

濃尾地震における土木構造物の被害と復旧

飯 田 汲 事

Damage and Restoration of Civil Engineering Constructions by the 1891 Nobi Earthquake

Kumizi IIDA

A destructive earthquake of magnitude greater than 8 was originated at the north-western part of Gifu Prefecture, central part of Honshu, Japan on 28 October 1891. The damaged area by this earthquake was spreaded over one third of Honshu. The remarkable fault was appeared. In the meizoseismic area 164,611 houses were totally destroyed, 123,162 were half destroyed, 7885 persons were killed, and 21334 persons injured.

It caused serious damage to civil engineering constructions such as highways, railway bridges, embankments and revetments, etc. Further, land deformation and ground liquefaction were induced by severe ground vibrations. The damage to civil engineering constructions and restoration processes that followed were presented in this paper. The damages by this earthquake amounted to greater than a fiscal year's national budget. It seemed to take a period of about two years for restorations of total damaged places of bridges, highways, revetments, and embankments, etc, because their disasters were various kinds of settlements, cracks, slidings, and / or failures which were widely distributed.

1. まえがき

濃尾地震は揖斐川上流域の岐阜県大野郡根尾村を震源として、明治24年(1891)10月28日午前6時37分頃に発生した大地震であって、その震動は激烈であったため地表に著しい地変が発生したばかりでなく、土木・建築構造物にも多大の被害が発生した。したがって、圧死者や負傷者が多かったばかりでなく、続いて発生した火災や水災などによる被害の惨状は、言語に絶するものがあった。

内陸に震源をもつ大地震の災害は地盤破壊・構造物破壊・地変などにおいて如何に大きかったかが知られ、多くの教訓を残した。さらに、この地震が地震学・耐震工学に及ぼした影響は大きく、地震の翌年には国の機関として震災予防調査会が設置され、地震および耐震・災害予防の研究が体系づけられるようになるなど、東海地方に発生したこの地震の歴史的重要性が指摘されるばかりでなく、今から約100

年前の出来事ではあるが、それをかえりみて得られるものは決して古いものではなく、今日的な新しい知見として有用であると思われる。

ここに、濃尾地震の被害の概要と土木構造物の災害とその復旧について述べる。

2. 濃尾地震の被害の概要¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾

濃尾地震による被害を可能な限り集めて検討し、それらを総括したものを表1に示した。

この地震の被害は、震源地の岐阜県が最も大きく、次いで愛知県、福井県の順となっている。家屋の倒壊が岐阜県の根尾谷ではほとんど100%に達し、岐阜県的美濃から愛知県の尾張にかけては90%以上の所が多かった。被害のあったのは、現在の2府12県にのぼり、本州の3分の1余が被災したことになる。

死傷者数や家屋その他の建物の被災数は、被害発表の日時によって異なり数字もまちまちなので、今

表1 濃尾地震の各県別被害

府県	種類		住 家			非 住 家			道路	橋梁	堤防	山崩れ	
	死亡	負傷	全壊	半壊	計	全壊	半壊	計	破裂	損落	崩壊		
岐阜県	5,184	13,365	52,690	35,546	88,236	23,122	12,787	35,909	15,217	8,198	4,562	9,929	
愛知県	2,638	7,705	39,093	32,059	71,152	46,418	23,596	70,014	4,217	2,167	2,173	94	
福井県	12	103	1,075	1,073	2,148	829	15,271	16,100	873	16	139	198	
滋賀県	20	48	153	366	519	217	410	627	47	7	177	1	
三重県	1	17	235	445	680	397	307	704	24	2	95	1	
大阪県	23	86	110	419	529	135	706	841			7		
奈良県	1	1	27	20	47	27	7	34	5				
石川県	2		7	49	56	28	32	60				2	
兵庫県		1	12	42	54	13	8	21					
静岡県	3	2	4		4	2	5	7	19	1	24		
京都県			12		12	1		1	22	3	33	1	
山梨県		2	1	2	3	1	6	7					
富山県		2	1	1	2				1				
長野県	1	2	1	5	6				18	1	5	1	
		7,885	21,334	93,421	70,027	163,448	71,190	53,135	124,325	20,443	10,395	7,217	10,225

回はその発表の最終的なものの数値について検討して表にまとめた。震害の県別による改正数値は表1に示すようになり、全体では次のようになった。

死者7885人、負傷者21334人、住家全壊93421戸、住家半壊70027戸、非住家全壊71190棟、非住家半壊53135棟となり、道路破壊20443箇所、橋梁損落10395箇所、堤防壊裂7217箇所、山嶽崩壊10225箇所となっている。したがって、全壊家屋は164611、半壊家屋は123162の多数をかぞえた。

震源域における震害は大きく、地盤の陥没・隆起・亀裂・崩壊が到る所で発生し、地すべりや山崩も起り、河川水がせき止められるなどで湖水のできた所もある。また地変として注目されたのは根尾谷に生じた地震断層で、水鳥部落では上下方向に最大約6m、水平方向に約2mの断層崖を現わし、中村部落や金原部落では水平方向に最大約8mのくいちがいができた。根尾谷およびその延長上における断裂系の地質断層の長さは、根尾谷断層（能郷白山付近から根尾村を経て本巢町川内東方に至る）では37km

あり、梅原断層（岐阜県伊自良村池原から関市柳洞付近に至る）では19kmあったが、地震断層は根尾谷地質断層部において35kmの長さが出現し、梅原断層においては25kmの長さが出現した。また根尾谷地質断層の北西延長部における温見断層（福井県温見から野尻に至る）は長さ39kmであるが、そのうち20kmが地震断層として出現したので、結局この地震によって、上記総計95kmの長さの地質断層とほぼ一致して出現した地震断層は総計で80kmとなっており、主として上記三つの横ずれ地質断層が変位してできたものと思われる。

以上のような地震断層のほか、岐阜市から東海道線に沿い名古屋市に達する線、水鳥部落から神海・大垣・蟹江に至る線、北方から稲沢・万場に至る線、穂積から木曾川河口に至る線など地震動の烈しさや水準測量の結果などによって、濃尾平野にも達した地震断層線の存在が推定されているので、それらの推定断層を含めると地震断層の長さは180km余となっている。



図1 濃尾地震における地盤液状化地点分布



図2 濃尾地震における堤防決壊地分布

前記の地震断層系付近の諸部落では、住家全壊が100%の所が多いが、断層系から離れると急速に家屋の被害が少なくなっている。ただ注目したいのは、水鳥部落の出現断層崖直上付近におけるある木造家屋では、地震時に水平に敷かれた畳が垂直立ちしてピョーンピョーンと移動したほどに、地震動の加速度が数百ガル以上にもなったかと思われたが、その家屋は倒壊しなかったという。これは地震被害は単に加速度だけによるものでないことを物語るものである。

この地震で注目をあびた顕著な地震断層のほか、濃尾平野の地盤液状化現象も顕著であった。木曾三川流域を中心に濃尾平野の大部分、遠くは大阪、静岡、福井に至るまで広い範囲にわたって各地で噴砂噴泥水現象がみられた。その地点を図1に示した。噴泥水の高さが6m余にも達したものがあり、多量の噴泥水によって水害が生じたり死者を出したところもあった。また堤防や道路は地震によって亀裂を生じないものはなく、被害として記録されているものの多くは目視された著しいものだけであった。堤防の決壊地は地盤の液状化地点とかなりよい相関を示しており、堤防も地盤の液状化による被害が多かったと思われる。なお液状化地点の最遠点は震央から約190kmも離れた静岡県清水市や庵原郡西奈村であって、地盤の亀裂から僅かながら青泥水の噴出がみられている。堤防決壊箇所を図2に示した。

この地震の震度は当時では4階級で、最大震度は4の激震であったが、現在の気象庁震度に基づいて詳しい震害図から震度分布図を求めて示したのが図3である。家屋の全壊率30%以上を震度7、全壊率20~30%を震度6とした。震度6以上は福井・石川両県の日本海岸から愛知・三重両県の伊勢湾に至る地域のほか、静岡県・京都府・大阪府・奈良県での小地域にも散在した。震度5の平均半径Rは220kmであり、 $M=2.1\log R+3.3$ からMを求めると8.2となる。したがって、この地震の規模は8よりも大きいといえる。

3. 土木構造物の被害と復旧⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾

濃尾地震が濃尾地方の土木工事に与えた被害は甚大であった。木曾・揖斐・長良の三大川を始め大小河川堤防、護岸、道路、橋梁、溜池、樋管、用悪水路等に至るまで、被害を受けないものはなかったが、被害の程度は様々であって、復旧にも多くの日時を要したのであった。

愛知県⁴⁾においては幾多の堤塘・道路・橋梁その他の被害著しく、その復旧には多額の経費と日数とが費されている。復旧の土木工事は管内が23工区に分けて行われ、明治24年(1891)11月18日に開始、明治26年3月31日に完了となっているので、約17カ月にわたった。その経費は震災復旧の国費であって、精算全額⁴⁾は172万7381円21銭となっている。工費の

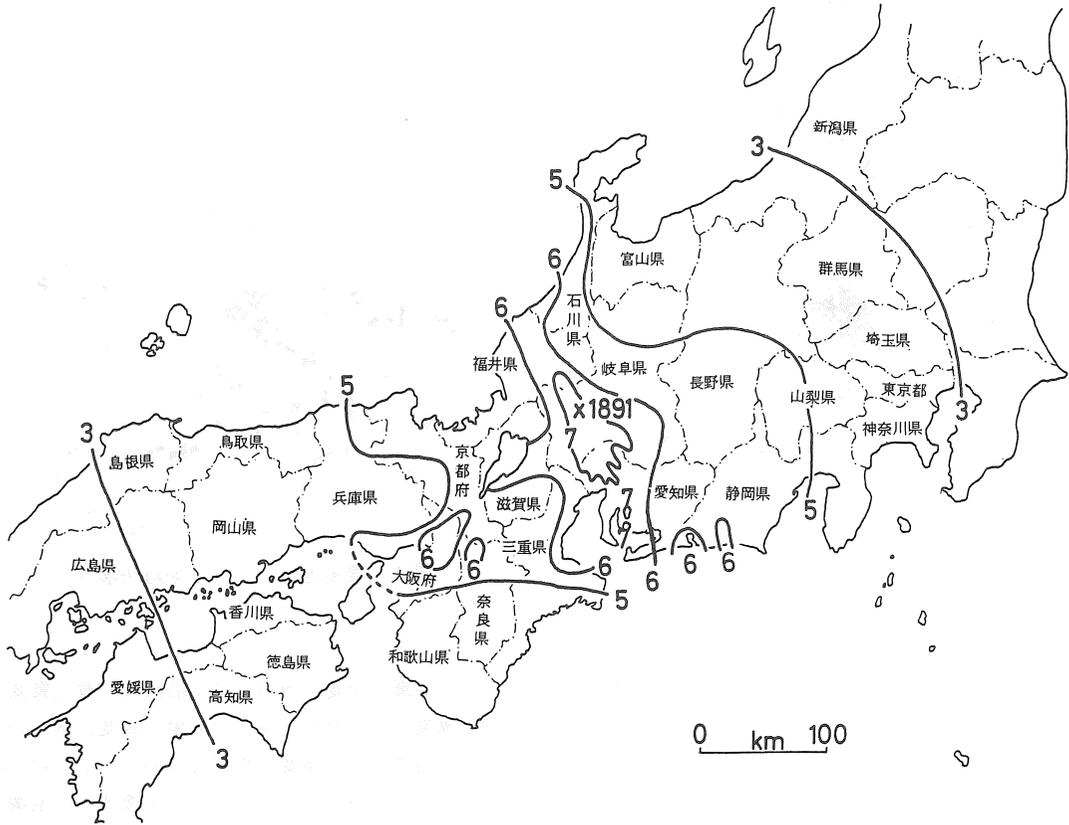


図3 濃尾地震の震度分布

表2 愛知県における濃尾地震復旧工費種類別一覧表

種 類	工 費 精 産 高	備 考
河川堤防	323,605.671	3831865.6m ²
水制	4,927.659	6028.8m ²
護岸	211,804.349	219925.27m
海岸堤防	113,196.213	898617.83m ²
護岸	80,308.913	76799.32m
道路	81,861.226	1162345.2m
橋梁	97,954.444	36860.9m ²
溜池	246,206.337	—
木通管	433,069.616	163855.4m ²
用悪水路	100,278.048	491703.24m
水路浚渫	16,879.857	142883.2m ²
堰埧	2,111.222	2168.15m
土砂杆止	15,177.655	201208.7m ²
総 計	1,727,381.210	

種類別を表2に示したが、樋管が最も大きく、次いで河川堤防、溜池、河川護岸の順となっている。施工箇所⁹⁾は図4に示したように県の全域に及んでいる。

揖斐川橋梁の復旧は6ヵ月かかり漸く運行可能となったが、岐阜県における災害は他府県を凌ぐほどのものであったから多大の日時と経費を要したと思われる。金城新報(明治24年11月17日付)によれば、愛知県だけで有形の損害は2千万円以上で、岐阜県のを併せると有形無形で1億円以上になると記している。全体の復旧には約2カ年を要した。

福井県⁹⁾における土木工事の損害概算額は約2.2万円で、建物・土地等の損害概算は約40.4万円となっている。この他の府県における復旧工事費関係の資料はないが、震害のあったところでは復旧に経費と日時を要したものと思われるので、全体としての濃尾地震による損害額は約1.2~1.3億円くらいになったものと思われる。したがって、その損失は当時の国家予算の1年分以上にもなったようである。

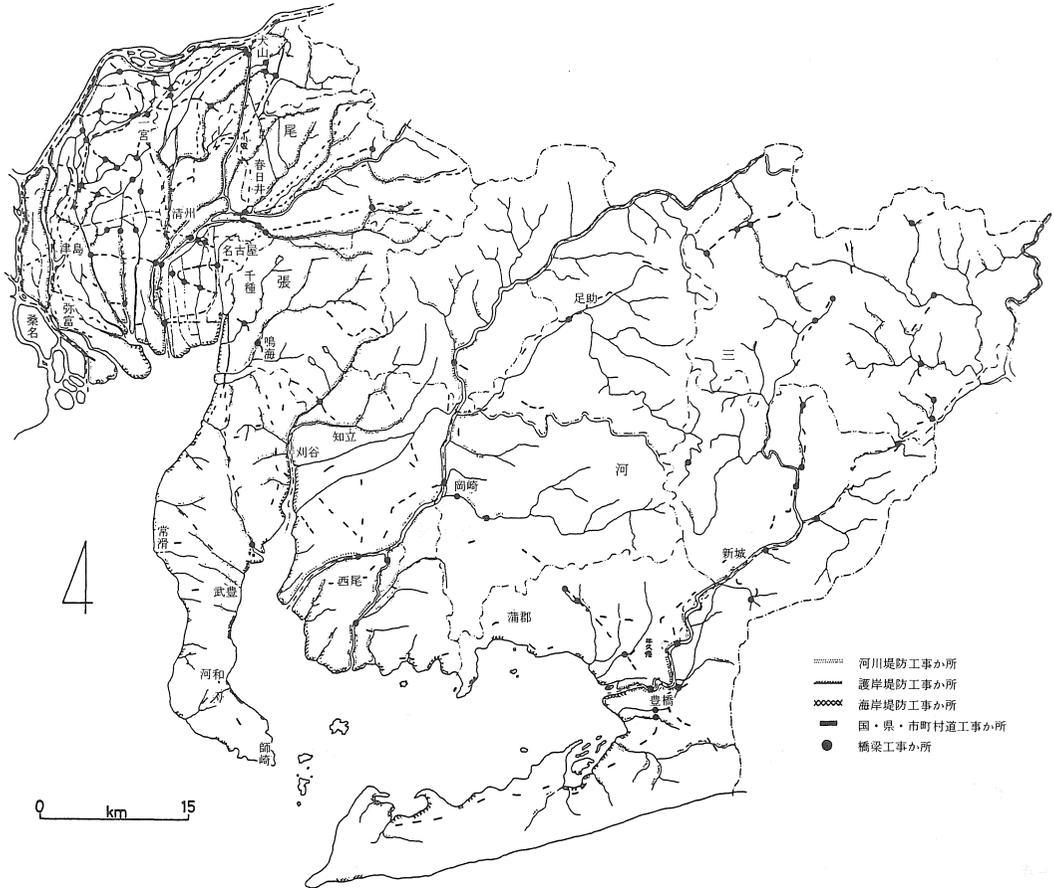


図4 濃尾地震被害の土木工事箇所（江森盛孝原図に加筆）

3.1 堤防

堤防の被害は中部・近畿の両地方の全域にわたっており、陥没崩壊の最も著しかったところはほとんど地盤と同一レベルくらいになり、亀裂は縦横無数にできて、その深さが地盤にも達したものもあった。このように、地震動がはげしかったため、盛土構造の堤防が大きな被害を受けたのである。

護岸工事は制水沈床、護岸沈床、合掌枠、片枠、並杭等が主であるが、これらはすべて被害を受け、殊に沈床工事で河川水激突の箇所に施行されたものは大被害を受けた。また、枠類は概して崩壊し、並杭・沈床留杭の大部分は抜け上がりやひどく、浮上して流失している。陥没のひどかった堤防を例示する。

愛知県⁴⁾ 県内木曾川堤防は延長約79kmで(i)犬山一葉栗郡宮田間は粘土質に乏しく、砂礫よりなっていたので被害が少なかった。(ii)宮田一佐屋川分流

口間は砂質で、亀裂決壊が少なかったが、陥没変形がひどかった。(iii)佐屋川分流一海口間は粘土質で洪水に対しては丈夫であったが、地震で壊裂し被害が最も大きかった。表面が無疵のようでも、内部に被害があったので、復旧工事に日数がかかったようである。

庄内川および矢田川堤防は砂堤防で、河床上2～3m、平地上9m以上の高さであったので、地震動は一方にかたよって強かった。西春日井郡六郷村の如きは、震動の際堤防全体が一方に転覆し、堤外70～90mの所にある家屋を押し倒したので、一時メ切工事をを行い急場を防ぐ処置がとられている。佐屋川分流口から海口に至る堤防は粘土質で被害が甚しかった。これに反し、犬山以南葉栗郡宮田に至る区間では砂礫質堤防であったため、それほどの被害はなかった。天白川・矢作川堤防では、亀裂陥落があり特に伏越樋管のあった所は最も被害が大きかった。

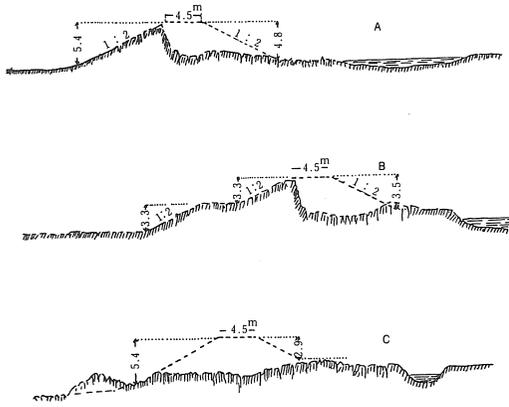


図5 揖斐川堤防の破壊断面図(佐伯原図に加筆)
 A安八郡深池村字波野境
 B安八郡難波野村字宮北
 C安八郡難波野村字村東

た。

海岸防波堤では、蒔石堤・石張堤・石垣堤・板柵堤等があったが、蒔石堤では堤腹が縦横に決壊したため復旧費が多くかかった。これにつぐ陥没被害は石張堤で、石垣堤は石垣の崩壊状を示す被害があった。板柵堤では砂堤のため陥没がひどく、板柵をおし出す被害であった。

岐阜県⁶⁾ 県内揖斐川堤防は安八郡和合村、津村、深池村、難波野村、今福村等において、亀裂陥落箇所が多かった(堤防破壊断面図5参照)。長良川堤防は岐阜市大字稲束、厚見郡本庄村、鏡島村、江崎村、高河原村、日置江村、茶屋新田村等において、揖斐川堤防と同様に亀裂陥落箇所が多かった。また、厚見郡高桑村、佐波村、茜部村の境川堤防でも亀裂陥落箇所があった。

以上の堤防における復築工事の方法には、単に亀裂の箇所は肉眼で認めた裂損よりも30cmくらい掘下げを行い、また亀裂陥落箇所は便宜区劃を設け厚さ約30cmの土砂を均一におき、千本または蛸蝮で搗固めて旧形に復した。外部の両法馬踏とも厚さ約2～3cmの粘土でおおい雨崩れを防ぎ、外法を総て切芝を張って目串で留めて堤防を保護し、内法は約60cm間に幅12cm、厚さ6cmの切芝を植込み、法面をもとの形に仕上げています。

三重県⁶⁾ 県内木曾川流域に係わる土木工事は被害は僅少であったので、岐阜県下のものに比べれば堤防工事以外は無害に等しいものであった。堤防工事で被害のひどかったのは、桑名郡桶村大字松の木

堤防で油島下流に当る所で、木曾川水流が直ちに堤脚へ衝突流下するところであった。被害は主に、堤防外法に当る部分が河流方向に沈下したことによるものであった。この被害の工事の他は、木曾川改修の新堤中の旧来の鰻江、白鷺、青鷺等諸川の締切工事があった。これらでは水面近くまで陥落した部分が多かった。このほか、揖斐川および小支川では小許の堤腹決壊ないし縦線の裂目を生じたものなどがあった。

桑名郡伊曾島村松蔭新田の木曾川海口の堤防は石堤上に土堤を築いたもので、石堤は沈下、土堤は亀裂陥落した。その復旧工事は同じ材料を用い、沈下のひどい所には大きな栗石を埋めて基礎とし、石積みを行い、その継目はセメントモルタルで接合した。**静岡県** 長上郡掛塚村内の天龍川改修護岸堤馬踏では約50m間腹付で約164m間幅約2mの割目を生じ犬走等が破損した。豊田郡中瀬村地内天龍川改修護岸堤馬踏では堅割幅約3cm余り破損したが、これらは間もなく復旧した。

3.2 道路と鉄道

(1) 道路の被害

これは堤防ほどではないが、被害延長は1310kmとなり、尾張・美濃の南部低地輪中の地では陥落亀裂の箇所が多かった。また、木曾川本堤では道路との共用部があり、そこは年々砂利でふみ固められたが、震害はその路面に多かった。山辺の道路は山崖の崩壊や石垣の転落、水抜破損等の被害が多かったため、道路上の障害を除き、破損箇所を修復するのに多くの日数を要した。

(2) 鉄道線路の被害⁷⁾

東海道線の被害区域は(i)静岡大津間幹線の延長約322km、(ii)大府武豊間枝線延長約19.5km、(iii)米原金ヶ崎間枝線延長約50kmであった。被害の大きかった所は大府・大垣間および大府・武豊間で、築堤箇所陥没し、その深さが約4mほどで路盤全面に亀裂ができたが、その大きなものは30cmにもなった。

線路築堤中陥落亀裂のひどかった所は(i)名古屋の北方枇杷島川鉄橋前後の443m間で、陥落深度の最深が約2m、(ii)木曾川鉄橋前後の約905m間で最深約4m、(iii)長良川鉄橋前後の744m間で最深約4m、(iv)揖斐川鉄橋前後の785m間で最深約2mとなった。その他90cmないし1.2～1.5mの陥落の箇所は延長約81kmにも達した。築堤上の亀裂方向は軌道に並行方向のものも多く、かつ大きかった。大府武豊枝線で

は、大府亀崎間が築堤の陥没がひどく、最深が1.5mで英比川鉄橋前後の402m間では最深2.1m、成岩入江鉄橋前後の100m間では最深91cm、神戸川鉄橋前後の40m間では最深1.2mになった。その他13~15cmから30~60cmの陥落または路面亀裂箇所があり、それらの総計の延長は約13kmとなっている。

築堤の陥落または亀裂箇所では一旦その土砂を取り除き、漸次つき上げて不足土を補充し、すべて原形に築造した。線路が陥落または亀裂した所では、砂利もまた陥没し、屈曲波状を示した。また、木曾川橋上では継目の切断箇所もあった。軌條の屈曲のひどかった部分は継目を解放して矯正し、さらに軌道間の広狭を調べ、狗釘を打換え砂利を入れてすべて原形通りに修復した。

3.3 橋梁

橋梁被害は岐阜県では約8200箇所あり、愛知県では約2200箇所となっているが、その他の県では被害は少なかった。被害の大きな主なものについて述べる。

(1) 天白川鉄橋 (21mスパン, 鉄桁6箇連架)

第1橋脚(外径2.7mの円筒形, 周囲の厚さ60cmは煉瓦で積み内部はコンクリートで充てん)は基礎井筒(外径3.6mの円筒形で, 構造は第1橋脚と同じで, その頂嶺はだいたい湧水面にある)上約30cmの所で, 全周水平に切断した。第2橋脚は基礎井筒上約60cmの所で煉瓦積3層にわたり斜に亀裂ができて, その損所は全周の5分の1であった。第3橋脚は基礎井筒上約60cmの所で全周水平に切断し, 上部は10cm横に移動した。第4橋脚は基礎井筒上約2.5cmの所で切れ, その上下部は1.3cmの食い違いができた。第5橋脚は基礎井筒上約30cmの所で切断した。南北両橋は左右袖の石垣が崩壊した。

以上の橋梁の修復方法は次の如くであった。第3橋脚はその両側に丈夫な木製枠を組み立てて仮に鉄桁を支え, 橋脚全体を取りこわし, セメント1, 砂2の割合のモルタルを用い, 原形にならって改築した。ただ, 基礎井筒とその上部構造との接合の箇所には, 直径3.8cmのボルト4本を包入し, かつ鉄輪を入れて上下の継ぎを固くした。他の橋脚4カ所は全体の改築が必要でなかったため, 煉瓦積に裂目のできた所だけセメント1, 砂1のモルタルで, 積替えて修理している。

(2) 枇杷島陸橋

この橋は元煉瓦造アーチであったが, 両橋台とも

後口に傾斜し, アーチ全体が崩壊し墜落したので, さらに60cmスパンの開橋に改築された。このためには, 在来の陸橋煉瓦積全体を取り除き, また, 基礎コンクリートの如きも裂目を生じた不完全の部分はすべて取りこわし, さらにコンクリートを填入し, 煉瓦並びに隅石を用いて, 両橋台をきずき, 新規の鉄桁を渡すなどしている。橋台を作るときのモルタルの調合はセメント1, 砂2の割合であった。

(3) 新川鉄橋 (21.4mスパン鉄桁4箇連架)

この橋の橋脚は6.7mの円形井筒基礎で上部に2本の铸铁柱(径76cm, 厚さ2.5cmで内部にコンクリート填充)をもった構造であったが, 第1と第3の橋脚は何れも井筒上61cmないし1.5mの所で鉄柱が砕折したので, その両側に木製の枠を組み立てて仮に鉄桁を支え, 折損した鉄柱を取り除き, 井筒上からさらに煉瓦並びに石材を用いて, 両端円形の橋脚に改築している。モルタルの調合はセメント1, 砂2である。

(4) 五條川鉄橋 (21.4mスパンで鉄桁3箇連架)

この橋の南橋台は傾斜移動したので, 基礎井筒より破損箇所のある所を全部取りこわし, 煉瓦と石材を用いて原形にならって改築している。また, 第1橋脚は前述の新川鉄橋の場合と同様の方法で, 煉瓦と石材を用い両端円形の橋脚に改造している。

(5) 木曾川鉄橋 (61mスパン, 鉄桁9箇連架)

この橋は橋台・橋脚何れもその基礎1隻の円形井筒(径3.7m)で, これにアーチを架して一体としたもので, 上部は煉瓦や切石を用いた構造であるが, 井筒が何れも多少移動した。また, その上部煉瓦積が破壊して多少の食い違いができたため, 全体の改造が必要となった。そこで, 両橋台の前面及び各橋脚の両側に丈夫な木製枠を組み立てて仮に鉄桁を支え, 橋台・橋脚ともその全体を取りこわした後, 井筒上に十分な重量(橋脚基礎の井筒上には1隻に付800トン, 台下の井筒には1隻に付450トン)を載せて試験したが, 何れも異状がみられず, よって著しく移動した井筒の周囲に接して鉄桿(長さ6m以上のもの)を搦下げ, その地中での切断または上下部の食い違いの有無を探查した。しかし, 何れの形跡も見出せなかったため, 井筒には損傷がないものと認め, その周囲を締切って水面下1~2mの間水をなくし, 井筒上部の煉瓦や内部のコンクリートを取りこわし, その積替を行って傾きを直したりして橋脚・橋台を原形に改造している。モルタルの調

合はセメント1，砂2～3である。井筒1隻の間には橋梁を架し，その上に鉄板を敷き，アーチと鉄板の間に煉瓦を詰め，またアーチの下にはさらに勾配の緩やかなアーチを架し，その上下両アーチの間を煉瓦で充たし，最弱部分の断面積を大きくしている。また，井筒と上部構造との間のつなぎを丈夫にするために柱石10箇以上を埋めている。鉄桁は数cmから30cm水平に移動したが破損もなく，橋台・橋脚の修復とともに漸次それを本位置に据付けを行っている。

(6) 境川鉄橋(21.4mスパン鉄桁3箇，18mスパン鉄桁2箇，15mスパン鉄桁1箇，12mスパン鉄桁1箇連架)

この橋台・橋脚は各螺施付鉄柱(径76cm，厚さ2.5cm，内部コンクリートで充てん)2本で構成され，何れも地中60cmないし2.4mの所で切断されたが，煉瓦と石材で改造された。すなわち，新橋台・橋脚とも少し北方に移動したが，それらの基礎掘りのため土留用箱枠を作り適当な深さに掘り下げ，杭を打ち込んでコンクリートを詰めて基礎とし，その上に煉瓦と隅石で橋台は方形に，橋脚は両端円形に，セメント1砂2の割合のモルタルを用いて畳築している。

濃尾地震で橋台・橋脚が破損したものが多くうちで，鉄柱で構成の橋脚は新川，五条川，境川，長良川等のものはすべて切断した。その切断箇所は主として河底面上下部分であった。これは地震動が地下から鉄柱を伝わり上部鉄桁に達し，そこでの重量により烈しく動揺したもので，地盤接近の場所は地動と上部結構の動揺との根基に当たったため最も大きな被害を受けたようである。しかしそこは震力に耐える断面積のなかったことが原因とされている。煉瓦や石造りの橋脚に比べ，鉄柱はその局所の面積が最も小さく，よい構造でないことがわかったので，改造のときは総て鉄柱が廃され煉瓦または石造にて，その要件を充すよう努力されている。

(7) 長良川鉄橋(61mスパン鉄桁5箇，150mスパン鉄桁4箇，18mスパン鉄桁1箇連架)

この橋はもと鉄桁が30mスパン4箇，60mスパン5箇の連架で，両橋台は各々径97.6cm厚さ4.6cmのラセン付鉄柱2本，橋脚は30m鉄桁を支える分で径76cm，厚さ2.5cmの鉄柱4本，60m鉄桁を支える分で同寸法のもの5本で構成され，これを地中硬層地盤に達するまで挿入，鉄柱の内部は何れもコン

クリートが詰めてあった。この鉄柱が何れも河底上下の所で折損し，60cm鉄桁3箇は地上に落下した。そこで，煉瓦と石材を用い改造されたが，旧橋台・橋脚の位置が少し東方に移動され，流域の狭まるのを補うために18m鉄桁1箇が増加された。新橋台・橋脚の基礎は楕円形井筒でその30m鉄桁を支える3箇所は縦径7.5m，横径4.3m，60m鉄桁を支える分6箇所は縦径9m，横径4.5mのものが用いられた。但し，18m鉄桁1カ所は径6mの円形井筒が用いられた。井筒を漸次に沈降し硬い地盤に達したとき，それぞれに適当な重量(100～800トン)をそれらの上のせて試験され，異常のないとき内部にコンクリートを詰め，その固結後に上部構造が施工された。上部構造は煉瓦と石材で混造され，その形は下部の井筒形と同じにし，漸次縮められ頂嶺では両側扁平，両端円形にされた。その基礎井筒と上部構造の接合点には10箇前後の柱石が詰められ丈夫にされた。モルタルはセメント1，砂2の割合で手煉，セメント1，砂3のものは機械煉であった。

この橋の改造橋脚の設計上主眼とされた点は，境川橋梁と同様に，地盤接近部分の断面積がなるべく大きくなるようにされたことで，基礎井筒は木曾川の様な1隻の円形井筒を廃し，1箇の楕円形井筒を用い河底から漸次面積を減少させ，頂点で鉄桁を受けるのに必要な面積だけにされた。なお下部井筒と上部構造の接合点には数箇の柱石を埋め込み，かつ井筒底部から連立するボルト数本を井筒上面60～90cmの高さにし，なるべく要部の耐力を増すようにされている。

(8) 揖斐川鉄橋(61mスパン鉄桁5箇連架)

この橋の橋台・橋脚は各々その基礎1隻の径3.7m円形井筒よりなり，これにアーチを架して一体とし，上部は煉瓦の構造であった。東橋台は前面に傾斜し，西橋台は井筒上部で裂目ができかつ約30cm降下した。また，橋脚は4箇所共水平面上60～90cmの所で煉瓦積に接する所が切断して食いちがいを生じたので修築された。その方法は，東西橋台および第1，第3橋脚は全体改築の要があったため，両橋台の前面と両橋脚の左右に枕木を積み重ね，木製枠を組み立てて鉄桁の支柱とし，橋台・橋脚とも煉瓦積全体を取りこわし，井筒の異常がないのをみた上で，原形にならって改築された。第2・第4の橋脚は全部改築の必要がないので裂目のできた所だけ煉瓦を取りこわし積みかえしている。第1橋脚は基礎井筒上

約30cmの所で折損後、川除堤塘が陥没したのでおし出され、上部は鉄桁に支えられて格別の移動がなかったが、下部井筒では約30cmの移動がみられた。各橋脚基礎井筒の1隻の間には橋梁を架し、その上に鉄板を敷き、アーチと鉄板の間を煉瓦で積み、またはアーチの下にさらに曲度の緩かなアーチを架し、その両アーチ間を煉瓦で詰めて、その部分の断面積を大きくしている。

(9) 犀川鉄橋(21mスパン鉄桁2箇連架)

この橋の橋台・橋脚は各々その基礎径3.6mの井筒1箇からなる。橋台は東西とも石材で築造され、橋脚は径76cm、厚さ2.5cmの鑄鉄柱2本(内部はコンクリートを充てん)で構成された。両橋台とも前面へ傾斜破損、橋脚鉄柱は2本とも井筒上にて切断され、上下部にくいちがいが出て北方へ少し傾斜した。そこで、両橋台の前面および橋脚の左右に木製の枠を組立てて、かりに鉄桁の支柱とし、両橋台の石積全体を取りこわし、重量試験後に原形に築造され、また橋脚は鉄柱を取り除き、石材で改造された。

(10) 明徳寺川および豆月川鉄橋(前者12mスパン鉄桁1箇、後者18mスパン鉄桁1箇を架す)(愛知県大府武豊間)

両橋とも橋台の煉瓦積接合部分が切断されてくいちがいを生じたので、橋台の前面に枕木で枠を組み立ててかりに鉄桁の支柱とし、煉瓦全体を取りこわした上で、基礎が検査され、異状がないのを確かめられて、原形通りに改築が行われている。

(11) 英比川鉄橋(21mスパン鉄桁3箇、15mスパン鉄桁2箇を連架)(愛知県大府武豊間)

この橋では第2・第4橋脚および南橋台とも煉瓦積接合部切断で、くいちがいが出ていたので、橋脚の両側と橋台の前面に木製の枠を組み立ててかりの鉄桁の支柱とし、橋脚・橋台の煉瓦全体を取りこわし、基礎に異常のないのを確認後原形通りに改築が行われている。

以上は、橋梁中被害の大きなものの記述であるが、スパンの小さな橋でも橋台全部が改造されたものは数多い。また袖石垣の積替など局部の修繕が行われたものは数えきれなかったという。

要するに、橋脚は河底接近部分の破損が最も多かったが、この部分の断面積をなるべく大きくするように改造され、またアーチでは中央部分が上部の重量を受けることが最も大きいので、両端から中央に向い漸次その厚さを増して均一の力をもたせるよう

に改造されている。

3.4 その他

(1) 溝橋

これはスパン3.6m以下で溝渠に設けたものをいう。その被害のひどかったものの総数は40余箇所となり、被害の形状は開渠では橋台の前面に傾斜したものが多く、暗渠では溝渠の方向にアーチの上部に裂目ができた所もあったが、最も多いのは溝渠の中央で側壁よりアーチに及ぶ横断した破損であった。これは上部築堤の重量を受ける部分が最も多いからで、改造には中央部は特にアーチを増加し、煉瓦は両端アーチ3枚巻、中央に向かって多くし4~5枚巻となっている。

(2) 樋管

愛知県下の各水路に設置の大小樋管は2200余あるが、そのうち大地震で破壊したものは1415箇であり、概ね木製であった。その著しい破壊は堤地の陥入とともに押し潰され、樋体をなさないものが多く、震災復旧に要した金額は土木費全体の25%にもなっている。

岐阜県においては、樋管の構造は堅牢の方であったが、その多数は地動より生じた圧力で崩壊している。

(3) 用悪水路

これは主に水路の突起にあるが、水路両側の圧出されたものもあって、その元形をみることはできなかった。

(4) 溜池

愛知県下では、地盤の高底によって上池・下池とし、多くは下池の方は水量が多くまた堤防も大きかった。その堤防はすべて中心に粘土刃金があったが、大多数被害をうけたのは震動力のほかに貯水の振とうが作用した結果と思われた。愛知郡池野村猫洞溜池では上池堤防の西隅が約236mおよび樋管1カ所破壊し、下池に浸入して堤上約1.5~2m溢水した。そのため東隅約36m破壊し杖樋も破壊したので、家屋一棟流失し耕地10ha余浸水して荒廃となった。

香久山村では東部堤防2カ所各約12m破壊し池水はらん寸前村民によって防がれた。

田楽村では溜池(与兵衛池)の堤防約55m決壊し溢水田畑2ha浸水砂地となった。大草村では溜池5カ所決壊したが、地震動による直接の決壊は白部池のみで他は白部池の決壊溢水による被害であった。

岐阜県においては溜池堤防の被害がひどく、殊に貯水のあった所は一層ひどく、中には約100mほどの下流へも溢水流下し耕地に被害を与えている。殊に可児郡御嵩では溜池築堤の崩壊により貯水流出したものが十数カ所、亀裂の生じたものが300数十カ所以上にもなっている。

4. あとがき

濃尾地震はわが国内陸で発生した最大級の地震であったため、震源付近では家屋はほとんど倒壊し、多くの圧死者・負傷者を出し、また、著しい地盤の破壊や地変が現われ、液状化もあり、火災が発生するなど大災害のすさまじさは言語に絶するものがあった。これも伊勢湾から福井平野に達する大断層の出現によって、わが国が東西両域に分断された大事変であったことからみても、その災害の規模は想像されることである。このような地震災害の多様性は、地震の性質、地震動と地盤の震動特性とに多くの関係をもち、また、災害の地域的特性の現われともいえよう。

したがって、地震災害の復旧は容易でなく、多大の日時と経費を要した。幾多の堤塘・道路・橋梁等の復旧には2年以上の歳月を要し、経費も当時の金

額で1.2～1.3億円となったので、当時の国家予算の1年以上の相当額を瞬時に消失してしまったことになった。大地震の災害による損失はいろいろな面で大きいので、震害防止軽減対策は最も重要な課題であると思われる。

参考文献

- 1) 飯田汲事：明治24年（1891）10月28日濃尾地震の震害と震度分布，愛知県防災会議地震部会，45-278，1975.
- 2) 愛知県名古屋測候所：明治24年10月28日愛知県大震録，1-46，1897.
- 3) 岐阜県岐阜測候所：明治24年10月28日大震報告，1-193，1894.
- 4) 江森盛孝：愛知県震災報告，震災予防調査会報告，2，8-69，1894.
- 5) 震災予防調査会：福井県震災景況，震災予防調査会報告，2，69-103，1894.
- 6) 佐伯敦崇：岐阜三重両県土木工事震害及復旧工事報告書，震災予防調査会報告，3，9-14，1895.
- 7) 原口 要：東海道鉄道線路震害及復旧工事報告書，震災予防調査会報告，1，33-40，1893.

（受理 平成元年1月25日）