

東日本大震災による関東の重要伝統的建造物群保存地区の 町家と土蔵の地震被害の研究

DAMAGES CAUSED BY THE GREAT EAST JAPAN EARTHQUAKE TO THE TRADITIONAL TOWN HOUSES
AND CLAY STORE HOUSES IN THE IMPORTANT PRESERVATION DISTRICTS FOR GROUPS OF
TRADITIONAL BUILDINGS, KANTO REGION

龍門達夫
RYUMON Tatsuo

1 はじめに

重要伝統的建造物群保存地区(以下重伝建地区と表記)は昭和50年の文化財保護法の改正によって全国各地に残る歴史的な集落・町並みの保存を目的に成立した地区である。平成23年(2011)3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(以下東日本大震災と表記)により関東の重伝建地区5地区〔茨城県桜川市真壁町地区(以下真壁と表記)、千葉県香取市佐原地区(以下佐原と表記)、埼玉県川越市川越地区(以下川越と表記)、栃木県栃木市嘉右衛門町地区(以下栃木と表記)、群馬県桐生市桐生新町地区(以下桐生と表記)〕において、地震による多数の被害が発生した。特に真壁・佐原では町家や土蔵の瓦屋根が崩落するなど大きな被害となった。内陸部に位置する桐生も被害が多い。

重伝建地区が地震で被災したのは、平成7年(1995)の兵庫県南部地震(以下阪神・淡路大震災と表記)の神戸市北野町山本通り地区(以下北野町と表記)と平成19年(2007)の能登半島地震の石川県輪島市黒島地区(以下黒島と表記 ※黒島は震災からの復興を契機に保存運動が高まり平成21年(2009)に選定されている)の2地区の例だけである。

多くの伝統的建造物を抱える重伝建地区が地震で被災すると再建に多大な時間と費用が必要となり、地震防災計画の策定が課題となる。本研究では、東日本大震災における関東の重伝建地区5地区(真壁・佐原・桐生・栃木・川越)の町家と土蔵の地震被害の損傷記録の作成と分析を行い、重伝建地区における今後の地震防災の在り方について研究した。

日本建築学会は重伝建地区の被害の状況について「2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報」¹⁾及び「東日本大震災合同調査報告」²⁾を公表している。本地震による建築学会の調査報告等は、被害の概要についてはまとめられているが、被害全体の記録や、被害の分析は公表されていない

文化庁は阪神・淡路大震災で多くの文化財に被害が出たことから、翌年「文化財建造物等の安全性確保に対する指針」等の通知を出し、初めて重伝建地区に対して耐震化を進めるようにとの方針を出した。東日本大震災では再び大きな被害が出たことや、南海トラフや首都圏直下型地震の危険性が指摘されることから、平成24年に「重要文化財耐震診断指針」等を改定し、重伝建地区の特定建築物に対して、具体的な耐震補強についての手法を示している。

2 研究の対象と方法

本研究では、他地区においても比較検討が容易なように、調査対象を全国に広く分布する木造の町家と土蔵のみを対象とした。各地区は、地元の建築士会や、他県からの応援を得て、被害調査記録が概ね2011年9月までにまとめられていた。私は、5月以降各地区に都合8回入り、町家と土蔵の地上からの被災状況を整理した。しかしながら、既にブルーシートに覆われている建物が多く、地上から被災状況を確認するのが困難な建物もある為に、Google earthを活用し、ビニールシートの掛けられた範囲を損傷部分としてまとめた。2012年3月以降、各自治体の被害調査記録の貸与を受け、著者独自の被害調査と照合し、本研究の損傷記録をまとめた。

(1) 本震及び余震

宮城県沖を震源とするM9.0の本震では、桐生と真壁が震度6弱、佐原は5強、栃木・川越地区は5弱を計測した。関東5地区全ての地区が震度5弱以上を越えていたので、気象庁の震度階級関連解説表に示す耐震性の低い木造建造物に被害を及ぼすという震度5弱を超えていた。本震から約30分後の茨城県沖を震源とするM7.7の大きな余震では佐原は再び5強、真壁は5弱、他地区は全て4以下で、佐原と真壁だけが震度5弱以上を計測した。

表1 各地区の震度^{注1)}

地区	観測点	本震 2011年3月11日14:46 三陸沖 M9.0						
		震度階級	計測震度	最大加速度			震央との距離	
				三成分合成	NS	EW		UD
桐生	GNM009桐生	6弱	5.5	415.0	281.0	354.0	157.0	364.9
真壁	真壁庁舎	6弱	5.5	403.2	377.0	359.1	309.1	318.4
佐原	香取市役所	5強	5.4	304.9	238.1	249.2	202.3	322.8
栃木	栃木市富田	5弱	4.6	211.0	149.3	194.7	129.0	341.0
川越	SIT009川越	5弱	4.5	214.0	203.0	152.0	94.0	387.1
余震 2011年3月11日15:15 茨城県沖 M7.6								
真壁	真壁庁舎	5弱	4.7	215.6	154.0	165.0	94.2	106.7
佐原	香取市役所	5強	5.2	291.0	147.9	254.4	146.0	72.7

(2) 調査地区の地盤の固有周期

地震動は軟弱地盤では大きな揺れが、増幅することが、また扇状地形も地震動が増幅するケースがあることが知られている。各地区の地質を調べる為に、各県で公表している地質データ等を入手し、これらの資料を基に、告示式で、地盤の固有周期の推計値を求めた。その結果、真壁は0.841秒と軟弱地盤の固有周期であった。佐原は0.297秒～0.868秒と固有周期に違

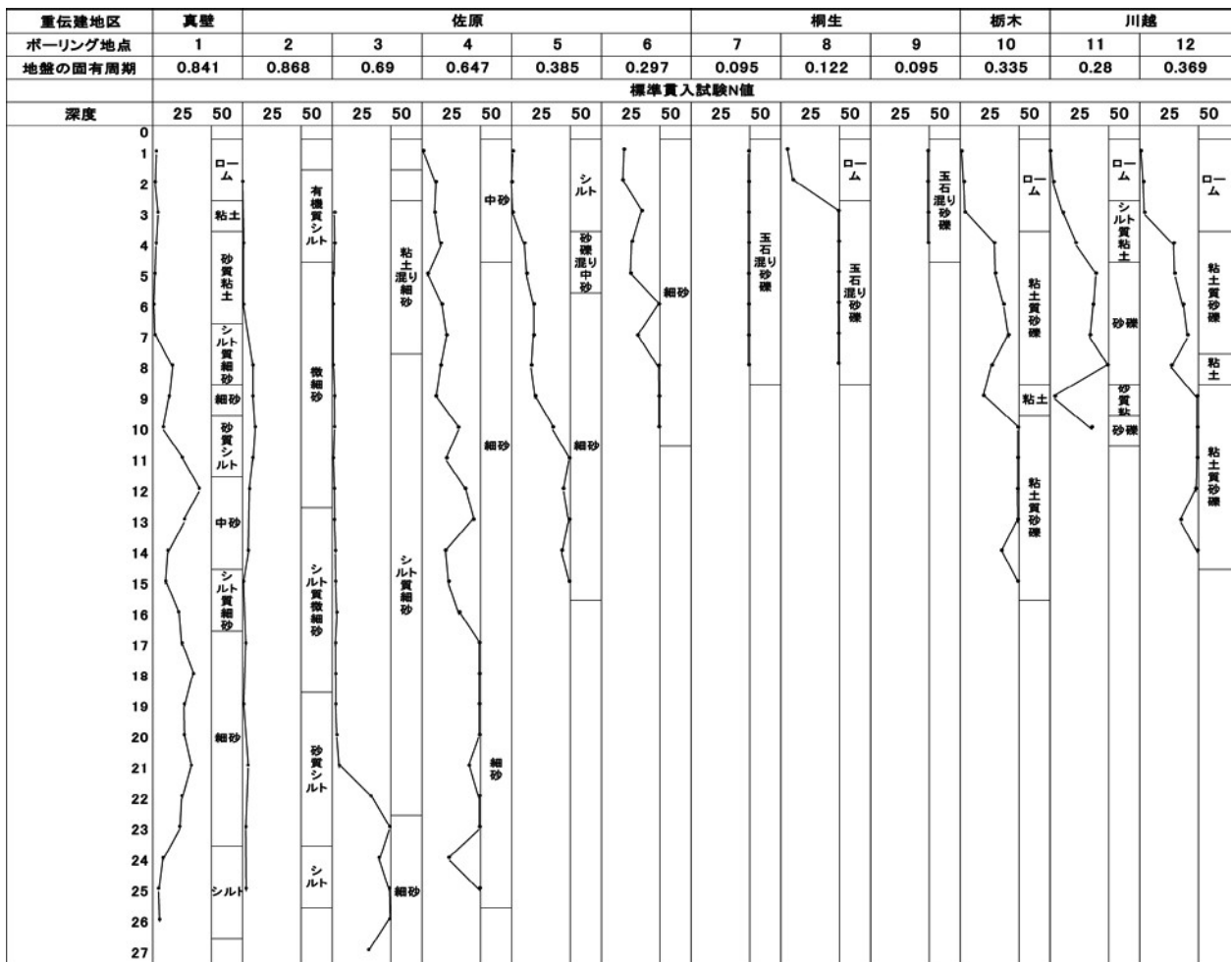
いが出ていた。忠敬橋から小野川下流ほど軟弱地盤の固有周期であり、小野川下流が軟弱地盤であることが判った。桐生の地質は玉石混じりの砂礫であり、固有周期も0.1秒前後と扇状地形の地盤性状を示していた。栃木と川越は0.3秒前後の固有周期であった。これらの資料を基にして、本震や余震の影響及び地盤の影響で損傷にどの程度の差が出ているかの比較検討を行い、重伝建地区の地震防災計画を策定するうえでの基礎資料を作成している。

3 各地区の損傷記録と考察

(1) 真壁の損傷記録と考察

真壁は、平成22年に重伝建地区として選定され、保存修理工事に取り掛かる矢先に被災した。町家54棟、土蔵19棟の損傷記録を作成し、図面が入手できた町家や土蔵の損傷の分析を行った。屋根及び外壁・軸組のどちらかが中破以上の損傷した建物が町家は約63%、土蔵は約79%となっており、被害が大きかったことを示している。

表2 各地区の地質及び地盤の固有周期



(2) 佐原の損傷記録と考察

佐原は関東で最も早く平成8年に重伝建地区に選定され、東日本大震災前までに全棟の7割まで町家や土蔵の保存修理工事は進んでいた。町家75棟、土蔵26棟の損傷記録を作成した。佐原は小野川流域と、香取街道の2つの地区に分類して考察を行った。町家の屋根は小野川から80m離れれば、ほとんど被害は発生していない。土蔵の屋根も小野川から120m離れれば、ほとんど被害は無かった。

町家の外壁は忠敬橋から下流で、下屋の軸組が傾斜するなどの被害が発生した。土蔵は小野川左岸で被害が多く発生した。小野川流域特に忠敬橋から下流で多くの被害が発生したことが判った。

(3) 桐生・栃木・川越の損傷記録と考察

真壁・佐原と同様に損傷記録をまとめ、損傷の考察を行った。屋根瓦を崩落させたものはほとんどなく、外壁・軸組の被害が多く見られた。多くが上部漆喰のひび割れ程度で中壁から崩落させたものは少なかった。

4 全地区の損傷の比較と考察

(1) 真壁・佐原で地震動が増幅した要因

各地区の損傷記録と地盤の固有周期による比較分析を行うと、真壁や特に佐原の小野川沿いで他地区と比較して損傷が大きかった要因は、軟弱地盤により地震動が増幅した結果であることを確認できた。また桐生は、地質は地表からすぐ下には玉石混じりの砂礫層となっており、明らかに扇状地系を示す地質となっていた。本震で震度6弱を計測したのは、扇状地系の影響で両側の山の反射波の影響で地震動が増幅した影響であった。

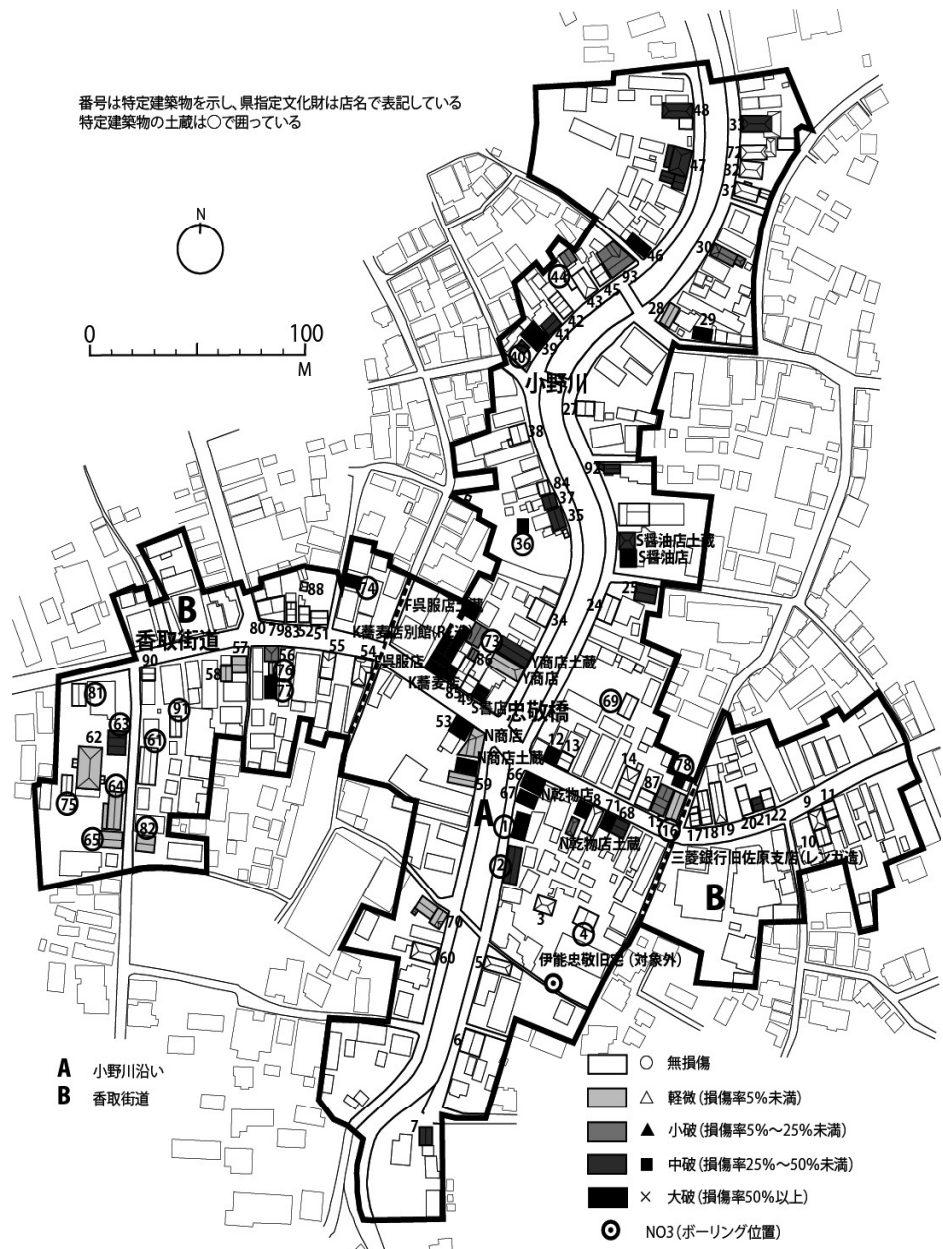


図1 佐原町家屋根損傷分布図 (出典：真壁保存計画図を基に編集)

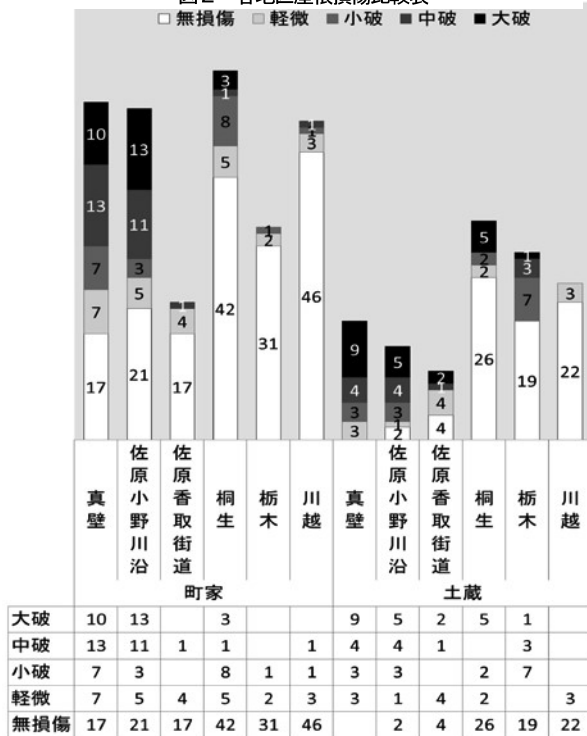
(2) 町家の耐震性

各地区の中で、被害が大きかった真壁・佐原のうち図面が入手できた町家と土蔵を対象に5の耐震診断の方法で損傷の分析を行った。

佐原では保存修理工事が行われた建物と行われていない建物では大きな違いが見られた。一般診断法では、全ての町家の評点は、倒壊の恐れのある0.7を下回っていたが、全面修理工事の建物は評点が低くても損傷は起きた建物は少なかった。

町家の形状による損傷分析を行うために、保存修理工事による影響の少ない真壁を対象に分析を行った。

図2 各地区屋根損傷比較表



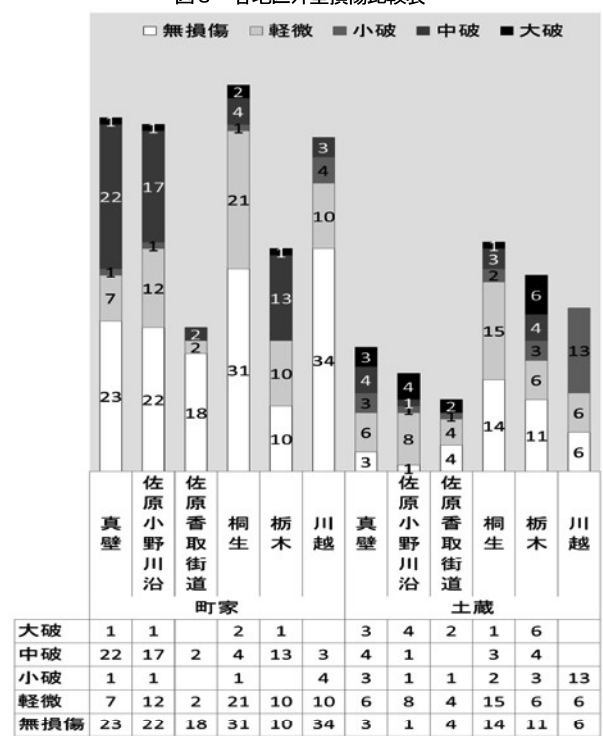
(2)-1 南北方向の土壁の偏在

関東の重伝建地区の町家は、冬の北西風で、大火が頻繁に発生したことから、隣地からの延焼防止の為に、北西側を塗籠した防火構造となっているものがある。南に庭を設ける為に、壁が偏在し、偏心が大きくなる。10棟（24棟中）に、1階で南北の土壁の偏在があり、そのうち4棟の外壁・軸組損傷が中破以上となっていた。防火構造として発展してきた関東の重伝建地区の町家の南北の壁の偏在が損傷の一因であったことを確認することが出来た。

(2)-2 伝統的な下屋庇の構造

江戸期以来の関東の重伝建地区の町家は、下屋庇を持つ伝統形式となっているものがある。町火消が2階の屋根にはしごを掛ける為の下屋庇は、破壊消防の為に考えられたものである。しかしながらこの形式は、2階の壁を梁で受ける耐震上好ましくない軸組である。真壁において、下屋庇の町家18棟と、昭和期以降の腰屋根形式の庇を持つ町家3棟の損傷比較をおこなった。双方とも耐震性の評価は低いにもかかわらず、腰屋根形式の町家の全ては軽微な損傷（外壁・軸組損傷/3棟全て無損傷 屋根損傷/軽微2棟・小破1棟）で済んでいた。下屋庇の町家は大きな損傷となった建物が多い（外壁・軸組損傷/中破9棟・大破1棟 屋根損傷中破7棟・大破4棟）。伝統的な下屋庇の町家に損傷が多かった要因は、2階の壁を1階の梁で受ける耐震上好ましくない軸組の影響であったと考えられる。

図3 各地区外壁損傷比較表



(3) 土蔵の耐震性

(3)-1 短辺の耐力・辺長比・下屋

土蔵の一般耐震診断の結果、多くの土蔵は1階短辺が0.7を切った土蔵が多かった。真壁（17棟）、佐原（11棟）ともに短辺は、長辺の約7割しかなく耐力が低くなっていた。この要因として考えられるのは、土蔵の全重量に対し、短辺の負担が長辺に比べて大きいと考える。保存修理工事の影響の少ない真壁と比較すると、外壁・軸組損傷では辺長比が1.8~2.0あたりの建物（6棟）に小破（2棟）・中破（1棟）・大破（1棟）の建物が多く見られた。同様に真壁と比較すると屋根損傷は辺長比が1.75を超えた土蔵（6棟）に小破（1棟）・中破（2棟）・大破（3棟）の建物が多く見られた。

辺長比が大きくても内部に中仕切りがある建物（2棟）は、損傷程度は軽微で済んでいた。しかしながら真壁において辺長比は小さい（1.0~1.5）土蔵（7棟）に、外壁・軸組損傷が大きい土蔵（中破3棟・大破2棟）が多く見られた。いずれも下屋とのとりつき箇所を外壁・軸組を大きく損傷していた。重量のある本体と軽い下屋部分との耐震性の違いにより破損したものと思われる。

(3)-2 防火構造の弱点

土蔵に損傷が多かった要因として、関東の土蔵の構造に問題点があったと考えられる。要因の一つは町家と比較して、葺土の下に漆喰を混ぜた土居塗18cmが設けられる。町家6cmに対し葺き土が24cmと厚い。その

表3 佐原町家保存修理工事損傷比較表

為に屋根にかかる慣性力が大きくなり、町家と比較して瓦がズレやすくなる。またズレ止めのシュロ縄の劣化により土居塗がずれたものもあった。

関東の土蔵は鉢巻から下も土で覆われる。その鉢巻の損傷が多かったが、漆喰で防水された土居塗の上を雨水が流れる為、鉢巻の竹木舞が腐食し土壁共に落下したものが多かった。

また外壁・軸組の損傷の要因としては、一つは腰巻である。土蔵は、隣家の倒壊による火除けの為に腰巻が設けられるが、腰巻には地面からの雨水の跳ね返りから防水するために漆喰を混ぜた土で塗られる。その為に上部の壁のクラックから侵入した雨水は、止水され軸組下部の腐食を促進させてしまう。

またもう一点は、また延焼防止のために床下換気口を設けないので、地面からの湿気や蟻害により軸組が腐食しやすくなっていた。

以上2の理由によると考えられる土台や柱の下部が腐食した土蔵が見られた。その為に地震により外壁の損傷が発生したと考えられる。

(4) 保存修理工事と損傷

佐原は、震災前までに約7割の建物に修理工事が行われていた。修理工事の工法による損傷の違いを考察した。町家の全面修理工事の建物(43棟)と無修理や部分修理の建物(32棟)との比較を行ったが、屋根損傷率では42%、外壁軸組損傷では39%の差が出ていた。表3は町家の修理の工法と損傷について表している。屋根と基礎に分けて工法による損傷の違いを明らかにする。

(4)-1 屋根の保存修理工事

関東の町家は、関東大震災で多くの瓦屋根が崩落した為に昭和に入り、引掛け瓦葺工法が普及するようになってきた。また多くの災害を経て、建築基準法やJASSが改正され、引掛け瓦葺工法は多くの改良が行われてきた。佐原の町家の屋根は空葺きの引掛け瓦葺工法で保存修理工事がされていたにもかかわらず、損傷が多く出た。棟瓦の損傷がほとんどで、それが損傷率を大きくした要因であった。この工法で施工されて損傷した建物を見ると平瓦は多くはズレ程度で済んでいたが、棟瓦の損傷は防げていなかった。文化庁の手引きでは、空葺きや瓦の留付けの方法等が示されているが、棟は銅線で緊結する補強方法では防げなかったことになる。H15年度以降、阪神淡路大震災以降開発された棟の心木を金物で補強するガイドライン工法³⁾で修理された建物が10棟あるが、それらの建物は全て無損傷であった。

修理箇所	保存番号	地区	屋根破損		外壁・軸組破損	保存修理工事 施工年度	保存修理工事		
			大屋根	大棟			屋根葺替	基礎工事	土台・軸組工事
全体	8	A	無損傷	無損傷	無損傷	21	ガイドライン工法	ベタ基礎	木造耐震フレームで補強
	13	A	無損傷	無損傷	無損傷	21	ガイドライン工法	ベタ基礎	構造補強・腐朽部材取替
	72	A	無損傷	無損傷	中破	17	ガイドライン工法	ベタ基礎(下屋部無)	
	85	A	無損傷	無損傷	無損傷	17	ガイドライン工法	ベタ基礎	小屋組修理
	32	A	無損傷	無損傷	無損傷	15	ガイドライン工法	布基礎	
	49	A	無損傷	無損傷	無損傷	15	ガイドライン工法		軸組修理
	84	A	無損傷	無損傷	無損傷	16	ガイドライン工法		
	43	A	無損傷	無損傷	無損傷	6・16	ガイドライン工法		
	5	A	無損傷	無損傷	無損傷	10	引掛け第3期	部分修理	土台修理
	42	A	無損傷	無損傷	無損傷	12	引掛け第3期		靱帯・柱取替
	3	A	無損傷	無損傷	無損傷	14	引掛け第3期		
	6	A	無損傷	無損傷	無損傷	6	引掛け第3期		
	14	A	無損傷	無損傷	無損傷	7	引掛け第3期		
	38	A	無損傷	無損傷	中破	7	引掛け第3期		
	45	A	無損傷	無損傷	中破	10	引掛け第3期		
	31	A	無損傷	無損傷	中破	18		ベタ基礎(下屋部無)	腐朽部材取替
	24	A	無損傷	無損傷	軽微	15		布基礎	土台取替
	28	A	軽微	大破	無損傷	10	引掛け第3期		土台・柱修理
	70	A	軽微	軽微	無損傷	11			土台・柱取替
	15	A	中破	大破	軽微	9	引掛け第3期		
	93	A	中破	軽微	無損傷	20			鉄骨でフレーム補強
	37	A	中破	大破	中破	7	引掛け第3期		
	68	A	中破	大破	軽微	13・14	下屋復元・部分修理		土台・柱腐朽部分取替
	92	A	中破	大破	中破	20	下屋葺替		腐朽土台・柱交換
	47	A	中破	中破	中破	11	下屋葺替		柱・桁修理
	66	A	大破	中破	無損傷	12・13	引掛け第3期	土間コン	土台取替
	67	A	大破	中破	無損傷	12・13	引掛け第3期	土間コン	土台取替
	71	A	大破	大破	軽微	13・14・16	土葺きによる全面葺替		土台修理
	90	B	無損傷	無損傷	無損傷	20	ガイドライン工法	ベタ基礎	軸組補強
	88	B	無損傷	無損傷	無損傷	22	ガイドライン工法		腐朽部材交換
	52	B	無損傷	無損傷	無損傷	19	引掛け第3期	ベタ基礎	柱・束取替
	18	B	無損傷	無損傷	無損傷	9	引掛け第3期		構造補強
9	B	無損傷	無損傷	無損傷	12	引掛け第3期		靱帯一部取替(部分修理)	
10	B	無損傷	無損傷	無損傷	12	引掛け第3期		靱帯一部取替(部分修理)	
19	B	無損傷	無損傷	無損傷	10	引掛け第3期		小屋組・土台・柱修理	
11	B	無損傷	無損傷	無損傷	10	引掛け第3期		小屋組修理	
54	B	無損傷	無損傷	無損傷	7	引掛け第3期			
83	B	無損傷	無損傷	無損傷	16	引掛け第3期		半船体による構造補強	
17	B	無損傷	無損傷	無損傷	8	部分修理		梁新設	
51	B	無損傷	無損傷	無損傷	19		ベタ基礎	柱・土台取替・構造補強	
56	B	中破	軽微	無損傷	14	引掛け第3期			
県指定文化財									
S醤油店	A	大破	大破	中破	5・8・913・14・20	影森の漆喰修理	部分修理	土台交換・2階床梁交換	
F呉服店	A	大破	大破	軽微	6・7・22	部分修理		一部半解体修理	
部分	87	A	無損傷	無損傷	軽微	18	下屋復元・部分修理		
	34	A	無損傷	無損傷	中破	9	下屋復元・部分修理		
	60	A	無損傷	無損傷	無損傷	9		部分修理	
	59	A	軽微	無損傷	無損傷	7・11	部分修理		
	48	A	中破	大破	中破	9		部分修理	
	35	A	中破	大破	中破	8		土台修理	
	53	A	大破	中破	無損傷	14		*外壁・開口部修理	
	12	A	大破	大破	軽微	18	軒先復元	*下見板葺替	
	20	B	無損傷	無損傷	中破	10	棟梁み直し		
	62	B	軽微	無損傷	中破	14	スレ補修	数取一部取替(部分修理)	
	県指定文化財								
N乾物店	A	大破	中破	中破	9・10・11	影森の漆喰修理		小上がり修理(部分修理)	
S書店	A	大破	大破	軽微	12・18	部分修理			

表4 佐原土蔵保存修理工事損傷比較表

修理箇所	保存番号	地区	屋根破損		外壁・軸組破損	保存修理工事 施工年度	保存修理工事		
			大屋根	大棟			屋根葺替	基礎工事	土台・軸組工事
全体	4	A	無損傷	無損傷	軽微	7	全面葺替		
	69	A	無損傷	無損傷	無損傷	11		土間コン	腐朽土台取替・柱起こし
	1	A	大破	大破	軽微	8	全面葺替		
	36	A	大破	大破	大破	14			構造補強
	91	B	無損傷	無損傷	無損傷	21			腐朽部材交換
	61	B	無損傷	無損傷	無損傷	9			土台修理・梁取替
	76	B	軽微	軽微	軽微	14	全面葺替		構造補強
	64	B	軽微	無損傷	大破	9	全面葺替		構造補強(柱・梁追加)
	63	B	中破	大破	無損傷	7・8・16	全面葺替		土台修理・梁取替
	77	B	大破	中破	大破	14	全面葺替		構造補強
	県指定文化財								
S醤油店土蔵	A	中破	中破	中破	5・8~12	屋根解体修理		軸組解体修理	
Y商店土蔵	A	中破	中破	大破	8・9			軸組修理	
部分	2	A	中破	大破	軽微	8			*外壁・開口部修理
	78	A	大破	大破	軽微	14			*漆喰修理
	75	B	無損傷	無損傷	中破	13	スレ直し		
	81	B	無損傷	無損傷	無損傷	14			*下見板葺替・漆喰修理
	65	B	軽微	無損傷	軽微	15	スレ直し		野垂木取替
	82	B	軽微	無損傷	軽微	15	スレ直し		
	県指定文化財								
N商店土蔵	A	大破	中破	軽微				*壁面修理	
F呉服店土蔵	A	大破	大破	大破	5	部分修理			

(文化庁が示す棟の心木を金物で補強するなどの対策) 今後の修理工事では、棟瓦の損傷を防ぐために、ガイドライン工法を採用することが望ましいと考える。土蔵の修理では、屋根の葺替が行われたにもかかわらず、損傷率は高く、修理の効果がなかった。土蔵で

修理が行われた為である。今後は土蔵の利点である断熱性を生かしつつ瓦を落下させない工法が課題である。

(4)-2 外壁と軸組の保存修理工事

小野川下流は、液状化現象が発生し、護岸が崩れた。それにより宅盤が、川に向かってずれるなどの被害が発生した。佐原の中破した町家の10棟(11棟中)は小野川下流に位置し、下屋の軸組の傾きや土間に亀裂が入るなどの損傷となった。しかしながら、下屋を含む建物全てをベタ基礎工法とした建物6棟は無損傷であった。軟弱地盤では建物全体をベタ基礎とする工法が有効であると確認できた。液状化の対策としてベタ基礎工法は有効であると文化庁の手引きでも示している。町家では軸組を修理しただけの建物は、外壁に被害を出しており、軟弱地盤では基礎も同時に修理しなければ効果がないことが判明した。土蔵も、軸組の修理をしただけの建物は、全て大破していた。唯一基礎を土間コンで修理した土蔵は、無損傷であった。今後の修理としては、軸組の修理だけではなく、軟弱地盤においては、基礎の修理を同時に行い、工法はベタ基礎を採用することが望ましいと考える。

(4)-3 保存修理工事の基本方針

真壁・佐原の町家や土蔵は耐震診断により、多くの建物が極稀に発生する震度6強を超える地震で倒壊するという評価となっていた。関東では30年以内に約70%の確率で発生すると予想されている首都圏直下型地震の懸念がある。しかしながら、内閣府の想定では、関東の重伝建地区5地区は6強を超える震度は想定されておらず、東日本大震災と同程度の5強～6弱の震度が予想される。本来であれば震度6強以上の地震に備えて、耐震補強を行うことが望ましいが、本研究では適切な工法で全面修理工事が行われていれば、震度5強を2度も記録した佐原において、無損傷で済んでいた特定建築物の町家が多くあったことを明らかにした。

修理工事に当たっては、地質調査により地震動が増幅しやすいエリアを特定すること。また耐震性の劣っている特定建築物を優先する等修理の年次工事計画を立てることが関東の重伝建地区の地震防災計画の基本となると考える。

5 まとめ

① 真壁と佐原で被害が大きかったのは軟弱地盤で地震動が増幅した結果であったこと。また内陸部の桐生で被害が多く出たのは扇状地の影響であったこと。川越・栃木で被害が少なかったのは地盤が良かったことなど、各地区の損傷の違いは立地

する地盤と大きな関係があったことを明らかにした。

- ② 町家の被害は、南北の土壁の偏在や、下屋庇の構造など防火建築として発達してきた関東の重伝建地区の町家の構造に一因があった。
- ③ 土蔵の被害は、辺長比の大きい建物や、下屋が取りついている建物に被害が多かったことや、やはり防火構造として発達してきた構造に一因があった。
- ④ 震度5強を2度も記録し、液状化が発生した軟弱地盤の佐原において適切な保存修理工事が行われていれば、特定建築物の町家の被害は最小限に食い止められることが判った。

最後に関東の重伝建地区の当面の耐震化の一つの方法としては、適切な保存修理工事を進捗させることが重要であると結論付けた。

謝辞

本研究に当たり、筑波大学芸術系教授・上北恭史先生には論文指導に終始懇切丁寧なご指導をいただいた上に、震災直後の真壁の被害写真の提供をいただき感謝の意を表します。また三重大学教授・花里利一先生に耐震工学的な見地から様々なご指導・ご教示を賜り誠にありがとうございました。筑波大学芸術系教授稲葉信子先生には建築史的な観点や文化財保護の観点から様々なご指導をいただきました。筑波大学芸術系助教佐藤布武先生には論文作成における様々な注意点の指摘を受けました。

各自治体の関係者の皆様方には貴重な資料を提供いただきお礼を申し上げます。

参考文献

参考文献

- 1) 日本建築学会：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報 2011年7月
- 2) 日本建築学会：東日本大震災合同調査報告編集委員会編集 東日本大震災合同調査報告 2015年7月15日
- 3) 独立行政法人建築研究所監修 社団法人 全日本瓦工事業連盟：瓦のガイドライン工法 2001年

注

- 1) 気象庁強震観測データ：
http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyouki/index2.html 2016年3月31日
独立行政法人防災科学技術研究所強震観測網：
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/> 2016年3月31日