

## 連続多分割式アーチシステムの地震時挙動特性に関する検討

モジュラーチ工法協会 正会員○松山 晃三      モジュラーチ工法協会 非会員 小野 由博  
 モジュラーチ工法協会 非会員 清原 勝司      日本技術開発株式会社 正会員 佐伯 宗大  
 モジュラーチ工法協会 非会員 大村 宏幸      日本技術開発株式会社 正会員 藤田 亮一

**1. 背景と目的** 多分割式アーチシステムは、プレキャスト部材から成る 2 ヒンジアーチトンネルであり、その基本はフランスで考案・実用化されたものである。アーチ部に設けたヒンジのためボックスカルバート等に比べて構造的に柔軟になり、構造盛土や基礎地盤の変形をある程度許容できる点が特徴である。最近ではレベル 2 地震動を対象とした地震時挙動特性の検討<sup>1)</sup>も行われてきており、高速道路盛土部のアンダーパスへ適用される等、従来のボックスカルバートに代わる構造として注目を集めている。本論文で取り上げる連続多分割式アーチシステムは、上述の多分割式アーチシステムを複数連ねた新しい構造形式である(図 1 参照)。本構造は、アーチ構造を連続させることで、長い区間の盛土を経済的に建設できる等のメリットが生じることから、今後広く適用される可能性を持った構造形式であるといえる。その一方で、我が国の地震環境においてこのシステムを採用する際には、単連の場合と同様に耐震安全性を十分検証することが求められる。

以上のような背景をふまえ、本論文では連続多分割式アーチシステム(以降、アーチと略す)のレベル 2 地震動を対象とした基本的な検討を行った。以下は、単連と連続(3連、5連)の比較という形で地震時挙動特性の違いを比較・検討したものである。

**2. 検討方法・条件** 解析には 2 次元 FEM を用い、盛土縦断方向をモデル化し等価線形化法による地震応答解析から得られた応答結果を連続毎に比較した。図 2 に単連の解析に用いた FEM モデルの概要を示す。また、図 3 に 3 連、5 連の盛土およびアーチ部のみのモデル図を示す。なお、原地盤部については 3 連、5 連についても単連のものと同様なモデルとした。原地盤部は良質な地盤を想定し、N 値=30 および 40 の層とその下に N 値=50 の層をそれぞれモデル化した。盛土および N 値=30、40 の原地盤部にはひずみ依存性を考慮することとし、盛土部については沖積砂、N 値=30、40 の原地盤部については同洪積砂に関する既往の研究成果<sup>2)</sup>をそれぞれ用いた。本論文で報告する内容は、

入力地震動を、道路橋示方書・同解説<sup>3)</sup>にあるタイプ I 地震動の I 種地盤用の波形をとしたものである。なお、検討に用いたアーチの諸元は、モジュラーチ設計マニュアル<sup>4)</sup>に従い常時荷重状態に対して設計されたものである。

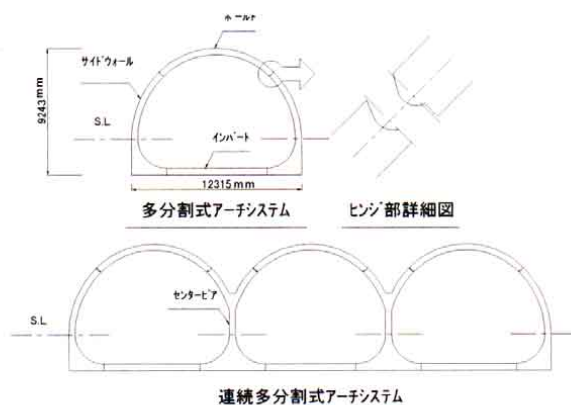


図 1 多分割式アーチシステムの概要(断面図)

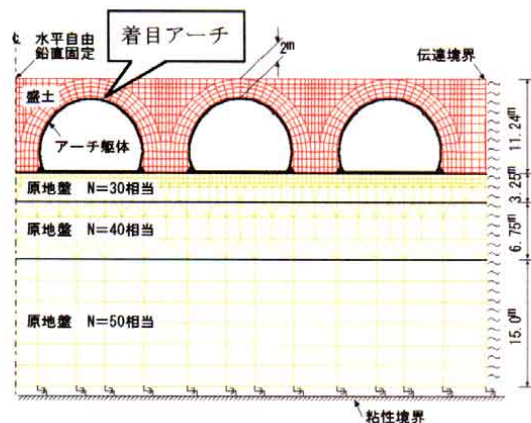


図 2 検討モデル(単連の場合)

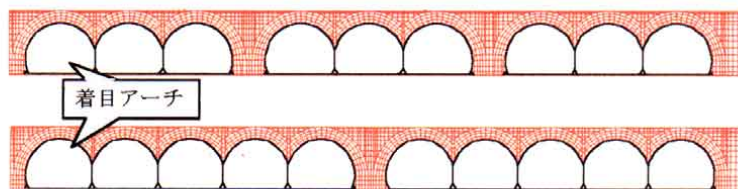


図 3 3連、5連 検討モデル(盛土部およびアーチ部)

キーワード：多分割式アーチシステム、モジュラーチ、レベル 2 地震動、アーチトンネル、地震応答解析  
 連絡先：〒103-0004 東京都中央区東日本橋二丁目 24 番 14 号 TEL 03-3865-2620 FAX 03-3865-2625

3. **検討結果** 図4に3連の場合の最大応答変位分布を示す。盛土高さ方向の変位分布の特徴としては、アーチが存在する部分についてはほぼ一定であるのに対し、アーチ天端よりも高い部分では、盛土表層に近づくにつれて変位が急激に増大していることである。これは、アーチの存在によって盛土表層部の剛性が相対的に小さくなり、変形が表層部分に集中しているためと思われる。また、アーチ天端と盛土表層の応答波形は位相特性が異なっており、盛土全体としては表層部とそれより下部が2自由度振動系を構成しているかのような動的挙動特性を有していると考えられる。最大応答変位分布については単連・5連も同様の特徴を示しており、24cm程度の最大変位が盛土表層部で発生していた。図5は、アーチ各部位の発生断面力とヒンジ部の回転角について、3連の場合を基準に連数別の比較をしたものである。連続のものについては、端部に位置するアーチの応答を用いている。各グラフはいずれも右上がりかほぼ水平となっており、連数が増すにつれて全体的に断面力が増加する傾向があるといえる。特徴的な点として、アーチ天端中央でモーメントの増大が見られる。これは、連数が増すにしたがって両端ヒンジのアーチ天端にも曲げ変形が生じていることを示している。ただし、絶対値自体は非常に小さく、設計上問題となるようなレベルではないと思われる。また、ヒンジ部の回転角は連数が増してもほとんど変化がみられない。これは、構造全体としての変形が連数の増加に関わらずあまり変化しないことを意味しており、今回検討した範囲においては、アーチ一連あたりの剛性とそれに作用する荷重のバランスがほぼ一定に保たれていると考えられる。

4. **まとめ** 連続多分割式アーチシステムの地震時挙動特性に着目し、盛土縦断方向の2次元FEM解析結果にもとづいて、単連、3連、5連の断面力、回転角の相対的な比較・検討を行った。以下にその結果をまとめる。

- ・アーチの連数を増やすことで、盛土部分の地震時挙動特性が大きく変化することはなかった。また、躯体の変形についても連数の違いによる変化はほとんどみられなかった。
- ・アーチシステム全体としてみた場合、連数が増すにつれて端部のアーチにより大きな負担が生じる傾向がみられた。また、アーチの躯体各部に発生する断面力は、連数が多くなるにしたがって大きくなる傾向が見られた。
- ・しかしながら、大きな断面力の集中する側壁と底版端部に着目すると、単連から3連への増加率より3連から5連への増加率が低くなっており、連数を増加することで断面力の点で単純に不利になることはない。

**謝辞** 本論文は、開発者であるフランスの **Matière** 社の技術資料およびモジュラーチ工法協会における研究成果の一部をとりまとめたものである。研究の実施および論文の作成にあたっては、関係各位より貴重なご助言をいただいた。ここに記して謝意を表する次第である。

- 参考文献**
- 1)(財)土木研究センター：モジュラーチ工法の耐震性向上に関する研究委員会報告書，平成9年
  - 2)建)土木研究所：地盤の地震応答特性の数値解析法—SHAKE, DESRA—，1982年
  - 3)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，平成8年12月
  - 4)モジュラーチ工法協会：モジュラーチ設計マニュアル；モジュラーチ工法協会，1998年

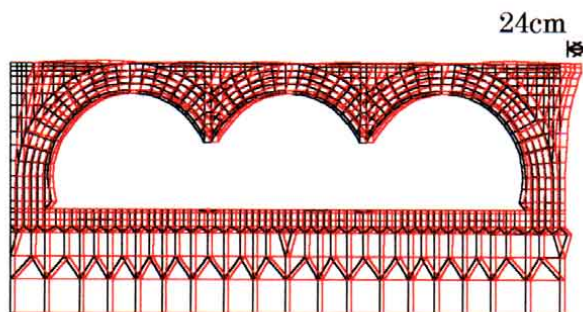


図4 最大応答変位分布 (3連の場合)

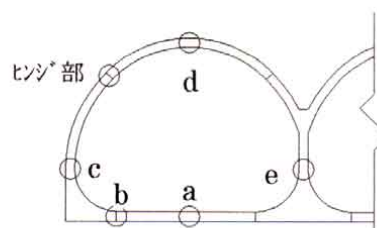
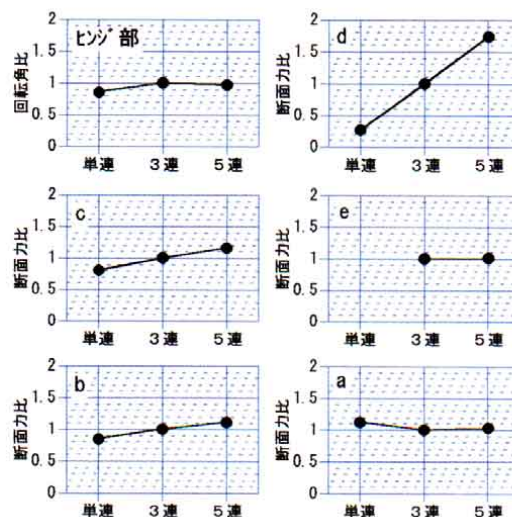


図5 発生断面力およびヒンジ部回転角の連数ごとの比較