非線形動的有限要素解析による切梁式掘削土留め工の地震時挙動に関する検討

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 小島謙一,石川太郎,島田貴文(株)日建設計シビル 正会員○西山誠治,北川晴之(株)複合技術研究所 正会員 矢崎澄雄

1. 目的

近年都市部等では、地下構造物も過密化し大規模・大深度な開削トンネルが増加している.これに伴い、施 工期間も長くなり、仮設の掘削土留め工が長期に渡って供用されることも少なくない.施工の長期化は、その 期間中に地震を受ける可能性も高くなり、必要に応じて仮設構造物に対しても耐震設計を実施することとな る.しかし、現時点で掘削土留め工の耐震設計法を規定しているものはない^{例えば1)}.

切梁式掘削土留め工は、土留め壁と切梁で矩形形状となり、開削トンネルに類似した構造となるが、土留め 壁と切梁の接合部はピン結合、下床版部分は地盤である等、構造全体のせん断剛性は極めて小さい. さらに、 土留め工背面地盤は一般に主働破壊状態に近い. このような状態で地震力が作用した場合の土留め工の挙動 は明らかではない.

本検討では、地盤のせん断耐力および残留変形を含めた地震時挙動を評価できる FEM 非線形動的解析を実施し、切梁式掘削土留め工の地震時挙動を把握する.次に、本解析結果を正解とした場合に、地震時挙動を再現できる静的解析法について検討する.静的解析法については参考文献 2)で報告する.

2. 検討方法

対象は図1に示す掘削深度13mの切梁式土留め工で,地盤条件・土留め壁剛性(鋼矢板)を組合せた表1の4 ケースを検討する.地盤・構造物性を表2~表4に,解析モデルを図2に示す.地震動は仮設期間及び実用性 を考慮してL1地震動とする(図3).

解析には地盤のせん断耐力が表現できる FLIP³を用いるが液状化は考慮しない.地盤はマルチスプリング モデルとし双曲線モデルによる非線形性を考慮する.切梁および土留め壁は弾性梁要素とする.解析は①自 重解析,②掘削解析,③動的解析の3ステップで実施する.図2の解析モデルに対して①では掘削面に初期 土圧相当を荷重で載荷し,②で土留め壁剛性を発生後,掘削部土圧を逆載荷する.掘削解析は1ステップと する.③の動的解析では減衰は剛性比例型で固有周期に対して1%として実施する.

3. 検討結果

解析結果は Casel を代表に考察する. 土留め壁断面力を図4に, 断面力の時刻歴の例を図5に示す. 図4 より最下段切梁付近で, 地震時には掘削時の1.5 倍程度の断面力が発生することが分かる. 図5より断面力 は主要動 20 秒程度まで加振時間に比例して増加し, そのまま残留することが分かる. また, 振動成分より残 留成分が大きい.

次に、土留め壁背面の土圧を図6に示す.土留め壁支点(切梁)付近の土圧最大値は土留め壁スパン中央部 より大きいが、地震後の残留時には地震前の掘削終了時程度まで低下している.一方、土留め壁スパン中央 部の土圧は支点部より小さいが、地震時の最大値がほぼそのまま残留する.スパン中央部土圧は土留め壁の 曲げモーメントへの影響が大きく、図5で断面力残留の一因と考えられる.掘削面付近の土圧は残留時には 掘削終了時程度まで低下する.これは図7に示すように、土留め壁の掘削面側への変形が原因と考えられ る.また図6より、土圧に関しては地盤条件が異なる Case3 においても、同様の傾向が見られる.

以上より、本条件における切梁式掘削土留め工の地震時挙動については、振動成分より残留成分の影響が 支配的であること、掘削面付近では土留め変形が増加し残留することが分かった.静的解析法ではこれらの 挙動を表現できる方法を検討する必要があり、参考文献 2)にて報告する.

参考文献:1)鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル,2001 2)小島ら:切梁式掘削土留め工の地震時設計手法に関する検討,平成 28 年度土木学会全国大会学術講演会,2016 3) 井合ら:ひずみ空間における塑性論に基づくサイクリックモビリティのモデル,港湾技術研究所報告,第29巻, 第4号, pp27-56,1990

キーワード 仮設,切梁式掘削土留め工,地震応答解析,FEM 動的解析

連絡先 〒 541-0054 大阪市中央区南本町 3-6-14 (株)日建設計シビル/エンジニアリング部門構造部 TEL06-6229-6372

土木学会第71回年次学術講演会(平成28年9月)



図6 FEM 動的解析における土圧



-1132-