アンケート調査に基づく病院の地震被害と震度との関係

RELATIONSHIP BETWEEN DAMAGES OF HOSPITAL FACILITIES AND SEISMIC INTENSITY BASED ON QUESTIONNAIRE SURVEY

郭 耕 杖*, 林 康 裕**, 神 原 浩***

Keng-Chang KUO, Yasuhiro HAYASHI and Hiroshi KAMBARA

To examine the relation between seismic intensity(JMA) and hospitals' damages, composed of interruption of medical functions, daily life functions, equipment as well as building damages including nonstructural elements, questionnaire surveys were conducted for the 2003 Off Miyagi Prefecture Earthquake, the 2003 Northern Miyagi Prefecture Earthquake and the 2003 Tokachi-oki Earthquake. Hospitals near the earthquake observation stations were selected for the surveys. Meanwhile, to compare damages of hospitals with those in other common facilities, many public facilities, such as ward offices and schools, were also investigated. Results are concluded as follows. a) Damage ratios of many building damages of hospitals are higher than common facilities, and increase with older hospitals built before 1980. b) Many building damages begin to take place at a seismic intensity 5+, and increase rapidly over seismic intensity 6. c) Damages of many equipment items related to daily life functions begin to take place at a seismic intensity 6. d) Many medical instruments show no physical damages till seismic intensity 5+, but some may be unable to perform normally as early as at a seismic intensity 4 due to interruption of daily life functions. e) Interruption of most medical functions starts at a seismic intensity 6.

Keywords: Questionnaire survey, Hospitals, Seismic intensity, Medical functions, Nonstructural elements, Damage ratio
アンケート調査, 病院, 震度, 医療機能, 非構造部材, 被害率

1 はじめに

地震災害時において病院が救命救急活動を実施する重要な拠点施設になることは言うまでもない。しかし、1994 年ノースリッジ地震¹⁾、1995 年兵庫県南部地震^{2,3)}、1999 年台湾集集地震⁴⁾で、災害拠点として機能することが期待されていた病院が十分な医療機能を発揮できたと言いきれない。これらの震災時には、構造的な被害が大きくなかったにもかかわらず、ライフラインの停止、非構造部材や設備、医療機器などの被害・不具合により病院施設の閉鎖や医療活動の縮小・停止を余儀なくされた、という事例が多く見られる。即ち、病院の機能維持を考える上で、構造だけでなく非構造部材・設備などの耐震性を含めて考える必要がある。

実地震被害に基づいて評価された建物被害率と地震動強さとの関係は、都市震災予測や建物の耐震性能を統計的に評価する上で有用である。兵庫県南部地震の後、多くの建物が甚大な被害を被ったことから、主に構造的な被害と地震動強さとの関係について多くの分析や構築が行われた^{5,6)}。しかし、深刻なものとなる構造体の被害が大きかったため、非構造部材の被害はあまり着目されておらず、地震動強さに対応づけて分析している研究は少ない。一方、地震直後に、医療機能を維持するために医療スタッフの対応や情報連絡などソフト面は不可欠であるが、医療スタッフの活動を支える建物や

設備などハード面の地震被害による機能低下の度合いを、医療供給能力の推定モデルに組み入れる必要が指摘される⁷⁾。しかし、病院における医療機能の支障や建物の被害・不具合がどの程度の地震動強さで生じるかについては、一部の文献等に見られる⁸⁾ものの、定量的な評価は殆ど行われていない。

そこで、本研究では、2003 年宮城県沖の地震、宮城県北部の地震及び十勝沖地震における病院の被害状況について、アンケート調査を実施し、機能、非構造部材や設備を含める病院被害と地震動強さとの関係について定量的な評価を行う。ここで、地震動強さの評価精度をできる限り確保するために、兵庫県南部地震後に高密度配備された地震観測網(K-NET, KiK-net, 気象庁震度観測網)の観測点周辺の建物を対象として、アンケート調査から明らかとなった被害を最寄りの観測点震度階と対応付けている。また、病院施設建物固有の地震被害傾向の有無について検討するため、病院と学校や庁舎等その他の一般施設建物とで被害率を比較する。

2 アンケートによる建物被害調査

2-1 アンケート調査の方法

宮城県沖の地震、宮城県北部の地震及び十勝沖地震で震度 4 以上を記録した地域の病院と一般施設の被害状況を調査するために、

* 京都大学大学院工学研究科 博士後期課程・工修
** 京都大学防災研究所 助教授・工博
*** 清水建設株式会社 技術研究所 工修

Graduate Student, Graduate School of Engineering, Kyoto University, M. Eng.
Assoc. Prof., Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., Dr. Eng.
Institute of Technology, Shimizu Corporation, M. Eng.

地震後一ヶ月頃に郵送によるアンケートを実施した。調査対象とした施設は、病院については病床を有する医療施設とし、一般施設については住宅を除いた庁舎、学校などの公共施設とした。また、地震動強さと関係づけるために、一般施設については、地震観測網(K-NET, KiK-net, 気象庁震度観測網)の観測点からおおよそ500m以内にある建物を対象とした。病院施設については、サンプル数を確保するために、一般施設よりも広範囲にある施設を調査対象とし、最寄りの観測点の地震動強さを参照した。3度の地震において、病院323、一般施設363にアンケート用紙を送付した。1施設から複数の建物について回答が得られたものもあり、回答が得られた建物棟数は、病院228棟、一般施設267棟であった。

調査で用いたアンケート用紙には、建築年代、構造種別、規模などの建物基本情報に関する質問と、地震による被害に関する質問を設け、被害に関する質問では、非構造部材を含む建物の外部・内部、生活機能と設備、医療機能(病院施設のみ)の3つに分けて、それぞれ表1に示す被害項目に対して、地震による被害・不具合の有無を図1に示すように「なし」「あり」「多数」を選択する形式で回答してもらった。このとき、被害が1箇所のときは「あり」を、被害が2箇所以上のときは「多数」を選択してもらうようにした。また、医療機器や設備に関する質問では、機器や設備がない場合に「該当なし」を選択してもらうようにした。

2-2 回答が得られた建物の概要

アンケートの回答が得られた建物の概要について図2に示す。建物の構造種別は、病院施設の約9割がRC造であったため、RC造建物のみについて被害を分析した。震度別の棟数比率は、病院、一般施設ともにほぼ同程度で、震度4で40%、震度5で50%、震度6で10%となっている(図2(a))。建築年代について、1981年以後の棟数比率は病院で50%、一般施設で35%(図2(b))、病院より一般施設の方が古い建物の棟数比率がやや高い。なお、病院建物は増改築が行われている場合には一番古い建築年代を採用した⁹⁾。建物規模では病院、一般施設とも6階以下の中低層建物が殆どである。特に、一般施設では3階建て以下の低層建物が8割を占めている(図2(c))。また、何らかの被害や不具合があった建物の割合は、病院で6割、一般施設で4割である(図2(d))。病院の方が一般施設より2割程度高くなっている。

3 建物の被害

建物の被害については、窓ガラス、天井など非構造部材も含め、本研究では主として建築物の部位ごとに調査している。まず、建築年代や地震動強さで区分しない平均的被害率が高かった項目を一般施設と比較して図3に示す。ここでは、被害が「なし」、「あり」、「多数」のいずれかを回答した棟数に対する「あり」または「多数」を回答した棟数の比を被害率とした。図3(a)から病院で被害率が高かったのは、外壁ひび割れと机上物転倒がそれぞれ約20%と約25%であり、次いで、家具転倒、ガラス製品破損が15%前後、外壁はがれ、床ひび割れ、窓ガラスひび、天井ずれが10%程度である。多くの項目で病院での被害率は一般施設より高くなっていることが分かる。ただし、建築年代別で見ると(図3(b),(c))、病院における家具転倒やガラス製品破損など室内の家具・什器の被害では、建築年代による被害率の差は小さかった。一方、外壁、天井、床や

表1 アンケートに設けられた被害項目

項 目		内 容	
建物	外部	柱、壁	コンクリートや仕上材のひび割れ/はがれ/鉄筋露出
		窓ガラス	ガラスのひび/割れ、サッシの変形、窓の開閉困難/開閉不能
		出入口	扉の変形/はずれ、ガラス割れ、扉の開閉困難/開閉不能
	内部	柱、壁	コンクリートや仕上材のひび割れ/はがれ/鉄筋露出
		扉	扉の変形/はずれ、ガラス割れ、扉の開閉困難/開閉不能
		天井	天井板のずれ/落下
		床	ひび割れ/タイルはがれ
		室内の家具・什器	机の移動、机上物の転倒、家具の移動/転倒、テレビの転倒、ガラス製品の破損
生活機能と設備	生活機能の供給	電気、水、ガス、空調、洗濯施設、給食施設	
	電気設備	照明のずれ/破損、照明落下	
	給排水設備	洗面台破損、トイレ使用不能、便器破損、壁タイルはがれ、配管破損	
	空調設備	空調機の故障、吹出口破損、配管破損、室外機転倒	
	屋上の設備機器	空調機の移動/転倒、高架水槽の破損/転倒、配管のはずれ	
	防災設備	スプリンクラーの破損/誤作動、防火扉の開閉困難、防煙垂れ壁の破損	
	輸送設備	エレベータの自動停止/故障	
医療機能	医療空間の使用	病室、診療室、検査室、手術室、調剤室、材料室	
	検査機器	X線透視装置、フィルム現像機、血液検査機、CT、MRI、PET、α	
	治療・処置機器	傷の洗浄、器具の煮沸・消毒、生命維持装置、人工透析、一般治療、手術実施	
	投薬とその他	自動分包機、医薬品や診療材料、ナースコール、カルテ作成	

質問 2-1 建物外部の被害・不具合について

(1) 柱

・コンクリートや仕上材にひび割れが生じた。

☐なし ☒あり ☐多数 (1)階 ☐補修

・コンクリートや仕上材はがれた。

☒なし ☐あり ☐多数 ()階 ☐補修

.....

質問 2-2 建物内部の被害・不具合について

.....

(4) 天井

・天井板がずれた・欠けた。

☐なし ☒あり ☐多数 (2, 3)階 ☐補修

・天井板が落下した。

☒なし ☐あり ☐多数 ()階 ☐補修

.....

質問 3-2 地震後の機能障害について

(1) 検査

・X線透視装置が使用できなかった。

☐なし ☐あり、約()日()時間で復旧した ☒該当なし

.....

図1 アンケートの回答方法

窓ガラスなど建築物の空間を構成する要素の被害では、1981年以後に建設された病院(新しい病院と呼ぶ)での被害率が低くなり一

図2 アンケートの回答が得られた建物の棟数比率

図3 病院と一般施設に発生した建物の被害の比較

般施設との差はあまりないのに対して、1980 年以前に建設された病院（古い病院と呼ぶ）での被害率が高く一般施設より被害が発生しやすくなっている。

次に、観測点の震度を震度4、5弱、5強、6（6弱と6強）で区分し、地震動強さの区分毎に、被害が「あり」または「多数」の割合を被害率と計算した。また、被害率5%未満、5~10%、10%以上を、それぞれ被害の可能性が極めて低い、可能性が低い（一部の建物で発生する）、可能性がある¹⁰⁾と考え、アンケートに設けられた建物の被害について建築年代を問わず可能性の高低を表2に示す。この表から、病院の建物では、多くの被害は震度5強以上で発生する可能性があり、外内壁と柱の被害やガラス製品破損は震度5弱でも一部の建物で発生する可能性があることが分かる。アンケートに設けられた被害項目の殆どは、震度6で発生する可能性があることが分かる。

外壁、天井、窓ガラス、家具など代表的な被害モードについて建築年代別・震度別で被害率を比較して図4に示す。まず、外壁ひび割れについては(図4(a))、建築年代に関わらず病院での被害率は震度4で約3%である。古い病院での被害率は、震度5弱で30%に急増し、震度5強で50%程度となっている。外壁はがれについては(図4(b))、古い病院では震度4で被害が発生し始め（被害率約3%）、被害率は震度5で15%程度、震度6では50%を超えている。一方、新しい病院では震度5弱から発生し始めるが、震度6まで被害率は5%程度にとどまっている。外壁のひび割れやはがれの被害は、震度5弱以上で建築年代による被害率の差が大きくなっている。

次に、天井ずれについては、図4(c)に示すように必ずしも震度との相関が高くないが、震度4~5弱の地域では古い病院の10%程度に被害が発生しているのに対して、新しい病院では殆ど発生していない。しかし、新しい病院の被害率は、震度5強以上で高くなり、

震度6では古い病院の被害率を上回っている。また、天井落下についても(図4(d))、建築年代による被害率の差はあまりなく、新旧ともに震度5強まで5%以下になっているが震度6で15%以上に急増している。従って、新しい病院でも天井の耐震性は十分とは言えない。

ガラスひびについては(図4(e))、新しい病院では震度6まで被害は殆ど発生していないが、古い病院では震度5弱で15%程度に急増し、震度5の地域で一般施設より被害率が高くなり、建築年代による被害の傾向も異なる。これは、古い建物で用いられたガラスの取付け方法の変形追随性が低かったためと推測される。

最後に、家具転倒については(図4(f))、古い病院での被害率は震度4で発生し始め（約5%）、震度5強までは10%程度にとどまっているが、震度6で50%を超えている。一方、新しい病院では震度5弱まで5%以下であるが、震度5強で古い病院の被害率を上回り20%程度に急増し、震度6では40%に達している。新しい病院と一般施設ともに震度5強以上で家具転倒の被害率が高くなり、古い建物での被害率を上回る結果となっている。

これら建物の被害と震度との関係から、被害の多くは震度5弱から発生し始めている（被害率5%以上）が、古い病院では震度4でも天井ずれや家具転倒が発生していることが分かる。また、天井や家具の被害に比べ、外壁やガラスの被害では建築年代による被害率の差がより顕著になっている。

4 生活機能と設備の被害

電気、給水、ガス、空調などの生活機能の停止については、病院建物と一般施設のいずれにおいても、被害率が5%以下と高くなかった。この理由として、地震動強さが大きくなかった地域の建物が多く含まれていることが考えられる。そこで、生活機能停止の被害

表2 震度別の建物の被害可能性

被害項目	震度階			
	4	5-	5+	6
柱 (外部)				
柱ひび割れ			●	●
柱はがれ				●
柱鉄筋露出				○
壁 (外部)				
壁ひび割れ		●	●	●
壁はがれ		●	●	●
壁鉄筋露出				○
窓ガラス・サッシ				
窓ガラスひび		○	●	●
窓ガラス割れた		○	●	●
サッシが変形した		○		●
窓が開閉しにくくなった				●
窓が開閉できなくなった				●
出入口 (エントランス、バルコニーなど)				
扉が変形した				○
扉はずれた				
扉が開閉しにくくなった				●
扉が開閉できなくなった				○
柱 (内部)				
柱ひび割れ		●	●	●
柱はがれ			○	●
柱鉄筋露出				○

被害項目	震度階			
	4	5-	5+	6
壁 (内部)				
壁ひび割れ	○	●	●	●
壁はがれ		○	●	●
壁鉄筋露出				○
扉				
扉が変形した				●
扉はずれた				○
扉が開閉しにくくなった			○	●
扉が開閉できなくなった				●
天井				
天井はずれ		○	●	●
天井落下			○	●
床				
床ひび割れ			●	●
床タイルはがれ				●
室内の家具・什器				
机が移動した		●	●	●
机上物転倒	○	●	●	●
本棚など背の高い家具が移動した		○	●	●
本棚など背の高い家具が転倒した		○	●	●
テレビが転倒した		○	●	●
花瓶や食器等のガラス製品が破損した	○	●	●	●

空白：可能性が極めて低い（5%未満） ○：可能性が低い（5～10%） ●：可能性がある（10%以上）

図4 建物の被害と震度との関係

率について、震度別に図5に示す。電気の停止は震度6でも被害率は5%程度となっているが、給水やガスの停止は震度とともに被害率が増大し、震度6では20%弱に達している。空調の停止は震度5強から発生し始めているが、震度6になっても被害率は5%程度で大きく変わらない。給食施設の使用不能については、震度5強まで被害率は5%以下であるが、震度6で15%に急増している。洗濯施設の使用不能については、震度5強まで殆ど発生していないが、震度6で20%に急増している。以上の様に、生活機能の震度別の被害率から、殆どの機能で震度5強まで5%以下になっているが、震度6になると被害率が急増することが分かる。ただし、今回調査した建物で、電気、給水およびガス停止の被害率は震度5強まで5%

くらいと低かったのは、地域ライフラインの被害率がそれほど高くなく復旧時間も長くなかったため¹¹⁾とも考えられる。

建築年代を区別せず、生活機能に関する設備の被害の可能性を表3に示す。この表から、配管破損水漏れは震度5弱で、エレベータの自動停止は震度4でも発生する可能性があるが、多くの設備は震度6で被害が発生する可能性があることが分かる。また、空調設備やスプリンクラーなどの防災設備については、震度6まで被害が発生する可能性は極めて低いことが分かる。

次に、給水停止に関連する設備被害の中から、配管破損水漏れと屋上高架水槽破損に着目し、その震度別被害率を図6に示す。配管破損水漏れの被害率は震度とともに増大し、古い病院で被害率が高

図5 生活機能の被害と震度との関係

(a) 配管破損・水漏れ

(b) 高架水槽破損

図6 給水設備の被害と震度との関係

図7 給水停止と設備被害の関係

表4 1980年以前の病院における配管破損とガラスひび割れの関係

被害項目	ガラスひび割れ	
	あり	なし
配管破損	9(0.10)	7(0.08)
水漏れ	4(0.04)	73(0.78)

表中の数字は、棟数(棟数比率)を表す

図8 施設によるエレベータ停止の比較

図9 エレベータ回復時間の累積分布

くなる傾向にあるが、震度6で新旧ともに被害率が急増している。しかし、屋上高架水槽破損の被害率は、震度と相関が高いとはいえない。一方、給水停止となった8件のうち、濁水の発生した1件と夜間断水した1件を除けば、6件全てが配管破損(うち3件で高架水槽が破損)しており(図7)、給水停止の主要因は配管破損と考えられる。また、配管破損6件のうち5件は1980年以前の病院であった。そこで、古い病院における配管破損を、最大層間変形角と対応づけやすいガラスひびとの関係を表4に示す。配管破損が生じている病院では、ガラスひびも多く発生しており、配管破損も層間変形に追従できず発生している可能性が示唆される。

最後に、日常の輸送機能に関するエレベータの使用停止については、図8に示すように建築年代に関わらず一般施設より病院の被害率が明らかに高く、50%に達している。しかし、震度別の回復時間をみると、図9に示す様に、震度5強以下の地域で8割以上、震度6で7割程度のエレベータが6時間以内に回復している。これは、ガイドレールのゆがみなど機器自体が損傷したものは殆どなく、病院において地震時エレベータを自動停止させるときの建物応答レベルが低かったためと推測される。

表3 震度別の設備の被害可能性

被害項目	震度階			
	4	5-	5+	6
電気設備				
天井の照明がずれた・壊れた		○	○	●
天井の照明が落下した			○	●
給排水設備				
洗面台が壊れた				
トイレが使えなくなった				●
便器が壊れた				●
トイレや洗面台の壁タイルがはがれた			○	●
配管破損・水漏れが生じた	○	●	●	●
空調設備				
天井や壁にある空調機が壊れた				○
天井や壁にある吹出口が壊れた				○
天井などにある空調用配管が壊れた			○	○
バルコニーにある室外機が転倒した				○
屋上の設備機器				
空調機が移動した				○
空調機が転倒した				
高架水槽が破損した		●	○	○
高架水槽が転倒した				
配管がはずれた		○	●	●
防災設備				
スプリンクラーが破損した				○
スプリンクラーが誤作動した				
防火扉が開閉しにくくなった			○	●
防煙垂れ壁が破損した				○
輸送設備				
エレベータが自動停止	●	●	●	●
エレベータが壊れた(動かなくなった)		○	○	●
停電になったが非常用電源(発電装置)が稼動しなかった				

空白：可能性が極めて低い(5%未満)

○：可能性が低い(5~10%) ●：可能性がある(10%以上)

5 医療機能の被害

医療機能については、一般に、地震後の災害医療に関する医療機器と医療空間に分けられる。ここでは、医療機器を検査、治療・処置、投薬、その他(ナースコールの使用、カルテ作成など)に分類⁸⁾し、医療空間を病室、診療室、検査室、手術室、調剤室、材料室に分類¹²⁾して、それぞれの分類について被害の有無を調査した。医療機器と医療空間の使用不能については、いずれも平均的被害率は5%以下と高くなかった。この理由として、今回の調査で医療機能の支障を大きく及ぼすライフラインや建築設備の被害率が高くなかったことも考えられる。

次に、検査、治療・処置など医療機器の震度別被害率を図10および図11に示す。震度6では多くの医療機器の被害率が急増しているが、医療機器については震度5強までは概ね機能維持ができており、被害率は5%前後である。なお、図10において、震度4の検査機器の被害は停電によるものであり、震度5強のCT使用不能は高架水槽破損による水浸によるものである。即ち、X線透視装置、血液検査機、CT、MRIの物理的な被害は、震度5強までは殆ど発生していないと考えられる。

また、医療空間が使用不能となった被害率を図12に示す。構造的な被害が見られた震度6地域の病院(公立深谷病院、鹿島台国保病院)で医療空間は使用不能となっているが、震度5強までは概ね

図10 医療検査機器の被害と震度との関係

図11 医療治療・処置機器の被害と震度との関係

図12 医療空間の被害と震度との関係

表5 震度別の医療機能の被害可能性

被害項目	震度階			
	4	5-	5+	6
検査				
X線透視装置が使用できなかった				●
フィルムが使用できなかった			○	●
血液検査機が使用できなかった				○
CTが使用できなかった			○	○
MRIが使用できなかった				
アギオや心臓カテーテルなどが使用できなかった				●
治療・処置				
器具の煮沸・消毒ができなかった				●
生命維持装置が使用できなかった				○
人工透析ができなかった				
一般治療ができなかった				○
手術が実施できなかった				●
投薬とその他				
自動分包機が使用できなかった				○
医薬品や診療材料が使用できなかった(例えば浸水のため)				
ナースコールが使用できなかった				
カルテ作成ができなかった				
医療空間				
病室が使用できなかった				●
診療室が使用できなかった				●
検査室が使用できなかった				●
手術室が使用できなかった				●
調剤室が使用できなかった				●
材料室が使用できなかった				●

空白：可能性が極めて低い(5%未満)

○：可能性が低い(5~10%) ●：可能性がある(10%以上)

使用できている。医療機器及び医療空間の使用不能ともに、被害率は震度5強まで5%以下で、震度6から急増している傾向が見られる。

最後に、建築年代を問わず医療機能の被害の発生可能性を表5に示す。この表から、医療機能の多くは震度6以上で被害が発生する可能性があることが分かる。診療材料やナースコールの使用不能、カルテ作成不能は、震度6でも被害が発生する可能性は極めて低くなっている。

6 まとめ

本研究では、2003年宮城県沖の地震、宮城県北部の地震及び十勝沖地震における病院の被害状況についてアンケート調査を実施し、機能、非構造部材や設備を含めた病院被害と地震動強さとの関係について定量的な評価を行った。また、病院施設固有の地震被害傾向についても検討するため、被害率と地震動強さとの関係を病院以外の学校や庁舎等の一般施設と比較した。その結果、震度6以下の地域における建物の外部・内部、生活機能と設備、医療機能の被害について次のことが明らかとなった。

- ・病院は一般施設よりも建物被害発生しやすく、特に古い病院での被害率が高い。また、室内の家具・什器の転倒・散乱被害は、新・旧病院の被害率に顕著な差は見られなかった。
- ・病院の建物被害の多くは、震度5強から発生する可能性があり(被害率10%以上)、震度6で急増する傾向にあるが、震度5弱以下の地域でも外内壁と柱のひびや机上物転倒、ガラス製品破損が発生している。
- ・生活機能に関する設備の多くは、被害が震度6より発生しているが、配管破損水漏れやエレベータの自動停止は震度5弱以下でも生じている。
- ・給水停止を及ぼす設備被害原因として、高架水槽の破損よりもむしろ建物の変形追随困難な古い配管の破損の可能性が示唆された。
- ・多くの医療機器は、震度5強以下では物理的に損傷していない。ケースは少ないが、電気停止など生活機能の被害や設備被害などにより、震度4程度から機能喪失する場合もある。
- ・医療機器、医療空間ともに、震度5強まで機能は概ね維持でき、震度6から使用不能の発生する可能性がある。

病院に関する非構造部材、設備や機能まで含めて被害と震度との関係を系統的に分析した事例はこれまでにない。本研究で得られた結果は、地震時に防災拠点としての既存病院の耐震性を把握する上で有用であると考えられる。ただし、今回の調査で得られた震度6の事例数は十分でなく、精度を上げるためにも今後データの更なる蓄積が必要である。

謝辞

本研究では、地震動強さは、気象庁、防災科学技術研究所（K-NET および KiK-net）で公開されている観測記録を利用して算出しました。関係各位に御礼を申し上げます。また、アンケートに回答して頂いた皆様に御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) William T. Holmes, et al., "Northridge Earthquake of January 17, 1994 Reconnaissance Report", Vol. 2, pp.229-231, Earthquake Spectra, USA, 1994
- 2) 日本医療福祉建築協会：兵庫県南部地震病院被災調査報告書, 1996.3
- 3) 小堀鐸二研究所：1995 年兵庫県南部地震医療機関とその救急医療活動に関する調査報告－被災時における聞き取り調査－, 1995.4
- 4) 台湾国家地震工程研究中心：1999 年 9 月 21 日台湾中部集集地震災害調査速報(二), pp.147-150, NCREE-99-031, 1999.11(中国語)
- 5) 村尾修, 山崎文雄：自治体の被害調査結果に基づく兵庫県南部地震の建物被害関数, 日本建築学会構造系論文集, No.527, pp.189-195, 2000.1
- 6) 林康裕, 宮腰淳一：兵庫県南部地震による被害率曲線, 建築学会災害部門 PD 資料, pp.15-20, 1998
- 7) 今泉恭一, 佐藤博臣, 室崎益輝：病院の患者受け入れ能力に関する推定モデルの検討－震災時・医療制約の定量的評価に関する研究－, 日本建築学会計画系論文集, No.509, pp.157-163, 1998.7
- 8) 村田明子：地震後の病院の機能障害とリスク診断, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1101-1102, Vol.E-1, 2001.9
- 9) 日本建築学会：阪神淡路大震災調査報告 建築編-1 鉄筋コンクリート造建築物, 第 I 編 公共建築, pp.147-153, 1997.3
- 10) 神原浩, 林康裕, 田村和夫：アンケート調査に基づく建物の非構造部材被害と地震動強さとの関係, 日本建築学会構造系論文集, No.578, pp.155-161, 2004.4
- 11) 日本建築学会：2003 年 5 月 26 日宮城県沖の地震災害調査報告 2003 年 7 月 26 日宮城県北部の地震災害調査報告, 2004.3
- 12) 日本建築学会：阪神淡路大震災調査報告 建築編-7 建築計画, pp.52-61, 1999.3

(2004年 6 月10日原稿受理, 2004年 8 月16日採用決定)