

地中構造物の横断方向地震時応答における残置山留壁の影響

九州大学大学院 学生員 ○井手智明
九州大学大学院 フェロー 大塚久哲
戸田建設(株) 正会員 村井和彦

1. はじめに

昨今、都市部では、地下空間の高度利用を目途とし、より軟質地盤に、また、より深い位置に構造物を構築する傾向にある。このため、開削トンネルにおいても、施工時における安全性や周辺地盤の沈下防止を目的として、例えば柱列式ソイル壁(SMW)や連続地中壁など、剛性の高い山留壁を採用するが多い。このような山留壁は、その構造上、地表面付近の一部を除き、施工終了時においても残置することとなるが、開削工法による地下構造物横断方向の耐震設計は、一般に、構造部材として評価する躯体本体のみを対象としており、残置山留壁を考慮することは少なく、非構造部材としての取り扱いとなっている。また、地盤ひずみの拘束と排水促進効果を期待し、液状化対策工として排水機能付き鋼矢板を残置させる方法が採用される場合もあるが、耐震設計に対しては山留壁の存在を考慮しないとすると、この場合にも設計における整合性がとれないこととなる。

そこで、いくつかのケースを対象に、地震時における残置山留壁が地下構造物の耐震性に及ぼす影響を定量的に評価する。

2. 解析条件および解析ケース

本研究における動的解析の解析条件は文献²⁾で掲載されているものと同じであるが、ここでは概要を再掲する。粘性土(N 値=3、 $G=3.3 \times 10^4$ (kN/m^2)、 $\gamma=15.7$ (kN/m^3))を想定した表層地盤厚30mの単一層地盤を対象とし、構造物は土被り5mの位置に設置される矩形断面のものとした。山留壁は鋼矢板(H鋼: $E=2.1 \times 10^8$ (kN/m^2))を対象に線形部材とし、構造物からの離隔を1m、長さは地表から15mと20m位置まで根入れしたもの、また剛性については、2倍程度変化させたものを検討対象とした。解析モデルを図-1に示す。山留壁と構造物間の要素分割は2となっている。非線形特性としては、地盤は修正R-Oモデルを、構造物はトリリニア型骨格曲線と修正武田型復元力特性をそれぞれ採用した。入力地震動は基盤波をモデル下面から入力させるものとし、兵庫県南部地震において神戸大学にて観測されたEW成分(max:305gal)を用いたものを検討対象にした。

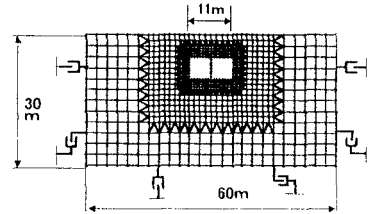


図-1 解析モデル

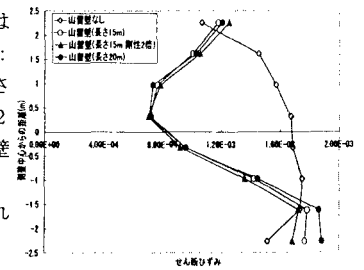


図-2 側壁近傍地盤における最大せん断ひずみ

3. 解析結果

図-2に左側壁に隣接する近傍地盤における最大せん断ひずみ分布図を示す。図より部材中央付近においては、山留壁がない場合に比べ、山留壁を設けた場合のほうがせん断ひずみの低減が顕著である。しかし、構造物下部においては、山留壁のある方が、せん断ひずみは大きく、しかも山留壁が長いほど大きくなっている。図-3に同じ位置での水平方向最大直ひずみ分布図を示す。部材全域において、山留壁がない場合に比べ、山留壁を設けた場合のほうの応答値が増大しており、前述のせん断ひずみの傾向と逆であることが分かる。また山留壁を採用した中でも長さ20mケースの応答値が、深度が深くなるに従って他ケースより大きくなっている。

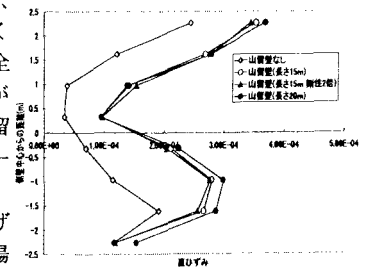


図-3 側壁近傍地盤における最大水平方向直ひずみ

図-4～図-6に構造物の左側壁における最大断面力(軸力、せん断力、曲げモーメント)の分布図を示す。図より全ての断面力について、山留壁がない場合に比べ、山留壁を設けた場合のほうに低減が見られる。まず軸力に関しては、構造物の隅角部において低減が見られる。せん断力に関しては、隅角部近傍では低減は見られないものの、部材中央付近において低減が見られる。また曲げモーメントに関しても、部材中央付近で低減が見られる。

答値の低減が見られ、特に剛性2倍のケースが、他のケースと比して応答の低減が見られる。一方、山留壁長さを20mにしたものは、長さ15mのケースに比べて、部材中央付近で応答値の低減が小さい結果となっている。

図-7～図-9に左上床版における最大断面力（軸力、せん断力、曲げモーメント）の分布図を示す。軸力では、側壁の場合とは違い、山留壁がない場合に比べ、山留壁を設けた場合のほうが隅角部で応答値が増大し、床版中央部で両者の差異が見られなくなっているのが分かる。一方、せん断力や曲げモーメントでは、両者の差異はほとんど見られない。一方下床版の断面力では図-10～図-12に見られるように、山留壁長さ20mケースが他ケースより若干応答値が大きい。

4. 実務設計に関する考察

本研究では、地震時における残置山留壁が地下構造物の耐震性に及ぼす影響について検討を行い、山留壁を設けたことにより、構造物の近傍地盤のせん断ひずみは低減し、水平方向直ひずみは増加することを見出した。また、近傍地盤の両ひずみ分布に対応して、構造物の最大断面力が低減あるいは増加することも明らかになった。ひずみ分布の変化の原因として、山留壁の高い剛性の影響によって、壁の内側はせん断あるいは曲げ変形が拘束される状態にあるが、水平方向への伸縮に関しては壁の内側は比較的自由に動ける状態であることが考えられる。このため、壁の外側から内側の地盤に伝達されるせん断ひずみの遮断による構造物の近傍地盤のせん断ひずみの減少と、水平方向直ひずみの増幅が発生したと思われる。

このことから地下構造物を設計する場合は、山留壁を設けることによる地震時増分断面力の増減を適切に評価する必要がある。

参考文献

- 1) (社)土木学会トンネル工学委員会：開削トンネルの耐震設計、p247-303
- 2) 村井和彦、大塚久哲、矢筈亘：地震時における地下構造物横断方向の変形と外力に関する基礎的考察、構造工学論文集 Vol. 46A、2000. 3

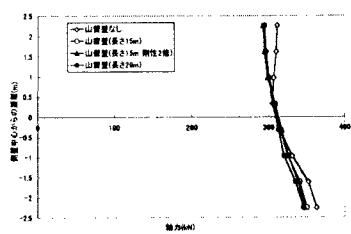


図-4 左側壁における最大軸力

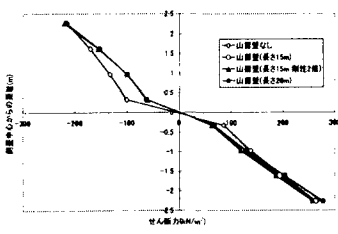


図-5 左側壁における最大せん断力

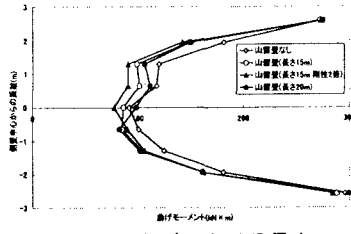


図-6 左側壁における最大曲げモーメント

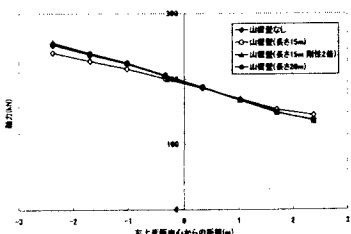


図-7 左上床版における最大軸力

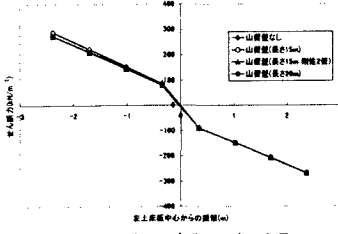


図-8 左上床版における最大せん断力

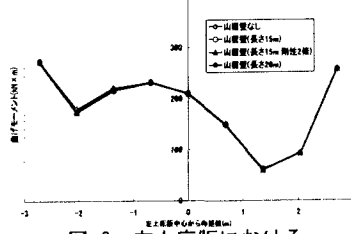


図-9 左上床版における最大曲げモーメント

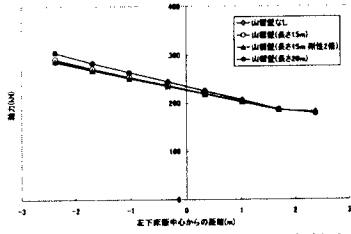


図-10 左下床版における最大軸力

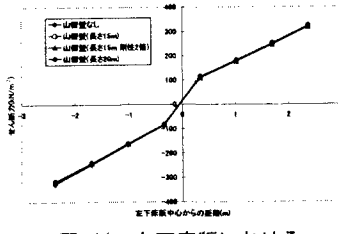


図-11 左下床版における最大せん断力

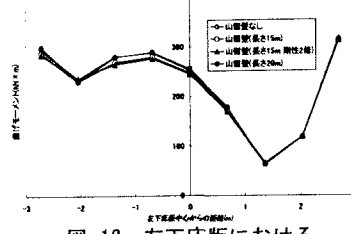


図-12 左下床版における最大曲げモーメント