

I-609

応答変位法を利用した

土留め切梁の耐震計算法

榑鴻池組 正会員 小野紘一
同上 正会員 嶋村貞夫
同上 ○正会員 大本 修

1. はじめに

仮設の土留め構造物を設計する場合、地震の影響を考慮しないのが一般的である。しかしながら、土留め構造物の大深度化、大規模化にともない、①施工期間が長期になり、従来のものより大きな地震に遭遇する可能性が高くなる、②土留め壁の変状が近接構造物に及ぼす影響が大きくなる、等の理由で、その耐震性の検討が重要になると考えられる。

筆者らが有限要素法による土留め構造物の地震時挙動解析¹⁾を実施したところ、左右の土留め壁が逆位相で震動すると仮定した場合には、切梁に大きな軸力が発生した。これは最悪の場合を想定したものであり、地震時の実際の切梁軸力を推定するためには、土留め壁に生じる相対変位を的確に把握する必要がある。

本報告では、従来の応答変位法の考え方に基づいて、地震波が斜め入射する場合に生じる土留め壁位置での地盤の相対変位を算定する式を導き、土留め切梁の耐震計算を実施した。

2. 土留め壁位置での地盤の相対変位

図-1に示すように、壁間隔が X_L の土留め構造物に振幅 A_0 、波長 L_0 の地震波が土留め壁の延長方向に対し θ の角度をもって入射する場合を考える。 x' 軸方向に進む地震波による地盤変形 u_0 を

$$u_0 = A_0 \sin \left(\frac{2\pi x'}{L_0} \right) \quad (1)$$

とすると、 x 軸上での地盤変形の x 方向成分は、

$$u_x = A_0 \cos \theta \cdot \sin \left(\frac{2\pi \sin \theta}{L_0} x \right) \quad (2)$$

で示され、振幅 $A_0 \cos \theta$ 、波長 $L = L_0 / \sin \theta$ の波動になる。土留め壁位置での地盤の相対変位は土留め壁間の中央で u_x が0となる時に最大となり、その時の相対変位 U_R は次式となる。

$$\begin{aligned} U_R &= u_x |_{x=X_L/2} - u_x |_{x=-X_L/2} \\ &= 2 A_0 \cos \theta \cdot \sin \left(\pi \sin \theta \frac{X_L}{L_0} \right) \quad (3) \end{aligned}$$

土留め壁の間隔 X_L の取り得る値として10m~100m、地震波の波長 L_0 の値として100m~1000m程度を考えた場合、 X_L / L_0 は1.0以下の値となる。 X_L / L_0 を変化させ、地震波の入射角 θ と、相対変位 U_R の関係を示したのが図-2である。

地震波の波長 L_0 を一定とした場合、土留め壁の間隔 X_L が大きくなるにしたがって、地盤の相対変位が最大となる入射角 θ は45°より小さくな

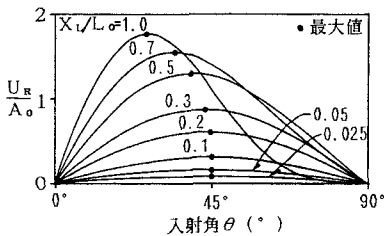


図-2 地盤の相対変位と入射角の関係

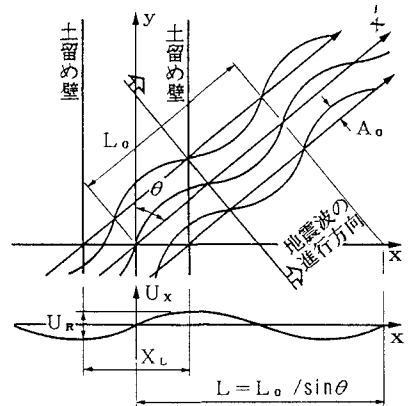


図-1 地震波の伝播状況の模式図

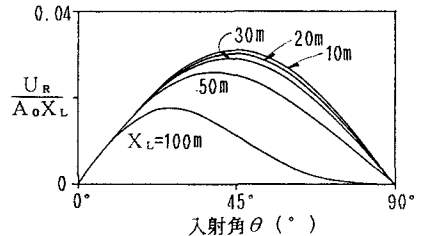


図-3 地盤の平均的なひずみと入射角の関係

り、最大値は地震波振幅 A_0 の2倍に近づいてゆく。逆に、土留め壁の間隔 X_L が小さくなると地盤の相対変位は小さくなり、最大となる入射角 θ は 45° に収束する。

また、地盤の相対変位 u_R を土留め壁間隔 X_L で除して求めた、土留め壁間単位長さ当りに生じる地盤の相対変位と、地震波の入射角 θ との関係を $L_0=100\text{m}$ の場合について示したのが図-3である。これは土留め壁間地盤の平均的なひずみを表わし、土留め壁間隔 X_L が小さいほど大きな値を示している。

3. 地震時切梁軸力の計算例

本方法を用いて、地震時に発生する土留め壁の相対変位によって生じる切梁軸力の試算を行った。解析には、筆者らが地震時挙動解析をおこなった土留め構造物¹⁾を用いた。これは、掘削深さ30mのRC連壁に鋼製切梁（H-400×400）をGL-2.0mから3.0m間隔に9段配置したものである。図-4に解析対象地盤および構造物を示す。地盤の相対変位 u_R は(3)式を利用して求め、その半分を図-5に示す計算モデル(1/2モデル)に地盤ばねを介して作用させた。土留め壁の間隔 X_L は10m、50m、100mの3ケースを考えた。なお、地震波の振幅 A_0 は仮設構造物であることを考慮して、地震基盤面での設計水平震度を1/2に低減した0.075を用いて算出し（地表面で2.96cm）、波長 L_0 は500mとした。

計算結果を表-1に示す。地盤の相対変位によって1段切梁で160～330kgf/cm²、最下段（9段）切梁で120～220kgf/cm²程度の応力が生じた。また、土留め壁の間隔が大きくなるほど切梁の応力は大きくなり、壁間隔が100mの土留め切梁には10mの切梁の約2倍の応力が発生した。図-3で述べたように、土留め壁間地盤の平均的なひずみは土留め壁の間隔が小さいほど大きくなる。それにもかかわらず壁間隔100mの土留め切梁に大きな応力が生じたのは、土留め壁間隔が大きくなると切梁が長くなり、切梁剛性が低下することで、土留め壁の変形が地盤変形に近くなるためと考えられる。

4. おわりに

従来の応答変位法の考え方に基づいて、土留め壁間の相対変位による切梁軸力の計算法について提案し、切梁の耐震計算を行った。これより、①地震波の斜め入射によって土留め壁位置の地盤には相対変位が発生し、土留め壁の間隔が大きくなるほど相対変位も大きくなる、②試算ケースでは切梁に120～330kgf/cm²程度の応力が生じ、土留め壁の間隔が大きくなるほど、発生する応力も大きくなる傾向を示した、等の結果が得られた。

本報告では左右の地盤を均一のものとしたが、左右の地盤に不均一性、不整形性が存在する場合、切梁の軸力はさらに大きくなる可能性があると考えられる。

参考文献 1) 小野・嶋村・河西・佐々木
：大深度土留め構造物の地震時挙動解析
（第26回土質工学研究発表会投稿中）

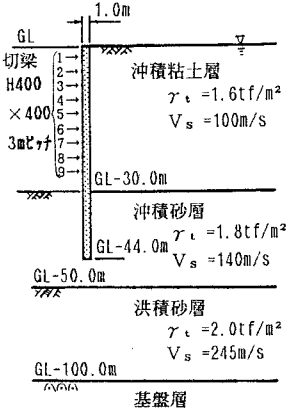


図-4 解析対象地盤および構造物

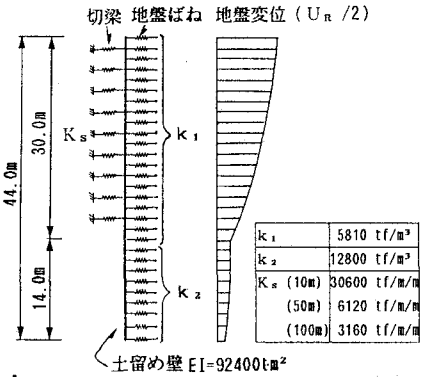


図-5 計算モデル

表-1 計算結果

	土留め壁の間隔 X_L		
	10m	50m	100m
X_L/L_0	0.02	0.10	0.20
u_R/A_0	0.06	0.31	0.61
1段切梁位置の地盤変形(mm)	0.93	4.59	8.97
1段切梁位置の土留め壁変形(mm)	0.37	3.52	7.79
切梁応力(kgf/cm ²)	160	300	330
	130	260	290
	120	200	220

（仮設構造物とし、水平震度0.075を用いて計算）