

実地震記録波を用いた実物大ブロック擁壁の耐震安全性解析

東京ガス(株) (前東京都立大学大学院)	正	竹田 岳史
首都大学東京都市環境学部	正	長嶋 文雄
東京セメント工業(株)技術部関東設計室	正	原 洋介
東京工業大学大学院総合理工学研究科	学	新才 浩之

1. はじめに

擬似立体個別要素法を用いたブロック擁壁の地震応答解析と実験との比較・検討を通して、ブロック擁壁の耐震安全性を明らかにしてきた¹⁾。しかし、これまでは1/10スケールモデルに対する検討であり、また入力波も水平方向正弦波に限られていた。本報告は、より現実的な挙動を把握するため、水平・上下両方向の実地震波を入力した実物大ブロック擁壁の地震応答解析を試みたものである。

2. 数値積分による速度・変位波形の算出

本研究において、小千谷市で記録された新潟県中越地震（最大加速度779.2gal）の地震波形を実地震波として採用した。図1に加速度波形（NS、UD成分）を示す。一般的に、加速度波形の数値積分を行うと基線がずれるドリフトという現象が生じる。これは、計測器の周波数特性が原因であると考えられており、これを取り除く必要がある。通常は図2,3に示すような、速度と変位に対するローカットフィルタを用いて数値積分を行う（図4,5）が、フーリエ逆変換などの周波数領域での扱いが必要である。これに対して、部分的に基線を補正する簡便な方法（部分線形補正型基線補正と呼ぶ）であっても、適切な補正区間（時間間隔2.5sec）を採れば、図6,7に示すように、ローカットフィルタを用いたときと同等な効果（おおよそ0.1Hz以下のローカット）が得られ、遜色の無い積分波形が得られる。

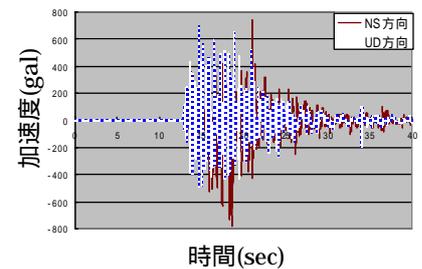


図1 加速度波形

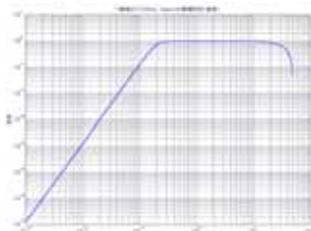


図2 フィルター 速度用

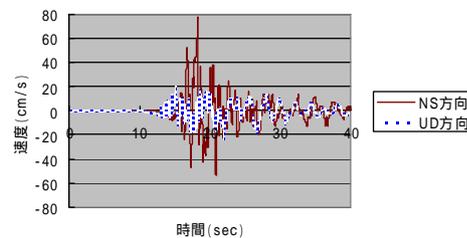


図4 フィルターによる速度波形

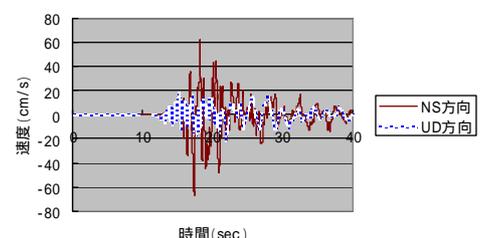


図6 基線補正による速度波形

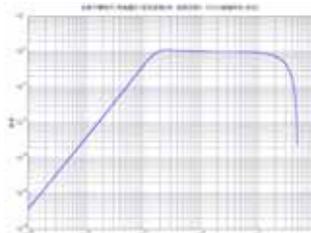


図3 フィルター 変位用

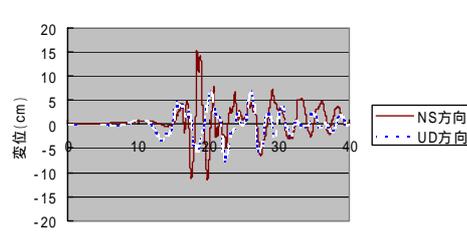


図5 フィルターによる変位波形

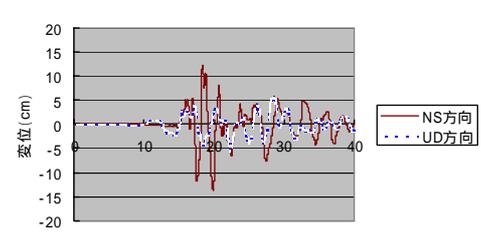


図7 基線補正による変位波形

3. 実物大ブロック擁壁の地震応答解析

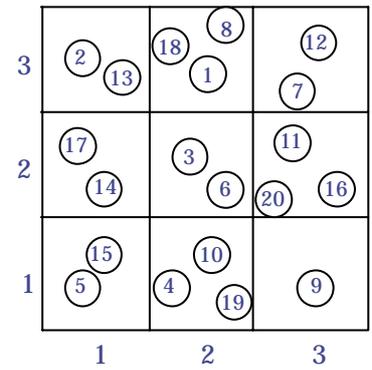
3.1 演算加速手法

本研究では、実物大ブロック擁壁の地震応答解析を行うため、プログラム内の見直しを行い高速化とメモリの節約についての検討も行った。解析プログラムにおいて各計算部分の所要時間を計測した結果、接触判定と要素間力の計算で約9割の時間を費やしていることがわかった。そこで、高速化手法として接触判定部分で

キーワード ブロック擁壁, 擬似立体個別要素法, 新潟県中越地震, 基線補正, 演算加速手法

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京都市環境学部都市基盤環境コース TEL0426-77-1111 内(4531)

の高速化とメモリーの節約を実現するため、セル登録法、L型接触判定²⁾、ブロック内部接触判定除外、セル登録法における新要素配列の4つの手法を試みた。L型接触判定とは、セル登録法を行う際に隣接セルを8つではなく、L型にした4つにする手法である。セル登録法における新要素配列とは、セル登録法を使用する際に必要となる各セルに存在する要素の要素番号と要素数を3種類のマトリックスを使用して効率的に記憶する手法である。cellのマトリックスには、各セルに存在する最小要素番号を記憶し、earrayのマトリックスには、各セルに存在する最小要素番号の位置に次に低い要素番号を記憶していき、全ての要素がどこのセルに存在するかを記憶したものである。具体例を図8に示す。



$$cell = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 7 \\ 14 & 3 & 11 \\ 5 & 4 & 9 \end{bmatrix} \quad cesu = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 \\ 2 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$earray = \begin{bmatrix} 8 & 13 & 6 & 10 & 15 & -1 & 12 & 18 & -1 & 19 \\ 16 & -1 & -1 & 17 & -1 & 20 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

図8 セル登録法における新要素配列

3.2 解析モデル

解析対象とした大型ブロック擁壁は、おおよそ高さ1m、幅2m、奥行き1mの空積みブロック擁壁であり、内部に砂が詰められている状態の擬似立体化¹⁾イメージ図を図9に示す。

4. 解析結果

部分線形補正型基線補正による数値積分より求めた変位を用いて、図10に示すような総要素数約12700個の実物大ブロック擁壁3段の地震応答解析を行った。図11に3段目ブロックの水平方向変位量と入力波の比較図を、同様に、図12に上下方向変位量と入力波の比較図を示す。

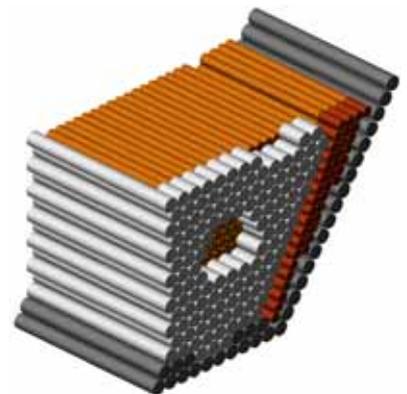


図9 ブロック擁壁の擬似立体図

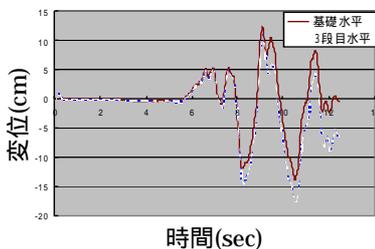


図11 水平方向変位量

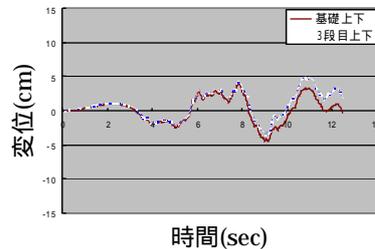


図12 上下方向変位量

5. おわりに

擬似立体個別要素法を用いた変位入力による地震応答解析を行うために、数値積分に関する検討を行い、部分線形補正による簡便な基線補正でもローカットフィルタとほぼ同様の効果が得られることが分かった。また、プログラムを見直して高速化とメモリー節約を実現したことにより、総要素数が1万を超えるモデルでも解析可能となった。新潟県中越地震の実地震記録波を用いた地震応答解析を行った結果、最大相対変位が6cm程度であり、転倒に至るほどの大きな変位ではなくブロック段数3段の場合での耐震安全性が確認できた。今後の課題として、種々の実地震記録波による耐震安全性の確認や、PC性能の向上、高速化に応じて、ブロック段数を増やしてのシミュレーション解析を行う予定である。

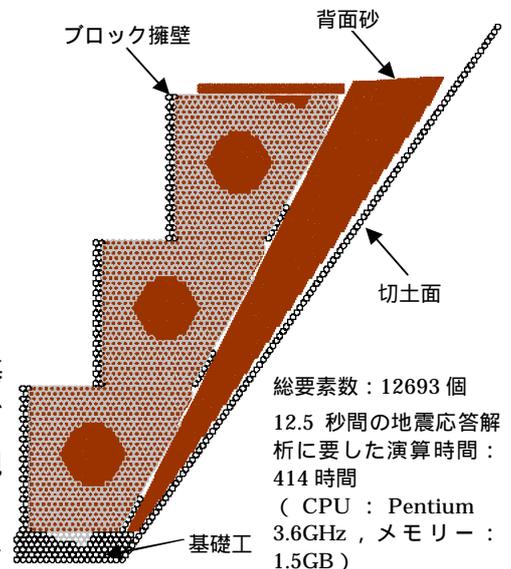


図10 実物大ブロック擁壁モデル図

総要素数：12693個
 12.5秒間の地震応答解析に要した演算時間：414時間
 (CPU：Pentium 3.6GHz, メモリー：1.5GB)

【参考文献】

- 1) 原洋介, 長嶋文雄, 竹田岳史: ブロック擁壁 - 砂地盤連成系の擬似立体個別要素解析手法, 第27回地震工学研究発表会,
- 2) Ante Munjiza: The Combined Finite-Discrete Element Method, John Wiley & Sons(2004)