

震 害 特 輯

北 陸 地 震 災 害 調 査 報 告

土木學會主催 北陸地震災害調査報告會記録

前 言

昭和 23 年 6 月 28 日午後 5 時、福井市を含む九頭龍川下流域は烈震に見舞れた。今回の地震は關東或は南海地震と並び稱せられる烈震であつたがその烈震區域は比較的小さい。それにも拘らず震央が陸上に在りしかもその附近は住家はもとより鐵道、道路などの土木施設も密集しているので集中的な被害を被つている。

當學會に於ては東大地震研究所萩原教授をはじめ各行政、研究機關の關係者にして震害直後の生々しい被害を實地に調査した會員に參集を求め、取敢ず震害調査の速報會を 7 月 29 日東京大學第一工學部にて開催した。詳細な調査報告は後日に譲り取敢ず當日の口演要旨を茲に収録し會員諸兄の參考に供する次第である。

尙當日の講演者は次のとおり。

道 路 橋	正員	猪 額 寧 雄	都 市	正員	高 谷 公 一
水 道	正員	寺 島 重 雄	道 路	正員	河 北 正 治
河 川	正員	川 村 滿 雄	地 震	地震研究所員	萩 原 尊 禮
鐵道全般	副會長	田 中 茂 美	鐵道線路	正員	高 坂 榮 朗
鐵道停車場	正員	好 井 宏 海	構造物及其他	正員	久 保 慶 三 賀

以上編輯部

【1】地震の概要

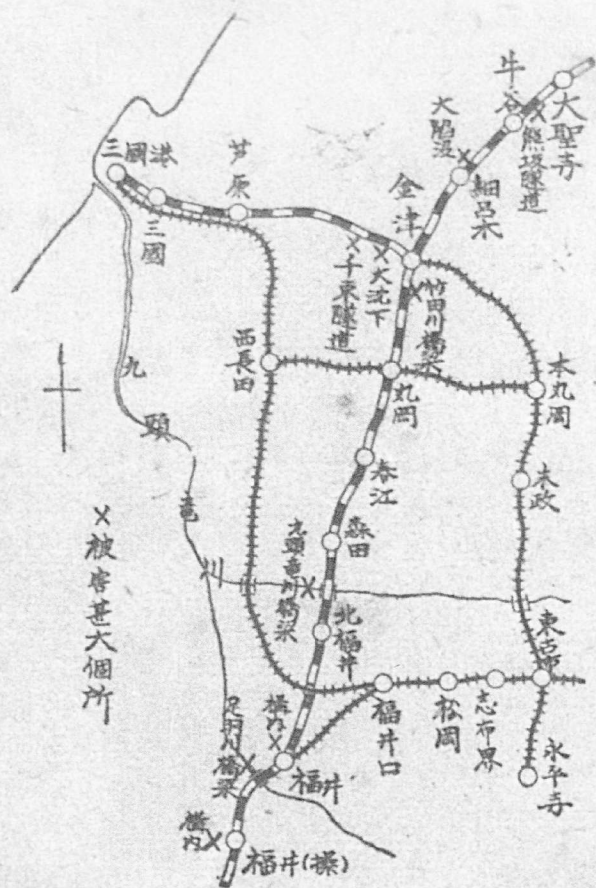
昭和 23 年 6 月 28 日午後 5 時 14 分頃（日本夏時間）九頭龍川下流域を震央とする地震が発生し、福井縣の北東部から石川縣南部にかけて大きな災害をもたらした。中でも大きな損害を受けたのは福井市及びその北方にあたる諸町村であつた。

福井縣下の被害は、最近までの調査では、全壊 84,238 戸、半壊 7,316 戸、焼失 4,404 戸、死者 5,331 に達している。住家全壊率の最も多い町は、福井市北方の森田、春江、兵庫、丸岡、金津であつて、何れも 100% の全壊率を示している。このように全壊率 100% の町を多數出したことは、從來の大地震の例から言つて珍しいことである。一見して全滅という感じを受ける場合でも實際に詳しく統計を取つてみると全壊率は案外に少ないことが多いのである。福井市の全壊率は約 80% であるが、倒壊家屋よりの出火により全市の約 30% を焼失している。概して言えば、福井市より北方にかけて、幅約 10 km 長さ約 20 km の沖積層平野の一角が震害が最も激烈であつて、前記の全壊率 100% を出した町は皆この地帯に含まれている。

石川縣下の被害は、福井縣に比べれば小さく、全壊 3,023、死者 23、行方不明 150（6 月 29 日現在國警本部調査）で、災害を受けた主な町村は、大聖寺町、片山津温泉、鹽屋村、三木村等である。

今回の地震の被害状況を見て、誰しも氣付くことは、震央付近一帯の震害が激烈であつて、文字通り 100% の家屋倒壊率を示した町が幾つかあつたにかかわらず、その範圍は極めて小さく、そこから少し離れた所は被害が急に減少していることである。圖は今回の地震の震度分布圖である。これを見ると、震央から少し離れると震度が急に減少しているのがよく分る。このように烈震區域だけを見ると特に震害が激烈であつて、地震そのものの規模が非常に大きかつたように見えるが、全體の震度分布を見ると從來日本海沿岸に屢々起つている破壊地震と地震の規模において大體いたと言へる。このことは、軟弱な沖積層の厚く發達した（おそらく數百米に達すると思われる）越前平野の、しかも福井市を中心とした大きな町村が發達した地域の直下に偶々地震が発生したことによるものであろう。福井平野と条件を同じくする他の平野が、將來もしこの種の破壊地震に見舞れたならば、おそらく今回の地

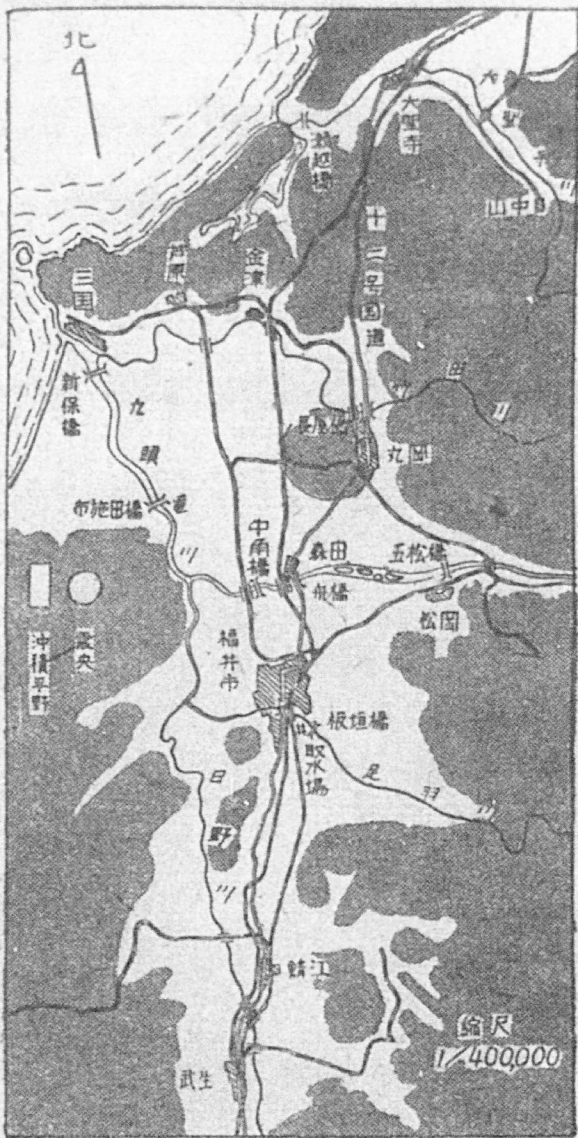
圖一 震害地交通圖



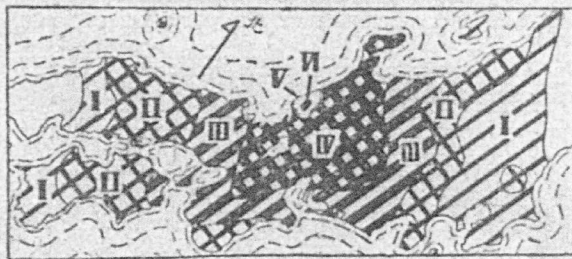
震と同じような現象が起るにちがいない。この點で災害対策の上から今回の地震に學ぶべきことがあると思われる。

次に、地契についてであるが、大地震に際しては所謂地震斷層がいかにも現れたかが問題となる。近年日本海沿岸に起つた破壊地震について見ても、昭和2年の丹後地震、昭和18年の鳥取地震のように極めて顯著な地震斷層が生じている。今回の福井地震は規模においてこれ等の地震と大差ないのであるから、誰しも今回の地震に伴つて地震斷層の出現を豫期したのであるが、調査隊の限ない調査にも關らず終に肉眼では地震斷層と斷定できるものは發見されなかつた。勿論、地割れ、龜裂の類は至るところに見られたが、それ等は皆震動によつて生じた地表付近の出来ごとであつて、地震發生に直接の關聯を持つところの斷層とは言えなかつた。これも今回の地震の一つの特異性である。これは、やはり沖積層が非常に厚いために、元來ならば地表に現れるべき斷層が現れなかつたと解釋できるが、今のところ明確なことは分らない。従つて潜在し

圖一 震害地地圖



圖一 震度分布圖



註 VI…烈震 V…強震 IV…中震 III…弱震 II…輕震 I…微震

た斷層があるか無いかは測量によつてきめるより他はない。福井市附近を走る國道に沿つて地理調査所の精密水準點が2km毎に設けられている。地震後、東

大地球物理教室の永田助教授の班により、この水準點の改測が、福井市より北陸街道に沿い大聖寺まで行われた。それによると福井市より北方に進むに従ひ土地は地震前に比べて著しく沈降しているが、丸岡付近で急に隆起し、それより北は大聖寺まで徐々に下降している。即ち、昭和2年に行われた測量と今回の測量とを比較すると、大聖寺の變動を零と假定すると、福井市北方の森田町では約40cmの沈下を示しているが丸岡町附近で約50cmの隆起を示している。この變動の模様は、從來の地震で斷層が現れた場合に、そこを水準線路が過つたときに大へん似ている。従つて、丸岡付近を過つて一つの地震斷層があるものと解釋できる。その方向は、水準線路が1本だけなのできめられないが、大體南北の方向であろうと想像されている。この點は、將來地理調査所の手によつて行われる廣範圍の水準點の改測とこの付近一帶の三角點の再測量の結果によつて明確になることであろう。

地震後、東大地球物理教室、地震研究所、中央氣象臺の共力によつて越前平野及びその周邊に10臺以上の地震計が臨時に設置されたが、その結果によると、大聖寺町の南側から丸岡町方面にかけて多數の小さい餘震が発生している。その他、福井市附近にも相當多數の小餘震が起つている。餘震の回数は急速に減少している。

本震のときの激震區域の地震動がどのようであつたかを知ることは極めて重要なことであるが、從來の大地震に際しても震央付近の地震動を器械によつて記録した例は殆どない。今回も亦、遺憾ながら本震時の震央付近の地震動は構造物の破壊、轉倒の狀況から推定するより他はない状態である。これでは餘り決定的なことは分らないが、概して震動の變位は頗る大きく50cm或はそれ以上あつた所があつたよりである。加速度についても、色々推定されているが、最も被害の大きかつた丸岡町方面においても、倒壊した家屋は主として農家風な非耐震的の建物であつて、全壊率100%とはいふものの、東京の山手に見られる文化住宅式の壁の多い建物で倒壊を免れたものが二、三見られるのであつて、このような例から見て、從來の大地震に比べて特に加速度が大きかつたとは思われない。將來は各縣少くも一臺の烈震計の設置を實現したいと希うものであるが、これは經費人手の點で言ひやすくしてなかなか行い得ないことである。近年米國では多數の強震計の各所に配置して既に幾つかの立派な強震記録を取

つている。我國は近年の例を見ても、平均1年半に1回の割合で大小の破壊地震に見舞われている。はやく烈震地域の地域の烈震動を直接、器械觀測によつて明確にして、土木建築の設計、計畫の資としたいものである。

【2】鐵道

今回の福井の地震は、その震源が極めて淺いため、稀に見る激震であつて、鐵道も各種の甚大な被害を蒙つた。これから述べる區間は、北陸線鯖江—大聖寺間及三國線金澤—芦原間である。

1. 軌道

軌道の變状は全線に亘つて著しく、特に九頭龍川—森田間、金澤驛附近、細呂木驛附近、三國線の金澤—芦原間が著しい。路盤には大した變状は見られないにも拘らず、軌道が著しく變形してゐる處がある。これは軌條が路盤、道床など異なつた個有振動したためであると思はれる。これは軌條が局部的に波状を呈してゐるので、波長20m位で、左右に移動してゐる。左右の振動の爲と云ふより寧ろ、線路方向の振動によつて、軌條のある部分は、枕木或は道床によつて路盤に錠着され、ある部分は浮き出したために軌條個有の振動をし、軌條そのものに張力と壓縮力が働き、この壓縮力のために軌條が坐屈したためと思はれる。この軌條に張力或は壓縮力が働いたと思はれる證據は軌條の繼目の處で、ボルトが剪斷され、又犬釘の處で、軌條が50m位移動した痕跡が現れてゐる。又三國線の曲線部分では、軌條に張力が働いたために弓の弦の様に張つて、枕木をつけたまま横倒しになつてゐる處もある。

道床砂利は全線に亘つて、左右に崩れ出し、殆んど施工基面一杯に攪り、従つて道床厚は不充分となり、全線に亘つて1m當り0.1~0.2m³の砂利を補充する必要がある。

2. 路盤

路盤を築堤と切取とに分けて見る。

築堤の崩壊、沈下、龜裂は到る處で見られる。特に下は全線に亘つて起り、平均10cmは沈下してゐる。當區間は大體平坦線であつて、築堤の高さ0.5m乃至1m位が多く、又水田地帯であるから5m乃至10m位の橋梁が多い。この橋梁の前後の築堤が特に沈下が激しく、橋臺の沈下が比較的少ないので、尙更この前後の築堤の沈下が目立つ。築堤の低いものは、沈

下してゐるだけで、崩壊してはゐないが、築堤が高くなると、丁度コンクリートのフローテストの様に築堤が左右に崩れ出し、法尻が左右に擴つてゐる。これは左右の法面が、そのまま立ち出した様な處が多く、かかる所は路盤の肩落ちと云ふ現象を現してゐる。

擁壁は、當區間には極めて少なく、金澤驛附近にあるだけであるが、これは見事に倒壊してゐる。

築堤の龜裂は數ヶ所に集團的に見られ、全線に亘つて存在する程のものではない。最もひどいのが三國線の金津一芦原間であつて、人間が入つて了ふ程の大きな龜裂がある。

現地の話であるが、地震中にこの龜裂中にこの龜裂の中に人が落ち込んで墜死した例があるそうである。

築堤の被害が最も著しいのは細呂木驛附近のもので築堤の高さは約 10 m で、そのうち最高 4.50 m の沈下があり平均して 2.1 m の沈下である。北陸線で最も土工量の多い處である。築堤の被害の甚大なのに引換えて、切取區間は被害は極めて輕微であつて、路盤には殆んど損傷が見られない。只切取の法面が、龜裂が入つて崩れ落ちた部分が多少見向けられた。

8. 橋梁

北陸線の橋梁はその設計荷重が小さく、後にフィンク補強或は並列補強したものが多く、又使用年月が長いために、枕木下のカバープレートなどの腐蝕したものが多し。當區間にはトラスはなく、殆んどすべてがプレートガーダーであつたため、桁そのものの變形のひどいものはない。

すべての橋梁について、共通的に云へることは、橋臺は多少其前方に傾斜し、翼壁は崩壊或は龜裂が入つて、はらみ出してゐる。橋臺が前方に傾斜したために、桁のアンカーボルトは剪斷されたり、或は曲つたりしており、砂利壁は桁によつて、突き倒された様に破壊してゐるものが多い。

九頭龍川橋梁 これは 22.8 m 12 連の單板桁で、橋脚は煉瓦造りの井筒（長さ 11 m）と同じく煉瓦造りの軀體（長さ 8 m）で、橋臺は同じく煉瓦造りで、基礎は枕打ちである。橋脚は水面附近で、剪斷され、桁は落下してゐる。橋脚の剪斷されてゐる處は、施工欄目に限つて居ない様であるが、煉瓦又は張石の目地の處で剪斷されてゐる。井筒の損傷については、水中或は地中に潜つてゐるために不明であるが、剪斷された處から 1~2 m までは龜裂が入つてゐる様に思はれる。

足羽川橋梁 これは福井の入口にあるもので、16.0 m 3 連、19.2 m 5 連で橋臺の桁受の處の破壊と橋脚が一本剪斷されてゐる。

竹田川橋梁 これは金津の驛の入口にあるもので 19.2 m の 4 連で、並列補強してゐる。補強桁が橋脚の外縁に接近して居り、橋脚の 2 本が見事に破碎されてゐる。

これらの橋梁の破壊された例を見ると若し鐵筋が入つて居ればこの様に剪斷或は倒壊はしなかつたであらうと思はれる。桁の落下したのは九頭龍川だけであつた。

4. 隧道

この區間の隧道は、熊坂隧道（牛谷—細呂木間）千束隧道（金津—芦原間）である。熊坂隧道は延長約 700 m のもので、煉瓦覆工である。地震に對して、隧道は橋梁より安全であることは明らかで、この熊坂隧道は地質は第三紀層の砂質頁岩で、兩坑口より約 2 m 入つた處に隧道直角の龜裂があり、これより内部は拱頂と起拱線の個所に隧道方向の龜裂があり、處々煉瓦の表面が剝落してゐる。斷面の變状は全く見受けられず、この程度の被害では、改築の要はない様である。千束隧道は、地質は洪積層の砂層で、これは土盛りも少なく、兩坑口より 1.5 m 位の處に、隧道直角の方向に大きな龜裂が入り約 10 cm 位口を開けてゐて、そこから土砂が崩れ出してゐる。中間には隧道方向の龜裂が入つてゐることは同様である。

今度の被害を見て、非常に特異に感ぜられることは、震源地が淺いためか、被害の差が顯著なことである。例へば鯖江では被害は殆んどないにも拘らず、隣りの大土呂では大被害を受けて居り、又細呂木の驛や驛前の民家が倒壊してゐるのに、向ひの山沿ひの民家は倒壊してゐないのである。

以上の被害を總括すると表—1 の様である。

表—1. 國有鐵道線路被害件數

被害種類	北陸本線	三國線	七尾線	計
線路沈下	40			40
路盤龜裂	5		2	7
線路移動	19			19
線路浮上り	4			4
橋梁變状	1	1		2
築堤崩壊	12	4		16
石垣崩壊	30			30
其ノ他	55	2	1	58

5. 停車場

停車場全體の構造物としては建築物を除いては左程大したものもなく被害も従つて僅少である。只鐵道としては停車場施設としては建物も施設投資として一本と見てゐる關係上被害としては最も甚大である。恐らく全損害の 50~60% を停車場關係で占めその内 85% 以上建物の被害である。如何に脆弱な木造建築物が國家的に見て常に大きな弱點を形成してゐるか戦争を通じて痛感し更に又ここに認識させられた次第である。土木構造物としては大體大した譯がないのであるから被害は少ない譯である。又運轉中樞としては福井停車場及び福井驛がそのウェイトは他の驛に比し壓倒的に大きく、此の二驛が災害後數日で開業し得たため混亂は比較的少く済んだと云ひ得よう。従つて開業の焦點は九頭龍川橋梁の開通如何にかゝり停車場關係は餘裕を以つて漸次復舊し得たものと考へられる。但し何と云つても量的の被害は最大であるから完全な復舊は 24 年度に持越すことと考へられる。被害總額は表一、2、3 の通りである。

表一. 2. 停車場復舊費

	應急復舊	本復舊	計
土木構造物	8938 千円	29118 千円	33057 千円
保安施設	275	28798	29073
建物	82000	290782	372782
合計			439912

表一. 3. 停車場建物本復舊費内譯

被害程度	面積	単價	金額
火災又は全壊	21230 m ²	6000 千円	187630 千円
傾斜	10230	3400	34952
破損	136300	500	68150
計			290782

今主要な各項目別に大略を説明して見たい。

a. 停車場内の軌道 前記の被害額には軌道關係は含まれてゐないが、構内軌道は一般的に見て變形挫屈等甚しい状態に枕木は殆んど浮き上つたため殆んど全區間に涉り搦き固めさせざるを得なかつた。但し之等は線路工手の動員によつて比較的短期間に復舊し得たが、盛土區間における地盤沈下は平均 20~30 cm 程度の一般沈下が見られるため之の原形復舊は容易ならぬ状態に今後二三ケ年に涉り砂利補充をしつゝ扛上

させざるを得ないだろう。就中特に被害の甚しかつたのは福井縣、春江、細石木である。

b. 乗降場 乗降場は輕微なもので笠石剝落程度であるが、酷いものはホーム面龜裂、沈下、舗裝破壞を受けた。最も甚しいのは金津、細呂木兩驛であつた。細呂木驛の盛土部分は全然形を失つた。福井驛は全體に 20 cm 程度の沈下を見た。乗降場ではないが福井驛貨物ホームは龜裂、舗裝破壞により甚しい損害を蒙つた。

c. 機關庫設備及び給水設備 福井縣機關區は中にある D 50 級機關車はすべて倒れその上に車庫上屋が倒れかゝり慘憺たる状況となつた。但し案外ビット、轉車臺等は被害を受けなかつた。此の點においては金津の轉車臺も同様被害を受けなかつた。圓形構造物の耐震性は注目すべきであると思はれる。福井縣機關區構内の鐵筋コンクリート給水タンク (容量 133 ton) は美事に倒壊してゐるが、之は脚のつなぎを缺いてゐる設計上の缺陷によるものと考へられる。福井驛構内の煉瓦造タンクは傾斜したままに残つたため應急復舊に役立つ。但し配管機械設備等は相當被害を受けた。金津給水タンクも煉瓦造であるが、被害は僅少であつた。地下配管は殆んど完全に壊破されてをり復舊には新たに敷設をした。

d. 跨線橋 鐵骨造たる跨線橋は福井、丸岡、金津共殆ど被害を受けず丁度建物のないため恰好の休憩室となつた。

e. 保安施設 信號場所は福井操第 1, 2, 3, 福井第 1, 2, 金津第 1, 2 は何れも屋根直下の部分が剪斷され、屋根が聯動機の上に落ちかゝり基礎を破壞する等殆ど共通の破壞現象を呈した。之は信號場所は屋根が重く二階は見透しのため三方窓で壁のないことに起因してゐる。今後の設計に付いては充分の考慮をしなければならぬと考へられる。

信號機は殆んど倒壊しキャリヤーは倒壊した。就中金津驛のバイピング、細呂木の東部の双動機の如きは餘りに屈曲した。

f. 建物一般 福井操構内で殆ど完全な状態で残つたのは 3 棟で内 2 棟はトラス構造、後一棟は新築した乗務員休憩室で何れも近代技術の勝利と云へよう。特に客貨車檢修車庫は殆んど異状がない。此の建物は柱がラーメントラスの一部を形成してゐるため積荷重に對し特に丈夫であつたと云へる。

福井驛本屋は最近完成したもので傾斜程度ですんだ

のは不幸中の幸であつた。之は建物の構造自身に缺陷のあつた譯ではなく地盤の變狀に起因してゐる。何れ解體の上徹底した修理をせねばならぬと考へられる。之を以つて見ても尨大な木造構造物はたとい耐震構造が如何に完全でも地盤の變狀には抵抗し得ないことで之が対策は鐵筋コンクリート造とするより外はないと考へられる。

一般的に云つて沖積層の深い場所の建物は特別の耐震規格を考へる必要があらうと考へられる。

g. 結語 以上頗る簡単な報告で恐れ入るが別に大して學術上の参考となる様なものはないから此の程度で止める。

[3] 道 路

道路の震害に就ては視察徑路を辿つて順次述べてゆくことにする。

6月29日晚東海道線米原驛下車、其處より滋賀縣廳の好意による貨物自動車で、一旦長濱で少憩の後琵琶湖東岸を北上し敦賀に入った。敦賀の市内では、名古屋市、京都府等近縣各地からの應急救護班、見舞等の貨物自動車の輻輳してゐるのを眼のあたり見てその被害の大なることをしみじみと感じた。かくて12號國道沿ひに武生に着いたのが30日の午前10時頃で、武生土木出張所で福井市迄の通行可能を確めて福井に向つた。武生を出外れると國道は一部日野川の堤防を利用して居り、この部分に僅に縦龜裂の跡が認められたが、地震後福井市に入る唯一の自動車通行可能の道路として、重交通の爲殆んど埋まつて居た。神明村水落では、神社の石燈籠の上部が轉落して居たが、これが構造物の被害の始まりの様である。麻生津村淺水の附近から家屋の傾斜、物置の倒壊等が始まり、同村荒井附近から急激に倒壊家屋が増加して居るが、道路そのものの被害はまだあまりない様であつた。福井の市街地に入つて先づ眼についたのは、市内電車のレールが欄目の處々で八の字型に突出して居ることである。欄目間の鋪石には亂れがない。

國道は市街地の南端から北陸本線の跨線橋の取付迄約6kmの間、コンクリート鋪裝がして有るが、市街地内は側溝其他の原因でスラブの龜裂や移動をさして認められなかつたが、北に出外れて田圃に盛土した區間は(此の延長約2m)スラブの龜裂は比較的輕微だが、スラブ全體が水平又は上下に移動し、その甚だしきは水平と共に上下に30cm以上も移動して居り、

その状態より見て、スラブの位置を匡正しても路體の弱化により重量交通に堪へられぬと思はれる。北陸本線の跨線橋は本年には大した被害はない様であるが、取付道路は踏掛の處で1.5mを最高に全般に沈下を起し、龜裂も縦横に入つて居る。

九頭龍川より南方は溝橋等で本體には被害のないものでもその取付部は例外なく沈下し、橋臺の埋戻には念を入れ過ぎることはないとはつきりと救へられた。尙溝橋等の構造物には必ず杭が打つてあろう。この杭により構造物の重量が地表面以下に傳達されるため前後の取付道路と比較して被害が少いといふことは地震波の傳播に關して何か示唆してゐるのではないだろうか。

橋梁に關しては別に報告があるが唯船橋の低水路部分の橋脚が低水面附近で折れてゐることは、木材の腐朽が乾濕常ならぬ時が最も甚しいといふことの證明になると思ふ。九頭龍川平地部の全橋梁が損害を受けてゐる狀況では、この橋脚を切揃へ、落下した橋桁をそのまま利用してもぐり橋とすることが北方よりの道路開通に最も便徑と思つた。

次に非常事態の道路の啓開の問題であるが、30日の夕刻には連合軍の小型ブルドーザーが2臺福井に来て居つた相だが、これを以て道路に倒壊してゐる家屋をせめて道路敷外に押出すことが出来たらと思つたが、土木部長の話ではとんでもないこととのことで、これは法的裏付けにより可能ならしめて置くべきものと思ふ。

最後に一言觸れて置きたいことは道路の改修の問題で、唯一つ残つた連絡路の國道が國道とは名ばかりの狹隘なもので、鯖江福井間僅に12km許りの間で2ヶ所も約1kmの間自動車の撥れ違ひが全く不可能で、その兩端で時間を定めて一方交通をしなければならぬ有様である。これが震災地に對する救援物資の搬入をどれ程遅らせてゐるか、又重傷者を運んでゐる自動車を見かけたが、事生命に關してゐるのではないかと實に慄然とするのである。これは偶然鯖江福井間に起つた問題でなく全國到るところの國道の現況である。以て國道を含めた幹線道路の改修が如何に遅れてゐるか察して置くべきと思ふ。

[4] 道 路 橋

1. まえがき

地震後建設省においては直に調査隊を現地に派遣し

表-4. 道路橋被害状況

橋名	所在地	河川名	橋格	橋種	橋軸方向	橋長(m)	有効幅員(m)	徑間數	被害概況
古名場橋	石川縣江沼郡大聖寺町内	大聖寺川支	町村道橋	鐵筋コンクリートT桁	N-32°-W	36	3.65	3	橋脚沈下破壊, 橋臺龜裂, 桁龜裂
辨天橋	〃	〃	〃	I 桁橋	N-56°-W	50.3	3.3	6	橋脚轉倒及沈下, 橋桁轉落, 橋臺パラベット及袖破壊
瀬越橋	石川縣江沼郡瀬越村	大聖寺川	〃	〃	N-20°-E	87.2	3.3	8	橋脚沈下, 橋臺龜裂, 袖破壊, 橋桁彎折
鹽屋大橋	石川縣江沼郡鹽屋村	大聖寺川	府縣道橋	〃	N-	86.0	4.5	6	橋脚沈下, 橋臺龜裂, 袖破壊
長屋橋	福井縣坂井郡東十郷村	十郷用水路	〃	〃	N-32°-W	58.5	4.0	8	橋脚沈下, 轉倒, 轉落, 橋臺滑り出し, 龜裂, 袖破壊
五松橋	福井縣吉田郡松岡町	九頭龍川	〃	二徑間吊橋	N-9°-W	約246.4	3.7	2	補剛構上弦材坐屈, 右岸サドル滑出
船橋	福井縣吉田郡森田町	〃	國道橋	木造土橋	N-48°-W	約279.0	5.5	30	橋脚破壊, 橋桁轉落
中角橋	福井縣吉田郡河合村	〃	府縣道橋	鋼鉄桁橋	N-25°-W	約257.0	5.5	14	橋脚箇破壊轉倒, 橋臺袖破壊, 橋桁轉落
布施田橋	福井縣坂井郡大石村	〃	〃	木造土橋	N-75°-E	558.1	3.7	63	橋脚破壊轉倒, 橋桁左岸より37徑間分轉落
神保橋	福井縣坂井郡三國町	〃	〃	鐵筋コンクリートT桁及鋼鉄桁	N-75°-E	560.99	3.1及4.54	47	橋脚沈下及傾斜, 橋臺龜裂, 袖破壊
港橋	〃	竹田川	〃	木造土橋	N-55°-E	43.7	3.5	7	橋脚破壊轉倒, 橋桁轉落
敷地橋	石川縣江沼郡大聖寺町	大聖寺川支	國道橋	〃	N-3°-E	51.5	4.3	7	橋臺沈下, 橋脚傾斜
長畝橋	福井縣坂本郡長畝村	竹田川	〃	〃	N-18°-E	72.7	5.00	8	橋脚破壊轉倒, 橋桁轉落
高木橋	福井縣吉田郡中藤島村	北陸線	〃	鋼鉄桁斜橋	N-11°-E	15.7	9.00	1	アンカーボルト破壊による橋體移動, 橋臺傾斜, 橋臺取付部大沈下
板垣橋	福井市内	足羽川	府縣道橋	鐵筋コンクリートT桁橋	N-48°-E	156.0	4.5	13	橋脚傾斜, 橋體轉落

主として土木施設の被害状況の調査をせしめることとなつた。調査隊は土木研究所員9名より編成せられ7月10日石川縣江沼郡大聖寺町をふりだしに主として九頭龍川沖積層地帯の調査を行ひ7月21日一應完了して歸任した。調査内容は道路、橋梁、河川堤防、水道施設等土木施設全般等に及んだ以下の中から道路橋の被害をひき出して簡単に記述する事とする。詳細は目下編集中なる建設省土木試験所編「北陸震災調査報告書」を参照せられん事を希望する。

2. 調査橋梁

今次調査を実施した道路橋は全部で15である。勿論これで被害橋梁の全部をカバーした譯ではなく本調査以外にも被害を受けた橋梁が相當にあつたのである

が日程の関係上止むを得ず割愛せざるを得なかつた。15橋梁の内譯は國通橋4、府縣道橋7、町村道橋4であり又型式別に見ると鋼鉄桁橋3、鐵筋コンクリートT桁2、I桁橋4、木造桁橋(全部土橋)5、吊橋(補剛構付)1とゆう事になる。更に川筋別に見ると大聖寺川筋5、九頭龍川筋6、竹田川筋2その他2となる。詳細は表-4のとほり。

3. 被害の種類

以上各々の橋梁の被害を抽出すれば以下のような。一般的に申すと橋梁の被害は殆んど下部構造に限られ上部構造が直接地震力により被害を受けたとゆう例は僅に古名場橋、五松橋に見られたのみであつた。前者の場合はコンクリートの施工が甚だ不良なる事が

主原因のようであり後者の場合は地震には被害のみとは見なし難い点のある事(この事については後述する)を併せ考えると今次地震の橋梁に対する被害は下部構造に限ると申しても過言でない状況にある。以下被害の種類を列挙することにしよう。

(1) 下部構造に対する被害

(a) 橋脚 橋脚に対する被害を分類すると次のようになる。

(イ) 沈下 (ロ) 傾斜 (ハ) 転倒

下部構造の支持力中例えば Friction pile の如く Skin Friction に相當の負擔をかけているような場合にあつてはかゝる杭が地震に際し前後左右にゆすられると地盤を杭との間に間隙ができこの間隙は地震の持續中は時間と共に増大してゆく傾向にありこのため Skin Friction が急激に減少して遂に支持力に不足を生じ沈下をひき起したと判定せられるようなものが相當に見受けられた。丁度洪水に際し根の洗掘を考慮に入れて基礎の根入を決定する時のように地震に対してもこの影響を考えて根入の長さを決定すべきである。又傾斜は地震によつて生ずる基礎内の水平壓力に對し土の受動土壓が足りないために生ずるものと考えられ転倒は専ら強度の不足に由來するものである。事は論を俟たない。

転倒は土橋では特に多く認められたが木造土橋(調査橋梁は全部木造土橋であつた)においては土の重量により死荷重が比較的大でいわゆる Top heavy の傾向にあり従つて地震により橋脚柱部に作用する曲げ作用は大であるがこれを受けるべき橋脚柱部の地盤又は水に接する部分は乾濕常ならず一般に腐敗し易く有効断面を減じているのでこの部分から折れて橋脚轉倒し上部構造が河中に轉落した例が相當にあつた。従つて橋脚のこの部分に對しては充分の検査を行ひ安全を期することが必要である。

(b) 橋臺に關する被害をあげると次のようになる。

(イ) 沈下 (ロ) 傾斜(主として前面に傾斜する) (ハ) 滑り出し (ニ) 壓密による橋臺取付部の沈下 (ホ) 軀體に對する龜裂(正面壁に略々水中に生じていたものが多い)及バラベットの取付部の破損 (ヘ) 軸の破壊

橋臺裏は一般的に申して盛土になるから地震時にはこの部分は必ず壓密を受ける。そのため橋臺取付部の路面は必ず沈下を生ずるものであるが 12 號國道と北

陸線との交叉點に架設せられた高木橋においては High Bank なるためこの作用特にはなほだしく 1m 以上の沈下を生じていた。

又橋臺袖も殆んど破壊していたがこれは地震時に一種の安全弁的作用をなすものと考えられ得る。すなわち橋臺の本軀體に比較して袖は一般に軽く築造せられた構造物であり地震時に先づこの部分が破壊することにより背面の地震時土壓を少くする役割を演ずることとなり軀體に作用する壓力が弱まる結果となる。しかも袖の復舊は容易であるから袖を従來のように本體より弱く造つておくことは一種の免進構造と考えることができるであらう。

(2) 上部構造に対する被害

上部構造に對しては前述のように殆んど地震の直接作用による被害と稱すべきものは見受けられなかつた。ただし下部構造の破壊により上部構造が河中に轉落しそのときの衝撃等により負傷を受けたような例は數多あつた事は勿論であるがかゝる被害は寧ろ間接的のものと稱すべきであらう。

したがつて耐震構造を考える際には先づ下部構造に重點をおくべきであると考えられる。上部構造の被害の特例としては前述の五松橋がある。(表一4 参照)、本橋は二經間吊橋でありその補剛構の上強材が坐屈したのであるから見上部構造の直接的被害と申すことができる譯であるが以下のべるようにこれは必ずしも地震の作用のみによつたものと判定すべきでない點があるように考えられる。

御承知の如く吊橋の應力計算に際して死荷重は悉く Cable が負擔する事になつており補剛構は活荷重應力のみしか作用しないことになつてゐるが架設後 Cable の伸に對し必要なる補正をしない限り Cable に伸があると死荷重が補剛構に作用することとなり補剛構に對し危險側の影響をあたえることとなる。これがすゝめば遂に補剛構は破壊する(補剛構は一般に Pony Trunk の場合が多いから破壊は先づ上強材の坐屈から始まるであらう)に至るのであるが本橋は大正 15 年に架設せられたもので橋令も相當古く又補修も充分に行われていたとは見なし得ないので Cable の伸のため補剛構に漸次死荷重應力が作用するに至り地震前において既に不安定な状態に達していたものが地震の作用が一つの動機となり遂に坐屈するに至つたと判定せらるべき點もあり地震力のみ作用でかく破壊したものととは考えられない點があるのである。この現象に

對し Engesser の理論により坐屈の波長を計算してみると實際とよく話が合ふのである。

4(3) その他被害に関する特記事項

(a) アンカーボルトの問題 アンカーボルトは耐震構造を論ずるとき常に問題になる所であるが今次地震に際してもアンカーボルトには相當の被害が見受けられこれが直接の原因となり上部構造に損傷をあたえたと判定せらるべき場合があつた。被害の種類としては頭部が曲つたものと旋着部がぬけ出した場合とがある。しかしこゝにも一つの問題が存在するよう思われる。すなわちアンカーボルトの破損は前述の橋臺袖部の破損と同様一つの免震的内容をもたせ得る譯であるからこれの強度をどの位にとるべきかわ大いに研究を要すべき問題であり只徒らに強くする事のみを考えるべきではないように考える。これを利用した一つの免震構造を考慮せられるのではないだろうか。

(b) コンクリートの施行に関する問題 コンクリートの施行の良否は地震のような動力學的作用の下においてその破壊状態の上決定的の影響をあたえるものである。これは蓋し當然のことであるが従來耐震構造といへば地震力をいかに設計の上にとり入れ構造物にこれに必要な寸法をあたえるかと云ういわゆる計算的方向が重點的に取扱われていたようであるがこれと同様この事以上にコンクリート構造物に対しては常に良質のコンクリートを造るといふ事が耐震構造上から見ても是非共必要である事がコンクリート構造物破壊の状況から見て痛切に感ぜられたのである。

次にコンクリートの施行目地は殆んど 100% 被害を受けていた。もともとコンクリートの施行目地は構造上の弱點でありその位置、施行方法等は常に慎重なる注意が拂われるべき所であるが地震に際して非常な弱點となるからこれの構造、施行方法等については更に一段の研究が必要である。

施行目地の破損な今次地震ののみならず昨年暮の南海道大地震の折りもしげしば見受けられた。

4. 結語

以上をもつて道路橋の被害に関する簡單なる報告を終る次第であるが耐震構造の實施には少なからざる豫算的措置を併うもので我國の現状から考えて常にこれが可能であるとは云えない。これをカバーするものは前にも一寸ふれたように免震的構造であると思われる。しかし免震構造と云つてもこれの裏付となるべき基礎理論の必要な事は申すまでもない事であり今後耐

震構造と並んで免震構造の研究が行われ震度を最小限度にくだるとめる良策が次々と生れん事を哀心より念願するものである。

【5】 都 市

今回の地震で被害を受けた都市は福井市をはじめ、森田、春江、松岡、丸岡、金津及び芦原の6ヶ町である。人員の被害及び家屋の倒壊状況を示せば表-5のとおりで、關東震災などの前例に洩れず恰度各家庭に於ける夕食準備中に地震が澎發しただけに火災の被害も輕視出来ない。福井市に於ける死者もその 2/3 たる 2000 名が 2 軒の映畫館に於ける犠死者である。

福井市に於ては 11 橋梁が墜落し 51 橋梁が破損した。尙同市の特徴とすることは卓越振動の方向が南北に在つたと見え、東西方向の護岸の破損が多かつた。丸岡町の被害が最大であつた。

表-5. 各都市に於ける被害状況

	世帯數	人口	全壊戸數	半壊戸數	焼失戸數	死者數	負傷者數
福井市	18878	79614	11404	1618	2407	3000	10000
森田町	1753	7830	1800	10	50	300	1200
春江町	2468	11099	2417	—	114	120	825
松岡町	1471	6067	1000	400	84	200	300
丸岡町	1692	6661	339	—	1353	240	1300
金津町	1249	5225	979	—	550	200	1152
芦原町	1299	6223	950	200	—	72	330

【6】 上下水道

今回の地震に際して上水道施設に被害のたつた都市は福井市、丸岡町、芦原町、小松市及山中町の2市3町であるが、之等の上水道設備の現況は表-6の如くであつた。このうち被害甚大なのは福井市をはじめ丸岡町及び芦原町で、之等はいづれも震源地に近いので、地震發生と同時に停電となり、送配小施設の破壊と共に全く上水道の機能を停止し、地震に次いで起きた大火には消火の役を果し得ず、其後2ヶ月餘に亘り、飲料水の供給も出来ない有様となつた。福井市及び丸岡町の被害は表-7、表-8の通りである。

猶、被害の特長を挙げると、先づ福井市のは源水足羽川の左岸にある深井戸5本を2.0m~4.0m間隔に設置して伏流水を集める様になつてゐるが、地震後一時的現象であらうが2本の井戸は自噴し、他の井戸は

表-6.

種別	都市名	神井市	丸岡町	荻原町	小松市	山中町
戸数		18,480	1,600	1,500	13,200	1,635
給水戸数		15,400	1,200	700	3,526	998
人口		93,000	9,000	6,300	62,300	7,314
給水人口		77,000	6,700	3,500	19,400	4,990
一日最大給水量		11,200 t	900 t	500 t	4,060 t	1,440 t
水源		深井戸 5 深 80 m	深井戸 2 深 110 m	伏流水	浅井戸 1 深 30 m	溪流
浄水施設		—	曝気装置 急速濾過機	—	—	沈澱池 2 緩速濾過池 3
配水池		鐵筋コンクリート造 2 池 7,300 m ³	浄水池 2 池 壓力水槽 2	配水池	3 池 1,600 m ³	2 池 634 m ³
送配水管		徑 600 耗以下 86,000 m	徑 250 耗以下 10,000 m	徑 200 耗以下 3,300 m	徑 350 耗以下 25,000 m	徑 250 耗以下 13,000 m ³
竣工年次		大正 13 年	昭和 10 年	大正 14 年	昭和 12 年	昭和 14 年

表-7. 福井市上水道被害

名稱	形状寸法	數量	被害程度
(1) 水源施設			
ポンプ室	鐵筋コンクリート造 12 m × 16 m	1 棟	床コンクリート, 周壁破壊
源井	コンクリート造 深 13 m	5 ケ所	周壁龜裂
源井上家	煉瓦造, 内徑 5 m	5 棟	沈下破損, 沈下量 30~50 cm
倉庫其他	木造平屋 8 m × 20 m, 4 m × 16 m	3 棟	倒壊
調整池及 量水堰室	鐵筋コンクリート造	1 式	盛土沈下, 400 耗制水弁 2 個, 階段破損
ポンプ	堅型渦巻 260 m ³ /時 × 13 m	3 臺	モーター浸水, ポンプ小破損
	88 m ³ /時 × 13 m	1 臺	
配電装置		1 式	20 cm 沈下, 浸水破損
配管設備	徑 400~250	30 ケ所	破損, 接手脱出
(2) 送水施設			
送水管	徑 600 徑 550	1900 m 200 m	折損及接手脱出 18 ケ所 4 ケ所
ポンプ室	鐵筋コンクリート造 14 m × 20 m	1 棟	床部沈下, 破損, 周壁, 階段龜裂, 小屋組移動
附屬建物	木造平屋 4 m × 16 m, 4 m × 10 m	2 棟	半壊
滅菌機及 同上家	4 m × 3 m	1 棟	破損
ポンプ	1 設タービン 200 m ³ /時 × 51 m	4 臺	ポンプ側の末端フランジ部にて折損