

石造鳥居の耐震性に関する考察

A Study on the Earthquake Resistance of Stone Torii

中嶋裕典¹・野村直樹¹・田口仙市郎²・高橋佑花³

Yusuke Nakajima, Naoki Nomura, Senichirou Taguchi and Yuka Takahashi

¹関西大学大学院博士課程後期課程 理工学研究科総合理工学専攻 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

Doctoral Program, Graduate School of Kansai University, Science and Engineering, Integrated Science and Engineering Major

²関西大学大学院博士課程前期課程 理工学研究科環境都市工学専攻 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)

Master's Program, Graduate School of Kansai University, Science and Engineering, Environmental and Urban Engineering Major

³株式会社 文化財構造計画 (〒532-0011 大阪府大阪市淀川区西中島五丁目13番地12号谷ビル9F)

Heritage Structure Engineering Design, INK

There are two types of torii: wooden and stone. It is presumed that although the torii was originally wooden, it was gradually rebuilt into a durable stone. The form of a stone torii is basically the same as that of a wooden torii, but it is susceptible to earthquake damage because its weight is far greater than that of a wooden. In this study, in addition to the designated cultural property, the seismic risk is examined based on the current survey results of the stone torii in Kyoto city.

Keywords: torii, earthquake, attenuation relationship, damage, dimension ratio

1. 鳥居の地震被害について

鳥居は神社の神域と俗界との結界を象徴するとされており、神域の入り口から参道に沿って一の鳥居、二の鳥居、三の鳥居と称して複数建てられることが多い。鳥居には木造と石造の2系統があるが、これはもともと木造であった鳥居が、耐久性に優れた石造に次第に造り替えられたためと推定される。

石造鳥居の形態は木造鳥居と基本的に異ならないが、石造鳥居は腐朽しない反面、重量が木造とは比べものにならないほど大きいため地震被害を受けやすい。

写真1aは1995年兵庫県南部地震で島木と笠木が落ちた猿田彦神社、写真1bは2007年能登半島地震で柱ごと倒壊した吉浦白山神社、写真1cは2013年淡路島地震により貫・束・扁額が落ち、島木と笠木がずれた加茂神社の鳥居の被災状況¹⁾であるが、集落の身近な神社の石造鳥居を具に観察すると、地震の影響とみられる石材の欠損のほか貫や額束などに取り換えの痕跡が大抵見つかるものである。

写真2は神輿の宮入を控えて参道には露店が立ち並び、立錫の余地もない状況下、石鳥居の下を祭礼の行列が見物人と共に通過しようとしている。写真3aは京都市内繁華街の錦神社の石鳥居である。笠木、島木、貫の両端は道路にせり出した建物の壁面に呑み込まれているが、その下を日夜多数の人々の往来がある。写真3bは北野大社の石の大鳥居であるが、その足元にはバスやタクシーの昇降客が多い。

普段神社の参道や境内は静謐であるが、大晦日や初詣、さらに例大祭になると参拝者で溢れ返るので、折悪しく石造鳥居が大地震に遭遇すると甚大な人的被害は避けがたい。

しかしながら、時に数十トンにもおよぶ石鳥居の地震時の挙動についてはほとんど検討されていない。そのため本研究では地震被害の軽減を視野に指定文化財のほか、京都市内の石鳥居の現況調査結果を踏まえて、その耐震性について検討する。



写真 1a 猿田彦神社 (神戸市灘区) 写真 1b 吉浦白山神社 (輪島市門前町) 写真 1c 賀茂神社 (洲本市上加茂)



写真 2 例大祭など

写真 3a 錦天満宮 (京都市中京区)

写真 3b 北野天満宮 (京都市上京区)

2. 歴史的な石鳥居が受けた最大加速度について

日本各地には幾度もの大地震に耐えた石鳥居が存在する。ここでは代表的な事例として大阪市天王寺区の四天王寺石鳥居および福岡県の管崎宮鳥居並びに山形県蔵王成沢の八幡神社鳥居の3基に着目する。これらの鳥居で注目されるのは、柱が太短いことなど近世に作られた“神明鳥居”や“明神鳥居”とは形態がかなり異なっていることである。

また本研究では遭遇した地震の最大加速度を次の「司・翠川の距離減衰式²⁾」により評価した。

$$\log \text{PGA} = 0.5M_w + 0.0043D + 0.61 - \log(X + 0.0055 \times 10^{0.5M_w}) - 0.003X \quad (1)$$

PGA : 最大加速度 M_w : モーメントマグニチュード D : 震源深さ X : 距離

(1) 四天王寺鳥居³⁾

現在の鳥居は永仁2(1294)年建立で、形状寸法を図1に、西側からの外観を写真4に示す。地盤からの高さは約8.1m、柱間距離は約7.2m。柱の直径は約1.1mで2本継である。また現況地盤より約1.1m、ちょうど柱径に相当する深さに根入され、その下部には厚さ約0.65mの石製礎盤が設置されている。

なお、この鳥居の笠木・端貫・柱は石造であるが、柱間の貫および鳥木は木造である。また、木材の腐朽を考慮して鳥木は銅板で包まれている。また明治36(1903)年の第5回内国勸業博覧会に際して頌徳大梵鐘の鑄造に伴い、同年に両端の石貫が取り替えられるなど、1294年の建立以来、柱以外の部材については補修や取り替が繰り返されたようである。

四天王寺の大鳥居はもともと木造であったが、安元元(1175)年の大風で倒壊した後直ちに再建されたとある。石造に改築された時期は不明であるが、永正7(1510)年の摂津河内地震で石鳥居転倒との記録があることから16世紀初頭には石造鳥居が存在していた可能性が高い。その後、天正7(1579)年の河内地震でも鳥居倒れたとの記録がある。寛文2(1662)年には近畿内陸部にM7.8の巨大直下型地震が発生したので、寛文7年、9年の笠木の修理はこの地震での構造被害を伺わせる。

1361年の正平年間の畿内・土佐・阿波地震から1995年の兵庫県南部地震までの約650年間に大阪に被害をもたらした16の地震の震源とマグニチュードを表1にまとめ、赤字の部分は地震により倒壊被害が出た地震である。また式(1)の距離減衰式に基づいて四天王寺での最大加速度も示した。

永正7(1510)年と天正7(1579)年の2度の摂津河内の直下型地震(推定M6~7)における推定加速度は約390ガルあるが、四天王寺石鳥居が経験した最大加速度は1596年の文禄(慶長)地震の約560ガルでは倒壊という記録は残っていない^{註1)}。なお、平成7(1995)年兵庫県南部地震での推定加速度は約140ガルであった。

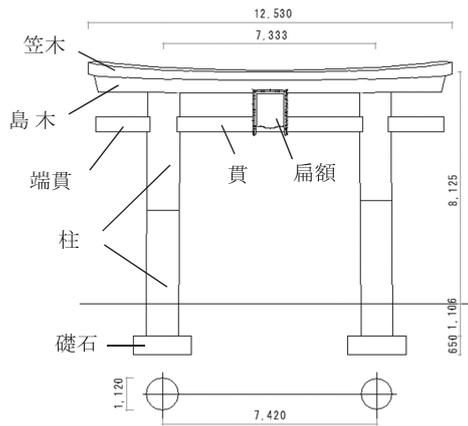


図1 四天王寺鳥居

表1 四天王寺鳥居が受けた加速度⁴⁾⁵⁾

	年代	地震	東経	北緯	震源		Mj	Mw	PGA cm/s/s	
					D km	X km				
1	正平16(1361)年	畿内・土佐・阿波	135.000	33.000	不明	10	189.5	8.5	7.71	38.0
2	応永14(1408)年	紀伊・伊勢	136.000	33.000	不明	10	188.9	8	7.32	26.0
3	永正7(1510)年	摂津・河内	135.600	34.600	不明	10	9.8	7	6.54	390.5
4	天正7(1579)年	摂津	135.500	34.700	不明	10	5.3	6.25	5.96	391.3
5	文禄5(1596)年	畿内・土佐・阿波...	135.600	34.650	不明	10	7.8	7.75	7.13	558.1
6	寛文2(1662)年	山城・大和・河内...	135.950	35.200	不明	10	72.5	7.6	7.01	96.6
7	宝永4(1707)年	宝永地震	135.900	33.200	不明	10	165.1	8.4	7.63	46.8
8	嘉永7(安政1)(1854)年	安政東海地震	137.800	34.000	不明	10	222.5	8.4	7.63	24.5
9	嘉永7(安政1)(1854)年	安政南海地震	135.000	33.000	不明	10	189.5	8.4	7.63	35.3
10	明治24(1891)年	濃尾地震	136.600	35.600	不明	10	144.3	8	7.32	44.8
11	昭和2(1927)年	北丹後地震	135.150	35.530	0	0	102.7	7.3	6.77	42.1
12	昭和11(1936)年	河内大和地震	135.720	34.580	0	20.5	6.4	6.07	145.1	
13	昭和19(1944)年	東南海地震	136.620	33.800	30	139.1	7.9	7.24	54.1	
14	昭和21(1946)年	南海地震	135.620	33.030	20	180.4	8	7.32	31.8	
15	昭和27(1952)年	吉野地震	135.780	34.450	60	33.2	6.8	6.38	218.6	
16	平成7(1995)年	兵庫県南部地震	135.037	34.595	17.9	44.3	7.2	6.70	141.1	



写真4 四天王寺鳥居

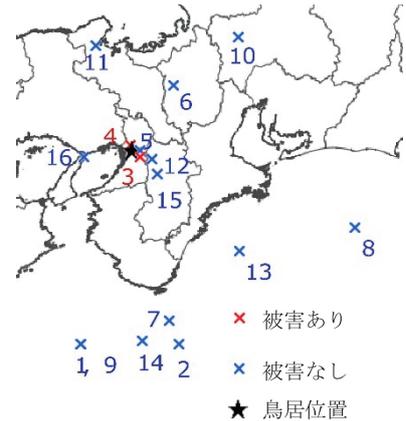


図2 震源地と四天王寺鳥居の位置⁶⁾

(2) 国指定文化財管崎宮鳥居

慶長14(1609)年に建立された国指定文化財管崎宮鳥居の形状寸法と外観を図3および写真5に示す。地盤からの高さは4.75m、足元の柱間距離は4.2m、柱頭部の柱間距離は3.7mで脚部に比べて約1mほど短く作られている。柱の直径は根元で約1m、頂部で約0.6mの円錐台の形状で地盤上の柱は3本継となっているが、砂質地盤への根入れ深さは不明である。

この鳥居の特徴は笠木と島木が一体に作られた横架材の断面が柱の太さに比べてかなり小さいことや、柱を先すぼみにして重心を下げるとともに、柱を内転びにしていることなど耐震性に対する慎重な配慮が伺われることである。

図4は管崎宮付近の歴史的な地震の震源と推定加速度を示したもので、表2は各地震の推定加速度の一覧である。福岡周辺は創建以来400年間については比較的大地震が少なく、平成17(2005)年福岡県西方沖地震での約200ガルの推定加速度が最大で、明治31(1898)年および昭和4(1929)年の福岡地震での約110ガルがこれに次いで大きい。

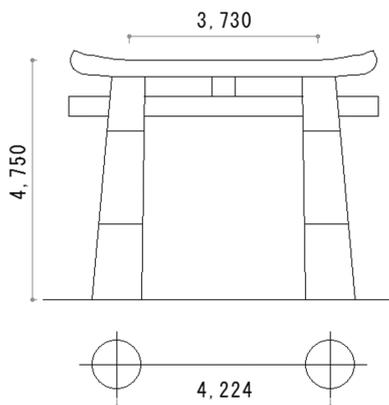


図3 管崎宮鳥居



写真5 管崎宮鳥居

表2 宮崎宮鳥居が受けた加速度⁴⁾⁵⁾

年代	地震	東経	北緯	D	X	Mj	Mw	PGA cm/s/s	
				km	km				
1 元禄11(1696)年	大分	131.500	33.100	不明	10	115.4	6	5.76	12.9
2 元禄13(1700)年	奄岐・対馬	129.600	33.900	不明	10	82.5	7	6.54	51.1
3 享保3(1723)年	肥後・豊後・筑後	130.600	32.900	不明	10	81	6.25	5.96	28.3
4 享保10(1725)年	肥前・長崎	129.800	32.700	不明	10	116.9	6	5.76	12.6
5 明和6(1769)年	日向・豊後	132.100	33.000	不明	10	170.5	8	7.32	32.4
6 寛政4(1792)年	雲仙岳	130.300	32.800	不明	10	72.5	7.6	7.01	96.6
7 寛政5(1793)年	長門・周防・筑前	131.500	34.100	不明	10	113.3	6.5	6.15	20.4
8 天保2(1831)年	肥前	130.300	33.200	不明	10	47.4	6.1	5.84	51.8
9 弘化4(1848)年	筑後	130.400	33.200	不明	10	46.1	5.9	5.68	45.4
10 嘉永7(安政1)(1854)年	伊予西部	132.000	33.250	不明	10	152.2	7.5	6.93	27.3
11 安政4(1857)年	伊予・安芸	132.500	34.000	不明	10	197.1	7.3	6.77	13.3
12 明治22(1889)年	熊本	130.650	32.800	不明	10	92.8	6.3	5.99	23.9
13 明治28(1895)年	熊本	130.950	32.850	不明	10	98.1	6.3	5.99	21.9
14 明治31(1898)年	福岡市付近	130.200	33.600	不明	10	20.7	6	5.76	118.9
15 大正3(1914)年	桜島	130.600	31.600	不明	10	224.1	7.1	6.62	8.3
16 大正6(1916)年	大分県北部	131.600	33.500	不明	10	110.1	6.1	5.84	15.2
17 昭和4(1929)年	福岡県	130.800	33.180	0	59.7	5.5	5.37	20.9	
18 昭和4(1929)年	福岡県	130.320	33.620	0	9.5	5.1	5.06	113.5	
19 平成17(2005)年	福岡県西方沖	130.183	33.733	9	22.7	7	6.54	215.2	

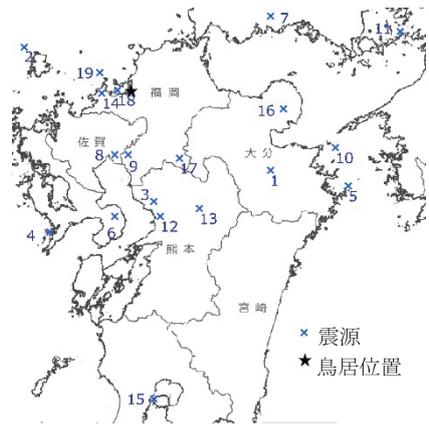


図4 震源地と宮崎宮鳥居の位置⁶⁾

(3) 成沢八幡神社鳥居

山形県山形市にある重要文化財成沢八幡社石鳥居の創建は平安末にさかのぼるとされ、我が国最古の鳥居に属する。形状寸法を図5に外観を写真6に示す。この鳥居は幅1.5m厚さ45cm程の礎盤上に、直径約1m、長さ約3mの凝灰岩の一石の柱を置き、その上部に厚さ80cmほどの笠木と鳥木を一体に作り出した横架材を載せている。鳥居の総高は約4.4mで、柱の間隔は約3.5mと狭く、柱が非常に太いことも相まって安定感に優れる。なお、石材の貫は柱に貫孔を穿ってこれを貫通させている。山形県にはこのほか、“重要文財元木石鳥居”、天童市には“山形県指定清池石鳥居”が遺存しているが、いずれも成沢の石鳥居とよく似た形態で、その創建は平安期といわれている。

成沢の鳥居が遭遇した歴史的な地震の震源と規模を図6に、推定最大加速度を表3に一括して示す。成沢の石鳥居は建立以来1千年近くを経ている可能性があるが、古代から中世の地震記録は乏しいので、永享5年以来約600年間の歴史地震について検討すると、推定最大加速度は133ガル程度と比較的小さい。図6の★印に示すように当該石鳥居は奥羽地方の分水嶺付近にあって太平洋・日本海の海洋性地震の震源から遠いこともその要因と考えられる。

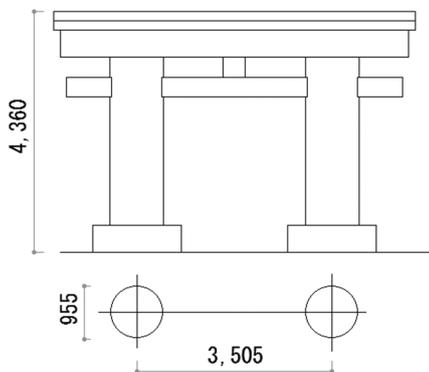


図5 成沢八幡神社石鳥居



写真6 成沢八幡神社石

表3 成沢八幡神社石鳥居が受けた加速度⁴⁾⁵⁾

年代	地震	東経	北緯	D	X	Mj	Mw	PGA cm/s/s	
				km	km				
1 永享5(1433)年	会津	139.800	37.700	不明	10	72.1	6.70	6.31	48.6
2 慶長16(1611)年	会津	139.800	37.600	不明	10	81.0	6.90	6.46	48.4
3 正保3(1646)年	陸前	140.650	38.100	不明	10	31.0	6.70	6.31	133.0
4 享保16(1731)年	岩代	140.600	38.000	不明	10	33.3	6.50	6.15	106.6
5 享保21(1736)年	仙台	140.800	38.300	不明	10	99.5	6.00	5.76	41.6
6 文化1(1804)年	象潟地震	139.950	39.050	不明	10	121.3	7.10	6.62	50.3
7 天保4(1833)年	羽前・羽後・越後...	139.250	38.900	不明	10	85.7	7.75	7.13	48.3
8 明治27(1894)年	庄内地震	139.900	38.900	不明	10	147.8	7.00	6.54	26.6
9 明治29(1896)年	陸羽地震	140.700	39.500	不明	10	138.9	7.40	6.85	29.9
10 明治30(1897)年	仙台沖	141.900	38.100	不明	10	87.6	7.40	6.85	46.7
11 明治33(1900)年	宮城県北部	141.100	38.700	10	15.1	7.00	6.54	110.5	
12 昭和19(1944)年	山形県左沢町	140.200	38.300	10	36.8	5.50	5.37	64.6	
13 昭和31(1956)年	宮城県南部	140.620	37.970	20	36.8	6.00	5.76	71.3	
14 昭和39(1964)年	新潟地震	139.110	38.210	40	106.0	7.50	6.93	69.6	
15 昭和53(1978)年	宮城県沖地震	142.100	38.090	40	156.5	7.40	6.85	32.0	
16 昭和58(1983)年	日本海沖地震	139.077	40.357	14	262.1	7.70	7.09	9.5	



図6 震源地と成沢鳥居の位置⁶⁾

3. 各時代の石鳥居のプロポーシオンについて

(1) 文化財に指定された石鳥居

時代によって石鳥居のプロポーシオンがどのように変化したか、文化財指定された25基について図7に示す基本寸法と創建年代をまとめたものが表4である。また、表4は鳥居を構成する柱、笠木、島木、貫等の寸法、表5はこれらの体積、表6は全体重量に対する比率である^{註2)}。

日本で一番古い鳥居は、成沢鳥居、八幡神社鳥居、清池石鳥居で1086年から1184年の間に創建されたとされ、次いで14世紀から15世紀の鳥居が依存するが、殆どは江戸以降に作られたものである。また高さTH、柱真距離Lが大きいものは、八坂神社の石鳥居であった。

表4 文化財指定鳥居の年代と基本寸法(mm)

名称	年代	高さTH	真々距離(柱下)L	柱高さH	柱直径B
鳥居	1086	3510	3747	2580	947
八幡神社鳥居	1086	4360	3505	3050	955
清池石鳥居	1086	3870	3870	3280	860
四天王寺鳥居	1294	8125	7420	7330	1120
八幡神社鳥居	1361	4300	3430	3915	443
本荘八幡宮鳥居	1421	2200	1900	2000	230
与賀神社三の鳥居	1603	3900	3752	3640	695
宮崎宮鳥居	1609	4750	4224	4427	979
南宮神社鳥居	1642	6463	5909	5796	757.5
八坂神社石鳥居	1646	9330	7950	8490	1060
梅林天満宮鳥居	1659	4800	4377	4283	730
鶴岡八幡宮大鳥居(一の鳥居)	1668	8500	6953.85	7696	909
春日神社参道鳥居	1720	3800	3100	3437	377
神明社稲荷鳥居	1810	4100	3000	3400	382
武重本家酒造及び武重家住宅屋敷神鳥居	1827	2250	2750	2027	180
老松天満社鳥居	1846	3700	2500	3338	440
大神山神社石の大鳥居	1854	8500	7450	7720	606
網野神社石鳥居	1881	5500	4860	5015	460
彌彦神社二之鳥居	1916	6400	4500	6000	435
春日神社西参道鳥居	1934	3900	3100	3581	412
島田家住宅鳥居	1937	2300	1800	1970	181.8
吉野神宮表鳥居	1939	5900	5500	5300	600
加田家住宅鳥居	1931	2200	1700	1965	174

TH:総高さ H:柱長さ L:脚部の柱間隔 B:基礎部の柱

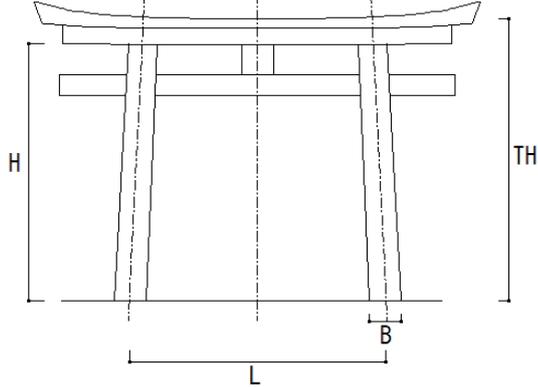


図7 鳥居の基本寸法

表6 各部材の全体重量に対する比率

名称	重量比率	柱 [%]	笠木 [%]	島木 [%]	貫 [%]	額束 [%]
鳥居	42.1	24.4	27.6	5.6	0.3	
八幡神社鳥居	45.3	22.1	25.5	6.6	0.5	
清池石鳥居	57.6	19.3	23.1			
四天王寺鳥居	55.8	17.7	16.4	9.0	1.1	
八幡神社鳥居	54.7	18.1	19.5	6.4	1.2	
本荘八幡宮鳥居	54.7	17.5	19.6	8.3	0.0	
与賀神社三の鳥居	59.5	31.6	0.0	8.1	0.8	
宮崎宮鳥居	63.2	26.1	0.0	10.0	0.8	
南宮神社鳥居	47.6	18.8	21.5	11.0	1.2	
八坂神社石鳥居	52.7	17.8	18.8	9.6	1.2	
梅林天満宮鳥居	49.0	18.9	19.6	10.9	1.5	
鶴岡八幡宮大鳥居(一の鳥居)	50.8	25.0	21.2	2.0	1.0	
春日神社参道鳥居	51.6	18.1	19.2	9.0	2.1	
神明社稲荷鳥居	34.3	28.1	29.3	7.5	0.8	
武重本家酒造及び武重家住宅屋敷神鳥居	46.6	21.2	23.6	8.6		
老松天満社鳥居	56.5	16.2	17.4	8.1	1.7	
大神山神社石の大鳥居	42.1	22.1	23.4	11.5	0.9	
網野神社石鳥居	47.8	19.4	20.9	10.5	1.4	
彌彦神社二之鳥居	52.7	17.7	19.4	10.1	0.0	
春日神社西参道鳥居	57.7	15.7	16.2	8.2	2.2	
島田家住宅鳥居	37.5	25.4	28.6	7.7	0.7	
吉野神宮表鳥居	45.9	21.4	23.0	8.9	0.8	
加田家住宅鳥居	41.0	52.7		6.3		

表5 文化財指定鳥居の各部材の体積と重量

名称	柱	笠木	島木	貫	額束	全体	重量(t)
鳥居	3.45	2.00	2.26	0.46	0.02	8.19	21.29
八幡神社鳥居	4.18	2.04	2.35	0.61	0.04	9.22	23.98
清池石鳥居	3.58	1.20	1.44	0.00	0.00	6.21	16.16
四天王寺鳥居	14.03	4.46	4.14	2.26	0.28	25.16	65.43
八幡神社鳥居	1.18	0.39	0.42	0.14	0.03	2.16	5.60
本荘八幡宮鳥居	0.16	0.05	0.06	0.02		0.29	0.76
与賀神社三の鳥居	1.94	1.03		0.26	0.03	3.26	8.47
宮崎宮鳥居	4.62	1.91		0.73	0.06	7.31	19.01
南宮神社鳥居	5.04	1.99	2.28	1.16	0.12	10.59	27.54
八坂神社石鳥居	14.53	4.90	5.18	2.65	0.33	27.59	71.74
梅林天満宮鳥居	2.46	0.95	0.98	0.55	0.08	5.02	13.04
鶴岡八幡宮大鳥居(一の鳥居)	9.63	4.73	4.01	0.38	0.18	18.94	49.25
春日神社参道鳥居	0.74	0.26	0.28	0.13	0.03	1.43	3.73
神明社稲荷鳥居	0.75	0.61	0.64	0.16	0.02	2.18	5.68
武重本家酒造及び武重家住宅屋敷神鳥居	0.1	0.05	0.05	0.02		0.21	0.56
老松天満社鳥居	0.98	0.28	0.30	0.14	0.03	1.74	4.51
大神山神社石の大鳥居	4.32	2.27	2.39	1.18	0.09	10.25	26.65
網野神社石鳥居	1.62	0.66	0.71	0.36	0.05	3.39	8.81
彌彦神社二之鳥居	1.74	0.58	0.64	0.33	0.00	3.30	8.58
春日神社西参道鳥居	0.93	0.25	0.26	0.13	0.04	1.61	4.19
島田家住宅鳥居	0.1	0.07	0.08	0.02	0.00	0.27	0.69
吉野神宮表鳥居	2.92	1.36	1.46	0.57	0.05	6.36	16.53
加田家住宅鳥居	0.09	0.12		0.01		0.22	0.57

(2) 京都市内の石鳥居について

京都の中心市街地には多くの鳥居があるので、強い地震に遭遇すると石鳥居の倒壊によって重大な人的被害を生じる危険性が指摘される。そのため市内の4地区を選んでそこにある石鳥居の寸法などを現地調査した。調査地域は以下の通りであるが、一部RC造および木造を含む。

- ・八幡神社境内：6基
- ・北野天満宮周辺：9基
- ・熊野神社周辺：6基
- ・その他：4基
- ・合計 25基

表7 京都市内鳥居の年代と寸法(mm)の一覧

番号	名称	材質	年代	高さ TH	芯々距離 (柱下)L	柱高さH	柱直径B
1	岡崎神社	石	1916	3380	2700	3050	300
2	岡崎神社	石	1917	2760	1880	2510	251
3	岡崎神社	石	1928	6781	5443	6193	618
4	熊野神社	石	1707	4682	3426	4306	404
5	熊野神社	石	1837	2890	2500	2620	250
6	熊野神社 稲荷大神金毘羅大神	木	1868	2560	1950	2335	178
7	北野天満宮内 亀社	石	1966	3592	2368	3265	312
8	北野天満宮内	石	1933	2820	2600	2597	271
9	北野天満宮 2の鳥居	石		6123	5540	5723	828
10	北野天満宮 文子天満宮	石	1875		3321		397
11	北野天満宮内 宗像社	石			1927		220
12	北野天満宮	石	1921		8027		926
13	北野天満宮	石			4570		592
14	北野天満宮	石		6203	5277	5678	700
15	北野天満宮 伴氏社	石	1310	6313	4430	5604	753
16	御辰稲荷神社	石	1930	2520	1680	2330	170
17	御辰稲荷神社	木		3045	2200	2780	261
18	御辰稲荷神社	コンクリート	1929	3720	3030	3370	366
19	八坂神社内 疫神社	石	1928	3679	2700	3418	374
20	八坂神社内 太田社	石	1928	3381	2418	3084	493
21	八坂神社内 北向蛭子社	石	1871	3658	2000	3335	296
22	八坂神社内 大國主神社	石	1928	3901	2900	3578	395
23	八坂神社内 悪王子社	石	1928	2896	1970	2550	350
24	八坂神社内 大神宮社	木	1981		2220		283
25	平野神社	モルタル		6011	4913	5600	554

表8 鳥居の各部材体積と全体重量

番号	名称	体積[m ³]					全体重量(t)	
		柱	笠木	島木	貫	額束		
3	岡崎神社	3.59	1.50	0.51	0.82	0.09	6.51	16.92
4	熊野神社	1.08	0.41	0.12	0.18	0.02	1.80	4.68
7	北野天満宮内 亀社	0.48	0.18	0.07	0.11	0.01	0.85	2.20
8	北野天満宮内	0.29	0.12	0.04	0.05	0.01	0.51	1.32
9	北野天満宮2の鳥居	5.99	0.96	0.42	0.69	0.09	8.15	21.19
14	北野天満宮	4.25	1.53	0.47	0.72	0.05	7.03	18.27
19	疫神社	0.73	0.19	0.07	0.10	0.01	1.10	2.86
20	太田社	1.15	0.20	0.08	0.09	0.01	1.54	4.00
21	北向蛭子社	0.45	0.14	0.07	0.08	0.01	0.74	1.92
22	大國主神社	0.85	0.31	0.09	0.12	0.02	1.39	3.62
23	悪王子社	0.48	0.10	0.04	0.05	0.01	0.68	1.76

表9 各部材の全体重量に対する比率

番号	名称	重量比	柱 [%]	笠木 [%]	島木 [%]	貫 [%]	額束 [%]
3	岡崎神社		59.8	22.6	6.7	10.0	0.9
4	熊野神社		55.1	23.0	7.8	12.6	1.4
7	北野天満宮内 亀社		57.2	21.0	7.8	12.8	1.2
8	北野天満宮内		57.5	23.4	7.4	10.2	1.4
9	北野天満宮2の鳥居		73.5	11.8	5.1	8.5	1.1
14	北野天満宮		60.5	21.8	6.7	10.2	0.8
19	疫神社		66.8	17.1	6.2	8.7	1.2
20	太田社		74.9	12.8	5.3	6.2	0.9
21	北向蛭子社		60.5	18.9	9.3	10.2	1.1
22	大國主神社		61.3	22.2	6.6	8.7	1.2
23	悪王子社		70.9	14.1	6.3	7.6	1.1

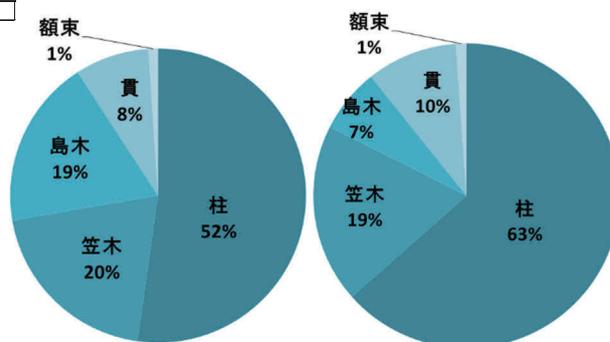


図8 各部材の重量比率 (左:文化財 右:京都市内)

表7に各鳥居の各部寸法、寸法の明確な鳥居について表8に体積、表9に部材の比率を示す。また、建立年代は銘文から判定した。なお重量計算ではすべて比重2.6の御影石を仮定した。

創建年代は⑮北野天満宮伴氏社が14世紀で最も古く、熊野神社の3基④⑤⑥が江戸中期から末期に遡るものの、ほとんどは大正時代から昭和初期に建立されたものであった。

(3) 石鳥居の重量分布

四天王寺の鳥居のように島木が木造の場合もあるが、それ以外について柱・貫・笠木・額束の重量比率の平均値を求めたものが図8である。石鳥居の場合、柱1本が全体重量の25%、2本で50%を占める。また笠木と島木はそれぞれ20%程度、貫は10%となり額束の重量はほとんど無視できるほどである。

4. 石鳥居の寸法の時代変化

文化財指定石鳥居寸法(表4)、京都市調査石鳥居寸法(表7)に基づき、鳥居の年代ごとの寸法変化について検討する。着目するのは図7に示す 柱径:B、柱高さ:H、柱真距離:L、総高:TH、重心高さ:Gである。

(1) H/B 関係

図9は、縦軸に柱長Hと柱幅Bの比率(H/B)を横軸に年代をプロットしたもので、図9は10世紀から20世紀、図10は16世紀から20世紀近世について求めたものである。これらより概ね17世紀以降、H/Bが大きくなる傾向を示す。つまり、柱高さに対し、柱径が細くなってきたが、近世初頭には匠平等の木割書が出され、石鳥居に関しても木造鳥居の木割書を基準とした可能性が指摘できる。なお、10世紀以降の長いスパンで見ると山形の成沢鳥居などが最少2.7、八坂鳥居が最大13.8、全体平均は8.8であった。また、山形、岡山、九州など地域ごとに(H/B)比が明瞭の異なることから、地域性の存在が考えられる。

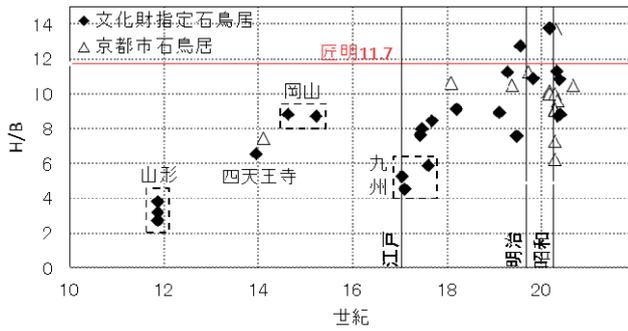


図9 (H/B) の変化 (10世紀~20世紀)

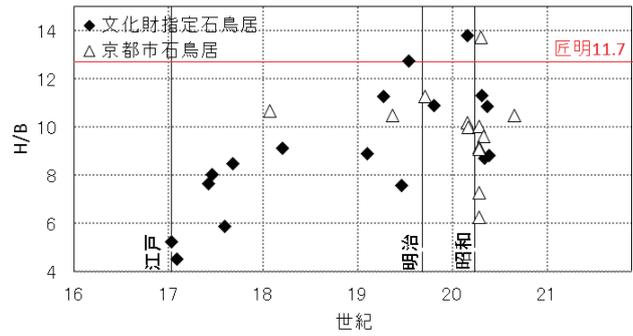


図10 H/B の歴史的变化 (16世紀~20世紀)

(2) L/B 関係

図11はスパンLと柱径Bの比の時代変化を示す。これより図9, 10の(H/B)と同じく江戸期以降に(L/B)も大きくなっており、次第にスパンに対しての柱径が小さくなったことが分かる。

(3) H/L 関係

図12は、柱高Hを柱真距離Lで除したものである。12世紀頃は0.7~0.9程度であったが、時代とともに緩やかに増加する傾向が認められる。1.7に達する非常に細長い石鳥居もあるが、平均的には1.1程度で正方形に近いものが多い。

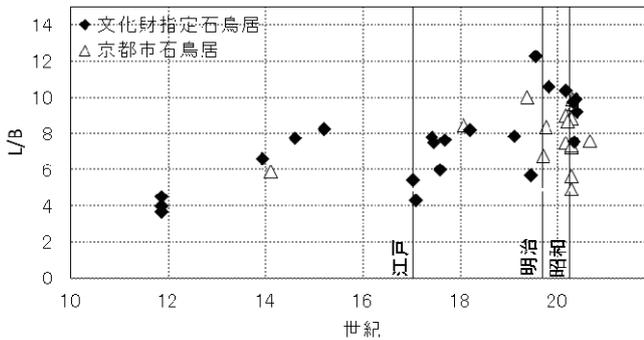


図11 L/B の変化傾向

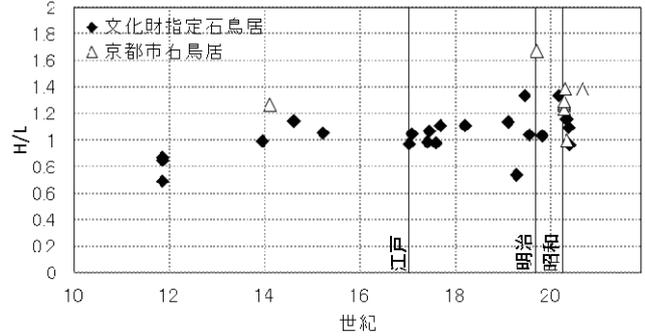


図12 H/L 関係

(4) G/TH 関係

図13は、重心高Gを、総高THで割ったものである。最小0.6、最大0.8、平均0.6であるが、重心高さに関しては建立時期に関係なくほぼ一定であった。これより石鳥居の重心高さは総高THの60%とみなせる。

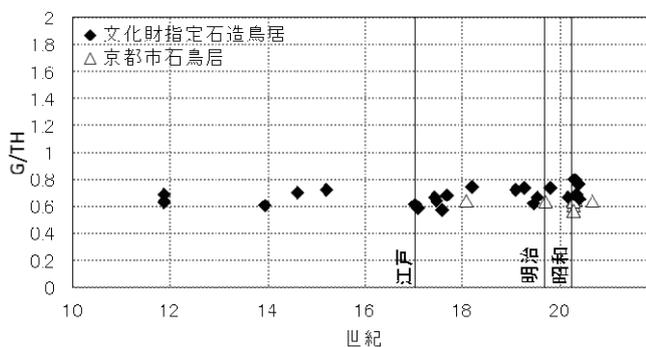


図13 G/TH の変化

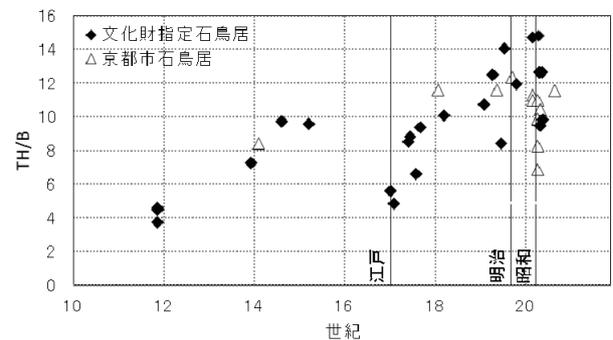


図14 TH/B 値の変化

(5) TH/B 関係

図14は総高THを柱径Bで除したものである。H/B、L/Bと同じく、時間の経過とともに比が大きくなっていく。

5. 結論と考察

本研究においては以下の知見が得られた。

(1) 歴史的な石鳥居について

成沢鳥居が受けた加速度において最大133ガルと比較的小さく、次いで筥崎鳥居においても最大215ガルという結果であった。この2つの鳥居については地震によって倒壊したという文献もなく柱長さに対して柱が太いこともあり被害を免れていたのではないかと考えられる。

しかし、四天王寺鳥居では内陸の直下型地震において最大558ガルという加速度を受けているが、倒壊という文献は残っていない。しかし、永正7・天正7の内陸地震において390ガルもの加速度を受けて倒壊している。

(2) 鳥居の重量分布について

様々な鳥居について部材の重量分布を調べたところ、柱が全体の約52～63%を占めており、次いで島木や笠木が26～39%を占めている。

(3) 鳥居の寸法の時代変化について

文化財指定された石鳥居と、京都市内の石鳥居 合計約50基について寸法や形状の時代変化について分析した結果、遺存する平安末期の頃の石鳥居は柱の長さに対して非常に太く(長さ/径)は4程度であったが、時代が下がって江戸期には8程度となり、大正から昭和期には10～12と極めて細くなった。10以上のプロポーシオンは石造というよりはむしろ木造に近いことから、近世初頭に匠明などの木造の木割書を雛形に石造鳥居が建立された可能性が指摘される。

(4) まとめ

成沢や筥崎の鳥居の鳥居は柱が太く幾度の地震のにも耐えてきたが、四天王寺鳥居のように直下型地震により倒壊することがある。そのなかで、江戸以降の鳥居のプロポーシオンは木造のように柱が細くなっており、地震時においては柱の太い鳥居よりも倒壊するリスクが高くなると考えられ、対策を行っていく必要がある。

謝辞：本研究は関西大学大学院理工学研究科高度化研究費の助成を得た。

註釈

註1) 四天王寺石鳥居が天正7(1579)年の摂津地震により被害を受ける前の天正4(1586)年5月に織田信長の石山本願寺との戦の際に伽藍に火が放たれ、伽藍が消失している。この災禍における伽藍復興は慶長3(1599)年までの23年間かかっている⁷⁾。この伽藍復興の際に天正7年と文禄5(慶長元年)の地震を受けている。文献によると鳥居が倒壊と記されているのは天正地震であり、文禄(慶長)地震では倒壊ということが記されていない。天正地震において倒壊した鳥居に先立って伽藍の復興が行われ、文禄(慶長)地震の時はまだ倒壊したままで修理されていなかったと考えると、倒壊ということが記されていないことの説明がつく。

註2) 文化財指定の鳥居寸法は文化遺産オンライン⁸⁾の鳥居より参照し、寸法の不明な所は写真より求めた。

参考文献

- 1)地震被害調査報告, 「淡路島の地震の被害調査速報」, <<http://www.eqh.dpri.kyoto-u.ac.jp/~masumi/eq/awaji/>>
- 2)司宏俊・翠川三郎: 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第523号, 63-70, 1999.
- 3)文化財建造物保存技術協会: 重要文化財四天王寺鳥居修理工事報告書, 四天王寺, 1998.
- 4)宇佐美龍夫: 新編 日本被害地震総覧[増補改訂版], 東京大学出版会, 1996.
- 5)測量計算(距離と方位角の計算), 「距離と方位角の計算」,
<<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/surveycalc/bl2stf.html>>
- 6)地理院地図, 「地理院地図(電子国土web)」,
<<https://maps.gsi.go.jp/#5/36.120128/140.097656/&base=blank&ls=blank&disp=1&lcd=blank&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=vl>>
- 7)木村展子: 四天王寺の慶長再建について, 美術史論集(9), pp.21-23, 2009-02
- 8)文化遺産オンライン, 「文化遺産オンライン」, <<http://bunka.nii.ac.jp/index.php>>