

地中構造物の横断方向地震時外力の残置山留壁による影響

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、より軟質な地盤に、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¹⁾、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り、構造物部材の非線形特性考慮の有無と合わせ、耐震設計に実現象を再現できてはいない。

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。

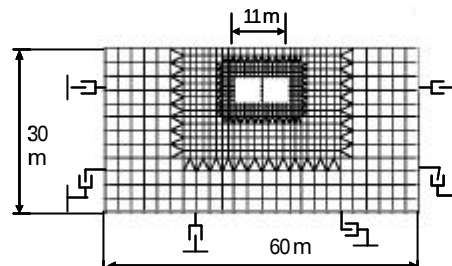


図-1 解析モデル

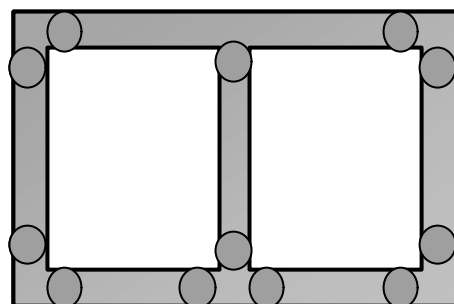


図-2 塑性率検討対象箇所

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/m²)、 $\gamma=15.7$ (kN/m³))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、非線形特性を考慮した場合を対象にした。山留壁は鋼矢板(H鋼： $E=2.1 \times 10^8$ (kN/m²))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位置まで根入れし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、構造物は修正武田型モデル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)を基本とし、その加速度波形を2倍としたケースについても解析を実施した。

3. 解析結果

本研究は山留壁を採用することによる構造物の応答の増減を知る指標の一つとして塑性率に着目した。図-2に構造物部材の塑性率の検討対象箇所を、表-1は山留壁の設置の有無における構造物の塑性率、および塑性率の低減率を示している。表-1より、山留壁を採用することにより、検討対象箇所全域において概ね10～20%程度の塑性率の低減が見られる。また、地震動を1倍から2倍に変化させると塑性率は2倍程度に伸びるものの、塑性率の低減率には1倍時とあまり差異は見られない。文献³⁾では山留壁設置による側壁中央部での曲げモーメントの低減が見られており、山留壁の設置は側壁の応答に対して有効であることが分かった。今回の検討対象箇所中、地震動2倍時の右側壁下部にお

	左側壁下部	左側壁上部	中壁下部	中壁上部	右側壁下部	右側壁上部	下床版左	上床版左	下床版右	上床版右
山留壁なし 地震動1倍	0.57	0.54	0.32	0.34	0.63	0.50	0.18	0.28	0.27	0.18
山留壁1m 地震動1倍	0.51	0.45	0.23	0.25	0.53	0.44	0.14	0.24	0.21	0.15
低減率 (%)	10.09	15.65	26.96	25.72	14.90	12.72	22.35	14.44	22.99	19.07
山留壁なし 地震動2倍	0.93	0.99	0.72	0.72	1.26	0.81	0.53	0.59	0.59	0.48
山留壁1m 地震動2倍	0.82	0.85	0.60	0.59	1.00	0.70	0.41	0.54	0.50	0.43
低減率 (%)	11.93	14.49	16.89	17.88	20.59	13.69	22.07	8.58	16.01	10.97

表-1 検討位置における塑性率および塑性率低減率(%)

Keywords: 地下構造物、地震時外力、相互作用力、慣性力

連絡先: 〒812-8581 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学大学院工学府建設システム工学専攻

いて降伏が見られた。

図-3に地震動2倍時の自由地盤最大相対変位時($t=10.2$ 秒)の、構造物部材法線方向における相互作用力分布図を示す。図より側壁部材位置の相互作用力において、山留壁の有無によって差異が見られる。特に山留壁を採用した場合での、相互作用力の増幅が顕著である。また上・下床版部材位置での相互作用力では、山留壁の有無による差異はあまり見られない。

図-4に地震動2倍時の自由地盤最大相対変位時($t=10.2$ 秒)の、構造物部材接線方向における相互作用力分布図を示す。図より側壁部材位置の相互作用力において、特に山留壁を採用した場合での相互作用力の低減が顕著である。また上・下床版部材位置での相互作用力では、法線方向同様に山留壁の有無による差異はあまり見られない。

図-5に地震動2倍時の自由地盤最大相対変位時($t=10.2$ 秒)の、地盤水平方向における慣性力分布図を示す。図より側壁部材位置での水平方向の慣性力において、山留壁を採用し非線形特性を考慮した場合での慣性力の低減は見られるものの、相互作用力の場合と比してはあまり変化は見られない。

また地震動2倍時の自由地盤最大相対変位時($t=10.2$ 秒)の、地盤鉛直方向における慣性力分布図では、各ケースでの慣性力の差異は見られなかったことを別途確認している。

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および構造物に作用し、構造物の応答に影響を与える地震時外力について検討を行った。その結果、山留壁を設けた場合には、検討対象箇所全域において塑性率の低減が見られた。また山留壁を考慮した場合は、側壁法線方向相互作用力では増幅し、側壁接線方向相互作用力では低減していることが分かった。このような山留壁の設置の有無による構造物の塑性率の差異が生じる理由として、地震時に構造物に損傷・変形を生じさせる、系全体での地震時外力分布が異なるため、すなわち相互作用力分布および慣性力分布が異なっているためだと考えられる。また地震時外力の相違が生じた理由としては、文献³⁾の通り、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下にあるが、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によって、壁の内側の挙動が変化したためだと考えられる。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外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、矢葺亘：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
- 3) 井手智明、大塚久哲、村井和彦：地中構造物の横断方向地震時挙動における残置山留壁の影響、平成12年度土木学会西部支部研究発表会、2001.3

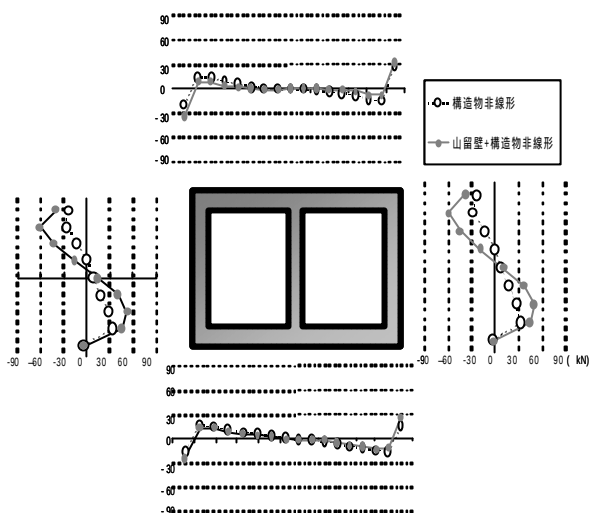


図-3 法線方向相互作用力(地震動2倍)

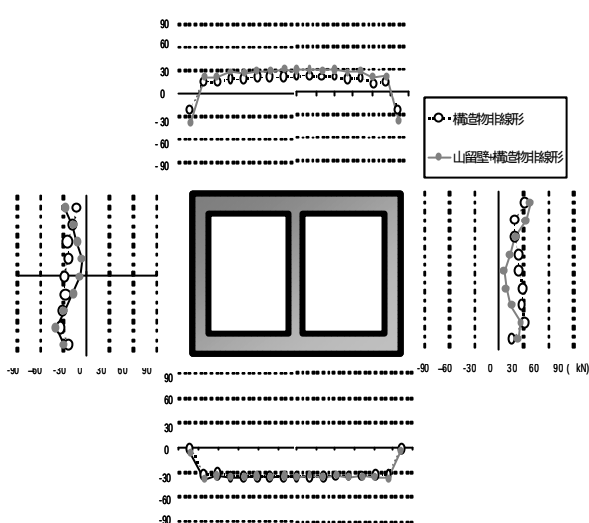


図-4 接線方向相互作用力(地震動2倍)

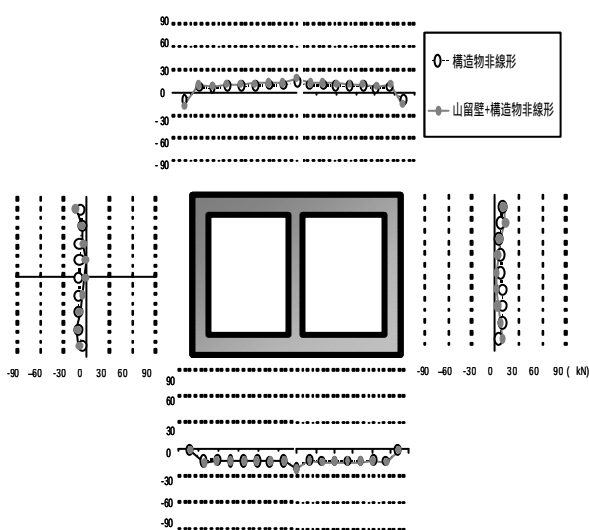


図-5 水平方向慣性力(地震動2倍)