

(論文内容の要旨)

近年，高架橋の代替構造物として，いくつかのプレキャストアーチカルバートを含む盛土が計画・設計されている。盛土構造物との交差部に設置されるカルバートには，現場でコンクリートを打設する矩形状のボックスカルバートが用いられてきたが，高い品質管理が可能で施工速度の速い工場生産のプレキャストカルバートを使用する現場も増加している。本工法の盛土はプレキャストアーチカルバートを用いるもので，アーチ形状の構造的合理性と景観上の美しさのみならず経済性をも追及した新しい道路構造である。本研究は，プレキャストアーチカルバートを含む盛土の耐震安定性に関して，動的弾塑性有限要素法を用いて検討したものである。本論文は以下の計6章からなる。

第1章は序論であり，論文全体の構成を示している。プレキャストアーチカルバートの特長と土木工事における役割を述べ，高架橋の代替案として用いられる，盛土の中にいくつかのプレキャストアーチカルバートを挿入した構造の有用性を示した。また，日本では構造物に対して地震荷重を考えねばならないことから，本研究の目的として，プレキャストアーチカルバートを含む盛土構造のレベル2地震動での耐震安定性を議論する必要があることを説明した。

第2章では，プレキャストアーチカルバートの設計法や施工法について説明するとともに，多連式アーチカルバートの構造形式の概要と施工事例について述べた。さらに，プレキャストアーチカルバートの耐震性について既往の研究成果を示すとともに，連続して用いたときの検討課題を抽出した。

第3章ではまず，実現場と同様な初期地盤応力状態を表現するため，カルバートの設置および盛土の積上げ過程を考慮できる自重解析を実施した。自重解析により得られた結果を初期応力とし，地盤および覆工の構成モデルの組み合わせを用いて4種類の動的解析を行い，より適切な構成モデルについて比較検討を行った。地盤のモデル化は，覆工と地盤の変形に対して大きい影響を及ぼす。地盤の体積圧縮と膨張などのダイレイタンス特性が表現できる t_{ij} -sand model では，Drucker-Prager モデルより大きいせん断ひずみとせん断力が発生し，より安全側に設計できると結論付けた。覆工のモデル化である AFD model は，部材強度の軸力依存性および繰り返し载荷による曲げ剛性の低下を考慮することができ，tri-liner model と比べて，地震時の覆工の力学挙動を把握するにはより適したモデルと結論付けた。

第4章では、幅10m、土被り1.5mの同じ施工条件を満たすように設計されたアーチカルバートとボックスカルバートについて、レベル2地震動に対する動的解析を行い、両者の耐震安定性について比較検討を行った。

ボックスカルバートはアーチカルバートに比べて部材が厚く、覆工の剛性が高いため、その頂版は梁のような効果を発揮して上部地盤の荷重に耐える。これに対して、相対的に柔なアーチカルバートは、地盤に追随する形で変形し、その変形により上部地盤の荷重に抵抗する。また、アーチカルバートは振動エネルギーを周辺地盤に逸散させ、構造物の被害を低減できる。振動後、ボックスカルバートに比べて、アーチカルバートは覆工底部に発生する地盤応力、左右脚部間の鉛直応力の差、および相対変位が小さい。さらに、ボックスカルバート盛土では、地表面で大きい不同沈下が見られ、アーチカルバートのほうが、力学的に優れた構造形式でと言える。

第5章では、多ユニットアーチカルバートおよび3連式アーチカルバートを含む盛土を対象とし、レベル2地震動に対する耐震安定性を検討した。同じ構造をいくつも並べて多ユニット化することにより、盛土構造物の見かけ単位体積重量は盛土部より小さくなる。その影響により、ユニット間における地盤要素では土被り荷重より小さい地盤応力が生じ、ユニット間地盤の水平変位が大きくなる。また、多ユニット化により、カルバートのボルト部とインバート部の相対水平変位および構造物の変形が大きくなる。さらに、ユニット間隔が狭くなるほど、ユニット間地盤要素において、応答加速度と主応力に対するせん断力は大きくなり、鉛直変位は小さくなるが、その差異は顕著でない。すなわち、ユニット間隔が多ユニットアーチカルバート盛土の安定性におよぼす影響は小さいため、施工可能な範囲でユニット間隔を狭くしてもよいと言える。

中壁を用いた構造形式の3連式アーチカルバートは、構造物の巨大化により、シングルアーチカルバートより動きにくくなる。これにより、覆工周辺の地盤要素に生じるせん断ひずみおよび体積ひずみは、シングルアーチカルバートより小さくなり、コンクリートの最大ひずみおよび応力、鉄筋のひずみなども若干減少する。さらに、3連式アーチカルバートでは、地震後脚部に発生する地盤応力が増加し、中央壁の端部では鉄筋の降伏が見られ鉄筋の補強などが必要となることを示した。

第6章では、論文をとおして得られた知見を整理し、今後の研究課題をまとめている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、プレキャストアーチカルバートを含む盛土構造の道路軸方向に対して、レベル2相当の地震時の耐震安定性を動的弾塑性有限要素解析で検討したもので、得られた成果の主たるものは以下の通りである。

1. 実現場と同様な初期地盤応力状態を自重解析で表現し、2種類の地盤の構成則と2種類の覆工コンクリートの構成則を用いて解析を行った結果、地盤のせん断による体積変化を適切に表現できるモデル (*t_{ij}-sand model*) と鉄筋コンクリートの軸力の違いによる剛性の変化を表現できるモデル (*AFD model*) で計算すると、アーチカルバートの耐震性を適切に表現できることを明らかにした。

2. 幅 10 m, 土被り 1.5 m の同じ施工条件を満たすように設計されたアーチカルバートとボックスカルバートについて、レベル2地震動に対する動的解析を行い、両者の耐震安定性について比較検討を行った。その結果、ボックスカルバートに対して相対的に柔らかいアーチカルバートは、地盤に追随する形で変形し、その変形により上部地盤の荷重に抵抗し、アーチカルバートのほうが力学的に優れた構造形式であることを示した。

3. 多ユニットアーチカルバートおよび3連式アーチカルバートを含む盛土を対象とし、レベル2地震動に対する耐震安定性を検討した。その結果、ユニット間隔が多ユニットアーチカルバート盛土の安定性におよぼす影響は小さいことを明らかにした。また3連式アーチカルバートは、地震後脚部近傍に発生する地盤応力が大きく増加し、中央壁の端部で鉄筋の降伏が見られ、鉄筋の補強などが必要となることを示した。

以上のとおり、本論文はプレキャストアーチカルバートを含む盛土構造の耐震安定性の基礎的な検討課題を解明したもので、学術上、実際上に寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成20年4月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。