

宝永地震で発生した奈良盆地内の液状化現象

中西一郎

京都大学大学院理学研究科

要旨

内陸盆地においても、浅部地盤が若い河川堆積物から構成されているところでは、南海道・東海道沖で発生する巨大地震による強震によって液状化が発生することがある。奈良盆地内でこのような現象が発生したことはこれまでに報告されていない。宝永四年(1707)の地震の際、奈良盆地内で液状化が発生したことを報告し、発生した原因について議論する。

キーワード： 歴史地震， 宝永地震， 液状化， 強震動， 奈良盆地

1. 序

宝永地震(宝永四年十月四日)(1707年10月28日)の際、名古屋では海岸で地割れから泥を噴出したことが記録されている[宇佐美(1996)]。この地震の際には他にも現在の高知県、徳島県、岡山県、静岡県の海岸地域で液状化が発生したことが知られている[若松(1991)]。

液状化という現象は、日本では新潟地震(1964年)アメリカではアラスカ地震(1964年)の際、砂地盤で特徴的な被害(例えば、鉄筋コンクリート建物の転倒)を引き起こした。液状化のメカニズムおよび液状化対策については土質工学的立場から盛んに研究されている[吉見(1980)]。

海溝沿いで発生する巨大地震に伴う液状化の多くは海岸地域で発生している。しかし、安政元年十一月四日(1854年12月23日)の東海地震では、内陸の山梨県、長野県で液状化が起きたことが報告されている[若松(1991)]。従って、地震の規模、特性によっては海岸から離れた内陸地域でも液状化が発生することが考えられる。宝永地震に伴った内陸地域での液状化はこれまで報告されていない。本論文では宝永地震の際奈良盆地で液状化が発生したことを報告し、原因について考察する。

2. 『曾我村堀内長玄覚書』

この『曾我村堀内長玄覚書』は上中下三巻の和装に分冊仕立てられており、天理図書館に所蔵されている[『大和国庶民記録』，平井良朋編(1993)]。この覚書には本論文で議論する記述以外にも、1)富士山の噴火、宝永山、2)宝暦十四年正月三日昼四ツ時地震、に関する地変の記述がある。曾我村は現在の奈良県橿原市曾我町に当たる。解題および詳しい記述内容の解説は平井良朋(1993)に詳しく書かれているので本論文では省略する。

『曾我村堀内長玄覚書』に次のような記述がある。「同(宝永)四年十月四日八ツ時分より七ツ前迄、此大地大地しんゆり、大地大波之打つこと二て、扱々おそろしき事、諸方家々共おびたた敷こけ、大地よりどろ吹出し、其時諸人生たる心なく念仏ばかりと(な)ふる事二候、(後略)」。

3. 議論

奈良盆地内では天理、丹波市、今井で大きな被害が出ており、これらの地点での震度はⅥ～Ⅶと推定されている[宇佐美(1996)]。曾我村はこの今井の北側にほぼ隣接しており、以下で述べるようにその地盤構造も今井と似ている。宝永地震の震源域の広さと曾

我一今井の距離から曾我村も今井と同じ震度Ⅵ～Ⅶであったとしてよいだろう。

液状化の発生は第一近似的には浅部地盤構造（粒径、N値、地下水位）と地震動の特性によると考えてよい〔Seed and Idriss（1971）、吉見（1972）、岩崎・他（1978）〕。日本では新潟地震（1964年）以来、地震時の液状化は主として土質工学・土木工学的立場から詳しく調査されている。ここではこれらの調査事例〔吉見（1980）〕を参考にして『曾我村堀内長玄覚書』に書かれている液状化について考察する。

3.1 古環境

奈良盆地低部の河川は古代条里制施行により改修され、その流路方向は東西または南北が顕著である〔足利（1969）〕。一方佐保川、初瀬川、大和川のような大きな河川では流路の大きな変化はないと考えられている〔松岡・他（1984）〕。奈良盆地低部の地盤構造には改修以前の自然の流路によって形成された堆積物の上に現在見られる流路による堆積が被さった地盤構造をしている部分があることになる。条里制施行以前の河川流路と地形の復元はBarnes（1982）によって行われている。宝永地震（1707年）は古代条里制施行から約千年後に発生した。

松岡・他（1984）によると、曾我町付近では、最上部に斑鳩層、その下に火山灰層、山の辺層が存在する。斑鳩層は細礫、粗粒ないし中粒砂、シルト層を主とし、一部に黒色粘土、泥炭および泥炭質シルト層などを挟んでいて、層相変化は水平および垂直方向共に極めて著しい。時代は $14C$ 法を用いて $9,900 \pm 100$ 年 Y. B. P. 以降と推定されている。火山灰層は均質なガラス質で広域に分布し、始良火山灰 T_n と同定され、年代は $24,500 \pm 500$ Y. B. P. と推定されている。山の辺層は砂・砂質シルト・シルト・粘土および随所に夾在する泥炭と火山灰から成る。斑鳩層と比較してやや細粒の堆積物が多い。層相の変化は垂直方向にも水平方向にも著しい。

3.2 地盤構造

『橿原市史』（本編、下巻）〔橿原市史編纂委員会（1987）〕には市内12ヶ所でのボーリング資料が載せられている。ボーリング深度は浅いもので16m、深いものでは30mのものがある。その中に真菅小学校（曾我町）と今井小学校（今井町）でのボーリング結果がある。両地点とも約1mの盛土の下に砂を多く含む粘土とシルトの互層状の堆積物から構成されている。このような堆積物の状態は、条里制施行以前は河川が頻繁に流路を変え、河道（砂）と後背湿地（粘土・シルト）性の環境が繰り返された氾濫原状の堆積

環境が長く続いた結果を示していると考えられる〔松岡・他（1984）、橿原市史編纂委員会（1987）〕。現在は三角州性低地に位置している。

真菅小学校の場合、深さ約5mまでシルト混じり砂、砂質シルトから成っている。その下部に粘土層が検出されている。またN値は約5と測定されている。このような地盤の条件は1964年新潟地震で液状化が発生した新潟市、1987年宮城県沖地震で噴砂の発生した宮城県荒浜と似ている。新潟市、荒浜とも気象庁震度Ⅴで液状化が発生している。宝永地震の際の曾我村での震度はⅥ～Ⅶであったと推定した。この液状化を起こした震度の違いの原因として地下水位の違いが考えられる。内陸盆地では海岸地域と比較して地下水が低く液状化は起こりにくいかもしれない。この問題については、内陸地震による奈良盆地内での液状化現象のデータも加え発表する予定である。

3.3 宝永地震

この地震は292年前に発生した。宇佐美（1996）によると宝永地震のマグニチュードは8.4と推定されている。安政元年の東・南海道地震のマグニチュードも8.4と推定されている。一方これらの地震による被害から推定された奈良盆地での震度は、宝永の場合、天理、丹波市、今井の3ヶ所でⅥ～Ⅶに達するのに対し、安政の南海道地震では大和郡山がⅤ～Ⅵになるのみであり、奈良・橿原は安政の東海道地震ではⅤになる。安政の南海道地震では奈良・橿原とも被害は記録されなかった。宝永地震では大阪の久宝寺、布施、弓削、柏原を含め、西は愛媛県大島から東は静岡県原までの広範囲で震度Ⅶが推定されている（宇佐美，1996）。安政地震では震度Ⅶが推定されている範囲は狭い。宝永地震のマグニチュードは安政地震よりかなり大きいと考えてよいだろう。

奈良盆地での液状化の発生、奈良盆地の古環境、地盤構造を考えると、奈良盆地は液状化発生のポテンシャルを有しているとしてよい。液状化を引き起こす水平せん断応力 σ は地震モーメント M_0 に比例する。地震モーメントは断層面積に比例する。せん断応力と液状化までの繰り返し回数 N の間には実験的に $\log \sigma = -0.2 \log N + A$ （定数）なる関係が知られている〔吉見（1980）〕。もし宝永地震と安政地震で剛性率、スリップ量、断層幅は同じで、断層長のみが宝永地震の方が2倍であり、地震モーメントが2倍とすると、上の式から宝永地震の方が安政地震と比較して液状化を引き起こしやすくなる。

4. 結論

内陸地域でも、浅部地盤が若い河川堆積物から構成されるようなところでは、南海道・東海道の巨大地震による強震によって液状化が発生することがある。安政元年、昭和19年、昭和21年の南海道・東海道地震の際には同じ奈良盆地でも液状化が発生した証拠は見つかっていない。奈良盆地に現存する史料（資料）数は安政・昭和の地震（M8.4, M8.4, M8.0, M7.9）の方が宝永の地震（M8.4）に比較して圧倒的に多い。曾我村で見られた液状化はこの地点の地盤構造だけによるのではなく、宝永地震の規模または震源過程に起因すると考えてよいだろう。

謝辞

平井良朋氏から本研究についてコメントを頂きました。奈良県立橿原考古学研究所附属博物館から奈良盆地の古環境に関する文献をお教え頂きました。岡二三生氏から液状化に関する文献をお借りしました。栗田泰夫氏から本論文への建設的なコメントを頂きました。記して感謝します。

参考文献

足利健亮（1969）：地形図に歴史を読む，平城京と
恭仁京，藤岡謙二郎（編），大明堂，第一集，
PP. 34-35.
Barnes, G. L. (1982)：地形復元と遺物出土地の最

近隣法による解析－奈良盆地の場合－，考古学と
自然科学，No. 15，pp. 113-131.
平井良朋（編）（1993）：大和国庶民記録，堀内長
玄覚書・井上次兵衛覚書，清文堂出版，260pp.
岩崎敏男・龍岡文夫・常田賢一・安田進（1978）：
砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例，
第5回日本地震工学シンポジウム講演集，
pp. 641-648.
橿原市史編纂委員会（1987）：橿原市史，本編，下
巻，橿原市役所，1011pp.
松岡数充・西田史郎・金原正（1984）：奈良盆地の
上部第四系と古環境，奈良盆地の古環境－布留遺
跡をめぐって－，埋蔵文化財天理教調査団，
pp. 5-24
宇佐美龍夫（1996）：新編日本被害地震総覧，増補
改訂版，東京大学出版，493pp.
若松加寿江（1991）：日本の地盤液状化履歴図，東
海大学出版会，341pp.
吉見吉昭（1972）：砂質土と液状化，土と基礎，
Vol. 20，No. 8，pp. 75-82.
吉見吉昭（1980）：砂地盤の液状化，技報堂出版，
159pp.
Seed, H. B. and I. M. Idriss, (1971)：
Simplified procedure for evaluating
soil liquefaction potential, J. SMFD,
ASCE, Vol. 97, No. SM9, pp. 1249-1273.

Liquefaction Caused by the 1707 Hiei Earthquake as Observed in the Nara Basin, Central Japan

Ichiro NAKANISHI

Department of Geophysics, Kyoto University
Kyoto 606-8502, Japan

Synopsis

There has been found no historical document that suggests the occurrence of liquefaction due to the strong-motion in the Nara basin caused by great earthquakes along the Nankai trough. It is presented a document that may show the liquefaction caused by the 1707 Hiei earthquake.

keywords: historical earthquake, 1707 Hiei earthquake, liquefaction, strong-motion, Nara basin