

# 間知石積擁壁の地震時崩壊挙動に関する解析

金沢大学理工学域 学生会員 ○ 紘田 康史

金沢大学理工研究域 正会員 池本 敏和, 宮島 昌克

## 1. はじめに

日本では、伝統的に間知石(間知ブロック)と呼ばれる石が擁壁の材料として用いられてきた。間知石は材料の入手が容易、景観上美しいという利点を持ち、現在でも鉄道沿線や宅地など、我々の身近なところに数多く存在する。日本ではこれまで幾度となく地震災害が発生しているが、そのほとんどの地震において擁壁被害が記録されている<sup>1)</sup>。石積擁壁は組積材の形状、材質、施工技術によって応力分布にバラツキが生じることから、地震時の挙動や耐震性能に関しては未解明な部分が多い。また間知石を使用した石積擁壁の地震時の安定性を検討した事例は僅少であり、耐震補強対策が不完全なのが現状である。したがって石積擁壁の地震時における崩落のメカニズムの解明が急務とされている。しかし、擁壁高さや勾配といった特性の異なる種々の構造物、振動特性の異なる種々の地震動に対する検討を行うためには、模型振動実験では費用や検討期間の面から非現実的である。

そこで本研究では、地震時における擁壁の変形挙動に関する2次元解析を行い、模型実験<sup>2)</sup>の結果とモデル解析の結果を比較し、実験と解析との整合性を検討、解析手法の有用性を示す。解析手法として、不連続変形法(Discontinuous Deformation Analysis, 以下DDAと称す)を用いる。DDAは物体同士が接触する際の接触粘性を考慮しており、解析対象を不連続面によって区切った任意形状のブロックの集合体として表し、ブロック内部の弾性変形とブロック間の接触、衝突等の変形を表す手法である。

## 2. 間知石について

石積擁壁に用いられる積石の種類には間知石、野石、雑割石、割石などがある。その中でも鉄道沿線や宅地にある石積擁壁の大部分には、ある程度均一な寸法に整形された間知石が主に使用されている。間知石は、6つ並べると1間(180cm)になること

からその名がつけられ、一般的に角錐型となっていることが特徴である。

## 3. 解析対象の条件

鉄道総合技術研究所が行った実験<sup>2)</sup>を解析の対象とする。寸法は実物の1/3スケールとし、適用する相似則は香川<sup>3)</sup>が示した考え方に基づいた、1:0.3の3分勾配を有する空積石積擁壁とし、基礎地盤は堅固であり、石積擁壁背後の地山は自立性地山として東京近郊に分布する関東ローム層相当の強度を有する地山を想定した。

高さ、裏グリ石の有無について着目した4ケースの実験に対する解析を実施する。表-1に解析ケースの一覧表を示す。また石積擁壁(ケース1)の断面図を、図-1に示す。ケース2の高さ1.5mの場合は、図-1の壁体にさらに間知石を4段積み上げている。またケース3の高さ0.6mでは、図-1の壁体から間知石を3段減らした5段積みの模型を作成した。解析に用いる各部材の地盤物性値を表-2に示す。地盤物性値については、堀<sup>4)</sup>の論文や一般的な土工の土質定数<sup>5)</sup>を参考にした。ケース1の実験において、模型に顕著に変状が現れた加速度600galを用い、5Hz正弦波で20波加振を行う。

表-1 鉄道総合技術研究所実験ケース

実験ケース	基礎の固さ	裏グリ石	擁壁高さ
ケース1	堅固	あり	1.0m
ケース2	堅固	あり	1.5m
ケース3	堅固	あり	0.6m
ケース4	堅固	なし	1.0m

表-2 地盤物性値

	間知ブロック	裏グリ石	盛土	基盤
粘着力(kN/m <sup>2</sup> )	0	0	240	0
内部摩擦角(deg.)	35	40	25	33
単位体積重量(kN/m <sup>3</sup> )	23	19	23	19
弾性係数(kN/m <sup>2</sup> )	$1.4 \times 10^7$	$2.1 \times 10^7$	$4.2 \times 10^7$	$1.4 \times 10^7$

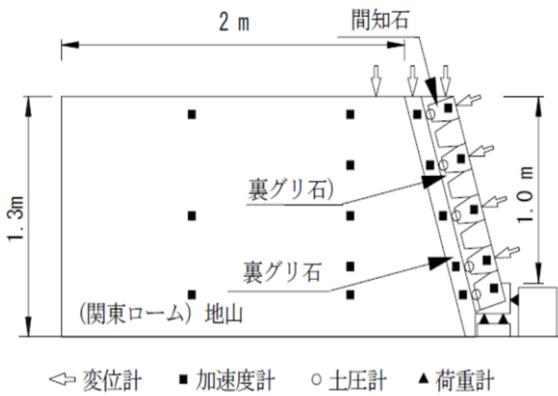


図-1 石積擁壁(ケース1)

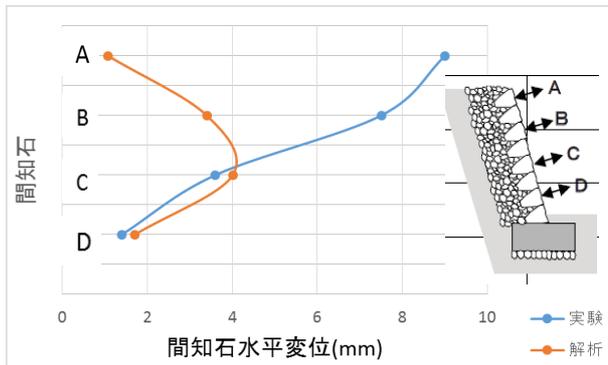


図-2 加振後の間知石の水平変位

## 5. 解析結果

ケース1加振後の間知石ごとの水平変位を、図-2に示す。ケース1において、裏グリ石の沈下による間知石の孕み出しの挙動を再現することができた。しかし、実験において擁壁上部のブロックは前面方向への残留変位が大きい傾向がみられたが、解析においては擁壁上部の変位が小さくなる挙動がみられた。

ケース2、ケース3において、石積擁壁の高さが耐震性に及ぼす影響を検討した。結果として高い石積擁壁の方が低い石積擁壁より崩壊の程度が大きく表れた。したがって高さが低い石積擁壁ほど地震時における安定度が高いという実験結果との整合性が確認できた。

ケース4において裏グリ石の耐震性に及ぼす影響を検討した。裏グリ石は、排水層としての役割の他に間知石同士の安定や土圧の軽減など、常時においては石積壁全体の安定に有効な役割を果たしていると考えられるが、地震時においては石積擁壁の変形に大きく影響を及ぼす。ケース4では加振後も壁

面に大きな変化が見られず、地震時における裏グリ石の影響を表現することができた。

## 6. まとめ

本研究では、不連続変形法を用いて地震時における擁壁の変形挙動に関する解析を行い、鉄道総合技術研究所が行った実験との比較検討を行った。その結果、擁壁中部および下部において、実験と同様な挙動が解析で確認できた。また、高さや裏グリ石の有無といった条件の異なる種々の石積擁壁に対する地震時崩壊挙動の検討を行うことが可能であることが分かった。擁壁上部における変位応答は模型実験と解析で差異が生じた。解析では、地震力によって壁体が揺すられることで裏グリ石内部に緩みが生じ、裏グリ石は沈下すると考えられる。この沈下によって擁壁中部が大きく孕み出す現象が生じるが、擁壁上部は裏グリ石の存在していた場所が空洞になり、擁壁が内側に倒れこんできたものと考えられる。擁壁上部の崩壊挙動の再現に関しては今後検討の余地があると考えられる。

謝辞：本研究を実施するにあたり、鉄道総合技術研究所の各位に感謝申し上げます。また、本研究は科学研究費(2630300701)の補助を受けています。

## 参考文献

- 1) 沖村隆, 二木幹夫, 岡本敦, 南部光広: 兵庫県南部地震による宅地擁壁被害の特徴と原因, 土木学会論文集 Vol.45, No.637, 1999.
- 2) 大田直之, 杉山友康, 岡田勝也, 鳥井原誠, 山本彰, 山田祐樹: 間知石による石積壁の地震時変形メカニズムに関する実験的研究, 土木学会論文集 F, Vol.62, No.2, 213-225, 2006.
- 3) 香川嵩章: 土構造物の模型振動台実験における相似則, 土木学会論文報告集, 第275号, pp. 69-77, 1978.
- 4) 堀 翔伍: 間知ブロック積擁壁模型の地震時破壊挙動に関する実験及び解析的研究, 平成26年度金沢大学修士学位論文, 82, 2015.
- 5) 道路公団: 設計要領 第一集 pp. 28-29, 1983.