

広島大学大学院 学生会員 ○藤本 典子
 広島大学大学院 正会員 加納 誠二

1. 目的

2001年3月24日に、マグニチュード Mj6.7 の芸予地震が発生した、この地震による被害の特徴として斜面被害が多く発生し、Fig.1 に示すように呉市においては石積み擁壁の被害が多くみられた。そのため、石積み擁壁の被害の軽減を目的とするハザードマップの作成が現在重要視されているが、ハザードマップの作成に必要な地震動の規模と石積み擁壁の被害率の関係はまだ明らかでない。

そこで本研究では、地震動の規模と石積み擁壁の被害率の関係を明らかにするため、地震直後に現地調査を行った呉市の6尾根を対象に再度調査を行い、石積み擁壁の高さに着目した加速度と被害率の関係を表す脆弱性カーブを作成する。この脆弱性カーブを用いて石積み擁壁の被害予測シミュレータを作成し、GIS と結合して被害予測を可能とすることを目的としている。

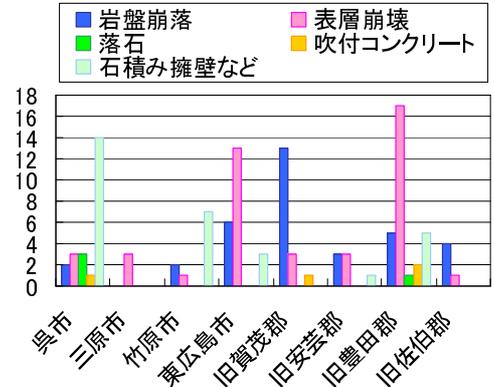


Fig.1 斜面災害の地域分布

2. 研究方法

H13年芸予地震時に得られた現地被害調査結果を基に、呉市の対象尾根6つの再現地調査を行う。調査結果とH13年度の調査結果を比較し、各家屋の状況の変化を調べ、それを考慮した脆弱性カーブを作成する。その際、石積み擁壁の高さを、0~3m, 3~6m, 6~9mの3段階に分けた。脆弱性カーブ¹⁾は、式(1)で示す2変数の対数正規分布の形で被災確率で示した。

$$F(a) = \phi[\ln(a/c)/\xi] \dots \dots \dots (1)$$

ここで、F(a)は加速度αにおける被災確率を示している。cとξはパラメータであり、被災事例(x₁=1)と無被災事例(x₁=0)に対し、式(2)に示す尤度関数を最大化する条件から得られる。

$$L = \prod_{i=1}^N [F(a_i)]^{x_i} [1 - F(a_i)]^{1-x_i} \dots \dots \dots (2)$$

本研究では加速度αは弾性FEM解析²⁾の結果を用いた。ここでcとξを変化させた場合、脆弱性カーブが交わったりしたため、本研究ではξ=0.30として、cを変化させて検討した。

さらに、入力地震動から尾根天端の応答加速度を解析的に求め、脆弱性カーブをもとに被害率を算出することとした。その際、尾根変形形状をSin波で近似し、尾根を4分割した際のそれぞれの高さの応答加速度を天端の応答加速度から算出して用いた。

3. 研究結果

H19年と13年の現地調査結果、全石積み擁壁の件数、被害別の件数についてTable1.に示す。ここで、Lv3は家屋解体、Lv2は石積み擁壁の崩壊、Lv1は石積み擁壁の亀裂が発生したことを示す。この調査では、Lv3とLv2やLv2とLv1など、同時に同じ場所で発生した場合Lvの高い方のみを被害と考え、Lvの小さい方は数に加えていない。この表より、ほとんどの尾根において被害件数がH13年よりもH19年現在の方が増えていることがわかる。増加率を見ると東愛宕のLv3については10倍である。

本研究では、加速度50gal毎に被害率を算出し、応答加速度750gal以上で石積み擁壁が少なくとも4擁壁

以上あるものを用いて fragility curves を作成した。その内、H13 年度と H19 年度調査時データの Lv3 を Fig.2, Fig.3 に示す。この結果より、H19 年の方が石積み擁壁の高さ毎の被害率の差が顕著に現れている。これは地震直後のデータでは被害が把握しきれず、被害の有無や家屋解体軒数などがその後増える可能性もあるためだと考えられる。

c と ξ を Lv 毎に比較すると、Lv3 だけのときよりも Lv3+2+1 の方が c の値が小さくなる傾向であった。Fig.4 より c は Lv1 を加えた方が右下がりの直線となった。また、H13 年に比べ H19 年の方が石積み擁壁の高さごとに変化をもたらしているということが顕著にわかる結果となった。以上より、地震直後のデータでは隠れた被害などを見つけることが難しく、少し時間が経過した時点の被害データを用いた方がハザードマップの作成には向いていると思われる。

被害シミュレータの概念図を、Fig.5 に示す。被害シミュレータでは、GIS と結合し、メッシュごとの高さや Vs のデータを基に、入力地震動から応答加速度を算出し、上で求めた fragility curves から応答加速度から石積み擁壁の高さごとの被害率を算出する。ここでは、尾根高さを 4 分割し、尾根の変形形状を 1/4 波長の sin 波として近似できるとし、尾根稜線の応答加速度から高さごとの加速度を計算できるようにしている。したがって、メッシュごとの尾根高さ、Vs、石積み擁壁の高さごとの数などのデータを蓄積しておけば、被害シミュレータを用いてハザードマップの作成が可能となる。

4. 結論

H13 年と H19 年の調査結果を比較すると、H13 年に比べ H19 年の方が家屋解体軒数が多いなど被害数が増えているため、fragility curves の作成において被害の経年変化を考慮する必要がある。fragility curves から、各石積み擁壁の高さ毎の被害率の差が表されており、石積み擁壁の高さと被害率が関係することがわかる。

参考文献

- (1) 一井康二：日本地盤工学シンポジウム論文集，11 巻，pp. 2371～2376 2002
- (2) 木村綾子：平成 13 年芸予地震時の尾根部での地盤応答と石積み擁壁の被害の関係

Table1. 尾根別の調査結果

*:計算不能

尾根名		両城	東愛宕	西三津田	江原	西辰川	内神
H19年	石積み擁壁の件数	89	70	64	30	44	107
	Lv.3	17	20	31	3	0	26
	Lv.2	1	3	1	0	3	7
H13年	Lv.3	17	19	28	5	8	31
	Lv.2	10	2	14	3	0	0
	Lv.1	1	3	1	0	3	7
増加率(倍)	Lv.3	1.7	10	2.2	1	-	*
	Lv.2	1	1	1	-	1	1
	Lv.1	1.5	2.4	1.3	1.3	1	1.3

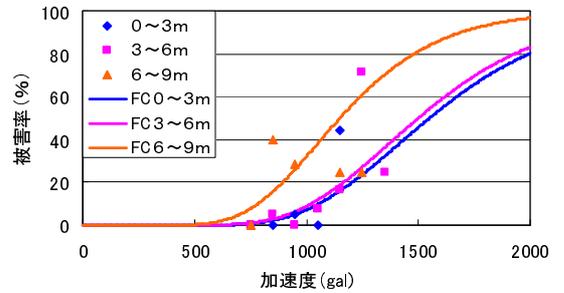


Fig.2 H13 年の fragility curves

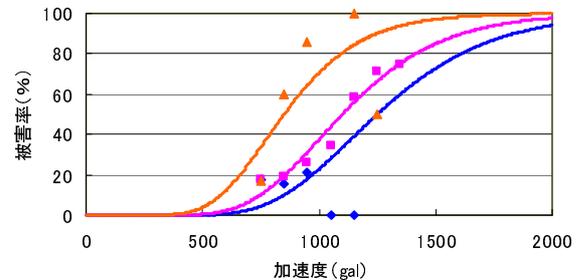


Fig.3 H19 年の fragility curves

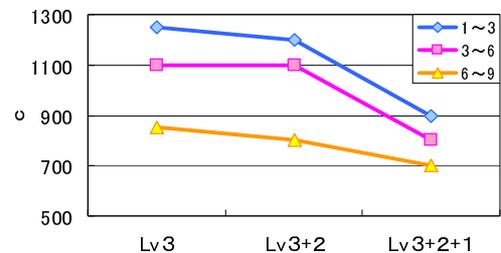


Fig.4 ξ を固定した H19 年 c と Lv の関係

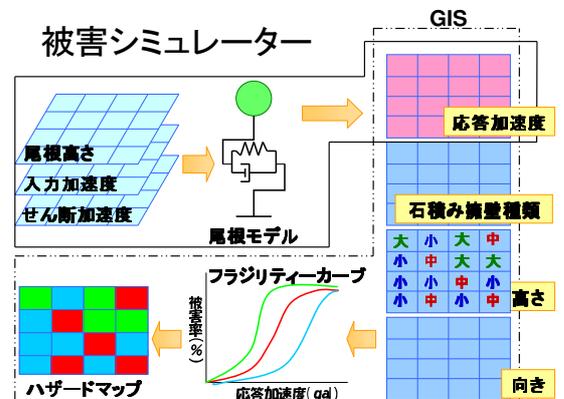


Fig.5 被害シミュレータの概念図