

早稲田大学	学生員	町田能章
早稲田大学	学生員	高橋裕輔
早稲田大学		野間恭子
早稲田大学	正会員	小泉 淳

フランスで開発されたテクスパン工法を日本に導入するにあたり、トンネル部材を縦断方向に連結していないという構造上の特徴が地震時に問題となる可能性がある。本報告はトンネル部材の縦断方向の連結の必要性および効果について模型実験とその解析とから得られた結果を述べたものである。

トンネル部材の縦断方向の連結による効果を検討するために、トンネルを連結した模型を作製し振動実験を行った。模型は短いものと長いものの二種類を用いた。実験模型については前報^{1)~3)}を参照されたい。

A diagram showing a curved, shell-like structure supported by two rectangular blocks. A dashed line runs along the top surface of the shell, possibly indicating a path or a boundary.

実験では 50(gal)の正弦波を軸方向、軸直角方向および鉛直方向に入力した。図 1 連結位置
力共振時の盛土表面の加速度、盛土表面とトンネル高さの変位、トンネル部材のひずみを時刻歴で計測し
た。

図2に連結なしの場合、図3に連結ありの場合の加速度共振曲線を示す。なお、これらは長い模型を軸方向に加振したときのトンネル坑口付近の断面で得られたものである。図2、3よりトンネル部材を連結した場合はしない場合に比べ、剛性が上がるため共振振動数は1~2(Hz)程度高くなり、加速度応答倍率は盛土端部で5倍程度、トンネル頂部で2~3倍程度大きくなる。この傾向は他の断面や短い模型、さらに軸直角方向および鉛直方向に加振した場合も同様であった。

図4に模型自由端部の変位の振動モードを示す。トンネル部材を連結した場合は、連結なしの場合に比ベトンネルの上部ではあまり変化が見られないのに対し盛土端部では大きくなっていることがわかる。この傾向は短い模型の場合も同様であった。

また、トンネル部材のひずみから軸方向加振の場合は軸力を、軸直角方向および鉛直方向加振の場合は曲げモーメントをそれぞれ算出したが、これらも連結した場合の方が大きな値となる結果を得た。

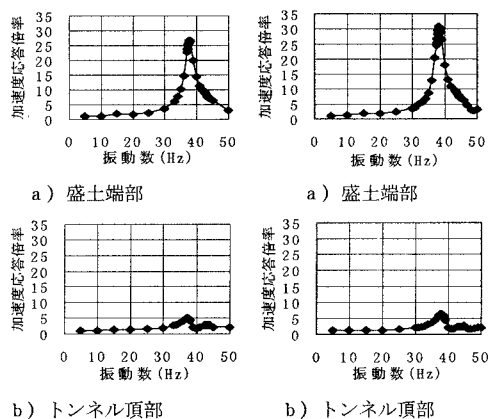


図2 連結なしの共振曲線 図3 連結ありの共振曲線

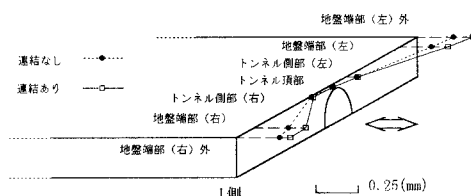


図4 変位振動モード

4. 解析概要

トンネル縦断方向の解析はトンネル部材をはりとばねでモデル化した棒構造モデルを用いて、応答変位法により行った。

モデル化にあたり、トンネル部材は軸剛性 EA 、曲げ剛性 EI を有する棒構造に、連結材はばね部材（軸ばね k_u 、せん断ばね k_s 、回転ばね k_θ ）で評価している。トンネルと盛土との相互作用はトンネル部材を想定した棒部材の各節点に付したトンネル軸方向の地盤ばね K_{gu} および軸直角方向の地盤ばね K_{gv} で評価している。また、連結なしの場合はトンネルクラウン部に通っている部材のみが連結材として働き、連結ありの場合はそれぞれの連結材がクラウン部に通っている部材と同等の剛性を持つものとして計算を行った。図5にその棒構造モデルを示す。

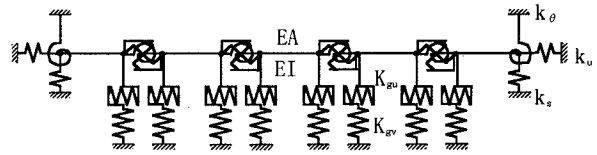


図5 棒構造モデル

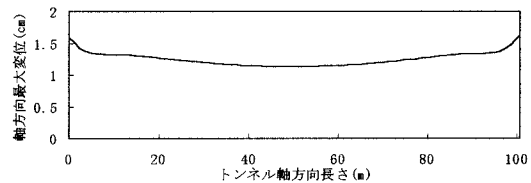


図6 入力変位

地盤ばねに入力する変位は盛土のみの解析モデルを作製し二次元有限要素法による動的応答解析を行って求めた共振時におけるトンネル図心位置の最大変位とし、これを棒構造モデルに地盤ばねを介して静的に入力した。図6に長いモデルの場合の入力変位を示す。

5. 解析結果

図7に軸力の分布図を示す。図中、黒丸は実験値を実線は解析値を示している。連結なし、連結ありとも解析値が実験値よりも大きくあまりよく一致していない。これはトンネルの軸剛性が周辺地盤のそれと比べて無視できる程小さくないことによるものと考えられる。

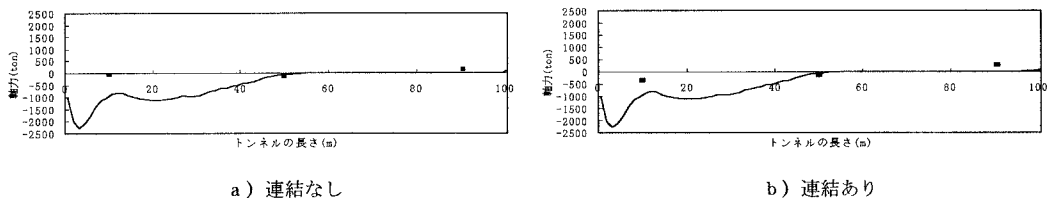


図7 軸力図

6. まとめ

トンネルの連結は盛土が崩壊しないようにトンネルを保持するという意味では有効と思われるが、トンネル部材を連結するなどトンネルの剛性を高くすると盛土端部の変位量やトンネル部材に作用する応力が大きくなり逆効果になる可能性があることがわかった。また、テクスパン工法によるトンネルの縦断方向の解析に関しては応答変位法の適用性も含めてさらに検討の必要があると思われる。今後は軸方向の挙動を説明できる解析モデル、解析手法について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（その1）：第50回年次学術講演会、1995.9月
- 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（その2）：第50回年次学術講演会、1995.9月
- 3) 高橋、町田、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（その3）：第51回年次学術講演会、1996.9月