

ブロック積擁壁の動的安定性について

福井工業大学 正員 谷脇一弘 みどり建設興業(株) 正員 ○田村知子
日本興業(株) 正員 松山哲也 愛媛大学工学部 正員 大賀水田生

1. はじめに

ブロック積擁壁はプレキャストのコンクリートブロックを積み上げて構築される擁壁であり、その施工性から平野部や山間部で広く建設されている。しかし、大規模な断層型の地震でブロック間がずれた例が報告されており、今後、動的挙動の検討を行い、耐震性能を向上させる必要がある。そこで本研究は、各ブロック要素間の浮き上がりや土との剥離を考慮できるようにばね要素を用いてブロック積擁壁を二次元の有限要素モデルとしてモデル化し、斜面と一体化した線形・非線形二次元 FEM 動的応答解析を行うことにより、ブロック積擁壁の動的安定性について検討を行った結果について報告するものである。

2. ブロック積擁壁のモデル化

本研究では、図-1 に示す FEM モデルを用いて勾配 1:2 の斜面上のブロック積擁壁の解析を行っている。ブロック積擁壁として図-2 に平面図および側面図を示した中空ブロック積擁壁を 10 段積み重ね、高さ 10m のブロック積擁壁を考える。

1) ブロック - 斜面間のモデル化 ブロックと背面土の剥離を表現するため、ブロックと背面土の間に非線形の水平、鉛直ばねを挿入している。ばねは非線形特性を有し、圧縮時には、ばね定数 k_s を維持して接触状態を表現し、引張時には、剛性低下率によってばね定数を 1/10000 まで低減し非接触状態を表現した。本研究では、ばね定数 k_s による p 点の水平変位への影響の検討を行っている。

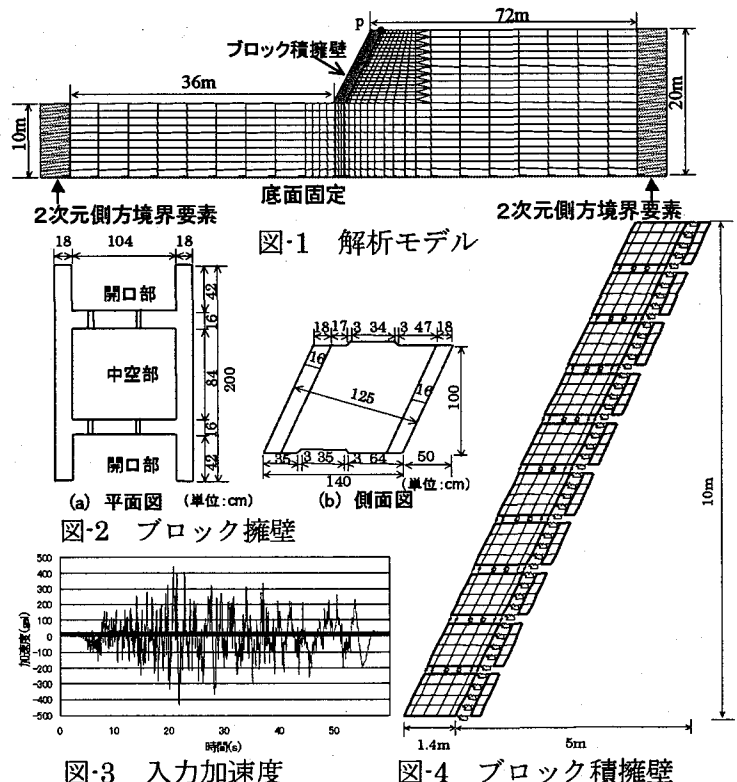
2) ブロック要素間のモデル化 ブロック積擁壁は、各ブロックが独自に挙動を示し、ずれや浮き上がりが生じる可能性がある。そのため本研究では、ブロック要素間に水平、鉛直ばねを挿入してブロックの挙動を表現している。水平ばねは、ばね定数 k_h の線形ばねとしてブロック間のずれを表現している。鉛直ばねは、圧縮時には、ばね定数 k_v を維持して接触状態を表現し、引張時には、剛性低下率によってばね定数を 1/10000 まで低減し浮き上がりを表現した。本研究では、ばね定数 k_v による p 点の水平変位への影響の検討を行っている。

以上のばねを考慮して解析に用いた 10 段積のブロック積擁壁のモデル図を図-4 に示す。

3) 地盤要素について 斜面および地盤は、4 節点を有するアイソパラメトリック要素の平面歪要素を用いている。境界条件として底面をすべて固定し、両側面を二次元側方境界要素とし自由地盤を模擬している。斜面は N 値が 3~5 程度の粘土層を考え Ramberg Osgood モデルを用いて非線形を考慮している。

3. 二次元 FEM 動的応答解析結果および考察

1) 解析モデルおよび入力加速度 本研究は、図-1 に示す斜面のみのモデルおよびブロック積擁壁と斜面の一体モデルを用い、まず線形時刻

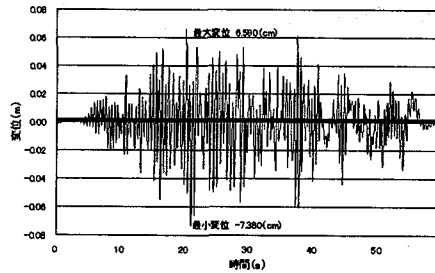


歴応答解析によりばね定数の検討を行い、次に非線形時刻歴応答解析により耐震安定性の検討を行った。入力加速度は、図-3に示す道路橋示方書に規定されたタイプⅠのⅢ種地盤を用いている。

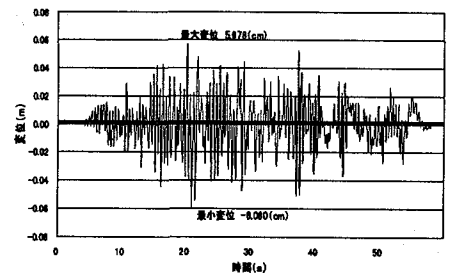
2)ブロック斜面間ばねの検討 斜面のみのモデルおよび一体モデルの線形時刻歴応答解析により得られたp点の水平変位を図-5に示す。一体モデルでは $k_s = 1.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$ を用いて解析した結果を示している。図-5よりブロック積擁壁を設置することにより水平変位は一体モデルの方が小さくなっている。図-6にばね定数の違いによるばね反力の比較を示す。いずれの場合も負反力のみが生じ、斜面との剥離を表現できている。いずれの k_s を用いても水平変位に大きな変化は見られずばね定数は応答解析上最も安定していると思われるばね定数 $k_s = 1.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$ を考慮することとした。

3)ブロック要素間ばねの検討 一体モデルにおいて、ブロック間の水平、鉛直ばね定数を種々変化させた場合の線形時刻歴応答解析により得られたp点での水平変位を図-7に示す。図-7より明らかなごとくばね定数を大きくすると変位は小さくなる。また、ばねを考慮していないモデルより変位は大きくなり、ブロック個々の挙動を表現することができた。

4)斜面非線形モデルでの検討 一体モデルの非線形時刻歴応答解析により、ブロック間の水平、鉛直ばね定数を種々変化させ水平変位の検討を行った。図-9に水平変位最大時のブロックの変形を示す。 $k_b = 1.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$ の場合には、最下段と下二および三段のブロック間で浮き上がりが生じ角折れが発生している。このことより、地震時には、ブロック間の浮き上がりにより水平せん断抵抗が減少しブロックがずれることが考えられる。図-8に水平変位最小時のブロック間の水平反力の分布を示す。水平反力は、ほぼ直線上に分布し、最下段と下二段のブロック間の最大水平反力は300 kN~560kNとなっており、地震時にブロック間の水平反力の制御が極めて重要となる。



(a) 斜面のみのモデル



(b) 一体モデル($k_s = 1.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$)

図-5 水平変位の比較

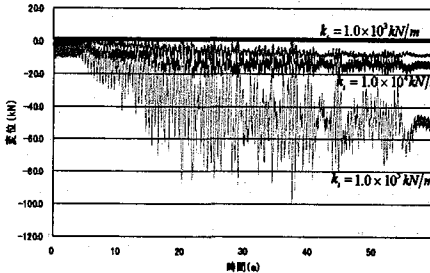


図-6 ばね反力の比較

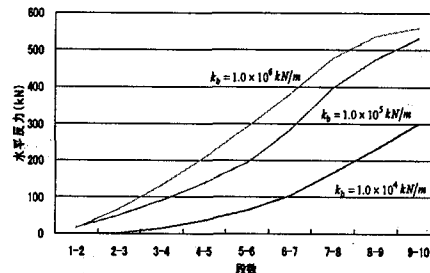
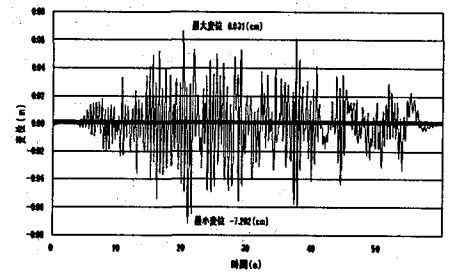
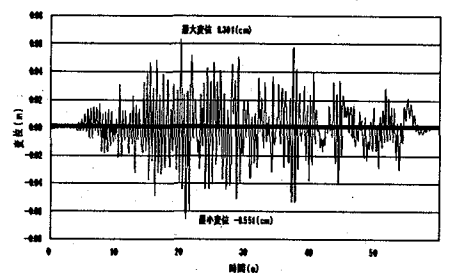


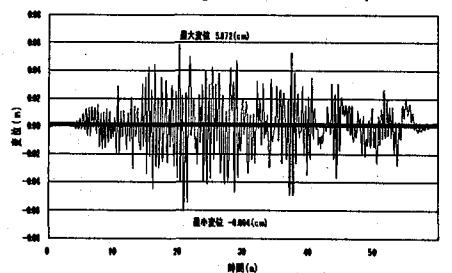
図-8 負の水平変位最小時の水平反力の分布



(a) $k_b = 1.0 \times 10^4 \text{ kN/m}$



(b) $k_b = 1.0 \times 10^5 \text{ kN/m}$



(c) $k_b = 1.0 \times 10^6 \text{ kN/m}$

図-7 ばね定数の違いによる水平変位の比較

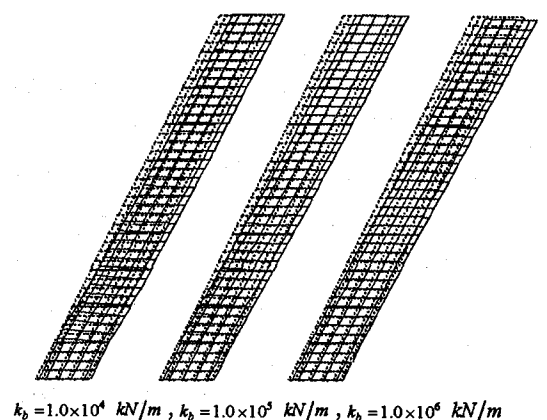


図-9 水平変位最大時のブロックの変形図