

## 1. はじめに

日本の国土は、地震発生数で世界有数といわれるほど複雑な地盤構造にあり、地震災害や豪雨災害を頻繁に受けている。これらの災害に対する減災対策のひとつとして、箱型擁壁は耐震性・安全性・環境性・施工性・経済性に優れており、各地で採用されている。

箱型擁壁は、底板の無い箱型の形状をしたプレキャストブロックを空積で積み上げた擁壁であり、形状はもたれ式擁壁に似ている。ブロックの内部および背面には、中詰め材および裏込め材として、単粒度砕石が充填される。各ブロックは連結されていないため、箱型擁壁はある程度まで変位を許容し、剛構造のもたれ式擁壁とは構造が大きく異なる。

これまでに施工された箱型擁壁は大規模地震動の震源地周辺でさえも崩壊した例は無く、高い耐震性を有していると考えられる。しかし、その耐震性については、十分な検証がなされていない。

本研究で用いる SPH 法は MPS 法と同じ粒子法の一つで、粒子の運動を Lagrange 的に解く手法である。SPH 法では、粒子近傍に物理量を空間的に分布させると想定し、粒子間の相互作用を kernel 関数により計算する。本研究で用いる土と構造物の SPH 法は、詳細は Bui<sup>1)</sup>により述べられているのでそこを参照して頂きたい。

## 2. 研究目的

従来、剛構造のもたれ式擁壁が一般的なのり面対策工として用いられてきた。剛構造のもたれ式擁壁においては、地震時に応力が集中することによりその一部が破壊される事例が確認されている。一方、箱型擁壁はフレキシブルな構造であり、変形を許容することにより応力の局所的な集中を抑えることができる。それにより高い耐震性能を示すと考えられる。

現在、箱型擁壁の設計に際しては剛構造のもた

れ式擁壁の設計手法を準用している。これは箱型擁壁のフレキシブルな特性を考慮できる解析モデルが存在しなかったことによる。そのため適切な解析モデルが開発できればさらに効率の良い設計が可能となる。

従来の FEM による解析では、大変形が起こる問題を解析することは困難であり、またその手法上、箱型擁壁の各所に作用する土圧を解析することは難しい。そういった問題を解決するため粒子法を用いる必要があると考えている。粒子法にもいくつか種類があるが、ここでは土と構造物が共存する場の解析に実績のある SPH 法を用いる。

本研究では、静的状態における箱型擁壁の挙動を SPH 法を用いて解析し、これまでに「箱型擁壁」耐震性技術検討委員会が行った静的 FEM 解析の結果との比較を行った。

## 3. 解析方法

ここでは、本研究においては従来の SPH 法<sup>1)</sup>の土-固体間相互作用モデルに関して改良を加えた。

Bui<sup>1)</sup>では、土-固体間相互作用モデルとして、次のようなモデルが用いられている。

$$v_{soil}^{\alpha} = v_{solid}^{\alpha} \quad (1)$$

$$\sigma_{soil}^{\alpha} = \sigma_{solid}^{\alpha} \quad (2)$$

$$f(r_{ij}) = \begin{cases} D[(r_0/r_{ij})^4 - (r_0/r_{ij})^2] [x_{ij}/r_{ij}^2] & r_{ij} < 0 \\ 0 & r_{ij} > 0 \end{cases} \quad (3)$$

$v$  は粒子の速さ； $\sigma$  は応力； $f$  は土粒子と固体粒子間の反発力； $i, j$  は土および固体の粒子； $D$  は計算領域で最も速い速度； $r_0$  は土と固体の初期位置で両者の距離が一番短いところ； $r_{ij}$  は二粒子間の距離； $x_{ij}$  は  $x$  方向、 $y$  方向の距離である。

本解析では、土-固体間相互作用モデルとして、次のようなモデルを用いた。

$$f(r_{ij}) = \begin{cases} D \left[ \left( \frac{r_0}{r_{ij}} \right)^4 - \left( \frac{r_0}{r_{ij}} \right)^2 \right] \left[ \frac{x_{ij}}{r_{ij}^2} \right] - c_n v_n & (4) \\ 0 & \end{cases}$$

$$f_s = -|f_n \tan \phi| \text{sign}(v_s) \quad (5)$$

$c_n$  ダンピングの定数;  $f_s$  は接線方向の力;  $f_n$  は法線方向の力となる。

#### 4. 解析結果

以下のような条件で解析を行った。

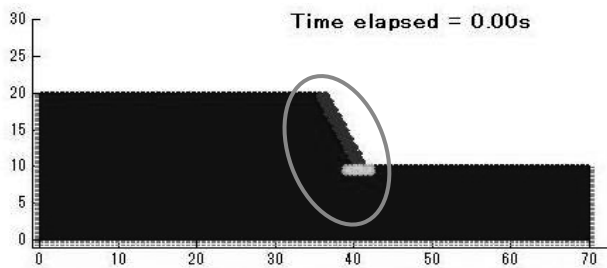


図1 解析条件

高さが 10m 以下の部分は基礎地盤、その上部は盛土材、灰色の丸で囲まれた部分が箱型擁壁を積み上げた部分である。

箱型擁壁部を拡大すると次のような図になる。

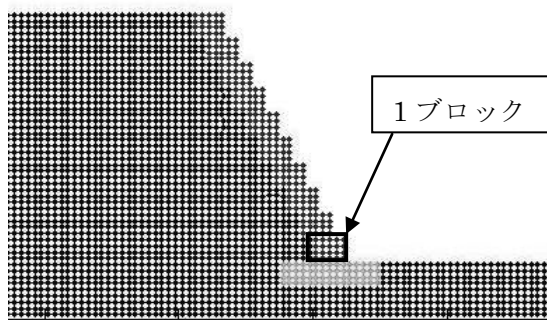


図2 擁壁部拡大図

積み上げたブロックの下には、過度な沈み込みを防ぐために裏込め材を敷いている。

この解析では表1に示す物性値を用いた。

表1 材料の物性値

材料	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	$c$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (°)	$E$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$
盛土材	16	10	25	5000	0.3
基礎地盤	20	0	35	10000	0.3
裏込め材	19	0	35	10000	0.3
箱体	24			10000000	0.2

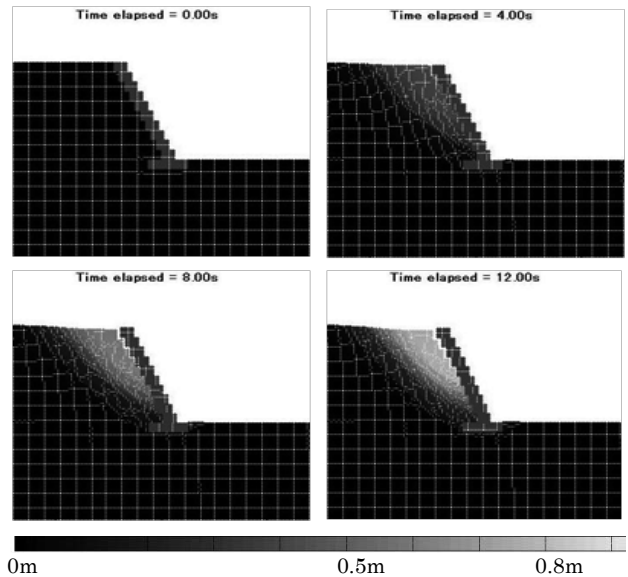


図3 4秒毎の解析結果(土粒子の変位置)

図3より、SPHによる解析は箱型擁壁の挙動を表現できていると思われる。

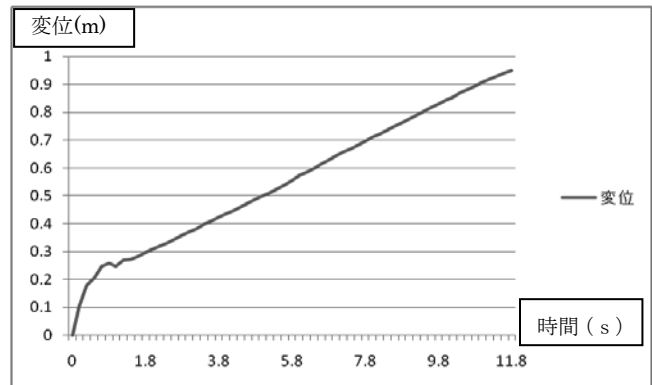


図4 SPHによるブロック横断方向の最大変位

最大変位は、図に示されるように解析した時間にはほぼ比例して増加した。箱型擁壁の耐震性検討委員会が行った FEM による解析では、擁壁高さが 10m の場合変位が 50cm 以内には収まっている。しかし、今回の結果では変位は 50cm 以上を超えており、これからの課題であるといえよう。

#### 5. 今後の課題

横断方向の最大変位が大きくなった原因として、土部分の強度がうまく表現出来ていないこと、箱体の相互作用モデルがまだ不十分であることなどが考えられるので改良していきたい。

#### 参考文献

- Ha H. Bui, Sako K, R. Fukagawa, J.C. Wells. SPH-Based Numerical Simulations for Large Deformation of Geomaterial Considering Soil-Structure Interaction, International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics(IACMAG) 570-577
- 財団法人土木研究センター, 「箱型擁壁」耐震性技術検討委員会報告書.