

PP-band 工法による不整形石積み組積造の耐震化に関する実験的研究

東京大学大学院 学生会員 櫻井 光太郎

東京大学生産技術研究所 正会員 Navaratnarajha Sathiparan

東京大学生産技術研究所 正会員 沼田 宗純

東京大学生産技術研究所 正会員○目黒 公郎

1. はじめに

レンガや石などを積み上げて建設する組積造住宅は地震に対して非常に脆弱であるが、今日においても途上国を中心に世界中で建設されている構造形式である。世界的な視点から地震防災を考えた場合、組積造住宅の耐震補強が最重要課題であることは疑いがない。しかし、技術的な課題や経済的な問題などから、組積造住宅の耐震補強はほとんど普及していない。これらの現状を踏まえ、目黒ら¹⁾はPP-bandと呼ばれる通常は荷造りに使われるポリプロピレン製の紐を用いた組積造住宅の耐震補強法（PP-band工法）を開発した。PP-band工法とは、メッシュ状に組んだPP-bandで組積造の壁を内外から包み込むことで壁に一体性を与え、組積造住宅の倒壊を防ぐものである。目黒ら²⁾はPP-band工法によって日干しレンガ（アドベ）組積造と焼きレンガ組積造の耐震性能が大幅に向上することを確認している。しかし、組積造の種類は多種多様であり、レンガを材料とした組積造の他にも、石を材料とした石積み組積造住宅が建設されているし、一階建てだけではなく、二階建てのものも建設されている。

以上の背景を踏まえ、本研究では、PP-band工法の石積み組積造への適応可能性を検証するため、これらのモデルを用いた振動台実験を行なった。

2. モデルの概要と入力振動

途上国で建設されている不整形石積み組積造を1/4スケールでモデル化した住宅モデルを用いて振動台実験を行なった。モデルの概要を図1と表1に示す。また、図2にはPPバンド補強した不整形石積み組積造住宅を示す。なお、モデル建設の材料には、35mmから60mm程度の大きさの石が混ざった2号～4号混合砕石を使用し、これをモルタルで接合して建設した（図3）。モルタルはセメント、石灰、砂、水を重量比で1.0：7.3：19：6.7の割合で配合してつくった。セメント・水比（C/W）は0.15で

ある。さらに、モデルを途上国で実際に建設されている不整形石積み組積造に近付けるため、砕石の間に10mm程度の大きさの砂利を詰めた。なお、実験実施時のモデルの材齢は28日であり、PP-band補強モデルのPP-bandメッシュのピッチは40mmである。

次に、振動台に入力した振動外力を表2に示す。表内の数字の順に従って入力を加えたが、この数字が大きくなるにつれて揺れが強くなるように設定してある。

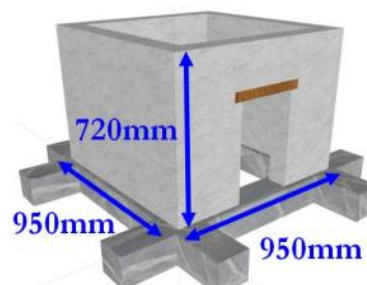


図1 振動台実験を行なった石積み組積造住宅モデル

表1 不整形石積み組積造モデルの詳細

ドアの寸法	290mm×480mm
窓の寸法	240mm×370mm
壁の厚み	100mm
表面上塗りの厚さ	約10mm
モデルの重量	約500Kg

図2 振動台実験を行なった石積み組積造住宅
（PPバンド補強した住宅）



図3 建設材料の混合砕石と砂利

表 2 入力振動

最大加速度	振動数							
	2Hz	5Hz	10Hz	15Hz	20Hz	25Hz	30Hz	35Hz
1.4g		50						
1.2g	54	49						
1.0g		48						
0.8g	53	47	43	40	37	34	31	28
0.6g	52	45	42	39	36	33	30	27
0.4g	51	44	41	38	35	32	29	26
0.2g	46	25	24	23	22	21	20	19
0.1g	18	17	16	15	14	13	12	11
0.05g	10	09	08	07	06	05	04	03
sweep	01, 02							
気象庁震度	震度4以下		震度5弱		震度5強			
	震度6弱		震度6強		震度7			

3. 実験結果

石積み組積造モデルの実験結果について説明する。最初のクラックが生じたのは Run28, 補強モデルが Run30 である。その後、無補強モデルは Run45 において深刻なダメージが生じ、Run48 で倒壊した (図 4)。一方、補強モデルは Run51 においても倒壊せず、一体を保った。また、Run52 において大きな変形が発生したが、脆性的な倒壊は免れた (図 5)。Run48 と Run52 の入力振動を比較すると、補強モデルは無補強モデルが倒壊した際の入力速度の 1.5 倍の入力速度と 3.8 倍の入力変位に耐えた。

図 6 は実験モデルの耐震性能を入力振動から算出した arias intensity によって表現したものであるが、補強モデルは無補強モデルに比べて相当に大きな地震動エネルギーが加えられたことがわかる。

4. 結論

PP-band 工法が不整形石積み組積造に適用可能であることと、それらの耐震性能が大きく向上することがわかった。

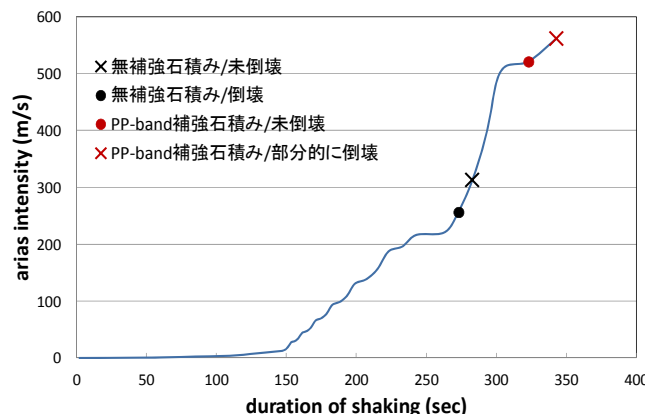
図 4 Run48 後の石積み組積造モデル
(左：無補強モデル 右：補強モデル)図 5 Run52 (左)・Run53 (右) 後の
石積み組積造補強モデル

図 6 arias intensity による耐震性能の比較

参考文献

- 1) Paola MAYORCA and Kimiro MEGURO:
“Proposal of An Efficient Technique for Retrofitting Unreinforced Masonry Dwellings”, Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver B.C., Canada, Paper No.2431. 2004.
- 2) Navaratnarajah SATHIPARAN, Paola MAYORCA and Kimiro MEGURO: “Shaking Table Test of Timber Masonry House Models Retrofitted by PP-band Meshes”, Proceedings of 7th International symposium on new technologies for urban safety of mega cities in Asia, Beijing, China, 2008.
(CD-ROM).