

石灯籠の破損から見た善光寺地震 (1847) の震動

信州大学教育学部* 赤羽 貞幸・原田慎太郎・桑原夏美・菅野真司

Seismic ground motion of the 1847 Zenkoji earthquake restored from
the damage of the stone garden lanterns

Sadayuki AKAHANE, Shintaro HARADA, Natsumi KUWABARA, Shinji SUGANO

Shinshu University, Faculty of Education, 6-ro, Nishi-nagano,
Nagano, 380-8544 Japan

182 damaged stone garden lanterns distribute in the precincts of the Zenkoji temple. The period of the construction, the degree of the damage and the orientation of the damaged part of these garden lanterns were investigated in detail. The damage rate of every period of construction is greatly different at before and after the Zenkoji earthquake. The orientation of the damaged part is specially concentrated in the northwest. These facts suggest that the damage of the stone garden lantern built before the Zenkoji earthquake occurred by the Zenkoji earthquake. The orientation of the horizontal seismic ground motion estimated by the damaged part, show strongly the northwest-southeast direction. This northwest-southeast direction intersect with the right angle in the western marginal active fault of Nagano basin, caused the Zenkoji earthquake. There are many stone garden lanterns built before the Zenkoji earthquake in the precincts of the Zenkoji temple, and these don't have the proof which a strong shake was received again after the Zenkoji earthquake. These stone garden lanterns have a good condition to restore the seismic ground motion of the Zenkoji earthquake.

Keywords: Zenkoji earthquake, Seismic ground motion, Damage, Stone garden lantern

§ 1. はじめに

気象庁の震度階級によると、墓石や灯籠は震度5以上で倒れるとされている。濃尾地震の際広域にわたる加速度を石塔や墓石の動きから求めた[大森(1900)]の研究以来、地震時の震動に関する研究に墓石や石塔の動きを活用した研究は多い。また近年、地震が発生した直後の被害地震調査では、墓石や石灯籠の転倒状況や転倒方位を調査し、その卓越方位と地震動との関係についての研究が報告されている。中でも地震動の卓越方位と活断層との関係については、[澤ほか(1996)、武村ほか(1998)、横山・菊山(1998)]などの報告がある。

歴史地震においては、古文書等による被害状況から震動の規模を復元した研究が行われているが、個々の場所での揺れを地震の直接的な証拠に基づく定量的なデータから復元した研究はない。善光寺境内には数多くの石灯籠があり、それらの中には破損部位をもつ石灯籠が多い。この破損が何によるもの

のか明確な原因はわかっていない。寺社に現存する石灯籠等の破損は、建立後のさまざまな原因により生じたものであり、必ずしも地震動の揺れによるものではない。したがって、これまで善光寺境内の破損石灯籠が善光寺地震の地震動によって生じたと特定することが困難であった。

善光寺は図1に示すように長野盆地の西縁に分布する長野盆地西縁活断層系(仁科ほか, 1985)の直近に位置し、善光寺地震の際には近くに地震断層が出現した。当然善光寺付近は、地震時に強い揺れを受け多くの石灯籠が転倒したはずである。

そこで近年発生した地震の被害調査における墓石や灯籠等の転倒に関する研究にヒントを得て、善光寺境内に現存する石灯籠の破損状況から歴史地震である善光寺地震(1847年)の揺れを復元することを試みた。その結果、境内の石灯籠の破損の多くは善光寺地震の揺れに起因する破損であり、石灯籠等の破損状況から約160年前に発生した善光寺地震の

* 〒380-8544 長野市西長野6 - 口
電子メール: akahane アットマーク gipnc.shinshu-u.ac.jp

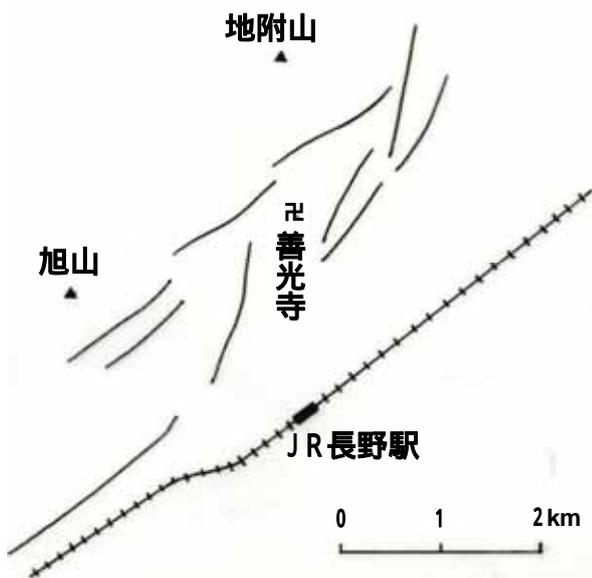


図1 善光寺周辺の活断層分布
Fig.1 Distribution of active faults around the Zenkoji temple

善光寺における揺れの方向を再現することができた。

§2. 調査の目的と方法

2.1 調査目的

一般に歴史地震における各地の震動については、古文書等により揺れのデータをたくさん集め特定の地震における震動の状況が復元されている。善光寺地震についてもこれまでに、震源域周辺の集落ごとの被害状況に基づき国際十二階級による平均震度を求めた[佐山・河角(1973)]の研究や古文書などを用いて集落ごとの家屋の破損状況から各地における地震の揺れを詳細に検討した[宇佐美(1975)]の研究が報告されている。これらの研究によって各地における善光寺地震の揺れの強さが復元されている。

墓石や石灯籠は地震時に転倒し一部は破損するが、多くは地震後に元の状態に近い形で復元され現在まで維持されている。つまり、墓石や石灯籠の破損は、地震の直接的な記録として見ることができる。この破損部位のちがいや破損の割合は地震動の揺れ方向や揺れの強さを反映している可能性が高い。

そこで善光寺地震以前に建立された灯籠等の破損状況に基づき、善光寺境内という特定の場所における善光寺地震の揺れの大きさや方向を明らかにすることを目的とした。

2.2 調査方法

善光寺境内には数多くの石灯籠が存在する。これらの石灯籠の分布、建立年代、破損部位とその破損程度、破損部位の方位について調査した。

2.2.1 建立の年代

石灯籠が建立された年代は、ほとんどの石灯籠の竿部分に記入されていた。中には灯籠の中台や基礎(土台)に記入されているものもあった。年代が記入されていないものや、風化による破損状態が著しく年代が読めなくなっているものは年代不明とした。また、灯籠に記入された年代は古いが、明らかに新しい石材で作りがえられた灯籠もあった。

2.2.2 破損部位の分類

石灯籠の部位の名称は、図2のように上から宝珠・笠・火袋・中台・竿・基礎と呼ばれている。これらの部位のどの部分に破損が多いのかを調べた。

宝珠(頂部)は、笠の頂上に載るたまねぎ状のもの。笠(かさ)は、火袋の屋根になる部分。六角形や四角形が主流であるが、雪見型の円形などもある。多角形の場合は宝珠の下部分から角部分に向かって線がの



図2 石灯籠部位の名称

Fig.2 Name of the stone garden lantern

び、突端にわらび手という装飾が施されていることもある。火袋(立方体)は、灯火が入る部分で灯籠の主要部分である。中台(台)は、火袋を支える部分で、最下部の基礎と類似な形をとるが、蓮弁や格狭間という装飾を施すことがある。竿(円柱)は、もっとも長い柱の部分。雪見型に代表される背の低い灯籠ではよく省略される。円筒状が一般的であるが、4・6・8角形のものもみられる。節とよばれる装飾がよく用いられている。基礎(土台)は、最下部の足となる部分である。6角形や円形が主流。雪見型灯籠などでは3本や4本の足で構成される。

2.2.3 破損程度のカテゴリ

破損程度のカテゴリは便宜的に欠け大・欠け中・欠け小の3段階に分類した。また、明らかに一部分の石材だけが新しいものになっているもの、破損した部分が修復された石灯籠もあった。それらの灯籠は、もともと破損していたものを修復した灯籠として、破損ありに分類した。欠け大・欠け中・欠け小のカテゴリ基準を以下に示す。

欠け大: 図3に示すような状態に破損したものをいう。欠け大は、笠・中台・竿の1辺の半分以上が欠けた状態となっているもの、あるいは、灯籠の重心部分にまで深く欠けがおよんでいる灯籠の破損を欠け大とした。

欠け中: 欠け大と欠け小の中間の状態の破損である。笠・中台・竿の1辺の半分～3分の1程度が欠けた状態となっているもの、あるいは、笠・中台・竿の1辺の半分程が欠けているが、欠けがうすくはがれている状態の破損を欠け中とした。

欠け小: 欠け小は、たとえば図4のように破損した



図3 「欠け大」の破損例

Fig.3 Example of large damage



図4 「欠け小」の破損例

Fig.4 Example of small damage

状態を呼ぶ。欠け小は、笠・中台・竿の1辺の3分の1以下が欠けた部分となっているもの、あるいは、笠・中台・竿の1辺の3分の1程度が欠けているが、欠けがうすくはがれている状態の破損を欠け小とした。

2.2.4 破損部位の方位

破損部位の方位は、北・北東・東・南東・南・南西・西・北西の8方位に分け分類した。

2.2.5 記録方法

石灯籠ごとに調査カードを作成し、カード番号・写真番号・調査年月日・建立年代、破損部の位置、破損部位の程度・破損部位の方位等を調査し記録した。なお、各石灯籠の破損部位を写真で記録した。

§3. 善光寺境内における石灯籠の破損

3.1 境内における石灯籠と建立年代

善光寺境内で 182 基の石灯籠を確認した(表1)。境内の石灯籠で最も古い年代のものは 1397 年建立、一番新しい年代のものは 1984 年建立の石灯籠である。しかし、1397 年から 1984 年までの間に一定の割合で建立されているわけではなく、時代によって、石灯籠が多く建立された時期とそうでない時期がある。

表1から善光寺のほとんどの石灯籠は、1740 年以降に建立されている。1730 年以前に建立された灯籠

は、1397年建立の灯籠2基、1600年ごろ建立の灯籠2基、1719年建立の灯籠1基の計5基のみである。1800年から1870年までの間に建立された石灯籠の数は多く、全体の約7割を占めこの時期に集中している。1903 - 1918年と1939 - 1955年の時期に建立された灯籠はない。

また、この182基の石灯籠を建立年代に基づき分類すると、表2のように善光寺地震(1847年)以前に建立された灯籠(地震前石灯籠)が98基、地震以後に建立された灯籠(地震後石灯籠)が70基、建立年代が不明な石灯籠(不明)が14基となり、98基の石灯籠が善光寺地震の揺れを受けたことになる。

3.2 建立年代と石灯籠の破損

3.2.1 破損の割合

境内にある182基の石灯籠の破損状況を見ると、182基のうち破損が認められるものが69基、破損のないものが113基となる。地震前石灯籠は、98基のうち60基が破損、地震後石灯籠は70基のうち9基が破損している。

この破損の割合を「破損率」と呼ぶことにすると、地震前石灯籠の破損率は61%、地震後石灯籠の破損率は13%となる。石灯籠の年代、破損石灯籠数、破損率を整理すると表2のようになる。

また、善光寺地震(1847年)を境界として、その前後を便宜的に10年ごとに区分し、その間に建立された石灯籠の数をまとめ、その破損あり・なしを数で区別したのが図5である。

石灯籠の中には、建立された年号はわかるが正確な年まではわからない石灯籠が7基あった。この図では、そのうち嘉永年間に建立された3基の灯籠は、嘉永年間が1848～1857年に含まれるためそのまま数に含めた。しかし、安政、慶応、明治、大正のそれぞれに間に建立された4基の灯籠は、いずれの年か確定できないため除外した。

この図5は、破損した石灯籠が善光寺地震以前に建立された石灯籠に多いことを示している。ただし、地震後の30年間に建立された9基にも破損が認められる。

図6は、10年ごとの破損率を求めたものである。この図から、善光寺地震が発生した1847年以前の年代では、破損率が40%以上を占め、多くは60%以上となっている。一方、地震後の1848 - 1877年間は35%以下であり、1878年以降では破損した石灯籠が全く見られない。

表1 善光寺石灯籠の建立年代

Table 1 Period of construction

建立年	破損		建立年	破損		建立年	破損	
	あり	なし		あり	なし		あり	なし
1397	2		1818	2	4	1855		1
江戸初期	2		1819		2	1856	1	1
1719	1		1820	1		1858		4
1742	1		1821	1		1859		2
1743	1		1823	1	2	1860	1	2
1745		1	1824		2	1861		2
1746	1		1825	2	2	1862		2
1750		1	1826		1	1863		1
1758	1		1827		2	1865		1
1766	1	1	1830	3	2	1866	1	
1767	1	1	1831	2	1	1867		1
1769		1	1832	2		1868	1	1
1782	1		1833	1	1	1874		1
1787	1		1834	3		1879		2
1792	1		1835	1	1	1880		1
1795	1		1836		1	1881		2
1796	1		1838		1	1897		2
1797	1		1839	1		1900		1
1799	1		1840	4		1902		1
1800	2		1841	1	1	1919		1
1803	2	1	1843		1	1926		1
1804	1		1844		1	1934		2
1806	1		1845		1	1935		4
1807	2	2	1846	1		1936		5
1808	1	1	1848	2	3	1938		1
1809		1	1850	2	1	1956		1
1810	3		1851		1	1962		2
1813	2	2	1852		3	1970		1
1816	1		1853		1	1984		1
1817	1		1854	1	1			

表2 善光寺地震前後の石灯籠数と破損率

Table 2 Damage rate of the garden lanterns

年代	前		後		不明		全灯籠	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
破損								
灯籠数	60	38	9	61	0	14	69	113
計	98		70		14		182	
破損率	61%		13%		0%		38%	

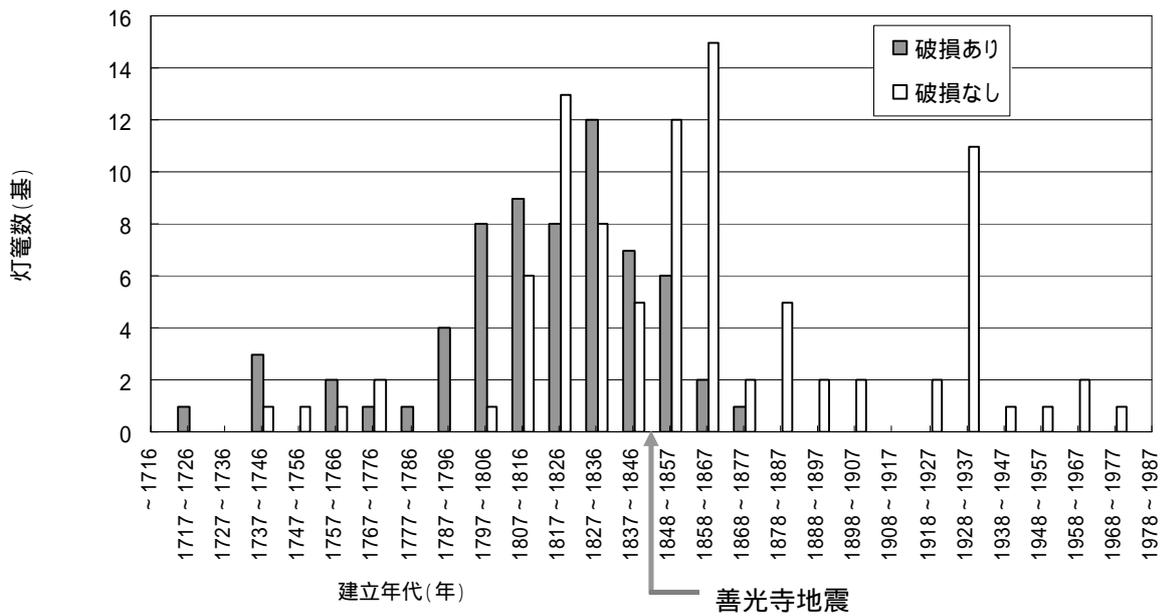


図5 善光寺石灯籠の建立年代と破損数

Fig.5 Period of construction and the number of the damaged stone garden lanterns

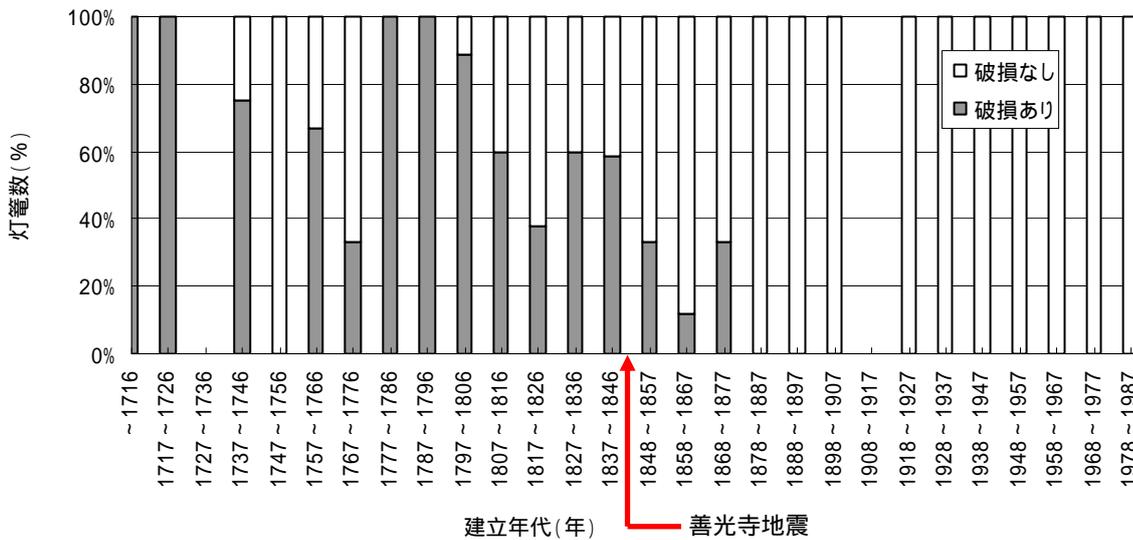


図6 善光寺石灯籠10年ごとの破損率

Fig.6 Damage rate of every ten years

3.2.2 破損の部位

善光寺境内における69基の破損石灯籠では、笠・火袋・中台・竿・基礎(土台)の部位で計79箇所主な破損部位が確認された。そのうち笠36基(46%)・火袋8基(10%)・中台6基(8%)・竿27基(34%)・基礎(土台)2基(3%)に破損が認めら

れ、笠と竿部分で80%を占め、破損はこの部位に集中していた。笠では角の部位での破損が多い。

3.2.3 破損の程度

善光寺境内における69基の石灯籠における破損の程度を欠け大、欠け中、欠け小の3段階に分

類すると、欠け大は 24 基(35%)、欠け中は 29 基(42%)、欠け小は 16 基(23%)となり、大きく破損しているものが多い。また、3割の破損石灯籠が複数の破損を被っている。なお、地震時に大破して復元不可能なものは残されていないと推定される。現に破損した基礎のみ存在するものもある。火袋のように部分的に大破した場合は、新たな石材で作りに替えている。このような火袋が6基認められた。

3.3 破損部位の方位

地震前石灯籠の破損は笠の角部分に多いが、角と角の間の破損などすべての破損部位を8方位のいずれかに区分し、まとめたのが図7である。破損部位の方位が測定可能な石灯籠は60基あり、こ

れらの破損箇所の総数は101箇所となった。101箇所のうち、北西方位の破損箇所は35箇所と全体の35%を占めている。また、全体的に見ると北西、北東、南東、南西の4方位の破損箇所の数は全体の81%を占める。

善光寺では参道が南北方向に配置され、これと並行して石灯籠が配置されている。したがって多くの石灯籠の笠の四隅は、北西、北東、南東、南西の4方位を向いている。不特定な揺れ方向ならば、破損箇所の方位は石灯籠の笠の角と同じ4方位で多くなるはずである。しかしながら、北西側の笠の角の破損が35%と卓越し顕著な傾向を示す。

方位	個数	割合
北	7	7%
北東	14	14%
東	5	5%
南東	14	14%
南	2	2%
南西	18	18%
西	6	6%
北西	35	35%
計	101	100%

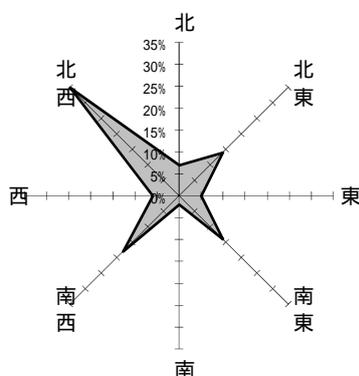


図7 善光寺石灯籠の破損部位の方位

Fig.7 Orientation of the damaged parts

§4. 考察

4.1 石灯籠の破損と善光寺地震

善光寺境内の石灯籠の破損率(表2)を見ると、善光寺地震以前の破損率が60%以上のものが多いのに対し、地震以降は35%以下、中でも1878年以降のものは破損していない。このことから、善光寺境内の善光寺地震以前に建立され破損を受けた石灯籠の多くは、善光寺地震によって破損した可能性が極めて高いことを示す。なお、1847 - 1877年の30年間に建立された石灯籠にも9基の破損が認められるが、これらのいくつかは長野周辺でも被害の大きかった1854年の安政東海地震の揺れが影響していると推定される。

また、善光寺地震前の破損石灯籠の破損部位の方位では、北西が卓越し極めて顕著な傾向を示す。これは、同じ性格の強い揺れを受けて破損した可能性を物語る。この卓越破損部位の方位は、善光寺地震の記録として残っている善光寺本堂西側にある釣鐘の落下方位とも一致し、善光寺地震の強い揺れの方向を裏付けている。

これらの善光寺地震を境にしての破損率の大きな差異や復元された卓越する破損部位の方位の集中度から見て、善光寺地震以前に建立され破損している石灯籠の多くは、善光寺地震時の強い揺れを受け、倒壊によって破損された可能性が高いと判断することができる。

4.2 灯籠破損部位から推定する転倒方位

善光寺地震前に建立され破損した60基の石灯籠を対象とし、その破損部位の方位に基づいて個々の石灯籠の転倒方位を推定した。なお、一つの灯籠に大きい破損が4方向に一箇所ずつある灯籠など、転倒方位が一つに推定できないものは転倒方位推定不明(不明)とした。転倒方位を推定できなかった石灯籠は7基あり、残りの53基の石灯籠の転倒方位を推定した。

この結果、図8に示すように北西に転倒したと推定できる石灯籠が43%を占め、極めて高い割合を示した。これは石灯籠の破損部位の方位では、北西が多いという傾向と一致している。推定転倒方位と破損部位の方位の割合を比べると、推定転倒方

位の北西の割合は 43%、破損部位の北西の割合が 35%であり、推定転倒方位の方が約 10%も高くなる。また、この推定転倒方位の結果に基づき揺れの方向を北 - 南方向、北東 - 南西方向、東 - 西方向、北西 - 南東方向の 4 方向に区分してみると、北西 - 南東方向は全体の 54%となり極めて高い割合となる。

善光寺地震以前の灯籠の破損箇所の方角は北西が卓越し、主要な破損箇所から推定した灯籠の推定転倒方向も北西 - 南東方向が卓越する。これは善光寺における石灯籠転倒時の強い水平地盤震動が北西 - 南東方向でおこり、多くの灯籠は北西への慣性力によって転倒したと解釈できる。本堂正面の西側にある釣鐘が地震時に留め具からはずれ、落下した。この落下した方位も北西であり、

方位	個数	割合
北	4	8%
北東	4	8%
東	4	8%
南東	6	11%
南	1	2%
南西	6	11%
西	5	9%
北西	23	43%
計	53	100%

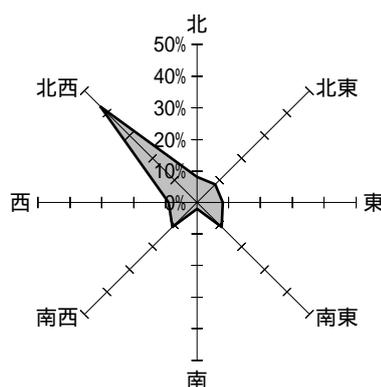


図8 善光寺石灯籠の推定転倒方位
Fig.8 Estimated orientation of the fallen stone garden lanterns

4.3 石灯籠の転倒方位と善光寺地震の関係

善光寺地震以前に建立した石灯籠の破損箇所の方角は、北西が卓越することがわかった。また、破損箇所から推定した灯籠の転倒方向も北西 - 南東方向が卓越している。このような北西 - 南東方向の強い水平地盤震動は、西上がり東落ちの逆断層運動をした善光寺地震[塚原(2003)、松浦(2007)]によって発生した震動である。この善光寺地震を引き起こした断層は長野盆地西縁活断層系の一員であり、長野盆地の西縁部を形成してきた活断層である。西縁断層系の全体的な伸びは北東 - 南西方向を示している[仁科ほか(1985)](図1)。

[横山・菊山(1998)]は 1995 年兵庫南部地震発生後、淡路島北部から茨木市東部の墓石・灯籠を調査し、墓石・灯籠の転倒方位から地震の水平震動方位を推定した。測定結果を 8 方位に区分し、測定個数の

北西 - 南東方向の強い振動が生じたことを裏付けている。

なお、各地震前石灯籠の推定転倒方位は、善光寺の本堂周辺では北西が 53%を占め卓越しているが、200mほど南の境内の六地藏周辺では南 - 西方向に優勢の傾向はあるものの、強い卓越方位は見られない。このことは、距離が比較的近い場所でも多少異なる震動を受けたことを示唆している。ただし、ここでの破損箇所数は 17 と少ない。

また、研究当初から地震で倒れ破損した笠や火袋などが、どの程度の割合で元通りに復元されているのかという不確定な要素があった。しかし、破損部位の方角に顕著な卓越性が現れたことにより、元どおりに復元されていない石灯籠の数は極めて少ないと考えられる。

30%以上を占める卓越転倒方位を求め、卓越水平加速度方位を推定すると、兵庫南部地震で活動した活断層に直交する傾向にあることや、木造家屋の倒壊方位と墓石・灯籠の卓越転倒方位とがかなり良く一致することなどを見いだした。

また、[武村ほか(1998)]も明治以降の M7 以上の内陸浅発地震の震度の空間的な分布に基づき、「震源近傍での震動の卓越方向は、横ずれ、縦ずれを問わず断層走行と直交になる場合が多い。」ことを指摘している。

善光寺における北西 - 南東方向の水平震動方向は、善光寺地震を発生させた長野盆地西縁活断層系の方向(北東 - 南西方向)に直交する。このことは[横山・菊山(1998)、武村ほか(1998)]の「震源の近くでは断層と直交する方向の揺れが卓越する」という指摘を裏付ける結果である。

4.4 歴史地震の揺れの復元に向けて

善光寺境内に見られる破損石灯籠の多くは、地震動による震動によって転倒し一部が破損したものであると考えることができた。このことをより確実に証明するには、破損石灯籠が以下に述べるようないくつかの条件を備えていることが必要である。

4.4.1 石灯籠がもつ特異性

研究の対象となる個々の石灯籠の建立年代がわかることにより、善光寺地震時に震動を受けたものを特定できる。また、転倒しやすいこと、転倒したとき破損し易い部位をもっていること、破損部位の方位が測定し易いこと、元の形に復元が容易に行われやすいことなど石灯籠は特異な性質を備えている。

これらの要素を個々の石灯籠が持っている。このことが揺れの復元資料としての価値を高めている。

4.4.2 地震前の石灯籠が多いこと

揺れ復元のための資料として使えるデータの数が多いほど、揺れの復元には有効である。善光寺の境内には石灯籠の数が多く、中でも善光寺地震前の江戸時代後期 70 年間に建立されたものが全体の 70% を占め、131 基が建立されている。善光寺地震はこの建立集中時期の終わり頃に発生したため、破損した石灯籠の数が多くなった。

4.4.3 地震後に大きな地震動を受けていないこと

地震後に善光寺の石灯籠を破損する可能性をもった地震には、1854 年の安政東海地震 (M8.4) と 1941 年の長沼地震 (M6.2) とがある。安政東海地震による破損は少し影響があったと推定される。長沼地震は善光寺の近くで発生した地震であるが、明治以降長沼地震前までに建立された 27 基の石灯籠に全く破損が見られないことから影響はなかったと考えられる。このように善光寺地震で破損した石灯籠は復元された後、再び破損を受けるような機会が少なく、現在まで維持されてきていることがわかる。

§5. まとめ

善光寺境内の破損石灯籠は、建立年代ごとの破損率が善光寺地震を境に大きく異なることや破損部位の方位の集中度からみて、善光寺地震以前建立の石灯籠の破損は、善光寺地震の震動によって倒壊し破損した可能性が極めて高いことが判明した。

この石灯籠の破損を生じた水平地震動の方向は北西 - 南東方向の揺れが強く、南東側への強い水平地震動に伴う慣性力によって北西側へ転倒した。このため石灯籠の破損部位は北西側が破損している

割合が高い。また、水平地震動の北西 - 南東方向は、善光寺地震を発生した長野盆地西縁活断層系の伸びの方向に直交する方向である。

また、善光寺境内の石灯籠は、石灯籠がもつ特異性ととともに、善光寺地震前に建立したものが多く、地震によって破損した後復元し現在に至っていると考えられる。これらのことから、善光寺の破損石灯籠は、善光寺地震という歴史地震の揺れを復元するのにまれに見る好条件を揃えた資料であることがわかった。

謝辞

査読者からは、適切なコメントをいただき論文を改善することができました。記して感謝いたします。

対象地震：1847 年善光寺地震

文献

- 松浦律子, 2007, 弘化善光寺地震の地震学的特徴, 1847 善光寺地震報告書, 中央防災会議災害教訓の継承に関する専門調査会, 5-21.
- 仁科良夫・松島信幸・赤羽貞幸・小坂共栄, 1985, 長野県の活断層, 信州大学理学部紀要, 20 巻, 第2号, 171-198.
- 大森房吉, 1900, 物体の転倒および移動について, 震災予防調査会, 32 号, 19-38.
- 澤 祥・池田安隆・東郷正美・加藤茂弘・隈元 崇, 1996, 地震動による墓石の移動と伏在断層の挙動, 阪神・淡路大震災 都市直下型地震と地質環境特性, 日本地質学会環境地質研究委員会編, 東海大学出版会, 147-156.
- 佐山 守・河角 広, 1973, 古記録による歴史地震の調査 (第一報) (弘化四年三月二十四日善光寺地震), 地震研究所研究速報, 第 10 号, 第 2 冊, 1-50.
- 武村雅之・諸井孝文・八代和彦, 1998, 明治以後の内陸浅発地震の被害から見た強震動の特徴 - 震度VII の発生条件 -, 地震2, 50, 485-505.
- 塚原弘昭, 2003, 善光寺地震はどのようにして発生したか, 善光寺地震に学ぶ, 信濃毎日新聞社, 35-47.
- 宇佐美龍夫, 1975, 資料日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 433pp.
- 横山俊治・菊山浩喜, 1998, 墓石・灯籠の転倒方向からみた 1995 年兵庫県南部地震の水平地震動の方位と地表変状の方向規制, 地質学論集, 51, 78-88.