

疑似立体個別要素法を用いた土留緑化ブロックの動的挙動解析

東京セメント工業(株) 技術部関東設計室 正 ○ 原 洋介
 東京都立大学大学院工学研究科 正 長嶋 文雄
 東京都立大学大学院工学研究科 学 竹田 岳史

1. はじめに

土留め緑化ブロック擁壁の耐震性を明らかにするために 1/10 スケール模型と相馬標準砂を用いた実験を行い(図-1) 擁壁の転倒限界加速度、基礎に作用する水平力および地盤反力、土圧の水平分力などを観察して来た。その結果、「ブロック擁壁の転倒限界は地震時土圧で算定するよりも常時土圧で算定した方が実験値に近い」という興味深い結果を得た。この原因については幾つかの仮説が考えられているが、これを裏付けるための砂の挙動を実験で把握する事は難しく、詳しい検討は出来なかった。本報告は、数値解析手法の中でも砂の挙動を探るのに適している個別要素法を用いて疑似立体モデルの振動解析シミュレーションを行い、上記の問題について検討したものである。

2. 解析手順

(1) 砂要素のパラメータの決定 模型実験で用いた砂は、粒径 0.8mm 単位体積重量 1.62tf/m³、剪断抵抗角 30.5° の相馬標準砂である。解析によって砂の挙動を正確に観察するためには、一粒一粒を正確に再現することが望まれる。しかしながら、砂粒の数は膨大であり、これら一粒一粒をモデル化することは必要解析時間においても、必要とするメモリー容量が膨大となることから現実的でないといえる。そこで、粒径および減衰定数をパラメータとした自重崩壊シミュレーションを行うことによりパラメータを決定した。実験で用いた砂の安息角は 30.5° であり、シミュレーションによって得られる安息角が 30.5° となるまで試行錯誤的に行った。(図-2)

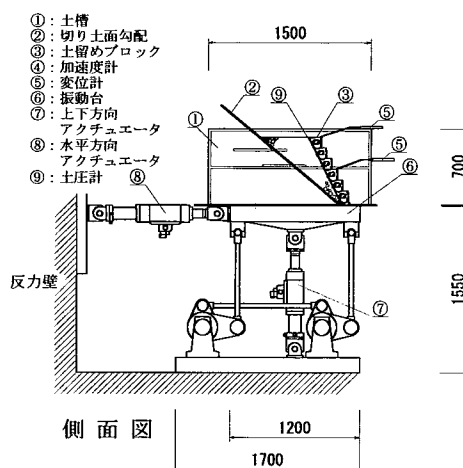


図-1 実験装置図

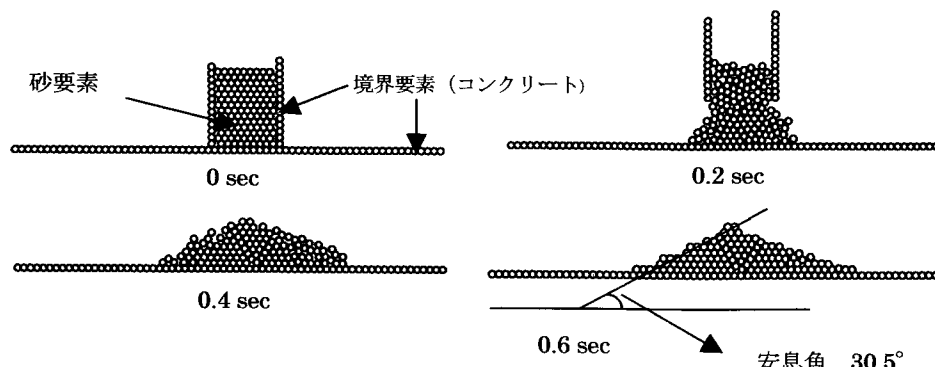


図-2 自重崩壊シミュレーション

要素半径	0.3cm
ヤング率	4000kg/cm ²
ポアソン比	0.3
剪断抵抗角	30.5°
粘着力	0kg/cm ²
減衰係数	0.1

(2) 解析手順 砂の要素配置は、まず対象領域内になるべく高密度で落下距離が小さくなるように配置し、これに重力をかけることにより落下充填した。しかし、ステップ関数的に急激に重力を掛けると要素間の衝突が生じ、堆積要素全体が安定するまでかなりの時間を要してしまう。そこで、初期の砂およびブロックに作用する重力を緩和させた。落下充填による要素パッキングは 1 秒間行った。また、加振は、基礎底面と背面版に強制変位を与えることによって行ったが、解析時間を節約するため、実験で行った緩和よりも急激な緩和関数を用いてすりつけた。加振には、3.16Hz (実物大では 1.0Hz 相当) の正弦波を用いた。採用した入力加速度振幅は、実験において安定状態を保っていた 400gal、500gal、および転倒に至った 600gal とした。ブロック段数は、3 段を解析対象とした。解析結果は、ブロック砂などの各要素の変位やブロック基部に作用する水平力などを時刻歴毎にファイル出力し、演算終了後、Excel 上のオブジェクト描画などの処理を行った。

キーワード：擁壁 空積みブロック 耐震性能 個別要素法 疑似立体手法

東京セメント工業 (株) 技術部関東設計室 東京都八王子市台町 2-15-20 TEL 0426-24-5485 FAX 0426-24-0496

3. 解析結果

解析モデルは、図-3 に示すように、ブロック、砂、基礎ブロック、背面板および振動台からなり、ブロック段数3段の場合の総要素数は、1555個（砂要素数1111個）砂要素半径3.0mm ブロック要素半径4.389mm 解析時間2.5秒（パッキング時間1.0秒）時間刻み 5.0×10^{-7} 秒とした。解析の結果、応答加速度が400galおよび500galにおいては、転倒に至らなかったが、600galで転倒した（図-4、5）。ブロックが一体性を保ったモードで転倒しており、転倒加速度値も実験と同値であった。また、振動台に対するブロックの水平方向相対変位量を時系列毎に観察すると、前後に振動を繰り返しながら変位しており（図-6）、実験値（図-7）と同じ傾向を示した。ブロック基部に作用する水平力（図-8）は、実験値（図-9）に比べやや不安定な値を示している。しかしながら、最大値は両者ともほぼ同程度の値となっている。これは、実験での測定はローラーを用いて基部底面の摩擦を零としているため、安定した値が得られたものと思われる。また、背面方向に働くマイナス値は測定されていない。解析における基部水平力の最大値は、ブロックの変位が初期段階である1.5秒付近で確認された。これに対し、ブロック変位が過大となったのは、2.0秒付近からである。また、要素間法線方向ばねに発生している圧縮応力（図-5）を観察すると、2.0秒付近から、砂粒の接触率が少なくなっていることが分かる。このとき、ブロック背面に楔状の高圧縮応力域が見られ、これが耐震性に重要な役割をしていると考えられる。

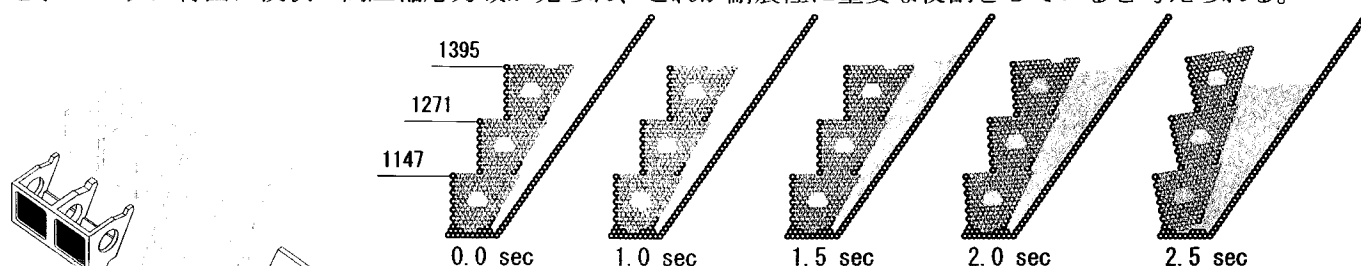


図-3 ブロック構成

4. まとめ

擬似立体化手法を用いた土留緑化ブロックの動的挙動解析を行い、実験結果との比較を行ったところ、精度良く実際の挙動を再現出来ることが分かった。

今後、この疑似立体モデルを用いて、ブロック段数、背面角等をパラメータとした解析を行い、ブロック擁壁の転倒に関するメカニズムを解明して行きたいと考えている。

【参考文献】1) 星野：土留緑化ブロックの地震時転倒限界に関する模型実験，第55回年次学術講演概要集，2000。

2) 原：土留緑化ブロック基部の地震時作用力に関する実験的研究，第55回年次学術講演概要集，2000。

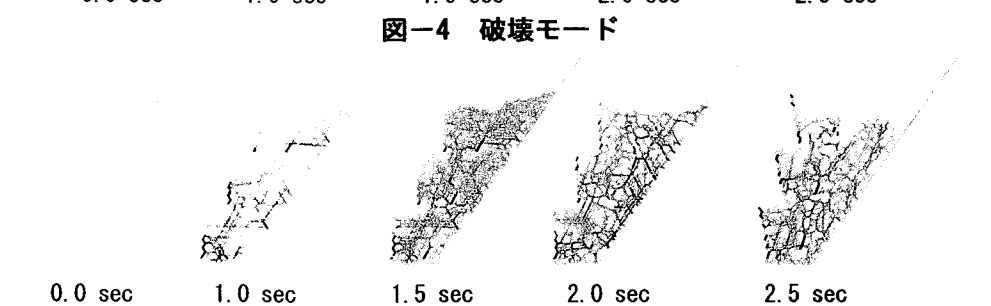


図-4 破壊モード

図-5 要素間法線ばね応力

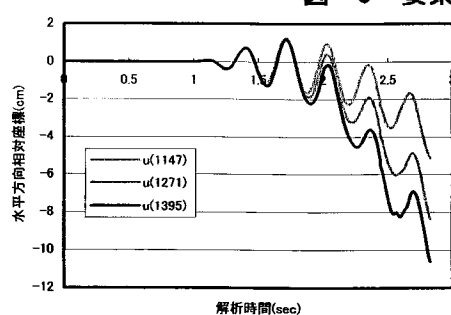


図-6 変移（解析）

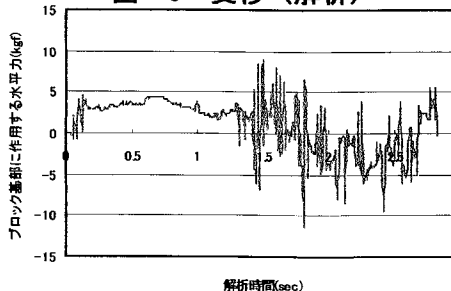


図-8 水平力（解析）

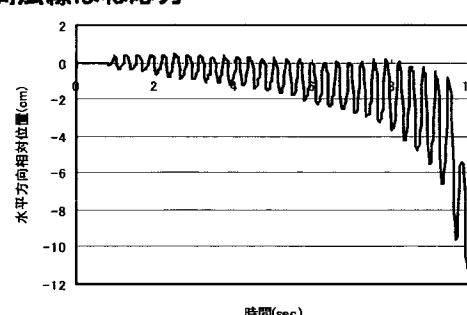


図-7 変移（実験）

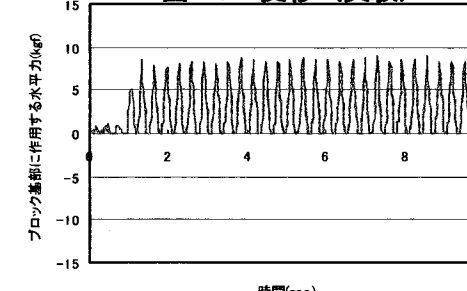


図-9 水平力（実験）