

Ⅲ - B74 テクスパン工法によるトンネルの耐震設計について（2）
～現段階における耐震設計の方針～

早稲田大学 学生員 釜菟真人
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

テクスパン工法はプレキャスト製の鉄筋コンクリート部材を現場で組立て、その後盛土を行ってトンネルを構築するもので、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性格が強く、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期待されている。構造的な特徴としては3ヒンジのアーチ構造であること、縦断方向の一体化が十分に図られていないこと、などが挙げられる。

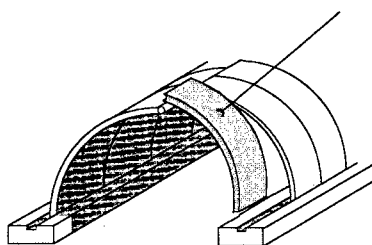


図1 テクスパン工法

筆者らはこの工法を日本に導入するにあたりその動的特性の把握と合理的な耐震設計法についての検討を行っている。

本工法の耐震性を検討する場合、トンネル本体だけでなく支持地盤や盛土の安定性の検討も必要であるが、本報告ではトンネル本体の耐震設計法や構造補強について現段階までの研究成果をもとに考察を行う。

2. トンネル横断方向の耐震設計

本工法によるトンネルは3ヒンジのアーチ構造であるため、常時の土圧に対しては非常に安定であり、発生する曲げモーメントも小さいという利点を有する。しかし、地震時など荷重のバランスが崩れるような場合にはその安定性に問題が生じる可能性がある。このような観点から、まず模型による振動実験^{1) 2)}と二次元有限要素法による動的解析³⁾を行いトンネル本体および周辺盛土の動的特性を把握した。次に「はりばねモデル」を用いた応答変位法による解析⁵⁾を行い耐震設計法についての検討を行った。その結果、

表1 模型と解析に用いた諸量

| | | |
|------|-----------------------------|----------|
| 盛土 | 長さ (m) | 1 と 0.15 |
| | 幅 (m) | 0.5 |
| | 高さ (m) | 0.1 |
| | 単位体積重量 (tf/m ³) | 0.98 |
| | 弾性係数 (tf/m ²) | 53.07 |
| | 減衰定数 | 0.035 |
| | ポアソン比 | 0.45 |
| トンネル | トンネル幅 (cm) | 14.4 |
| | アーチの厚さ (cm) | 0.354 |
| | アーチの幅 (cm) | 1.245 |
| | 単位体積重量 (tf/m ³) | 0.922 |
| | 弾性係数 (tf/m ²) | 19660.57 |
| | 減衰定数 | 0.07 |
| | ポアソン比 | 0.40 |

① 地震時のトンネルの挙動は周辺の盛土の挙動に大きく影響される、

② 二次元有限要素法による動的解析は実験結果をよく説明でき有用である、

③ 「はりばねモデル」を用いた応答変位法による解析では、実験結果や二次元有限要素法による動的解析の結果と比較して、曲げモーメントが小さく算出される、という知見を得た。図2に実験と解析から得られた曲げモーメントを示す。なお、これらは解析の都合上実物大に換算してある。

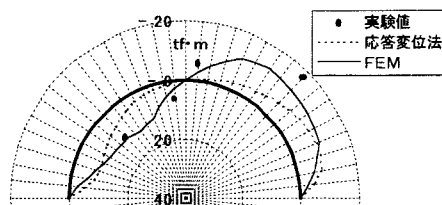


図2 曲げモーメント図

キーワード：テクスパン工法 3ヒンジアーチ 耐震設計

連絡先：〒169 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部土木工学科小泉研究室 TEL 03-3204-1894

実規模のトンネルにおいても、そのみかけの重量は周辺の盛土のそれと比較して小さく、地震時のトンネルの挙動は周辺の盛土の挙動に支配されると思われる。したがって、耐震設計法としては応答変位法によるのが適当と思われるが、上記③の理由から、現段階では有限要素法による動的解析により安全を照査することが望ましい。

3. トンネル縦断方向の耐震設計

本工法によるトンネルは縦断方向に十分に一体化していないため、地震時に坑口付近でのトンネルの倒壊や、一方向へのトンネル全体の倒壊が心配される。このため、トンネル部材の連結など新たな補強についての検討を行う必要がある。このような観点から、トンネル部材を縦断方向に連結した模型による振動実験と「はりばね系構造モデル」を用いた数値実験⁴⁾を行い、連結の必要性や効果についての検討を行った。その結果、

④ トンネルを連結して剛なものにするとトンネルに生じる応力が増加したり、周辺の盛土の変位挙動が大きくなるという知見を得た。

上記④の理由に加え、施工上の作業効率を考えるとトンネル全体にわたって連結を行う必要はないと思われるが、坑口付近でのトンネルの倒壊を防ぐために、この位置ではトンネル部材を連結する必要があると思われる。

連結範囲の目安としては、すべり面を仮定し地震時の安定計算を行い、このすべり面がトンネルと交差する位置まで部材を連結するという方法を考えている。図3にその概略図を示す。

すべり面として円弧を仮定し、坑口の補強土壁の効果は考えないという条件で試算を行った。なお、本工法によるトンネルは比較的地盤の良い地点に建設されることが多いので、支持地盤にすべりは生じず、すべり面はこの地盤に接するものとした。表2に試算で用いた盛土の諸量を、表3にその結果を示す。盛土の高さによって異なるが連結範囲は坑口から8～15m程度となった。

4. まとめ

テクスパン工法によるトンネルの耐震設計として、現段階では以下のような方法を考えている。

- ① 横断方向：二次元有限要素法による動的解析によって安全を確認する
- ② 縦断方向：坑口付近はトンネル部材の連結を行い、その範囲は上記の方法によって算定する

今後は応答変位法による耐震設計の適用性や、トンネル部材の連結範囲の算定方法などをより詳細に検討していく予定である。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り、また耐震設計法に関しては現在委員会において検討中であることを付記する。

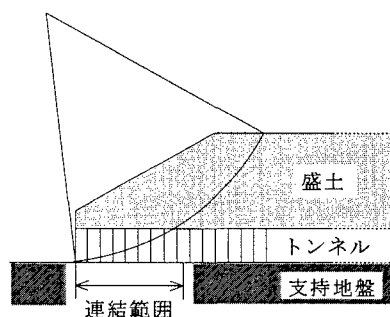


図3 連結範囲の算定方法

表2 試算で用いた盛土の諸量

| | |
|-----------------------------|-------|
| 単位体積重量 (tf/m ³) | 1.9 |
| 内部摩擦角 (deg) | 30 |
| 粘着力 (tf/m ²) | 3.0 |
| のり面勾配 | 1:1.8 |
| 水平設計震度 | 0.2 |
| 坑口の盛土高さ (m) | 8.0 |
| トンネル高さ (m) | 6.3 |

表3 盛土高さと連結範囲

| 盛土高さ (m) | 連結範囲 (m) |
|----------|----------|
| 15 | 8 |
| 20 | 10 |
| 25 | 15 |

～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) 第50回年次学術講演会、1995.9
- 2) 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 (2) 第50回年次学術講演会、1995.9
- 3) 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
- 4) 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 (4) 第51回年次学術講演会、1996.9
- 5) 町田、松本、小泉：テクスパン工法によるトンネルの耐震設計について 第24回関東支部技術研究発表会、1997.3月