

動的塑性論を用いた地震時土圧と擁壁の運動に関する研究

山崎建設株式会社 正会員 内海 道夫
鳥取大学工学部 国際会員 榎 明潔

1. はじめに

従来の地震時土圧問題では、物部・岡部式が一般的に用いられてきた。この物部・岡部式は、擁壁の運動を考慮していないため楔土塊の加速度と基盤の加速度は同じとしている。しかし、実現象においては、擁壁と楔土塊は基盤に対して相対的に変位しており、破壊が生じた時点で擁壁と楔土塊は基盤と異なる加速度となるはずである。このことから物部・岡部式は、真の意味での地震時土圧を求めたことにはならない。そこで、本研究室では擁壁の運動を考慮した地震時土圧式を提案している。ここで研究では、提案式によって求まる地震時土圧の妥当性を検討するとともに、擁壁の回転運動の解析を行うことを目的としている。

2. 地震時主動土圧の提案

本研究での擁壁の運動とは、擁壁の変位を許容し、その擁壁底面において破壊条件式を適用するというものである。また、加速度の連続条件式、慣性力を与えることにより定式化でき、加速度分布が求まるというもので、この点が従来の地震時土圧式と異なる点である。ここで、図-1 に示すような楔土塊、擁壁に個別の加速度を与えた剛塑性体モデルを考える。なお、ここで擁壁は剛な地盤上にあるものとしている。これから求まる本研究での地震時土圧の提案式を次式に表す。

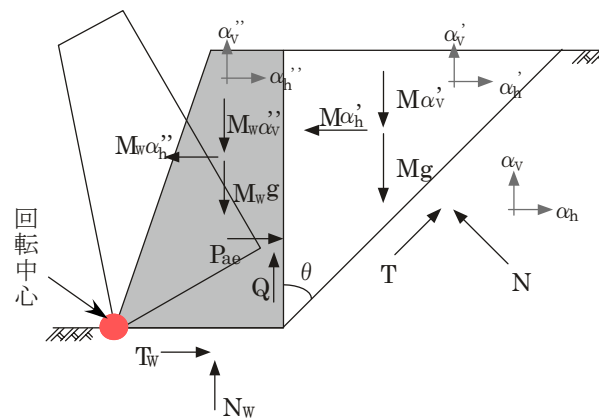


図-1

$$P_{ac} = \frac{M(\alpha_v + g)\tan\delta + \frac{M\{\alpha_v + g + (\alpha_v + g)\tan\delta \cot\theta - \alpha_h \cot\theta\}}{\tan(\theta + \phi)} - \frac{cH(1 + \tan^2\theta)}{\tan\theta + \tan\phi}}{1 + \frac{\tan\varepsilon}{\tan(\theta + \phi)} + \frac{M}{M_w}(1 - \tan\varepsilon \tan\delta) + \frac{M \cot\theta}{M_w \tan(\theta + \phi)}(1 - \tan\varepsilon \tan\delta)}$$

地震時主動土圧式の妥当性に関しては、地震力と擁壁の質量、擁壁底面のせん断力をゼロにすれば通常のクーロンの主動土圧式となる。また、本提案式は、粘着力が存在すると、数学的に土圧を θ で微分し最大化することができないので、ここでは数値解析的に θ を変化させ、その時の最大値を用いるものとする。また、これまでの研究¹⁾から内部摩擦角が大きくなるほど主動破壊領域、水平変位量は減少し、水平加速度によらず、内部摩擦角が大きくなるほど地震時主動土圧は小さくなり、水平加速度が大きくなるほどすべり面の角度が大きくなる事がわかっている。

3. 擁壁の回転運動の解析手法

上記で述べた地震時土圧の提案式を用いて、擁壁に作用する土圧分布とモーメントを求め、 $M=I\ddot{\theta}$ (I : 慣性モーメント) から擁壁の回転量を求める方法を説明する。なお、ここで述べる回転運動は、図-1 に示すように擁壁つま先部分を回転中心とし、擁壁底面において支持力破壊は起こらないものとしている。また、主動破壊方向のみを対象としたものである。擁壁に作用する土圧分布の求め方として、全土圧力 $P(H)$ を擁壁高さ H で微分することにより土圧分布 $p(H)$ を求めている。なお、本研究では、数値解析的に土圧分布を求めている。その計算手法を以下に説明する。

キーワード 地震 土圧 擁壁 回転運動

連絡先 〒679-2164 兵庫県神崎郡香寺町中寺 259-195

ここで、図-2 に示すような擁壁高さを減少させ、仮想断面の入ったモデルを考える。擁壁高さ減少時 $H-dH$ の土圧 $P(H-dH)$ は、擁壁の初期高さ H の土圧 $P(H)$ 時に求められた擁壁、楔土塊の加速度を用いることにより静定化でき求められる。また、順に擁壁高さを減少させても土圧 $P(H)$ 時に求められた擁壁、楔土塊の加速度を用いる。これは、擁壁が剛体であることに起因している。これにより求まる擁壁高さ減少時の土圧は次式となる。

$$P_{ae(H-dH)} = \frac{M_{(H-dH)}(g + \alpha'_v) - cH}{\tan(\theta + \phi)} + \frac{M_{(H-dH)}\alpha'_h - cH \tan \theta}{1 + \frac{\tan \varepsilon}{\tan(\theta + \phi)}}$$

上式によって土圧分布が分かり、その時の擁壁に作用するモーメントを求めることにより、回転運動の解析を行うことができる。

4. sin 波による解析値

ここで、実現象を考えると土の強化の影響ですべり面は一度破壊したところで保存されるとも考えられる。ここで図-4 にすべり面変化・保存とした場合の角加速度分布を示す。これによるとすべり面を保存すると並進運動では運動領域、変位量が小さくなるが回転運動では大きくなること分かる。また、さらに実現象では擁壁背面地盤の幾何形状は変化していると考えられる。よって、解析条件の1つの例として、すべり面を保存し背面地盤の幾何形状を変化させた場合の擁壁の加速度、角加速度を図-5 に示す。形状変化させると擁壁の角加速度、回転量ともに減少することが確かめられ、並進運動においては、滑り出し加速度が大きくなるのが分かる。滑り出し加速度が大きくなることにより、擁壁高減少時の土圧は大きくなるが、擁壁の角加速度が減少している。その理由としては、土圧の増加率より、形状変化の地盤高の減少による擁壁に作用するモーメントの減少率の方が大きくなるからである。

5. 結論

擁壁内部の断面力を仮定することにより地震時の土圧分布が得られ、擁壁に作用するモーメントの総和を求め $M=I\ddot{\theta}$ から塑性領域内で擁壁の回転運動が解析できる。しかし、塑性領域内での回転量は微量である。これは、現在の地震観測では並進3成分しか計測されておらず、地震波回転成分は計測されていないことが考えられる。また、擁壁底面での支持力破壊による回転運動の解析も必要である。

参考文献 1) 粕屋広史ら：地震時の土圧と擁壁の運動に関する研究 第38回地盤工学研究発表会公演集

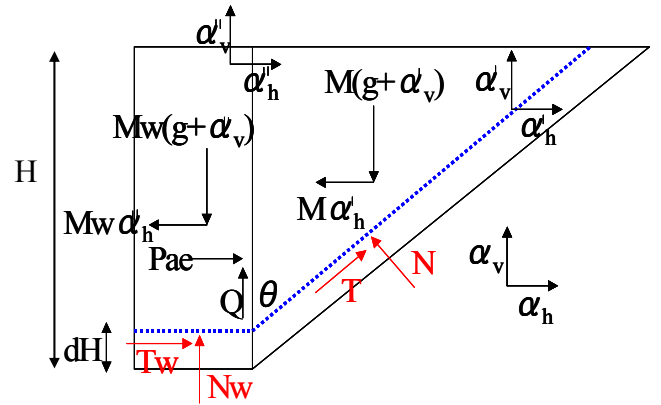


図-2

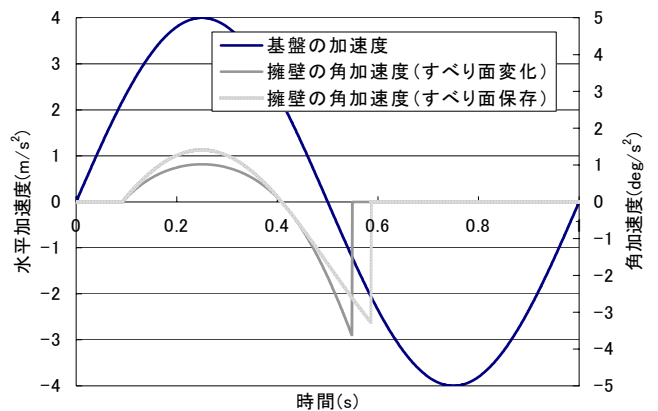


図-4

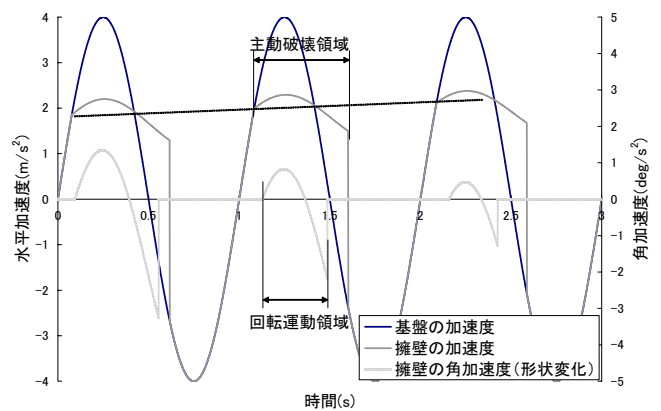


図-5