

## ネパール カトマンズ盆地における地震ハザードリスク評価に関する研究

愛媛大学大学院 (学生) ○村上雄亮

愛媛大学大学院理工学研究科 (正) 矢田部龍一

愛媛大学大学院理工学研究科 (正) N. P. Bhandary

愛媛大学大学院理工学研究科 (非) 松本 美紀

## 1 カトマンズ盆地の現状と研究目的

カトマンズ盆地において大きな地震災害が発生する。カトマンズ盆地とは、ネパールの首都であるカトマンズにあり、ヒマラヤ山脈に抱かれた標高約 1300m にある盆地のことである。その大きな地震災害は、カトマンズ盆地においていつ発生するかまでは言い切れない。しかし、ネパールのマグニチュード 8 以上の地震発生頻度は 81 年に 1 度の頻度で発生しているため、1934 年にマグニチュード 8.4 の地震がネパールを襲ったことを考えると、かなり切迫したものであることがわかる。そのため、対策や綿密な計画を立てることが重要となってくる。

切迫した地震に対しての評価はハザード中心ではなく、リスク中心で行われることが重要だと考えられる。ハザードとリスクは、区別せず危険性や有害性と日本語に訳されて使われることが多いが、実は全然違う概念である。地震ハザードリスクとは、地震が起こると自然環境に作用し、液状化や斜面崩壊などが発生することを地震ハザードという。またそれらが社会環境に作用することにより、人的被害や構造物被害などが発生することを地震リスクという。この地震リスク評価に関して検討を行うということが本研究の目的である。

## 2 調査の概要

カトマンズ盆地内の建物を対象にアンケート調査を現地で行い、特定の地域の建築物に住む人に回答してもらうものとする。現地でのアンケート調査により、特定の地域の人々を対象とし、地震に関するデータを収集する。調査で得られたデータを割合で表すことにより、調査結果を明らかにする。また、得られたデータに基づいて、検定により集団間に違いがあるか検証する。統計解析である一元配置分散分析を行った。本研究では、検定結果で示された有意確率が 5% 以下であれば、検定に用いたデータ項目間に有意差があるとする。それらを調査結果とする。

調査概要は建築物に関する内容で、建築目的、築年数、建築構造、建築物の地震に対する予想、建築物の強度調査である。住民の地震に対する意識調査では、1934 年の地震の認知、地震被害への関心、避難経路の認知である。対象地域は、カトマンズ盆地内の比較的古い街並みの家が密集する YATAKHA TOLE、比較的新しい街並みが密集する MINBHAVAN であり、それぞれ 117、110 件の調査を実施した。この 2 箇所の位置はカトマンズ内の図 1 に示す。この 2 箇所の選定理由は、建築物とそこに住む人の地震に対する意識の差を比較するためである。

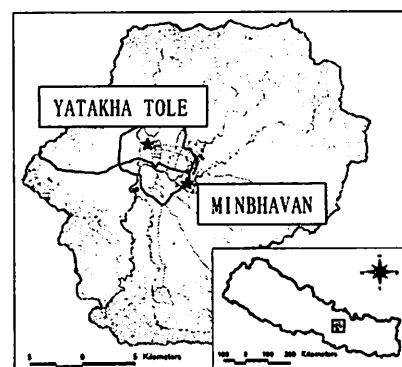


図1 調査対象地区

## 3 調査結果及び考察

今回得られた項目の代表的な結果例を図 2~4、表 1~5 に示す。図 2 の両地域の築年数より、YATAKHA TOLE の築年数を見ると 52% もの建物は 50 年以上経っていることがわかる。また、図 2 の建築物の地震に対する予想(両合計)では、42% もの人々が自らの建物を多少の地震が来ても崩壊することはないと回答している。この両地域の築年数をまとめたものと、自分の家が大きい地震に対して安全だと思うか、危険だと思うかの予想結果(図 3)を一元配置分散分析した結果を表 1 に示す。建築構造(図 4)と建物の地震に対するの予想結果を

一元配置分散分析した結果を表2に示す。これらの結果より、10年以下の建物に住む人は30～100年の建物に住む人より安全だと思ふ傾向がある。また、R.C.frameの建物に住む人はAdobeの建物に住む人より安全だと思ふ傾向がある。そこで、FEMAの耐震強度に関する簡易評価法を用いて、表3に基づいて強度を算定した。今回用いたFEMAの簡易評価法は、アメリカで作られたものであり、ネパールでの適応性は妥当であるとは言えないが、このような発展途上国には他に評価できる基準がないため利用した。その結果、YATAKHA TOLEでは0.76、MINBHAVANでは0.97であり、基準強度である2を大きく下回る結果となった。基準強度2を越えたものは、227件中1件だけだった。MINBHAVANの建物は最近建てられ、より丈夫な構造であるという住人の認識からか建物の強度を過剰評価する傾向があるが、実際の強度はかなり低く、安全ではないということが今回の調査より明らかとなった。地震被害への関心は、以前の地震についての認知や避難場所の認知により左右されている。

#### 4 結論

発生頻度やプレートテクトニクスの観点からも考えても、ネパールでいつ大きな地震が発生しても不思議はない。その中で現存するネパールの建造物は、地震リスクの大きな源とされる。現在も未だ建築基準案が施行段階に到達しないことがさらに問題である。もちろん、ネパールが地震に強い都市づくりを何十年もかけて取り組むことは必要であるが、発展途上国であるなどの現状を考慮すると、今回述べた点からソフト面を強化することで、未然に防ぐことができるリスクを回避することが何より重要である。近いうちくるその地震リスクの評価の検討として、構造物被害を減少させるために、国が建築基準を定め施行へとつなげる必要がある。地震について知識を得ることが関心へと繋がることを利用し、人的被害を減少させなければならない。また、建造物が鉄筋コンクリート構造であったとしても今のネパールではかなり危険だと認識する必要がある。大地震の切迫性や耐震強度の低さを伝えるなどの対策をしなければならない。これらの重要性を伝える有効な方法をいかに構築するかが今後の課題といえる。

#### 参考文献

- ・ Netra Prakash Bhandary : Earthquake Hazard Risk of Valley and Protection of World Cultural Heritage Site of Nepal
- ・ Federal Emergency Management Agency (FEMA) : Rapid Visual Screaming of Buildings for Potential Seismic Hazards
- ・ Dr. Meen B. Poudyal Chhetri : Nepal Contry Report 1999
- ・ Japan International Cooperation Agency(JICA) : カトマンズ盆地地震防災対策計画 最終報告書

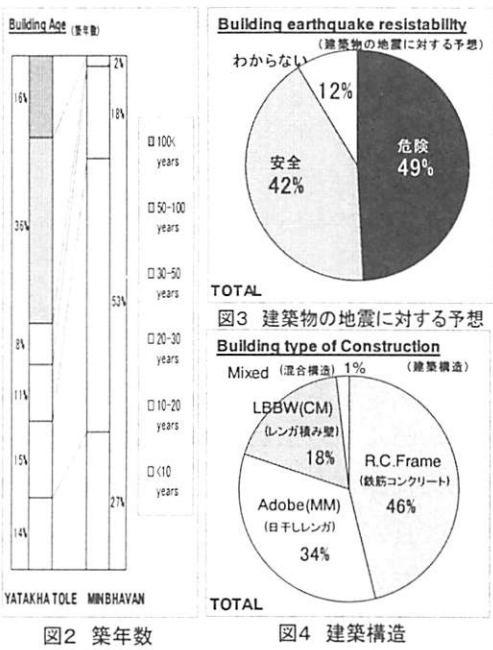


表1 建築物の地震に対する予想 に関する一元配置分散分析結果

| 建築物の地震に対する予想 |       |      |      |      |      |  |
|--------------|-------|------|------|------|------|--|
|              | 度数    | 平均値  | 標準偏差 | F値   | 有意確率 |  |
| 築年数 <10years | 44.00 | 1.43 | 0.66 | 3.95 | 0.02 |  |
| 10-20        | 76.00 | 1.58 | 0.62 |      |      |  |
| 20-30        | 33.00 | 1.67 | 0.65 |      |      |  |
| 30-50        | 11.00 | 1.91 | 0.30 |      |      |  |
| 50-100       | 40.00 | 1.93 | 0.47 |      |      |  |
| >100years    | 16.00 | 1.94 | 0.85 |      |      |  |

\* : 有意確率 <0.05  
 1 = 多少の大きな地震にも耐えられると思う  
 2 = 大きな地震には耐えられないと思う  
 3 = わからない

表2 建築物の地震に対する予想 に関する一元配置分散分析結果

| 建築物の地震に対する予想 |     |      |      |      |        |
|--------------|-----|------|------|------|--------|
|              | 度数  | 平均値  | 標準偏差 | F値   | 有意確率   |
| R.C.frame    | 103 | 1.50 | 0.64 | 7.75 | 0.0001 |
| LBBW         | 38  | 1.71 | 0.57 |      |        |
| Adobe        | 75  | 1.92 | 0.59 |      |        |
| Mixed        | 6   | 1.33 | 0.52 |      |        |

\* : 有意確率 <0.05  
 1 = 多少の大きな地震でも安全だと思う  
 2 = 大きな地震だと危険だと思う  
 3 = 検討がつかない

表3 耐震強度簡易算定法

| BUILDING TYPE          | C1<br>(Moment-resisting frame) | C2<br>(Shear wall) | C3<br>(Unreinforced masonry) | URM<br>(Unreinforced infill) |
|------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------------------|------------------------------|
| Basic Score            | 2.5                            | 1.6                | 1.6                          | 1.8                          |
| Mid Rise(4to7 stories) | -0.4                           | -0.4               | -0.2                         | 0                            |
| High Rise(>7 stories)  | -0.6                           | -0.8               | -0.3                         | N/A                          |
| Vertical Irregularity  | -1.5                           | -1.0               | -1.0                         | -1.0                         |
| Plan Irregularity      | -0.5                           | -0.5               | -0.5                         | -0.5                         |
| Pre-Code               | -1.2                           | -1.0               | -0.2                         | -0.2                         |
| Post-Benchmark         | +1.4                           | +2.4               | N/A                          | N/A                          |
| FINAL SCORE            |                                |                    |                              |                              |

表4 耐震強度に関する一元配置分散分析結果

| 耐震強度         |     |      |      |      |      |
|--------------|-----|------|------|------|------|
|              | 度数  | 平均値  | 標準偏差 | F値   | 有意確率 |
| YATAKHA TOLE | 115 | 0.76 | 0.58 | 3.96 | 0.02 |
| MINBHAVAN    | 111 | 0.97 | 0.62 |      |      |

表5 地震被害への関心 に関する一元配置分散分析結果

| 地震被害への関心 |     |      |      |      |      |
|----------|-----|------|------|------|------|
|          | 度数  | 平均値  | 標準偏差 | F値   | 有意確率 |
| 1934年の地震 | 182 | 2.76 | 0.99 | 4.79 | 0.03 |
| 知っている    | 47  | 3.15 | 1.37 |      |      |
| 知らない     | 31  | 3.35 | 1.25 |      |      |
| 避難場所の認知  | 198 | 2.76 | 1.04 | 8.24 | 0.04 |
| 知っている    | 31  | 3.35 | 1.25 |      |      |
| 知らない     | 31  | 3.35 | 1.25 |      |      |

1 = とても高い 2 = 高い 3 = どちらでもない 4 = 低い 5 = とても低い