

大豊建設株式会社 正会員○早瀬勘太郎
立命館大学 正会員 伊藤 隆郭
立命館大学 学生員 Kaushal Raj Sharma

立命館大学 正会員 江頭進治
立命館大学 学生員 松葉信征
立命館大学 学生員 千葉 浩

1.はじめに 代替性のない文化財を自然災害から保全し、これらを後世に伝えていくためには、文化財に対する想定外力の種類と規模見積もりが必要となる。しかしながら、文化財に対するこのような検討は行われておらず、これに対する対策が急務となっている。例えば、これまでの設計外力の設定よりも1オーダーから2オーダー程度大きいものを想定外力として得られる結果については、知る必要があるものと推察される。本研究においては、京都市東山一帯を対象とし、豪雨に伴う崩壊を取り上げ、現状の解析手法を用いた場合に予測される文化財の土砂災害危険度について考察する。

2.地域特性 京都盆地は、図-1に示すように三方を山地に囲まれ、南方が開放されている。また、市内中央部においては、南北に鴨川が流れている。平成15年9月1日現在、京都市には国宝指定の文化財が255件(全国の約4分の1)、重要文化財は1931件ある¹⁾。これらの多くは個人によって管理されており、図に示すように、京都盆地中に数多く分布していることが分かる。本研究の対象とする東山周辺地域を図-1の長方形で囲まれた範囲に示す。この地域は国宝、ならびに重要文化財が数多く存在し、歴史的に見ても非常に価値のある地域である。主な文化財として、世界遺産にも登録されている慈照寺銀閣や清水寺、国宝建築の知恩院御影堂や南禅寺清涼殿などが挙げられる。図-2は、京都気象台にて観測された年最大2日雨量に関するデータである。図より、200mmを超える回数は6回あり、300mmを超える回数は4回である。さらに、年最大2日雨量が300mmを超える降雨は、ほぼ周期的に見られ約25年に1回の割合である。

3.豪雨に伴う崩壊土砂の到達距離の分布 豪雨に伴う崩壊土砂の運動は、図-3を参照して、江頭らのモデルを用いると、次式のようなものである²⁾。

$$v' \frac{dv'}{dx'} = -\alpha v'^2 + b \quad (1)$$

式(1)は解析的に解くことが可能で、その解は次式のようなものである。

$$v' = \left\{ v_0'^2 e^{-2\alpha x'} + \frac{b}{\alpha} (1 - e^{-2\alpha x'}) \right\}^{1/2} \quad (2)$$

ここに、 $v' = v/\sqrt{gh}$ 、 $x' = x/h$ 、 v :崩土の移動速度、

- 絵画
- 彫刻
- 工芸品
- 書・歴史資料等
- 建造物

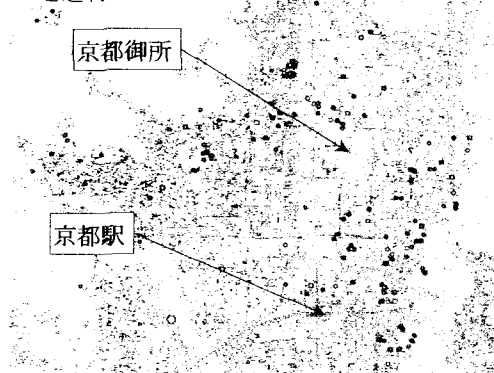


図-1 京都盆地における文化財分布
[mm/2days]

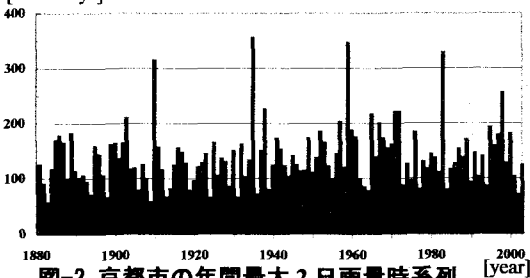


図-2 京都市の年間最大2日雨量時系列 [year]

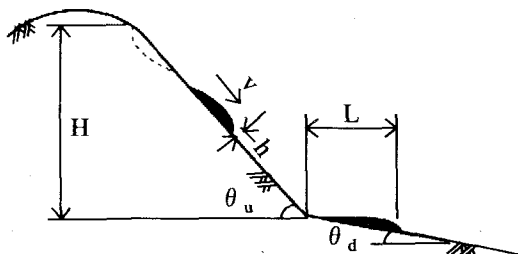


図-3 崩壊土砂の到達距離

x : 移動距離、 h : 平均崩壊深さ、 v_0' : 崩土の初速度、 a : 流動抵抗の項、 b : 重力の x 成分と摩擦抵抗との差である。
 a, b については、次式で定義されている。

$$a = \frac{2}{(\sigma/\rho - 1)c + 1} f_b \quad (3)$$

$$b = \cos \theta \left\{ \tan \theta - \frac{(\sigma/\rho - 1)c}{(\sigma/\rho - 1)c + 1} \tan \phi_s \right\} \quad (4)$$

$$f_b = \frac{25}{4} \left\{ k_f \frac{(1-c)^{5/3}}{c^{2/3}} + k_d \frac{\sigma}{\rho} (1-e^2) c^{1/3} \right\} \left(\frac{h}{d} \right)^{-2} \quad (5)$$

ここに、 σ : 土砂の密度、 ρ : 水の密度、 c : 土砂の体積濃度、 d : 代表粒径、 ϕ_s : 土砂の内部摩擦角、 e : 土砂の反発係数である。ここでは、 $d=0.2\text{m}$ 、 $\phi_s=38^\circ$ 、 $c=0.5$ と定めた。

式(2)を用いると、崩土の到達距離は次のように求められる²⁾。1/2500 の地形図を用いて勾配が 30° 以上の崩壊可能斜面を抽出する。ある間隔で崩土の移動経路(落水線)を描き、河床位の縦断分布を求める。ここで得られた河床縦断形を折れ線で近似し、勾配の異なる斜面における斜面長および勾配を求める。勾配折れ点部における速度の連続性に注意して、式(2)を各斜面に対して計算すれば、崩土の移動経路上における停止点が求められ、それらの点を平面的に連ねると、崩土の限界到達線が得られる。図-4 および図-5 は、東山周辺(図-1 の長方形で囲んだ領域)における崩土の限界到達線である。

計算においては、豪雨に伴う比較規模の大きい崩壊を対象とするため、崩土厚 h を 3m、5m としそれぞれ求めている。これらの図に示すように、東山周辺における崩壊に伴う土砂の到達範囲は、麓からほとんど遠くには及ばないものの、いくつかの文化財の存在する位置には、崩土の限界到達線が及び、土砂災害に対する危険性があることが分かる。なお、図-4 と図-5 で得られた崩土の限界到達線の山側の領域は、崩土に伴う土砂災害危険度が一樣であることを示すものではなく、崩壊の発生しやすさや移動経路における運動エネルギーなどに依存することに注意する必要がある。

4. おわりに 京都盆地の東山山麓周辺において、豪雨に伴う崩土の限界到達範囲を江頭らのモデルを用いて計算し、文化財に対する土砂災害危険度について若干の検討を行った。それによると、幾つかの文化財は土砂災害危険度のある領域に存在することが示された。本研究における計算は、質点系の運動方程式を基にして行ったものであり、崩土の侵食・堆積や崩土の変形を考慮していない。今後、これらの影響を考慮した解析を行うと共に、崩壊のトリガーとなる土層厚の規模の決定法に関する検討も必要である。

参考文献 1) 毎日新聞社:文化庁監修 国宝・重要文化財大全、1999、2) Egashira et al: Int. Symp. On Erosion, Debris Flow and Disaster Prevention, Tsukuba, Japan, pp. 249-254, 1985, 3) 土木学会:水理公式集[平成 11 年版]、pp.139-155、1999。

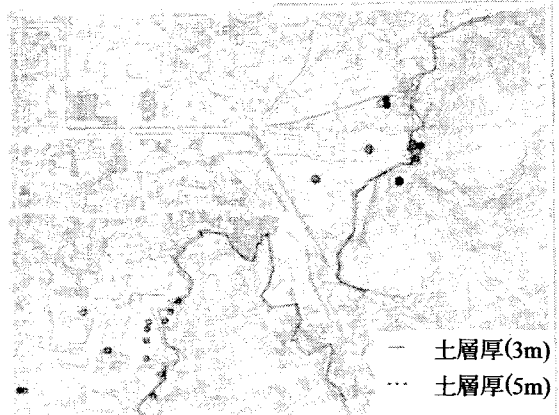


図-4 岡崎周辺の到達範囲

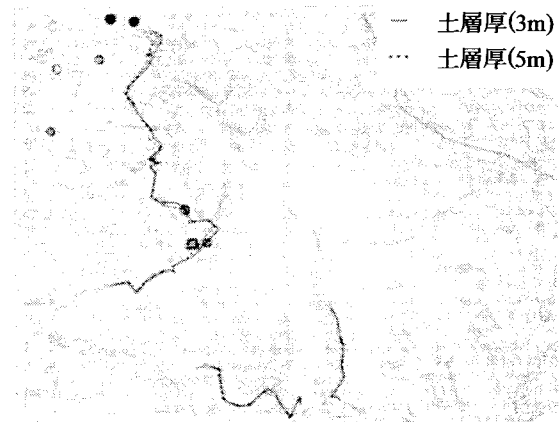


図-5 清水寺周辺の到達範囲