

I-38 ブロック擁壁の耐震解析について

日本電炉(株) 正 員 ○西 元 佑 樹
愛媛大学工学部 正 員 大賀 水田生
愛媛大学工学部 正 員 谷 脇 一 弘

1. はじめに

工場で製作したコンクリートブロックを建設現場で積み重ねて建設する擁壁（ブロック擁壁）は、施工性に優れた構造形式であり、最近盛んに建造されている。しかしながら、動的挙動や耐震性能が検討されないまま施工され、耐震性を明らかにする必要がある。ところで、ブロック擁壁の動的挙動をより正確に解析するためには、より詳細なモデル化の検討が必要である。そこで本研究では、ブロック擁壁が地震力などの動的な荷重を受ける場合の FEM 応答解析を精度よく行うために、コンクリートブロック間の拘束の程度およびずれを考慮できる“摩擦要素”と、応答時のコンクリートブロックと背面土の接触・非接触問題を取り扱う“境界非線形”を、ばね要素を用いて考慮するとともに、解析モデルの妥当性・有効性を簡単な数値計算例により考察する。

2. 摩擦要素と境界非線形の導入について

摩擦要素 本解析法では、コンクリートブロック間の拘束の程度およびずれがばね要素を用いて考慮できるように摩擦要素を導入した。この摩擦要素は、コンクリートブロック間のずれを表現するために、通常はコンクリートブロックと同じ剛性を有しているが、摩擦要素内の水平方向ばね反力が設定した抵抗力に達すると急激に剛性が低下する特性を有している。抵抗力はコンクリートブロック間の拘束度（空積み、モルタル、鉄筋など）に依存して決定される。

境界非線形 本解析法では、応答時のコンクリートブロックと背面土の接触、非接触を考慮するため、コンクリートブロックと背面土の境界面にばね要素を挿入し、そのばね要素のばね反力が圧縮の場合はばね定数を維持し接触状態を表現し、ばね反力が引張の場合はばね定数を下げ非接触状態とすることで、コンクリートブロックと背面土の接触非接触を表現した。

3. 数値計算例

要素について 解析に用いる要素は8節点を有するアイソパラメトリックソリッド要素とする。

解析モデルおよび入力外力 本数値計算例に用いたのは図-1,2 に示すような3段に積み重ねたコンクリートブロックと、コンクリートブロックと背面土からなるブロック擁壁である。動的応答解析に用いた入力外力として図-3 に示す時間とともに入力加速度の振幅が

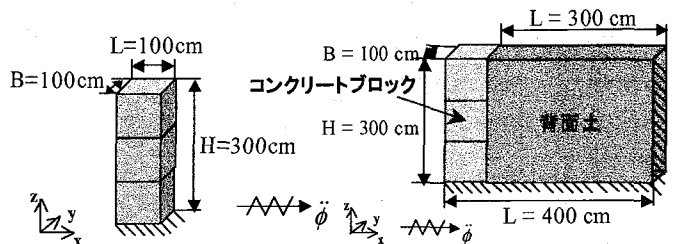
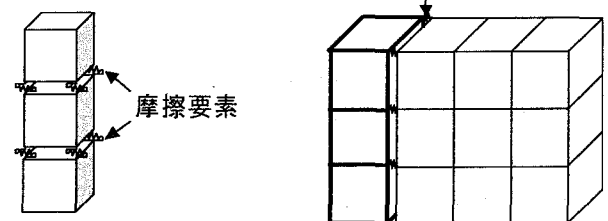


図-1 ブロック擁壁



(a) 摩擦要素

(b) 境界非線形

図-2 解析モデル

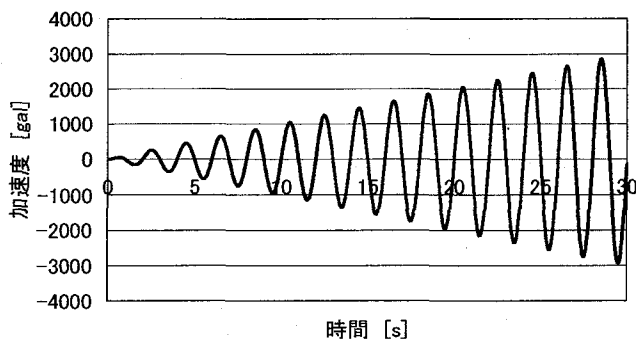


図-3 入力外力

大きくなる加速度を考慮した。(図-3)

$$\ddot{\phi}(t) = a \sin 2\pi ft \text{ [gal]} \quad t: \text{時間 [s]}$$

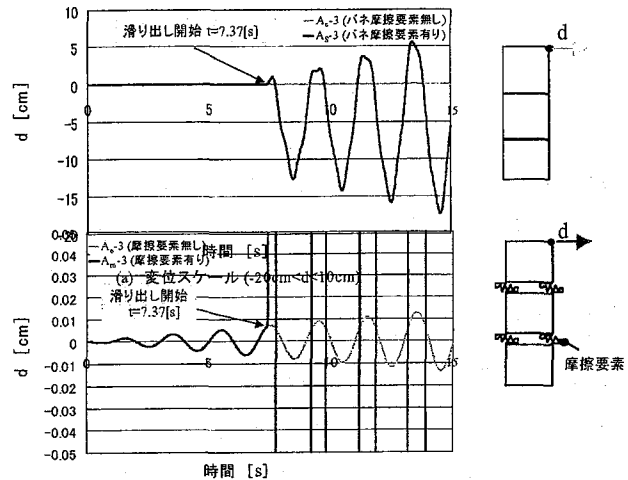
$$(a = 100t \text{ [s]}, f = 0.5 \text{ [Hz]})$$

摩擦要素を導入した解析法の基本的特性 まずモデルは図-2(a)に示す解析モデルを使っている。図-4(a), (b)は、摩擦要素を導入した解析法により得られた自由端での応答変位とバネ摩擦要素を含まない解析法との比較を示している。図-4 (b)より明らかなように、摩擦要素を含まないモデルの応答変位は、解析を通じて入力加速度と同じような挙動を示している。一方、バネ摩擦要素を導入したモデルの応答変位は、解析当初は摩擦要素を含まないモデルと全く一致しているが、 $t=7.37\text{sec}$ から突然大きくなっている。これは、摩擦要素の水平ばね反力が設定した抵抗力に達し、コンクリートブロックの滑り出しが発生したためと考えられる。コンクリートブロックの滑り出し以降は、図-4 (a)より明らかなように、滑り出し以前に比較して非常に大きな応答となっている。

境界非線形を導入した解析法の基本的特性 まずモデルは図-2(b)に示す解析モデルを使っている。図-5(a), (b), (c)は、ブロック擁壁自由端でのコンクリートブロックと背面土の水平変位 d_c, d_s 、コンクリートブロックと背面土の変位差 Δd 、および自由端での X 方向水平ばね反力(水平ばね反力) F_x の時間的な変化を示している。①時刻 $0 < t < t_1$ ではコンクリートブロックと背面土が接触状態($\Delta d < 0$)となっており、かつ水平ばね反力が圧縮($F_x < 0.0$)となっているので、バネ定数を下げず剛な状態で解析を行っている。したがって自由端のコンクリートブロックと背面土の変位差 Δd は非常に小さい値になっている(図-5(b), (c))。②時刻が $t=t_1$ になると水平ばね反力が引張($F_x > 0.0$)となるため、バネ定数を下げる。(図-5 (c))。③したがって、時刻 $t_1 < t < t_2$ ではバネ要素の剛性が下がり、コンクリートブロックと背面土の変位差 Δd は非常に大きな値になっている(図-5(b))。④時刻が $t=t_2$ になるとコンクリートブロックと背面土が再び接触状態となり($\Delta d < 0$)、かつ水平ばね反力が圧縮($F_x < 0.0$) となっているので、コンクリートと背面土の境界面のバネ定数を上げて再び剛な状態で解析を行う(図-5(a), (c))。⑤以上の操作を時刻 t_3, t_4, t_5 と繰返しながら解析を進める。

4. 結論

摩擦要素、境界非線形を導入した FEM 応答解析法を用いてブロック擁壁の応答解析を行った。その結果、摩擦要素については、摩擦要素内の水平方向ばね反力 F_{x1} が滑り出すに対する抵抗力に達すると同時に摩擦要素の剛性を低下させることにより、ブロック擁壁のコンクリートブロック間の滑り出しを考慮できることが明らかになった。境界非線形については、時間ステップでブロック擁壁と背面土との間のバネ要素のバネ定数を変化させることにより、コンクリートと背面土との接触問題を考慮した動的応答解析を行うことができることが明らかになった。



(b) 変位スケール (-0.05cm < d < 0.05cm)

図-4 摩擦要素に関する応答挙動

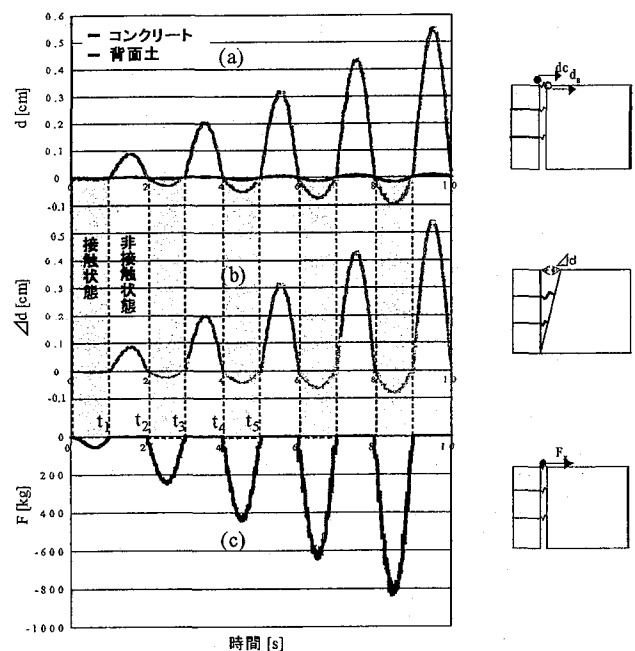


図-5 境界非線形に関する応答挙動