

地下構造物の等価剛性評価を目的とした地盤～構造物間の相互作用の解析的検討

山梨大学大学院 学生会員 ○金井 拓弥

山梨大学大学院 フェロー会員 鈴木 猛康

1. はじめに

地下構造物の長手方向の地震応答解析では、トンネル躯体と継手からなる構造を等価な梁に置き換え、トンネルに相互作用バネを介して地盤の変位を伝達させる、梁-バネモデルが用いられている。このとき、トンネルは剛性が等価な梁に置き換えられる。鈴木らは周辺地盤を考慮したシールドトンネルの軸方向変形に関するモデル化を行い、数値解析によって、トンネル-地盤系の変形挙動を明らかにするとともに、この解析に基づいた、実用的なシールドトンネルの等価剛性算定法を提案した^{1),2)}。しかし、大地震を想定すると地盤の非線形性を考慮し、トンネルと継手の変形に関する影響を考慮しなければならない。そこで本研究では、トンネル近傍地盤を非線形にモデル化し、地盤の剥離、亀裂、塑性化、滑り等、様々な地盤～構造物間の相互作用が継手の変形に及ぼす影響について示すため、解析的検討を行う。本稿では、考慮すべき地盤～構造物間の相互作用について、地盤の塑性化と滑りのどちらが支配的な要因となっているかを明らかにするために行った数値解析の結果について報告する。

2. 解析条件と解析ケース

矩形断面のトンネルを対象とし、トンネル躯体の近傍の動きを解析するため、平面歪み状態の2次元モデルを用いる。継手を中心に線対称モデルを考え、トンネル躯体およびトンネルから十分離れた地盤は、トンネル軸直角方向に変位しないものと仮定する。奥行きは1mとし、境界条件は上端を固定、左右端を鉛直ローラーとした。図-1に、モデル全体を示す。

構造条件は、トンネル躯体の弾性係数 $E = 25.0 \text{ kN/mm}^2$ 、継手の剛性はトンネル躯体のばね定数の50%、25%、10%、5%とする。地盤条件は、 $V_s = 50, 100, 150, 200 \text{ [m/s]}$ の粘性土とする。荷重条件はモデルの下方向へ要素に震度を0~2の範囲で0.1ずつ徐々に増加させる。

解析には、動的解析プログラム「TDAPⅢ」を用いた。地盤に非線形性を与えた非線形解析を行い、滑りを考慮しないケースと地盤～構造物間のすべり現象や剥離現象をモデル化できるジョイント要素(図-2)を加え、滑りを考慮したケースとを比較した。

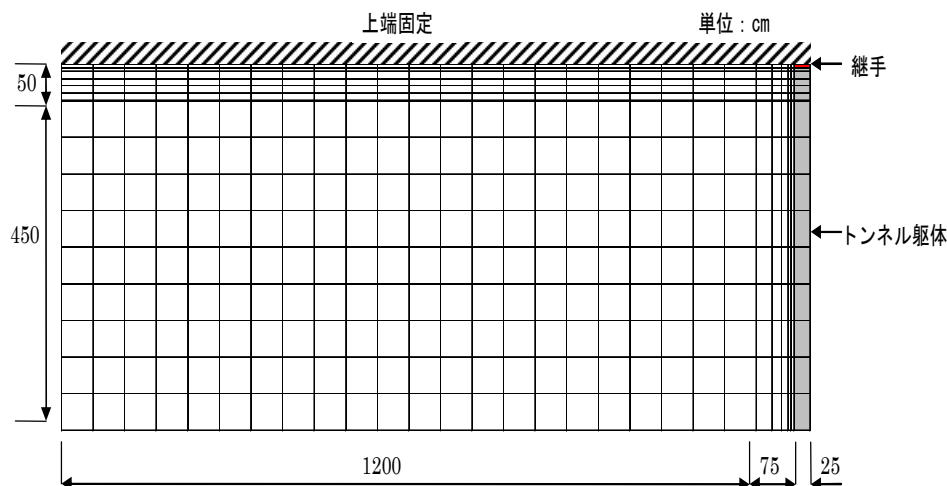


図-1 解析モデル

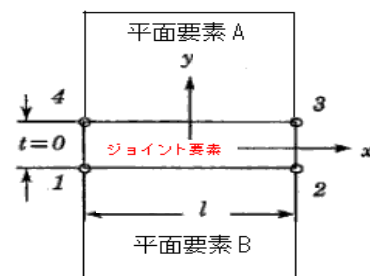


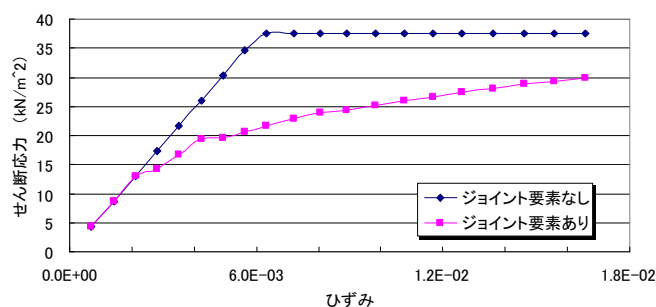
図-2 ジョイント要素

キーワード 地下構造物, 地震応答解析, 等価剛性, 継手

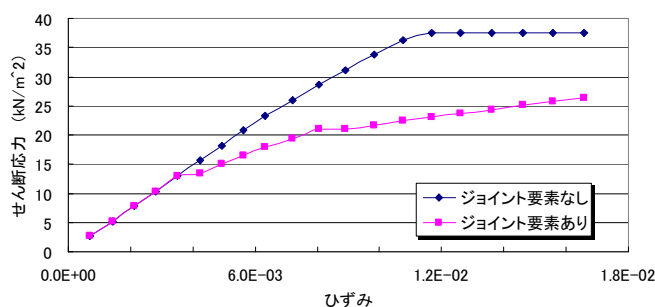
連絡先 山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学大学院医学工学総合教育部 TEL: 055-220-8531

3. 解析結果

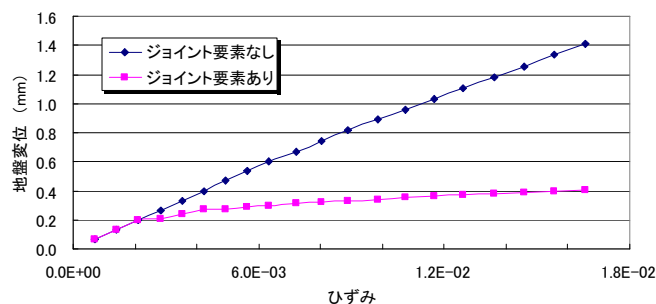
滑りを考慮しないケースとジョイント要素を与え、滑りを考慮したケースとを比較した結果を以下に示す。 $V_s = 50m/s$ のケースの解析結果を図-3 に示す。横軸は作用させた震度によって生じたひずみである。(a) は継手に接する地盤要素に生じるせん断応力を示している。せん断応力が一定となったところで、地盤が塑性化している。ジョイント要素を与えたケースでは、地盤の塑性化が起こる前に滑りが発生し、せん断応力が低下していることがわかる。(b) は継手の剛性を変化させたケースである。(a)と同様に地盤が塑性化する前に滑りが発生している。(c) は滑りが発生したことにより、地盤の変位が小さくなっていることを示している。しかし(d)より、滑りが発生したことにより、継手の変位が若干大きくなったが、変位差は小さく、継手の変位にあまり影響がないことがわかった。滑りが発生する地盤の範囲は、(a)のケースにおいては、ひずみの増加とともに広くなり、継手部から 30cm 程度まで滑りが発生している。他のせん断弾性波速度のケースにおいても、同様な結果が得られた。



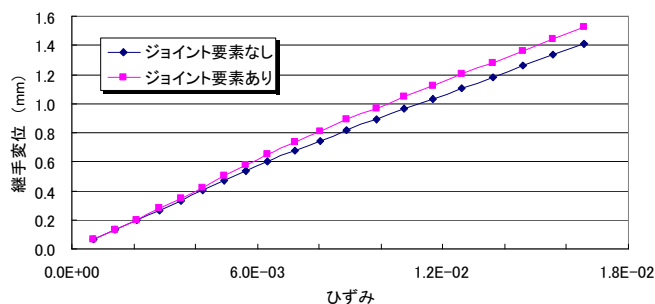
(a) 継手剛性 5%のときのせん断応力



(b) 継手剛性 10%のときのせん断応力



(c) 継手剛性 5%のときの地盤変位



(d) 継手剛性 5%のときの継手変位

図-3 $V_s = 50m/s$ の解析結果

4. まとめ

本稿では、考慮すべき地盤～構造物間の相互作用について、地盤の塑性化と滑りのどちらが支配的な要因となっているかを明らかにするため、数値解析を行った。得られた結果についてまとめると以下ようになる。

(1) 解析を行った全てのケースにおいて、地盤の塑性化が起こる前に滑りが発生しており、地盤の滑りが支配的な要因となっていることがわかった。(2) 地盤に滑りが発生することによって生じる継手の変位差は小さく、地盤の塑性化や滑りが継手の変形に与える影響は少ないことがわかった。

5. 参考文献

- 1) 鈴木猛康：周辺地盤との相互作用を考慮したシールドトンネルの等価剛性算定式，第 27 回土質工学研究発表会，pp.2087-2088，1992
- 2) 鈴木猛康，田村重四郎：周辺地盤を考慮したシールドトンネルの等価剛性，土木学会第 43 回年次学術講演会，第 1 部，pp.1160-1161，1987.