

複合構造函渠工について - 新技術の活用 -

北海道開発局 帯広開発建設部 帯広道路事務所 第3工事課 古城 学

1. はじめに

帯広・広尾自動車道は、北海道横断自動車道より分岐し、帯広市、中札内村を経て、広尾町に至る高規格幹線道路である。このうち、帯広川西IC～幸福IC間は工事費に占める土工費の割合が約40%と大きいため、道路FHを下げることによる路線全体の工事費の削減を目的として、頂版厚が薄く、土被りが不要である複合構造函渠工を試験フィールド事業として9基採用した。本文では、複合構造函渠工の設計・施工方法、および実構造物を用いた車両載荷試験の結果について報告する。

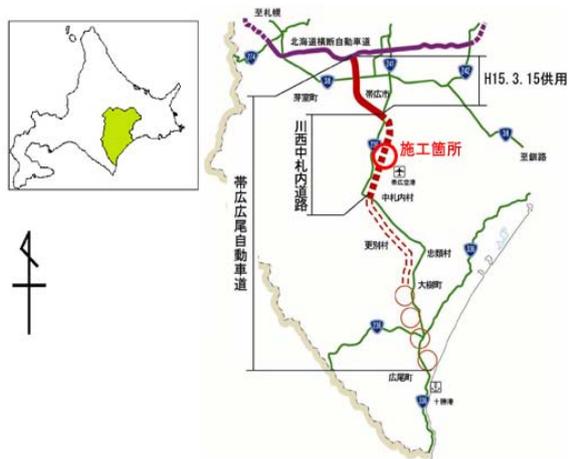


図 - 1 位置図

2. 複合構造函渠工の概要

図 - 2 に標準断面図と各部の詳細図を示す。複合構造函渠工は厚さ 25～45cm のサンドイッチ頂版、RC 構造の側壁・底版から構成されている。頂版部は厚さ 8mm の上下鋼板 (SM400) と千鳥状に配置されたパイプジベル (STK400 89.1×3.2) を高さ調整用ボルトでハーフプレキャスト状に製作・架設し、鋼殻内部に高流動コンクリート ($f_{ck}=30\text{N/mm}^2$) を打設し鋼殻とコンクリートを合成する構造である。また、サンドイッチ頂版と側壁は 2 列のアンカーボルト (SD345) により結合し、剛結させている。

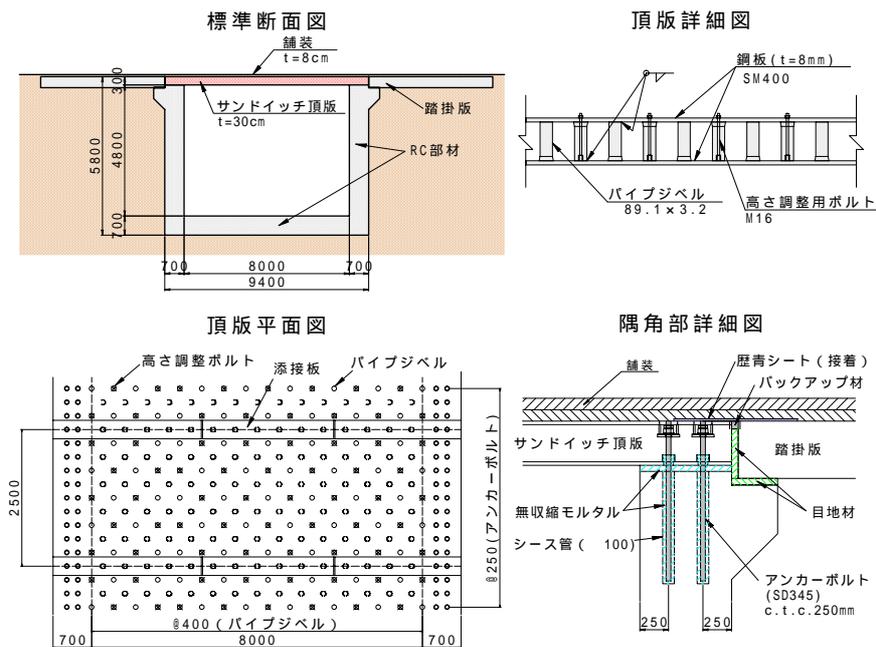


図 - 2 複合構造函渠工の概要図

3. 従来のRCボックスカルバートとの相違点

従来のRCボックスカルバートとの違いを図-3に示す。RCボックスカルバートの場合は最小土被り厚を50cm確保する必要があるが、サンドイッチ構造は橋梁床版で実績があり、軽量で靱性の高い構造であることから、疲労耐久性に優れ、土被りの無い構造に適用できる。また、頂版厚をRCボックスカルバートの半分程度にできるため、カルバートが縦断線形のコントロールとなっている場合、路線全体のFHを1m程度下げることができる。本路線では、土工量の低減により、路線全体の工事費を約9%縮減することが可能と判断したため、複合構造函渠工を採用することとした。

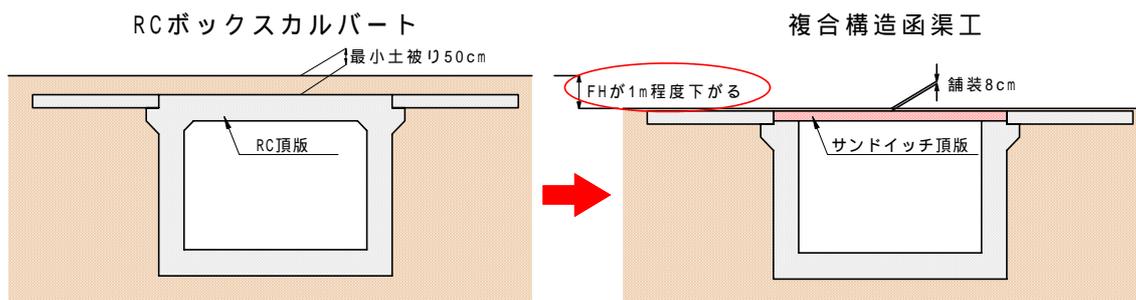


図-3 RC-BOXと複合構造函渠工の相違点

4. 設計手法

サンドイッチ頂版の耐久性は走行回数200万回の輪荷重走行試験により確認されており、パイプジベル溶接部の疲労に対する安全性も照査されている。また、側壁と頂版の結合部に着目した輪荷重走行試験も実施されており、側壁と頂版の剛結構造の安全性についても確認されている。このため、従来のRCボックスカルバート同様にフレーム解析により断面力を算出し、鋼板を鉄筋に置換えたRC複断面計算の照査により曲げ応力に対する安全性を確認している。頂版の厚さは、3次元FEM解析結果やパイプジベル溶接部の疲労照査に基づき、図-4の様に標準化している。

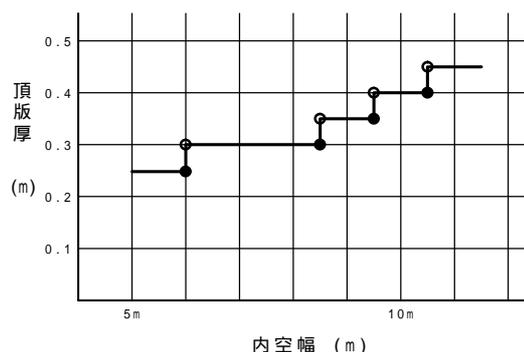


図-4 頂版厚と内空幅の関係

5. 現場施工

底版および側壁等は、従来のRCボックスカルバート同様に現地打設で施工し、並行して頂版の工場製作を行った。レーザー切断および孔開加工した上下鋼板にパイプジベルを自動溶接し、上下重ね合わせてボルトで固定し、上面にはジンクリッチペイント、下面には塗装を行った。側壁完成後、頂版を現地に輸送し、トラッククレーンにより架設した。頂版は鋼殻の状態ではコンクリート打設時の荷重を支持できないため、架設に先立ち支保工を設置し、荷重支持と高さおよびキャンバーの調整を行った。頂版架設後に側壁にあらかじめ設置しておいたシース管にアンカーボルトを挿入し、無収縮モルタルにより側壁と一体化した。

高流動コンクリートの打設は、隔壁で仕切られた頂版のパネル毎に行った。頂版上面に設置した打設口から行き、空気抜き孔、確認窓、打音検査等で充填状況の確認を行った。高流動コンクリートが所定の強度を発現した後、支保工を解体し、壁式防護柵を設置して、平成16年度の工事を終了した。踏掛版、床版防水層および舗装は現在施工中である。

6. 車両載荷試験

6.1 試験概要

車両載荷試験は土砂を積載したダンプトラックを用いて行った。車輪の軸重は、後輪が各100kN、前輪は60kNであった。載荷は図-5に示すように、支間直角方向に壁高欄側と道路中心線上の2測線を設け、各測線上で支間方向に、後輪中心位置を支間中央から側壁方向に3箇所シフトした計6ケース設定し、各ケースに対して3回の載荷計測を行った。ここでは、後輪中心位置を支間中央に合わせたCASE1とCASE4の試験結果について報告する。

6.2 3次元FEM解析

載荷試験を実施する函渠工を3次元でモデル化し、FEM弾性解析を行った。側壁・底板・頂版はシェル要素、壁高欄はソリッド要素としてモデル化した。壁高欄を含めた場合と含めない場合の解析を行い、試験結果と比較した。

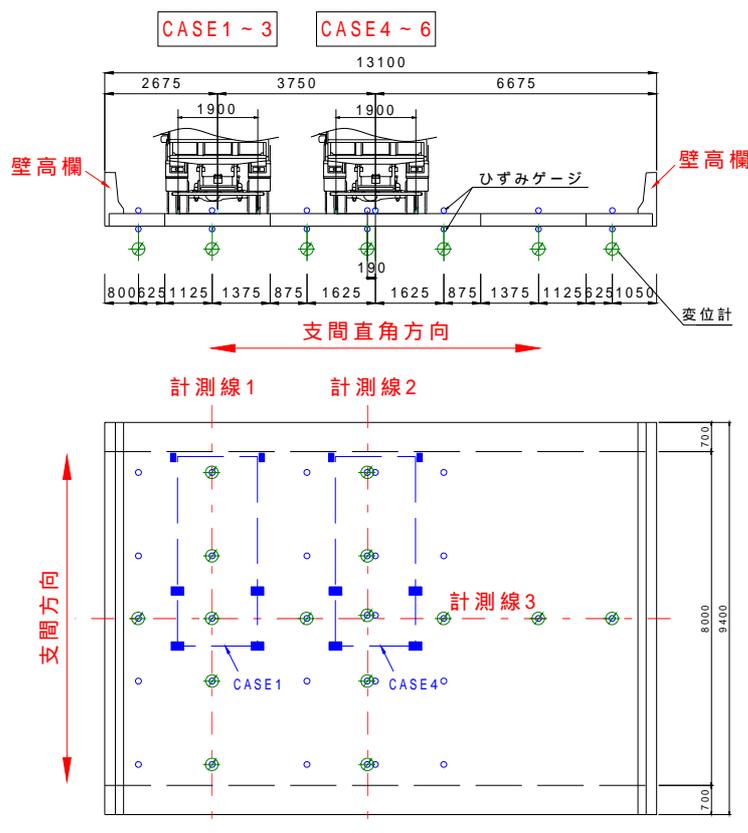


図 - 5 載荷試験概要図

6.3 試験結果

6.3.1 CASE4 載荷時

CASE4 載荷時の計測線 2 における支間方向応力度分布を図 - 6 に、支間方向変位分布を図 - 7 に示す。上下鋼板応力度はほぼ対称に発生しており、全断面有効とした 3 次元 FEM 解析結果と近似している。また、変位分布についても試験値と解析値は良く近似している。3 回の計測結果では解析値に対する試験値の応力度の割合は 89 ~ 94% であり、変位については支間中央に着目すると 95 ~ 99% であった。

6.3.2 CASE1 載荷時

CASE1 載荷時の計測線 1 における支間方向変位分布を図 - 8 に示す。壁高欄の剛性を考慮した場合としない場合の FEM 解析値との比較を行ったところ、試験値は壁高欄の剛性を考慮した場合の解析値に近い値となり、壁高欄の剛性が有効に働いていることが確認された。

7. まとめ

(1) 試験フィールド施工により、複合構造函渠工の施工性や今後の課題点を整理することができた。

(2) 3次元 FEM 解析結果と載荷試験における鋼板応力値および頂版変位はほぼ一致しており、3次元 FEM 解析の妥当性が確認された。

(3) 壁高欄を全断面有効とした 3次元 FEM 解析結果と載荷試験結果が良く近似しており、壁高欄設置による応力低減効果が確認された。

8. 今後の課題

サンドイッチ頂版の上鋼板下面に発生する空隙の検査方法、および空隙の補修方法について検討する必要がある。

今回の施工状況および試験結果等をもとに、設計・施工上の問題点を取りまとめ、「複合構造函渠工設計施工要領(案)」へ反映させるよう整理を行う予定である。

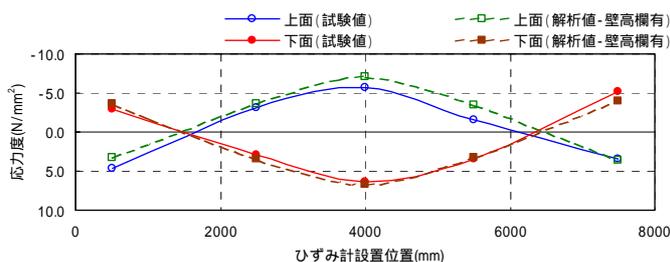


図 - 6 支間方向応力度分布図

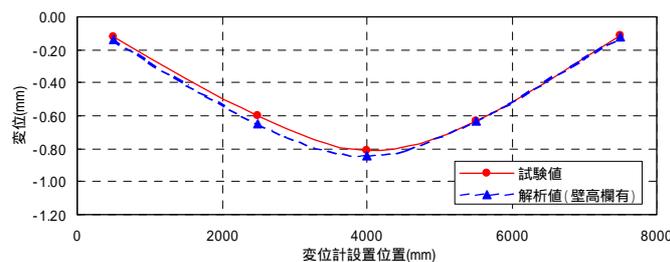


図 - 7 支間方向変位分布図(CASE4)

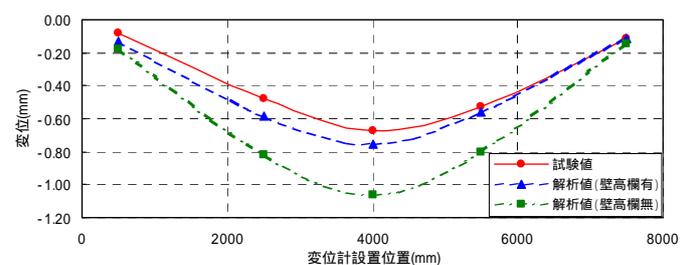


図 - 8 支間方向変位分布図(CASE1)