

斜角を有するボックスカルバート頂版のひびわれに関する一検討

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○稲垣 由紀子

正会員 東 拓生

正会員 佐々木 哲也

1. はじめに

「シェッド、大型カルバート等定期点検要領」に基づくカルバートの定期点検では、頂版の縦断方向ひびわれの坑口付近での片側への集中が比較的多く見られており、この要因の1つとして、周辺地盤からカルバートに作用する荷重の分布が非対称となる偏土圧の影響が現れたことが考えられる。

斜角を有し、片側に集中する頂版のひびわれが生じた実際のカルバートを対象に、横断面の二次元フレーム解析により偏土圧の影響を検討したところ、偏土圧の有無や活荷重等の組合せによって頂版の曲げモーメントが最大となる位置が変わることが確認された²⁾。一方、実際には曲げモーメントが最大となる位置以外でもひびわれが多数見られており、三次元的な土かぶり厚の違い、配筋条件や函体のねじれの影響等の三次元的な影響もあると考えられた。そこで、頂版のひびわれ発生状況に与える三次元的な影響を確認するため、文献2)と同一の事例を対象に三次元ひびわれ解析を試みた。

2. 対象事例

対象事例は斜角（カルバートと上部道路の中心軸が交わった時の鋭角の大きさ）が 50° 未満、両坑口の内空幅は9.5m程度で、坑口形状が上部道路中心線方向と平行なカルバートである。形状および配筋は図-1、頂版のひびわれ状況は図-2に示すとおりである。

3. 三次元ひびわれ解析

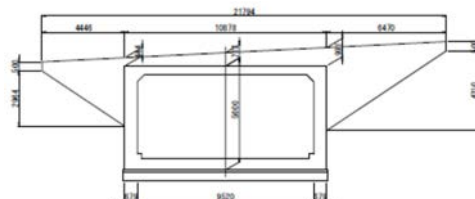
3. 1 モデル化

対象事例について、コンクリートを三次元非線形ソリッド要素、鉄筋を埋込み鉄筋要素としてモデル化し、三次元ひびわれ解析を行った。「コンクリート標準示方書【設計編】」³⁾を参考に、コンクリートのひびわれのモデル化に分散ひびわれモデルを用いるとともに、コンクリートの引張側と圧縮側の非線形特性、鉄筋の応力ひずみ関係を設定した。なお、ここではウイングのモデル化はしていない。

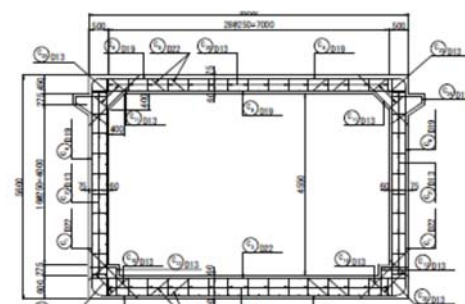
活荷重は、前述の二次元フレーム解析においてA方面の坑口断面で不利となる位置として、図-3に示すカルバート坑口の幅員中心からD方面寄りに0.1mの位置に荷重の中心が来るよう、カルバート縦断方向に「道路橋示方書」のT荷重を載荷した。

土圧はA方面とB方面、および各方面坑口の左右の土かぶりの違いを踏まえて、頂版へ鉛直土圧、側壁へ水平土圧を作用させた。水平土圧を作用させる際、土圧係数は0.5を基本としたが、仮に盛土

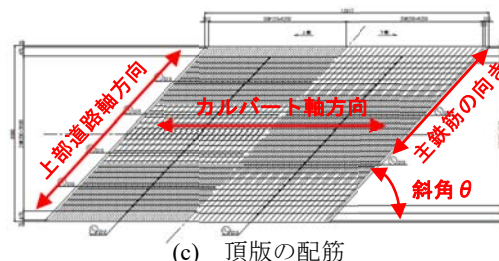
キーワード：カルバート、斜角、3次元ひびわれ解析



(a) 坑口形状（A方面坑口）



(b) 側壁に直角な断面の配筋



(c) 頂版の配筋

図-1 対象事例の形状および配筋

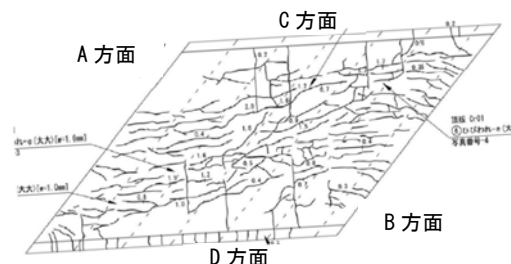


図-2 対象事例頂版のひびわれ状況
(上方から見た図)

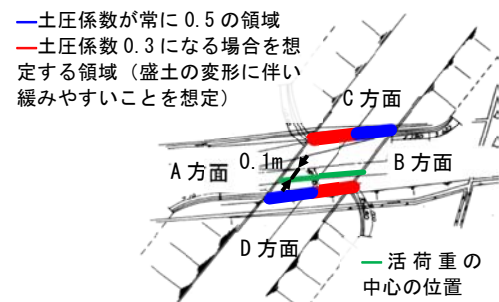


図-3 盛土形状と土圧係数の設定

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6（国研）土木研究所土質・振動チーム TEL：029-879-6771

がのり面方向に変形した場合に、A 方面と B 方面の各方面のカルバートの外から坑口に向かって左側が緩みやすいと考えられた。そのため、偏土圧が作用する条件として図-3 のように上部道路中心軸を境に A 方面側と B 方面側、カルバートの左右で土圧係数を変えた解析も行った。

頂版および底版の配筋は、図-1(c)のように全ての主鉄筋が斜めに配筋されている実際の配筋と、比較のために側壁に直角な主鉄筋と斜めに配筋する主鉄筋を併用する現行指針⁴⁾の配筋で解析を行った。

3. 2 解析結果

分散ひびわれモデルは、要素内で複数発生したひびわれの影響が当該要素内に均一に分散されることを前提としている。また、ひびわれの方向は主たるひびわれが発生した時の主引張応力に直交する方向としている。このため、ひびわれ発生時にはひびわれに直角な方向に引張側の主ひびずみが大きくなることを踏まえ、相対的なひびわれ発生のしやすさとして、解析では引張側を正とした主ひびずみ分布を求めた。結果を図-4 に示す。

実際の配筋で土圧係数が全て 0.5 の場合、頂版中央付近で相対的に主ひびずみが大きく、ひびわれが発生しやすい評価となった(図-4(a))。頂版中央付近については、対象事例で縦断方向ひびわれが多数発生している状況(図-2)と整合した。一方で、相対的に主ひびずみが大きく、ひびわれが発生しやすいと評価された領域の向きは、対象事例で縦断方向ひびわれが多数見られた方向、つまり頂版の鋭角同士を結ぶ対角線の方とは異なっていた。

図-4(b)は、実際の配筋で土圧係数 0.3 の領域を含む場合の結果である。主ひびずみ分布の傾向は図-4(a)と大きな違いはないが、図-4(b)では図-4(a)に比べて全体的に主ひびずみが大きく、全体で土圧係数が 0.5 の場合に比べてひびわれが発生しやすい評価となった。ただし、主ひびずみの大きな領域の向きは、全体で土圧係数が 0.5 の場合と同様に事例と整合せず、実際のひびわれ発生状況には、モデル化していないウイングの影響、活荷重の載荷状況、乾燥収縮や温度応力等の複合的な要因が考えられた。

図-4(c)は、現行指針の配筋で土圧係数 0.3 の領域を含む場合の結果である。図-4(b)に比べて全体的に主ひびずみが小さく、ひびわれが発生しにくいと考えられる傾向であった。実際の配筋は頂版の主鉄筋が全て側壁に対して斜めに配筋されているのに対し、対象事例の頂版の形状で現行指針に基づく配筋をすると、頂版中央付近では側壁に直角な方向および斜め方向に配筋されて、有効となる鉄筋量が多くなったことにより、ひびわれが発生しにくい評価になったと考えられる。

4. まとめ

頂版の縦断方向ひびわれが坑口付近で片側に集中したカルバートについて、偏土圧や配筋の違いを考慮して三次元ひびわれ解析を行い、主ひびずみ分布により頂版のひびわれの発生のしやすさの評価を試みるとともに、実際のひびわれ発生状況と比較した。その結果、頂版で主ひびずみが大きくひびわれが発生しやすいと評価された領域やその向きは、実際のひびわれ発生状況と必ずしも一致せず、ウイングの影響、活荷重の載荷状況、乾燥収縮や温度応力等の複合的な要因が考えられた。

<参考文献>

- 1) 稲垣由紀子, 東拓生, 佐々木哲也: カルバートのひびわれと発生要因や進展可能性に関する事例整理, 土木学会第 73 回年次学術講演会, III-112, 2018.
- 2) 稲垣由紀子, 東拓生, 佐々木哲也: 斜角を有するボックスカルバートに生じる偏土圧の影響に関する一検討, 土木学会第 76 回年次学術講演会, III-202, 2021.
- 3) (公社) 土木学会: 2017 年制定 コンクリート標準示方書【設計編】, 2017.
- 4) (社) 日本道路協会: 道路土工カルバート工指針(平成 21 年度版), 2010.

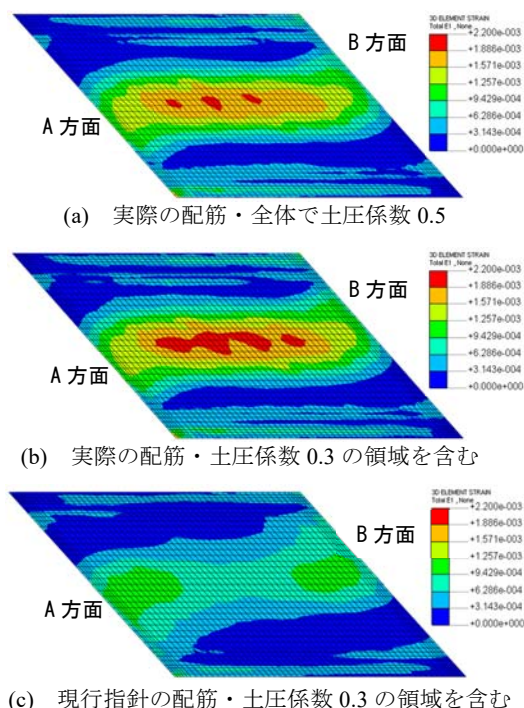


図-4 ひびわれ解析結果
(主ひびずみ分布, 下方から見た図)