

1909年姉川地震(江濃地震)について

1. 概説

姉川(江濃)地震は1909年(明治42年)に発生した局地的な中規模の地震で、姉川流域の村落に全壊率60%を超えるような大被害を与えました。当時の地震被害の調査報告として、

- (1) 滋賀県彦根測候所：近江國姉川地震報告 [1]
- (2) 岐阜県岐阜測候所：江濃地震報告 [2]
- (3) 震災予防調査会報告第69号, 第70号 [3]

等が残されており、当時の被害状況が比較的良好にわかっています。このうち(1)は詳細な現地調査によるもので、非常に信頼性の高いものと言えます。また、(3)は被害の原因などを学術的に検討しています¹⁾。

姉川地震による被害の特徴をまとめると以下のように整理することができます。

1. 非常に狭い地域に被害が集中している。
2. 住家被害率が高い村と低い村が隣接している。
3. 住家被害率の高い村では、寺の鐘楼約が1mも移動しているなど非常に強い地震動であったと考えられる。
4. 噴砂の記述があるが、液状化による被害は報告されていない。
5. 滋賀県側では住家被害が大きい土木構造物の被害が少ないのに対し、岐阜県側では住家被害は僅少だが土木構造物被害がかなり発生した。噴砂の記録も岐阜県側に多い。

姉川地震の震源についておおよそわかっているパラメータなどとともに種々の被害についてその概要を表1に挙げておきます [5]。

以下では姉川地震について項目別に詳しく述べていきます。

表1 姉川地震とそれによる被害の概要 [5]

姉川地震の震源と地震動	
発生年月日	1909年8月14日15時31分
震央地名	滋賀県東部
震源位置	東経163.3°, 北緯35.4°, 深さ: ごく浅い
地震規模	マグニチュード6.8
断層	不明(浅井断層が鍛冶屋断層と思われる)
各地の震度分布	図1参照
姉川地震による被害の概要	
死傷者数	死者41名
家屋倒壊数	全壊978戸
液状化	6000箇所以上で噴砂・噴水、姉川河口で大規模な噴砂が確認されている。岐阜県側でかなりの地点で噴砂が発生した。
津波	津波は発生していない。
火災	火災の発生は極めて少ない。
山地崩壊	263箇所以上、伊吹山で大規模な崩壊、特に岐阜県側で多かった。
道路施設被害	17.861km
河川堤防被害	60.807km(用水路被害を含む)
橋梁被害件数	34箇所。道路、河川橋梁合わせて104,491円
鉄道施設被害	虎姫駅舎倒壊の他に数箇所で路盤沈下
港湾施設被害	不明
電力施設被害	不明
通信施設被害	特に大きな被害はなかったが、電報の取り扱い量が通常の30倍となった。
ガス施設被害	施設なし
上下水道施設被害	不明

¹⁾ 震災予防調査会は丸善から大きな自然災害の調査報告をシリーズ化して出版していました。この報告も後にそのシリーズのなかの一冊として中身はそのまま表紙だけを変えて出版されています。なお、現在では、震災予防調査会報告は東京大学学術機関リポジトリ(<http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/>)に登録されており、インターネット経由で自由に閲覧することができます [4]。

2. 地震と地形・地質の特徴

2.1 地形・地質

被害の集中した東浅井郡は姉川および妹川(高時川)の三角洲上にあり、砂質土と腐食土層を含む軟弱な粘性土層の互層からなる複雑な地層を持っています。この地域は数10m離れたボーリングでもかなり違った柱状図が得られることも多く、それぞれの柱状図が簡単にはつながらない程複雑な地層構成をしています [6]。また、地表面近くが砂質土の地域と粘性土の地域が入り乱れて存在しています。例えば、かなり被害が集中した尊勝寺付近は地表面付近は砂質系地盤ですが、虎姫村付近は粘性土とまったくあいです。

なお、この地域の平野部における地表面は平坦ですが、堆積層の下の堅い岩盤の表面は非常に複雑な三次元構造をしていることも明らかとなっています [7]。

また、活断層である柳ヶ瀬断層-浅井断層が被害区域の中央を走っています。この断層系とはほぼ平行して鍛冶屋断層が東浅井郡の北側に見られます。

2.2 地震動

各地の震度は図1に示す通り、関東北部から九州北部までの広い範囲で有感でした。しかし、地震動が大きかったのは琵琶湖東岸の非常に限られた地域であったことがわかります。

各地の測候所において記録された波形については彦根測候所の調査報告に詳しく述べられています [1]。彦根測候所では午後3時31分頃に地震動の記録を開始したのち、わずかに1秒あまりで地震計の振り子の錘が脱落し描針が折れてしまって記録が途切れています。彦根測候所で記録された本震波形を図2に示します。

このように地震計が壊れてしまったために最大加速度がどのくらいであったかを地震動の記録から求めることができませんでした。そこで、彦根測候所では測候所周辺の墓石の転倒状況を調べて、転倒した墓石の縦横比から最大加速度が120Galであると推定しています²⁾³⁾。また、8月24日に発生した余震が東京において本震の約12倍の振幅を持っていたという事実を利用して、余震の記録をもとに本震による地震動を推定し、最大加速度を求めると140Galとなって墓石の転倒から予想した最大加速度とおおよそ対応する値が得られています。

岐阜測候所では、地震波の初動到達後、2.5秒の初期微動を経て3.6秒で主要動が到来し、57.8mmの最大水平振幅が北東-南西方向(北から時計回りに43度9の向き)で記録されています。このときの最大加速度は54.2Galと算出されていますが、実際には東西方向の地震計の振り子の錘が計測範囲を超えて大きく振れているために、実際の地震動はもっと大きかったと考えられています。

愛知測候所では初期微動が3秒続き、5秒で東西方向で最大振幅を記録しており、その振幅は31mmでした。このとき、上下動の振幅は水平動に比して相対的に小さかったようです。ただし、ここでも南北動の描針も記録範囲を飛び出して正しく記録されませんでした。

福井測候所では発震後11秒にして25.6mmの最大水平動(41.7Galの最大加速度)が西南西-東北東方向(北から反時計回りに78度1の向き)で記録されています。また、上下動も記録されており、その最大振幅は3.1mmでした。地震動の継続時間は1分31秒に及んでいます。

墓石の転倒などから、各地の最大加速度を推定する試みが、彦根測候所、今村明恒、佐野利器らによって行なわれています [1, 3]。佐野利器は各地の最大水平加速度を調査して、被害の中心的な地域のなかでも、殊に伊部尊勝寺村において0.4G(約400Gal)以上、虎姫各村でも0.35G(約350Gal)を下らず、速水村、曾根村の周辺および内保八島の周辺において0.3G(約300Gal)程度であったと述べています。さらに、北は木ノ本、南は長浜では最大加速度が非常に小さくなっていて0.2G(約200Gal)ならず、更に南に向かっ

²⁾ 重力加速度は1G=980Galですので、120Galというのは重力のおよそ12%に相当します。

³⁾ 現代の高性能な加速度計で測定される最大加速度の値は、地震計近傍の墓石の転倒から予想される最大加速度(転倒加速度)のおよそ2~4倍になることが多いようです。



図1 姉川地震による各地の震度分布

で最大値はすみやかに小さくなり米原では0.15G (約150 Gal) を超えず、彦根では0.1G (約100 Gal) にも足りないほどでした。また、伊吹の東および南麓の各地は0.15G程度、北方の春日谷の周辺では幾分強く揺れた場所もあったようですが、岐阜市では0.1G 足らずでした。すなわち、激震地より東に向っては地震動の最大値の減少はゆるやかであったのに対してそれ以外の方向に向かっては急激に振幅が小さくなっていった、ということであったようです。

特に東浅井郡付近においては、寺の鐘樓が跳躍して1mも移動するなど、地震動がかなり強かったものと考えられます。最近の地震でも震源の近傍で石が飛び等の現象が報告されていますが、これらは山岳地帯やかなり硬い地盤上で起こっていて、姉川地震のように堆積層上の物体が跳躍した例はそれほど多くはありません⁴⁾。

姉川地震では、勝円寺および慶徳寺の鐘樓が北東にそれぞれ2尺(60 cm) および3尺(90 cm) ひと跳びに移動したことや、了因寺の鐘樓が北北東に1尺6寸(50 cm) 移動したこと、稱名寺や願教寺の鐘樓でも同様な跳躍が見られたことが報告されています[3]。これらの鐘樓の位置を図3に丸印で、鐘樓の跳躍方向を矢印で示します。跳躍した5つの鐘樓はいずれも北東ないし北北東に50 cm ~ 1 mの移動を示しており、移動方向や距離に類似性が見られます。その他の構造物も北東や北北東に移動したり倒壊したものが多く、この方向の地震動が強かったものと推定されています。

稱名寺は安永七年(西暦1778年)に建立され、本堂は七間(12.6 m) 平方の建坪を持つ美麗な建築だったようですが、地震で本堂は東方に倒伏し、南東隅に建つ鐘樓は北北東の方向に約1 m 移動しました。そして、西側の二柱は中間に一カ所柱底の痕跡を残しています(図4)。この鐘樓の平面形は正方形に近い矩形で、長さは東西305 cm、南北290 cmで、各辺はほぼ東西と南北を向いていました。なお、現在の鐘樓は昭和20年に建て替えられたものです。

願教寺の鐘樓は、安土桃山時代に建立され、姉川地震の後、数回の瓦葺替え工事が施されていますが、柱や横桁などは現在もなお当時のままです。姉川地震で4本の柱はおおよそ北東方向へ約1 m 移動しました(図5)。

2.3 震源断層

震源断層については、当時から詳細な調査が行なわれたにもかかわらず、結局、断層は確認されませんでした。おそらくは断層の破壊は地表面にまで達していなかったであろうと推察されます。このため現在でもこの地震の断層を特定することは困難ですが、当時の調査による結論は、鍛冶屋断層によるものと解釈されています。震

⁴⁾ そうは言っても、最近の地震では、1995年兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)の際にも淡路島一宮町郡家の最明寺の鐘樓が約75cm 跳躍したことが報告されています[8]。

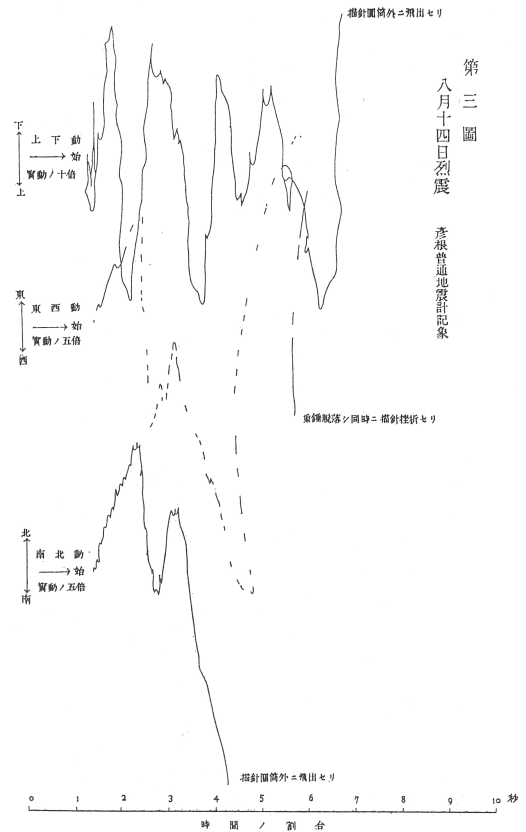


図2 彦根測候所における姉川地震の本震波形

災予防調査会報告[3]に掲載された地図には震源断層として図3の鍛冶屋断層のあたりに線が引かれています。

今村明恒は震源断層について震災予防調査会報告[3]のなかで、震源断層を特定することができなかったので、

- (1) 土地の震動方向、
- (2) 震度の分布、
- (3) 初期微動の継続時間によって推定された余震の震源分布、

の3点から震源断層の位置を推定した、と述べています。

(1)については、短い柱状物体⁵⁾の転倒方向、および長い柱状物体の転倒の反対方向が地面の最初の主要な震動方向に対応すると考え、地面の震動方向はおおむね北北東となります。

(2)については、最激震地域である尊勝寺から北北東または北東の方向で、かつ、鍛冶屋のような山間の村落において比較的甚だしい被害を受けた地域の周辺に震源を考えるのが適当である、と考えられます。また、下草野村の周辺の震度が付近の醍醐、田根、湯田村よりも小さいのは水平歪の主軸からずれているためであり、西方の山麓よりも東方の山麓または山間で震度が著しく大きいことなどを考慮して、震源を上下草野村の谷の右方を取るのを適当である、としています。

(3)については、余震観測をおこなって初期微動時間から余震の震源位置を決定し、その周辺で本震の震央を考えると上草野村より北北東に3里(約12 km)の位置とするのが適当だとしています。

またこの後、Imamura [9]は、水準点測量の結果から関ヶ原付近で大きな変位が観測されていることを発見し、これがこの地震によって発生した可能性が高いことを示しています。杉村[10]はこれらの結果をふまえて、この地震は副断層である可能性も含めて柳ヶ瀬断層系の活動と考えるのが適当としています。また、小林[11]は彦根測候所における記録波形から震源インバージョン解析を行なうことによって、最も可能性の高い断層は鍛冶屋断層系だと結論しています。その一方で、姉川地震が南側の大清水断層が活動による可能性があるという指摘もあり[12]、震源については今もって謎に包まれています。

3. 被害の詳細

3.1 被害全般

特に土木構造物を除けば、被害の大半は東浅井郡およびその周辺に集中し、その他の地域の被害は軽微でした(図3)。佐野利器は、

⁵⁾ おそらく、墓石の竿石のことを言っているのでしょう。

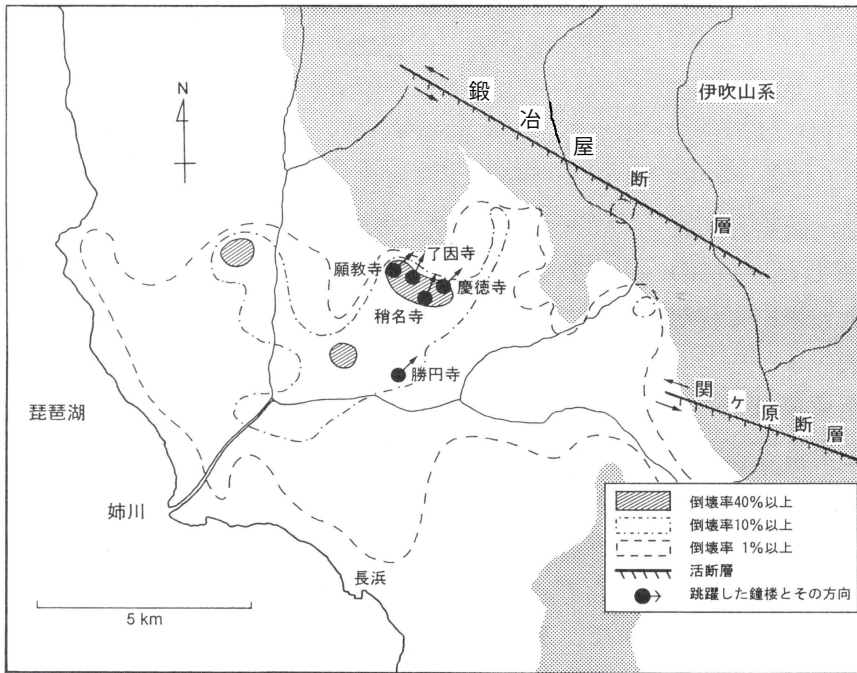


図3 姉川地震での木造家屋の全壊分布図と跳躍した鐘楼の位置 (丸印)

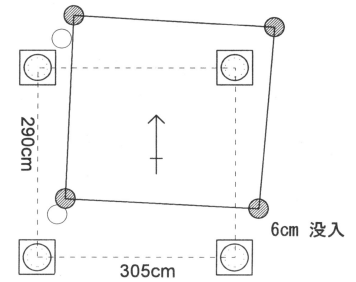


図4 稱名寺の鐘楼の移動図 [3]

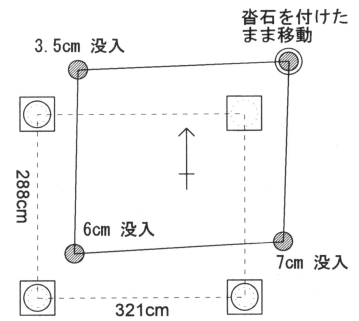


図5 願教寺の鐘楼の移動図 [3]

震災予防調査会報告 [3] において以下のように報告しています。

岐阜県における被害は伊吹山の麓においてのみ激しく、岐阜市ではわずかに時計を止めたり壁に亀裂を与える程度で、大垣では瓦が落ちたりして被害家屋は全戸の7割に達するものの倒壊した家屋も死傷者もありませんでした。ところが、関ヶ原までくると被害が多くなり、全潰家屋2、半潰20、鉄道線路の盛土の変動、線路上の人道橋梁の積土の崩壊、河岸崩壊に伴う橋桁の墜落などがあり、赤坂では石灰竈の崩壊によって死傷者を出し、損斐、本巣などの伊吹の山麓において潰屋、死傷者、道路堤防の亀裂など少なからず発生しました。

滋賀県では、東浅井郡では惨害を極め、虎姫各村においては、全潰していない家屋は半潰でほとんど残るところがなく、この地区での死者数が全死者数の半数を占めていました。ことに尊勝寺では全戸のおよそ八割が全潰、速水、田根村においては全潰と半潰の合計が全戸の半数に達していました。阪田郡曾根村もその惨害は速水本村に次ぐが、長浜村は被害が少なく、全潰家屋は全戸の百分の一に満たないほどで、南へ行くに従って被害は減っていました。東浅井郡の北隣の伊香郡は木ノ本村その他において少数の全潰および半潰家屋があったのみで一人の死者もありませんでした。

3.2 死傷者数

彦根測候所の報告書 [1] によると、死者の数は滋賀県 35 名、岐阜県 6 名の合計 41 名で比較的僅少であり、この 41 名のうち潰家の為に死亡した人が 34 名、5 名は山崩の岩石土砂による圧死、2 名は石燈籠による圧死でした。

重傷者の数は滋賀県下において 115 名、岐阜県下において 18 名、軽傷者は滋賀県下 528 名、岐阜県下 123 名で、負傷者に対する死者の割合は従来の大震災の場合と比較して非常に少ないものでした。姉川地震における死者の数は、全潰家屋数からみても負傷者数からみても極めて少なく、台湾における 2 回の地震および庄内地震等に比較するとその割合はわずかに 6 分の 1 に過ぎず、実に喜ぶべき現象であったと述べられています。

死者数が少なかった原因として、この地震が夏の午後 3 時半に農村地帯において発生したため、ほとんどの人が農作業に出ていて家屋の中に居た人が少なかったこと、炊事時でもなく、夜間でもなく屋内に火気がなく火事が発生しなかったこと、濃尾地震の際に全壊家屋が多かった地域に比べ、この地域の家屋の構造が堅牢であったこと、の 3 点が報告されています。

3.3 家屋の被害

前節で触れたとおり、一部地域では建造物が跳躍するほどの強い地震動を受けたため、被害率が 60% を越えるような地域がありました (図 3)。

彦根測候所の報告書によると [1]、屋根が殆ど地面に達する程に倒潰した住家は 400 余でしたが、家は立っているものの主要構造材が損傷しており修繕をしても使えない程度に壊れた住家も全潰として数えると、全潰戸数は 978 戸に及びました。全潰家屋の殆ど全部が滋賀県に属し、岐阜県は僅かに 6 戸でした。滋賀県のなかでも全潰家屋があったのは、東浅井、阪田、伊香、犬上の 4 郡のみで、阪田郡 73 戸、伊香郡 5 戸、犬上郡 2 戸でその他はすべて東浅井郡に属していました。

全潰住家の割合が 20% 以上であったのは、東浅井郡虎姫村の全部、速水、湯田、田根の諸村の大部分と小谷村の一部を含み下草野村の醍醐でした。これらの区域内において最も激甚な被害を受けたのは湯田村の北西部と小谷村の南東部を含む 1 区域で尊勝寺は 83%、山之前は 62%、留目は 48% の全潰率に達し、さらに虎姫村の大寺及び速水村の今でもいづれも 60% 以上の全潰率でした。大寺及び今等は非常に軟弱な地盤なのですが、尊勝寺、留目、山之前付近の地盤は比較的堅牢であり、このような堅い地盤において前述のような多数の潰家を生じたことから察すると、この地震の最激震部は尊勝寺付近であったものと考えられます。

3.4 地盤、液状化

地盤の液状化現象は、当時から認識されており、調査報告書には噴砂・噴水に関する詳細な記述が見られます。それらによると、滋賀県内では大規模な噴砂 (噴水) は姉川河口 1 箇所のみでしたが、岐阜県内ではかなり多数見られたようです。しかしながら、液状化による被害は報告されていません。最近の地震における液状化被害は、

1. 港湾構造物、特に浚渫土で埋られた岸壁など。
2. 上下水道、ガス等の地下埋設管。
3. 盛土で造成された住宅地など。

が主なものであり、これらは姉川地震当時にはほとんど存在しなかったことから、液状化被害は現代の地震被害の形態とみなすこともできるでしょう⁶⁾。

滋賀県における噴水については、姉川河口の三角州で起こっており、噴水口は大小合わせて 6 個あり、そのなかでも大きなものは直径約 270 cm に達していました。6 個の噴水口は、姉川 2 派流の南枝の河口に近い西岸に並んでおり (図 6)、いずれも円形の皿状窪地となっていました。窪地は深いもので深さ約 36 cm で土地の人に聞いてみると、地震の際には高さ 210~240 cm も噴水した、ということでした。

⁶⁾ただし、近年の地震では、田んぼが液状化によって被害を受けた例も報告されていますので、姉川地震の時に液状化による被害が全くなかったとは断言できません。

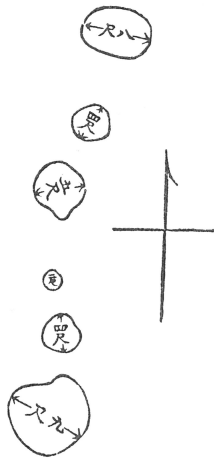


図6 姉川河口の噴砂口

また、岐阜県における噴砂については、砂泥および水を噴出した箇所は実に多く、その数は幾千箇所及び、その量が最も多かったのは安八郡で、調査によって明らかになっているものだけでも三千余ヶ所に及び、稲葉郡は二千を越え、羽島郡も千を越えていました。稲葉郡鏡嶋では床下に噴出した土砂が数寸(十数 cm)も積もったところがあったということです。

3.5 山地崩壊

この地震では滋賀県側では伊吹山で発生したかなり大規模な崩壊以外には、被害とすべき山地崩壊は発生しなかったようですが、岐阜県側ではかなりの数の山地崩壊が発生しました。

滋賀県下における山崩れは伊吹山の崩壊で、その他は極めて小崩壊で

山崩れと名を付する程度のものでした。伊吹山は大地震とともに砂塵をあげて崩壊し、一時山頂を見望することもできなかったほどで、噴火だという話もあったそうですが、その割には実際の崩壊は割合にして僅少で、その坪数は 4800 坪余りに過ぎませんでした。

また岐阜県内における山地崩壊についても彦根測候所の報告にまとめられており、山崩れの主なものは、以下の通りでした。

1. 揖斐郡春日村はこの地震において土地の変動が最も多かった地域で、山岳の崩壊 170 ケ所、その総坪数は 50 町歩に及んだ。
2. 揖斐郡小嶋村には山岳の崩壊 16 ケ所、その広さ 3 町歩に及んだ。
3. 揖斐郡久瀬村には 50 ケ所、3 町歩の山崩れがあった。
4. 養老郡養老村には 11 ケ所、延長 540 m 間の山崩れがあった。その他、小さな山崩れが所々あった。

また、岐阜測候所の調査報告によると、山崩れの箇所は、不破郡で 3 ケ所(延長 306 m)、揖斐郡で 240 ケ所(56 町 1 反 4 畝 20 歩)、養老郡で 11 ケ所(延長 540 m)、本巣郡で 8 ケ所(延長 27 m)でした。

4. ライフラインの被害の詳細

4.1 道路施設・河川堤防

滋賀県側の被害は、家屋被害が非常に大きかったことに比較すると土木構造物の被害はそれほど大きくなく、逆に岐阜県側では家屋被害がそれほどでもなかったにもかかわらず土木構造物の被害が多く、被害全体のため土木構造物の被害が占める割合が大きかったようです。そのため、復旧費も岐阜県は滋賀県の約 2 倍を要しているのが注目されます。

被災した地域は、滋賀県側では家屋被害と同様にかなり狭い地域に集中していましたが、岐阜県側の被害はかなり広い地域に広がっていました。これは地震動が岐阜県側であまり減衰しなかったことと、岐阜県側に揖斐川や長良川等の大きな河川が多く、かなり軟弱な地盤やゆるい砂地盤が広がっていたためと考えられます。一方、滋賀県側の河川は一般に長さが短く急流で、平野部分も扇状地的でかなり堅固な地盤が多いことも関係していると思われます。

土木構造物の被害の復旧に要する費用は岐阜県において 68,474 円、滋賀県において 36,017 円と見積もられています。

4.2 鉄道施設

田辺朔郎博士によると [3]、虎姫停車場の建物は完全に崩壊したものの、駅構内旅客乗降場の下にある水抜拱のようなものは上部に亀裂を生じただけで、滋賀県側の土木構造物の損害割合は軽微でした。それに対して関ヶ原付近においては石垣の合端が震動の為に欠損したものが多く、北谷川(439.319 km KP⁷⁾)は経間 6 m の暗渠の拱(アーチ)部においては微細な亀裂を生じただけでしたが、袖石垣は破壊していました。今須隧道の洞門は損害はなかったものの、その東口の近くでは内部に左右共に水平な細い亀裂が生じていまし

た。藤古川(438.353 km KP)は経間 6 m の 3 連暗渠で鉄道軌条は川底の上およそ 30 m の盛土の上にあつて、地震時に軌条の地盤がおよそ 30 cm 沈下し、軌条は左右 9~12 cm 動いて波状形となりました。ウ屋川暗渠(435.336 km KP)⁸⁾は経間 240 cm、65 度の斜拱にして、東海道線第 1 線建築の当時につくられた部分は殆ど損害がなく、複線工事時に増築した北部に亀裂が生じていました。

また、岐阜測候所の調査報告書では以下のように報告されています。関ヶ原、柏原駅間(439.340 km KP 付近)約 1.6 km 程の間は所々路盤上に 18~21 cm の亀裂を生じ、路盤下は最大 45~48 cm に及び、また震動のため、上下線 18 cm 余り開いた所がありました。枕木の下に空隙ができたり軌条が波状に変形したため、8 月 14 日午後 5 時 13 分岐阜着の上り列車は乗客を下ろし現場 1.6 km 間は空車にて徐行したため、岐阜駅には 2 時間余り遅れて到着しました⁹⁾。しかし、次の列車より、単線だけ修繕して上下の列車を通し、次いで応急修理を翌日より複線復旧しました。また穂積駅付近には 415.602 km KP から 700 m 間で多少崩壊し、また 417.710 km KP 付近の下り線に 15 cm 程墜落した所がありました。虎姫駅は全壊しましたが、16 日の夕方には一時待合室、出札室が完成して、その後引き続き仮駅にて業務が行われました。関ヶ原駅には駅長官舎の石垣が崩壊し、かつ同駅に備え付けの電信機がプラットホームに投げ出され殆ど破壊してしまったものを、これを拾い上げて仮設して用いたということです。その他、長浜、柏原、米原、大垣等の各駅においては壁、瓦の墜落がありましたが大したことはありませんでした。

4.3 通信施設

通信といえば当時は郵便と電報であったようですが、岐阜測候所の報告書 [2] に次のような記述が見られます。

彦根、長浜の郵便局を始め三等郵便局には二、三ヶ所被害がありましたが、壁、天井の墜落程度にとどまり、かつ震害の激震区域は通信幹線の通路ではなかったため、彦根においしばらく不良の箇所があったほかは、通信に支障はありませんでした。ただ、震後半月間における郵便電信の取扱数は滋賀、岐阜両県共著しく多数にのぼり、虎姫において電信は平素の 30 倍、郵便は 10 倍に達したということです。

参考文献

- [1] 滋賀県彦根測候所：近江國姉川地震報告。
- [2] 岐阜県岐阜測候所：江濃地震報告。
- [3] 震災予防調査会報告第 69 号，第 70 号，1910。
- [4] 東京大学学術機関リポジトリ，
<http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/bulletin/#45-41>
<http://repository.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/bulletin/#45-40>
- [5] 澤田純男：姉川地震，明治以降関西地域の地震と被害(高田至郎，澤田純男，坂田英洋編)，関西ライフライン研究会，pp.47-65，1995。
- [6] 澤田純男・松山紀香・岩崎好規：姉川地震の震害要因について(その 2)，地震学会講演予稿集，平成 3 年度春季大会，C41-07，1991。
- [7] 坂井公俊・盛川仁：姉川地震による被害地域における重力探査を用いた三次元基盤形状のモデル化，物理探査，Vol. 58, No. 4, pp.331-338, 2005。
- [8] 大町達夫・本多基之：鐘樓の跳ぶ話——直下地震による跳躍現象，地震ジャーナル，21, pp.18-24, 1996。
- [9] A.Imamura, "On the topographical changes preceding and following the Anegawa Earthquake of 1909," *Proc. Imp. Acad.*, Vol. 4, No. 7, pp.371-373, 1928。
- [10] 杉村新：柳ヶ瀬断層，第四紀研究，Vol. 2, No. 6, pp.220-231, 1963。
- [11] 小林啓昭：1909 年姉川地震の解析的再現，富山大学理学部地球科学科卒業研究，1983。
- [12] 地震調査研究推進本部：柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の評価，
<http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04jan.yanagase/>，2004。

姉川地震 100 年を機にす
2009 年 8 月 14 日
東京工業大学 大町達夫

⁸⁾「ウ」は「窪」からサンズイを取り除いた形の漢字です。

⁹⁾現代ではちょっと考えられないような運用です。恐ろしいことをやってのけたものです。

⁷⁾KP：キロポスト。新橋からの距離で鉄道路線の位置を特定するために用いられています。以下、同様です。