

1923 年関東地震の再来を想定した青山墓地の転倒率分布の推定

○九州大学 学生員 小野達也 九州大学 正会員 古川愛子
九州大学 フェロー 大塚久哲 飛鳥建設(株) 正会員 三輪 滋

1. はじめに

今後 30 年以内に、関東でマグニチュード 7 級の地震が 70% の確率で起こるとされている。政府の中央防災会議や東京都防災会議は建物、人的、経済被害などの推定を行っているが、墓地の被害推定は行われていない。また、東京都の青山墓地は災害時の広域避難場所に指定されており、避難者が墓地で被害に遭うようなことがあってはならない。そこで、本研究では青山墓地を対象に 1923 年関東地震の再来を想定した被害推定を行った。

2. 被害推定の概要

(1) 青山墓地の概要

東京都港区南青山にある青山墓地は、明治 7 年 9 月 1 日に開設され、墓所面積は約 12 万 5 千平方メートルで、その中に約 1 万 4 千の墓石が収容されている。青山墓地にある墓石からランダムに 100 体を調査し、高さ幅比のヒストグラム (図 1) を作成した。

(2) 被害推定の流れ

本研究では、青山墓地全体を対象とし、地震時の転倒率分布の推定を行った。被害推定の流れを図 2 に示す。地表面地震動と転倒率曲線を推定した後、両者を掛け合わせることで転倒率分布を推定する。

3. 地震動の推定

(1) 工学的基盤面地震動

入力地震動は 1923 年関東地震の再来地震を想定し、経験的グリーン関数法¹⁾を用いて推定した。工学的基盤面地震動の加速度時刻歴波形を図 3 に示す。

(2) 表層地盤モデル

青山墓地の地盤は、10m 程度のローム層の下に粘性土があり、その下の砂層が支持層となっている。ボーリングデータ等²⁾を参考に青山墓地内および周辺の 35 地点の地盤モデルを作成した。

(3) 地表面地震動の推定結果

一次元重複反射理論に基づく地震応答解析により、35 地点の地表面加速度を推定した。図 4 に関東地震 EW 成分の地表面最大加速度と等価振動数のコンター図を示す。後述の転倒率推定時に必要な等価振動数は「等価振動数 = 最大加速度 / (2π・最大速度)」より求めた。図 4 の赤い線は青山墓地の外縁を示しており、領域のサイズは、EW (横) 方向が約 400m、NS (縦) 方向が約 800m である。

キーワード 墓石、転倒率、青山墓地、1923 年関東地震、個別要素解析

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 TEL092-802-3374

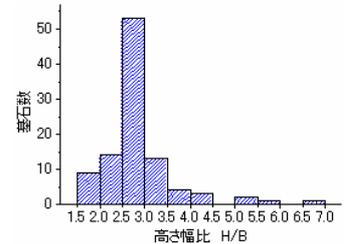


図 1 竿の高さ幅比のヒストグラム

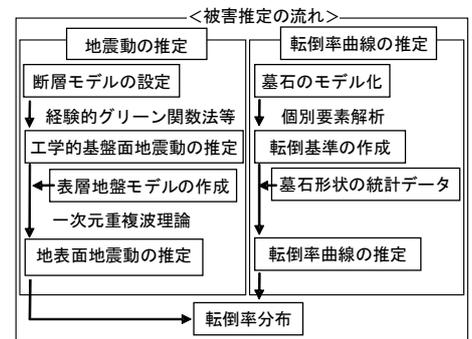


図 2 被害推定のフローチャート

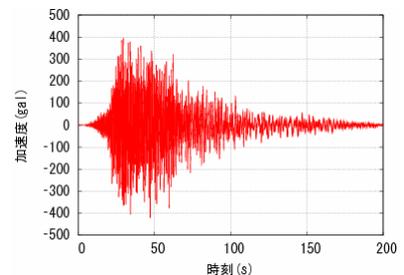
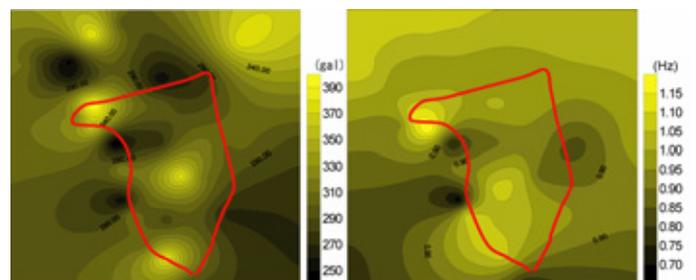


図 3 工学的基盤面地震動 (関東地震 EW 成分)



(a) 地表面最大加速度分布 (b) 等価振動数分布

図 4 関東地震 EW 成分

4. 転倒率曲線の推定

(1) 墓石モデル

墓石モデルは和型のモデルを想定した。図5に和型モデルを示す。一番上の墓石(竿)の幅・奥行きはともに24.24cmであり、高さを様々に変え、高さ幅比(H/B)を1.25~6.5の間で細かく作成した。

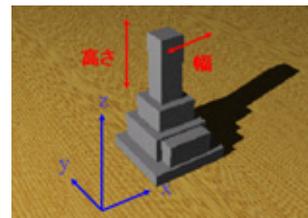


図5 和型墓石モデル

(2) 個別要素解析概要

3次元個別要素法を用いて墓石の転倒解析を行った。入力振動は正弦波とし、最大加速度200~1300gal、振動数0.5~3.0Hzの範囲で設定し、水平1方向(図4のy方向)に20秒間振動させた。表1に示す解析で必要となる接触パラメータ等の解析諸元は、実寸大墓石模型の振動台実験の結果をうまく再現しうる値を採用した³⁾。

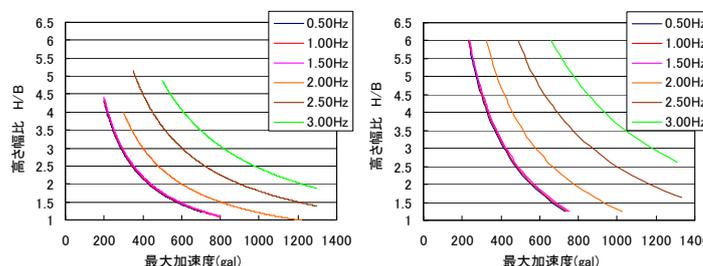
表1 接触パラメータ

(単位質量あたり)

ばね定数(法線方向)	3947.8 (N/m)
ばね定数(接線方向)	1579.1 (N/m)
減衰係数(法線方向)	125.66 (N·sec/m)
減衰係数(接線方向)	50.265 (N·sec/m)
動摩擦係数	0.438

(3) 転倒基準

個別要素解析の結果から墓石の転倒基準を振動数毎に作成した。最大加速度毎に転倒する最小の高さ幅比をプロットし、双曲線の式で近似したものを図6(a)に示す。また、竿と上台を心棒で連結補強した墓石³⁾の転倒基準を作成したところ、連結により重心位置が下がり見かけの高さ幅比が小さくなるため、図6(b)のように無補強の場合に比べ転倒しにくくなった。



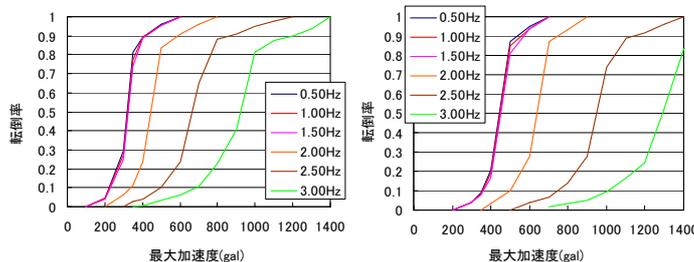
(a) 無補強墓石

(b) 補強墓石

図6 転倒基準

(4) 転倒率曲線

図1と図6を掛け合わせることで図7に示す転倒率曲線を作成した。地震動の最大加速度と等価振動数から青山墓地の転倒率を推定できる。



(a) 無補強墓石

(b) 補強墓石

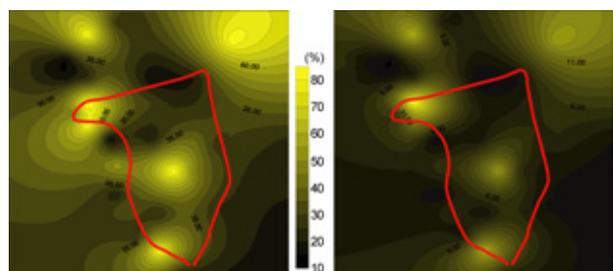
図7 転倒率曲線

5. 転倒率推定結果

図4に示す地表面最大加速度、等価振動数分布と図7の転倒率曲線から、青山墓地全体の転倒率分布を推定した。関東地震のEW成分による転倒率分布を図8に示す。関東地震による転倒率は、北西部、中央部、南部で大きく、西側道路付近の被害は小さいことがわかった。また、補強した場合の転倒率は、無補強時に比べ最大で約60%も減少した。

6. 結論

関東地震による青山墓地の被害推定を行った結果、青山墓地の被害は、北西部、中央部、南部で大きくなり、転倒率が最大で90%と高い値となることがわかった。また、補強墓石の転倒率は最大で約60%も減少したため、心棒による補強効果は大きいと言える。



(a) 無補強墓石

(b) 補強墓石

図8 転倒率分布(関東地震EW成分)

参考文献 1)池田隆明他:1923年関東地震を想定した東京での地震動評価,土木学会年次学術講演会講演概要集第1部(B),Vol155,606-607,2000. 2)東京都土木技術研究所:東京都総合地盤図(II),1990, 3)古川愛子他:振動台上の墓石の地震時挙動再現に関する個別要素法の適用性,JCOSSAR2007論文集,Vol.6,pp.791-798,2007

謝辞 本研究は、平成20年度科学研究費補助金(基盤研究(C),課題番号19560490)の援助を受け、執り行われたものであります。