

円弧状隅角部を有するプレキャストボックスカルバートの開発（その1）－設計概要－

中日本高速道路株式会社

清水・岩田地崎特定建設工事共同企業

千葉窯業株式会社

清水建設株式会社

正会員 ○濱田 育実

正会員 中村 洋丈

非会員 蛭沢 佑紀

正会員 藏重 幹夫

正会員 池田 昇平

非会員 野手 誠

非会員 江口 知也

正会員 新宮 康之

正会員 波多野 正邦

1. はじめに

少子高齢化が急激に進行する中で、建設業における「働き方改革」「省力化」「生産性向上」の実現は喫緊の課題である。国土交通省は「i-Construction」の重点施策としてコンクリート構造物のプレキャスト化を進めているが、一般的にプレキャスト製品は現場打ちコンクリートよりもコスト増となることが課題である。本報では、プレキャスト製品のコスト削減を目的に行った、コンクリート体積や鉄筋量を削減可能な隅角部を円弧状としたプレキャストボックスカルバートの開発の概要について報告する。

2. PCa ボックスカルバートの設計・製作上の課題

ボックスカルバートの形状は一般的に矩形であり、隅角部において発生する断面力が大きくなるため、鉄筋量が増えるとともに鉄筋が交差することで配筋手間も多く、コストおよび製造工程に負荷を与える。これに対し、隅角部を円弧状とし（以下、円弧状隅角部と記す）、曲げモーメントを低減させることで鉄筋量の削減と配筋手間の軽減を図ることを考案した。その効果を検証するため、図1に示す道路トンネルのような大型カルバートを対象として、円弧状隅角部ボックスの試設計を行った。

3. 構造解析の妥当性確認

ボックスカルバートの設計では一般的に2次元骨組み解析にて断面力を算定する。円弧状隅角部にも2次元骨組み解析を適用することの妥当性を確認する

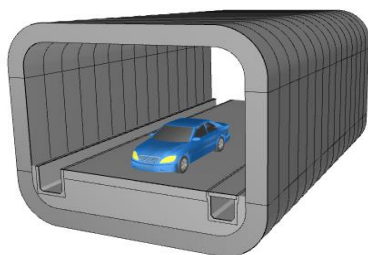


図1 円弧状隅角部のボックスカルバート図

ため、実挙動に近い解析結果が得られる FEM 弾性解析を行い、常時荷重に対する2次元骨組み解析との比較を矩形および円弧状隅角部で行った。図2, 3に示すように、解析手法による断面力値の違いは10%程度の差の範囲に収まり、2次元骨組み解析を円弧状隅角部のボックスカルバートにも適用することの妥当性を確認した。

円弧状隅角部では同一内空条件で特に隅角部外側に発生する曲げモーメントが最大45%低減した。この結果、矩形と比較してコンクリート量が10%削減された。鉄筋量については主に外側の軸方向鉄筋量が削減され、総鉄筋量を最大で40%削減できた。図4に配筋図を示す。

4. 部材断面照査方法の妥当性確認

一般的に矩形ボックスカルバートの隅角部については部材高さが急変することにより応力状態が複雑となるため、構造解析において剛域として設定し隅角部の照査を別途行う。円弧状隅角部では部材高さが連続して変化する構造となるため、剛域とせず全

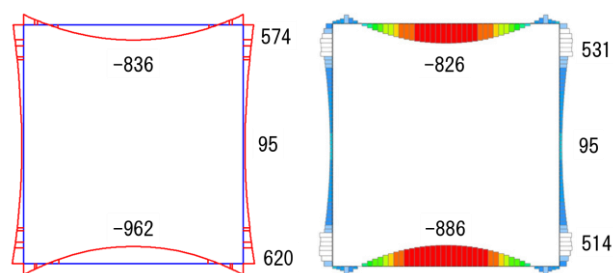


図2 矩形の骨組み解析（左）とFEM解析（右）

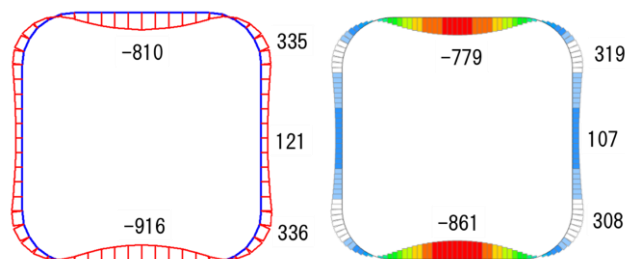


図3 円弧状の骨組み解析（左）とFEM解析（右）

キーワード： プレキャスト、ボックスカルバート、隅角部、モーメント、鉄筋量合理化

連絡先： 〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16-1 清水建設株式会社 TEL 03-3561-3897

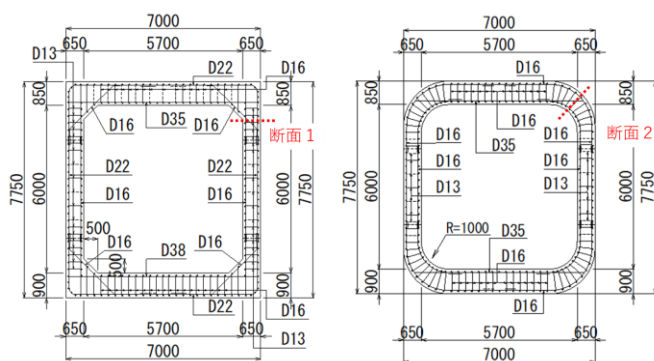


図4 配筋図（左：矩形，右：円弧状）

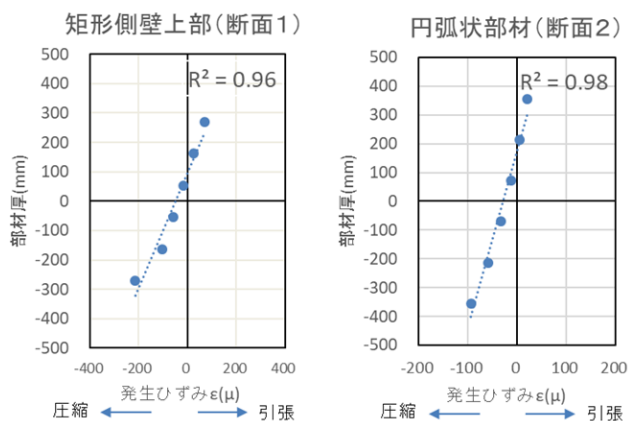


図5 部材厚方向のひずみ分布

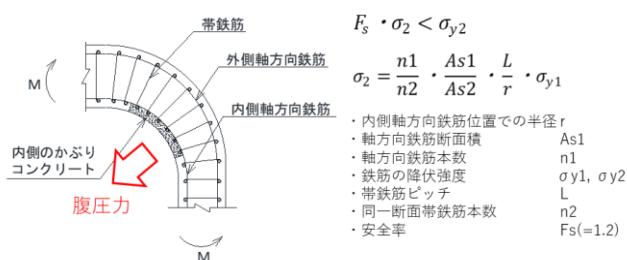


図6 内側かぶりコンクリートの剥落図

断面を照査範囲とした．FEM 弾性解析結果に基づく矩形の側壁端部と円弧状部位の部材厚方向のひずみ分布を図5に示す．分布はほぼ直線であり，鉄筋コンクリートの断面計算における平面保持の仮定が保たれていることを確認し，円弧状の部材に対しても矩形と同様に部材の照査を行うことの妥当性が確認できた．

5. 腹圧力に対する照査

円弧状隅角部では全断面照査を行っているため矩形における隅角部照査を省略し，地震時に隅角部が開くモードの際に内側軸方向鉄筋に引張力が発生し，かぶりコンクリートを押しはがす力（＝腹圧力）に対する照査を行うこととした．帯鉄筋によって軸方向鉄筋の内側への変位を抑えられるように，腹圧力に抵抗できる量の帯鉄筋を配置した（図6）．

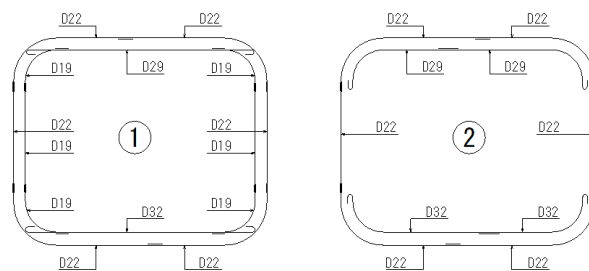


図7 鉄筋の組み立てパターン

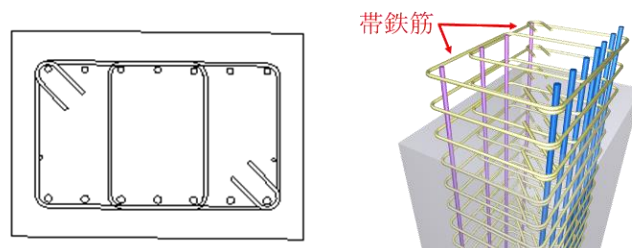


図8 帯鉄筋の配置図（左：断面，右：3D）

6. 鉄筋の配置

円弧状隅角部における鉄筋の配置は2パターンの組合せを用いて縦断方向に交互に配置することにより，頂版および底版と側壁の内側の軸方向の鉄筋をそれぞれ独立に決定することが可能な配置とした（図7）．頂版，側壁，底版の各部材厚が異なる場合でも，隅角部の内側面・外側面をととも円弧状とすることで，通常行われる鉄筋の曲げ加工による配置が可能な構造とした．また，地震時のじん性の確保と腹圧力に抵抗するための帯鉄筋について，フック形状を狭隘な軸方向鉄筋と帯鉄筋の隙間に配置することの施工手間を軽減するために2連の帯鉄筋を配置することを考案することで，必要な鉄筋量を満足した（図8）．

7. おわりに

地震時検討も含む複数のケースに対する試設計の結果，矩形と比較して，円弧状隅角部では特に隅角部に発生する曲げモーメントが減少するため，コンクリート量を10%および鉄筋量40%を削減することが可能となった．プレキャスト矩形ボックスカルバートと比較して製品コストを最大で15%削減することができた．また，隅角部補強鉄筋が不要であるため交差鉄筋が無く鉄筋同士の干渉が減少したことで工場製作における配筋作業の手間を減らすことができた．今後，モックアップによる試験施工を行い，施工性の確認を行う．また2020年末頃から新東名高速道路川西工事にて本報の構造を適用したボックスカルバートを施工する予定である．