

# 3次元個別要素法を用いた大型石灯籠の 地震時挙動に関する解析的研究

金沢大学 理工学域環境デザイン学類 学生会員 ○藤田 侑介  
金沢大学理工研究域 正会員 村田 晶, 宮島 昌克

## 1. はじめに

日本は世界でも地震が頻繁に発生する地域であり、最近でも長野県北部地震(2014年3月11日)と大規模な地震が発生し、それによる地震災害が頻発している。地震災害に伴う石造建造物の被害も多く発生しており、特に石灯籠や墓石は石材を積み重ねた単純な不安定構造物であることから多くの被害を受けている。また近い将来、東海・東南海地震が発生する可能性が高いということが示唆されているおり、地震に強い石灯籠の耐震補強対策について検証する必要がある。このようなことから、石灯籠の耐震補強によって転倒、破損等の灯籠自身の被害に伴う人的被害の防止、経済的文化的被害の抑制効果が期待できる。清水ら<sup>1)</sup>による研究では、石灯籠をモデル化し3次元個別要素法を用いた解析シミュレーションによって、実験との整合性や石灯籠の形状による応答の変化を評価している。本研究では既往の研究で整合を確認した解析モデルを大型石灯籠に適用し、無補強の石灯籠における地震時安全性の照査と、耐震補強対策を施した灯籠モデルにおける地震時における振動特性と挙動の解析、ならびに補強効果の確認を行うことを目的とする。

## 2. 解析緒元

解析対象となる石灯籠は写真1の大阪府堺市の宿院交差点に設置されている石灯籠である。石灯籠をモデル化するにあたり、単純化するため解析対象とする石灯籠を3次元直方体ブロックの集合体として扱う。ここでモデル化に必要なパラメータを表1に示す。入力地震波としては東北地方太平洋沖地震の宮城県栗原市で観測された地震波(K-NET 築館)を用いる。K-NET 築館波は最大加速度2933.2gal、計測震度6.6であり、東北地方太平洋沖地震の中で最大加速度が最も大きかった地震波である。また、二つの地震波が少し時間をはさんで到達したため、加速度の卓越点が2回あるのが特徴である。



写真1 解析対象

$K_n/m$ (N/m/kg)	3800.8
$K_s/m$ (N/m/kg)	1520.32
$C_n/m$ (N·s/m/kg)	125.66
$C_s/m$ (N·s/m/kg)	125.66
ヤング率 (kN/m <sup>2</sup> )	$8.00 \times 10^7$
ポアソン比	0.25

表1 解析パラメータ

## 3. 解析結果および考察

無補強モデルにおける解析結果の1例を図1、図2にそれぞれ示す。図1に示すように加振中に頭部(ギボシ)が、転倒・落下する挙動を示しているが、中部(火袋、柱)の転倒には至っていないことが分かる。図1に至る状況は、図2に示す2回目の強震部(およそ70s付近)で発生する。1回目の強震部では部材全体が振動するが、下部の部材(芝台)に比べ、上部の部材(柱、笠)の応答が顕著になっているわけではないことが分かる。



図2 加振後の石灯籠

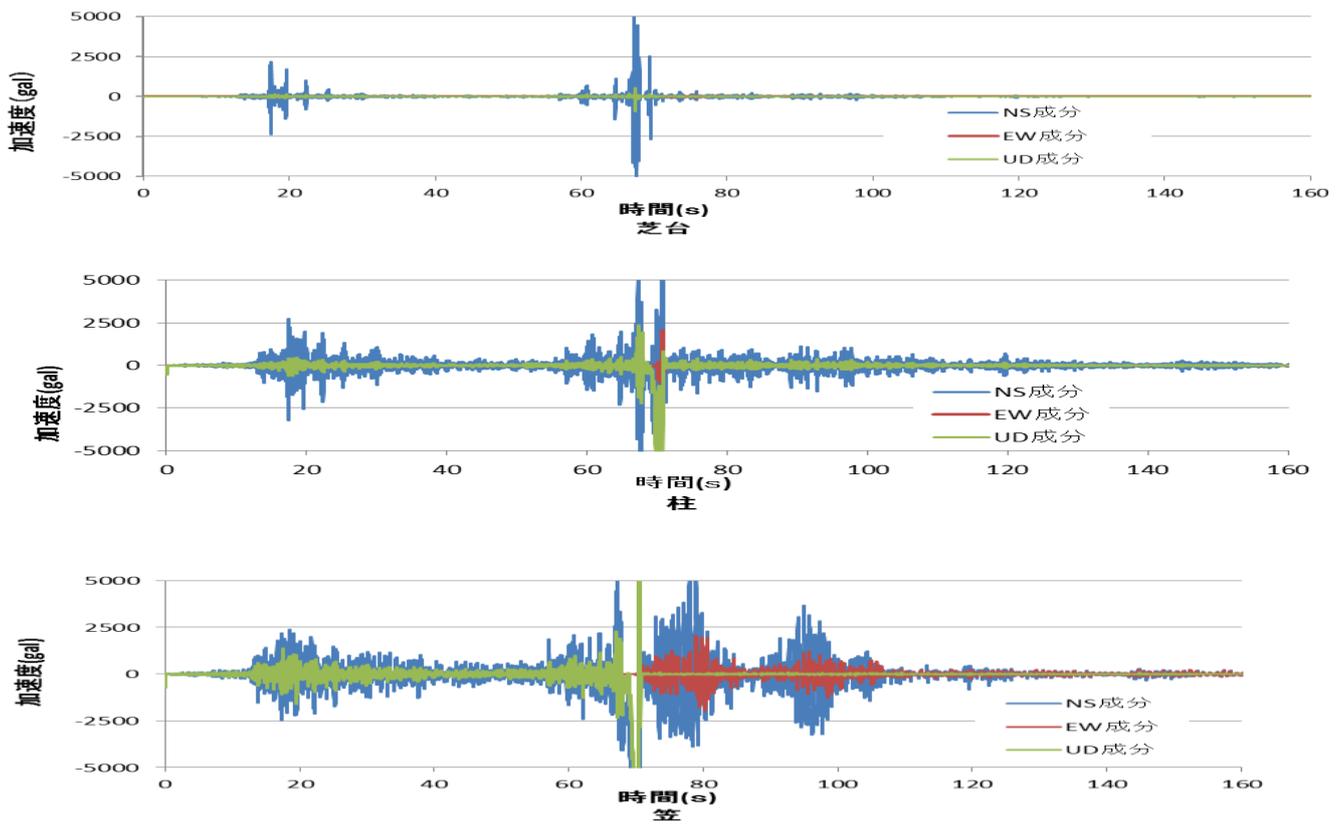


図2 各部材の加速度

また、ギボシが転倒した原因としては、対象とするキボシが少し細長いものであること、石灯籠の柱重心が一般的なものよりも低めであることと、火袋の形状がスレンダーであることが影響していると思われるが、入力震動特性に大きく影響するものであることから、補強対策効果の検証を含め、発表時に詳細な考察を行う予定である。

#### 4. おわりに

本研究の解析対象石灯籠は倒壊した場合、重大事故に繋がる可能性の高い場所に設置されていることから、安全性の照査と対策効果の検証が不可欠であると考えられる。また、人的被害はでていないものの、長野県神城断層地震でも長野市の善光寺とその周辺の石灯籠が転倒している。本研究では3次元個別要素法を用いたシミュレーションにより、石灯籠の耐震安全性を概略的ではあるが示すことができた。今後は、シミュレーション精度向上のため、解析パラメータについてさらなる検討を行っていきたい。

#### 謝辞

入力地震波として K-NET 観測記録を利用させていただきました。記して感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 清水 諒: 東北地方太平洋沖地震における石灯籠の地震時挙動と耐震補強に関する研究, 平成 25 年度金沢大学修士学位論文, 2014.
- 2) 古川愛子, 清野純史, 三輪 滋: 物理シミュレーションによる兵庫県南部地震時の墓石の転倒メカニズムの解明, 地域安全学会論文集 No. 7, pp. 221-230, 2005.
- 3) 清野純史, 原口裕子, 古川愛子: 個別要素法による地震時の建物倒壊と内部空間被災度について, JCOSSAR 2003 論文集 [W1-04 A 論文], 2003.