

RCIW 構造において材料の不均質性が固有周期に与える影響

愛媛大学大学院 学生会員 ○三島 和紀
愛媛大学大学院 正会員 大賀 水田生
愛媛大学大学院 正会員 全 邦釘

1. 背景

世界の先進国における住宅は、鉄筋コンクリート造等の近代技術を用いた構造となっているが、開発途上国では、アドベや日干しレンガなどの部材を積み上げて住宅を建築する組積造構造物が多く存在する。また、開発途上国では建築部材に用いる材料が地域により異なり、品質がばらついている。そのため十分な耐震性能を有しておらず、地震の際に甚大な被害を被っている。そこで、本研究では、組積造構造物の耐震化を図る上での基礎的研究として、建築材料の不均質性を考慮した組積造構造物の固有値解析を行い、材質の不均質性が構造物の固有周期にどのような影響を与えるか調査した。

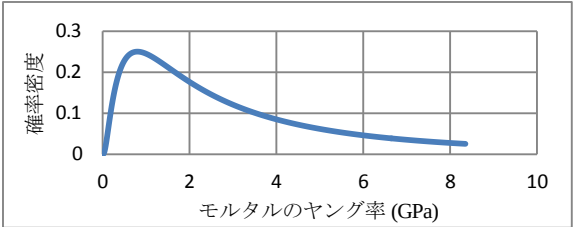


図 2.2 モルタルのヤング率分布

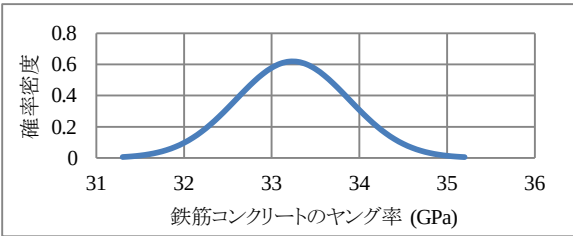


図 2.3 鉄筋コンクリートのヤング率分布

2. 材料特性

本研究では、平成 27 年 10 月 30 日から 5 日間、ネパールにて実地調査を実施した。調査では組積造構造物を構成する鉄筋コンクリート、レンガ、モルタルの圧縮強度をシュミットハンマーとペネトロメーターを用いて計測した。その計測結果をヤング率に換算し、材料特性として解析に使用する。その値を表 2.1 に示す。また、本研究では、解析において、各部材の材質に不均質性を持たせるために、レンガとモルタルに関しては、対数正規分布¹⁾、鉄筋コンクリートは正規分布を用いて、これらの分布に従う乱数を各部材のヤング率として解析モデルに利用した。図 2.1、図 2.2、図 2.3 に各部材のヤング率分布を示す。

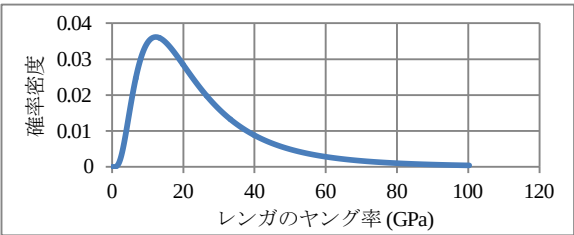


図 2.1 レンガのヤング率分布

表 2.1 ヤング率(換算値)

	鉄筋 コンクリート	レンガ	モルタル
平均値 (GPa)	33.33	26.76	5.52
標準偏差 (GPa)	0.57	26.14	11.41
変動係数	0.017	0.977	2.065

3. 有限要素法を用いた固有値解析

本研究の有限要素解析においては、商用有限要素パッケージ Abaqus/Standard を使用した。解析では、現調査の対象とした組積造構造物を参考に Abaqus 上でモデル化した。解析モデルの例として図 3.1 に 4 階建てモデルを示す。このモデルの場合、節点総数 150656、要素総数 110236 である。また、全てのモデルにおいて、境界条件はコンクリート柱の下底部を完全固定とした。ネパールでの現地計測により得られた固有周期と解析により得られた固有周期の結果を比較すると、実測値と解析値に約 0.60(s)の差が生じた。その理由として、解析では健全時の構造物

をモデル化しているのに対して、現地計測では地震後の損傷した状態であったためであると考えられる。

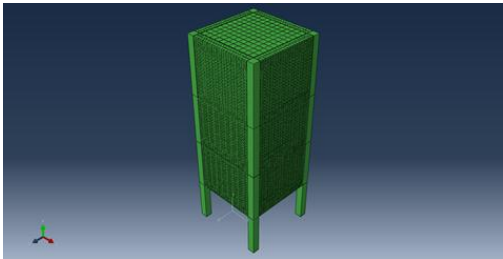


図 3.1 解析モデル例(4 階建て)

4. 解析条件に変化を加えた固有値解析

本研究では、レンガとモルタルのヤング率は対数正規分布に、鉄筋コンクリートのヤング率は正規分布に従うと仮定し、その分布に従う乱数を多数発生させることにより、建物を構成する各部材のヤング率にばらつきを与えた。それにより、材質が不均質な状態のモデルを再現し解析を行った。解析の際、構造物の階数、壁厚、アスペクト比をそれぞれ、階数は 2 階建てから 6 階建てまで、壁厚は 2 倍、アスペクト比は 1 : 2 に変化させた。今回は、どの構造形式においても解析結果に同様な傾向が見られたため、例として、階数だけを変化させた場合の解析結果を図 4.1 に示す。ここで、図中の不均質モデルとは、各部材のヤング率にばらつきを持ったモデルの解析結果を意味しており、階数ごとに固有周期がどのように変化するかを示している。また、均質モデルとは、ばらつきを持った各部材のヤング率から平均値を算出し、その平均値を各部材のヤング率に一樣に用いたモデルの解析結果である。次いで、図中の 90% 予測区間とは、90% の確率で、解析結果の固有周期の値があると考えられる区間のことを表している。各階、各構造における 90% 予測区間の幅と、不均質モデルと均質モデルの固有周期の変化率を表 4.1 に示す。図 4.1 と表 4.1 より、不均質モデルの場合、固有周期の階数ごとの 90% 予測区間幅は、どの解析条件においてもそれぞれほぼ一定である。つまり、固有周期が大きくなる高層構造物では材料のばらつきによる影響が小さくなるが、低層構造物では影響が大きくなる。そのため、建築材料に不均質な部材を用いる場合、構造設計の際に低層構造物で特に材料の不均質性を考慮する必要がある。また、ど

の階数においても均質モデルと不均質モデルの固有周期に 20% 以上の差があることから、均質モデルの固有周期を構造設計に用いる場合、低層、高層のどちらの構造物においても材料の不均質性を考慮する必要がある。

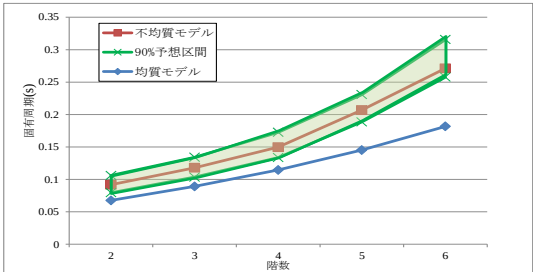


図 4.1 固有周期と階数との関係

表 4.1 90% 予測区間の幅と変化率(%)

固有周期(s)の 90% 予測区間の幅					
解析条件	2 階建て	3 階建て	4 階建て	5 階建て	6 階建て
階数変化	0.027	0.031	0.039	0.042	0.058
壁厚変化	0.013	0.011	0.015	0.018	0.015
アスペクト比変化	0.023	0.026	0.028	0.035	0.031
固有周期の変化率(%)					
解析条件	2 階建て	3 階建て	4 階建て	5 階建て	6 階建て
階数変化	35.72	32.25	30.74	42.49	49.27
壁厚変化	29.84	29.27	24.19	50.67	52.22
アスペクト比変化	35.77	30.75	28.2	25.11	22.56

5. 結言

本研究で得られた主な結果を以下に示す。

- (1) 90% 予想区間幅が全ての階数の解析において、ほぼ一定であったことから、低層構造物は高層構造物よりも材料の不均質性の影響を受けるため、特に不均質性を考慮した構造設計をする必要がある。
- (2) 今回解析したどの構造形式においても、材料を均質と仮定した場合、不均質な場合と比べ 20% 以上固有周期が短くなったため、本研究の構造形式と同等の構造の設計をする際に、材料の不均質性を考慮する必要がある。

参考文献

- (1) 松原望，縄田和満，中井検裕：統計学入門 東京大学教養学部統計学教室編，1998。