

地中に構築される斜角のあるボックスカルバートの構造検討

清水建設 正会員 ○宮崎 梨乃
清水建設 正会員 新美 勝之

1. はじめに

大規模な都市再開発事業では、隣接する建物や駅との間の地下に、通路や配管・ケーブル類を通すためのボックスカルバートが構築されることがある。このとき、敷地や建物のレイアウトや、既設の地下構造物との干渉などの制約の影響で、図-1 に示すように建物地下の壁に対して斜角を持つ構造になることがある。このような場合、カルバートに回転モーメントが作用し、全体が回転変位を生じる可能性¹⁾や、斜めスラブとなる頂版と底版の鈍角部で大きな断面力が発生すること²⁾などが指摘されており、設計上考慮すべき点があるものと考えられる。

本検討では、斜角の有無によりボックスカルバートに発生する変形と断面力分布の差を比較検討して、設計上の課題を抽出することを目的とする。

2. 検討条件

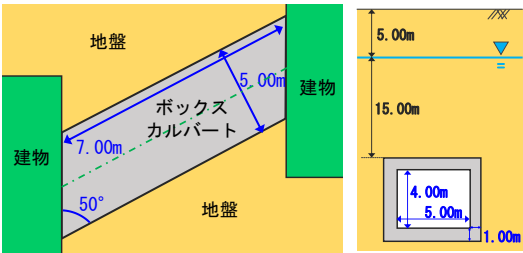
本検討で対象とするカルバートの平面と断面形状を図-1 に、諸元を表-1 に、地盤条件を表-2 に示す。カルバートの内空は、高さ 4m、幅 5m で、頂底版と側壁の厚さは 1m、建物地下の壁面とカルバートは 50 度の斜角がある。なお、建物との接合部では拘束は受けず、反力は生じないものとする。検討は、3 次元 FEM 解析を用いて常時荷重に対する変位と断面力を把握し、斜角のない構造と比較する。カルバートは板要素でモデル化し、底版下面と側壁外側に地盤ばねを設置する。荷重は上載荷重 (10kN/m²) と土水圧を考慮した。解析モデルを図-2 に示す。なお、比較対照として平面骨組解析で評価した斜角がないカルバートの横断面の変形形状と曲げモーメント分布を、図-3 に示す。

3. 斜角の影響の検討

FEM 解析結果を用いて斜角の影響を検討した。

(1) 変形

解析で得られた変形形状と変位分布を図-4 に示す。頂版の鉛直方向変位は、カルバート端部のスパン中央で最大 4.97mm で、斜角のない場合に比べ 0.78mm 増加した。これはスパンが斜めに長くなった影響が大きいと考えられる。また平面では、時計回りに水平方向で最大で 4.28mm の回転



(1) 平面形状 (2) 断面形状

図-1 検討対象のボックスカルバート

表-1 カルバート諸元

材質	鉄筋コンクリート
設計基準強度	30 N/mm ²
ヤング係数	28 kN/mm ²
単位体積重量	24.5 kN/m ³

表-2 地盤条件

土質	砂質土
単位体積重量	18.9 kN/m ²
地盤反力	法線方向 90,000 kN/m ³
係数	せん断方向 30,000 kN/m ³
側圧係数	0.4
地下水位	GL-5.00 m

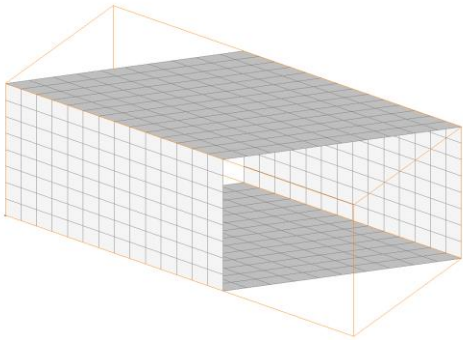
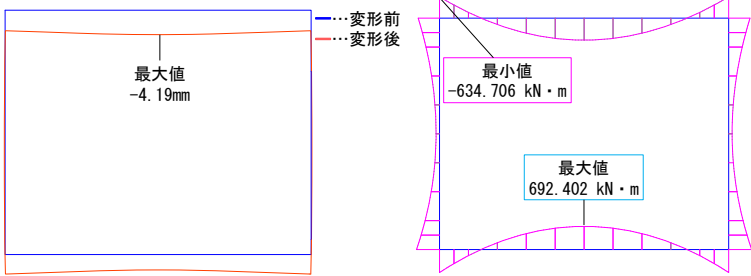


図-2 解析モデル (斜角あり)



(1) 変形 (2) 曲げモーメント分布

図-3 斜角なしの場合の解析結果

キーワード カルバート, 斜角, 斜めスラブ, FEM 解析, 構造設計
連絡先 〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1 清水建設株式会社 TEL03-3561-3895

変位が発生した。これは、左右の側壁が受ける土水圧の合力の作用線がずれるため、カルバートに回転モーメントが作用したためと考えられる。

(2) 断面力分布

カルバート軸回りの曲げモーメント分布を図-5に示す。曲げモーメントは、斜めスラブとなる頂版と底版の鈍角部端部とそこに接する大きくなっており、斜角がない場合の約1.4倍に増加している。また、底版の中央部でも、約1.1倍に増加している。

カルバート軸直交方向の軸力分布を図-6に示す。側壁の鉛直方向の軸圧縮力が、鋭角部側では斜角のない場合の1/4以下に減っているのに対して、鈍角部側では約4倍に増加している。

同じくカルバート軸直交方向のせん断力分布を図-7に示す。鈍角部で約2倍に増加している。

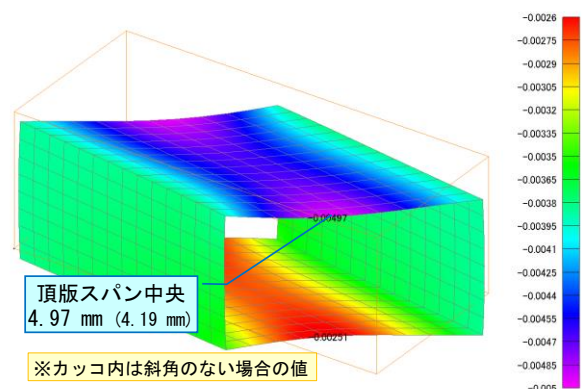
頂版と底版の鈍角部では、斜角により斜めスパンになる頂版と底版の三角形の部分に作用する上載荷重と地盤反力が、鈍角部側では端部に集中することとなる。そのため、断面力が大きくなるものと考えられる。

4. おわりに

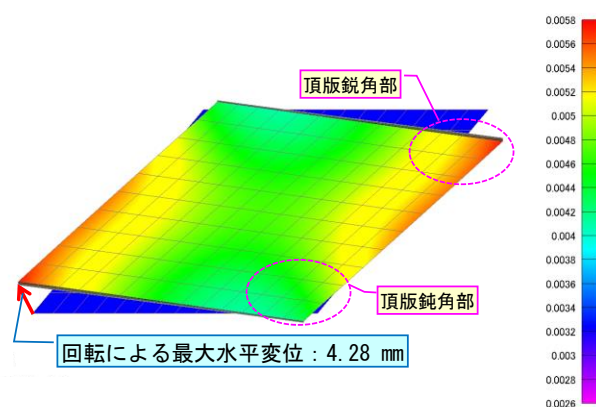
斜角のあるボックスカルバートは、平面で回転変位が発生すること、頂底版の鈍角部周辺で部材の断面力が大きくなることを確認した。設計に当たっては、これらの挙動を適切に評価して、反映させることが重要である。

5. 参考文献

- 1) 道路土工 - カルバート工指針 (平成21年度版), 日本道路協会, 平成22年3月
- 2) 2022年制定コンクリート標準示方書 [設計編], 土木学会, 令和5年3月



(1) 鳥瞰, 鉛直方向変位



(2) 平面, 合成変位

図-4 変形状と変位分布

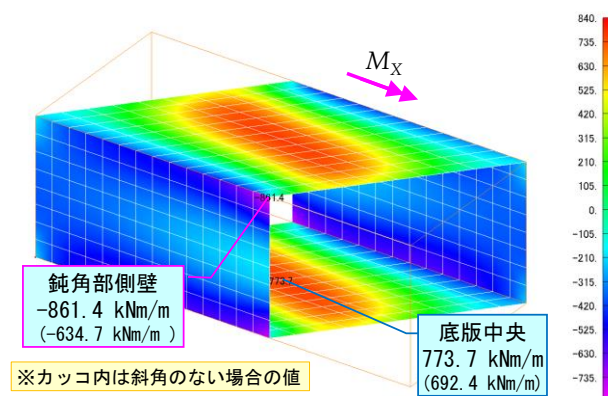


図-5 曲げモーメント分布

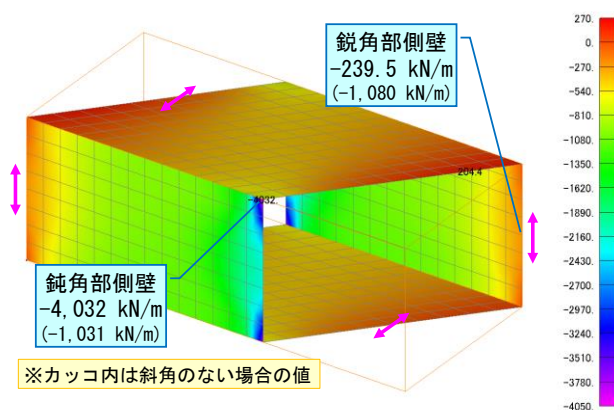


図-6 軸力分布 (圧縮が負)

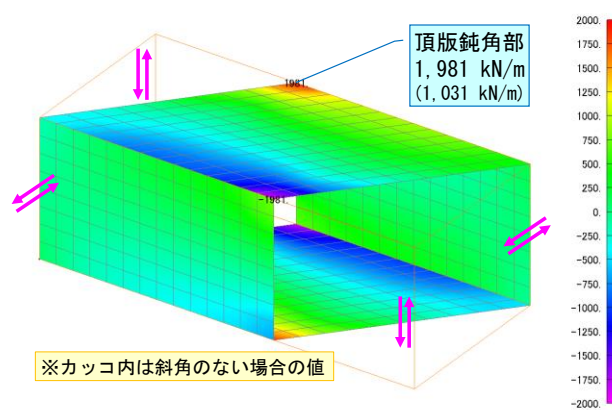


図-7 せん断力分布