法についても述べる。

2. 構造概要および特徴

2. 1 構造概要

サンドイッチ覆道の構造を、図-1および図-2に示す。また、耐衝撃特性を確認するために作製した実大規模の供試体を、写真-1に示す。

サンドイッチ落石覆道は、頂版厚約30cmのサンドイッチ頂版とRC構造の壁およびコンクリート充填鋼管の柱から構成されている。

サンドイッチ頂版は、厚さ9mmの上下鋼板とガス管(SGP 65A)を配した貫通ボルトから成り、内部は高流動コンクリートを充填している。鋼板の材質は、上鋼板がSS400、下鋼板がSM490である。貫通ボルトは所定のせん断力に抵抗できるように、貫通ボルトには軸力を導入している。ボルト間隔は、M24を300mmまたは150mm間隔で配置することを標準としている。

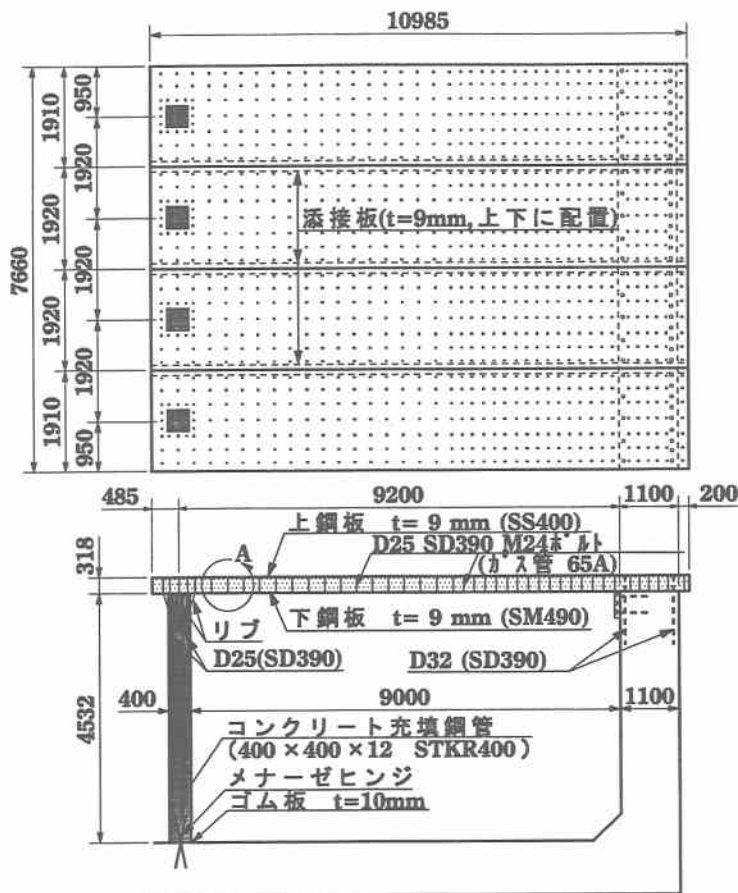
柱部は、厚さ12mmの角形鋼管(STKR400)と高流動コンクリートによる合成構造とし、頂版コンクリート打設と同時に鋼管内にもコンクリートが充填され、頂版との一体化を図っている。柱基部は、供試体であることからメナーゼヒンジ構造としているが、実構造物では基礎部と一体化し、ラーメン構造となる。

壁部は、厚さ110cmのRC構造としているが、柱部と同様に実構造物では、部材厚および構造は変更したいと考えている。

サンドイッチ頂版との接合部の構造は、壁側はアンカー鉄筋を配したRC構造とし、柱側はサンドイッチ頂版の上側鋼板と軸力を導入したボルトにより剛結されている。

また、接合部での局所的な破壊を防止する目的に、柱部にはリブ($t=16\text{mm}$)を設置し、壁部には厚さ9mmの鋼板を配置するとともに、水平方向にアンカー筋を埋込む補強対策を施している。

Development of Shelter for Falling Stone by Steel Composite Sandwiches RC Structure.
by Etsuro KONDO, Sigeji OONSEN, Masashi SATO, Hisashi KONNO, Norimitsu KISHI



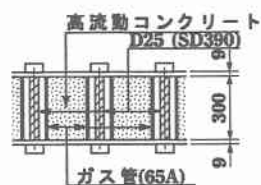
図－１ サンドイッチ覆道形状寸法（単位：mm）

2. 2 特徴

サンドイッチ落石覆道の特徴は、以下のとおりである。

- ①押抜きせん断破壊を生じず、耐衝撃特性に優れる。
- ②建設コストの縮減が図られる（軽量かつ施工性に優れる）。
- ③交通規制を最小限に留められ、急速施工が可能。
- ④縦断勾配や道路線形への対応が容易。
- ⑤軽量であり、基礎への影響が小さい。

本覆道の衝撃実験の詳細は、文献２）で詳述する予定であるためここでは省略するが、耐衝撃性に優れていることが確認されている。また、従来のRCやPC覆道と比較して、構成される部材が単純であることや、現場での作業を必要最小限度にできることから、建設コストの縮減が図られている。その他、サンドイッチ覆道の構造上、③～④の特徴を有している。



図－２ A部詳細（単位：mm）

3. 設計方法

3. 1 概要

サンドイッチ落石覆道の設計は、落石条件として $W=10\text{tf}$ 、 $H=30\text{m}$ を想定している。既往の実験値¹⁾によれば、このときの衝撃力は、およそ 550tf であることが確認されていることから、設計荷重としては 550tf とし、静的骨組み解析により断面力の算定を行い、所要の安全性を満足するように各部材の設計を行うこととした。以下に設計の概略について詳述する。



写真-1 サンドイッチ覆道（実物大供試体）

3. 2 サンドイッチ頂版および柱部の設計

サンドイッチ頂版の設計に際しては、鋼板を鉄筋と考えて通常のRC部材の曲げ耐力算定手法により安全性の照査を行った。また、ボルト軸力、ボルト径および間隔については、コンクリート打設時の剛性の確保および作用せん断力に対して抵抗できるよう配置した。具体的には、中空状態でのコンクリートの打設を可能とするため、貫通ボルトの外側にガス管を挿入し、剛性の確保を図っている（図-2参照）。また、コンクリート打設時の死荷重による変位を打ち消す目的に、中空状態のサンドイッチ頂版には、あらかじめキャンバーをつけている。なお、これらのキャンバー計算は、骨組み解析により比較的精度良く求まることが、既往の実験³⁾により確認されている。

柱部の設計に際しては、文献4)に準じて軸方向圧縮力と曲げモーメントを同時に受ける合成柱部材として設計を行った。

3. 3 サンドイッチ頂版接合部の設計

サンドイッチ頂版と柱部および壁部との接合部の設計は、許容応力度設計法により検討を行うこととし、曲げおよびせん断に対する応力度の照査を行った。なお、サンドイッチ頂版との結合を確実なものとするため、接合部に対しては、埋込み深さ 30ϕ でアンカー筋を配置し、柱部では、さらにサンドイッチ頂版の貫通ボルトを利用して、ボルト1本当たり 14tf の軸力を導入することとした。

また、壁部全面の局部的な破壊を防止する目的に、厚さ 9mm の鋼板を覆道軸方向に設置するとともにアンカー筋を水平方向に配置することとした。柱部では、1本当たり16枚のリブ($t=16\text{mm}$)を配置し、補強することとした。

4. 施工方法

本落石覆道の施工順序の概要は、図-3に示すとおりであり、文献2)での実大規模のサンドイッチ覆道供試体を作製した時の状況を、写真-2および写真-3に示す。

施工におけるサンドイッチ落石覆道と従来のRC覆道との差異を列举すれば、以下のとおりである。

- ①柱および頂版の施工に際して、型枠や支保工の架設を必要としない。
- ②柱および頂版の工場製作が可能である。
- ③現場での溶接作業がない。

これらの施工上の特徴を有していることから、急速施工が可能であり交通規制等を必要最小限度にすることができるため、建設コストの低減を図ることが期待できるものと考えている。



図-3 施工順序

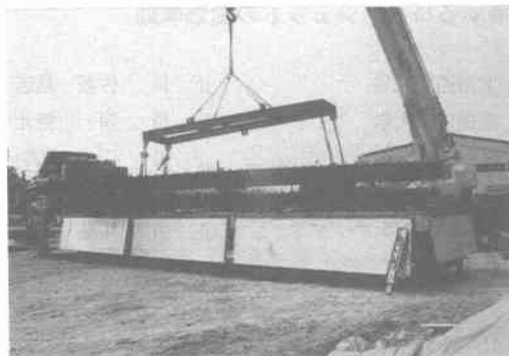


写真-2 頂版（中空）搬入状況



写真-3 高流動コンクリート打設状況

サンドイッチ覆道の頂版架設は、中空状態のサンドイッチ頂版をクレーンなどを用いて、全幅を一括で架設できることが特徴として挙げられる（写真-2参照）。現場への搬入を考慮すれば、一部材の幅は2m程度となる。

高流動コンクリートの打設に際しては、より完全な充填を確保するため、写真-3に示すように上側鋼板の打設口に鋼管を設置し、水頭圧を利用する工夫をしている。

以上のように、サンドイッチ覆道の施工上の特徴として、コンクリート打設前の状態で自立する構造であることから、架設時の部材の軽量化が可能となり、型枠および支保工を必要としないことから、省力化が図られている。また、工場製作された鋼部材で構成されていることから、施工精度の向上や道路線形への対応などが容易であり、急速施工が可能であると考えている。

5. おわりに

鋼合成サンドイッチ頂版を有する落石覆道の開発について、その構造概要、設計方法および施工方法について検討した。その中でも課題であったサンドイッチ頂版接合部の構造については、設計、施工における照査、検討のみならず実験規模重錘落下実験によりその構造の安全性を確認している。また、壁部断面については、さらに壁厚を薄くできるものと思われ、今後の実験および解析的な検討を進めていきたいと考えている。

防災設備の充実が望まれている現在、今後増加するものと思われるサンドイッチ覆道の設計および施工に際し、本報がなんらかの参考になれば幸いであると考えます。

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報告集, 第54号(A), 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ェットの衝撃挙動, 土木学会北海道支部論文報告集, 1999.2 (投稿中)
- 3) 谷口直弘, 温泉重治, 今野久志, 佐藤昌志, 西 弘明: 建設コスト削減を目指した中空鋼床版の開発について, 土木学会北海道支部論文報告集, 第54号(A), pp.340-343, 1998.2
- 4) 土木学会: 鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物 [平成9年度版], 1997.9