アーチカルバートにおける構造形式の違いが地盤変状時の挙動に及ぼす影響

独立行政法人土木研究所 正会員 〇谷口 哲憲 独立行政法人土木研究所 正会員 八ツ元 仁 独立行政法人土木研究所 正会員 星隈 順一 独立行政法人土木研究所 正会員 七澤利明

設計法

構诰

形状

材料

コンクリート

1. はじめに 盛土部横断道路において,景観性への配慮からアーチカルバートが使用されているが,近年では この構造を大型化し、さらに連続化させて使用をする構造が出現し始めている.大型化されたアーチカルバートを 現場打ちで構築する場合は手間や工期を要するため、プレキャストコンクリート部材をヒンジ継手で組み合わせる ヒンジ式アーチ工法が採用されることが多く、施工実績も多数確認されている. この工法の設計法はカルバートエ 指針¹⁾の設計法とは異なり,別途の技術マニュアル²⁾により設計されている.設計法の主な違いは①ヒンジの有無, ②地盤拘束力(水平土圧,側壁及び底版地盤反力)の評価方法,③設計で用いるコンクリートヤング係数,であり 同じ内空断面であっても設計法の違いにより構築されるアーチカルバートの構造形式が大きく異なってくる.

本検討においては、このような設計法の違いが構造物の性能に与える影響を検証するため、両設計法による試設 計を行い、各部材の諸元に与える影響を検討するとともに、アーチカルバートの周辺地盤に変状が発生した場合の

抵抗性能について比較検証を行うものである. なお、ここ で示す抵抗性能とは,許容応力度設計法での許容値に対す る安全余裕を指すものとする.

2. 試設計 両設計法を用いて試設計を行うにあたり,設 計条件とその差異を表1に整理する. 試設計は許容応力度 設計法で行い,部材の諸元を決定した.図1に示す2次元 骨組モデルを用いて解析を行い、両ケースとも側壁と底版 の隅角部に剛域を設定し、外力は活荷重を踏まえた設計上 最も不利となる常時荷重を考慮した.地盤バネは、両ケー スにおいて鉛直方向の底版地盤バネとせん断バネを考慮 した.また、水平方向の側壁地盤バネはケース2のみで考 慮し、せん断バネは両ケースとも考慮を行わなかった. 底 版及び側壁地盤バネは,引張力が作用しないように設定を 行った. IIII 自重

試設計結果を図2に示す.鉄筋比は両ケ

ースともほぼ同じで、引張鉄筋比1.8%、

圧縮鉄筋比 1.0%程度となる.水平土圧と

側壁地盤反力を大きく見込むケース2では,

アーチ部で曲げ変形が拘束されることに

より,アーチ部材厚が33%薄くなる.また,

活荷重時のヤング係数:31kN/mm SD345 許容引張応力度:180N/mm 鉄筋 鉄筋の最小かぶり:25 埋戻土 : αE₀=28MPa 埋戻土 : α E₀=28MPa k_H=8, 320kN/m³ (側壁地盤バネ考慮しない) 地盤 変形係数 側壁地盤バネ考慮する 基礎地盤: α E₀=42MPa 基礎地盤: $\alpha E_0 = 42 MPa$ $k_r = 8,680 \text{kN/m}^3$ $k_{y} = 14,870 \text{kN/m}^{3}$ 躯体自重:24.5kN/m 埋戻土 : 19.0kN/m³(土被り 2.0m) 鉛直方向 荷重 活荷重:T-25,q=10kN/m² 活荷重:T-25, q=10kN/m² の2ケーフ の載荷パターンを変えた9ケ 水平力 111 B 🖬 TID TIT 鉛直土圧 I \square 地盤バネ k=0.3 地盤バネ



<u>ヒンジ無</u>

<u>剛域(L形要素)</u>

ヤング係数:31kN/mm²

鉄筋コ

アーチカルバート内空幅:10.8m, 内空高:6.73m

設計基準強度: 40N/mm² 許容曲げ圧縮応力度:14N/mm

許容せん断応力度:0.55 N/mm

+11.13-

ケース?

トンジ式アーチ設計法

ヒンジ有

剛域 (三角形要素)

死荷重時のヤング係数:15 kN/mm

Т2

部材の諸元(単位:mm)

600

500

構造



図2

また,設計に用いるコンクリートヤング係数は,ケース1で31kN/mm²に対 し、ケース2は15kN/mm²と評価しており、変形しやすい.これにより、側 壁及び底版が地盤側に変形して地盤バネによる地盤反力が大きくなること で, 天井部及び底版部の発生曲げモーメントが低減されている.

キーワード アーチカルバート,許容応力度設計法,ヒンジ式アーチ

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

-119

-237-

3. 抵抗性能の比較 地盤内のアーチ部材は曲げ変形が 小さい軸力卓越部材であり,水平力と鉛直力のバランス によっては曲げ変形が大きくなったり,軸力が抜けたり する.そのため,地盤変状が生じると,アーチカルバー トのバランスが崩れ抵抗性能が低くなる可能性がある. 本検討では,地盤変状の状態として図3の盛土時におけ る基礎地盤の不同沈下,供用時における盛土の側方移動

を取りあげ,ステップ解析により抵抗性能を比較した.部材の非線形特性は道路橋示方 書Ⅲ編³⁾に基づきトリリニア型の軸力に応じた M~φ関係を,ケース2のヒンジ結合は 一般的に用いられる可動回転角を設定し,図4に示す±8度以上回転しない M-θモデル とした.図5に各部位の許容応力度による抵抗モーメント Mr と軸力 Nの相関曲線(図 中の実線),発生する最大曲げモーメント M と軸力 N を示す.ケース1とケース2では Mr-N 相関曲線内の領域が異なり,ケース1の抵抗性能が高いことが分かる.



側方移動時,両ケースとも死荷重時の曲げ M から反対側の曲げ M へ変動する傾向にある.死荷重時発生曲げ M の 反対側は通常圧縮側で鉄筋量も少ないため,Mr-N 相関曲線の範囲は狭い.よって,大きな負曲げ M が発生している 右側壁部と底版部において,薄肉化されているケース2ではMr-N 相関曲線を超えている(d 表示).





4. まとめ 本検討では2つの設計法によるアーチカルバートの試設計を行い,地盤変状時における抵抗性能の検 証を行った.解析結果より以下の2点が分かった.①ヒンジ式アーチ設計法で決まる部材の諸元はカルバート工指 針に比べ地盤拘束力を大きく見込んで薄肉化されているため,地盤の変状に対する抵抗性能は低い.②ヒンジ式ア ーチはヒンジを有することにより天井部の曲げ変形は小さく,地盤変状時でも発生する断面力の変動は小さく抵抗 性能が高いが,その一方で側壁部では発生する曲げモーメントの変動が大きくなり,抵抗性能が低くなる.

このように、ヒンジ式アーチ設計法は前提条件である地盤拘束力やヒンジ結合が成立しなくなると、設定する許容値に対して安全余裕が小さくなる可能性があるため、実挙動と乖離のないように適切な構造評価が必要である.

参考文献 1) (社)日本道路協会:道路土工カルバート工指針,2010.2) (財)地域地盤環境研究所,モジュラーチ工法協会: Modularch 技術マニュアル,2008.3) (社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編,2002.4) 八ツ元,谷口 ほか:アーチカルバートにおける構造形式の違いが耐震性能に及ぼす影響,第66回土木学会年次学術講演会,2011





