東山一帯における文化財の土砂災害危険度分布に関する一考察

立命館大学大学院	学生員	Kaushal Raj Sharma*	立命館大学理工学部	正会員	江頭進治
立命館大学理工学部	正会員	伊藤隆郭*	立命館大学理工学部	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オーダから2オー ダ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。

<u>3.崩壊土砂の到達距離の分布</u>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、次式のようである²⁾。

$$v'\frac{dv'}{dx'} = -av'^2 + b \tag{1}$$

式(1)は解析的に解くことが可能で、その解は次式のようである。

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

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



* 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 Phone. 077-561-2732



図-1 京都盆地における文化財分布



図-2 京都市の年間最大2日雨量の時系列



FAX 077-561-2667





図-5 清水寺周辺の到達範囲

移動距離、h:平均崩壊深さ、v₀':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、次式のようである.

$$a = \frac{2f_b}{(\sigma/\rho - 1)c + 1}$$
(3), $b = \cos\theta \left\{ \tan\theta - \frac{(\sigma/\rho - 1)c \tan\phi_s}{(\sigma/\rho - 1)c + 1} \right\}$ (4)
$$f_b = \frac{25}{4} \left\{ k_f \frac{(1-c)^{5/3}}{c^{2/3}} + k_d \frac{\sigma}{\rho} (1-e^2) c^{1/3} \right\} \left(\frac{h}{d} \right)^{-2}$$
(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 :土砂の内部摩擦角、e: 土砂の反発係数である。ここでは、d=0.2m、 $\phi_s=38$ °、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、豪雨に伴う比較的規模の大きい 崩壊を対象とするため、崩土厚 hを 3m、5m として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様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.**あわりに** 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。

<u>参考文献</u> 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。