

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

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

2014年6月に策定された「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、斜角を有するカルバートの頂版の片側に縦断方向ひびわれが集中した事例も比較的多く見られ、その要因として周辺地盤によりカルバートに作用する荷重の分布が非対称となり、偏土圧の影響が現れたことが考えられた¹⁾。

そこで、斜角を有するカルバートで偏土圧を考慮した場合の頂版の鉄筋やコンクリートに生じる応力度について照査を試み、偏土圧の影響について確認した。照査では、断面寸法や配筋は事例を参考とし、死荷重や活荷重も考慮した。

2. 参考事例

参考事例は斜角（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° 未満で、坑口の形状が上部道路中心線方向と平行な形状のカルバートである。両坑口の内空幅は9.5m程度のもので、1970年代前半に供用が開始された（図-1）。頂版のひびわれ状況は図-2、配筋は図-3に示すとおりである。

3. 照査方法

照査に当たり、各種荷重の載荷方法、使用材料や許容応力度は現行の設計指針である「道路土工—カルバート工指針（平成21年度版）」²⁾（以下、現行指針）に準拠した。土圧は非対称な坑口形状を踏まえた偏土圧として載荷した。

対象事例の頂版や底版では軸方向鉄筋が坑口や上部道路と平行、つまり側壁とは斜角 θ で交わるように配筋されていたため、主筋方向で照査した。

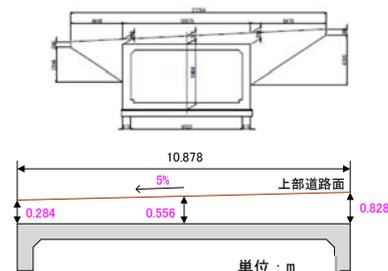
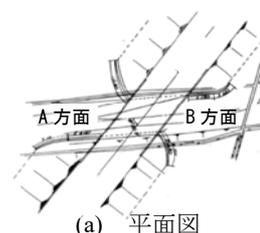
4. 照査ケースおよび照査結果

4. 1 照査ケースの設定

A方面とB方面の坑口のうち、0.2m程度土かぶりの厚いA方面坑口に対して照査を行った。照査は、活荷重の載荷条件および土圧係数を変え、表-1に示す5ケース行った。活荷重は、現行指針の後輪荷重中心が支間中央に来る位置（図-4）、現行指針の活荷重を偏土圧との組み合わせで不利になるようずらした位置で載荷した。土圧係数は指針では左右両側とも0.5とされるが、盛土に緩みや変形が生じた場合を想定して左側を0.3としたケースでも照査した。

キーワード：カルバート、偏土圧、応力度照査

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

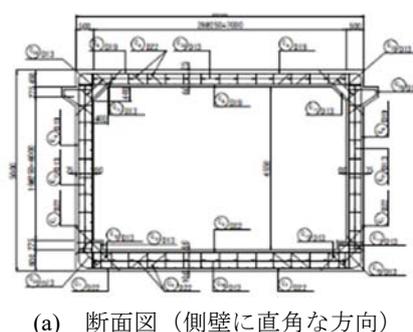


(b) 坑口形状と土かぶり (A方面)

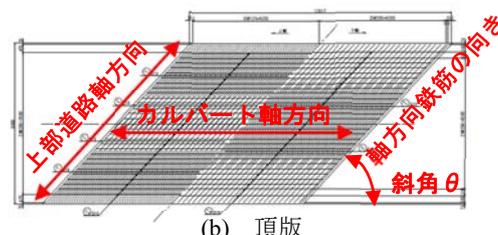
図-1 参考事例



図-2 参考事例の頂版ひびわれの状況



(a) 断面図（側壁に直角な方向）



(b) 頂版

図-3 参考事例の配筋

4. 2 曲げモーメント分布

土圧係数が左 0.3, 右 0.5 のケース 4 およびケース 5 を例に, カルバート内空側に引張を生じさせる方向を正とした曲げモーメント分布を **図-5** に示す。両ケースとも左側で土かぶりが高く, かつ土圧係数が小さいため, 左右の水平土圧に差が生じた影響が現れて曲げモーメント分布には左右非対称性があったが, 顕著なものではなかった。頂版や側壁の上方では, 活荷重を載荷したケース 4 の各位置における曲げモーメントは活荷重を載荷しないケース 5 の 2 倍程度となり, 今回の事例では活荷重の載荷による影響も大きいことが確認された。

頂版に着目し, 各ケースの正の曲げモーメントの最大値とそれが確認された位置の関係を **図-6** に示す。**図-6** より, ケース 1 とケース 2 に比べてケース 4, ケース 3 に比べてケース 5 の方が, 支間中央より右にずれた位置で正の曲げモーメントが最大値となり, 若干ではあるが, 値も大きい。活荷重載荷の有無によらず, 土圧係数が左 0.3, 右 0.5 となった場合, 正の曲げモーメントが最大となる位置が相対的に水平土圧の大きな右側へ 0.1~0.3m 程度ずれた。また, ケース 2 やケース 4 では偏土圧と同時に載荷した時に頂版の正の曲げモーメントの最大値が最も大きくなる位置で活荷重を載荷したが, 後輪荷重の中心が支間中央に来る現行指針の位置で載荷したケース 1 と比べ, 頂版の正の曲げモーメントの最大値, その発生位置ともに有意な差がなかった。

4. 3 応力度照査

頂版の正の曲げモーメントが最大となったケース 4 を例に, 応力度照査を試みた結果を **表-2** に示す。照査時の応力度は, 軸ひずみが中立軸からの距離に比例, 鉄筋とコンクリートのヤング係数比が 15, コンクリートの引張応力度は無視という仮定のもと計算した。鉄筋の許容引張応力度は SD295A 相当の $\sigma_{sa}=160\text{N/mm}^2$ とした。コンクリートの許容応力度は設計基準強度 21N/mm^2 に対応して, 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}=7.0\text{N/mm}^2$ を用いた。

頂版では, 鉄筋・コンクリートともに今回設定した許容応力度に対して若干の超過が見られた。コンクリートの設計基準強度や鉄筋の引張強さが最低の条件に対しては, 偏土圧や不利な活荷重を考慮した場合に許容応力度に対して若干余裕がなくなる可能性も考えられた。

5. まとめ

斜角を有する場所打ちボックスカルバートの頂版に対して, 偏土圧を考慮した応力度照査を試みた。今回の条件では, 頂版の応力度に活荷重が与える影響も大きかった。左右の水平土圧の差によっては頂版の最大応力やその発生位置が変わるが, 頂版の最大応力の増加は応力度照査に影響を与えるほどのものではなく, 最大応力の発生位置のずれもカルバート内空幅に対してわずかであった。

<謝辞>カルバートの変状事例について情報提供を下さいました各機関の担当者の皆様に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>1) 稲垣, 東, 佐々木: 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, 第 73 回土木学会年次学術講演会, III-112, 2018.

2) (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.

表-1 照査ケース

ケース	土圧係数	活荷重載荷
ケース1	左右とも0.5	現行指針(後輪荷重の中心が支間中央に来る)
ケース2		不利な位置(現行指針の活荷重を右へ0.1mずらして載荷)
ケース3		載荷なし
ケース4	左0.3, 右0.5	不利な位置(現行指針の活荷重を右へ0.2mずらして載荷)
ケース5		載荷なし

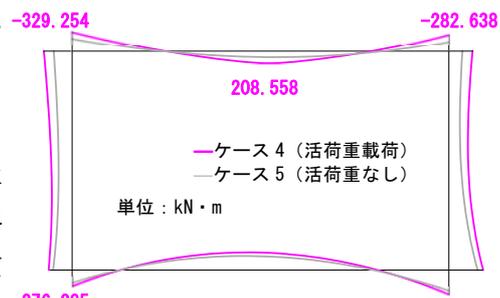
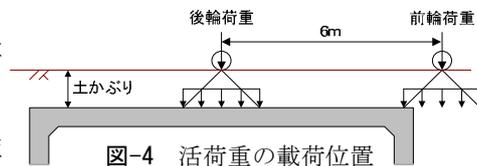


図-5 曲げモーメント分布 (土圧係数左 0.3, 右 0.5 の場合)

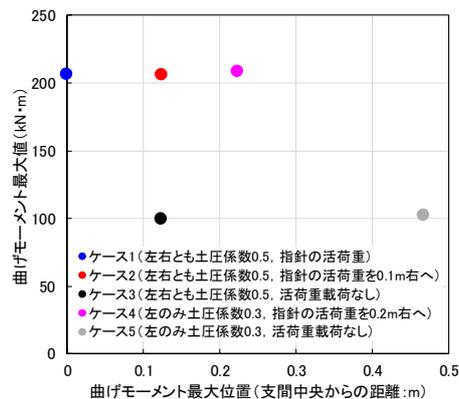


図-6 頂版の正の曲げモーメント最大値とその発生位置

表-2 頂版の照査結果 (ケース 4) の例

断面力	曲げモーメント (kN・m)	208.6
	軸力 (kN)	42.8
断面寸法	部材幅 (mm)	1000
	部材高 (mm)	450
	有効高 (mm)	390
引張鉄筋	かぶり (mm)	60
	鉄筋量 A_s (cm ²)	36.61 D22・184mm ピッチ+D19・ 184mmピッチ
圧縮鉄筋	かぶり (mm)	75
	鉄筋量 A_c (cm ²)	15.57 D19・184mm ピッチ
曲げ応力度照査 (N/mm ²)	コンクリート	7.2 > 7.0
	鉄筋	164 > 160