

学園を単位とした地震防災（２）

－危険要素の抽出と評価の試み－

University-Specific Earthquake Protection Studies (2)

- Extraction and Assessment of Seismic Risk factors -

○中嶋 唯貴¹, 太田裕¹

Tadayoshi NAKASHIMA¹ and Yutaka OHTA¹

¹愛知淑徳大学大学院現代社会研究科

Graduate School of Modern Sociology, Aichi Shukutoku University

This study aims at extracting and assessing university-specific seismic risk factors. The seismic risk factors in a university are classified into two major groups. The first one is the risk to university's "hardware" facilities. The second one is the "software" risk inherent in university students and staffs. Examination of seismic performance disclosed that there are some buildings and facilities with low earthquake-proof. An evacuation simulation of thousands of students at and immediately after strong seismic shaking suggests some confusions at corridors and stairs to the outdoors. Most of university students and staffs can't get back home if public transports stops. But no preparedness to keep them in the campus area is taken into account yet.

Key Words: university-specific earthquake protection, seismic risk of University facilities, seismic risk of university students and staffs, early measure

1. はじめに

大学という組織下において、地震安全の観点からみた学生の位置付けはきわめて曖昧である。企業における従業員ほどには指令系統が明確になっているわけではないし、さりとて街中の不特定大衆では到底あり得ない。このような中間的位置付けにある学生の地震安全を考えることは学園（大学）の地震防災の一環としてきわめて重要である。筆者が所属する大学（愛知淑徳大学）を事例として、この問題を考えてみる。本学が立地する愛知県においては、近年、東海地震等の巨大地震の発生に伴い多大な被害発生が危惧されている。それにも拘わらず、現段階では多くの学生や教職員の安全を確保するための対策は、ほとんど進んでいない。地震防災においては、一般に予知対応型と発災（突発）対応型の二つがあるが、本論においては、発災（突発）対応型の地震による危険性の評価をおこなっていく。第一報¹⁾では、学園がもつ地震危険性の概要記述を行い、特に通学経路の危険性について検討した。本論は、本学を対象とし、大学という組織が抱えている、学園の内部の危険要素に対し、やや系統的に調査・検討を行った結果の報告である。

2. 実地震に伴う大学の代表的な被害

学園における被害は、多くの項目で同じような被害が発生している。そのため、被害の状況をまとめることにより、学園における被害の特徴を捕まえることができると思われる。学園における被害は大きく分けて、学園内固有のものと学園外の諸事象に大きく影響されるものの二つが考えられる。したがって、学園内の被害への配慮だけでは不十分であり、地震後における学園内の状況、特に学内に滞在する人数は、学園外の被害の影響をかなり受ける。このような背景を踏まえ、本研究においては、図1のように、学園防災における危険要素を5項目に分類する。学園内の設備や人々に対するハード、ソ

フト面の危険要素、学園外における学生の通学経路や地域の住民に対する危険要素、学校の運営に関する危険要素の5項目である。この5項目別に、1995年兵庫県南部地震に伴って発生した大学における被害を文献²⁾を参照に分類すると以下ようになる。

a) ハード面における被害

・校庭や敷地内の地割れ現象や液状化 校舎の倒壊 壁・柱のせん断破壊など エキスパンション部破損 天井材の落下 ガラス窓の破損 給水 電気 ガス設備の被害

b) ソフト面の被害

・研究備品教育備品等の転倒落下による破損 上記に伴う二次災害（火災、薬品のガス化） 研究データベースの損失

c) 通学経路における被害

・公共交通機関の停止 駅舎の崩壊や列車、バスによる事故

d) 地域関連の被害

・地域住民の被災に伴う避難 周辺地域の危険施設の被災に伴う近隣住民の避難

e) 学校運営における被害

・教職員、学生の住居における人的被害の発生 入試会場の被災 交通機関の停止による職員の不足 学生の実家の被災

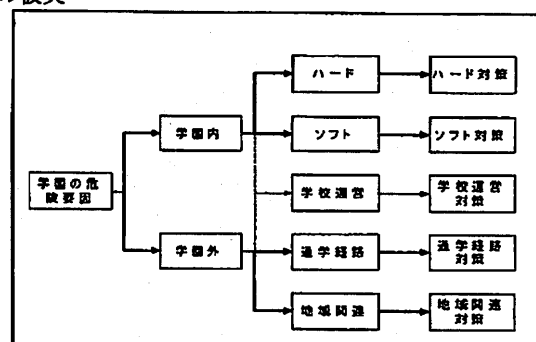


図1 学園防災の全体像。

3. 学国内危険性

(1) 本学周辺の環境と算定震度

本学は、名古屋市の東、愛知県のほぼ中央に位置する愛知郡長久手町にあり、6000人弱の学生を抱えた大学である。本学が立地する愛知県愛知郡長久手町は図2の位置にあり、面積は21.65km²の小さな町である。人口は、15年8月末現在41,833人で、年々増加している。本論が想定地震としている複合地震においては、愛知県が震度推定をおこなっている。そのデータによると、長久手町の平均震度は5.36(5強)であり、愛知県内の各市町村の度数分布を作成してみると、図3の位置になる。これは愛知県下市区町村(名古屋市は区で分類)104のうちで、78番目にあたり、愛知県下においては比較的震度の低い地域である。

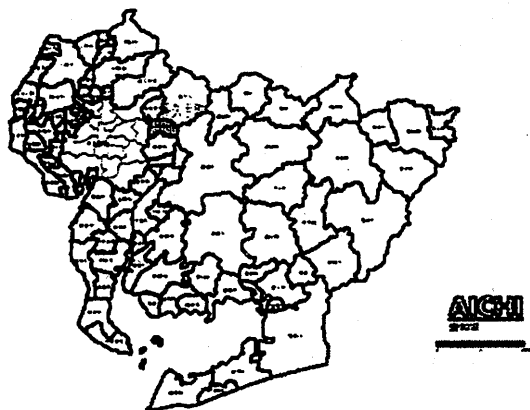


図2 長久手町の位置

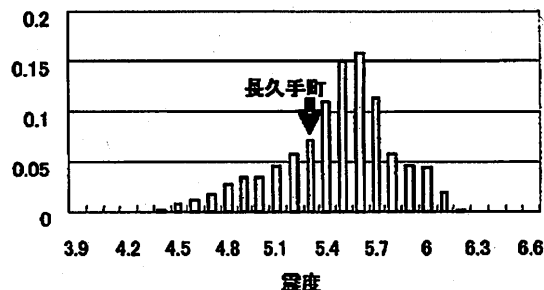


図3 愛知県内の長久手町の震度

(2) ハード面の危険性

1) 校舎の耐震性

本学は、狭い敷地の中に数多くの校舎が立ち並んでいる。図4は、本学の校舎等の配置図である。この中で、1号棟、2号棟、3号棟が旧建築基準(1981年以前)にもとづき建設されたRC造の校舎である。この中でもとくに、1号棟は大学の事務等の運営機関が入っており、ここの被害が、復興等の地震後の対策実施に大きくかわることとなる。これらについて耐震性の簡易判定を文献⁹⁾の方法によって行った。

a) 耐震性の診断方法

以下の式によって、層保有せん断係数(Sb)を求め、診断を進めることとした。

$$\text{層保有せん断力係数} = \frac{\text{その階の水平力}(Q)}{\text{その階より上部の重さ}(w)} \times \text{補正係数}(\theta)$$

これと被害との関係は、学校建築の多くが被害を受けた十勝沖地震(1968年)の経験をもとに表1のような等級分けで整理されている。

表1 Sb値による耐震強度

	耐震強度
等級Ⅰ $s_b \geq 1$	十分な耐震強度をもつ
等級Ⅱ $1 > s_b \geq 0.6$	かなり大きな耐震強度をもつ
等級Ⅲ $0.6 > s_b \geq 0.4$	耐震強度はあまり大きくない
等級Ⅳ $0.4 > s_b$	耐震強度は小さい

b) 診断結果

診断結果を表2に記載する。これから、1号棟に関しては、等級Ⅰであると判断され、比較的安全であるという結果が得られた。しかし、2号棟、3号棟のx方向に関しては、等級Ⅳ(耐震強度は小さい)と判定された。本学の各校舎における学生の収容能力を考えると、3号棟、7号棟、8号棟が高い収容能力を所持している。そして、1981年以前の旧建築基準で建築された校舎の合計収容人数は、約2200人にのぼり、学園全体の1/3程度を占めている。これらの学生が危険の中、講義を受けている状態にあり、早期の詳しい診断そして耐震補強の実施が望まれる。

表2 校舎の耐震性

	1号棟	3号棟	2号棟
x方向層保有せん断係数	1.10	0.27	0.35
y方向層保有せん断係数	1.30	0.72	0.69
等級	I	IV	IV
等級	I	II	II

愛知淑徳大学長久手キャンパス



図4 本学校舎の配置図

2) ライフライン設備の耐震性

大学という組織を運営していくためには、かなりの量の電力エネルギーを必要とする。また、何千人という人数が、一日に使用する水の量もかなりの量である。これらを利用可能にしているのが、ライフライン設備である。地震発生時に、これらの設備が破損し、水や電気が利用不能になった場合、学校運営そのものが不可能になり停止を余儀なくされる場合も想定される。現に、兵庫県南部地震の被災地域における大学のライフライン設備の被害が数多く発生し、長期間の休校を迫られる大学もあった。このように、ライフライン設備の正常運行は、大学運営において大変重要な意味を持つものである。

a) 建築設備の耐震診断法

耐震診断に関しては、文献⁷⁾を参照した。

・地震入力

$$F_h = K_h \cdot W \quad \dots \dots \dots \text{式①}$$

$$K_h = Z \cdot I \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_o \quad \dots \dots \dots \text{式②}$$

F_h : 設計用水平地震力

K_h : 設計用水平震度

W : 機器の重量 (kg)

Z : 地域係数 = 1.0

I : 重要度低減係数 = 1.0

K_1 : 建築物の床応答倍率を考慮した係数 (文献⁷⁾参照)

K_2 : 設備機器の応答倍率を考慮した係数 (2.0)

K_o : 設計用基準震度 (0.3)

b) 耐震診断の実施

i) 受電設備の耐震性

本学は、受電設備として開放型を用いており、キュービクル方式に比べて安全性は多少劣る。しかし、重量が軽く、アンカーボルトに大きな力がかからないため、②の式を用い耐震診断したところ、地震による転倒による被害の発生の危険性はかなり低いとの結果を得た。

ii) 受水層の耐震性

本学の水道水用の受水層は、M10のボルトで固定されている。文献⁷⁾を参考にすると、取り付けボルトは、1000kgまでのせん断力に耐えることができると考えられる。入力地震動が、700GAL以上のときに受水層の被害発生の可能性がある。井戸水用の耐震性は、取り付けボルトは、1500kgまでのせん断力に耐えることができると考えられる。入力地震動が、200GAL以上のときに受水層の被害発生の可能性がある。

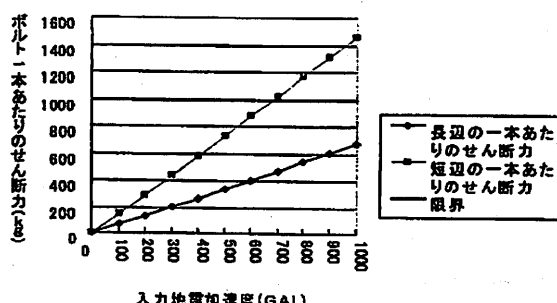


図5 水道水用受水層の耐震性.

(3) ソフト面の危険性

1) 時間・曜日別の学生数の推移

学園内の人的被害や地震後の対応を考える上で、地震発生時刻の学生数は大変重要な要素になってくる。とくに、負傷者、避難時のパニック(非常時混乱)や帰宅困難学生の数等は地震発生時に学内にいる学生の増加が被害の増加に関係すると考えられる。そこで、曜日や時間に伴う大学内の学生数を把握するため、講義受講者の人数の調査をおこなった。時間曜日別の受講学生数は図6のようになっている。曜日別では、火曜日が一番受講学生の数が多いようである。時間別で見ると全ての曜日とも2時限目の受講者数が多いことがわかる。本学内の学生数は、曜日にかかわらず10:50~12:20分にピークを迎え昼を過ぎると徐々に減少する傾向にある。

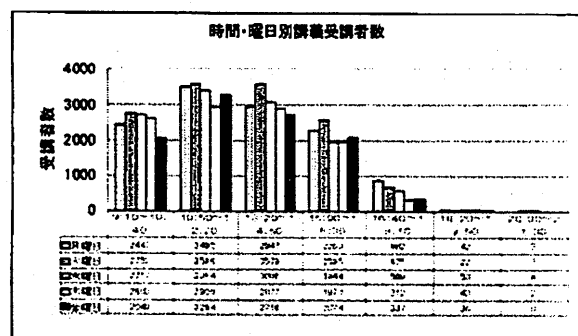


図6 時間・曜日別の学生数の推移.

2) 避難経路に関する危険性

学園内において避難の必要が発生するのが、校舎の被害発生(半壊以上)と火災や薬品による二次災害の発生である。本学において火災発生の可能性が高い場所が食堂である。食堂は学内に3箇所あり、この場所からの火災発生を考慮した避難経路の作成が必要である。次に校舎被害に伴う避難の必要性を考えてみると、2号棟、3号棟に関しては大きな被害の発生する可能性がある。また、1号棟においても建設されてから30年がたっており建物の劣化による耐震性の減少が心配である。これら、二つを考慮して避難経路を選定する必要がある。

a) 避難シミュレーションの改良

校舎における避難行動を考える上で、多層構造物における避難を考えていく必要がある。そこで、文献⁸⁾を参照し、開発された避難シミュレーションを改良し、大学校舎内で用いるための避難シミュレーションソフトを作成した。改良点は大きく分けて2つのものがある。一つ目に空間のモデル化に際し、図7のように空間をとらえたことである。図7は多空間モデルを示す。改良前の避難シミュレーションシステムは、主に廊下における避難シミュレーションを対象としていた。そこで、教室と廊下を一連のものと捉えなおし、扉から学生が出てくることを想定し、1秒間に3人ずつ移動し始めることに設定した。2つ目の改良点は、以前のシミュレーションは、開始時の人のスタート場所を均等にノードに分けて実行していたのに対し、教室の場所を設定できるようにしそこに学生が何人いるか入力することにより、学園特有の教室からの大人数の避難に対してシミュレーションできるよう改良を施した。

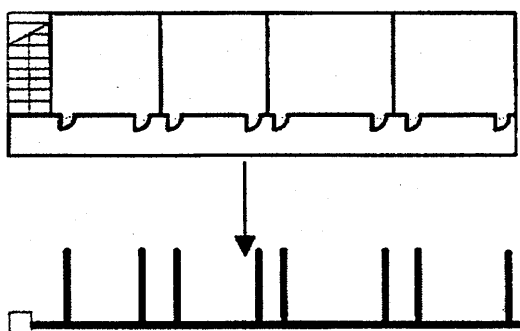


図7 校舎のモデル化.

b) 避難シミュレーションを用いた校舎内の危険箇所

改良したシミュレーションシステムを本学の校舎に当てはめ避難シミュレーションを行った。避難を行うにあたり、いろいろな項目が関連してくると考えられる。その中で、二次災害の発生につながるのが、群集密度の増加である。今回シミュレーションの対象として、旧建築基準時に建築された1～3号棟とそれらに連結しており、学生の収容能力が高い7号棟において群集密度の高くなる箇所を探るため避難シミュレーションを行った。この結果、1～3号棟の中心にある階段と7号棟と3号棟にある階段付近（下階に行くほどひどくなる）で群集密度の増加が見られた。これらは、学生が三方向から一点に集中してくることにより発生してくる。この場所は、通常時の講義開始直前や講義終了直後にもかなり混雑する場所であり、非常時に冷静でない学生たちが集中した場合、2 次的な被害の発生も考えられるため、対策が必要であると考えられる。

3) 帰宅困難学生数の推定

a) 帰宅可能率の推定

本学学生の使用交通は交通が不便なせいもあり、限られている。通学時間と帰宅可能率の関係を図8に示す。これは、昨年調査した文献¹⁾のデータを用い作成したものである。この結果によると公共交通機関が停止すると、約74%の人が帰宅困難になる。また、もうひとつ重要なのが、車やバイクでの通学の学生である。これらの学生の帰宅時の安全性を考慮し学内に待機させる場合、約96%という、地震発生時にいた学生のほぼ全員が帰宅困難者の対象となる。

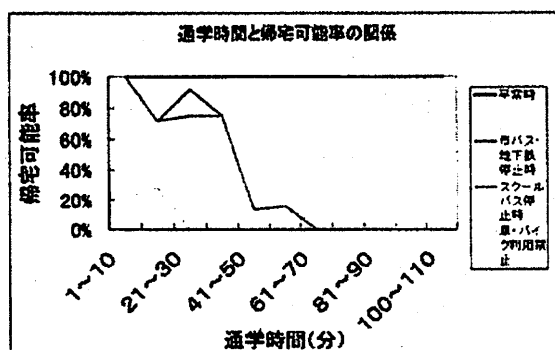


図8 通学時間と帰宅可能率の関係.

b) 帰宅困難学生数

帰宅困難者の割合を、受講生の一番多い火曜日の講義受講者数に掛けて、避難困難者数の算出を試みた。結果は図9のようになった。10時50分～14時50分の間に地震が発生し公共交通が停止した場合、最大約3500人の帰宅困難学生が予想される。この数は、本学の生徒数の約70%にあたる。これだけの数の学生を本学内で長期間待機させておくには、事前に多くの対策が必要になってくるが、飲料水以外は、なんら対策ができていないのが現状である。現在の大学が持つ唯一の対策は、学生を帰宅させることのみである。帰宅が多く危険性をはらんでいることは、第一報で検討済みである。今後は、帰宅困難学生数を考慮した、学校に学生を待機させておくための対策の立案と実施が必要である。

4. おわりに

今回、学園内部の危険の抽出と評価検討をおこなった。検討をおこなったほとんどの項目に、危険性が導き出された。学園防災という単位での地震防災は、遅れている分野のひとつであろう。検討をおこなったほとんどの項目に、危険性が導き出されたことは、本学（学園）が、地震による多くの潜在的な危険性を所持していることを示している。これらは、危険性を考慮した対策立案に大いに役立つと考えられる。今後の課題としては、効果的な対策の立案をどのように行っていくかである。

冒頭に述べた学園外の防災（地域関連対策）や学校運営における危険性の把握や対策の実施に関しても、今後漸次進めてゆく所存である。

末尾ながら、本調査の実施にご協力いただいた方々特に、愛知県防災担当の皆さんや長久手町防災担当のみなさん、そして本学学生課の職員の方々に厚くお礼申し上げる。

参考文献

- 1) 中嶋唯貴、太田裕 学園を単位とした地震防災 地域安全学会梗概集 No.13 P.131-134 2003
- 2) 神戸大学 兵庫県南部地震による震災の記録 平成8年1月
- 3) 愛知県防災会議地震専門部会 愛知県東海地震・東南海地震等被害予測調査報告書—想定地震に基づく被害想定—2003.
- 4) 久世益充、杉戸真田、能島陽呂：海洋巨大地震による広域震度分布推定について、第21回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, pp. 79-80, 2002
- 5) 日本建築学会 鉄筋コンクリート造校舎の耐震診断および補強方法 1975
- 6) 日本建築学会 非構造部材の耐震設計指針・同解説および耐震設計・施工要領 1985
- 7) 日本建築学会建築設備耐震設計・施工指針1984年度版
- 8) 松藤賢治 火災・浸水を考慮に入れた避難行動シミュレーションソフトウェアの開発 山口大学修士論文 平成15年