

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

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 谷口 哲憲
 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

1. はじめに

近年、アーチカルバートにおいて大型化、連続化した使用が増えてきている。大型化されたアーチカルバートの施工実績について調査を行った結果、そのほとんどが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工法（以降、ヒンジ式アーチ）を用いている。このヒンジ式アーチの設計法は、カルバート工指針¹⁾に準拠するのではなく、別途の技術マニュアル²⁾により設計されている。

本検討では、この設計法の違いが構造物の耐震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ったのち耐震検討を実施した。検討手法として応答震度法を用いることにより、地盤とアーチカルバートの相互作用を考慮するとともに、地震時における地盤内での挙動の把握および耐震性能の評価を行った。

2. 解析条件

ヒンジ式アーチ設計法では、大断面構造でも具体的な耐震検討を省略されていることから、本検討では別途で行った常時設計により決定した試設計断面³⁾を検討対象として、解析による耐震性能の検証を行う。図1に解析検討のフローを示す。L2地震時の地盤応答をSHAKEにより求め、FEMによりモデル化した地盤～構造物の全体系に地盤応答加速度を静的に作用させることで（ステップ解析）、地震時におけるアーチカルバートの挙動を確認した。

図2に解析対象を、表1に解析条件を示す。ボックスカルバート等の地中構造物における地震時検討においては、地盤内での軸力変動が小さいということから、この影響を見込まないことが多いが、本検討では、アーチ部の形状に起因する影響も踏まえて、軸力変動による影響を考慮できるファイバーモデルを用いることとした。地盤部においては、弾性要素を用いており、地盤剛性

については、地震時における剛性低下を考慮するため、SHAKEにより算出した最大応答時の収束地盤剛性を用いた。また、RCコンクリート部の構成則は、道路橋示方書V編⁴⁾の中のコンクリートの横拘束効果を見込んだモデルを用いることとし、終局限界状態の評価法についても、道路橋示方書V編に従い判定を行った。

3. 解析結果

図3にケース1、ケース2のL2地震時での解析結果を、図4に側壁－底版間部材角の変化について示す。図3
 キーワード アーチカルバート、応答震度法、ファイバーモデル、ヒンジ

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 土木研究所 構造物橋梁構造研究グループ TEL029-879-6773

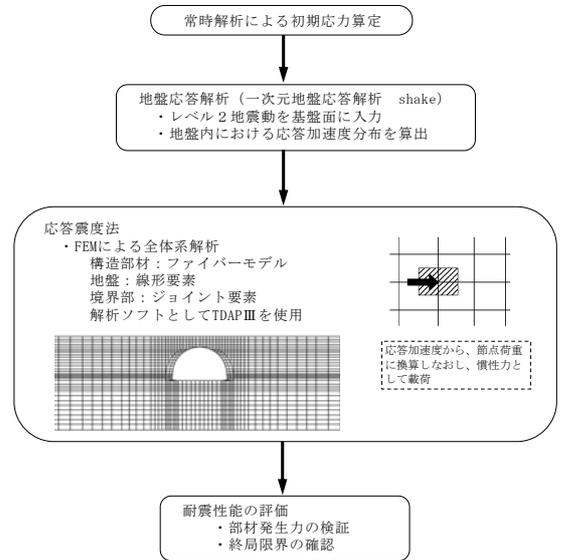


図1 解析検討フロー

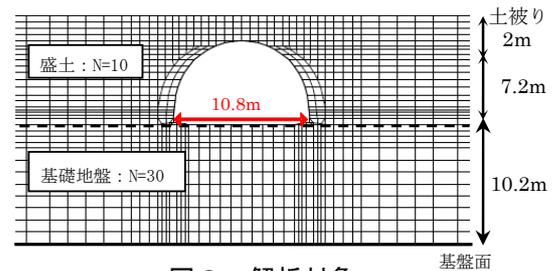


図2 解析対象

表1 解析条件

		ケース1	ケース2
設計法		カルバート工指針	ヒンジアーチ設計法
検討断面（試設計結果）		アーチ部材・側壁部材：450mm 底版部材：600mm	アーチ部材・側壁部材：300mm 底版部材：500mm
解析法	地盤応答解析	一次元地震応答解析（SHAKE） 入力地震動：道示設計標準波Type II地震動（II-I-1）	
	FEM解析 （地盤～構造物全体系）	応答震度法（1000ステップ時でL2地震相当） 境界条件：側方境界（ローラー支持）、下方境界（固定）	
解析モデル	地盤	弾性要素	
	地盤～構造物との境界部	ジョイント要素	
	アーチカルバート	非線形はり要素（ファイバーモデル）	非線形はり要素（ファイバーモデル） ＋ 回転バネ（M-θ：バイリニア）

に示すように、変形については、ケース2のアーチ部および周辺地盤の変形がケース1に比べて大きくなっており、アーチカルバートの剛性差による影響が出ている。アーチカルバート直上の地盤部での変形が特に大きく、地表部において沈下と隆起をひき起こしている。なお、この時のヒンジ部の回転角は約3°となっている。

曲げモーメント分布については、ケース2のアーチ部において、曲げモーメントがほとんど発生しないことから、ヒンジによる変形性能の高さにより曲げ変形が低減されている。また、ケース1の部材厚がケース2より大きく剛性が高いため、ケース1の曲げモーメントは全体的にケース2より大きな値となる。

部材の降伏については、ケース1ではケース2のヒンジ位置にあたるアーチ部と側壁部の接合部付近で先行して降伏が起こり、その次に、底版部で降伏する箇所が現れる。これに対し、ケース2では降伏が側壁基部に集中した広い範囲で起こり、ケース1の降伏箇所の分布と大きく異なる。終局限界については、ケース1では終局限界に至る部位が現れないが、ケース2では終局限界に至る部位が側壁基部に集中する。

側壁-底版間部材角については、図4に示すように、ケース2の方が約1.5倍大きく、側壁部における変形が大きいことがわかる。ケース2については、終局限界に至る部位が増えても変形角の変化の割合が一定であることから、構造系全体としての終局状態の進行が緩やかであり、変形性能が高い構造であることがわかる。

なお、せん断力については、両ケースとも全部材でせん断耐力以下となっており、曲げ破壊型となっている。

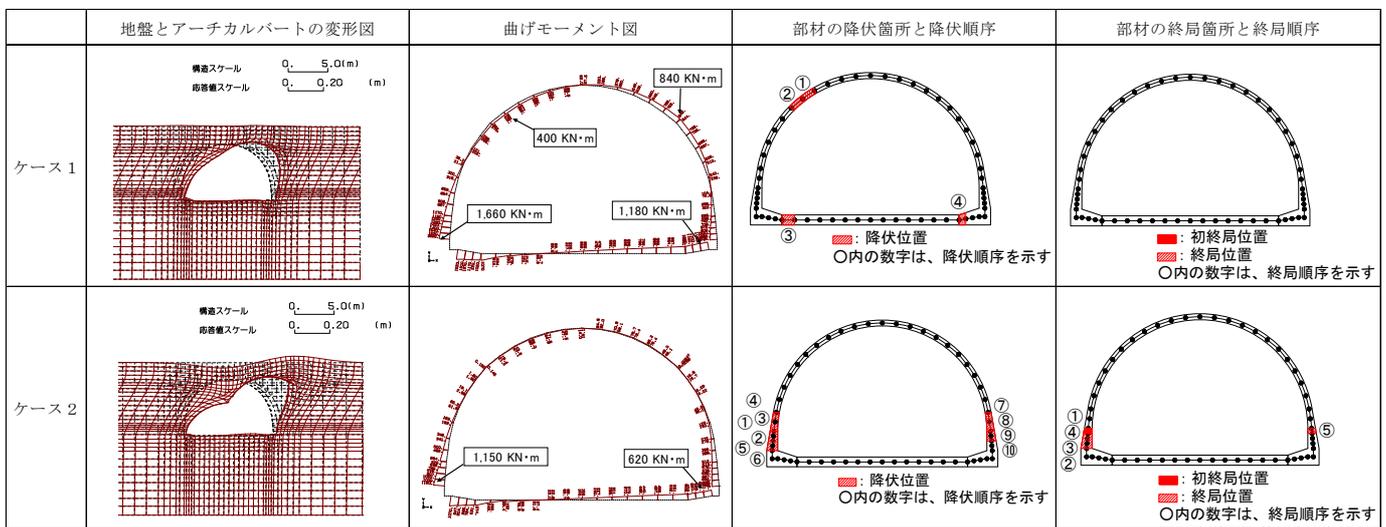


図3 L2地震時における解析結果(1000ステップ目)

4. まとめ

本検討では、同じ内空断面を持つアーチカルバートで、構造形式が異なる場合の耐震性能の差について検証を行った。アーチカルバート構造中のヒンジの有無によって、L2地震時の変形モードが全く異なり、塑性化する部位、塑性化する順序が異なることが確認された。アーチカルバートの耐震性能を正しく評価するには、ヒンジ部の評価が重要であり、実構造における挙動と乖離が無い設計を行うことが重要である。

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) 谷口，八ツ元ほか：「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」，第66回土木学会年次学術講演会，2011. 4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編，2002.

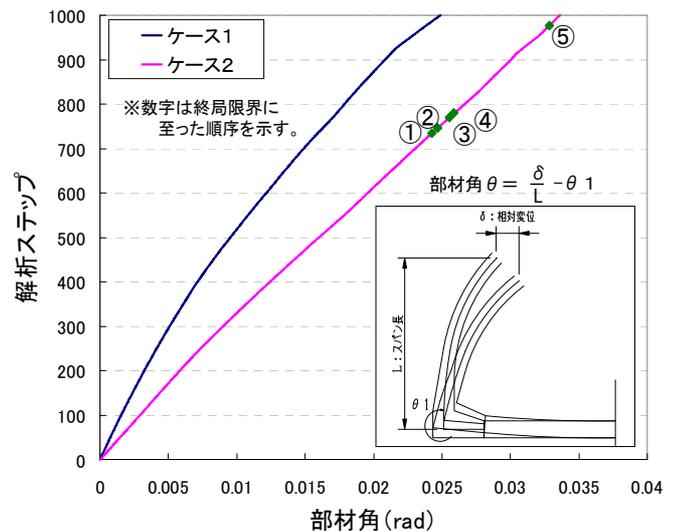


図4 側壁-底版間部材角の変化