

発展途上国におけるレンガ造構造物の時刻歴応答解析による耐震性の検討

東北学院大学 学生会員 ○入間川 亮
 東北学院大学 非会員 盛 博嗣
 東北学院大学 正会員 李 相勲

1. はじめに

昔から数多くの地震が発生し、その都度耐震技術を向上してきた日本ではその技術を適用できる技術者や材料、設備などが揃えているのに対し、インドネシアなどの発展途上国は、住宅を建設するための環境が非常に乏しく、入手可能な限られた材料、技術を用いなければならない。しかし、現場では材料や施工管理の品質は保証できず、日本と同じく地震が多いにも関わらず地震に対して安全な構造物を造る技術が皆無に近い。

本研究では、有限要素解析汎用プログラムを用いて、現地で用いられているレンガ造住宅に対して耐震性能を検討することで低レベルの材料や技術による安全な構造物造りに寄与することが目的である。

2. 時刻歴応答解析と入力地震動

本検討では、有限要素解析プログラム midasFEA を用いた。その解析対象として屋根付住宅を想定し、屋根を集中荷重として載荷するもの(図1)と、実際に屋根部材を住宅に載せたもの(図2)の2通りで解析を行い、それぞれ同様の地震波を与え時刻歴応答解析をした。その内容は、構造物を質量・ばね・減衰でモデル化し、時間とともに変化する地動加速度を慣性力として全質点に与え、構造物の各位における変位、応力、加速度を求めた。入力地震動として土木学会の「レベル2地震動内陸型」を使用した。この地震動は「きわめて稀であるが非常に強い地震動」と定義され、具体的なイメージとして「マグニチュード7クラスの内陸地震による震源断層近傍の地震動」と「陸地近傍で発生する大規模なプレート境界地震による震源域の地震動」と示されている。¹⁾

3. 発展途上国の一般住宅に対する時刻歴応答解析

3.1 解析対象

本研究では、実際にインドネシアで設計された、鉄筋が多くモルタルを用いていない(今回は表2に示す

要素をレンガ間に入れることでモルタル無しの状態を代替する)住宅モデル①と、インドで設計された、鉄筋が少なくレンガ間にモルタルを用いている住宅②と、これらの2モデルに上部をコンクリート梁(図3)で補強したモデル③④とモデル④から鉄筋を除いたモデル⑤の計5種のモデルを作成し解析した。(表1)

破壊検討対象のレンガ・モルタル・モルタル無のレンガ間要素におけるヤング係数 E ・引張強度 f_t ・圧縮強度 f_c の設定については表2に示すとおりである。

表1 住宅モデル5種のパターン

	①	②	③	④	⑤
モルタル	無	有	無	有	有
鉄筋	多	少	多	少	無
コンクリート梁	無	無	有	有	有

表2 材料のプロパティ

	レンガ	モルタル有	モルタル無
$E[N/mm^2]$	5000.00	5000.00	1666.67
$f_t[N/mm^2]$	0.10	0.10	0.01
$f_c[N/mm^2]$	20	20	20

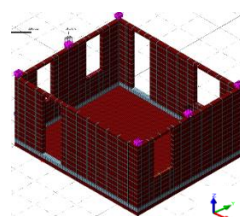


図1 集中荷重

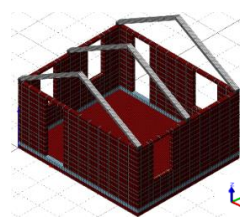


図2 屋根部材

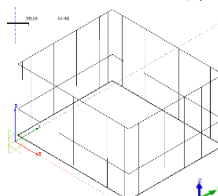


図3 鉄筋少ない

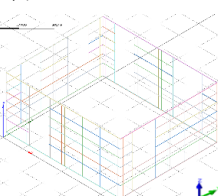


図4 鉄筋多い

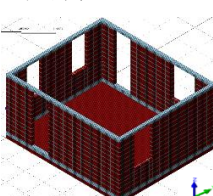


図5 コンクリート梁

キーワード：有限要素解析 レンガ造構造物 時刻歴応答解析 インド インドネシア

連絡先：〒986-8537 多賀城市中央 1-13-1

東北学院大学環境建設工学科 TEL022-368-7213

3.2 解析結果

2通りの屋根荷重の与え方で解析を行ったが、いずれも同様の傾向を示す結果が得られた為、今回は屋根部材を載せた解析(図2)の結果について検討する。

まず、表3のX軸方向最大変位を見ると、コンクリート梁補強が無いモデル①,②では0.5mm前後の変位を観測しているのに対し、コンクリート梁補強をしたモデル③,④,⑤では変位が約半分の0.25mm前後で抑えられている。しかしながら、モデル③ではY・Z方向の応力が設定した引張強度を大きく超えており、必ずしもコンクリート梁で補強しただけでは高い耐震性が得られるとは限らないことが分かる。

このことから、今回の研究では目地用モルタルの引張強度と解析で得られたY・Z軸方向応力を比較し、耐震性検討を行った。(なお、レンガとモルタルの圧縮強度よりも解析で得られたY・Z軸方向応力が超えることは無かった為、圧縮に対する検討は行わないものとする。) 検討を行った結果、モデル①, ②, ③の場合のみ最大応力が引張強度を上回った為、図6から図8にモデル①,②,③それぞれのY・Z軸方向のひび割れ図を示す。

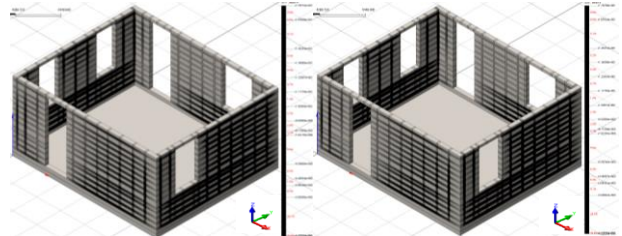
図6-Y,6-Z,8-Y,8-Zよりモルタルが無いモデル①,③の目地用モルタル部に大きく亀裂がみられる。モデル③に関しては上部をコンクリート梁で補強しているものの、壁全体にわたって亀裂が生じている。このことからモデル①と③はレベル2地震動内陸型程度の地震への耐震性は比較的低いことが分かる。

一方、モルタルを用いたが、コンクリート梁が無いモデル②の図7-Yを見ると、屋根の載荷位置と窓枠上部のレンガとモルタルにひび割れが確認できる。これは、屋根の荷重が垂直方向にかかったうえ、地震動を受けたことで、屋根の載荷位置と細い窓枠上部に、Y軸方向に引張力が作用し、損傷したと推測できる。さらに図7-Zを見ると、屋根の載荷位置に、引張力による微小な損傷が確認でき、地震により正のZ軸方向への慣性力が屋根に作用しひび割れが発生したと推測できる。住宅自体には大きな損壊はないものの、部分的な破壊が発生する可能性が考えられる。

モルタルとコンクリート梁両方を用いたモデル④⑤は変位、応力ともに小さいが、これらの結果に大きな差は無かった為必ずしも高尾の構造物での鉄筋の使用が耐震性を向上させるとは言えない。

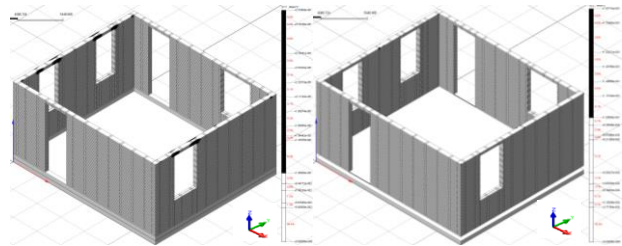
表3 変位とX・Y軸方向応力の最大値

	δ_{xmax} [mm]	σ_{ymax} [N/mm ²]	σ_{zmax} [N/mm ²]
①	0.507630	17.874400	17.879900
②	0.473458	0.337909	0.187718
③	0.255951	34.0980000	34.0969000
④	0.257290	0.0829974	0.0877574
⑤	0.248106	0.0884782	0.0915244



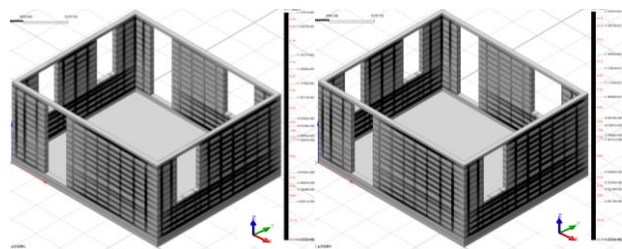
モデル①：図6-Y

図6-Z



モデル②：図7-Y

図7-Z



モデル③：図8-Y

図8-Z

4 結論

- 1)目地用モルタルが無いモデル①,③は、耐震性が比較的低い。壁上部をコンクリート梁で補強した場合においても、壁の広範囲にわたって亀裂が生じる。
- 2) モルタルを用いたモデル②より、窓枠上部と、屋根荷重載荷位置において亀裂が生じる結果となった。
- 3)モルタルと補強用コンクリート梁を用いたモデル④,⑤は変位、応力ともに抑えられている。但し、鉄筋を全く使用していないモデル⑤の結果から、垂直方向に入っている連結用鉄筋は耐震性の効果は期待できないことが分かった。

参考文献

- 1) 動的解析と耐震設計、第1巻地震動・動的物性：著者 土木学会