

### はじめに

世界人口の約6割の人々が利用している組積造住宅は、レンガや石などを積み上げて造る構造で、地震に対して非常に脆弱である。しかし組積造住宅は地震多発地域に広く建設されており、世界の地震による犠牲者の多くは組積造住宅の崩壊によるものである。このような状況を踏まえ、目黒らは世界中で手に入る安価な材料（PPバンド荷造紐）を用いた簡単な耐震補強法とその普及策を提案している。これまでにPPバンド工法による耐震補強効果を確認しているものの、組積造は多種多様であり未検証な点も少なくない。このため様々なパターンの挙動を容易に検証できるツールの構築が求められている。そこで本研究では、組積造住宅の地震時の挙動を精度良く表現する数値解析手法の構築を行った。

### 概要

本研究では、三次元応用要素法（3D-AEM）を用いて組積造建物の耐震補強効果検証のための数値解析手法の構築を行う。3D-AEMとは対象構造物を矩形の有限個の要素に分割し、その要素同士を接線方向とせん断方向の二種類のバネで接続し、そのバネを介して周囲の要素と力のやり取りを行う手法である。組積造建物はレンガとモルタルの2つの材料から構成されるため、レンガ内部とモルタル表面の2つのタイプのバネでモデル化する（図-1）。

#### 組積造とPPバンドメッシュのモデル化

組積造の材料構成則には、Gambarotta L.によって提案されているモデルを適用する。このモデルは繰り返し荷重下での組積造の複雑な非線形挙動を少ないパラメータで合理的に表現する事が可能である。PPバンドメッシュは梁要素でモデル化した。材料特性としては引張側を線形弾性とし、圧縮側は力を受け持たないものとする。

#### 動的解析手法構築のための工夫

本研究では動的解析手法構築の際、時間積分手法にニューマークβ法を拡張したHHT法（Hilber-Hughes-Taylor method）を用いる。この手法は組積造のレンガとモルタルのように構造物に大きな剛性差がある場合に生じる高次モードの卓越を抑制し、安定的な数値解を得るのに有効な手法である。

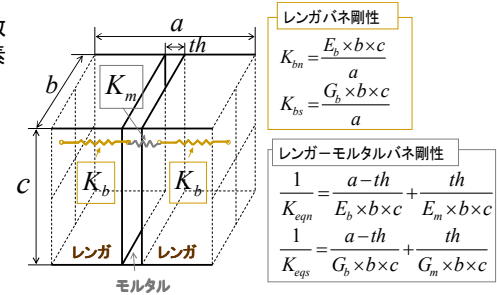
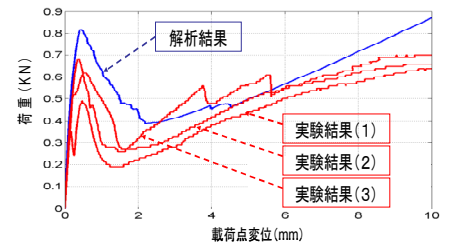
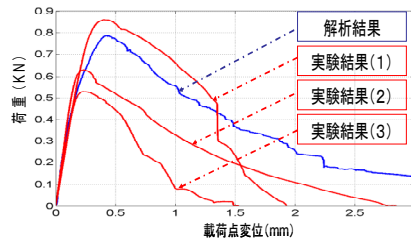


図-1 レンガ-モルタルバネの概念

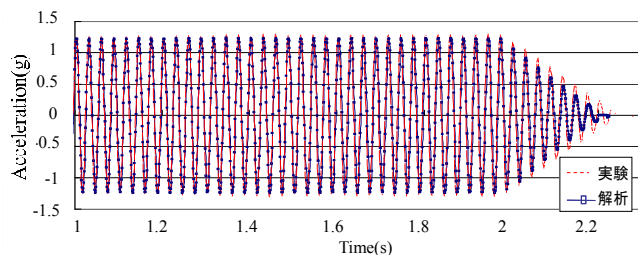
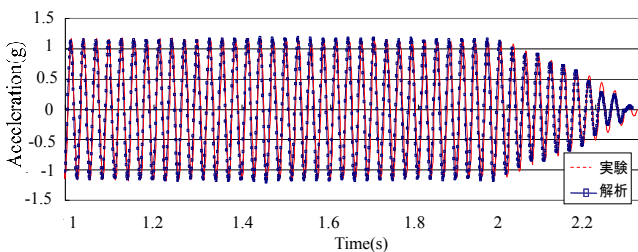
### 静的解析の結果

Sathiparan(2005)らによって行われた組積造面外方向壁の荷重実験を基に、実験結果と解析結果を比較し、構築した数値解析手法の静的解析への適応性を検証する。供試体寸法は475x235x50mmでPPバンドメッシュは幅6mm、厚さ0.32mm、ピッチ40mmである。図-2と図-3に無補強とPPバンド補強供試体の実験と数値解析から得られた荷重-変位関係を示す。実験結果と数値解析結果を比較すると、無補強・PPバンド補強ともに、数値解析で実験結果がよく再現されていることがわかる。



### 動的解析の結果

Sathiparan(2005)らによって行われた1/4スケールモデルを用いた振動台による実験と解析結果を比較し、構築した数値解析手法の動的解析への適応性を検証する。具体的には、無補強・PPバンド補強の両ケースについて、実験と解析の加速度応答とクラックの分布特性を比較する。図-4と図-5に両ケースにおける時間-加速度関係を示す。応答性状、応答値、周期のいずれもよく一致している。図-6のクラックパターンの比較を見ると、無補強、PPバンド補強の両ケースでクラックパターンが非常によく一致しており、クラックの進展も精度良く捉えていることがわかる。



	供試体		結果の比較	
	実験供試体 Sathiparan(2005)	解析モデル	実験クラック パターン	解析クラック パターン
無補強				
PPバンド補強				

図-6 実験と解析の比較

PPバンドメッシュ：幅6mm、厚さ0.24mm、メッシュピッチ40mm

### おわりに

組積造住宅の耐震補強の効果、簡便に精度よく検証できる数値解析手法の構築を行い、その妥当性を検証できた。今後は数値解析手法のさらなる精度の向上と、それらを用いた設計ガイドラインを提案を目指す。