

早稲田大学 学生員 町田能章

早稲田大学 松本匡司

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

テクスパン工法は3ヒンジアーチでトンネルを構築する工法で、短スパン（通常 20m 以下）橋梁や現場打ちボックスカルバートに代わるものとしてフランスで開発された。この工法は開削あるいは盛土内のアーチカルバートのな性格が強く、また縦断方向の一体化が十分に計られていないなど、日本に導入するにあたり特にその耐震性については十分な検討が必要となる。本研究は模型による振動実験^{1) 2)}、ならびにその解析³⁾を通して地震時のトンネル本体および盛土の挙動の把握するとともに、トンネル部材の縦断方向への連結など新たな構造補強の必要性を検討し、最終的にその耐震設計法の確立を目指すものである。

テクスパン工法ではトンネルのみかけの重量は周辺の盛土のそれと比較して一般的に小さい。したがって、地震時にはトンネル自身が振動するというよりは周辺の盛土の挙動に支配されると思われる。耐震設計法としては、他の地中構造物と同様に応答変位法によるのが適当であると思われる。本報告は一連の研究のうちテクスパン工法によるトンネルの耐震設計が応答変位法で可能か否かを実験と解析から考察するものである。

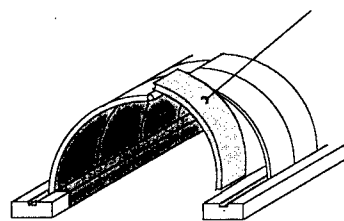


図1 テクスパン工法

2. 模型振動実験の概要

実験模型は短いものと長いものの二種類を用意し、実物のトンネルと盛土に相似比を用いて模型化した。材質は盛土をシリコンゴム、トンネル部材を低密度ポリエチレンとした。図2に実験模型の概略を示す。実験では共振時における地表面の加速度、地表面とトンネル頂部位置の変位、トンネル部材のひずみを時刻歴で計測した。

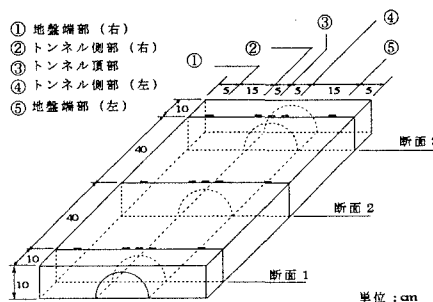
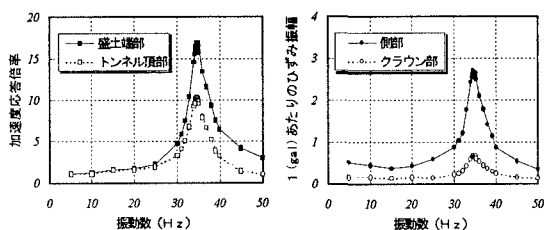


図2 実験模型

3. 実験結果からの考察

図3は模型振動実験から得られた盛土端部とトンネル頂部における加速度共振曲線とトンネル側部とトンネルクラウン部における入力1 galあたりのトンネルに生じるひずみである。トンネル周辺の盛土が共振するときにトンネルに生じるひずみが最大になることがわかる。図4は共振時の地表面の変位とトンネルに生じるひずみの時刻歴位相図の一例である。変位とひずみの位相が一致していることがわかる。これらの結果から、地震時のトンネルの挙動はその周囲の盛土の挙動に支配されていることがわかる。



a) 加速度応答倍率 b) 1galあたりのひずみ

図3 共振振動数の比較

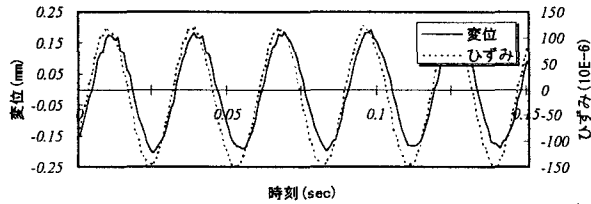


図4 変位とひずみの時刻歴位相図

4. 構造モデルの概要

応答変位法では構造モデルとして、トンネル部材をはりに、周辺の盛土を地盤ばねで評価した「はり-ばねモデル」を用いることとした。また、トンネルクラウン部とトンネル脚部をヒンジとして評価したものとこれらを剛結した2種類のモデルで解析を行った。このモデルの地盤ばねのばね先に盛土の変位を静的に作用させ解析を行う。図5に構造モデルの概略図を、表1に解析に用いた諸量を示す。なお、解析は相似比を用いて実規模に換算して行った。

入力変位は盛土のみの模型を加振した実験から得られた変位が正弦波状に分布すると仮定して求めた。図6に入力変位分布を示す。

表1 解析に用いた諸量

アーチの半径(m)	7.417
アーチの厚さ(m)	0.354
アーチの幅(m)	1.245
弾性係数(tf/m ²)	1.966×10^6
単位体積重量(tf/m ³)	1.844
地盤反力係数(法線)(tf/m ³)	1.333×10^3
地盤反力係数(接線)(tf/m ³)	1.333×10^3

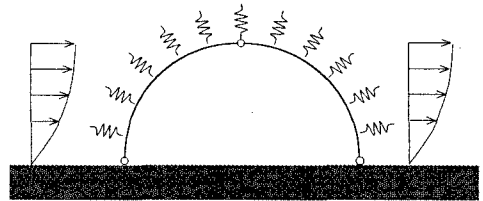


図5 構造モデルの概略図

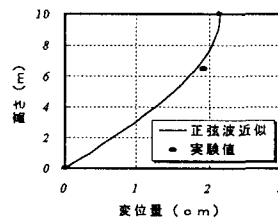


図6 入力変位

5. 解析結果からの考察

図7に曲げモーメント図を示す。図中、実線がクラウン部と脚部をヒンジとした場合の解析値を、点線がこれらを剛結とした場合の解析値を、黒丸が実験値を示している。曲げモーメントの実験値はトンネルのひずみから位相を考慮して算出したものである。「剛結」の場合に脚部で大きなモーメントが生じるが、「3ヒンジ」の場合よりも実験値に近い値となる。このことから実験模型ではトンネルクラウン部と脚部が完全なヒンジとして働いていないことが考えられる。

6. まとめ

テクスパン工法をによるトンネルの耐震設計法としては応答変位法が適当と思われるが、盛土変位の算定方法、ヒンジ部分の評価などさらに検討していく必要がある。今後、脚部付近の挙動を確認するために、測点を増やして実験を行う予定である。なお、この研究は「テクスパン工法技術検討委員会」が実施している研究の一部であることを付記する。

～参考文献～

- 1) 高橋、熊田、小泉ら：テクスパン工法を用いたトンネルの模型振動実験について (1) (2) 第50回年次学術講演会、1995.9月
- 2) 町田、高橋、小泉ら：テクスパン工法を用いたトンネルの模型振動実験について (3) : 第51回年次学術講演会、1996.9月

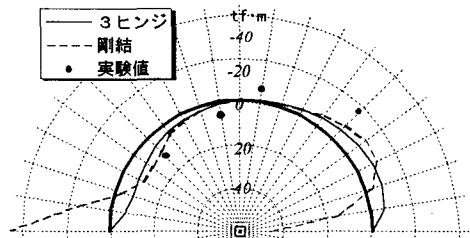


図7 曲げモーメント図