

建設省土木研究所報告

第 7 8 號

昭和23年
6月28日

北陸震災調査報告

昭和24年3月

建設省土木研究所

正 誤 表

頁	行	誤	正
7	上 6	次の表通り	次表の通り
8	下 1	調査作業に使用した器具は巻尺、クリノメーター、磁石	削除
10	上 4	留崩附近	留崩附近
11~12	附 記	東大地球物理学教室の調査による12号国道筋の水準測量の結果は大型寺町に於ける水準点(347号)は不動と假定した数値であるが、その後の東京大学地震研究所の発表によると同水準点は11cm 沈下していることが判明したので附記する。	
13	上 9	S-90°-W	S-60°-W
28	上 4	$K_0=0.245$	$K_0=0.425$
38	上 1	全中心部	略中心部
41	上 9	通路不能	通過不能
50 0	下 5 下 5	橋溝 ある	溝橋 いる
51	上 4 下 2 " 1 "	フェンダー 路線には 発生直後 連絡され 直下流側	バンパー 路線は 地震発生直後 連絡され 直ぐ下流側
52	上13	擦違ひ	擦違い
54	下 7	桁高下	桁下高
55	下 6 下 1	思はれる なつてゐる	思われる なつている
56	上 2	而つて	従つて
57	上11 上13	国道'2号線 左約 5°	国道12号線 左約 35°
58	圖-30(a) 下 3	(ハンドレベルに依る) 示すのである	(ハンドレベルに依る) 示すものである
59	上 6 下 6 表-14	取附部が 取付道路 粗度率	取附部は 取附道路 粒度率
60	上 1	福井, 加賀, 吉崎線	福井加賀吉崎線

頁	行	誤	正
62	下11	蘆原町、二面	蘆原町二面
63	下9 下7	約2km T型橋	約7km T桁橋
65	下5・3	p1	P1
66	上2	p2	P2
68	上1 上9	石張土 巻末参考資料	石張工 第6章§26(2)a
74	図41 下8 " 下6 下5	縮尺($\frac{1}{50,000}$) 兼用する箇所 後掲参考資料に示す 用水池側には 約45m	削除 兼用せる箇所 次頁に示す 用水池側は 約45cm
75	上9 表17 "	粘度分析 粘度 % 200 $\frac{1}{2}$ 此	粒度分析 粘土 % 200 $\frac{1}{2}$ 止
77	下2	約1.80m ずつかけている	約1.80mつつかけている
78	上4 上8 下9	全縣 三國上水出張所 轉石墜落	同縣 三國土木出張所 轉石墜落
80	上8	有効幅負	有効幅員
81	下11 下10 下2	流下として 合流點あり 参考資料九頭龍川	流下して 合流點より 附圖の九頭龍川
82	上3 上12 下10	23.536km として 低水敷洗面 堤防が通路に	23.536 km にして 低水敷法面 堤防が道路に
83	下10	法尻近くの内地水田	法尻近くの堤内地水田
84	下3	兩方肩から	兩法肩から
85	上4	法面が約10m	法面が約10m ²

頁	行	誤	正
85	上 7	凝灰石の方塊石	凝灰岩の方塊積
89	上 1 上10	3~10cmの龜裂 沈下高 140 にも	3~10cm の龜裂 沈下高約 140cmにも
90	上 1 上 4	80cm 150m	80m 150cm
97	上 2	塊數コンクリート容積	塊數4, コンクリート容積
98	上 6	$A = \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\frac{h' J}{3E J} + \frac{h^2 b}{2E J \delta}}$	$A = \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\frac{h' J_v}{2E J_v} + \frac{h^2 b}{2E J_q}}$
101	下 1	これ等方塊工の下は	これ等方塊工の下は
103	上 1	(「参考資料法面の崩壊について」)	(第六章 §26(3))
106	上 2	龜の甲狀の龜の裂	龜の甲狀の龜裂
108	上 3 下 8	遭遇しては 載つてゐるが	遭遇して 載っているが
109	上 1 上 3 上 8 下 9	左岸護臺 地表面にあり 考へられる 取水場にして	左岸橋臺 地表面に出ているが 考えられる 取水場にて
113	上 4	柱梁 等	柱 梁等
121	下 5	圖-70の通で	圖-70の通りで
124	上 3	13	②
127	竹田川の欄	Soild	Solid
128	九十九橋の欄 旭 橋 の 欄 旭 橋 の 欄 圖 面 寫眞-45 寫眞-49 寫眞-50 寫眞-69 寫眞-89	杭打基礎 鉄筋コンクリート連續(斜 橋) 市内6m+10m+6m 圖-37 武田川 九頭龍川大岸 九頭龍川左岸堤防高水敷の龜 裂 三國港防波堤 コンクリート鋪裝板	杭打基礎 鉄筋コンクリート連續桁(斜 橋) 河間 6m+10m+6m 圖-73 竹田川 九頭龍川左岸 九頭龍川左岸堤防天端沈下 三國港防砂堤 コンクリート鋪裝板

頁	行	誤	正
133	下 6 下 5	取付部 車輪速度	取附部 車輛速度
134	上 2 上11 上13	取付道路 指定附縣道 路面の沈下	取附道路 指定府縣道 地盤の沈下
139	上 4 上 5	$\xi = P e^{-\frac{2\pi z}{\mu}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\tau}\right)$ $\zeta = Q e^{-\frac{2\pi z}{\mu}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\tau}\right)$	$\xi = P e^{-\frac{2\pi z}{\mu}} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\tau}\right)$ $\zeta = Q e^{-\frac{2\pi z}{\mu}} \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\tau}\right)$
140	下11 下 7	連絡地區 遅刻	連檐地區 遅延
141	上 3 上 4 上13	取付部 発生している 1箇所	取附部 発生している 削除
144	上14	墮落破壊	墜落破壊
151	下10 下 6	Way B'D'C'	May B'D'C
152	上 2 上 7 下11 下 4	DE R, H c 短形	土楔 BDE R, H C 矩形
153	上10 下12 下 3	得るのと (a) 粘着力の方に大きく	得るものと (b) 粘着力の方が大きく
154	上 7 下 4	$\frac{dx}{dt} \neq 0$ 實驗結果	$\frac{dx}{dt} \neq 0$ 實驗結果
167	下 3 下 2	12.233 12.967	12.033 11.967

建設省土木研究所報告

第 7 8 號

昭和23年
6月28日

北陸震災調査報告

昭和24年 3 月

建設省土木研究所

目 次

1

目 次

緒 言	5
第1章 地震概要	9
§ 1. 震央, 震源, 發震時及發震機構	9
§ 2. 地形變動	13
§ 3. 震度分布	18
§ 4. 餘 震	27
第2章 地質概要	31
§ 5. 地質概要	31
§ 6. 地質と被害との關係	33
第3章 一般被害	36
§ 7. 一般被害狀況	36
第4章 震央附近の狀況	45
§ 8. 震央附近の狀況	45
第5章 調査區域に於ける土木施設 物並にその他構造物の被害	48
§ 9. 國道 12 號 線	48
(1) 道 路	48
(2) 橋 梁	52
§ 10. 指定府縣道福井, 加賀, 吉崎線	60
(1) 道 路	60

(2) 中角橋	64
§ 11. 指定府縣道芦原，三國線	73
§ 12. 指定府縣道勝山，三國線	75
(1) 道路	75
(2) 長屋橋	76
§ 13. 府縣道腰廼，三國線	78
(1) 道路	78
(2) 橋梁	78
§ 14. 九頭龍川	81
§ 15. 大聖寺川	87
(1) 堤防	87
(2) 橋梁	90
§ 16. 五松橋及布施田橋	93
(1) 五松橋	95
(2) 布施田橋	100
§ 17. 三國港	101
§ 18. 鹽屋港	103
§ 19. 福井市	106
(1) 板垣橋	106
(2) 水道施設	109
(3) 戦災ビルディング	112
(4) 煙突	113
§ 20. 大聖寺町	116
(1) 家屋倒壊状況	116
(2) 橋梁	118

(3) 大聖寺精練工場施設	121
§ 21. 瀬越村及三木村	123
(1) 瀬越村	123
(2) 三木村	125
§ 22. 片山津町	126
§ 23. 被害橋梁資料	127
§ 24. 復舊予算	129
第6章 被害に対する所見	133
§ 25. 被害の種類	133
(1) 道路	133
(2) 橋梁	134
(3) 堤防	136
(4) コンクリート構造物	136
(5) 港灣	137
(6) 上水道	137
§ 26. 所見	137
(1) 道路	140
(2) 橋梁	141
(3) 堤防	149
(4) コンクリート構造物	159
§ 27. 耐震構造と震度	160
結 語	163
附 表	165
附 図	



緒 言

昭和23年6月28日16時15分頃福井縣坂井郡東南部を震源として地震が発生し福井縣下の大部分（主として九頭龍川沖積層地帯）及石川縣の南西部に大なる被害をあたえた。

關係當局の發表によれば福井縣下では烈震であり家屋は倒壊し多數の死傷者を出し一大惨狀を現出したのである。我々は本省の命に依り本地震に依る土木施設物に関する調査に着手することとなつた。調査隊は一行9名（内7名は土木研究所員）よりなり7月4日東京を出發し金澤市經由にて現地に至り7月21日一應の調査を完了して歸任した。以下はこの調査の報告である。調査の主目的は土木施設物の被害、破壊の原因を詳細に検討し耐震構造論の研究に對し一步を進めると共に被害施設の復舊對策に關し關係當局に對して必要なる資料を提供せんとするにあつた。

遺憾な事には福井縣當局が戦災を受け必要なる書類を焼失せる結果構造物の詳細構造が不明なるもの多く詳細なる検討を行うのに必要なる資料が得られない部分があつた。従つて本報告書に記載せる數字の大部分は我々が現地にて直接測定したものであり橋梁の徑間等は設計書記載のものと若干相違している部分がある事と思われる。この點特に御断りしておく次第である。

調査隊員の氏名並に事務分擔は次表の通りであつた。

調査の主目的については前述した所であるが本隊としてたてた調査項目をあげると次の通りである。

(1) 地震に關する事項

關係當局の調査資料を可及的收集整理すると共に本隊としても現地の痕跡等より震度等の調査を行うこと

表-1

官 名	氏 名	分 務	備 考
建設技官	猪瀬 寧雄	全般並に橋梁及び 構造物	隊長 中部地震石川 國道より應援 早大専門部土 木科學生
建設技官	竹内 一雄	一般被害	
建設技官	樽井 常忠	道路	
技官補	細井 正延	河川及海岸	
技官補	伊東 茂富	コンクリート及材料	
技官補	柳 治一	地 質	
技官補	貞舛 文雄	助 手	
〃	村 井 健	助 手	
	齊 藤 恒雄	助 手	

(2) 地質に関する事項

被害地の地質構造を調査し被害と地質との関連性につき考慮すること

(3) 一般被害に関する事項

一般被害に関する内容を調査し資料を作製すること

(4) 土木施設の被害に関する事項

河川、道路、橋梁、港灣施設その他構造物の被害状況を調査し破壊機構を研究すること

(5) 土木施設の被害の種類並に特性に関する事項

上記の調査により被害の種類並に特性を抽出し破壊の原因を究明し将来の耐震並に免震構造の研究に必要な資料を作製すること

(6) 復舊対策に関する事項

土木施設の復舊対策に関し必要なる資料を作製すること

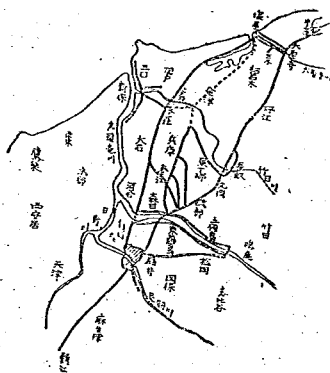
以上の方針に基づき調査作業を実施したのであるが地域的に可及的廣い範圍に及ぶよう考慮を拂つた。調査経路を示すと圖—1の通りである。

作業内容は大畧次の表通りである。

調査作業に使用した器具は巻尺、折尺、クリノメーター、磁石、ハンドレベル、カメラ、ハンマー等の小道具でトランシット、レベル等は必要に應じ現地にて借用することとした。尙本

調査には専屬の自動貨車を使用することができ高能率をあげる事を得た。

終りに本調査實施に際し絶大なる御援助を賜はりし建設省、中部及近畿地方建設局、石川・福井兩縣土木部に對し深甚なる謝意を表する次第である。



圖—1 調査経路図

表-2

日 時 月 日	作 業 内 容	宿 泊 地
7 6	先發隊金澤市へ出發	
7 7	金澤にて關係方面と連絡	金 澤 市
7 8	調査準備	〃
7 9	本隊金澤市着	〃
7 10	片山津及大聖寺町内調査	大 聖 寺 町
7 11	大聖寺町内、大聖寺川筋瀬越村迂り出し調査、	大 聖 寺 町
7 12	瀬越村迂り出し、塩屋港揚場及遊岸、福井 加賀吉崎線、國道12号八幡春江停車場線の調 査	大 聖 寺 町
7 13	勝山三國線、丸岡町を中心として震災附近の 調査、國道12号線の調査	大 聖 寺 町
7 14	國道12号及森田町附近調査、根據地を大聖寺 町より立待村に移動	福井縣丹生郡立待村
7 15	九頭龍川堤防調査（五松橋より中角橋まで左 右岸）	立 待 村
7 16	船橋、中角橋、福井市内の調査	立 待 村
7 17	芦原三國線、九頭龍川下流部堤防新保橋、港 橋、三國港防波堤及物揚場の調査	立 待 村
7 18	福井市内調査、資料整備のため内業	立 待 村
7 19	金澤に移動（夜内業）	金 澤 市
7 20	金 澤 發	
7 21	歸 任	

調査作業に使用した器具は巻尺、クリノメーター、磁石

第1章 地震概要

今次地震に關しては東京大學地震研究所、同理學部地球物理學教室、中央氣象臺等で發表した資料を基礎として以下概要を記述することとする。詳細は上記關係當局の發表を参照せられんことを希望する。本隊としては現地に於て墓石、煙突等の痕跡より専ら震度に關する測定を實施した。

§1 震央、震源、發震時及發震機構

今次の地震は九州西部より起つて北に進み山陰道の海岸に沿つて東進、能登半島を横切つて更に東進牡鹿半島から弘前方面を経て北海道に至る所謂内側地震帶の活動によつて惹起せられたものとされている。過去に於ける内側地震帶の活動狀況を記録から調べて見ると次表の通りである。

表-3

日 年	時 月 日		地震の起つた 場 所	被 害 概 況
ヲ長7年(850)	2	3	出羽	死者15萬100餘、秋田城破壞
嘉祥3年(850)	11	27	"	津浪、山崩、死者多し
慶長19年(1614)	10	25	越後	津浪あり、死者多し
正保1年(1644)	10	18	羽後	本莊城破壞
寛文5年(1666)	2	1	越後	高田城破壊、潰家多し死者1,500
元禄7年(1694)	6	19	能代	人家破壊2,760、能代出火
寶永1年(1701)	5	27	"	死58、家屋焼失759
寶曆1年(1751)	5	20	越後	死2,000
寛政4年(1799)	5	26	加賀	
享保2年(1802)	11	15	佐渡	潰家1,153、死19

文化1年(1804)	6	4	出羽	潰家5,500, 死323
天保4年(1833)	10	26	佐渡, 出羽	津浪あり, 潰家1,013
明治5年(1872)	2	6	濱田	
" 7年(1874)	2	28	天塩國(北海道)	留萌附近が激甚
" 25年(1892)	12	9	能登南西部	
" 27年(1894)	10	22	庄内	潰家3,858, 死720, 傷1,060, 焼失家屋2,148
" 29年(1896)	8	31	陸羽	潰家1,887, 死206
" 33年(1900)	3	22	鯖江	
" 37年(1904)	6	6	穴道湖	
" 43年(1910)	9	8	天塩國	
大正3年(1914)	3	15	秋田仙北	死90, 全潰640
" 14年(1925)	5	23	但馬	全潰焼失3,333, 死395
昭和2年(1927)	3	7	丹後	全潰16,025, 死3,017
" 8年(1933)	3	3	陸前	津浪家屋流失4,086, 死2,988
" 18年(1943)	3	4 5	鳥取縣	倒潰家屋70
" 18年(1943)	9	10	"	死1,190, 重傷6,158, 全潰354

又この地方のみについて既往地震の記録を表示すると表-4のようになる。

(福井烈震概報より)

表-4

整理 番号	日 時			地震の起つた 場 所	被 害 概 況
	年	月	日		
1	天正13年 (1586)	11	29	中部地方	美濃大垣全潰, 火災, 飛騨保木脇にて山崩 歸雲山城埋没, 越中木船城内壓死多し
2	寛永16年 (1639)	11		越前	北ノ庄の城破壊
3	寛永17年 (1640)	10	10	加賀大聖寺(?)	潰家あり
4	元禄4年 (1691)			加賀大聖寺(?)	潰家あり

5	享保10年 (1735)	7	7	加賀小松	城の石垣等破壊
6	寛政11年 (1799)	5	26	加賀金澤	金沢城下のみで潰家26, 破損家1,169, 土蔵崩潰並破損992, 死15
7	文化10年 (1813)	1	23	大聖寺附近(?)	
8	文化12年 (1815)	1	21	小松	小松城破損
9	天保4年 (1833)	4	9	大聖寺附近(?)	
10	安政5年 (1858)	2	26	飛騨, 越中	飛騨北部に烈震を發し潰家711, 死者209 山崩川をせき止む。3時間後越前北部より 再び烈震, 諸城破損, 潰家200, 大聖 寺潰家100
11	明治24年 (1891)	10	28	美濃, 尾張, 越前	死者7,273, 全潰80,000 根尾谷斯層を生ず
12	明治25年 (1892)	12	9	能登西南部	家屋, 土蔵破損
13	明治33年 (1900)	3	22	越前鯖江	全潰2, 半潰10, 破損488, 土蔵全潰1, 破損24, 山崩1, 負傷6
14	昭和5年 (1930)	10	12	大聖寺	小被害

この表の地震の起つた場所を地圖に
おとして見ると圖-2 のようになる。
又本表で見る通りこの地方では大體30
年に1回の割合で大きな地震が起つて
いることになる。

内側地震帯の活動による地震は太平
洋大地震帯の活動によるものに比較し
てその規模は一般に小さいとせられて
いるが、今次の福井烈震においても然
りであり影響圏は狭いが震央附近の強
度は極めて猛烈であり本邦地震史上稀
にみるものとせられている。

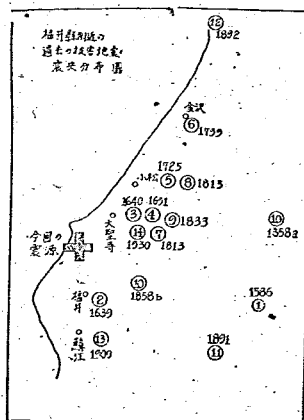


圖-2

(1) 震 央

震央に関しては未だ確定的の發表がなく各方面に於て鋭意調査中の模様であるが新潟気象管區現地調査班の調査にかかる福井烈震速報によれば震央として東経 $136^{\circ}11'$ 北緯 $36^{\circ}09'$ の地點を指摘している。震央は面的擴がりを持つもので點ではない譯であるから上記の地點も一應便宜上のものであることは諒を俟たない。この地點を地圖におとして見ると圖-3のようになる。

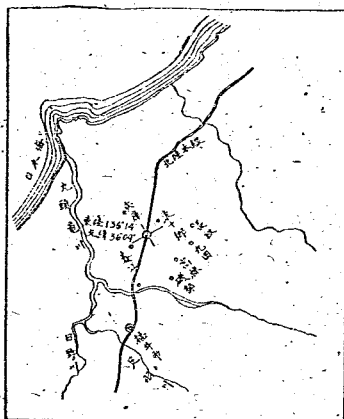


圖-3 震 央 圖

本圖で見ると震央は福井縣坂井郡丸岡町、長畝村、東十郷村、兵庫村、春江町、高原村等によつてかこまれた地點で東十郷村地内に入ることになる。

(2) 震 源

P波走時曲線、p-s Δ 曲線等より判斷して本地震は極淺發地震と判斷せられ従つてその震源は地表面下10數軒以内にありとせられている。すなわち昭和5年11月26日に發生した北伊豆烈震と規を一つにするものである。

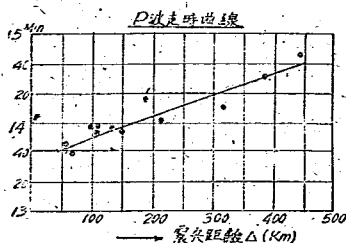
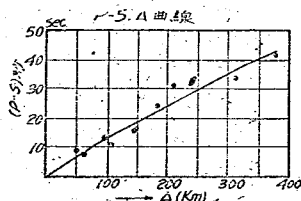


圖-4 P波走時曲線

圖-5 p-s Δ 曲線

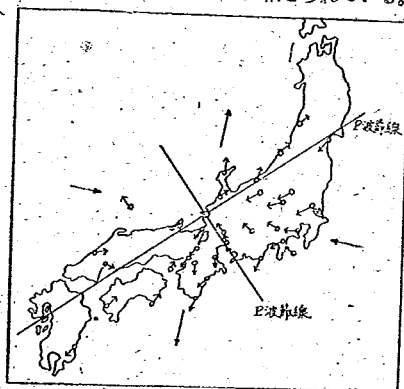
(3) 発震時

前掲福井烈震速報によれば発震時は昭和23年6月23日16時13分30秒と報ぜられており又中央氣象臺發表の福井烈震概報(一)によれば発震時は16時14分19.9秒となつている。

(4) 発震機構

福井烈震速報によれば全國のP波初動分布は次のように報ぜられている。

本圖によつて見られるようにに震央を過る大略N-60°-E及S-30°-Wの直線とこれと直交する直線とで全國を4象限に分つと東西の2象限に屬する地域ではP波初動は「おし」になつており南北の2象限に屬する地域ではP波初動が「引き」になつている。



圖—6 福井烈震初動及P波節線

このようなP波初動分布は本邦に於ける極浅發地震において通常現われるもので前記北伊豆烈震の場合にも同様の現象が報ぜられている。すなわち本地震は震央附近の地殻に作用していた大略N-70°-W及S-70°-Eの方向の壓力及これに直角の方向の張力によつてひき起されたものと考えることができる。

S.2 地形變動

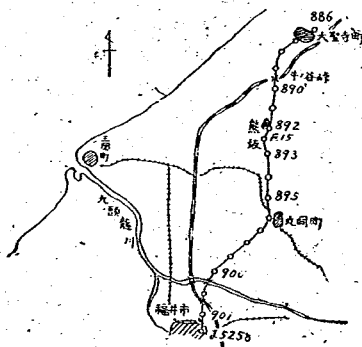
今回の地震に於て地變として、現地を踏査して直ちに目に付くものに著しい龜裂があり、それ等の龜裂より多量の水及び土砂を噴き出した事である。

龜裂は震央附近に特に著しく、中でも、丸岡東方山麓、丸岡町西方宮領、田島附近東十郷村長屋、御油田及び桑原、田中附近等を通る龜裂帯が最も著しく、之等は斷層ではないだろうかという疑もあり、我が調査隊に於ても現地調査並に種々の資料を集めたが、當時は未だ確實な資料も無く、又かゝる沖積層中に於ては斷層による龜裂と然らざるものと區別が判然としない事が多い爲我々の調査に於ては之を斷層と確認する事は出来なかつた。

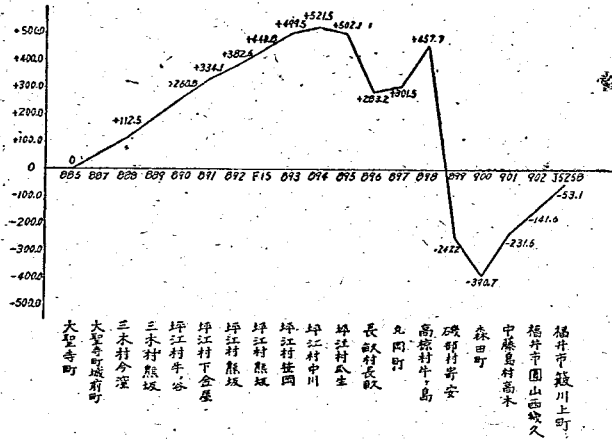
又土地の沈下も著しく各所に於て明らかにその痕跡が認められた。

其の後東京大學の地震研究所並に地球物理學教室に於て行われた水準測量の結果越前平野に於ける地盤の沈下並に隆起の全貌が明らかにされた。最近その資料を入手し得たので以下その結果の概要を紹介することとする。

先ず、東京大學地球物理學教室で行われた水準測量は福井市より12號國道に沿つて大聖寺町に至る間、36kmに亘る水準測量の改測結果と1927年度の測量結果との差異を示したもので、大聖寺町の水準點(886號)を不動と假定した値である。この結果は圖一7、圖一8及び表一5に示す如く、山間部では隆起して居り九頭龍川の沖積地域では一般に沈下を示している。



圖一7



圖—8 国道12號線地盤の變化 (石川縣大聖寺町を不動地と假定した時の)
(1948年測量結果)—(1927年)測量結果

表—5

B. M.	1948 — 1927	B. M.	1948 — 1927
886	0.0mm	895	+ 503.1
(887)	—	896	+ 283.2
888	+ 112.5	897	+ 301.5
(889)	—	898	+ 457.7
890	+ 260.8	899	— 247.2
891	+ 334.1	900	— 390.7
892	+ 382.6	901	— 231.6
F.15	+ 440.9	902	— 141.6
893	+ 499.5	J.5253	— 53.1
894	+ 521.5		

圖-9 三角點、水準點配置圖 () 中の數字は變動量:單位cm

た如き道線に沿つて水準測量を行われたものである。なお茶ヶ脇の標石は今回の地震後もその標高に著しい變動の無かつた事が海上保安廳水路局の検潮の結果明らかにされた爲、之を不動點(2.48m東京灣中等潮位からの高さ)と假定して、地震前後の各地の標高差を求めたものである。その結果は圖-9

及び表-6に示された如くである。尙この結果より東西方向の横断を畫いて見ると圖-11の如くなり、極めて明瞭に隆起及沈下の地域が區別されている。

以上の結果より見て 圖-9に示されている如く越前平野の東部及び東南部の低地並に東或は東北方に位する山地に於ては總て隆起を示し、平野中央部に於ては總て沈下を示している。之等隆起、沈下の兩地域の境界は圖-9に示される如く、ほぼ一直線をなしている。之は東十郷、舟寄を通る十郷用水水路沿いの最も著しい龜裂帯とほぼ一致することが明らかとなり、こゝに1つの斷層の存在が推定せられる。

又、地震研究所那須博士の談によれば九頭龍川沿いにも1つの斷層が考えられる。これは明治24年10月28日の濃尾大地震の際に生じた根尾谷斷層に關連あるものとして目下その方の調査をも行つてゐるとの話である。

地震研究所に於ても次々と詳細な結果がまとめられ、報告される事と思われるから、今後益々本地震に於ける地形變動の様子が明らかにされる事であらう。

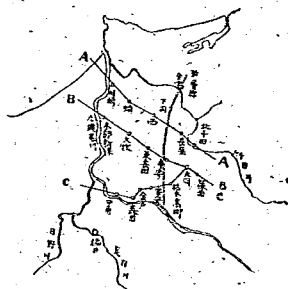


圖-10 水準測量による高底差變位

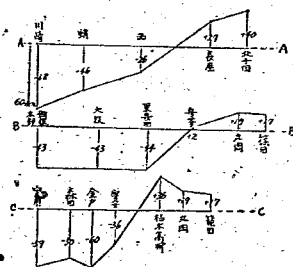


圖-11 縦横比1/50,000

表—6 三角點及び水準點の標高と變動量

所在地	標高		變動量	備考
	地震前	地震後		
	m	m	mm ±0	
E.M. 雄島村, 米ヶ脇	2.480	2.480		
本莊村, 中ノ濱	3.14	2.650	+510*	B.M. = 水準點
木部村, 鎗	2.59	2.132	-458*	他は三角點
全, 川崎	2.06	1.330	-680*	
全, 木部新保	3.02	2.588	-432*	*三角點の地震前の標高mmの
大關村, 下關	6.13	6.053	-77*	桁不明につき 0 と假定した
全, 西	4.75	4.491	-259*	場合の概算値
東十郎村, 東長田	5.894	5.454	-440	
全, 長屋	6.48	6.756	+274*	米ヶ脇 B.M. は地震前後大な
河合村, 中角	7.599	7.007	-592	る變化なし
春江町, 中ノ庄	4.52	4.124	-396*	
全, 針原	5.366	4.909	-457	
磯部村, 金戸	8.50	7.903	-597*	
高橋村, 舟寄	8.968	8.986	+18	
長畝村, 篠岡	38.431	38.600	+169	
B.M. (897) 丸岡町	9.521	9.715	+194	
B.M. (899) 磯部村 密安	8.881	8.526	-355	
B.M. (900) 森田町	8.990	8.491	-499	

§3 震度分布

福井地震速報によれば全国各地の震度分布は次のように報ぜられている。

表-7

強 度	地 域
Ⅵ 烈 震	福井市
Ⅴ 強 震	
Ⅳ 中 震	金澤, 敦賀, 彦根, 岐阜, 富山, 宮津, 名古屋, 京都, 輪島, 豊岡, 龜山, 飯田, 墨原, 甲府
Ⅲ 弱 震	高山, 伏木, 泊, 松本, 津, 大阪, 鳥取, 神戸, 高田, 州本, 御前崎, 和歌山, 静岡, 三島, 輕井澤, 諏訪
Ⅱ 輕 震	長野, 浜松, 尾鷲, 米子, 西郷, 船津, 潮岬, 新潟, 柿岡, 室戸, 高知, 網代, 秋父, 箱根
Ⅰ 微 震	前橋, 横濱, 東京, 大島, 宇和島
市内有感	浜田

本表により圖を作つてみると次のようになる。



圖-12. 全國震度分布圖

この圖から分るように地震の破壊力の大きかつた所は非常に狭い範囲に限られており、中震の地域は震央を中心として半径約150kmの範囲に入り有感區域は半径約450kmの範囲に入ることになる。

又東大地震研究所河角研究室の調査によれば震央に近い各地の合震度は次表のように報ぜられている。

表-8

地 名	合 震 度	地 名	合 震 度
大 聖 寺 町	0.4	勝 山 町	0.3~0.4
九 岡 町	0.6以上	大 野 村	0.25
長 畝 村	0.45 (山崎)	松 崎 村	0.30
	0.6 (田)	三 國 町	0.40以下 (推定による)
森 田 町	0.6以上	本 庄 村	0.6
春 江 町	0.6以上	東 十 郷 村	0.6~0.5
竹 田 村	0.35~0.4	瀬 越 村	0.5
劔 岳 村	0.5	福 井 市	0.6
坪 江 村	0.4 (山)	塩 屋 吉 崎	0.5 (地盤の悪い所)
	0.6 (平野)		
北 潟 村	0.4(地盤のよい所)		
	0.6(地盤の悪い所)		

次に我が調査隊の測定結果を示すと各地の合震度は次の通りであつた。

石 川 縣

江 沼 郡 瀬 越 村 0.45以上 墓石より算出
 " 大 聖 寺 町 0.40 " "
 " 片山津作見 0.25 " "

福 井 縣

吉 田 郡 松 岡 町 0.25以上 墓石より算出
 " 五領ヶ島村 0.40 " "
 福 井 市 0.60 " 煙突より算出

本數字は河角研究室のものと略々一致している。

本表で見る通り震央附近の合震度は0.6程度であり今次地震が如何に震央附近に於ては強烈であつたかを知ることが出来る。

を表-8と比較して見るとよく合致している事が分る本表を圖示すると

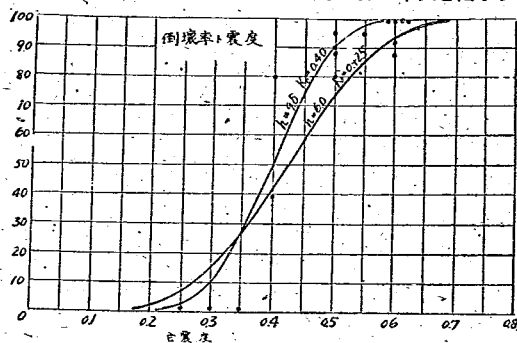


圖-14

表-10

市町村名	倒壊率	合震度	市町村名	倒壊率	合震度
福井市	87	0.56	坪井村	73	0.46
井田町	100	0.6	江村	71	0.44
田岡町	80	0.46	生保村	62	0.43
岡江町	100	0.6	西藤島村	54	0.41
松丸村	100	0.6	新保村	40	0.37
金津町	93	0.57	加戸村	40	0.37
芦原町	75	0.51	新加戸村	34	0.35
三朝町	5	0.28	加戸村	24	0.34
	1	0.25	野島村	19	0.33
河東村	100	0.6	野島村	13	0.32
合村	100	0.6	粟吉村	4	0.25
藤島村	100	0.6	川村	0.3	0.2
部庫村	100	0.6	一乘谷村	0.3	0.2
兵部村	100	0.6			
東十村	100	0.6			
細呂村	100	0.6			
吉木村	95	0.56	大聖寺町	40	0.4
北崎村	85	0.47	片山町	14	0.31
大瀨村	91	0.51	塩屋村	73	0.46
	90	0.49	三木村	40	0.37
五領ヶ島村	87	0.48	瀬越村	15	0.31
坂村	86	0.48	勸橋村	3	0.23

圖-15の如くなる。

こゝに本表の計算に當り物部博士の公式

$$Y = \sqrt{\frac{100}{\pi}} \int_0^{hk} e^{-h^2(k-k_0)^2} dhk$$

に於て

都會に對し	$h = 6$	$k_0 = 0.249$
農村に對し	$h = 9.5$	$k_0 = 0.4$

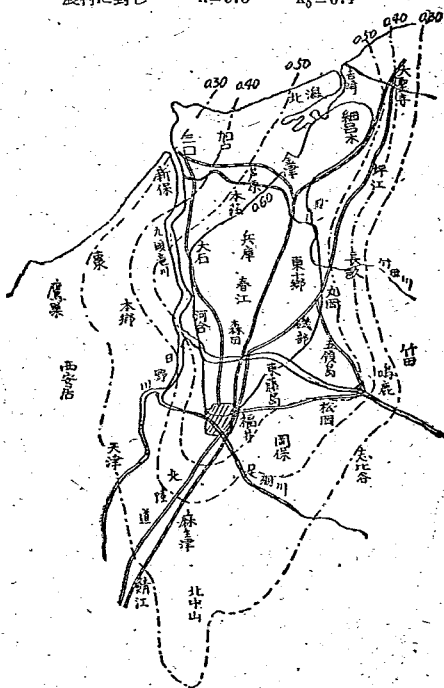


圖-15 震度分布圖

を用いた。

次に今次地震の規模を既往大地震と比較するため横軸に震央からの距離 Δ をとり縦軸に平均震度（震央から50km毎の範囲の震度の平均）をとりこれを図に示すと次のようになる。

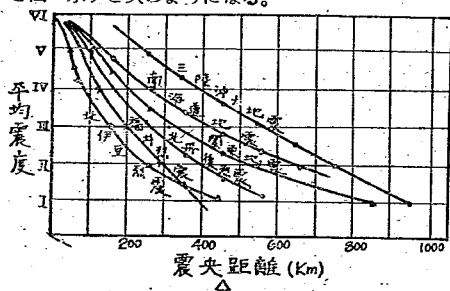


図-16

この図から明らかなように福井烈震は北丹後烈震と北伊豆烈震との中間に位し、エネルギーは関東大地震の約 $\frac{1}{10}$ 程度と推定せられる。ここに既往大地震のエネルギーを参考の

ため掲げると次のようになる（坪井忠二「地震の話」より）

大正9年 支那甘肅地震	10^{25} erg
明治39年 サンフランシスコ地震	3×10^{24} erg
昭和8年 三陸地震	4×10^{24} erg
大正12年 関東地震	1.5×10^{24} erg

最後に本地震に関する全国主要地点の地震観測の結果を示すと次の通りである。（中央氣象臺発表の資料による）

表-11

観測所	震度	発震時刻 h m s	最大動		初動 u m s	P-S m s	P-F h m s	性 質	地 震	事 記
			振幅 μ	週期 s						
宮津	Ⅳ	28 16 12.50	N E Z		N E Z			1.35	緩	家屋動揺激しく坐 り懸きもの倒れ南 向往時計止る
敦賀	Ⅳ	13 39.5	N > 23,000 E > 27,500 Z		N - 542 E - 142 Z + 400	8 5	16.42			
岐阜	Ⅳ	45 1	N - 55,000 E - 35,000 Z - 4,200		N - 204 E - 175 Z - 123	12 9	40			
伏木	Ⅲ	17	N E Z		N E Z				有(前)	時計止る 各種吊物大きく揺 れ戸障子倒る
金澤	Ⅳ	37.3	N E Z		N 1.3mm E 1.1mm Z 0.6mm	8 2				
彦根	Ⅳ	46.7	N - 14,450 E + 15,600 Z - 7,100		N - 280 E + 89 Z + 144	13 1	約 15	急		
高山	Ⅲ	49 1	N 1,950 E 1,746 Z		N - 20 E - 136 Z	12 9	15.43	急(同時)	有(同時)	市内に相当腐朽し た家屋一軒倒壊し るも人畜に被害な し
豊岡	Ⅳ	51.5	N + 8,200 E + 9,400 Z - 3,100		N - 250 E - 135 Z + 221	17 8	51	急有	P-M : 43.1	
輪島	Ⅳ	53.6	N E Z		N + 178.0 E - 36.4 Z + 55.6	19 0	28 0	急		
松本	Ⅲ	56.8	N + 1860 E + 1516 Z		N - 36.0 E - 156.0 Z	19 0	30 0	緩		
神戸	Ⅲ	59.4	N + 7,350 E - 6,950 Z + 6,650		N - 130.0 E - 209.0 Z + 222.0	28 6	117	緩		
網代	Ⅲ	14.00	N E Z		N E Z				緩	
高松	Ⅰ	14.00	N 1,730 E 1,050 Z		N E Z	45				
浦河	0	40.0	N - 1,640 E - 6,159 Z		N - 9 E - 16 Z	145 5	156.30			

鳥取	281614016	N 4,625 E 7,975 Z	N - E - 59 Z	25 3	2418	急
三島	046	N +10,300 E +15,600 Z + 1,200	N + 20 E - 40 Z - 17	35 7	527	急
御前崎	072	N +29,000 E +21,000 Z - 2,900	N + 90.9 E - 112.3 Z	133 6	10577	緩
輕井澤	072	N >1,400 E >1,120 Z	N - 2 E - 22 Z	25 8		急
相川	076	N 380.0 E 701.8 Z 493.0	N + 21.7 E Z	30 6	3940	緩
船津	077	N >8,500 E >8,500 Z	N + 33.0 E - 82.0 Z - 14.3	33 7		急
秩父	095	N -1,520 E -1,680 Z	N E Z	11 8		極急
米子	105	N E Z -5,270	N E Z	49 8	11930	緩
榎原	12	N E Z	N E Z			
富山縣上	47	N E Z	N E Z			急
松山	542	N 7,000 E 7,000 Z 4,000	N -6(5.3) E - 8 Z + 2	59 8	2500	極急
飯田	090	N E >2,000 Z	N + 120 E - 266 Z		13852	
和歌山	067	N 13,300 E 2,900 Z	N 1.3 E 6.5 Z	31 0	0500	緩
富山	13462	N E Z	N + 18 E + 79 Z + 5			
大阪	593	N 10,920 E 58,400 Z 6,910	N -402.5 E -206.2 Z -333.3	21 7	10600	緩
前橋	1412	N >2,040 E 10,000 Z	N E - 8.1 Z - 8.3	24 6		緩

タイム稍不良

壁割裂
初め東西次に南北

M強震計

伊東	2816	14	127	N > + 1292 E - 1,440 Z	N + 4.0 E - 20.0 Z	25	7	緩	
松江	136	E	+ 4,800	2	N - 4,200 E + 4,800 Z	N - 15 E - 15 Z	45	2	40 46 急
潮平	139	E	4,250	4	N 1,300 E 4,750 Z	N - 37.6 E - 5.3 Z + 29.7	37	5	50 00 急
長野	145	E	+ 1,925 - 2,125 Z + 417	5 5 9	N - 25.0 E - 39.5 Z - 33.3	24	2	急	
横濱	158	E	- 23,200 - 12,600 Z	5 5 0	N + 2.4 E - 13.2 Z - 3.2	34	6	2 13 45 急	
高田	160	E	- 7,850 - 8,340 Z - 10,020	3 4 0	N E Z	25	2		
室戸	220	E	+ 2,250 - 6,000 Z - 1,715	12 10 1	N E Z	42	5		
津	422	E	343.8	3	N E Z	2 11	5	2 5 12	
伊良湖	1500	E			N E Z	9	2		
東京	1604	E	+ 51,100 - 24,800 Z - 22,900	5 5 4	N E Z	5	5		

§ 4. 餘震

大地震の発生後には同地方には相當の餘震を伴うべきものであり、餘震回数は地震発生後時間の経過と共に減少するのが普通である。大森博士によれば餘震回数 (y) と経過時間 (x) との間には、

$$y = \frac{k}{h+x}$$

ぜられており、前掲速報によれば福井測候所の観測結果として次のような数字があげられている。

月	日	餘震回数
6	28 (本震後)	139
6	29	201
6	30	78
7	1	19
7	2	26

又敦賀測候所の観測による3時間おきの餘震回数記録は次表の通りである。

表-12

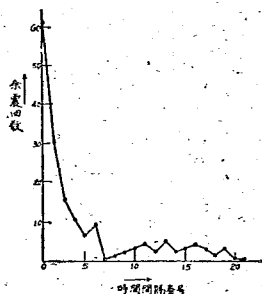
時 間	間 隔	番 號	有 感	無 感	合 計
6月28日	16 ~ 19	1	10	51	61
	19 ~ 22	2	1	29	30
	29日 22 ~ 1	3	2	13	15
		4	1	9	10
		5	0	6	6
		6	0	9	9
	10 ~ 13	7	0	0	0
	13 ~ 16	8	0	1	1
	16 ~ 19	9	0	2	2
	19 ~ 22	10	1	2	3
30日	22 ~ 1	11	1	3	4
	1 ~ 4	12	0	2	2
	4 ~ 7	13	0	5	5
	7 ~ 10	14	0	2	2
	10 ~ 13	15	0	3	3
	13 ~ 16	16	0	4	4
	16 ~ 19	17	0	3	3
	19 ~ 22	18	0	1	1
	7月1日 22 ~ 1	19	0	3	3
		1	0	0	0
		4	0	0	0
7月1日	1 ~ 4	20	0	0	0
	4 ~ 7	21	0	0	0

本表を圖示すれば次のようになる。

尙餘震は本隊の調査期間中においても、まだ残っており7月10日頃には1日に2〜3回福井市附近において感ぜられたが7月18日頃には1日1回感ぜられるか、られないかの程度となつた。この頃の餘震の状況は畧々震央の方向に當つて「ドーン」と云う大砲をうつた時のような音がきこえ一瞬おくれて小さい地震がガタガタとやつて来る程度のものであつた。

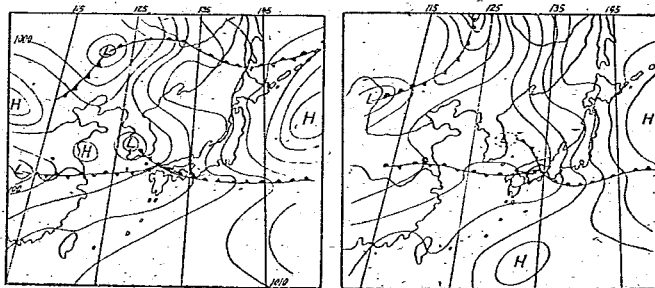
備考：

地震發生當日の氣象狀況を参考のため



圖一17

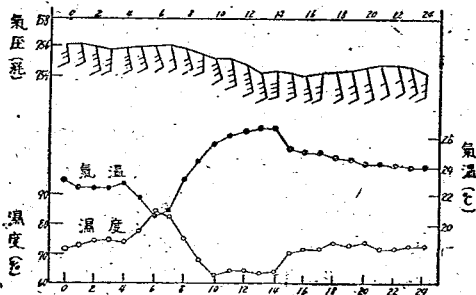
示すと(福井烈震速報より)氣壓配置は圖一18(a)(b)の如く高氣壓は北



圖一18(a) 28日3時天氣圖

圖一18(b) 28日15時天氣圖

海道三陸沖小笠原東方海上から本邦南方洋上にかけて蟠居し、このため朝鮮西南岸の低氣壓は進みかねて25日以来停滯し福井地方では連日南寄りの風が稍強く曇つたり晴れたりで霖雨模様のはつきりしない天氣が続いていた。



圖—19 氣象變化圖

氣象狀況は圖—19の通りで特異な氣象變化は見られないが、地震發生直後の16時20分に敦賀地方は氣壓の極小が現われて居り、稍々蒸し暑い天氣であつた。

第2章 地質概要

§5 地質概要

今回の調査に於て時日の關係上、地質學的な調査は出來ず、唯數ヶ所を散見したにすぎない爲、主として7萬5千分の1幅井並に大聖寺地質圖幅を參考として、調査區域及びその周邊が如何なる地層より構成せられているかを簡単に述べる程度に止める。(圖—20参照)

先ず今回の地震の震央附近及びその被害地域の大部分は九頭龍川並にその支流流域の沖積平野内にあり、之に次いで大聖寺川下流の沖積平野及び柴山潟、今江潟周邊一帶の沖積平野である。山地に入ると被害は急激に減少している。之等山地は主として新第三紀層及び之を貫く各種安山岩類及び流紋岩石英粗面岩等より成る。本地域に於ては、新第三紀層は下部より粒狀安山岩質、集塊岩層、綠色凝灰岩層、凝灰岩及び凝灰質頁岩互層、頁岩層、凝灰質砂岩層、粗粒砂岩層等があり、南部より北部に行くに従つて順次上部の地層が累重している。尙小斷層により幾多の地塊に分れているが、褶曲は著しくなく、全般的に見て走向は $N80^{\circ}E$ より $N70^{\circ}W$ 乃至 $E-W$ にして、傾斜は概ね $N10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ の單斜を成す比較的簡單な構造を成している。

海岸地域の丘陵性地帯は第四紀層の洪積層(古期更新統)の砂層及び沖積層の砂丘が廣く分布し、之等によつて新第三紀層は覆われている。尙所によつては之等の地層の下に第三紀層がわずかに露出している所もある。洪積層の砂層は灰色乃至褐色の細粒乃至稍粗粒の砂より成り、稀に礫を含有する。處によつては上部に褐色乃至暗褐色の粘土層を戴いていることもあつた。之等洪積層は越前平野北部の海岸丘陵地帯、大聖寺北部の丘陵地帯及び柴山潟、

第2章 地質概要

今江湯南方等に比較的廣く分布している。尙三里濱、鹽屋・片野間及び柴山湯北部の海岸地帯には著しい砂丘の發達が見られる。

§ 6 地質と被害との關係

(1) 本地震の震央は九頭龍川沖積地内にして極めて淺發性であつた爲、被害範圍は小さく、被害地の大部分は沖積地帯に限られるが、被害の程度は極めて著しい。

(2) 震央からほぼ等距離内に於ても、堅固な地層上に基礎を置く建造物及び第四紀層等の軟弱な堆積層薄く、岩盤の近い所に於ては一般に見て被害は比較的少い。例へば三國町の如きは第四紀層薄く、下部の第三紀層が各所に露出している。又橋立村がその周邊に比べて被害の少なかつた事も同様な理由と考えられる。

(3) 埋立地、盛土上に基礎を置くものは被害極めて大きく、特に不同沈下がはなはだしい。例へば片山津温泉等は埋立地に於ける被害の著しい例であり、不同沈下が被害の大きな原因となつている点が多々見受けられる。

(4) 砂丘地帯及び洪積層の軟弱な砂層地帯に於ては汙り出し、崩壊、沈下等による被害が多い。例へば三木村、瀬越村、北湯北部の被害等は著しいものである。

(5) 地質條件の非常に異なる地が接する地點では被害が大きい。特に山を切つて一部盛土をして平坦部を作り、その兩地盤に跨つて作られた建造物は兩地盤の運動が異なる爲大きな被害を受ける。福井市の水道貯水池は山上に作られて居り、盛土と思われる部分は著しく沈下しているが、幸ひ基礎が深かつた爲水溜には龜裂が生じなかつた様である。又丸岡城もこの様な條件下にあつた爲石垣の部分から崩れたものと思われる。

以上の如き關係は唯今回の地震に限つた事ではなく、今までの地震に於て

すでに明らかなことである。関東大地震や南海道地震に於ても沖積層中でも特に舊河川の跡にあたると思われる所では一層被害が著しい。

地盤と震害との關係に就いて、棚橋諒、佐々憲三、横尾義貫、西村英一氏等が調査された結果は、弾性波法によつて求めた地下構造と東海大地震並に三河烈震の時の倒壊家屋百分比とを比較したもので圖-21に示されている。

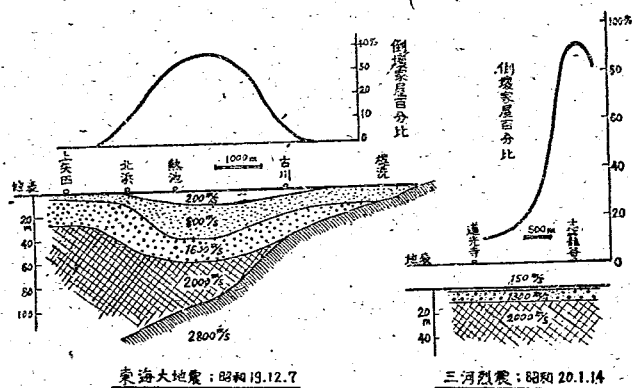


圖-21

これによると、東海大地震の時には明らかに住家全壊率は弾性波速度の遅い軟弱な表層の厚さにほぼ比例している場合のある事が認められたのに對し、三河烈震の時に於ては表層の條件がほぼ同一の近接した地區で、非常に震害の差のある場合が認められた。この原因は更に深い部分の地下構造の關係、發震機構その他の關係などに求むべきものであらうと述べられている。

又地震動による土地固有の卓越振動週期と建造物の固有振動週期とが近い値を取る場合は共鳴現象を起し被害が極めて大きくなる。故に同一地盤に於ても建造物の種類により被害の割合が異つてくる。関東大地震の時の東京に

於ける例によると、木造家屋は下町では被害が非常に著しく山手では少い。之に反し土蔵は山手で被害多く下町では少いという、逆の現象が見られた。之は普通の木造家屋では固有振動週期は初め 0.42sec. 位で次第に増大して 0.7 sec. 前後になるものが多く、土蔵では0.2~0.3 sec. 程度である。之に對して土地の固有振動週期は下町では山手に比して軟弱にして0.6sec. 前後山手では0.3sec. 前後である。之が爲に山手では土蔵が、下町では木造家屋がその土地の振動と共鳴したものと云はれてゐる。

以上述べた如き場合もある爲、一概に云う事は出来ないが、全般的に見て堆積時代の新しい地層即ち軟弱な地盤上のものほど、被害が著しいと云えよう。

第3章 一般被害

§7 一般被害情況

(1) 概況：一般被害情況に關しては被害後直ちに、被害概數が福井、石川兩縣より發表されたのであつたが、其の後之等の數字は被害事情の判明するに従ひ修正されている。當時は速報を必要とする爲之等發表數字が今後に於て多少異同あるものと考えられるのである。然し我々が調査を行つた7月7日より7月18日間に於ては、通信、交通等の應急修復も或る程度終り、從來情況の判明しなかつた福井縣北部北潟村の被害情況も10日頃明らかとなり、一般被害に關する最終的とも言へる數字が發表されるに到つた。

兩縣被害を概觀するに石川縣を1とすれば福井縣は略10と考えられ、救援物資も大體此の比率で配分された様であつた。

福井市は本地震に於ける最大の被害地であり且つ最大の都市であるが、同市は戰災大火災に次いで今次の震災及火災を蒙れるもので、市民の胸中は察するに餘りありと言うべきである。然し既に試練済みの市民は旺盛なる意慾を以て復興に勵みつゝあり、持續する伏晴と相俟つて早くも復興は軌道に乗りつゝあつた、我々は全國民が一丸となつて此不幸な被災地の救援に参加されん事を祈念する次第である。

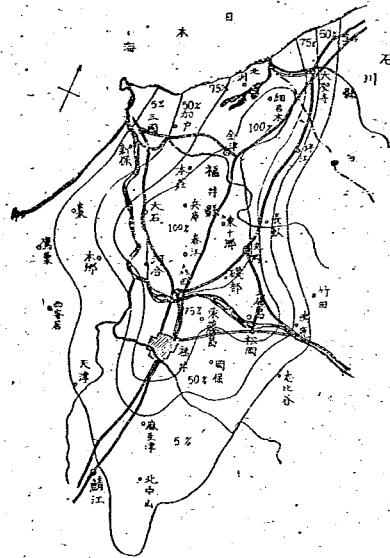
(2) 調査方法：現地に到着と同時に縣廳にて縣内被害情況の説明若しくは資料を受け、緒言に於て述べたコースに従ひ、各地の縣土木出張所、市、町村役場に於て、主として聴取の手段に依り資料を入手せるものであつて、調査事項は①人畜の被害、②建築物の被害、③土木施設の被害、④其の他等である。④の其の他に於ては農地、農作物の被害、地變、井戸の情況等を調査

したが④項土木施設の被害同様未調査の場合多く、又土木係員は現地に出張不在の爲期待し得る資料は入手し得なかつた。

(3)福井縣に於ける被害、福井縣當局の發表になる一般被害概況は、表—13に示す如きものであり、之に本調査隊調査數を併記した圖—22は新潟氣象臺發表の家屋倒壊率圖を参照せる

ものである。今回の地震は小範圍乍ら、非常な激震であると言われ且つ家屋倒壊の大なるものがあるに不拘人畜の被害並びに火災發生が比較的少なかつた事は種々の原因に依るものであるが、夏時間實施中の爲地震發生時が夕食準備前であつたからであると語る者が多かつた。我々が調査せる區域内での代表的な被害地の情況は次の如きものであつた。即ち福井市に於ては全建築物の9割が瞬時にして倒壊し、同時に各所より火災發生

し福井市中心たる日出町、佐



圖—22 家屋倒壊率圖

佳枝町、花月新町、毛矢町を焼失した。全壊家屋11,400戸 半壊1,000戸 焼失6,600戸 死者3,000人 傷者10,000人と云われる。金津町、丸岡町、春江町、森田町は路震央に位置する關係上地震動激烈を極め家屋倒壊率は略100%である。又丸岡町に於ては、火災を生じ慘澹たる情況であつた。此の内森

田町の全中心部に位置する森川醫院は周圍全境の中に一軒丈建ち残り注目される。又丸岡町中心部のコンクリート道路が全然無残である事は他の部分と比較して研究に値するものと思う。縣北部北湯村濱坂に於ける被害は、約2町歩の山が松林共に亡り出して、18戸の民家が約7mの深さに埋没し、相當の死傷者を出し、その内には通行中被災した者もあると言う事である。九頭龍川河口右岸に位置する三國町に於ては、總家屋數2,650戸の内全壊17戸、半壊243戸で倒潰家屋率は約5%である、比較的震央に近いに不拘被害が僅少である事は、一般的に言われる如く此の邊の地盤が良かった爲と考えられる。

土木施設に關しては、鐵道、道路の陥没、龜裂が隨所に發生し、又九頭龍川架設橋梁の大部は墜落し、交通運輸は重大なる支障を受けた。九頭龍川、日野、足羽兩支川及竹田川の堤防は各所に被害を蒙り、九頭龍本川を始めとして應急修理工事が急がれていた。産業關係に於ては纖維工場の6割を失い中小企業工場は7割罹災したものとされる。

縣で調査せる被害見積額中明らかにされた、土木關係、農林關係、畜産關係、開拓地關係、一般家屋（工場、官衙等を含むものとする）關係を合算して約600億圓とされ、全被害額は莫大なものとならう。

地震當時の情況を所々に於て聴取したのであつたが、明確に記憶する者は無かつた。只震央附近高涼村四家部落に於て、小規模な紡績工場を經營する某氏の談に依ると、音響が聞えてから地動を感じた事、地動は非常に複雑であつた事、水田及び溝上に砂質土及水を噴出しその勢が猛烈であつた事が判明する。又餘震に際しては足下の地中から鈍音がする事が有るとも言つてゐる。三國町の如く家屋倒壊率僅かに5%程度震度0.4以下と推定される地點に於ても立つて居る事が困難で立木に掴まつて居たと言うから地震動が大であつたものと思われる。

(4) 石川縣に於ける被害；石川縣に於ては被害地域は福井縣に接する大聖

寺川沿い地及び動橋川筋の沖積地であり、我々は大聖寺町、鹽屋村、瀬越村、三木村、片山津町を調査した。大聖寺町よりは河口に在る鹽屋村の方が被害率大である。即ち鹽屋村に於ては全戸數 741 戸、全壊家屋 681 戸、半壊 60 戸であつて倒壊率は 96% であり、死者 15 名負傷者 127 名であつた。鹽屋村と大聖寺町の間位置する瀬越村に於て同村背後の砂丘の辺りと、村落内外の被害との関連性に関して特別な調査を行つたが之に就ては後章に述べて有る。福井、石川兩縣共殆んど井戸中に砂質土乃至砂を噴出して居り飲料水に難儀せる事、救援の爲トラック交通が激増し、道路の維持修理に相當な努力が割かれねばならない事を痛感した。

表 13 福井縣・石川縣一般被害集計表

區 域	全 壊	半 壊	焼 失	死 者	負 傷 者
福 井 縣 (7月3日)	32,444 (33,271)	4,980 (4,960)	8,780 (8,906)	5,507 —	19,628 —
福 井 市	11,400 (11,404)	1,000 (1,618)	8,600 (2,407)	3,000 —	10,060 —
坂 井 郡	12,212	1,938	2,039	1,528	4,309
吉 田 郡	6,678	744	139	816	4,972
足 羽 郡	2,408	851	2	128	263
今 立 郡	152	407	—	5	51
丹 生 郡	24	37	—	—	31
石 川 縣 (7月5日)	1,499	5,112	—	40	306
江 沼 郡	1,491	5,017	—	39	331
能 美 郡	7	61	—	1	2
河 北 郡	1	2	—	—	—

() 内數字は國家警察本部の調査に依る

福井県下被害状況調査

(福井県総務部 7月3日現在) ()内は本調査

市町村名	全壊	半壊	焼失	死亡者	負傷者	罹勢 世帯数	調査 人口	備 考
福井市	11,400 〔#〕	1,000 〔#〕	6,000 〔#〕	3,000 〔#〕	10,000 〔#〕	18,878 〔#〕	79,614 〔#〕	備考欄記入事項は全て本調査除に依る。 随取結果である
足羽郡酒生村	400	400	—	19	80	695	3,429	
東郷村	330	201	—	21	50	831	4,000	
上文珠村	130	20	2	10	13	552	2,748	
一栗谷村	—	10	—	1	—	321	1,451	
下文珠村	550	—	—	12	05	572	2,804	
麻生津村	47	30	—	—	—	555	4,431	
六條村	488	13	—	39	24	602	2,980	
社村	403	180	—	20	30	1,024	5,045	
計八村	2,408	854	2	123	202	5,149	26,801	
吉田郡西郷島村	630	3	14	35	1,500	1,272	3,296	
河合村	692 〔085〕	〔7〕	〔0〕	46 〔56〕	500 〔600〕	659 〔692〕	3,366 〔3,500〕	橋梁2,道路19km,田畑被害10%,井戸 に砂水を噴出す
森田町	1,800 〔1,780〕	10 〔200〕	50 〔50〕	300 〔250除〕	1,200 〔1600〕	1,753 〔1,800〕	7,830 〔8,000〕	道路1.3km,田畑35 井戸30%使用可能
中藤島村	710	—	2	120	600	800	3,948	田畑25
岡保村	644	—	2	39	300	644	3,066	
東藤島村	750	—	1	70	500	842	4,145	
松岡町	1,000 〔1,000〕	400 〔400〕	70 〔84〕	200 〔76〕	300	1,471 〔1,500〕	6,067 〔6,000〕	
吉野村	132	130	—	14	35	264	1,369	

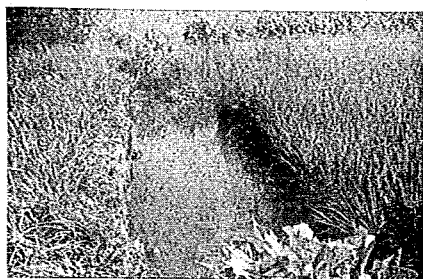
五領ヶ島村	202 [225]	80 [75]	— [1]	15 [15]	15 [20]	300 [301]	1,000 [1000]	
志比谷村	13	121	—	6	22	363	1892	
計2町8村	6,678	744	139	816	4,972	8,368	36,584	
坂井郡 三國町	10 [17]	7 [243]	— [0]	1 [13]	20 [40]	2,666 [2,550]	10,599 [10,590]	土木施設田畑等に就ては不詳井戸20%程度 使用可能であつた、地下水上昇50~100cm
新保村	39 [52]	154 [168]	— [0]	1 [1]	1 [2]	463 [380]	1,897 [1,960]	護岸(九頭龍川沿延長)2km沈下所々欠損, 井戸大部分砂水湧出井戸枠のずれが起る
雄島村	1 [1]	50 [55]	— [0]	— [8]	— [12]	1,344 [1,360]	(5,508) 死亡者は三國町に於けると同様福井市その [6,800] 他の土地で被災した者	
加戸村	30 [41]	250 [280]	— [0]	1 [1]	1 [15]	590 [626]	2,616 [2,620]	土地沈下道路欠損1.5km
芦原町	950 [912]	200 [317]	1 [1]	73 [—]	200 [1,200]	1,299 [—]	6223 不	非住宅全半壊142
吉崎村	150 [150]	— [15]	— 0	20 [6]	— [44]	257 [165]	615 [650]	鹿島山沈下 開田橋重車輦道路不能
北潟村	676 [700]	— [650]	— [0]	89 [76]	25 [200]	845 [857]	4174 [4,200]	非住宅全半壊13戸道路欠損1.2km 橋梁3 負傷者200の他重傷者58
細呂木村	400 [414]	400 [370]	— [0]	23 [34]	150 [284]	819 [820]	4,127 不	山崩6ヶ所堤防欠損5ヶ所道路6km
坪江村	370 [389]	50 [314]	— [0]	21 不	5 [33]	732 [703]	(3,654) [3,585]	
劔岳村	12	—	—	—	—	204	1,451	
伊井村	450 不	20 不	— 不	30 [50]	300 不	498 不	2,568 不	
東十郷村	400 [2,178]	30 [10]	— 不	50 [122]	80 [522]	905 [2,188]	4,703 [4,823]	田島、竹田川合流部で沈下 井戸全部止る
金津町	850 [766]	20 [105]	250 [186]	180 [190]	1,150 [1,007]	1,249 不	5,225 不	非住宅457戸 行方不明3名

長 畝 村	350 [698]	20 [64]	—	20 [65]	10 [1,113]	75 [702]	3,363 [38,80]	橋梁7 破損 堤防洗下 井戸水は地震時泥水となり大半使用不能
九 岡 町	320 [1,150]	—	1,280 [1,107]	300 [300]	1,000 [2,260]	1,692 [1,150]	6,661 [6,788]	河底盛り
高 原 村	1,080	—	—	—	—	1,339	6,553	
鳴 鹿 村	38	4	—	8	8	447	2,206	
磯 部 村	900	—	—	—	—	881	4,354	
		[5]	[3]	[85]	[200]	[940]	[4,400]	
春 江 町	2,104 [2,504]	—	400 [3]	500 [858]	800 [825]	2,463 [2,504]	11,099 [5,000]	道路全面沈下土木施設に就いては 未調査
大 石 村	567	—	2	47	370	[570]	2,931	
兵 庫 村	320 [327]	10 [1]	—	39 [43]	60 [75]	320 [319]	1,742 [1,760]	全数家屋数が正確数より多いのは工場建 築が含まれる事及び邸敷が含まれる事
大 岡 村	356	—	—	10	2	421	2,203	
本 庄 村	500 [335]	100 [130]	2 [0]	40 [31]	20 [123]	778 不	4,069 不	非住宅888戸全半壊
本 部 村	636	112	—	37	90	748	3,496	
濱 西 郷 村	350	70	1	9	1	527	2,832	
鵜 村	185	356	—	19	9	772	3,874	
大 安 寺 村	152	55	3	9	7	462	2,313	
本 郷 村	—	—	—	1	—	419	2,137	
坂 村	15	30	—	—	—	530	2,772	
鵜 集 村	1	—	—	—	—	881	4,150	
計5町25村	12,212	1,938	2,039	1,528	4,309	25,835	120,566	
今立郡中河村	40	7	—	—	—	773	3,848	
北 中 山 村	100	400	—	2	4	820	3,941	
深 田 部 町	10	—	—	3	50	864	3,714	

河和田村	2	—	—	—	—	1,088	5,321	内最も強烈な被害を受けたもの人口
計 1 町 3 村	152	407	—	5	54	5,515	16,824	—214,516人, 全壊—32,874戸, 半壊
丹生郡朝日町	12	—	—	—	—	1,043	6,003	4,980戸, 焼失8,780戸
吉川村	2	—	—	—	—	596	3,237	注 全壊家屋中には焼失家屋数も含めず
四ヶ浦町	—	—	—	—	1	1,361	6,652	備考欄は現地調査に依るものを記入
三方村	10	37	—	—	50	405	2,189	す且つ〔 〕内も現地に於ける調
計 2 町 2 村	24	37	—	—	31	5,465	18,075	査に依る
合 計 1市10町46村	33,874	4,900	8,730	5,507	19,628	65,340	298,554	

石川縣下被害状況調査 (石川縣災害救助隊本部 7月5日現在)

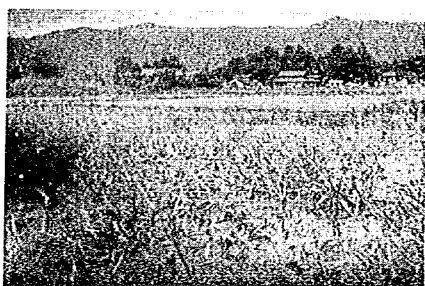
市町村名	全壊	半壊	焼失	非住宅 全壊	非住宅 半壊	死亡者	負傷者	罹 災		備 考
								住 宅	人 口	
江沼郡	339	53	0	—	—	15	127	392	2,352	道路3 橋梁2 堤防1
鹽屋村	[618]	[65]	[0]	[112]	—	[15]	[127]	総戸数 [741]	総人口 [1,680]	港灣2 井戸50%不能
分枝村	—	—	—	—	100	—	1	—	175	用水路1km
三木村	87 [87]	70 [170]	不 [0]	199 [307]	108	不 [1]	26 [35]	178 [431]	1,350 (2,210)	道路4 橋梁 2 (9)堤防6 貯水池4
河南村	—	—	—	—	—	—	—	—	—	道路4 用水路12km 貯水池4
南郷村	9	320	—	56	499	4	18	329	144	道路5 橋梁2 堤防2
西谷村	—	12	—	—	—	1	5	12	73	道路13 用水路1.6km
勅使村	—	—	—	—	—	—	—	—	—	道路4 用水路1.1km 貯水池4
月津村	—	5	—	3	9	—	—	5	25	道路3 用水路1.km 貯水池1
矢野村	—	9	—	3	39	—	—	9	45	用水路1.2km 貯水池3
東谷村	—	—	—	—	—	1	—	—	—	道路3 橋梁3 用水路0.8km 貯水池2



写真—1 長屋橋附近の地割れ・水田内の陥没



写真—2 福井県



写真—3 福井県

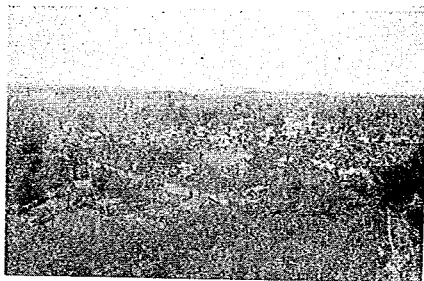


写真-4 丸岡城より丸岡町を眺む

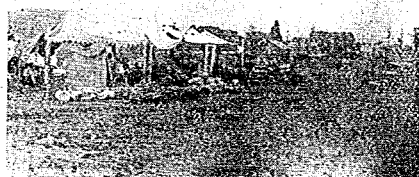


写真-5 丸岡町内廣場

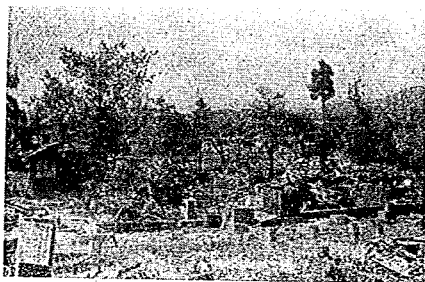
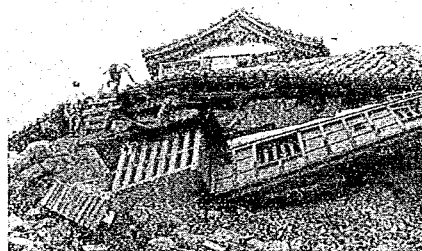


写真-6 丸岡町火災地区



寫眞-7 丸岡町内



寫眞-8 丸岡城



寫眞-9 丸岡城

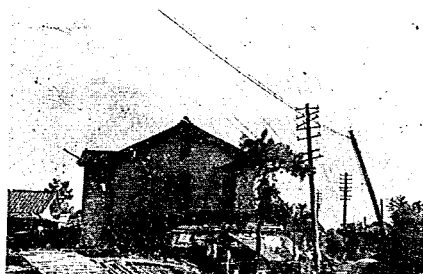


写真-10 森田町内唯一の非倒壊家屋(森川病院)



写真-11 森田町内(道路の狭少)

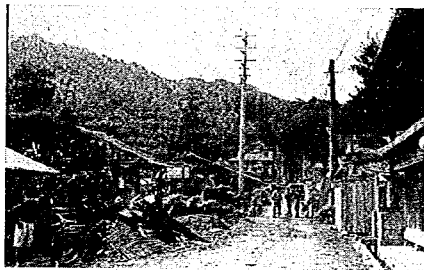


写真-12 松岡町内

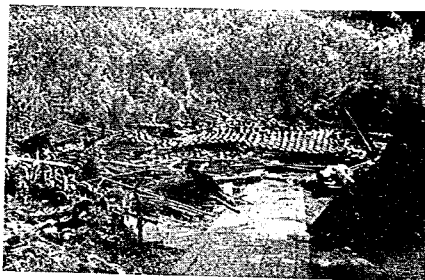


写真-13 松岡町内寺院(背後は竹林)



写真-14 五領ヶ島村墓地

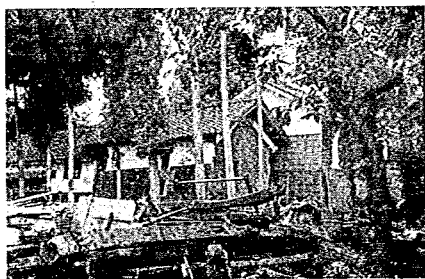
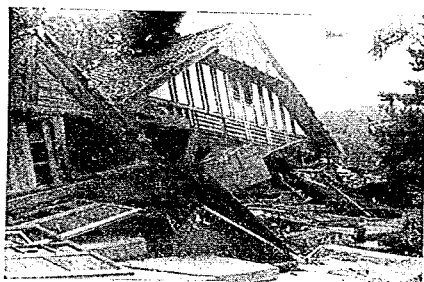
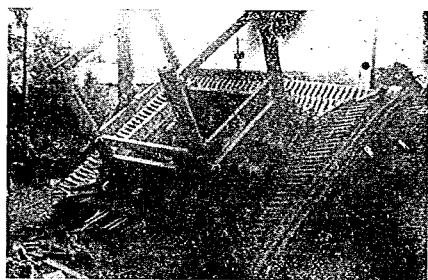


写真-15 五領ヶ島村内



寫眞一16 堀江村中川部落



寫眞一17 堀江村中川部落



寫眞一18 大堰寺川河口鹽屋村內被害狀況



寫眞—19 大聖寺川河口鹽屋村被害狀況



寫眞—20 大聖寺町内江沼病院支關



寫眞—21 大聖寺町内鐘堂

第4章 震央附近の状況

§8 震央附近の状況

今次地震においては前述の通り震央が陸上であつたため震央附近の状況を詳細調査する機会を得た譯である。すなわち本隊は7月13日丸岡町より徒歩にて勝山三國線に沿ひ東十郷村長屋に至り十郷用水路に架設せられ今回破壊せる長屋橋（詳細については§12を参照せられ度い）の状況を調査せる後、隊に分れ1隊は鐵道の築堤に沿ひ南下し爲國より江留上三國線に出で1隊は十郷用水路に沿ひて南下し磯部村下安田に到り他の1隊は鐵道の築堤に沿ひて南下し途中春江町沖布目（オキヌノメ）より高棕村赤金、磯部村四屋、中筋、

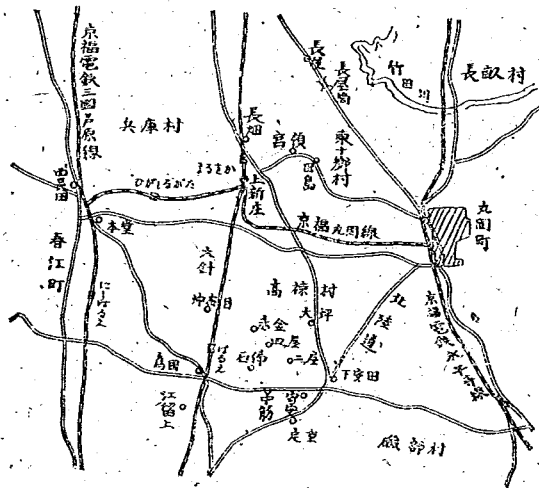


圖-23 震央附近圖

春江町石佛等の部落を経て12號國道に出たのであるが、この経路において、(圖一23) 前記長尾橋を除き特に研究の對象となる土木施設はなかつた。この状況については既に述べられた所と重複する點もあると思われるが一括して列記すると凡そ次のようになる。

(1) このコースにおいて通過した村落の家屋(殆んど農家である)は略々100%倒潰していた。

(2) 田面その他至る所に大規模の地割を生じて多量の土砂を吹き上げていた。地元人の談話によると土砂は地割、井戸等から相當の壓力をもつて吹き上げ地震後2,3日續いたとの事である。

(3) この附近の地下水に異變が認められた。

通過した部落の井戸について調査してみるとこの附近は從來より自噴多く相當の壓力をもつて自噴していたものが地震と同時にとまつてしまつたものが多く認められた。中には2,3日後若干の補修により再び自噴をはじめたものも認められたが地元人の談によれば流量は減少している由であり、大部分のものは完全に出なくなつていた。これは土砂がふきあげて井戸を閉塞したための影響も勿論考慮しなければならないが種々の事情から考慮して地下水そのものにも異變のあつた事は確かであると考慮せられる。

(4) 地形變動が認められた。

地形變動については既に第一章 §2 に於てのべた所であるがこのコースに於ては沈下が特に目立つていた。すなわち沈下により土地の勾配に變化を生じ用水路(この附近は前記十郷用水路の系統である)の流量が増加し從來の如く水門で調節ができず赤金部落等では田に侵水してう事を苦慮していた。

(5) 地震による土地の運動に方向性を見出すことが困難であつた。

倒潰家屋を調査してみるとこのコースの部落では殆んど凡て方向性を見出すことが困難であり又墓石の轉倒状況をしらべて見ると矢張り振動の方向を

見出すことは極めて困難であり拾もオモチャ箱をくつがえした時のように墓石の各片が混雑に四散しているのが認められた。

震央附近の状況として記述する要ありと思われるのは以上の通りであるが、この中で耐震構造上特に考慮を要すると思われるのは土地の運動である。この事については後に § 26 に於て取扱うことにする。

第5章 調査區域に於ける土木施設物並にその他 構造物の被害状況

以下數節に涉つて土木施設物並にその他構造物の被害について述べようと思うが、記述の配列につき一應説明を試みることと致し度い。我々は調査に當り道路、河川、及港灣、土木構造物、材料、地質、及一般被害の6種に調査事項を分類して専門別に調査をしたので被害の記述様式も道路では調査路線河川及港灣に於ても調査河川別に行つた。橋梁は凡て道路の附屬施設という意味でその所屬路線の記事中に挿入する事にしたが橋梁のみ調査しその所屬路線の調査を行わなかつたものに對しては特に節を設けて説明を試みることとした。例えば §16 の五松橋及布施田橋はこの例である。又調査報告の價值ありと認められる事項で以上の何れにも屬さないものは別に地域的にこれをまとめて記述することとした、§19~§23はこの例である。尙橋梁中大聖寺川筋のものは町村道橋も含み路線別に分類することができなかつたので川筋でこれをまとめて記述を試みた。

最後に我々の調査しなかつたもので、他の團體により調査せられ、本報告書にのせる必要を認めたものは資料の出所を明記して參考資料として巻末にのせる事とした。

§9 國道12號線

(1) 道路：本路線は名古屋市より岐阜市大垣市滋賀縣木ノ本町を経て福井縣に入り、敦賀市武生市福井市を通り石川縣金澤市に達する重要路線である。我々が今回の調査を実施せる區間は金澤市より福井市南方約9kmの福井縣足羽郡神明町に至る100kmである。この區間に於て路線は加賀平野の沖積層

地帯を通り大聖寺町に達し、之より洪積層第3紀層よりなる丘陵地帯に入り縣境牛ノ谷峠を越えて福井縣に入る。更に南下し福井縣坂井郡坪江村中川に至り之より路線は丘陵の西側を走り越前平野の沖積層地帯に下り、丸岡町森田町を経て九頭龍川を横斷、福井市に入り更に武生市方面に南下するものである。

今回の地震は極淺發のものであつた爲被害區域は小範圍であり、本路線に於ても石川縣の被害は福井縣のそれに比し著しく少い。而して福井縣に於ても此の被害は平地部に於て著しい。

我々の調査は發震後既に10日以上を經過してゐた爲狀況は變化した所も少くないと考えられ、又時日の餘裕なき爲詳細に調べ得なかつたが、目撃した被害狀況の概要を報告する事とする。

本路線に就ての主な被害の種類は地盤の沈下、路床路盤の沈下、龜裂、切土及び盛土箇所法の土砂及び石積等の崩壊、鋪裝版の龜裂移動、橋梁の破壊等である。

本路線に沿つて地震直後、東大理學部地球物理學教室永田研究室に於てカール・ツァイスー等水準儀を使用して地盤の變動を測定せる結果は第1章§2に述べた如くであるが、之に依ると地盤は一般に丘陵地帯に於ては1927年に比して上昇し平地部は沈下している事を示している。高棕村牛ヶ島の隆起約46 cmと森田町下森田の沈下約39 cmとを比すれば、此の2地点の相對變位は約85 cmに達して居り、之に依る影響は本路線に甚大なる損害を生ぜしめている。

平時比較的少なかつた交通量も震災後の救援物資應急復舊資材搬入の爲激増しているが未改修にて幅員狭き爲車輛の擦撞いすら不可能な箇所も多い。九頭龍川に架設せる平地部の殆んど橋梁は轉落或いは破損し、又倒壊家屋に依り部落内に於ては道路は閉塞され交通は一時寸斷せられた、之等道路上

の倒壊家屋の強制除去を実施し得ざりし爲、森田町以北は7月1日に至りやうやく開通したが、道路幅員は特に市街地に於て充分なる廣さを要する事は論を俟たない。

我々は本路線沿ひに金澤市より松任町を経て南下したが小松市に至る間は道路自體にも又沿道の家屋にも被害らしきものは認めなかつたが、小松市梯の盛土箇所被害あり、島田の神社境内の燈籠及び本折町の神社の燈籠が轉落して居り、又沿道の人家の白壁に龜裂を生じていた。動橋村に至り家屋の傾斜倒壊が目立ち被害は此の地區より南方次第に震央に近づくにつれて増加している。之より先の被害に就ては圖一24に依つて記載する。

片山津町地内に於ては作見の道圍空石積及び①②に示す土留空石積法長夫々約5m、4m延長夫々約20m、15mの崩壊箇所あり。③は敷地橋にして後述④の管生橋は左岸上流側の袖部の土留コンクリート壁が崩壊した。大聖寺町内は家屋の損害は相當あるが、町内の舗装は殆んど被害なし。然し幅員5m内外の狭き所多く、殊に調査當時は傾斜家屋の倒壊防止に道路兩側から立てた丸太の爲交通に著しい障礙を與えていた。⑤は築堤の土留石垣が延長約10mに亘り破壊、⑥は側溝閉塞に依り水流が路面に溢れ軟化せる箇所である。

牛ノ谷峠を越えて福井縣に入ると、路面は凸凹多く車輛の動搖は激しい。⑦の長畝橋に至る迄は路線は丘陵部及びその西端を走り被害少く、⑧と同様の箇所が⑨—⑪、⑬にあつた。⑫は橋長約2mの木造溝橋で沈下の爲橋面が洗はれていた。此の他地震の直接被害とは云えぬが、牛ノ谷、爪生附近の同様の橋溝は腐朽しており之が震後急増せる交通車輛に依り破壊され支障を與えてゐる。⑭は後述する。

⑮⑯⑰は圖一8からもわかる如く地盤の相對的沈下を生ぜる箇所にして、路面も周圍の田面に對して沈下したものと考えられ、田面からの高さは最高30cm程度、中には田面より低き箇所あり、この爲に地下水の影響を蒙り、路

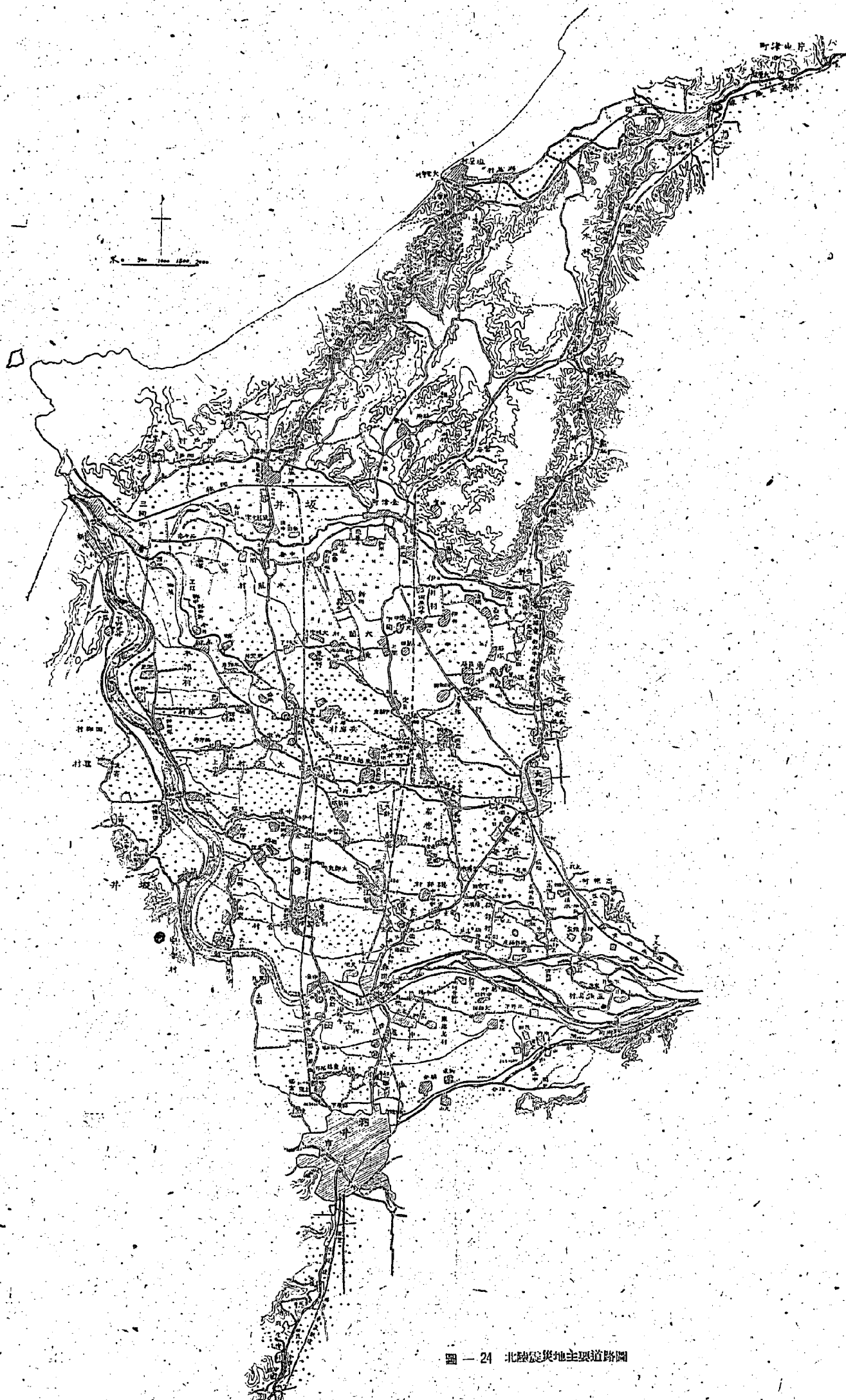


圖 — 24 北陸震災地主要道路圖

盤は泥濘化している。砂利敷の表層は此の上に宛も懸吊された態にして、車輛通過に際しては辛うじて之を支え薄氷を渡る如く路面は波を打つのが認められ、車輪荷重を支え切れず遂に剪断に依り破壊せられた箇所もある。かかる所では自動車の車輪はフェンダー迄陥入立往生して交通には非常な障碍となり、玉石、杉丸太等を應急に陥没箇所に入投せるも殆んど効果は認められなかつた。連日の晴天時にすら斯かる状態であり、降雨時には想像にあまりある状況であつた。写真-22写真-23は此の状況を示すものである。

丸岡町内の本路線は幅員6m厚さ15cmのコンクリート舗装なるも、市街地中央部の沿道の家屋は全壊せるに拘らず舗装には全く被害を認めず目地の開口すら生ぜず、同箇所は震央附近にあり相當の合震度(0.6以上と考えられる)であつたと推定されるに拘らず此の様に被害の無かつた事は舗装版が両側の側溝により移動を制限せられた事からのみでは解釋出來ず路盤の構築法が良好であつた事、又今次の如き地盤に依る複雑な振動に依るものと思われる同町南方の西瓜屋北方地区の舗装版は圖-25の如く横断龜裂が発生している。

写真-24は丸岡町中央部コンクリート舗装の前記被害の無い箇所である。

㉓は道路兩側に縦龜裂發生延長20mに亘り路肩部分が崩れ出している。㉔は本路線中沈下最大の箇所にある溝橋にして、東方山地に發する田園の灌漑用水路に架設せられたものであるが、地盤沈下の爲その流量を流し得ず橋面及び附近の路面は溢流水で洗われている。

㉕は九頭龍川架設の舟橋にして地震により轉落し路線には此處で遮断せられ、發生直後は渡船で連絡され、その後7月19日に同橋の直下流側に木造單桁の假橋が完

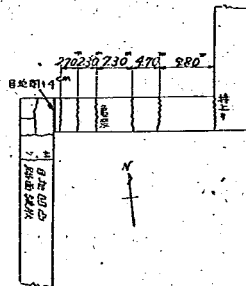


圖-25 丸岡町コンクリート舗装破壊状況圖

成した。被害状況に就ては後述する。

㊦は鐵道北陸線との交點に架設せられた跨線橋高木橋であり被害状況は後述する。

高木橋南方より福井市に至る間は幅員 6m 厚さ 15cm のコンクリート舗装であるが版は移動を制限されていなかった為、地震動による移動著しく目地は縦横共に最大約 30cm 開き、路盤の不等沈下に依り最大約 20cm の喰違いを生じた。又㊦に示す幾久附近に於ては、30cm に達する版の上下の重なりを生じた。寫眞—25、寫眞—26 は之等被害状況を示す。

福井市内の舗装は側溝により移動が制約されたためか移動は認めなかったが、版に多數の龜の子狀の龜裂の發生せるもの多く、之は路盤の地震に依る不等沈下に起因するものと考えられる。

福井市より南方神明町に至る間は被害を認めなかったが、福井市南方地區の花堂附近は幅員 4m 内外の箇所あり自動車擦違ひ不能な爲交通整理をなし南下北上の兩車輛群を交互に通していたが甚だしく輸送能率を低下している。

麻生津村荒井附近には相當數の倒壊家屋を認めたが同村淺水附近からは傾斜倒壊家屋は急減し神明町に至れば家屋の被害も殆んど見られなかった。

(2) 橋梁：國道 12 號線中我々の調査を行つた主な橋梁の被害について述べれば次の如くである。

(a) 敷地橋：本橋梁は石川縣江沼郡大聖寺町地内に於て大聖寺に架設せられた橋梁であつて、その概要は次の如くである。

型 式 木造單桁土橋

架設年次 昭和 17 年 5 月

橋 長 $l=1@7.5+5@7.3+1@7.4=51.4\text{m}$

有効幅員 4.00m

主 桁 斷面 25cm $\times$ 36cm, 中心間隔 76cm (6 本使い)

橋 脚 末口24cm (5本使い) 6橋脚

橋軸方向 N-3°-E

本橋梁架設地點に於ては大聖寺川は高水敷無く深き谷をなしており、従つて圖-26の構造圖に示す如く橋脚杭は長さ約10mの高い橋脚である。右岸橋

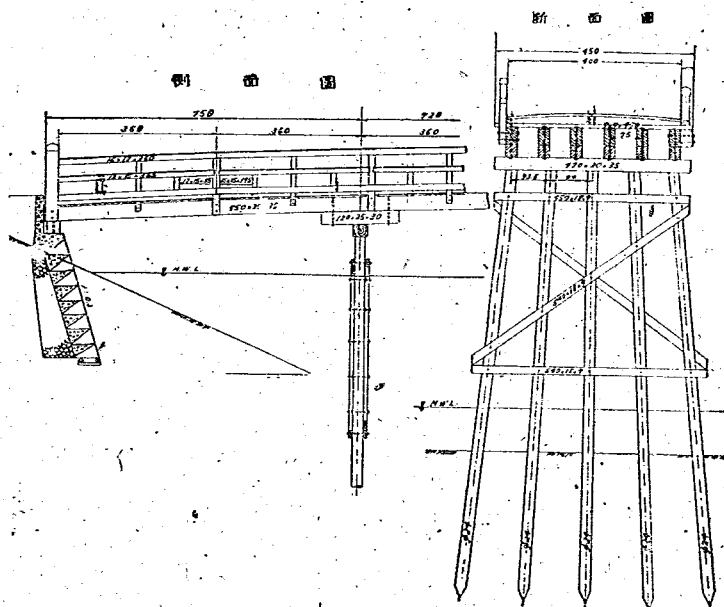


圖-26 敷地橋構造圖

臺は地震動に依り約20cm沈下を生じて居り、又土橋である爲上部が重く而も橋脚が高い爲地震動に依り橋軸に直角方向にも相當に振動した爲に各連結部に相當の弛みを生じたものと思われる。調査當時は交通荷重の制限を行い除行を實施していたに拘らず振動が大きく横搖れは眼で見得る程度に甚だしか

つた。

架設後6年餘りであり、まだ使用に耐える部材が多いが、橋脚の接水部の腐蝕の著しく進んだものがあり、補強して特に横揺れの防止に留意することが望ましい。

(b) 長畝橋：本橋梁は福井縣坂井郡長畝村地内に於て九頭龍川の支川竹田川に架設せられた橋梁であつて、その概要は次の如くである。

型 式 木造單桁土橋

架設年次 昭和23年3月

橋 長 $L=1@9.0+5@9.2+1@9.7+1@8.0=72.7\text{m}$

有効幅員 5.00m

主桁断面 高さ(40cm)×幅(末口45cm)

主桁間隔 65cm(8本使い)

橋 脚 舊コンクリート橋脚上に中径30cm長さ2.30mの杉丸太の橋脚を
組み厚さ約30~90cmのコンクリートを打ち埋め込む

橋脚杭中に間隔 1.15m(5本使い)7橋脚

橋 臺 コンクリート重力式

橋軸方向 N-18°-E

本橋梁は今春竣工を見たばかりの新設橋梁であるが、圖-27に示す如く桁高下を増大する爲、舊コンクリート橋脚上に杉丸太の橋脚を繼ぎ足し、根固めのために、新に30~90cm厚さのコンクリートを打ちその下部を埋め込んだものの如くであるが、此の木造橋脚は低きため丸太相互の連結は厚さ9cm幅21cmの水平貫2枚をボルト締めとし、筋違い貫鉄除の爲構造の弱點を形成し又新舊コンクリートの打継目が弱點となつて、今回の烈震に遭遇し損害を蒙つたものと考えられる。

橋面の土砂厚18cmにして、徑間長9m以上あり主桁その他の部材断面は大

破壊されると繼續せる震動に依り他の徑間は之に次々に引き摺られて破壊したものと考えられる。而つて寫眞からも分る如く上部構造は破壊せる舊コンクリート橋脚上に倒壊せる丸太橋脚の上に倒落危く河床への轉落を危れている。下流側への之の最大水平移動距離は約90cmであつた。我々の調査當時は應急の爲まだ此の上を車輛は通行していたが、間もなく之を禁止し車輛は水流なきため河床を通行せしめた。

(0) 船 橋

(1) 概 要

河 川 名	九頭龍川
所 在 地	福井縣吉田郡森田町地先
型 式	木造土橋
橋軸方向	N-10°-W
徑 間 數	30
橋 長	約30@9.8m=279m
有効幅員	4.8m
主桁寸法	23cm×36cm (5本使い)
橋 脚	木造(脚柱5本建)
橋 臺	石積

(2) 被害狀況

本橋は我々が架設地點に到着したときは(7月14日)既に破壊の跡整理を完了し應急潜水橋の架設中であり破壊の殘痕殆んどなく、又設計圖も見ることができなかつたので橋梁の構造並びに破壊狀況の詳細を知る事はできなかつたけれども橋脚橋桁共相當に古く一部は腐朽が進行しつつあつたものと推定せられ桁部はその腐朽箇所に対し丸太を用いて補強した跡があつた。

(1)に掲げた數字は凡て左岸に轉落せる徑間の殘骸3徑間分右岸に2徑間分

が除去せられず残っていたもの、及び橋脚の残痕より現地に於て我々が測定して求めたものであるから實際のものとは幾分異なっている点があると思われる。

大體の破壊状況を察するに先ず地震力により橋脚腐朽部が彎折轉倒しその部分の徑間が轉落これが他の徑間に影響を及ぼし逐次破壊が進行し遂に全面的に發展したものと推定せられる。

「附記」この橋梁は被害地の復舊上最重要なるものであるから至急新設される事が望ましくしかも相當の重量物の交通が予想されるから餘り應急的なものでは都合が悪いと思われる。中角橋との中間に一ヶ所相當本格的な木橋を至急架設すれば費用の點から云つても好都合と考えられる。

(d) 高木橋：本橋梁は國道2號線福井縣吉田郡中藤島村地内に於て鐵道北陸線との交叉點に架設せられた跨線橋であり、その概要は次の如くである。

型 式 鈑桁橋 1 徑間左約 5°斜橋

架設年次 昭和9年3月

橋 長 $l=1@15.7\text{m}$

有効幅員 9.00m

主桁断面 圖-29の如し4連

橋軸方向 N-11°-E

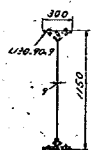
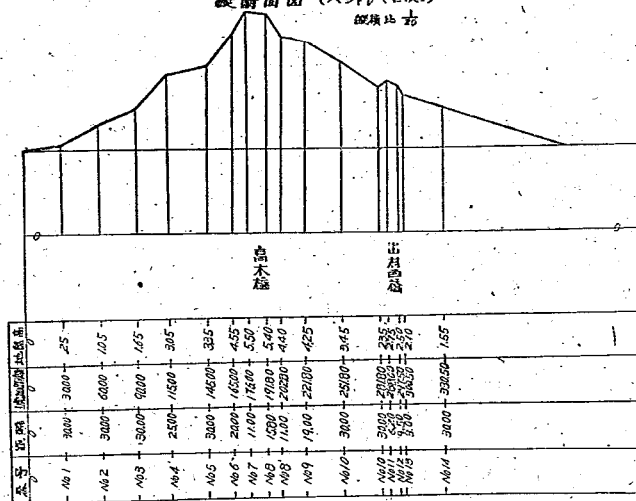


圖-29 高木橋主桁断面

上部構造の被害は輕微であり、只支承部が固定端可動端ともアンカーボルトが捻じ曲げられ埋込コンクリートを破壊し、或はナツトが跳んで上部構造全體が一體となつて南へ約25cm東へ約10cm移動を生じ、此の際南側橋臺の胸壁に激突したと思われるが胸壁には龜裂を認めなかつた。此の上部構造移動の結果高欄は上部構造と橋臺の接續部に於て破壊切斷している。

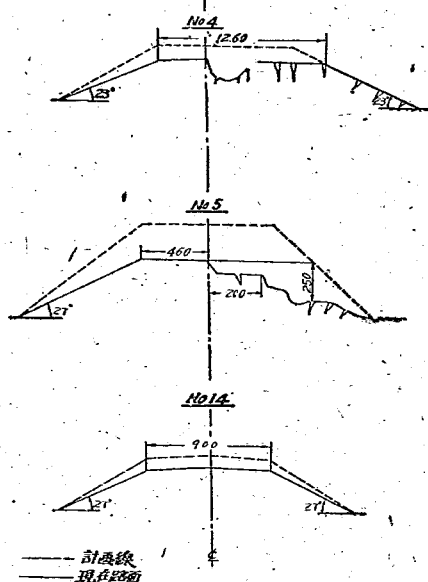
橋臺は扶壁式鐵筋コンクリート造と考えられるが、上述の上部構造支承部コンクリートが破壊し龜裂を生じている。左右方向の不等沈下は認めな



つたが、南側橋臺は橋軸方向に僅か前傾したのではないと思われる程度である。之から考える時地震時には水平動と共に相當大なる上下動を伴つたものと考えられる。

本橋梁に於ける最大の被害は取附道路の盛土箇所である。之は圖-80 (a) 及び圖-80(b) に示す如く盛高は最大路掛部に於て約6mにして、沈下及び法面の崩壊を生じ無數の大龜裂が発生し開口している。橋梁に對する相對沈下は北側に於て約1m南側に於1.5mであり、我々の調査當時は幅員の約 $\frac{1}{2}$ を應急に埋戻して車輛交通が行われていた。寫眞-31は此の状態を示すのである。

袖石積は圖—31に示す如く西北及び東南側が崩壊し、他の對角線側の袖石積には龜裂が発生している。



圖—30(b) 横断面圖

高木橋北方約100mの
出村西橋(T型鉄筋コン
クリート單桁橋)も橋臺
裏込部分が沈下し胸壁に
龜裂を生じているが、高
木橋取附部が同橋北側が
南側に比して沈下崩壊の
程度が小であつたのは此
の出村西橋及び之に接す
る清橋等の影響に依り移
動が制限された事にも一
因はあると思われる。

圖—31には高木橋の被
害状況の概要を示す。

又同橋取付道路に於て
法面崩壊、大龜裂を發生
せる南側盛土の西側龜裂

箇所及び同橋北西隅崩壊部より採集せる土砂を分析せる結果は表—14の如く
であり、砂質ロームにして粘着力乏しかりし爲被害は大きかつたものと考え
る。

表—14

箇 所	項 目	値比 重 %	粘土 %	沈泥 #	200#	100#	60#	40#	20#	10#	有効徑 mm	均 等 係 數	粗度 率
					止り	止り	止り	止り	止り	止り			
高木橋南西道路取附部	土砂	2.59	9.4	39.0	22.8	27.6	0.4	0.4	0.2	0.2	0.0052	19.23	1.74
" 北西 "	" "	2.63	3.2	30.2	41.6	24.6	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0093	11.83	1.89

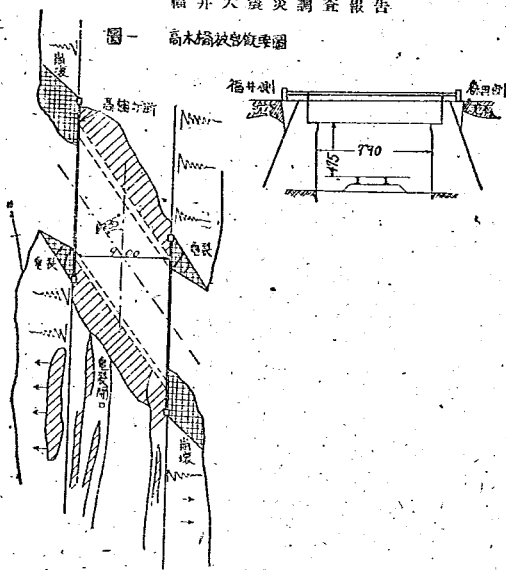


圖-31 高木橋被害概要圖

§ 10 指定府縣道福井、加賀、吉崎線

(1) 道路：本路線は福井縣坂井郡吉崎村より北潟湖西側丘陵の麓を縫い北潟村を経て蘆原町に出で、之より南下して沖積層の平地帯に出で本莊、大關、兵庫、大石、春江、河合の各町村を経て、中角橋に依り九頭龍川を横斷中藝島村を通り福井市に達する延長約80kmに亘る路線にして、福井縣と石川縣を連絡する重要な路線の一つである。

吉崎村より蘆原町に至る約10kmの區間、路線は丘砂地帯及び粗粒砂質土の丘陵地帯の東麓と北潟湖西岸とに挟まれた細長い帯狀の地帯を通じ、北潟村小牧より蘆原町二面の間に於て丘陵を横斷南下し之より西轉丘陵南側の片

切取の新設道路を経て蘆原町に達しているが、地震に依る被害は主として路面の沈下、丘陵土砂崩落に依る道路埋没、法面崩壊、龜裂等である。圖-24に示せる①-④は此の區間の主な被害箇所を示せるものである。

①は開田橋（橋長11m幅員6m）にして此の前後の取付道路は約50mに亘り1m内外沈下し、橋自體も橋臺橋脚共に不等沈下を生じ、此處に設備せる潮止堰の沈下に依り海水は北潟湖に侵入、同湖沿岸の水田は脅威されるに至つてゐる。

②は非常に不安定な丘砂より成る西北方の見當山の一部分が約一ヘクタールに亘つて崩落、約5萬立方メートル或はそれ以上と推定される崩壊土砂が滑り出し、その一部は延長約50mに亘り道路を埋没した箇所である。此の崩壊土砂の粒度分析結果は表-15に示す如く粘土分の殆どない粗粒砂質にして極めて不安定なものであつた。

表-15

傾比電	有効部 mm	均等 係數	粒度率	粘土%	沈 泥	200# 止	100# 止	60#止	40#止	20#止	10#止
2.50	0.154	2.79	3.91	1.6	0.8	3.2	37.0	17.2	41.2	0	0

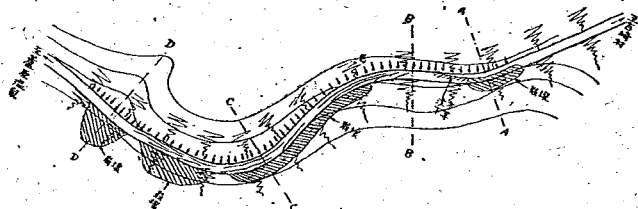
③は丘陵から低地に降る盛土箇所約80mの區間にして法高約2mの石積崩壊幅員約4.5mの路面中央部に開口幅約60cm上下の喰違ひ約85cmに達する大龜裂及び沈下を生じた。

④は延長約300mに亘り西北側の丘陵土砂崩落に依り道路が閉塞された箇所である。その中約160mの區間は断面60cm×60cmのコンクリートブロックを2段に積み重ねた土留擁壁が倒壊した。

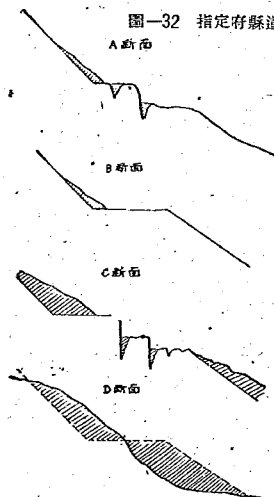
⑤も④と同様丘陵土砂の崩壊箇所にして、上底下底夫々40、60cm高さ1.5mのコンクリート擁壁の箇所15m、及び④と同様のコンクリートブロックの擁壁が約120mに亘り倒壊し道路を閉塞した。

⑥は道路の東側（北潟湖側）が延長約60m幅員の約3/5に亘り4條の龜裂發生約20cm沈下を生ぜる區間である。

⑦⑧は西側丘陵土砂の崩落に依り延長夫々約40m、90mに亘り道路閉塞、⑦は幅員約1mを残すに過ぎず地盤も沈下を生じている。



圖—32 指定府縣道福井加賀吉崎線蘆原町内新道附近



圖—33

指定府縣道福井加賀吉崎線中蘆原町内新道波雷箇所断面圖

⑨は延長約500m新道改築工事實施中の箇所にして、新舊道共に長き龜裂發生した。

之より南進蘆原町、二面に至る間、路線は丘陵地帯を通り地盤良好なりし爲か被害は極めて少く、蘆原町牛山西方に於て延長30mに亘り幅員の1/3が西側に於て若干沈下せるも被害は輕微である。

⑩は昭和22年秋竣工の箇所にして、丘陵南側片切取、法高最大約6mなるも路體は粗粒砂質の粘性に乏しい土砂であり法面崩壊龜裂を生じて開口數段に階段狀の沈下を起した。又その曲線突部は盛土の完全なる崩壊轉落と共に山側切取法面の

土砂の崩落に依り道路の原形を止めざる大破壊を生じた。この状況の概略は圖—32及び圖—33に示す如くである。

又此の箇所の堤體土砂を粒度分析せる結果は表—16に示す如く粘土分の少い砂質土にして粘着力乏しく此の大破壊を生じたのである。

表—16

値比重	有効徑 mm	均等 係數	粒度率	粘土%	沈泥%	200# 止	100# 止	80#止	40#止	20#止	10#止
2.63	0.0041	112.2	3.39	11.8	9.6	8.6	19.1	6.4	38.5	5.4	0.6

蘆原町より福井市に至る約20kmの區間は沖積層の田園地帯にあり、震災と目される地域にあるが、被害は輕微であつた。路面は全般に亘り沈下してゐる如く思われるが、之が一樣であり、只橋梁の取付部に於て橋臺基礎が比較的堅固な爲喰違ひを生ぜる箇所多く交通に支障を來している。道路に於ては一樣なる沈下は大した支障は無いが不等沈下が問題となるので、路盤の築造に際しては此の一樣性に對して特に留意する事が肝要であり、此の點から橋梁取付部、舊河川の横斷箇所、地下構造物の埋没箇所或は地盤の軟弱なる箇所等の土壤の安定には特に考慮を要する。

㉑はコンクリート鋪装にして延長約12kmに亘り鋪裝版が移動し重なりを生じていた。

㉒は兵庫川に架設せられた新橋（橋長25.6m3徑間鐵筋コンクリートT型橋幅員5.5m）にして、その北方取付道路は延長約40mに亘り沈下し袖部も沈下している。橋臺胸壁には龜裂を生じ橋體は右岸側が川下に向ひ約8cm移動しているが、之は橋軸方向と同時に之に直角方向にも震動を受けた爲であろう。同橋北方の溝橋も橋臺不等沈下を起し、その取付道路は最大約65cmの相對沈下を生じている。

㉓は延長約150m中100mは路肩部に、50mは道路中央部に輕微な龜裂を發

生せる箇所である。㊤も延長約40mに亘り路肩部に同様の龜裂を生じている

㊦は九頭龍川横断の中角橋にして本橋の顛落に依り交通に重大な支障を來した。詳細は後述する。

㊧は延長約30mに亘り沈下龜裂を生じ、地盤の側方流動を發生した箇所である。

(2) 中角橋

(a) 概要

河川名	九頭龍川
所在地	福井縣吉田郡河合村中角 中藤島村船橋新立會
橋格	三等橋
型式	鋼鈑桁橋
橋軸方向	N-25°-W
徑間數	14
橋長	257.04m (徑間長17.93m)
有効幅員	5.5m

主桁寸法



Cov. pl	300×10	} 4 本使用
Fr. Ls	130×130×12	
Web. pl	12000×12	

横構	上下にあり、L75×75×9を用う
對傾構	桁端及中間にあり、L75×75×9を用う
支承	鋼鈑を2枚重ね合せたSliding式のもの
床版	鐵筋コンクリート厚17cm

主橋体用鋼材量 359.828屯 (0.25 tt/m²)

主橋體用コンクリート量 302.4立米 (0.21m³/m²)

主橋體用鐵筋量 23.954吨 (0.017t/m²)

橋 脚

楕円形井筒又は杭打基礎，鐵筋コンクリート柱2本建井筒長徑7.8m
短徑3.0m長7.0m～9.0m體積頂長6m幅1.2m高3.0m

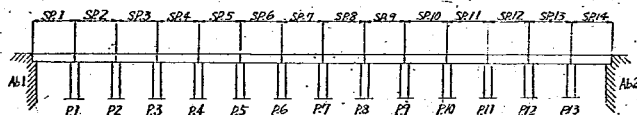
橋 臺

杭打基礎重力式コンクリート構造，基礎長7.0m幅5.0m頂長7.0m，幅
1.0m高6.0m

本橋は昭和6年～昭和7年に施工せられたものであり鋼桁は大坂高田鐵
骨橋梁株式會社の製作にかゝるものである，ここに掲げた數字は内務省
土木試験所編本邦道路橋集覽第三集より引用したものである。

(b) 被害状況

説明の便宜上次の如き符號をつける。

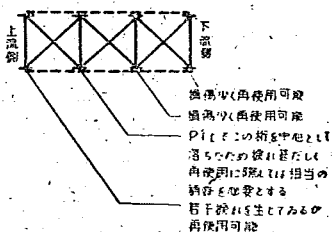


圖—34—

(i) 上部構造

SP.1一端はA.I.上につき上げ他端は
河中に轉落している鋼桁は殆んど
損傷なく再使用可能

SP.2一端はp.I.上に他端は河中に轉
落している。鋼桁4本の中下流側2
本の支承部がp.I.からはずれ出した
ため主桁に相當の振れを生じてい
る。その状況は次の通りである。



本桁間の横構及對傾構の約70%は再使用可能

SP.3; 兩端共P.2及P.3上につけているため、被害は殆んど受けて居ない、但し桁全體が左岸寄に滑り出している。勿論再使用可能

SP.4; 一端はP.3の脚柱の中に途引掛かり他端は河中に轉落している。鋼桁は若干の補修にて再使用可能

SP.5; 一端はP.4上につき上げ他端は河中に轉落している。鋼桁には殆んど被害なく横構對傾構も90%は再使用可能である。

SP.6; 兩端共橋脚上にとどまり殆んど損傷を受けていない。但し桁全體が移動している。そのまゝ再使用可能である。

SP.7; この桁の一端はP.6の脚柱部に中途にて引掛かり他端は河中に轉落している。主桁は殆んど損傷を受けておらずそのまゝ再使用可能。横構部は shock により一部分切斷した所もあるが、85%は再使用可能である。

SP.8; P.8の軀體が轉倒したため一端はP.7上に急角度でつき上げており他端は河中に轉落している。主桁には殆んど損傷なく再使用可能。横構部は若干損傷を受けているが90%は再使用可能である。

SP.9; 兩端共河中に轉落し一端は轉倒せるP.8上につけている。しかし殆んど損傷を受けて居らず主桁、横構部共若干の手直しで再使用可能である。

SP.10; P.10の軀體が河中に左岸側に轉倒せるため、この影響により本桁はP.9上に急角度でつきあげ殆んど直角に近い角度をなして一端は河中につきこんでいる。しかし損傷少なく主桁、横構部共再使用可能。若干の手直しを要する。

SP.11; 兩端共すなわちこの桁は全體河中に轉落し一端は轉倒せるP.10上につけている。この桁の一端は河水中にありこの部分の狀態を詳細

に調査することはできなかつたが大體に於て主桁、横構部共使用可能の見込である。

SP.12: 桁全體河中に轉落し、しかも一端は本流中につゝこんでいるので詳細の調査ができなかつたが、主桁の左岸寄端部附近に主桁と主桁の間にP.12の軀體が入りこんでいるため、主桁横構部其他のものに比して大なる損傷を受けている。

主桁は若干の補修により再使用可能であるが横構部の大部分は取替を要する。

SP.13: 兩端共橋脚上にとどまり轉落しなかつたため、主桁横構部共殆んど損傷を受けていない。但し橋桁は相當に移動している。勿論再使用可能である。

SP.14: 橋臺A2が傾斜せるため、橋臺側端は支承部がはずれて轉落したが橋臺前面の法面で受けたため主桁横構部共殆んど損傷を受けて居らず大部分再使用可能である。

以上各徑間別に被害の大要をのべたが上部構造中橋脚上に殘存したものは僅にSP.3, SP.6, SP.13, の3徑間にすぎず他のものは凡て一端又は桁全體が河中に轉落したのであるが下が砂層で軟らかであつたのと横構部が破壊せずにしたので主桁には殆んど大なる被害はなく大部分再使用可能なる状態にあつた事は不幸中の幸と云うべきである。しかも上部構造の被害は凡て下部構造の破壊に基づくもので直接地震力によるものは殆んど皆無であつた事は注意を要する事柄である。

(ii) 下部構造

(イ) 橋 脚

P.1: 土中の状態は不明であるが軀體は殆んど損傷を受けていない。勿論再使用可能と判定せられる。

- P.2: この橋脚の河寄の部分には石張土が施してある。沈下した形跡は認められない。井筒と脚柱との取付部附近に両方の shaft 共龜裂が入っているが補修可能な故再使用可能である。
- P.3: SP.4が轉落するとき左岸側におされたため軀體が大きく左岸寄に傾斜し井筒と shaft との取付部に大きく口があき鐵筋が露出しているこの開口状態を見ると鐵筋に餘り張力の作用している形跡のない事は注意に値する。井筒も左岸寄に傾斜している。この井筒の傾斜は Rockingによつたものかあるいは衝撃により土中で彎折したものか充分調査をして復舊対策を決定する必要がある。この事については巻末参考資料において更に詳細にのべるであろう。軀體にも施工目地その他に多數の龜裂が発生している。
- P.4: 井筒と軀體との取付部破壊し鐵筋が露出している。軀體は左岸寄に傾斜している。尚上流側の shaft と上梁との取付個所下部に大龜裂が発生している。
- P.5: 井筒と軀體との取付部に龜裂が入り、大きくこの部分が開口している。又 shaft と上梁の取付部附近に水平の龜裂を生じている。
- P.6: SP.7の轉落の際おされて脚柱が左岸寄に傾斜し、井筒と軀體との取付部には大龜裂が生じ鐵筋が露出している。尚この橋脚の井筒自体も左岸に傾斜している。
- P.7: 井筒と軀體との取付部に大龜裂が入り大きく開口して鐵筋が露出している。又 shaft と上梁との取付部附近に shaft の全周に及ぶ龜裂が発生している。
- P.8: 井筒の上詰コンクリートと共に井筒の軀體が左岸寄に轉倒している。これは井筒と軀體との碇着が不充分であつたために生じた事故である。このために井筒の右岸寄の壁が完全に破壊している。この事に

については参考資料の項で更に詳細に述べる事とする。

P.9: 井筒と shaft との取付部に大龜裂が入り、口が開いて鐵筋が露出している。又 shaft と上梁との取付部に shaft 全周に渉る龜裂が發生している。

P.10: P.9と全く同様の狀態にて破壊す。

P.11: P.8と全く同様の狀態にて破壊す。

P.12: 本流中にあるため詳細なる調査はできなかつたが、井筒が右岸寄りに傾斜し従つて shaft も右岸寄りに傾斜している。

P.13: 本流中にあるため詳細なる調査はできなかつたが井筒が右岸寄りに傾斜し従つて軀體 (shaft) も右岸寄りに傾斜している。又上梁と shaft との取付部附近施工目地に横龜裂を發生している。

(ロ) 橋 臺

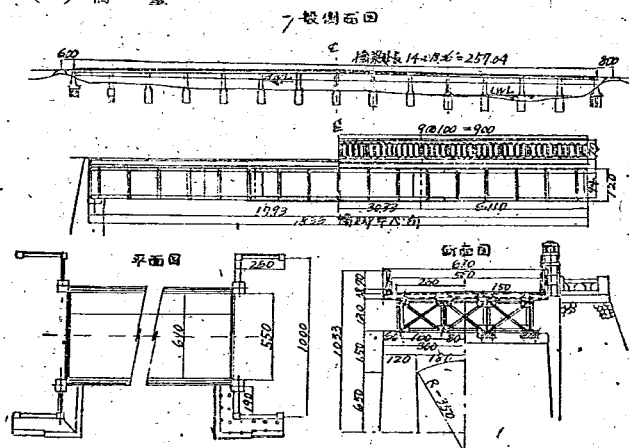


圖-35 一般側面圖

A.1; 胸壁 (parapet wall) 取付部に龜裂を生じている。

A.2; 橋臺前面の壁が完全に前方に倒壊している。

以上の下部構造の被害を總括して見ると次のようになる。

- (1) 井筒上詰コンクリートと共に橋脚軀體が轉倒し井筒の壁を破壊せるもの。
- (2) 井筒と軀體との取付部に大龜裂を生じ軀體が傾斜せるもの。このとき井筒の傾斜したものと然らざるものとあり。
- (3) 軀體の shaft と上梁との取付部附近施工目地が破損し、水平龜裂を發生しているもの。

備 考

本橋の被害に對し若干の検討を試みることにする。

(1) 井筒根入に関する検討

地震力による井筒根入の検討は水平震度を假定してこれに對し圖-36に示

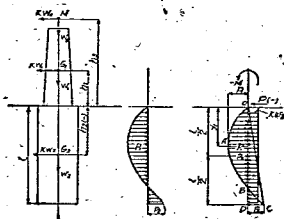


圖-36

すように土中に生ずる反力を拋物線と假定し p_1 とその點の抵抗土壓 q とを比較して條件 $p_1 \leq q$

より安定性を計算する方法がある (物部博士土木耐震學P.181~183) これによれば、

$$P_1 = \frac{P_1 + kw_2 l}{y_1 - \frac{1}{3}l} \cdot \frac{y_1^2}{l^2} \quad (1)$$

$$y_1 = \frac{\frac{3}{4} l - e}{2l - 3e} l \quad (2)$$

$$e = \frac{\frac{1}{2} kw_2 l^2 - M_1}{p + kw_2 l} \quad (3)$$

本式により $k=0.4$ として計算を試みる。但し計算に用いた数字は主として現地で測定したもの及本邦道路橋集覧記載のものであることを御断りしておく。

井筒長 $l=8.00\text{m}$ とすれば

$$e=0.905, \quad y_1=3.07\text{m} \quad p_1=81.4\text{t/m} \quad p=-128.3\text{t/m} \text{ を得る。}$$

各深さの P の値を拋物線的分布として計算顯示すれば圖-37の如くなる。

次に $y_1=3.07\text{m}$ に對する抵抗土壓を

Coulomb の公式を利用して求めて見る

と $s=54.032\text{t/m}$ 即ち $p_1 > q$

この計算の結果によれば井筒は Rocking を起す可能性は充分ある。

次に軀體の大きさを今の場合と同様とし

て水平震度 $k=0.4$ の地震に際し、井筒が安定を得るのに必要なる最小限度の長さを計算して見ると圖-38に示すように $l=9.8\text{m}$ なる結果を得る。即ち

抵抗土壓が Coulomb の式に従うものとすれば本橋の井筒は上記の計算に 1m の餘裕を見て長さが 11m あれば安定であると云うことができよう。

次に曲げモーメント及剪力による井筒軀體の強度を調べる必要がある訳であるが井筒の配筋その他詳細構造が不明なるため割愛することとした。

しかし一般の場合にはこれは充分餘裕がある場合

が多いから結論として井筒の表面が傾斜していたのは内部で折れたものではなく Rocking によつたものであろう。この事は井筒の補強対策を樹てる上に重要なことである。

更に井筒壁と軀體との結合がはなれて井筒の壁に曲げモーメントが作用し、

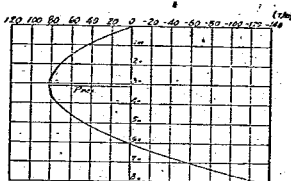


圖-37

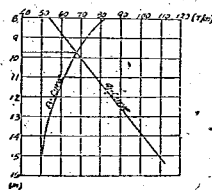


圖-38

た場合を考えると井筒の上詰コンクリートの厚さは 2.5m(現場にて測定)であるからこの 2.5mの井筒壁に生じる反力分布を圖のように想定し必要なる井筒壁厚及鉄筋量を計算してみると ($\sigma_c = 45 \text{ kg/cm}^2$, $\sigma_s = 1,200 \text{ kg/cm}^2$)

$$h' = 122 \text{ cm}, \quad F_e = 83.5 \text{ cm}^2$$

となる。

これに對し實際の井筒厚は 50cm(現場にて測定)であり鉄筋量も上記計算より遙に少ないから破壊は蓋し當然である。井筒と軀體との取付には耐震上充分な注意を拂わなければならない。

(2) 共鳴に関する検討

共鳴の點をしらべるために橋脚の自由振動週期計算をしてみると

(a) 載荷せる裁頭俣狀體と見た場合

$$T = C_P \sqrt{1 + \frac{4P}{W}} \sqrt{\frac{\rho A_0}{EI_0}} = 0.19 \text{ 秒}$$

但し $P = 83t$, $W = 83.9t$, $\rho/E = 3.38 \times 10^{-4}$ とする。

(b) Bentとして考えたとき

實際の橋脚は軀體にテーパがついていて變断面であるから一應各部材の平均断面をとり一様な断面のものとして近似計算をすると

$$T = \frac{\pi h^2}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{\rho A_c}{EI_0}} \sqrt{\frac{66 + 246\beta + 234\beta^2 + 1.5m^2\epsilon}{35(2 + 15\beta + 18\beta^2)}} + \frac{M}{Mc} \frac{4 + 12\beta + 9\beta^2}{4 + 15\beta + 18\beta^2}$$

$$= 0.0999 \text{ sec.} \quad (\text{妹澤博士 振動學})$$

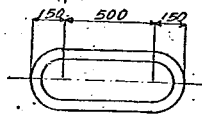
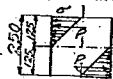
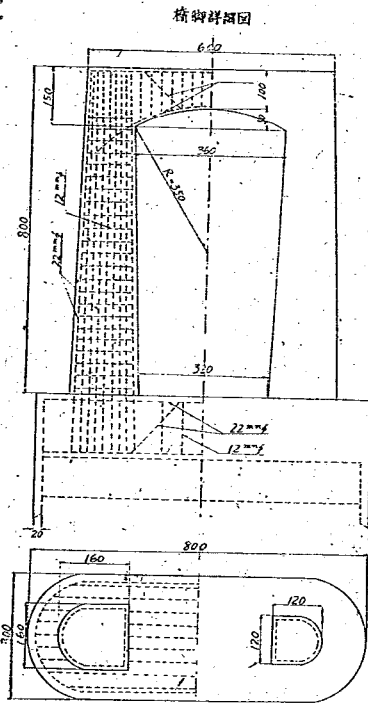
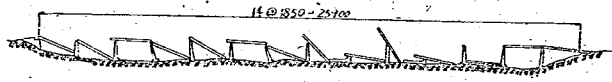


圖-39

震研當局の話で、この地方の地盤の卓越週期は 0.5sec であるからこの計算の結果から見ればたとえ龜裂が発生して自由振動週期がこの値よりのびていたとしても特に共鳴現象はなかつたものと判定せられる。



図一40 中角橋壁落橋梁状態図

S11 指定府縣道芦原三國線

本路線は福井縣坂井郡蘆原町より同郡三國町に至る延長約 4.5m 幅員 4~

4.5mにして圖-41に示す如く蘆原町より丘陵南麓を通り、一部切土の箇所

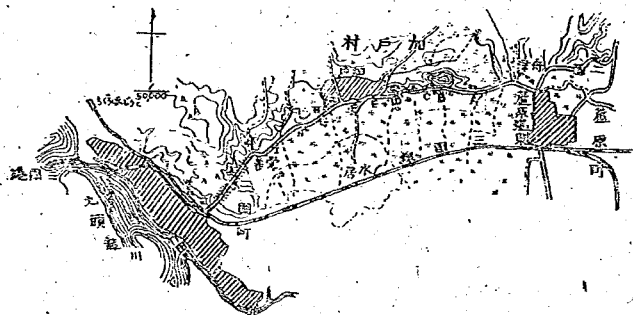


圖-41 指定府縣道蘆原三國線

を経て三國町に達している。丘陵は粘着力に乏しい粗粒砂質土から成り、本地震以前より崖崩れの箇所あり不安定な状態にあつたものである。

被害大なる區間は圖-41中A-G間約1.5kmにして、被害箇所の横断面は圖-42に示す如くである。A及びCは從來崖崩れありし所にして震動により土砂崩落し道路を閉塞、前者は延長20m幅員の1/2を塞ぎ、尙開口幅約10cmの龜裂數條發生、後者は延長約30mに至り幅員は1/3に減じた。

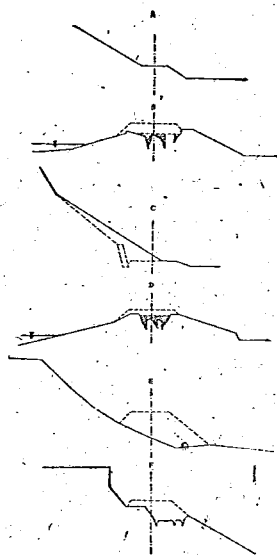
B及びDは、灌漑用水池の土堰堤を道路に兼用する箇所、堤體は後掲參考資料に示す如き砂質土であるが、開口深さ約1.5m内外の大龜裂發生、龜の子狀に割れ南側法面崩壊し路面の沈下は平均約90cmに達した。用水池側には約45m厚の不透水性粘土層を以て築造せられ、此の部分は破壊を免れた爲、破堤に至らず水田の埋没を免れた事は不幸中の幸であつた。寫眞-40はB附近の被害狀況を示し、寫眞-41はその附近の水田の震盪に依る稻作の被害狀況を示すものである。

E及びFは北側切取南側盛土法高約3mの區間約50mは切土法面崩落し立木

が之と共に路面を横断して倒れて道路を閉塞、同時に南側法面の崩壊により路面は無数の大小龜裂開口し約50cmの沈下を生じた。写真-42は龜裂を埋め戻した後の状況である。

Gより三國町に至る間は地盤良好にして被害は殆んどなく、H,I,Jの箇所に軽微な龜裂を発生した。

圖-41に於ける箇所B,Cの土砂の粘度分析の結果は表-17の如く粘土分に乏しい粗粒砂質で不安定であり崩壊したものである。



§12 指定府縣道勝山三國港線

(D) 道路：本路線は九頭龍上流東方山地の福井縣大野郡勝山町より九頭龍川右岸沿いに西進坂井郡鳴鹿村に至り越前平野の沖積層地帯に出で西北進し丸岡町を経て北方金津町に達し、更に西轉三國町に至る延長

圖-42 指定府縣道勝山三國港線
箇所横断面圖 縮尺1:200

表-17

採集箇所	真比重	有効徑 mm	均等 係數	粒度 率	粘度 %	沈泥	200# 止	100# 止	60# 止	40# 止	20# 止	10# 止
B	2.62	0.035	7.27	3.33	5.2	6.8	11.9	39.2	4.8	27.7	3.4	1.0
G	2.46	0.47	1.83	5.34	0.4	0.6	0.2	0.2	0.2	59.1	38.7	0.6

約50kmの路線である。

勝山町より鳴鹿村に至る間約20kmは震央と目される地域より約10~20kmにあるが山間部の比較的良好な地盤上にあつた爲被害は殆んど無。鳴鹿村から平地に出るに従い被害は増加し同村地内では龜裂沈下を生じ高棕村に至り欠壊を生じた區間もある。我々の調査せる區間は丸岡町より東十郷村長屋に至る約3km及び本莊村下番より三國町に至る約3.5kmであるが、前者は高棕村東出村西方の路面中央部に約50mに亘る數條の縦龜裂を生ぜる區間2箇所を認め、後者は龜裂發生を認めなかつたが路面は田面に對して若干沈下せるものの如くである。

本路線は鳴鹿村地内の鳴鹿橋（吊橋）は被害輕微にして九頭龍川下流架設の橋梁は總て顛落或は破損せる爲、同川南北兩地區の唯一の連絡路として地震當初重要な役割を演じた。尙長屋橋（東十郷村地内）は甚大なる被害を蒙つたが之に就ては次に述べる。

(2) 長屋橋

(a) 概 要

河、川 名	十郷用水路
所 在 地	福井縣坂井郡東十郷村長屋地内
型 式	I桁橋
橋軸方向	N-33°-W
徑 間 數	3
橋 長	4@6.0m+3@9.5m+6.0m=58.5m
有効幅員	4.0m
主桁寸法	I-400×150×10 及 I-530×165
主桁間隔	90cm
床 版	鐵筋コンクリート(厚15cm)(上に5cmの土をおき土橋とす)

支 承 鋼板を2枚重ね合せた slide 式のもの
 橋 脚 鉄筋コンクリート造、ラーメン型
 橋 臺 コンクリート造

(b) 破壊状況

本橋は我々の調査した橋梁中震央に最も近い位置に架設せられておりその意味において本橋の破壊状況には最も関心をもっているものの一つであるが福井縣當局に設計図なきため基礎の状況の詳細を知る事ができず充分なる検討のできないことは眞に遺憾な事である。

説明の便宜上圖-43のような符號をつける。

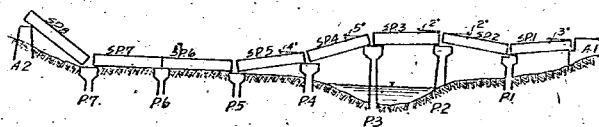


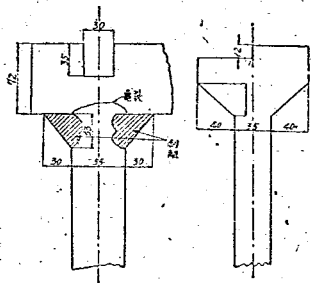
圖-43

地震力によりP.7, P.6, P.5は沈下又は太傾斜轉倒を生じ、ダイアグラムの示した圖-43のようにSp.7, SP.6は完全に洪水敷上に墜落している、又P4, P2, P1.にも相當の沈下を生じこれに應じてSP.5~SP.1が移動を生じ橋面勾配が甚だしく亂れている。各徑間の破壊後の主桁位置が水平線となす角は圖-43に示したようにSP.5にて4°, SP.4にて5°, SP.3にて2°, SP.2にて逆方向に2°, SP.1にて3°である。又橋脚はラーメン構造であるが上梁と柱との隅角が完全なラーメンコーナーとしての構造となつていないため振動により損傷を生じコンクリートの大剝落を生じている。又橋脚の中間桁を受けるための枕梁には大龜裂が発生している。

橋臺について見るとA.1には大した異常は認められないがA.2は前面壁が内側に傾斜しSP.8がその上に約1.80mすつかけている。

この附近は震央に近く地變の認められる個所であり本橋架設地點附近は

全體的に見て土地に縮みの起つている場所のように見受けられる。



図—44 長屋橋 (橋脚)

§13 府縣道腰通三國線

(1) 道路：本路線は福井縣坂井郡三國町より全縣丹生郡越廼村に至る延長約 30kmの路線であるが震央と目される地域とは九頭龍川により距てられ丘砂地帯及び第3紀層火山岩層より成る日本海岸沿いに走り、福井縣三國上水出張所の調査に依れば圖—45に示す如



圖—45

く沈下龜裂を生ずる箇所①②③の3箇所、轉石墜落④⑤の2箇所のみにして地震後直に復舊を行つている。

本路線中九頭龍川架設の新保橋同川支川竹田川架設の港橋の被害に關しては別に述べる。

(2) 橋 梁

(a) 港 橋

(i) 概 要

河 川 名 竹田川

所 在 地 福井縣坂井郡三國町地先

型 式	木造土橋
橋軸方向	N-75°-E
徑 間 數	7
橋 長	7@9.1m=63.7m
有効幅員	3.5m
主桁寸法	25cm×38cm (5本使い)
橋 脚	鑄鐵管を用い中空部にコンクリートを填充せるもの管径30cm
橋 臺	切石積

(ii) 被害状況

破壊當時の状況を写真—45に示す。この写真から見て分るように地震力による曲げモーメントのため橋脚が悉く地盤との接觸部附近に於て彎折破壊したため橋體が河水に轉落したものである。この附近は海岸に近いため虫害を防ぐ目的で鑄鐵管の橋脚を使用したものと思われるが、かかる構造はもろくしかも鑄鐵管自體が海水のため腐蝕していたためかかる被害を生じたものと判斷せられる。本橋架設地點に我々が到着した當時既に橋梁の殘骸は完全に除去せられ應急橋の築造工事が開始せられて居り破壊の實狀を見ることががきなかつた。写真は福井縣土木部より借用したものであり又(a)に掲げた數字は凡て福井縣三國土木出張所の橋梁臺帳によつたものである。

(b) 神 保 橋

(i) 概 要

河 川 名	九頭龍川
所 在 地	福井縣坂井郡三國町立會 新保村
型 式	木造土橋、鐵筋コンクリートT桁及ガルバー式鋼桁橋

橋軸方向	N-75°-E
徑間數	47
橋長	左岸鐵筋コンクリートT桁 15@11.94=179.10m ゲルバー式鋼鈑桁 (3徑間) 72.55m 右岸鐵筋コンクリートT桁 16@11.94=191.04m " 木桁 18@9.16=118.30m 計 560.99m
有効幅員	木桁部 3.10m 鐵筋コンクリートT桁部 4.54m ゲルバー式鋼鈑桁部 4.54m
主桁寸法	木桁 80cm×35cm (4本使い) 鐵筋コンクリートT桁 總高93.5cm 腹部の幅42cm
橋脚	甲型 井筒基礎鐵筋コンクリート造 井筒長 10m 乙型 井筒基礎鐵筋コンクリート造 井筒長 2.8m 丙型 鐵筋コンクリート框型
橋臺	コンクリート造

(ii) 被害状況

全體として橋脚が不同沈下を起し橋面勾配が亂れている。これを詳細にしらべその主なるものを列記すれば次の通りである。

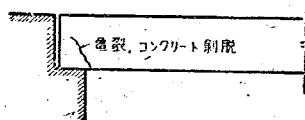
(イ) 右岸橋臺から数え (以下本文に於ては凡て右岸から数えるものとする。例えば橋脚No.20と記したものは右岸から数えて20番目の橋脚と云う意味である) No.1, No.2, No.3, No.4, No.5, No.6, 橋脚は堤防側(低水路と反對側)に傾斜している。その角度は5°~15°である。

(ロ) 橋脚No.7, No.8, は畧々垂直であるが、若干沈下した傾向が認められる。

(ハ) 橋脚No.9, No.10, No.11, No.12, は低水路側に傾斜している。その角度は5°~10°である。



- (ニ) 橋脚No.19は約20cm沈下を生じている。尙この近傍の橋脚はNo.19以外のものも若干沈下している傾向が認められる。
- (ホ) 橋脚No.33, No.34, No.35は凡て沈下しておりその最大量は約30cmである。
- (ヘ) 左岸橋臺正面壁に全體に渉り横龜裂が発生している、又 parapet wall の取付部に龜裂を生じている。右岸橋台袖部に大龜裂あり。
- (ト) 左岸橋臺上の鉄筋コンクリート桁端壓壊し尙下図の如き龜裂を生じている。
- (チ) 橋脚は全體として沈下せる傾向が認められる。



§ 14 九頭龍川

九頭龍川は福井岐阜縣境飛驒高地に源を發し、それより西北西に向つて流れ松岡町附近にて沖積平野に出て、約13km流下として日野川を合流し15kmにして日本海に流入する。又日野川は本流との合流點あり約5km上流福井市西方にて足羽川を合流する。流域面積2,580平方杆流路延長110杆日本有数の大河川にして明治33年松岡町より下流約28kmの區間に亘つて改修工事を開始し大正13年に完了、現在に到つている。河川敷の幅員は、河口附近で約700m、船橋、中角橋附近で300mにして河床勾配は松岡町附近で約1/250、北陸鐵橋附近で1/1000、最下流部は1/2400という急勾配河川で計畫高水量は日野川合流點より下流では4170m³/sec、上流は3000m³/secとなつている。圖—47は九頭龍川本川の内松岡町より河口に到る迄の平面圖で太い實線は堤防を示して居り、之に沿う番號は測定番號で（參考資料中の九頭龍川縱横斷面圖に記入されている測定番號と一致する）ある。堤防の延長は左岸は松岡町

(No.0)より濱四郷村山岸地先(No.231+60m)まで23.16km、右岸は領家(No.0)より三國町竹田川との合流点(No.235+86.20m)まで23.586kmとして堤防断面は天端幅5.00m法勾配2割である。又松岡町の五松橋を距てた對岸より、五領ヶ島渡新田迄の堤防延長は約3kmにして横断面は、上記のそれよりも小さい。尙松岡町より上流部に於ては堤防は所々に築造されているが、大部分は石積堤である。堤防土質は、沈泥粘土を極く僅かに含む殆ど砂ばかりのもので篩分分析結果は表—18の如くである。

表—18

採取箇所	値比重	有効徑 mm	均等 係數	粒度率 %	粘土 %	200# 止	100# 止	60# 止	40# 止	20# 止	10# 止
左岸 北身下附近	2.60	0.0078	14.49	1.91	4.4	34.9	30.9	27.2	0.8	1.4	0.2
左岸五松橋 下流600m	2.59	0.0062	17.42	1.88	7.0	37.1	27.1	23.6	1.2	3.0	0.6

堤防護岸は張芝又は筋芝の芝付で外法面及び低水敷洗面の張石護岸は左右兩岸堤共に松岡町より中角橋(No.75及No.85)の間に多く、これより下流は彎曲部四岸その他に少しく施工されているに過ぎない。根固工及び水制工は木工沈床柴工沈床及び杵類が主である。堤防が通路に兼用されている部分は左岸堤はNo.200からNo.215(布施田橋)及びNo.125よりNo.140(日野川合流点の稍下流)右岸堤はNo.0よりNo.60(森田町船橋)及び木部村池見川崎間No.220よりNo.215の府縣道でこの内No.0よりNo.60迄は鳴鹿一森田渡の一部であつて交通量は最も多い。調査隊は時間の都合上堤防全線に亘つては調査することが出来ず左岸は松岡町より中角橋まで右岸は松岡町五松橋より五領ヶ島村渡新田の間、磯部村熊堂より中角橋まで、及び木部村池見川崎間であつて、次に記述する被害状況の内上記の區間を除いた残りの部分については参考資料中の九龍頭川縦横断面圖(建設省近畿地方建設局作製)によつたのである。

(1) 被害状況：松岡町より下流部に於ては堤防護岸の被害は甚大で之より上流約12kmの區間にも護岸の被害が見られるが、前者に比べて輕微である。尙山間部に於て山腹土砂の崩落の爲河道が閉塞された所はないようである。近畿地方建設局の被害調査によれば舊計畫堤高迄復舊に要する土量は140,000m³、水制10,000m護岸71,850m³、根固20,400m、及び芝付691,000m²に及んでいる。之等被害の内堤防の損傷は最も甚大で、松岡町及び磯部村より下流は全延長に亘つて損害を蒙り概して左岸堤は右岸堤よりも著しい。

地震直後降雨の爲に一時出水の危険が傳えられたが現地での談話によると河水は高水敷に達しなかつたとのことであるから、被害の状況は調査當時に於ては流水の影響は全然蒙つて居らないわけである。

(a) 左岸の被害状況：No.0より下流の堤防全體に亘り天端が壓密又は側方流動によつて30~450cm沈下し法面の崩落縱龜裂が至る所に見出される。以下の説明に繰り返す沈下という意味は地盤そのものの沈下隆起は除いて、壓密側方流動等による堤體斷面の縮小に伴う天端高の沈下を指すのである。No.5からNo.35迄は沈下の平均1.8mで特に甚しいのはNo.9、No.32の3.0mである。No.5よりNo.10迄は法面の崩落特に著しく、No.8の所では、法尻近くの内地水田が、堤體下基礎地盤の側方流動の爲に隆起しているのが見受けられた。No.30よりNo.35迄延長約500mに亘り法尻がはらみ出し天端幅が10~13mに狭り内法尻側の水田が隆起して龜の甲狀の龜裂が入り、又法尻近くを流れる用水路の石張護岸が崩壊していた。寫眞—47は此の箇所の法尻のはらみ出し及び水田の龜裂の状況を寫眞—48は天端の狭りの状況を示す。No.45よりNo.60は、沈下の平均約2mで後に述べる中角橋上流地點と同じく被害最も著しき箇所の一つである。此の内No.53(寺前)は沈下高最大4.5mに達し、全線中沈下最も著しき所である。No.46よりNo.47には天端に深さ2m開口幅70cmの4~6條の大縱龜裂が200mに亘つて續きNo.50附近では法尻が大き

くはらみ出し且つ田畑のうねが彎曲しているのが見受けられた。又No.55の附近(寺前と南河合新保の間)では高水敷に幅20cm、深さ30cmの大龜裂が數條見出された。寫眞-49はNo.46附近の天端の大縦龜裂を示し、寫眞-50はNo.56附近の天端の沈下の狀況である。No.75よりNo.82(中角橋上流部)は明治33年着手の改修の際、河床上に築堤した箇所で彎曲部の凹岸に位し、此の内No.78よりNo.80の間は、高水敷なく石張護岸のみで、常時河水が護岸を洗つて流下している状態にある。此處の平均沈下高は2m、最大はNo.82の3.7mであつて被害最も著しい箇所である。No.127よりNo.137は山地が流路に接近して居り、此の部分は無堤地であつて法面を石張護岸で保護しているが法勾配は5分という急傾斜である爲大きな沈下と法面の崩落が生じ特にNo.133、No.144では沈下高は4.5mに及んでいる。No.140より下流No.235までは概して沈下少く、平均70cm程度で損傷は輕微である。斯様に天端の沈下量は他所に比して割合に少いが法面の崩落は可成著しい所もある。全線に亘つて見るに大きな縦龜裂は堤體の沈下著しき所のみに現れて居り、沈下の少い所では大きなものは見られない。松岡町と船橋の間の護岸の内低水敷の法面が玉石の練積構造になつている所があるが、此處ではモルタル面に水平方向の小さな龜裂が入つている外、損傷は見られない。

次に堤防の横龜裂(堤防線に直角方向の龜裂)及び樋門の損傷に就いて述べる。五松橋より中角橋に至る間の6ヶ所の樋門に就いて調査した結果は次の通りである。

(i) 可成大きな用水樋門であるが横龜裂は發見されず、樋門にも被害はなかつた。

(ii) 本田用水樋門：開口幅10cm位の横龜裂が兩方肩から法面にかけて入つていた。

(iii) 十六箇用水樋門：樋門の幅約5m高さ約2.5mの石塊積で上部天端法

面に幅約10cm程度の横龜裂が入り堤内側の「かゞみ」の面は5°堤外側のは8°位前方に傾倒していた。

(iv) 寺前用水樋門：幅3.8m高約1.6mの鉄筋コンクリート造の樋門で練石積の袖部が崩落し堤内側の「かゞみ」上部の法面が約10m用水路中に崩落して居り天端法面には横龜裂が1條入っていた。写真-51は樋門損傷の状況である。

(v) 船橋悪水樋門：幅約3.6mの凝灰石の方塊石であるが袖が傾倒し且つ「かゞみ」の石塊が水路中に落下して悪水を堰き止めて居り、又天端法面に大きな横龜裂が入っていた。

(vi) 北陸線鐵道橋—中角橋間：此の樋門は6ヶ所の樋門の内被害最も大きく、法面の崩壊が甚大である爲その構造は不明であるが、樋門内の巻立工が水路中に落下した爲上部の天端には大きな穴があき又「かゞみ」袖も傾倒して用水路入口を埋め、通水を不可能ならしめていた。

上記の如く樋門の所在箇所6ヶ所の内4ヶ所まで横龜裂が発見され、更に甚しきものは袖「かゞみ」及樋門上部の法面天端が崩落するに至っている。

(b) 右岸の被害状況：右岸堤の天端の沈下高は左岸堤に比較すると全體としては稍小さく、全然沈下せぬ箇所も存在するが、護岸の被害は左岸と同様に著しい。五松橋と五領ヶ島村渡新田の間約3,000mに於て特に被害の著しいのは五松橋の下流約1200mの所に天端の大沈下が100m以上續いているのが見受けられ堤内地の田面には砂の噴出した痕跡が残っていた。又渡新田地先では2m以上の沈下を生じ、天端には開口幅50cmの縦龜裂が約40cm續き、又側方流動により内法尻から5m位の幅に亘つて田面が40cm程膨れ上つていた。此の外法面の崩落は諸々に見られ小さな縦龜裂は到る所にあらわれている。No.5からNo.47(船橋上流上森田)は沈下甚しく、平均2.0mにして、その内特に著しき箇所はNo.28の4.0mNo.41よりNo.45の3.0mである。此の部分は

法面の崩壊縦亀裂も甚しく、特にNo.30よりNo.40迄は法尻附近の水田が隆起して龜の甲狀の龜裂が入っているのが見受けられた。No.47からNo.69(船橋)は沈下稍少く平均1.5m位で法面の被害は大したことはないが、No.59附近に基礎地盤の側方流動の起つているのが見られた。No.60よりNo.75(中角橋)は沈下著しく、特にNo.67は2.5mにも達している。No.60よりNo.72の間は廣い高水敷を有するがNo.73よりNo.75は彎曲部の凹岸に當り而も高水敷なく、石張護岸のみで、河水は直接護岸に接して流れているにも拘らず此の部分は殆んど沈下をしていない。No.75より下流No.195まで及びNo.215よりNo.295迄の間は沈下は僅小で此の内には全然沈下のない所もある位である。天端が沈下しない所でも、法面が崩壊して法勾配が3割位になつているのが遙所に見受けられる。No.195よりNo.210(木部村池見、川崎間)の間は左右兩岸堤を通じて被害最も著しき場所で平均沈下高1.8m、No.206は最大2.8mに及んでいる。法面の崩壊も甚だしく法尻に沿つて水田が隆起し、田面には土砂水の噴出した痕跡が残つている。此の箇所は彎曲部の凹岸に位し堤防は舊河床上に築造されて居り、No.206とNo.209の間は高水敷を有しない。

以上左右兩岸堤を通じて高水敷にも主として縦方向(堤防線の方向)の龜裂が諸所で發生しているもののようであるが雜草灌木が密生している所が多い爲詳細は不明である。又兩岸堤共に一部を除いては大體に於て中角橋附近より上流部の被害が大きいが右岸堤に於ては特に此の現象が顯著である。斯かる相違は勿論堤防の土質その他の原因も多々あろうが、(分析結果がないので判然としませんが例えば木部村地先の堤防土質は上流のそれに比較して沈泥粘土を可成多量に含有していることは確かである)又家屋倒壊率より推定した震度分布 (§3) から考察しても、肯定出来るであらう。

地震直後地元人は計畫高水位上1.5mの天端高の計畫で外法肩に土俵或は

蛇笥を積んで應急作業を行つたが、その後福井縣では請負業者（坂井土建、大野土建、長組、熊井組等）を入れて、天端高4.5mの計畫で補強工事を開始した。尙近畿地方建設局の計畫として天端を舊計畫高より1m嵩上げを行うことを予定したが之に要する土量は1500,000m³である。寫眞—52、寫眞—53は左岸No.8附近の應急復舊工事の状況である。

附記：時間の都合上詳細に調査し得なかつたが日野足羽の各支川に於ても沈下、法崩れ龜裂等の被害があつてこれの應急處置も着々進められ、既に完了していることと思う。尙地震後7月24、25日に襲つた豪雨の爲に、左岸中角橋と北陸本線鍛冶橋の間約230m及び右岸木部村地先の堤防が欠潰して夫々1,000町歩、300町歩の田畑宅地が浸水して二重の災禍を招來したのである。

§ 15 大聖寺川

(1) 堤防

大聖寺川は石川、福井縣境大日山に端を發し、山中、山代町を過つて沖積地帯に出で大聖寺町を貫流して此處より流向を西南に轉じ、鹽屋村に於て日本海に流入する。河幅は大聖寺町内に於て約40m河口より約2km上流にて70m程度の小河川で河床勾配は大聖寺町より下流に於て略々1/3,800である。圖—48は大聖寺川の平面圖である。堤防の斷面形は天端幅5m、外法勾配2割、内法勾配1割5分にして、又堤防に沿ひ全延長の大部分に亘つて幅約5mの高水敷が存在する。堤防の土質は表—19の如く九頭龍川と大體同じく殆んど砂ばかりのものであるがその粒度率は本川の方が稍大きくなつてゐる。

吾々が調査した範圍は大聖寺町より下流河口までの間約9kmの區間で、この内堤防が築造されている所は左岸は鹽屋大橋まで、右岸は瀨越橋の上流約200mの所までである。左岸堤防の内三ツ橋より右大橋に到る區間は道路に兼用されている部分である。

表-19

採取箇所	真比重	有効徑 mm	等係 數	粒度率 %	粘土 %	沈泥 %	200 #止	100 #止	60 #止	40 #止	20 #止	10 #止
右大橋瀬越橋間	2.62	0.092	2.47	3.26	3.6	5.2	3.8	57.8	11.5	15.9	1.4	0.8
右大橋上流約500m	2.59	0.15	3.67	4.28	1.6	3.4	2.4	22.4	13.6	44.4	9.6	2.6
瀬越堤壙壁橋間左岸	2.58	0.16	3.31	4.20	1.6	2.4	1.2	21.3	18.5	45.4	6.8	2.8

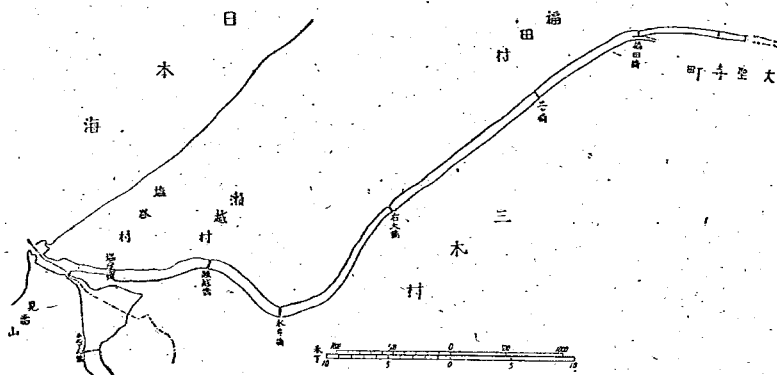


図-48

(1) 被害状況：右大橋より上流では、下流部に較べて堤體材料が多少粘土沈泥を多く含んでいる爲にその被害も大したことはないが、之より下流側に於ては可成損傷大きく、堤體の沈下、大きな縦壙裂法面の崩壊等の被害が諸所で見受けられた。併し乍ら此の地域は震央より約20km離れて居り、合震度も0.4位と推定されるので、九頭龍川堤防の被害に比較すれば、問題にならぬ程小さい。

(a) 右岸の被害状況：福田村地先下福田橋より約20m下流に於て練石積護岸の法尻近くに縦方向の小さな龜裂が1條入り、之に續く下流側の高水敷に

は開口幅3~10cmの龜裂が約30mに亘つて入つて居り、根固用の木杭に多少の滑り出しが見出された。福田橋の約200m下流の天端には横龜裂が2條通つて居るが、此の部分は舊川堤に接合している軟弱な新川堤側である。三ツ橋と右大橋の間には天端に開口幅5~20cmの縦龜裂が長いもので約40m續いているが、法面には損傷なく沈下も殆ど生じて居らないようである。右大橋と永井橋の間約1,400mの區間では縦龜裂法面崩壊が相當著しく、大きなものでは幅50cm長さ100m位のものもある。又高水敷には開口幅5cm位の龜裂が龜甲狀に入つて居るが此の邊の高水敷は畑に利用されている所が多い。此の區間では極く一部を除いては天端は可成り沈下して居り最も著しいのは右大橋の下流500mの所で、沈下高約140にも及び、計畫高水位下になつて居る。永井橋上流約400mの附近でも沈下高は50cm位の値を示して居り、縦龜裂の程度は此の部分で最も甚大で、開口幅50~60cm深さ150~200cmのものが延長150mに亘つて數條並行して走つて居り又龜の甲狀に龜裂が入つて破壊している所もある。寫眞—54及び寫眞—55は永井橋附近の天端の龜裂の狀況を示す。永井橋と瀬越橋の間では被害は殆んどなく、僅かに瀬越橋近くの石張護岸が崩壊しているに過ぎない。此の區間の堤防は維持もよく、又充分締め固められている如く、堤防が砂質であるにも拘らず損傷の少なかつた理由であろう。次に瀬越橋より下流に於ては、石塊の空積護岸の崩壊しているものが隨所で見受けられたが、此の邊りは家屋の倒壊も特に甚しい。

(b) 左岸の被害状況：

永井橋より上流は堤防の被害は僅小であるが永井橋と壁屋橋の間約2500mの區間は天端の沈下、龜裂、崩壊等可成著しい損傷を蒙つて居る。左岸堤は右岸堤に比して被害の延長は長い。下福田橋より三ツ橋迄は天端に小さな縦龜裂がある所があり一般に被害は小さいが、唯三ツ橋上流300mの所に開口幅20cm、長さ80mの比較的大きな龜裂が生じ、法面も崩壊している。次に

三ツ橋下流約200mの所に幅20cm喰い違い高18cm程度の龜裂が80cm位貫いている外、右大橋までは被害は殆んどない。右大橋の下流約300mの邊りから瀬越橋迄は、被害最も甚だしく、沈下、縦龜裂、法面崩壊は隨所に見られ特に瀬越橋上流250mの所の天端は150mも沈下を來している。瀬越橋と鹽屋橋の間は約70cm位の畧々様な沈下をしているが、他の被害は見受けられなかつた。鹽屋橋の下流250mの所で、その兩側の240m、255mの所の天端高より夫々23cm、78cm低く陥没した爲、兩側の天端に夫々小さな2條の横龜裂が入つているのが見られた。

橋門は、右岸堤防に5ヶ所、左岸堤防に9ヶ所あつたが、その大部分に亘つて之等橋門の上部天端には開口幅最大7cm位の横龜裂があらわれて居り、甚だしきは「かきみ」部に龜裂が入つているものもあつた。

右大橋の下流約300mの所から鹽屋橋迄の左岸堤の被害狀況の詳細に就ては參考資料の大聖寺川左岸堤防縱横断面圖（石川縣大聖寺町土木出張所作製）を参照されたい。

(2) 橋 梁

大聖寺川本川愛宕橋より下流河口鹽屋大橋に到る間に府縣道橋3、町村道橋10合計13の橋梁あり、この橋種はI桁橋、鐵筋コンクリートT桁橋、鐵筋コンクリートゲルバー橋及び木橋の4種に及んでいる。これ等の中には人の交通のみ許す小幅員の木橋もあり、木橋中には既に腐朽の甚だしく進行しているものもあり、かゝるものに就て一つ一つ述べることは餘り意味がないと思われるので以下この中の重要なものについてのみ記述する事とする。

(a) 鹽屋大橋

(i) 概 要

所在地 石川縣江沼郡鹽屋村地内

型 式 I 桁橋

橋軸方向	N-S
徑間數	8
橋 長	8@10.75m=86.0m
有効幅員	4.5m
主桁寸法	I 500×190 (4本使い)
床 版	鉄筋コンクリート厚15cm
支 承	銅板を使用した滑動式のもの
橋 脚	鉄筋コンクリート造 (支柱式3本)
橋 臺	コンクリート造

(ii) 被害状況

被害は大畧下部構造に限られているがその状況を列記すれば次の通りである。

- (イ) 橋脚は全般的に左岸寄に傾斜し又全般的に沈下の傾向あり、特に右岸より第2橋脚は約25cmの沈下が認められた。
- (ロ) 左岸橋臺正面壁に施行目地に沿い(天端より約2mの位置)水平龜裂が入っている、右岸橋台親柱受台沈下し親柱が傾斜す、更に兩橋台共幾分傾斜している。
- (ハ) 左岸橋台アンカーボルト(19mmφ)が左岸寄に40cm上流側に5cm移動している。

(b) 瀬越橋

(i) 概 要

本橋は石川縣江沼郡瀬越村地先に大聖寺川を横斷して架設せられた町村道橋でありその概要は次の通りである。

所 在 地	石川縣江沼郡瀬越村地先
型 式	I桁橋

橋軸方向	N-10°-W
径間数	8
橋長	8.5m+4@11.40m+10.3m=87.2m
有効幅員	3.3m
主桁寸法	1 450×150 5本使い
床版	鉄筋コンクリート厚20cm
支承	鋼板を使用した Sliding 式のもの
橋脚	鉄筋コンクリート造 (Solid typeのもの)
橋臺	コンクリート造、右岸瀬越村側は取付道路が両側に分れて をり道路の擁壁がつづいている。

(ii) 被害状況

本橋は前述の鹽屋大橋とよく似た型式の橋梁で従つて被害状況もよく似通つてゐるが本橋の場合は右岸瀬越村背後の砂丘が滑つて川に押出して來たため (§21 瀬越村及三木村の項参照) 橋台がおされ主桁に挫屈現象が表れている。被害の状況を列記すれば次の通りである。

(イ) 橋脚は全般に沈下した傾向が認められるが特に左岸より第4番目の橋脚は約50cm沈下し橋面勾配が亂れている。

(ロ) 橋脚は全般的に左岸寄に傾斜している。

(ハ) 左右岸橋臺共傾斜し、正面壁天端から1.6m附近に水平の龜裂を生じている。

(ニ) 右岸取付部袖擁壁並に左岸橋臺袖部に龜裂が発生している。

(ホ) コンクリート床版が全般的に上流側に移動し中央部でこの影響特に著しく龜裂を生じている。

(ヘ) 主桁I-桁は捩り及曲げを伴つた大きな變形を生じているがアンカーボルトに切られたものはない。

その他大聖寺川筋の橋梁中被害を受けたものの主なるものを列記すれば次の表の通りである。

表-20

橋梁名	架設地	種別	形式	被害状況、態
来井橋 N-15°-中	石川縣江沼郡三木村	町内道 入道橋	木造土橋 総長 7.5m × 10 = 75m 橋脚: コンクリート造 備長: 相違に腐朽して ある	(1) 右岸橋脚より出し 主道踏切 (2) 右岸より第2橋脚約30cm 沈下 (3) 左岸に傾斜
三ツ橋 N-10°-中	石川縣江沼郡三木村	町内道 入道橋	木造板橋 総長: 10 @ 7m = 70m 有効巾: 2.0m 橋脚: 鋼筋コンクリート 3本建	(1) 橋脚左右に傾斜並びに沈下 し橋脚が歪み大きく亂れてゐる
有太橋 N-12°-中	石川縣江沼郡三木村	国道 橋	鋼筋コンクリートT桁 (2本使用) 総長: 11.15 = 78.05m 有効巾: 8.65m 橋脚: コンクリート造 3本建	(1) 橋梁は両岸共に傾斜す左岸橋 脚正面に壁施工地に水害腐 裂あり (2) 左岸橋脚部に腐蝕あり (3) 橋梁の右端に傾斜が生じて ある
一號橋	石川縣江沼郡大聖寺 町	町内道 入道橋	鋼筋コンクリートT桁 (2本) 総長 8.12m × 8 = 40.60m 有効巾: 1.7m	(1) 全般的に沈下の傾向あり (2) 左岸橋脚と沈下する (3) 左岸より第3番目の橋脚時 に沈下す

8 16 五松橋及布施田橋

五松橋及布施田橋の所屬する路線に對しては路線としての被害状況調査を

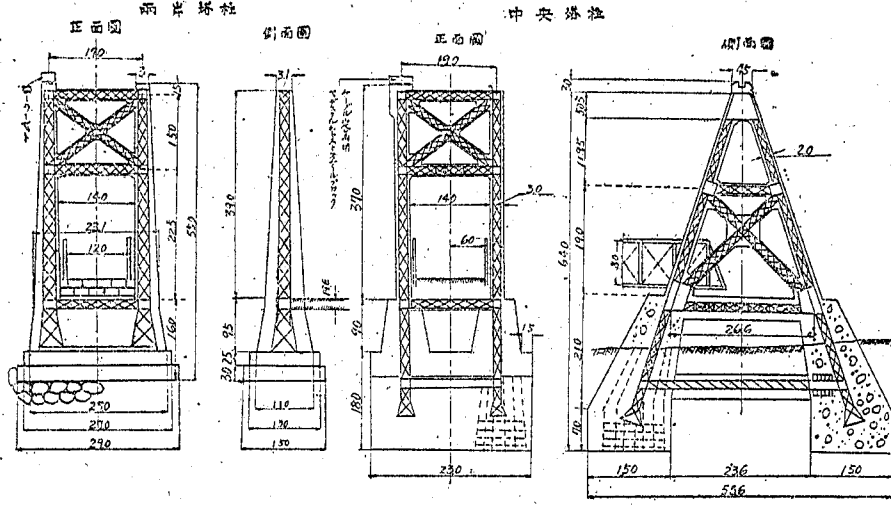
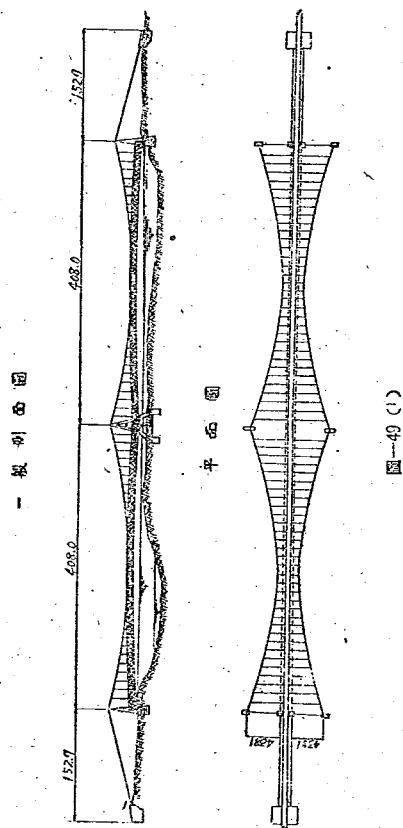


圖-49 (a)



實施しなかつたのでこゝに取出して記述することとする。

(1) 五松橋

以下に示す數字は主として本所編本邦道路橋集覽第二集に記載のものを引用したものである。

(a) 概 要

河 川 名 九頭龍川
 所 在 地 福井縣吉田郡松岡村立會
 路 線 名 府縣道松岡丸岡線
 橋 格 群衆荷重 50#/□' 自動車荷重 2.5屯
 工事施工年度 大正14年~大正15年
 型 式 三塔柱二徑間式補剛構付吊橋
 橋軸方向 N-S
 徑 間 數 2
 橋 長 816呎 (一徑間長 408呎)
 有効幅員 12呎
 上部構造

補剛構用鋼材
 總重量 118屯
 面坪當 0.434屯
 一徑間當鋼材
 補剛構 40.25屯
 水平構その他 0.75屯
 床組 18.0屯
 鋼索 { $\phi=1\frac{1}{2}$ " $l=529.8$ 尺 12本
 主鋼索 { $l=60.4$ 尺 12本
 此重量 17屯
 耐風用 { $\phi 1\frac{1}{2}$ " $l=420$ 尺 2本
 此重量 0.86屯
 全徑間鋼索重量 35.72屯

下部構造

兩端塔柱 鐵筋コンクリート 58立坪
 中央塔柱 " (A-Frame) 93立坪

主鋼索碇着塊 軌條枠入玉石コンクリート及コンクリート造、
塊敷コンクリート容積 75立坪

耐風鋼索碇着塊 玉石コンクリート構造
中央分2基兩岸分4基計6基
コンクリート容積 50立坪

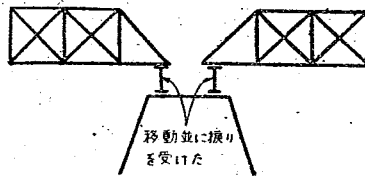
(b) 破壊状況

本橋の被害を列記すると次の通りである。

(i) 補剛構上弦材が挫屈している。挫屈状況について云えば半波長約7m最大撓度は約14cmである。

(ii) 中央橋脚上補剛構の支承に用いた1桁が内側に移動し振りを受けている。

(iii) 右岸寄塔上の saddle が川寄に移動した。被害状況は以上であるがこの原因等については参考資料で述べるように必ずしもこれを直接地震による被害として取扱つてよいかどうか疑問をもつものである。



備 考

補剛構上弦材の挫屈に関する検討

本文に於てのべたように本橋補剛構上弦材が挫屈を生じて居りその半波長が約7mであつたがこの事實をボ—構上弦材の挫屈の問題と関連せしめて簡単な計算をやつて見た。但し以下の計算に用いた數字は主として現地に於て測定したものである事を御断りしておく。

Engesser によればボ—構上弦材を一種の彈性床と考えその挫屈を取扱つた結果半波長をあたえる式として次の關係を導いている。

$$w = \pi \sqrt{\frac{EJL}{A}} = \pi \sqrt{EJ\beta} \quad \left. \begin{array}{l} \text{但 } \beta = \frac{L}{A} \end{array} \right\} \quad (1)$$

又 critical load P_A は

$$P_A = 2 \sqrt{\frac{EJ}{\beta}}$$

今の場合には

$$A = \frac{1}{\delta} = \frac{1}{\frac{h'}{3EJ} + \frac{h^2 b}{2EJ\delta}} \quad (\text{符號については圖-50を参照})$$

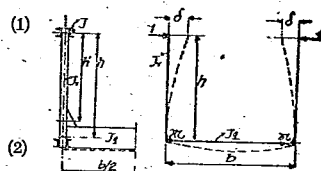


圖-50

Fr. Bleich "Theorie und Berechnung der Eisernen Brücken"
p.p.189~p.193を参照

樑本橋の断面圖を測定の材料で書いて見ると次のようになる。

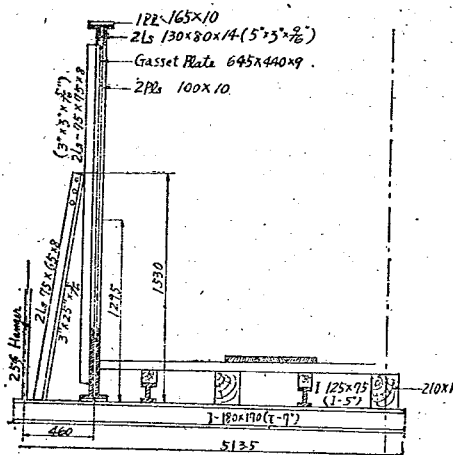


圖-51 五松梁補橋断面圖

この圖から必要な諸元は大畧次のようになる

$$E=2.1 \times 10^8 \text{ kg/cm}^2$$

$$J_r=2,302.8 \text{ cm}^4 \text{ (平均値)}$$

$$J_q=1,674 \text{ cm}^4$$

$$h=258 \text{ cm} \quad h'=253 \text{ cm}$$

$$b=386 \text{ cm}$$

$$J=922.4 \text{ cm}^4$$

$$l=360 \text{ cm (One panel おきに横ラーメンあり)}$$

この數字を用いて(1)より半波長 w を計算すると

$$w = \pi \sqrt{\frac{2.1 \times 10^8 \times 922.4 \times 360}{193}} = 769.3 \text{ cm}$$

實際測定した半波長も7mとなり話が大体合う事になる。

又 critical load を(2)で計算すると

$$P_K = 2 \sqrt{\frac{2.1 \times 10^8 \times 922.4 \times 193}{360}} = 64.4 \text{ t}$$

すなわちこのときの
critical loadは大體65t
位となる譯である。

次に β の値の變化に
對する w 及 P_K の値を
計算してcurveにかい
て見ると 圖-52 の如
くなる。

本橋は上の畧算から
も分るように恐らく
wire rope の伸びによ

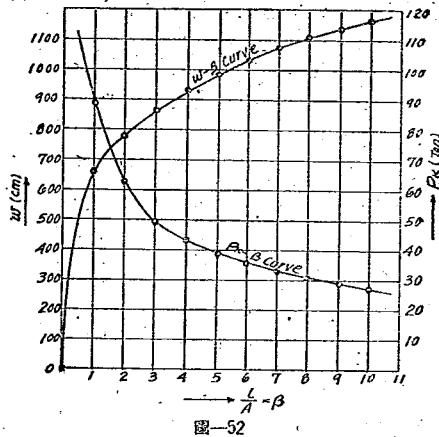


圖-52

つて補綴構が pony 橋として働いて挫屈したものと判定できる。元來吊橋の應力計算においては死荷重は全部 cable が負擔することになつてゐるがそのためには常に sag f が規定通りに保たれていなければならず本橋は架設後相當の日數を経ており途中で sag の補正をした様子もないので逐次 f が増大して將に buckle を起さんとする critical の状態にあり地震がその動機となつたと考えるかあるいは地震のために main cable の anchor block が f をふやす方向に移動したかどちらかと判定すべきであらう。とに角吊橋に於ける f は平常よく注意して常に正常なる値に保たれねばならぬ事をこの被害は物語るものと云えよう。

(2) 布施田橋

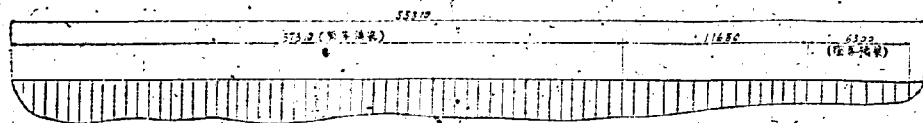
(a) 概 要

河 川 名	九頭龍川
所 在 地	福井縣坂井郡 鶯村布施田 立會 大石村布施田新
型 式	木造土橋
橋軸方向	N-75°-E
徑 間 數	75
橋 長	558.10m (内徑間7mのもの及8.05mのものあり)
有効幅員	3.70m
主桁寸法	丸太末口36cm.85m.c to c. 5本使い
橋 脚	木造 (脚柱) 本建 根入5m
橋 臺	石 積

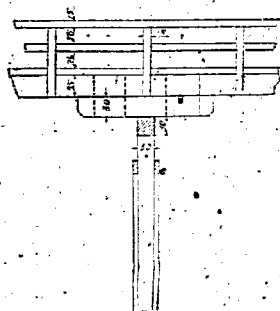
(b) 被害状況

本橋は腐朽甚だしく福井縣當局で毎年數徑間ずつ架換をなしつゝ今日に到たるもので今次の地震により左岸寄53徑間分 (内徑間7mのもの51, 8.02mの

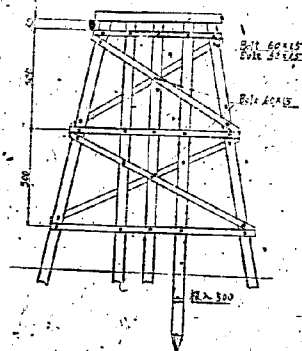
一般侧面图



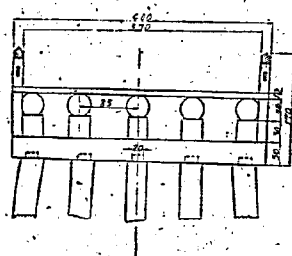
桥脚详细图



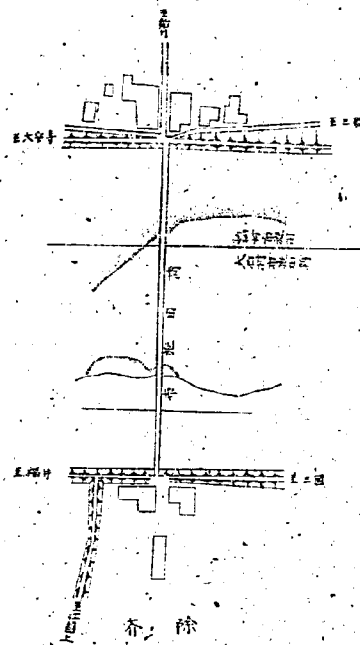
桥脚详细图 No. 6-165



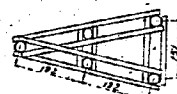
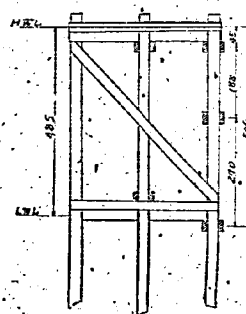
上部构造断面图



平面图



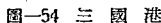
桥除



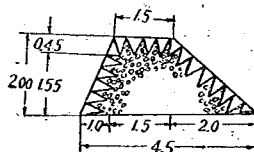
もの 2) 延長373.1米區間が轉落したものである。

§ 17 三國港

三國港は九頭龍川河口、三國町に所在する漁港で、港の一部は九頭龍川の
 浚渫土砂にて埋立てられた埋立地である。 圖—54 はその平面圖を示す。



m, 小船揚場82m, 總延長542mである。荷揚
岩壁及び繫船岩壁の構造は, コンクリート方
塊を4乃至6段に積んだもので, 之等方塊工
の下に, 地質が不良の爲砂の置換によつて根



圖—55 防砂堤橫断面圖

固めが施工されている。防波堤は幅員 4m の木枠の中に捨石を行い、その表面をコンクリートで被覆し、更に此の木枠の両側には 2 乃至 20ton の捨石工を施工している。防波堤の右側に接続する防砂堤は凝灰岩の塊を空積みしたもので、漂砂及び飛砂を防止するを目的として築造され今回の地震時には嵩上げ工事中であつた。その横断面は圖-55に示す通りである。

(1) 被害状況：荷揚岩壁及び繫船岩壁の大部分延長 250m に亘つて、方塊のまり出しにより斜面のコンクリート床版との間に 20~40cm の間隙を形成して居り、(寫眞-67) 荷揚岩壁のみは、方塊工が僅かに前方に傾倒していた。斜面のコンクリート床版には、岩壁の方向に 1 條又は 2 條の龜裂を生じ、此の部分は、床版の原形面の高さよりも相當陥没して低くなつていた。龜裂の幅は 20~50cm である。(寫眞-68) 前記の如く此の附近一帯は砂を非常に多く含む丸頭龍川の土砂を以て埋立てられた箇所であり、且つ裏込土砂の土質も良好ではないようで此の土砂がコンクリート方塊の目地を抜けて河中に流出し内に空洞を生じて恰も床版が繫船柱の線を支點とする片持梁の如き状態を呈して居た所え、地震動が作用した爲、曲げモーメントによつて龜裂を生じたと解釋される。船曳場及び護岸岩壁の所は、土砂が岩壁最上段の方塊の肩或はそれ以上の高さ迄堆積して居る爲に、状況は不明であつたが、被害はないもののようである。小船揚場の斜面は、龜裂破壊を受けているが、之は、地震前に風浪によつて破壊されていたのが、地震によつて一層助長されたとのことである。防砂堤の内約 50m 長さの部分の石塊が両側に轉落し、底幅が約 4.5m に擴大し、全く原形を止めて居ない状況であつた。(寫眞-69) 此の防砂堤の如く石塊の空積み而も法勾配が 5 分という急勾配であるような構造物に於ては、振動に對して非常に脆弱であることは當然で、瞬時にして崩壊し去つたであろうことは想像に難くない。今後斯かる形式の構造物を築造する場合には、石塊の大きさ想定震度その他に應じて、合理的な法勾配を採用

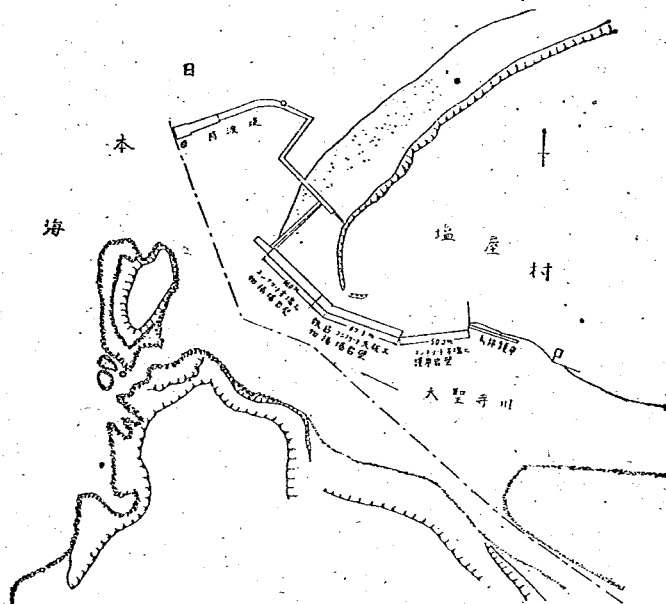
し、出来れば練積みにもすることも望ましい。(「参考資料法面の崩壊について」参照) 防波堤は全體が幾分沈下を來し、天端のコンクリート面には堤軸の方向に小さな數條の龜裂が入っている程度で被害は輕少である。

此の港に於ける主風の方向は大凡西から東であつて而も海岸の西側は遠距離まで砂濱である爲に風浪潮流により海側から砂が港内に運搬され之が九頭龍川の排出土砂と相俟つて港内は年々埋没しつつある状態で、特に港灣施設の所在する右岸に於て著しい。此の爲本船は接岸不能で河の中程に碇泊して小船により積下しを行つている状態で物揚場本來の使命を既に喪失しているのである。従つて地震による破損箇所の補修をする事も勿論必要ではあるが漂砂問題が全面的に採り上げられている今日漂砂対策を可及的速かに講ずることが望ましい。

港灣施設の被害が概して輕小であつたのは、三國町及此の附近の地質が岩盤であつたこと、特に岩壁の損傷が輕微で済んだのは、岩壁前面に可成りの高さまで土砂が堆積していたことによるのであらう。

§ 18 鹽屋港

鹽屋港は大聖寺川河口鹽屋村に所在する指定港灣で圖—56は港の平面圖である。海に面した防波堤の外、大聖寺川右岸に物揚場岸壁、護岸岩壁があり、對岸は風化した土砂丘を形成している。防波堤先端部の構造は下部にコンクリート方塊を2層に敷き、その上に潜函を置き、最上部に場所詰の鐵筋コンクリート床版があり、堤體の底幅約10m高さ約6mである。又先端から約10m離れた場所の構造は、コンクリート方塊を4層に積んだもので、底幅約8mである。物揚場岩壁の内西側の長さ66.0mはコンクリート方塊工で、これに接続する67.3mは鐵筋コンクリート矢板工であつて、その構造は圖—57及び圖—58に示す通りである。此の物揚場岩壁に接して、延長50mのコンクリート方



圖—56 鹽屋港平面圖

塊工の護岸岩壁があり更に此の東側に約50m長さの粗石詰め木枠の護岸がある。

尙此の邊り一帯に於ける地震波の振動方向は、隣村瀬越村の墓石の顛倒方向から判定すれば ES-NW である。

(1) 被害状況

(a) 防波堤：昭和21年に、風浪によつて防波堤の先端部約20m延長が大きな損傷を蒙つたのであるが補修せずそのまゝ放置しておいた所、今回の地震に際しコンクリート塊が移動或は海中に轉落して破壊が更に著しくなつた。

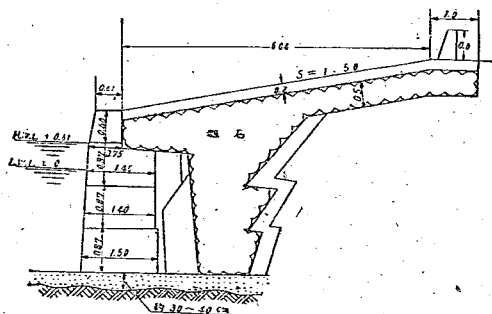


図-57 盛屋港物揚場コンクリート方塊工岩壁

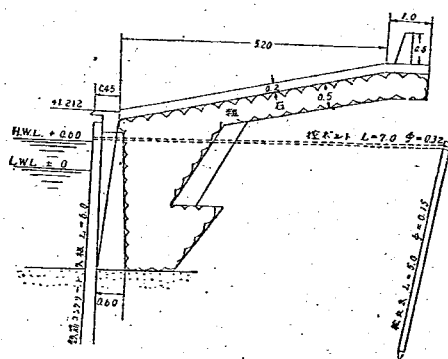


図-58 盛屋港物揚場鉄筋コンクリート矢板工岩壁

又堤體が全長に亘つて幾分沈下したとのことである。その他の被害は見られなかつた。

(b) 物揚場岩壁：西側のコンクリート方塊工のコンクリート塊が前面に傾倒し、特に先端部30mの箇所は最上段の方塊が水中に轉落して居り、損傷が甚しい。鉄筋コンクリート矢板工も矢板が前方に傾斜していた。兩岩壁を

有効幅員 4.50m

主桁断面 (腹部高さ) 73cm×(巾) 43cm

(突縁厚さ) 15cm×(巾) 130cm

主桁中心間隔 1.30m 4連

橋面 アスファルトコンクリート 厚さ5cm

橋軸方向 N-48° E

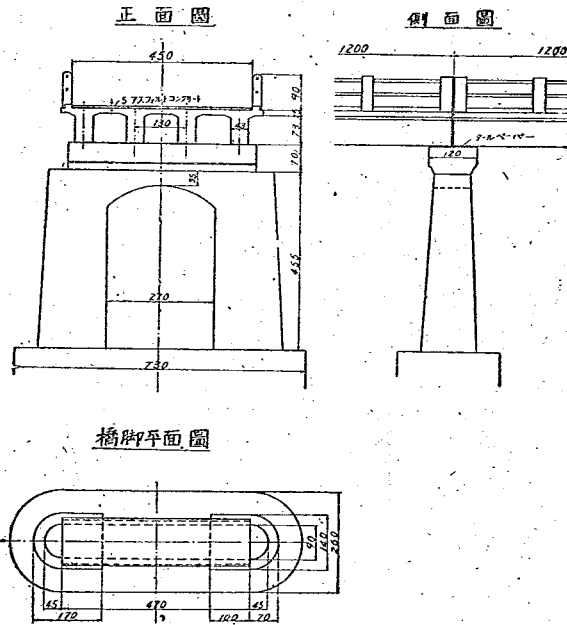
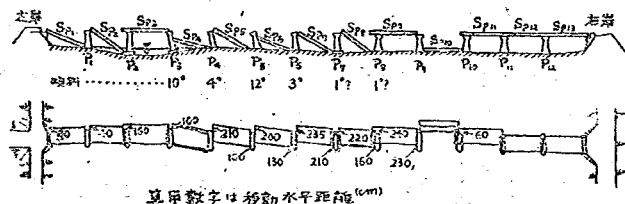


図-60 板垣橋構造図

本橋梁は圖—60に示す如くであるが、支承部は両端ともタールベアーを敷いたのみであつて、今回の如き地震に依り激しい上下及び水平動に遭遇しては激甚なる被害を蒙つた。即ち圖—61に示す如く橋脚は傾斜し、上部構造



圖—61 板橋橋被害一般状況圖

の大半は河中に顛落し然らざるものもクロスビーム無き爲構造脆弱にして主桁は上梁を踏み外し寫眞—71に示す如く曲げに依り床版部分で破壊している。

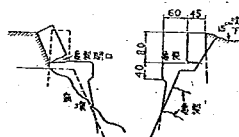
破壊の状況を少しく詳細に述べれば次の如くである。即ち圖—61に示す如く、上部構造SP₁は1端は橋臺支承部に残り他端は河床に顛落し、主桁中央部には斜に龜裂を生じ、中央部の床版はその中央で折れ鐵筋が露出している。

SP₂は1端は橋脚P₁にかゝり他端は河床の礫上に墜落しその破壊状況はSP₁と同様である。SP₃は轉落を免れているがP₂と約10°傾斜せるP₃上に載つてゐるが主桁2本は上梁を踏み外し中央床版が折れ下流に向つて垂れ下つてゐる。SP₄~SP₈は轉落1端は橋脚に懸り他端は河床に落ちて居り破壊状況はSP₁と同様主桁には數條の斜龜裂を生じ床版は中央部で折れている。SP₉はSP₃と同様であり、SP₁₀は完全に河床に轉落し下流側に床版中央部から折れ曲つて重なり残骸を構へている。SP₁₁はSP₃と同様であり、SP₁₂及びSP₁₃は轉落せず原型を保っているが橋軸方向に夫々約35cm、23cm左岸に向つて移動している。

橋脚は橋軸に直角方面には變位は認められなかつたが、橋軸方面にはP₁、

P_1 , P_2 , P_3 は夫々左岸橋台に向つて約 10° , 4° , 12° , 3° 傾斜し, P_7 , P_8 は約 1° 同様に傾斜している如くである。橋脚構造は圖-69の如くであるが, 下部の小判型井筒基礎は P_1 のみ地表面にあり他は水中或は砂礫中にありその状況は調査し得なかつた。 P_1 に就ては柱部と井筒基礎接續部には何等異常を認めなかつたが, 傾斜の大なる橋脚に於ては脚柱接合部の龜裂開口或は井筒基礎の傾斜又は折損を生じているのではないかと考えられる。脚柱部は表面に上部構造轉落時の擦傷は認められたが他に異常は認めなかつた。

橋臺は重力式コンクリート造と考へられるが, 左岸橋臺は胸壁が圖-62に示す如く破壊し袖石積は崩落して居り, 右岸橋臺は胸壁に龜裂が入り袖石積



には龜裂を生じている。

寫眞-71は本橋梁の破壊状況を示すものであるが, 一番手前の上部構造 SP_2 の床版は調査當時, 既に撤去のためコンクリートを斜がし鐵筋の残つている状態である。

圖-62板垣橋橋台被害圖

(2)水道施設：上水道施設は、震央附近では福井市、丸岡町、芦原町に施工されているが、此の内福井市上水道施設のみに就て次に記述する。

福井市上水道の水源は足羽川左岸の地下水にして福井市木田地先に5つの鑿井（柳原、施江、板垣、一本木、東笠の各源井）を掘り、取水場にして之等の鑿井から電動機付ポンプによつて揚水する。鑿井の構造は、直徑3m深さ11~12mの井戸枠の下端から内徑12吋の圓管が約80m深さに打込んである。取水場より調整池を経て16吋の送水管にて足羽公園山麓の揚水場に送水し、此處で65HPモーター4臺及び200HPモーター1臺を以て直徑550mmの圓管にて高さ約45mの山上の配水池に揚水する。此處から557mm配水管3本を以て送水し更に之から配水管が派出している。

(a) 被害状況：福井市水道局にて調査した結果によると被害の種類及びその件数は表-21の通りである。

表-21 修理件数明細票

種 別	原 因	口径 mm	件数	種 別	原 因	口径 mm	件数				
制 水 弁	閉閉不良	100	4	接 合	コーキング 部分で2～3 抜ける	600	2				
	漏 水	100	7			450	3				
	胴・破 れ	450	1			400	1				
		250	1			250	2				
		100	1			200	2				
		300	1		100	1					
		125	1								
	スピンドル折れ	100	1		漏 水	300	2				
	新設取付	450	1	漏水(手直し)	250 100	1 1					
分 水 栓	ネデ上端 より折損		20	直 管	伏越折損	450 250 200 150	1 1 1 1				
キャップ	逆水のため	100	5	三承十字管	承口折れ	100×100	3				
		125	3	二承十字管	承口折れ	100×100 300×100 450×100	1 1 1				
		200	2								
直 管	折 損	350	2	接 輪	胴 破 れ	100	1				
		150 100	1 3								
曲 管	折 損	350	7	給水設備	宿 舎	25	1				
		250 100	2 2					ポンプ取付	20H.P 25H.P	1 1	
		消 火 栓	漏 水		2	配水設備					
消火栓管用	首 折 れ	350	1	電 動 機			1				
		300	3					新 設	伏越折損	450	1
		250	3							200	2
		200	1							150	1
計 121件											

通水延長(幹支線共)

14,670m

通水による漏水防止

395件

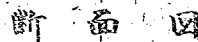
止水栓閉止

270件

鉛管つぶし

119件

— 63



地下に埋設された管は、随所で破損し、又揚水用モーターの故障により揚水及配水送水が不可能となつたが、7月16日の夕刻に到つて、取水ポンプ場より配水池への送水は漸く復舊した。地震後10日間位後は源井の水位が高まつたが、調査當日(7月16日)には元の状態に歸りつゝあつた。一本木源井を除いて地盤は鑿井附近で80~40cm沈下した爲に、鑿井と取水場を連結する管は諸所で切断され、又 flexible joint のものは、その接合部から離脱してゐるものが多く、殊にT字管、十字管は、flange の近くで剪断力によつて、綺麗に切断されてゐるのが多い。又曲管は、大低曲げモーメントにより破壊を蒙つてゐる。配水池は足羽公園山上の崖縁にあつて而も池の一部は盛土の上に築造されて居り、〔圖-63〕盛土部分は地震後在來地盤より1.2mも沈下した爲、此の不等沈下が主原因となつて配水池底部の龜裂コンクリート壁の龜裂及び剥落管と壁の接合部の破壊中間路起拱支承部の龜裂等の損傷を蒙つてゐるが、比較的輕微である。此の附近一帯は家屋の倒壊は殆どなく、震度はさしたるものではないので、配水池の被害も斯様に輕小で済んだのである。次に圖-64の如く、山麓の揚水ポンプ場にて送水管が水平方向に20.4cm移動した爲、此の管とポンプを連結する立上り部分が剪断力の爲に5本共切断されている。足羽川の九十九橋から約50m下流にて配水管

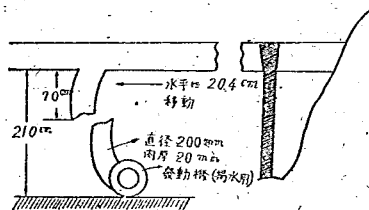


圖-64

は伏越によつて川を横断しているが、左岸の高水敷下に埋設されている曲管の部分がアンカーボックの不良の爲に曲げモーメントによつて持ち上り地表面に露出してフランジ (flange) の近くで切断破壊している。福井市に於

ては水平振動の振動方向は大体南北であるが、配水管は南北に埋設されているものに被害が多く、東西方向のは少いようである。又九十九橋右岸の市街地では配水管が相交錯して30~60m角の市内中最も細かな網の目状を形成しているが、排水管の被害は此の部分で最も多い。此の配水管網は剛節ラーメン構造に類似するもので、之が地震荷重を受けた場合節點に大きな端モーメントが生じ、従つて此の部分が破損されることは最も多い。一定面積内で網の目が密なる程節點の数は多いから、斯かる地域程管の損傷の数が多いのは當然である。

(3) 戦災ビルディング：戦災を受けたビルディング即ち焼ビルの数は全國では相當の數にのびついている。之等焼ビルの再使用に當つては當然地震の耐力を考慮しなくてはならない。焼ビルが地震に遭遇した場合、どんな損傷を被るかを検討し、焼ビルの再使用に關する問題に一資料を提供せんとして、大和百貨店、人絹會館、人絹倉庫株式會社の3ビルディングに就て調査した。

(a) 大和百貨店：今次地震による災害の表看板となり、世人の最も注目を引いたビルディングである。中央部6階兩端7階のビルディングで昭和13年3月竣工した。その破壊の状況は寫眞—72の如く、6階部がくずれ、兩側7階部にぶらさがつた様な形である。當ビルディングが設計及び施工共に非常に不良であつたこと、剛性の異つた3つの部分より成立つてゐるため、その振動の性格が夫々異つたものであつたことも破壊の因と思われるが、戦災ビルディングであつたため、コンクリート鋼の品質及び兩者間の關係が著しく低下していたので、主震動により、6階部と7階部の境の通し柱の一階の部分が寫眞—73に見る様に壓挫破壊したのが主因と思う。柱の壓挫破壊により、梁、床版、他の柱等が順次寫眞—74、寫眞—75に見る様な破壊をしたと考える。

(b) 人絹會館：當ビルディングは、昭和11年に竣工したものである。焼ビルであるに拘らず、被害は至極輕微である。之は石膏仕上げを行つて居つた

ため、戦災時コンクリートの受けた影響が甚だ小さかつたためと思われる。

(c) 入絹倉庫株式会社：當ビルディングも大體昭和11年頃に竣工したもので4階建である。戦災後外壁をセメントモルタルで補修したが、その際柱梁、等に就ても補修したかどうか判明しない。寫眞-76に見る如く4階部が轉落しているが、之は地震の際發生した火災により2日間燃え續けたためである。この火災により、コンクリートは粘土狀に變質し、ハンマーで叩くとポコポコと言う鈍い音をたて、くずれ落ちる。床版は無数の龜裂を生じ、非常に撓んでいる。

(4) 煙突：煙突の被害調査は、調査期間の関係上充分實施することは出来なかつた。唯都心附近にある鐵筋コンクリート煙突7本に就て調査した。

(a) 破折墜落したもの

(i) 大和デパート横某鐵筋コンクリート煙突：高さ24m、基部内徑190cm、厚23cm、頂部内徑80cm、厚10cmで、15cm間隔に9mm直徑の軸鐵筋が挿入されている。高さ9mの位置で破折墜落し、その方向はN-18°-Wである。

(ii) 縣廳内鐵筋コンクリート煙突：高さ27.5m、基部内徑2.00m、厚25cm、頂部内徑90cm、厚11cmで、15cm間隔に直徑9mmの軸鐵筋が挿入されている。高さ16.85mの位置で破折墜落し、その方向はN-64°-Wである。

(iii) 三菱重工業内の鐵筋コンクリート煙突：高さ33.50m、基部内徑3.00m、厚25cm、頂部内徑1.60m、厚13cm、で20cm間隔に9mmの軸鐵筋が挿入されているが、鐵筋の位置は不正確でコンクリートの品質も良質でない。高さ21.50mの位置にある打繼目で破折墜落し、その方向はN-59°-Wである。残留部は南に10°傾斜している。破折轉落した状況は寫眞-77の通りである。

(iv) 福井精練加工株式会社内鉄筋コンクリート煙突:水槽を有する煙突で、高さ 180 尺 (54.5m事務所にて聴取) で基部及び頂部の内径及び厚、鉄筋量に就ては不明である。高さ 37.20m の施工継目の位置で破折墜落し、墜落した部分は灰捨場の灰中に没入、更に施工継目にて切断し、約 7m 程度が灰上に横轉している。その方向は N-50°-W である。更に、煙道との取付部が破壊している。

(b) 罅裂を生じ傾斜した煙突

(i) 市役所内鉄筋コンクリート煙突: 高さ 21m 基部外径 1.60m であるが、高さ 50 cm の位置より約 1m の間コンクリート剝離し、鉄筋露出してゐる。この位置より上部は S-10°-W に 4° 傾いている。

(ii) 眞柄組福井営業所内鉄筋コンクリート煙突: 高さ 21m である。4.0m の施工継目及びその上部 5.80m の位置に横断龜裂發生し、4.0m より高い部分は N-20° W の方向に 8° 傾斜して居り、煙道との取付部に相當大きい龜裂が發生した。被害の状況は写真-78 の如くである。

(iii) 福染工業株式会社内鉄筋コンクリート煙突: 高さ 34.75m 基部外径 2.50m である。11.50m の高さの施工継目の附近のコンクリート剝離し鉄筋が露出して居り、15.35m の高にも横断龜裂を生じコンクリートが剝離している。煙道との取付部に相當大きい龜裂が生じた。高さ 11.50m 以上の部分は南に 3° 傾斜している。

7 本の鉄筋コンクリート煙突を調査して、施工継目及びその近邊、煙道との接合部に被害が著しい。コンクリート構造物に於ける施工継目及びその附近は弱點となるのが普通であるが、煙突の場合は更に施工継目の施工が困難なために被害が著しいのである。墜落方向並に傾斜方向に就き、早稲田大學建築學科の調査によると圖-65 の通である。之によると煙突は縦波によつて損傷を被つたことが推定される。

備考

吾々の調査した煙突の自由振
動週期を物部博士の公式（妹
澤博士“振動學”P.592）す
なわち

$$T = C \sqrt{\frac{L^3}{r} \frac{\rho}{E}}$$

$$C = 0.719 + 1.069 \frac{L_1}{L} + \{0.14 - 2.24(0.5 - \frac{L_1}{L})^4\}$$

により計算して見ると次のようになる。但
し本計算に用いた數字は吾々が現地にて測
定したものである。

週期（秒）

大聖寺製絲工場内

鉄筋コンクリート煙突	0.89
福井市役所内	" 0.51
福井縣廳内	0.61
福井市三菱重工業内	" 0.86
福井市大和ビル横	" 0.40

今次地震の土地の卓越週期は
震研當局の談によれば0.5sec
であるから、共鳴現象が起り
振幅が増大して破折したもの
も相當あつたものと思考せら
れる。尙早稻田大學建築科の

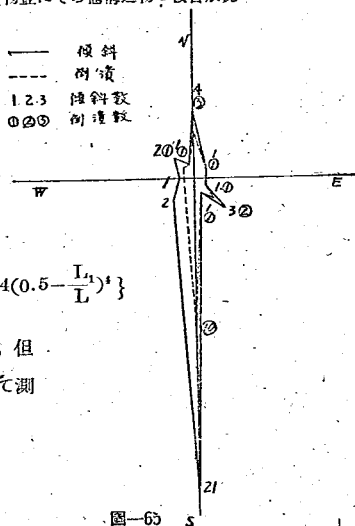


圖-65

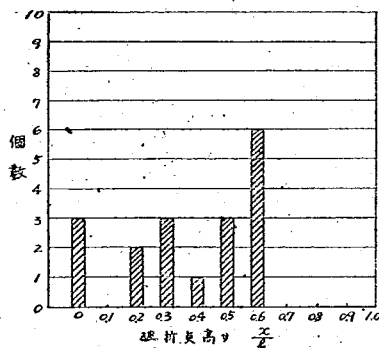


圖-66

調査資料から福井市に於ける鉄筋コンクリート煙突の破折高さを求めると
 圖-66の如くである。

§ 20 大 聖 寺 町

(1) 家屋倒壊状況：石川県江沼郡大聖寺町は福井縣に隣接し、且つ大聖
 寺川流域の沖積地に在り又町内は舊河川敷、及びその他小支川の埋立地を含
 む。圖-67は大聖寺町内の略圖である。今回の地震に依り蒙れる被害は石川
 縣に於て鹽屋村に次ぐものと目される。即ち一般被害情况調査によれば全壊

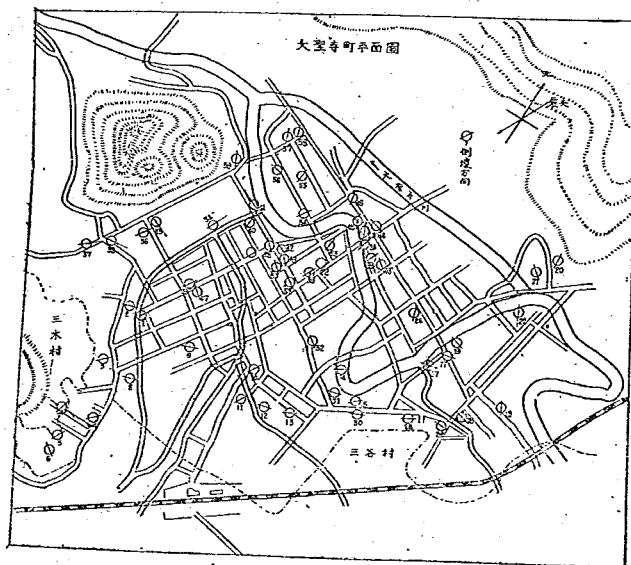


圖-67

252戸半壊 1,900戸にして倒壊百分率としては約40%である。又墓石等より算定せる合震度は略0.4である。上述の如く同町は大聖寺川舊河川敷及び支流熊坂川より別れる幾多の小川に囲まれ又それ等の埋立地上に在る爲家屋等是不規則な倒壊をなす。調査隊は之等倒壊家屋に方向性を見出す爲に調査を行った。その結果は表—22、及圖—67に示す如きものであつて、調査に當つては主要地震動に依り倒壊せるものと見做し得る對象に注目した。調査の結果はN-O°-E~N-30°-E間が最も多く17箇所である。之を更に算術平均せる値はN-19°53'-Eであつて、推定震央地點東經136°14'北緯36°9'と大聖寺町を結ぶ方向は約N-25°-Eであり、且つ此の象限は初動は震央に向つて引きである。

表—22 石川縣大聖寺町家屋倒壊方向調査表

測定 番號	方 位	備 考	測定 番號	方 位	備 考
1	N30°E	石 とう ろ う	31	N73°E	神 社
2	N70°E	土 藏	32	S60°E	家 屋
3	N42°E	石 碑	33	N24°E	家 屋
4	N40°E	墓 石	34	N21°E	學 校
5	N24°E	墓 石	35	S70°E	家 屋
6	N57°E	寺 本 堂	36	N30°E	工 場
7	N10°E	家 屋	37	N45°E	家 屋
8	N20°E	家 屋	38	N80°E	家 屋
9	N70°E	工 場	39	N30°E	家 屋
10	N25°E	家 屋	40	N 0°E	家 屋
11	N24°E	墓 石	41	N24°W	石 とう ろ う
12	N75°E	墓 石	42	N20°W	家 屋
13	N60°E	家 屋	43	N53°W	家 屋
14	N53°E	橋 梁	44	S80°E	家 屋

15	N40°E	家	屋	45	N70°W	家	屋
16	S31°E	家	屋	46	N80°W	家	屋
17	N75°E	土	蔵	47	N55°W	家	屋
18	S30°E	神	社	48	N53°W	コンクリート	
19	S80°E	學	校	49	N50°W	家	屋
20	S10°E	神	社	50	N50°W	家	屋
21	S50°E	家	屋	51	N60°W	家	屋
22	S25°E	家	屋	52	N30°E	家	屋
23	S30°E	土	蔵	53	N 0°N	家	屋
24	N10°E	橋	梁	54	N30°E	家	屋
25	N20°E	工	場	55	N 0°N	家	屋
26	S22°E	家	屋	56	N80°W	家	屋
27	N72°E	學	校	57	N20°W	石	どろろう
28	N50°E	家	屋	58	N20°W	石	どろろう
29	S86°E	家	屋	59	N30°W	石	碑
30	N62°E	家	屋				

(2) 橋 梁

大聖寺町内町村道橋梁中被害を受けたものは若干あつたがその中で特に被害の大きかつたものについて次に記すこととする。

(a) 辦 天 橋

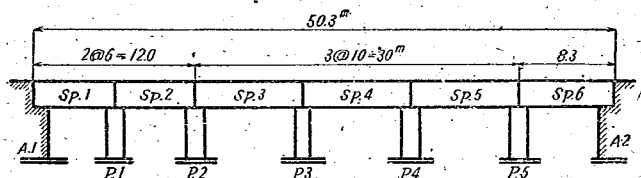
(i) 概 要

河川名	大聖寺川支川
所在地	石川縣江沼郡大聖寺町内(町村道橋)
型 式	I 桁 橋
橋軸方向	N-68°-E
徑間數	6

橋 長	$2 \times 6.0\text{m} + 3 \times 10\text{m} + 8.3\text{m} = 50.3\text{m}$
有効幅員	3.3m
主桁寸法	I. $250 \times 150 \times 10$ 及 I. $400 \times 150 \times 10$
主桁間隔	75cm (5本使い)
床 版	鉄筋コンクリート 厚15cm
支 承	鋼鈑を用いた sliding 式のもの
橋 脚	鉄筋コンクリート造 (脚柱4本建)
橋 臺	コンクリート造

(ii) 被害状況

説明の便宜上次の符號を用う。



圖一68

被害状況を列記すれば次の通りである。

- (イ) P.3が河中に轉倒し、このため SP.3, SP.4が夫々一端を河中につゝこんでいる。
- (ロ) P.2は SP.3に引かれて、脚柱に大きな曲げによる變位を生じている。
- (ハ) P.4, P.5は夫々左岸寄に傾斜している。傾斜の程度は P.4では脚柱の鉛直線となす角は 20° , P.5では 3° 位である。
- (ニ) SP.6の支承部が橋台からはずれ SP.6の支承端は轉落し A.2. の

正面壁にひつかかっている。

(ホ) A.2の正面壁が左岸寄に傾斜している。

(ヘ) 橋臺の parapet wall が両側共切斷され河中に轉落している。

(b) 木呂場(ころば)橋

(i) 概 要

河川名	大聖寺川支川
所在地	石川縣江沼郡大聖寺町内(町村道橋)
型 式	鐵筋コンクリートT桁
橋軸方向	N-32°-W.
徑間數	3
橋 長	3@12m=36.0m
有効幅員	3.65m
主桁寸法	T型、腹部高 85cm, 總高 100cm, 腹部巾 40cm
床 版	鐵筋コンクリート造厚15cm
橋 脚	鐵筋コンクリート造(3本礎)
橋 臺	コンクリート造

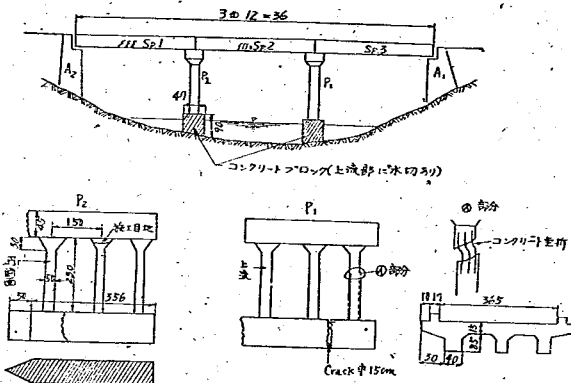
(ii) 被害狀況

別圖-69によつて説明を行う。

(イ) P.1 基礎版に幅 15cm の龜裂入り脚柱の中下流側のものの天端から 1m の所に壓壞を生じ鐵筋が露出している。又脚柱の内最上流部のもの上流側に 5° 傾斜す。

(ロ) P.2 の基礎版に龜裂が入り中央脚柱は 7° 上流側に傾斜しており上流部脚柱の中央附近に龜裂あり鐵筋が露出している。又この脚柱の上梁との取付部施工目地に龜裂を生じている。

(ハ) 左右兩橋臺共袖部に大龜裂を發生している。



圖—69 木 呂 場 橋

(=) SP.1, SP.2 共桁中央部に龜裂を生じているが SP.1 の最下流部のものが最も甚だしい。上部構造に直接地震力により被害を生じたものの中で我々の調査したものでは本橋がその最たるものである。

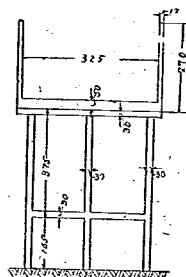
(3) 大聖寺精練工場施設：當工場は大聖寺川右岸に位置して居り、建築物ボイラー、高架水槽及貯水池等工場施設物の殆どすべてに災害を被つた。

(a) 煙突：高さ37m，基部内径2.10m，厚24cm，頂部内径1.20m，厚10cmなる鉄筋コンクリート煙突である。高さ14.60mの施工継手の位置に写真-84に示す如き横断龜裂が発生した。

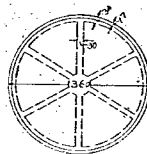
(b) 高架水槽：高架水槽の構造概要を示すと圖-70の通で、水槽内径 3.25m 側壁厚 0.17m 床版厚 0.59m、支輪桁 0.30×0.34m、支柱 0.30×0.34m である。コンクリートの配合及び鉄筋の配置に就ては不明である。寫眞-85 の如く、支柱上部施工機手の位置でコンクリートが剥落し、鉄筋は「く」の字に彎曲している。之は支輪桁と支柱との接合にハンチを用いていないので

その剛度は非常に小さく、更に支柱の帯鉄筋も不足していて、初震動の第一撃によつて、破壊したものと想定される。

又写真—86の如く、繫材と支柱との接合部に於ても主として、繫材のコンクリートが剝落しているが、之も支柱上部の被害と同様の原因によつて生じたものと思われる。

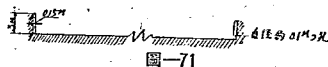
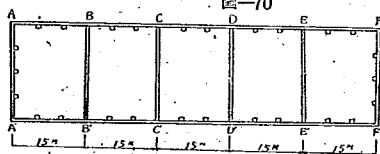


(c) 貯水池：貯水池の形状は 圖—71に示す通りで、幅20m 長さ75mの矩形で、15m 毎に仕切壁を設け、各仕切壁の下部に直径約10cmの孔があり、之により、各室が連絡している。各側壁には5m毎に扶壁がついている。



圖—70

長手即ち AF 或は A'F' の方向は N-3°-E で震央の方向に近い。最も被害の著しいのは南端の室 E F F' E' で、各側壁の裏込は龜裂沈下し、各側壁は写真—87に示す如く沈下の方向に撓み剪断力によつて、F F'



圖—71

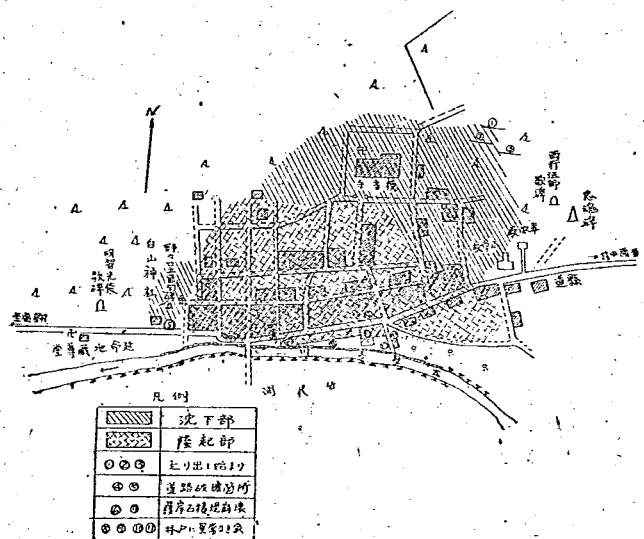
壁兩隅部に斜及び縦の大龜裂 EF, E'F' の兩壁に斜の小龜裂が発生した。各側壁の扶壁は6本倒れた。之は側壁と鉄筋による連結がなかつたため、地震動の衝撃により剝離したものだと思ふ。

大室 DEE'D' の被害は輕微で D'E' 壁の裏込が龜裂沈下し、D'E' が變形し E' の隅部に輕微な龜裂が発生した。他の各室の側壁には被害を認め

なかつたが、仕切壁はすべて孔の直上に縦龜裂が発生した。

§ 21 瀬越村及び三木村

(1) 瀬越村：當村は石川縣江沼郡に屬し、大聖寺川右岸砂丘地帯にある一小村であるが、道路はコンクリートで舗装され、永久橋が架設されて居り、各人家は頗る堅固な構造である。従つて、若し一般小農村に見られる様な人家の構造とすると、被害は非常に甚だしかつたろうと思われる。當村は住宅區域に向つて、周圍の山林地帯が滑出した形跡が見られる。最も著しい箇所



圖—72 瀬越村略圖

は圖一72の①, ②, ③なる松林を切開き耕地とした區域と白山神社附近である。前者は $N-20^{\circ}-W$ の方向に寫眞-88に示す如く、滑出し住宅地域に水平の移動と隆起を引起した。このことは12の位置にある人家の井戸枠、井底の上昇、切垣壁の石積岸の上昇、敷石、等の關係により、又地元人の談話により判る。白山神社附近の滑出しは、神社の敷石、石段の位置及び人家の牆壁とその支柱との相對關係より、表面の淺層を残して東方に移動した事が推定される。

圖一72の④⑤の箇所のコンクリート舗裝版は寫眞に示す如く龜の甲狀に破壊した。之は側溝の水平移動による挫屈作用と側方流動による路盤の急激な隆起によつて起つた衝撃作用を受けた爲と思う。

今舗裝版が挫屈作用によつて破壊したものと考へ、破壊するに要する力を S_1 とする。

直應力として $S=0$, $S=0.4S_1$, $S=0.6S_1$, $S=0.8S_1$ が作用した際舗裝版を破壊するに衝撃作用としてどの程度の力が必要であるかを求めると表-23の如くである。

表-23

作用した直應力	破壊に要する横壓力
$S = 0$	$\frac{\text{kg}}{\text{m}}$ 5.55
$S = 0.4 S_1$	0.073
$S = 0.6 S_1$	0.057
$S = 0.8 S_1$	0.05

從つて挫屈作用のみでも容易に破壊しうることが判るが然し破壊狀況より兩壓力が同時に作用したものと信ずる。

⑧, ⑨, ⑩, ⑪の各人家の被害が比較的輕微で、全村井戸水が涸渴の狀態

にあるとき、何等井戸に異常を認めなかつたのは、約 10cm 厚の品質良好なるコンクリート鋪装版を破壊したため、エネルギーの消耗した結果と思われる。⑤、⑦の護岸石張は写真-90に示す如く崩壊しているが之はエネルギーの消耗がなかつた爲に、大きな破壊力となつて表われた結果と思われる。

全村に生じた井底の土砂押上げの現象は單に井筒の、周囲の土の正土壓が甚だしく増大したために生じたと見るより、側方流動によつて生じたと見る可きであると思う。尚井戸中に噴出した土砂の土質は表-24の如くである。

表-24

値比重	有効徑均等係 mm 數	粒度率	粘土%	沈泥%	500# 止リ	100# 止リ	80#止40#止	40#止20#止	20#止10#止	10#止リ	
2.59	0.0027	61.81	2.34	16.0	30.7	9.4	10.6	14.4	18.7	0.2	0.0

(2) 三木村：三木村に於ける被害の内こゝで述べるのは江沼郡三木村字橋の部落で、被害の状況は部落背後の山に無數の平行龜裂を生じ、山腹が階段状に沁り出し、之が爲に山麓に接した家屋は、土臺が沁り出し、家屋は倒壊或は傾斜し、又崩壊した土砂をかぶる等1部落がほとんど全滅の状態を示している。この山は大聖寺川左岸にほぼN-80°-Eの方向に突出した高さ約60m位の細長い丘陵性の山で、新第三紀の粗鬆砂岩層の上を洪積層の厚い砂層が覆つていゝもので、いずれも可成り軟弱な砂層なる爲、地震の振動により沁り出したもので、側方流動を起した形跡も見られない故、單なる沁出し現象にすぎないものと思われる。村民の話によれば美濃大地震及び關東大地震の時にも多少の崩壊があつたと云われている。今後も大地震には再び災害をくりかえす懼れはあり、今の崩土が安定するまでは大雨の後や、餘震に於ても多少の沁り出しが續くかも知れぬが、村民の心配する如き地質構造的な斷層によるものではなく、又此處を今後全く宅地として不可能とする心配も無いと思われる。

§ 22 片山津町

(1) 片山津町に於ける被害の主な處は、柴山湯西南側の埋立地の温泉地帯である。此處では地割れを生じ、之より極めて多量の水及び砂を噴出し、道路並に床下等より水砂を噴出し一面の水となつた様である。又各所に於て著しい不同沈下を起している。之が爲家屋は傾斜し、特に水際に近い旅館は著しく湯の方向に傾斜し、一部は倒壊するに到つている。かくの如く周邊地域の被害に比して、埋立地にのみ比較的被害の著しかつた原因は一に基礎地盤の悪かつた爲と云えよう。而もこの様な惡地盤にかゝらず、基礎工事に充分な考慮がはられてゐなかつたものが多く、又旅館等は建物が長大な割に粗雑なものが多し點も大きな原因となつたであらう。〔寫眞91.92.93〕

片山津町に於ては取り上げるべきほどの土木施設物は無く、被害の主なものは一般家屋であつた爲、我々としては細部にわたる説明を省略する。

(2) 柴山湯に於ける靜振に關するもの：柴山湯に於て靜振現象があつたと云う噂を耳にしたので、ボート管理人その他多數の近傍の人々より聞き取つたが、全くその様な現象の無かつた事がわかり、又その痕跡らしきものも發見されなかつた。最も檢潮儀を据え付けて置けば多少の靜振現象は認められたに相違無いであらう。片山津温泉地帯では上述した如く無數の龜裂より極めて多量の水を噴出し道路は一面の水となつてあたかも川の如くにその水が湯に流れ込んだと云うから、この事實がかゝる噂として傳えられたものと思われる。尙今江湯、北浦湯等に於ても靜振現象は認められなかつた。

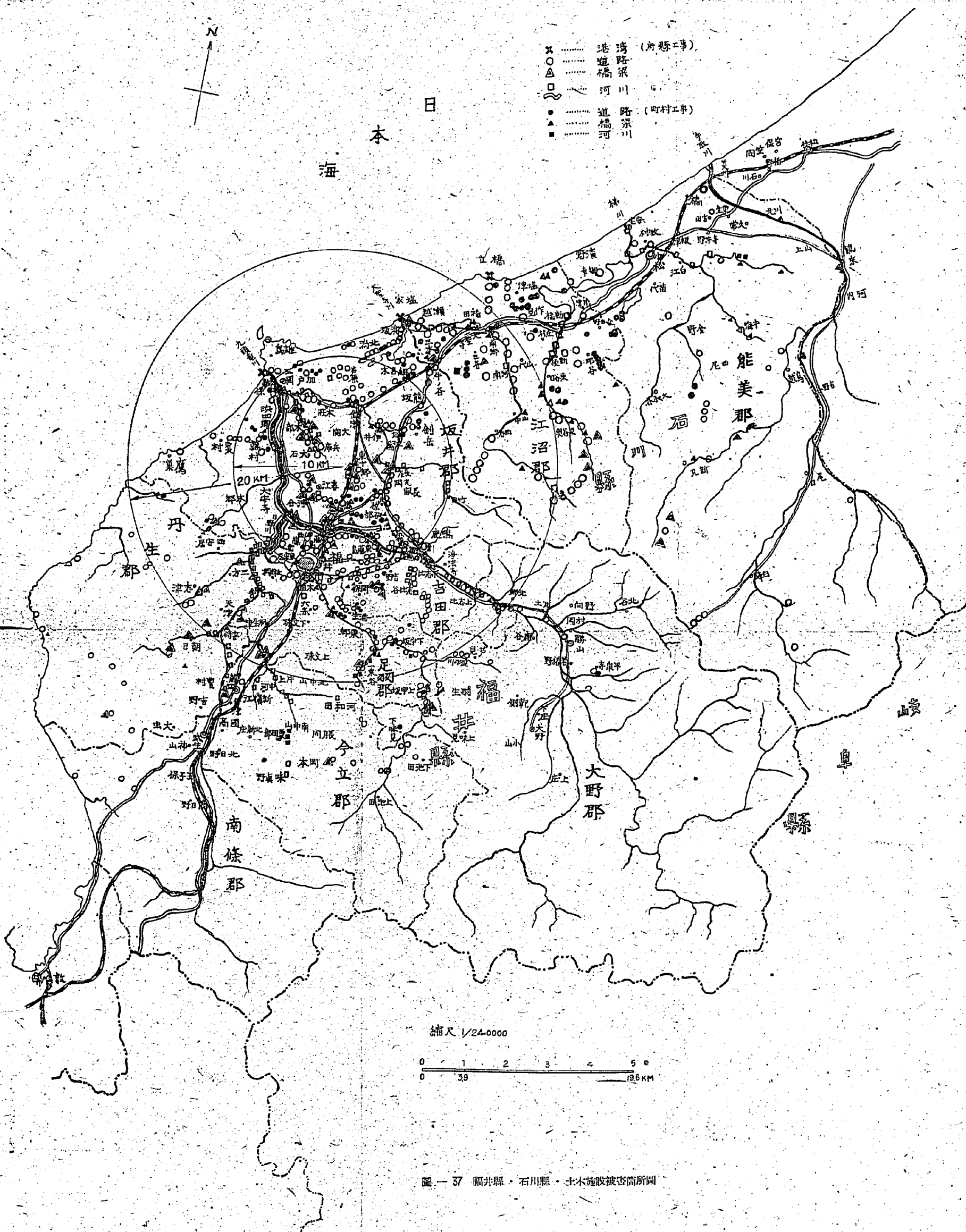
§ 23 被害橋梁資料

吾々の調査したものではないが學術研究會議北陸震災調査團において調査したもので本文にない主なるものを資料として次に掲げておく。

表-25

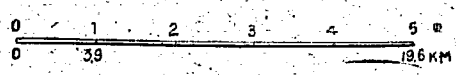
河川名	橋梁名稱 (橋軸方向)	構造形式	上下部の變狀概況		
			橋台	橋脚	上部構造
三谷川	蒼生橋 (N-S)	鐵筋コンクリート 單桁(單徑間)	コンクリート造 福井方上流橋臺の袖脱落袖と橋臺の緊結弱くしかも橋臺下中空のため振動によりふり落さる		
竹田川	芦原橋 (N-S)	鐵筋コンクリート T桁(3本)有効幅員5.5m8徑間	コンクリート造 大した異常なし	鐵筋コンクリート造 (solid) 大した異常なし	lateral blaeなし 橋臺上の桁端壓壞
兵庫川	新橋 (N-S)	鐵筋コンクリート T桁床版15cm 支間3.05m×3有効幅5.5m	鐵筋コンクリート造	鐵筋コンクリート造 (支柱式3本)	主桁63cm×40cm(5本),金澤方橋台上にて桁は7cm西, 8cm北に移動, 福井方桁は移動せず
兵庫川	某橋 (N-S)	I-桁橋 土橋(3徑間)	鐵筋コンクリート 傾斜	鐵筋コンクリート造 (支柱式2本)	中央徑間で は歪錐に捩りを見る
九頭龍川 文川(布施 田橋附近)	七瀬橋 (N-25°-W)	鐵筋コンクリート T桁(3本)斜橋, 3徑間連続 兩端突桁 6.6m+6.8m+6.6m, 有効幅員5.9m		鐵筋コンクリート造 (solid) 異常なし	異常なし

足羽川	幸橋	鉄筋コンクリート桁(6°の斜橋) 中間支間 15.1m × 2 側支間 15.3m × 7 有効幅員 16.8m	鉄筋コンクリート柱 (左岸)龜裂 傾斜, 親柱 移動	鉄筋コンクリート (3本支柱式) 異常なし	主 桁 8 異常なし
足羽川	九十九橋	鉄筋コンクリートT桁(西側徑間) 鉄筋コンクリートT桁2徑間連続(中央3徑間10°の斜橋) 中央支間14.55m × 8側支間13.8m × 2, 有効幅員12.10m	抗打基礎 鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造(3本支柱式) 左岸より NO. 4 ~ NO. 8 円形井筒 NO. 1 ~ 2, NO. 5 抗打基礎	主桁(S) 橋全體として左岸へ(橋脚方向)移動
足羽川	花月橋	木 橋	コンクリート造 左岸橋台上 支承部に水平龜裂	木 造 (支柱式) 稍々右岸に傾斜	
足羽川	足羽橋 (明里橋)	T型鋼桁 (西側5徑間) 鉸 桁 (中央3徑間) 側支間 9m × 10 中央 15.35m × 3 有効幅員 5.4m	鉄筋コンクリート造 左岸上流側 親柱1個倒 壊右岸傾斜	鉄筋コンクリート造 (1型部3本 鉸桁部2本 支柱式) 左岸 NO. 4 傾斜	
(福井市内) 足羽川	旭 橋 S—50°—E	鉄筋コンクリート 連続(斜橋)市 内8m + 10m + 6m	鉄筋コンクリート造	鉄筋コンクリート造	T型7個 桁スラブ全體が東部左岸橋台側を轉すると共に反時計側に8°回轉, そのため桁一本は橋脚上よりはずれている。



- ○ ○ ○ 港灣 (府縣工事)
- ○ ○ ○ 道路 (府縣工事)
- ○ ○ ○ 橋梁 (府縣工事)
- ○ ○ ○ 河川 (府縣工事)
- ○ ○ ○ 道路 (町村工事)
- ○ ○ ○ 橋梁 (町村工事)
- ○ ○ ○ 河川 (町村工事)

縮尺 1/24,000



圖一 37 福井縣・石川縣・土木施設被害箇所圖

河川名	橋梁名稱	構造形式	上下部變狀概況
(福井市内) 足羽川	中橋	鐵筋コンクリート固定ラーメン	ラーメン内面の上部隅角部に龜裂取付道路の盛土に沈下(20~30cm)袖石垣ははらみ出している。

§ 24 復 舊 豫 算

今回福井・石川兩縣を襲ふる地震に依つて蒙れる損害は、當局發表によれば福井縣3,000億円石川縣50億円と稱されたが、當時一般に福井縣の被害は石川の約10倍程度と言われて居つた。之に失われ、或は傷いた人命を考へるとき、災害の度⁸に防災と言う事が如何に重要な課題であるかを痛感するものである。

此の内土木施設の被害額に就ては福井縣33億円石川縣1.4億円と發表されて居る。以下之等の内建設省關係のものに就て、河川局防災課調査及び、兩縣發表の災害調査書等を參考として、土木施設の被害状況を數的に説明致し度い。

地震の發生は6月28日であつて福井縣に依り發表されたる概況報告は7月3日現在又石川縣發表は7月5日現在であつて、一方我々調査隊の行動中7月16日頃漸く福井市と縣北部との電話が復舊せる状態であるから、斯かる⁹欠乏の間に於ける調査が困難を極めたものであつた事を想定せねばならぬ。又斯る天災に對しては從來より國庫補助を以て復舊するのであるが、その爲には極めて嚴正なる調査資料が要求される事は論を俟たない。従つて此の兩者を調整する困難は今回の福井縣に於ける如く土木部廳舎が被災して參考書類の搬出困難の場合には倍加する。防災課に依る調査は福井縣8月21日~8月30日の10日間、石川縣7月26日~7月30日の5日間、夫々調査を實施せるものである。圖一73に福井、石川兩縣に於ける被害箇所を示す。

表-26 (a) 福井縣災害調査表

種 別	本 復 舊		應 急 復 舊	
	箇所數	金 額	箇所數	金 額
縣 工 事		円		円
道 路	357	160,360,000	114	18,392,000
橋 梁	97	171,217,000	23	6,588,300
河 川	120	1,046,733,000	27	68,979,000
砂 防	1	814,000	0	
計	575	1,379,124,000	164	93,954,000
市町村工事				
道 路	118	45,585,000	1	21,000
橋 梁	83	18,652,000	2	348,000
河 川	21	4,548,000		
計	201	68,785,000	3	369,000
合 計	776	1,447,909,000	167	94,323,000

表-26 (b) 福井縣出張所別災害調査表

出張所	工事別	種 別	本 復 舊		應 急 復 舊	
			箇所數	金 額	箇所數	金 額
福井出張所	縣工事	道 路	180	99,388,000円	59	11,035,000円
		橋 梁	47	133,944,000	19	4,018,000
		河 川	59	591,563,000	7	32,617,000
	市町村工事	道 路	69	35,495,000	1	22,000
		橋 梁	52	13,665,000	2	348,000
		河 川	13	3,587,000		
	計		420	882,642,000	88	48,040,000
三國出張所	縣工事	道 路	139	52,30,6000	45	6,251,000
		橋 梁	42	25,77,3000	1	720,000
		河 川	42	440,93,1000	9	29,150,000
	市町村工事	道 路	46	9,509,000		
		橋 梁	26	4,382,000		
		河 川	6	831,000		
	計		301	533,732,000		

第5章 調査區域に於ける土木施設物並にその他構造物の被害状況 131

期日出張所	縣工事	道橋河	路梁川	15 5 7	2,937,000 6,339,000 11,779,000	4 2 5	330,000 1,763,000 6,939,000
	市	橋	梁	3	307,000		
	計			30	21,472,000	11	9,057,000
粟田部出張所	縣工事	道橋河砂	路梁川防	11 3 10 1	3,143,000 161,000 1,808,000 814,000	3 1 6	117,000 63,000 253,000
	市町村工事	道橋河	路梁川	1 1 2	21,000 74,000 130,000		
	計			29	6,431,000	10	433,000
	縣工事	道河	路川	4 2	823,000 501,000	3	660,000
	市工事	道橋	路梁	1 1	241,000 165,000		
武生出張所	計			8	1,823,000		
	縣	道	路	8	1,720,000		
	市	道	路	1	100,000		
勝山出張所	計			9	1,820,000		

表—26 (○) 石川縣災害調査表

種 別	本 復 舊		應 急 復 舊	
	箇所數	金 額	箇所數	金 額
縣 工 事				
道 路	107	31,907,000 _円	73	23,091,000 _円
橋 梁	32	9,852,000	23	8,939,000
河 川	35	23,148,000	33	22,550,000
計	174	64,907,000	129	54,580,000
市町村工事				
道 路	48	9,556,000	48	9,556,000
橋 梁	31	7,930,000	23	6,331,000
河 川	3	624,000	3	624,000
計	82	18,110,000	74	16,511,000
合 計	256	83,017,000	203	71,091,000

福井大震災調査報告

表-25 (d) 石川縣出張所別災害調査表

出張所	工事別	種別	本復舊		應急復舊	
			箇所數	金額	箇所數	金額
大聖寺	縣工事	道路	85	27,331,000	54	18,540,000
		橋梁	25	4,383,000	16	3,474,000
		河川	17	13,830,000	15	13,232,000
	市町村工事	道路	37	8,044,000	37	8,044,000
		橋梁	23	6,141,000	16	5,446,000
		河川	1	255,000	1	255,000
		計	188	60,037,000	139	48,991,000
小松	縣工事	道路	15	1,929,000	15	1,929,000
		橋梁	5	2,349,000	5	2,349,000
		河川	18	9,319,000	18	9,319,000
	市町村工事	道路	11	1,512,000	11	1,512,000
		橋梁	8	1,789,000	7	885,000
		河川	2	369,000	2	369,000
		計	59	17,267,000	53	16,363,000
金澤	縣工事	道路	7	2,678,000	6	2,622,000
		橋梁	2	3,117,000	2	3,117,000
		計	9	5,795,000	8	5,739,000

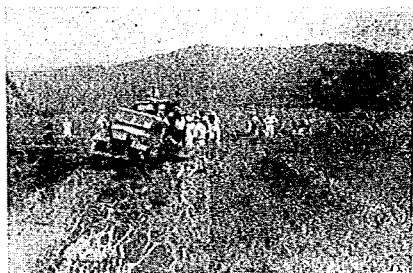


写真-22 長畝一丸岡間道路



写真-23 長畝一丸岡間道路

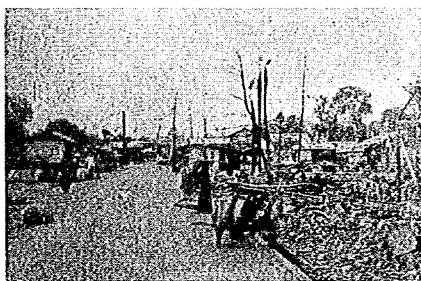


写真-24 丸岡町内(コンクリート舗装被害無)

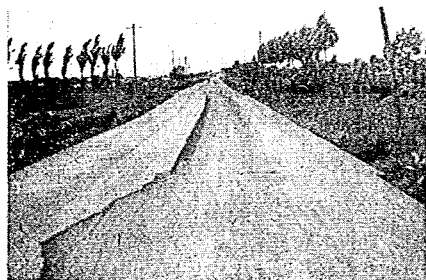


写真-25 幾久附近のコンクリート舗装道路



写真-26 幾久附近のコンクリート舗装道路

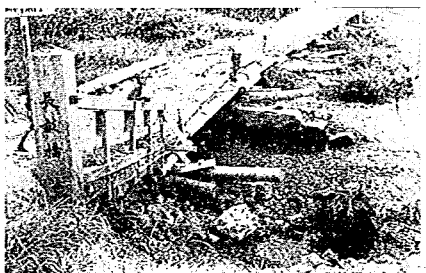


写真-27 長 畝 橋

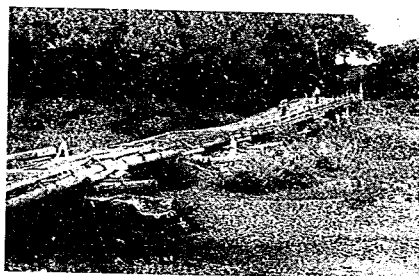


写真-28 長畝橋(左岸上流より)



写真-29 舟橋

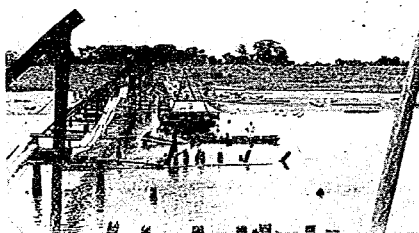


写真-30 舟橋(森田より)

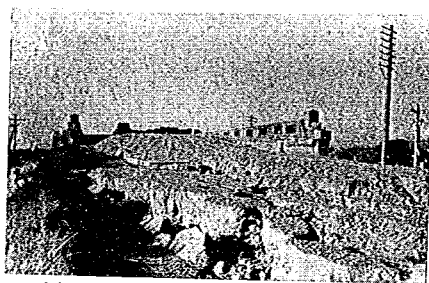


写真-31 12號国道防線橋高木橋

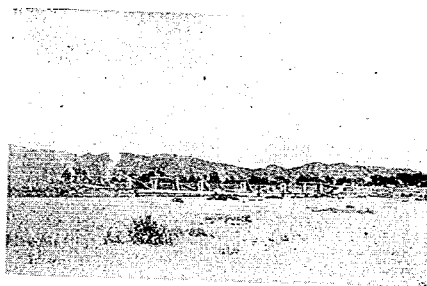


写真-32 中 角 橋

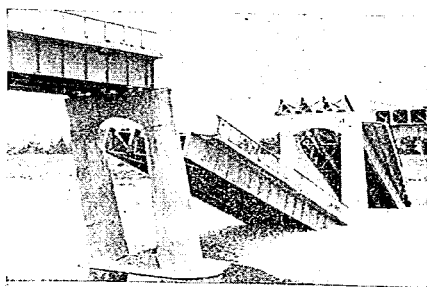


写真-33 中角橋主桁の轉落せる状況

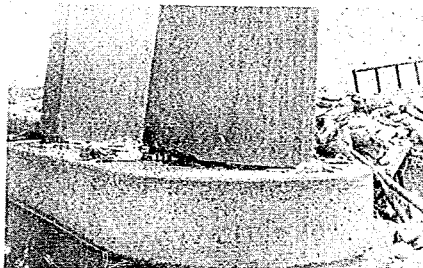


写真-34 中角橋井筒と樁との取付部の亀裂

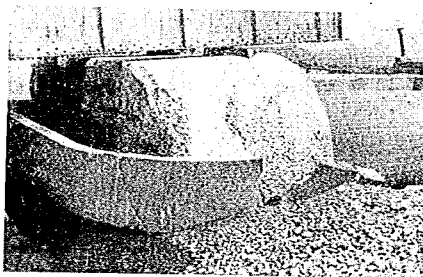


写真-35 中角橋井筒壁の破壊並に樁の轉倒
状況

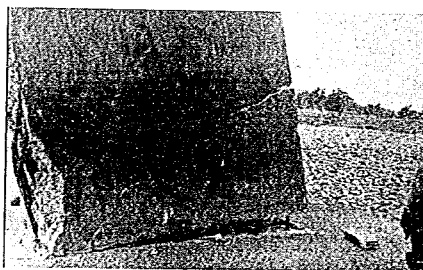
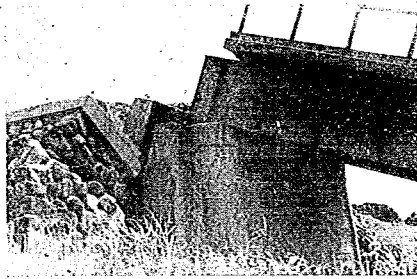


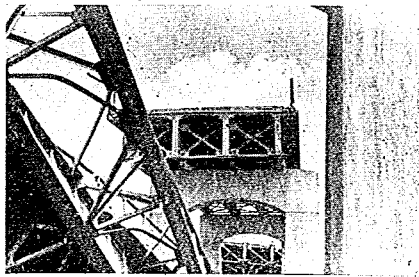
写真-36 中角橋橋脚樁の亀裂



写真—37 中角橋主桁の轉落状況(正面)



写真—38 中角橋左岸橋台部の破壊状況



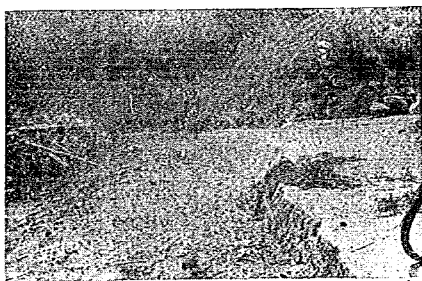
写真—39 中角橋主桁の滑動状況



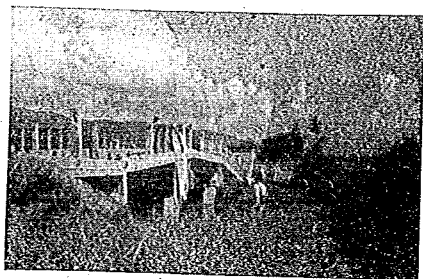
写真—40 坂井郡加戸村加戸
大堤（縣道三國荻
原線附近被害狀況）



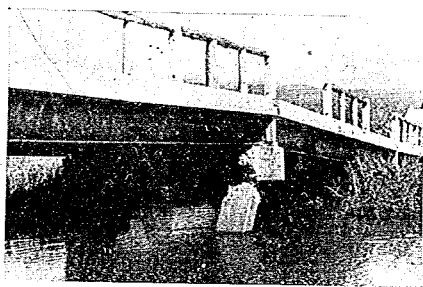
写真—41 福井縣坂井郡加戸村地内大堤南側
水田被害狀況



写真—42 三國—荻原線



寫眞—43 長 屋 橋



寫眞—44 長 屋 橋



寫眞—45 武 田 川 港 橋



寫眞—46 新 保 橋



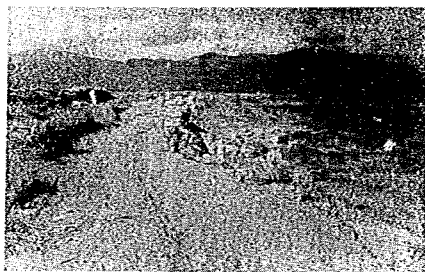
寫眞—47 九頭龍川左岸水田隆起北野下附近



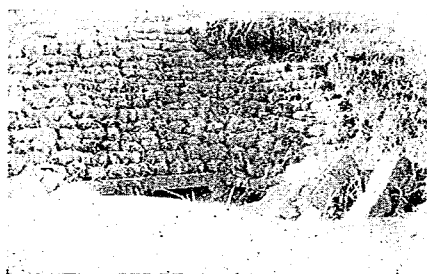
寫眞—48 九頭龍川左岸堤防



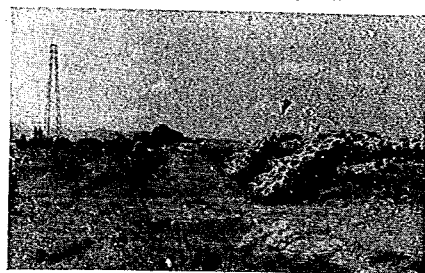
写真—49 九頭龍川大岸堤
防新田三ヶ附近



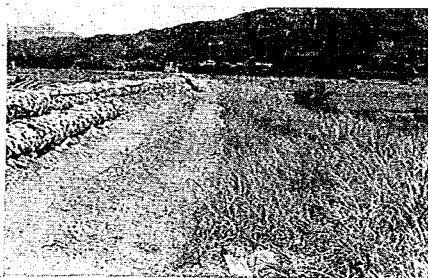
写真—50 九頭龍川左岸堤防高水敷の亀裂
南河合新保寺前中間附近



写真—51 九頭龍川左岸掘門五松橋一船橋
寺前用水



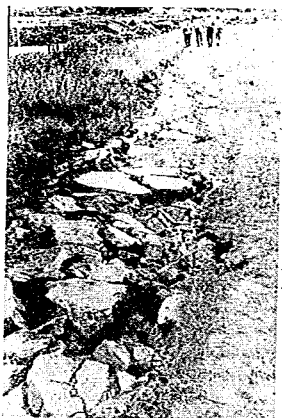
寫眞—52 九頭龍川左岸堤防(五松橋下流)



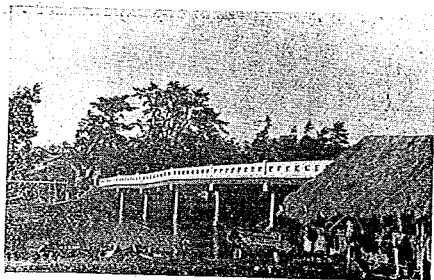
寫眞—53 九頭龍川左岸堤防(五松橋下流700m)



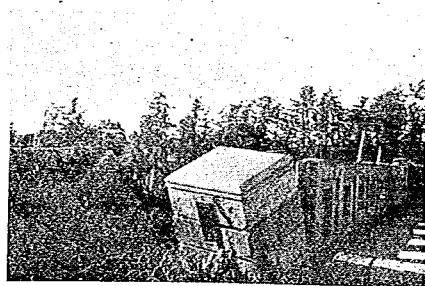
寫眞—54 大聖寺川堤防龜裂(右岸)



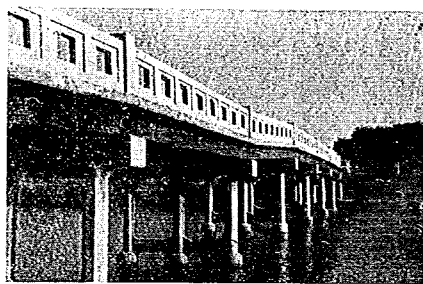
寫眞—55 大聖寺川堤防亀裂(右岸)



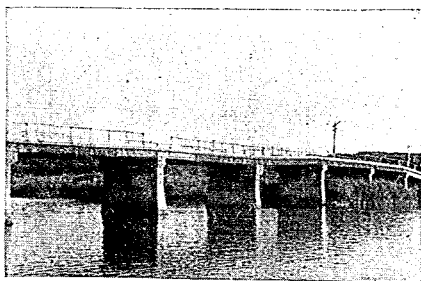
寫眞—56 大聖寺川鹽屋大橋(左岸下流側より)



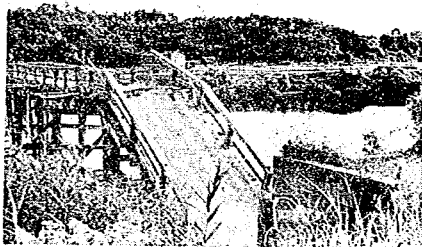
寫眞—57 大聖寺川鹽屋大橋(左岸)



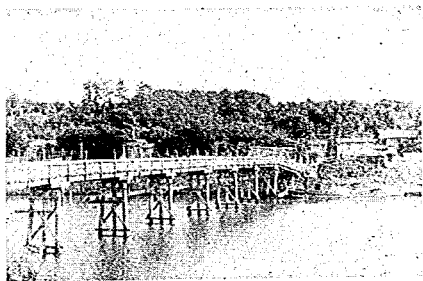
写真—58 大聖寺川鹽埜大橋



写真—59 大聖寺川瀬越村瀬越橋



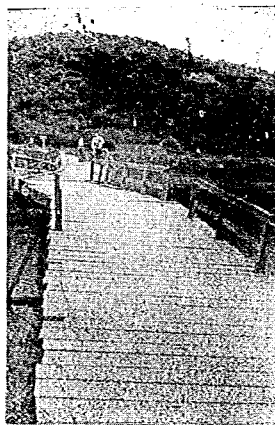
写真—80 大聖寺川永井橋(右岸より)



写真—61 大聖寺川永井橋(右岸より)



写真—62 大聖寺川三ツ橋(右岸)



写真—63 大聖寺川三ツ橋
右岸より

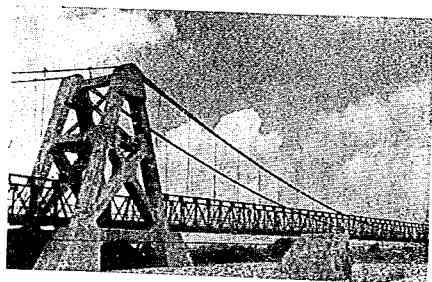


写真-64 五松橋(左岸上流より)

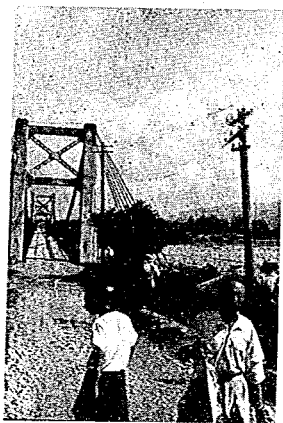


写真-65 五松橋(左岸)

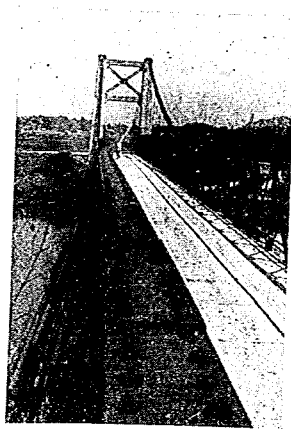
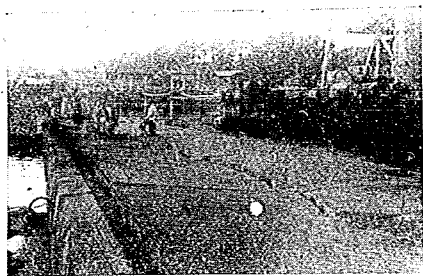
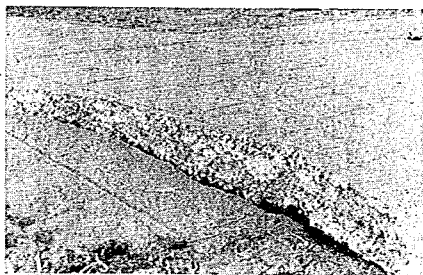


写真-66 五松橋



寫真—67 三國港物揚場



寫真—68 三國港物揚場



寫真—69 三國港防波堤

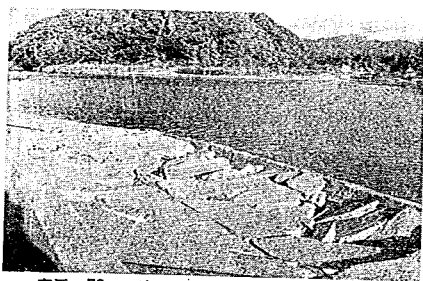


写真-70 鹽屋港物揚場

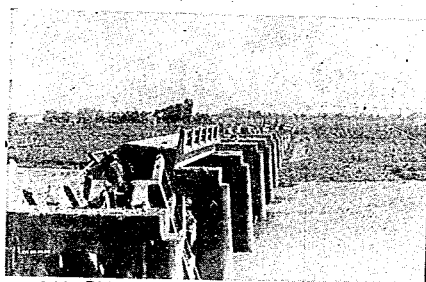


写真-71 福井市板垣橋(左岸より)



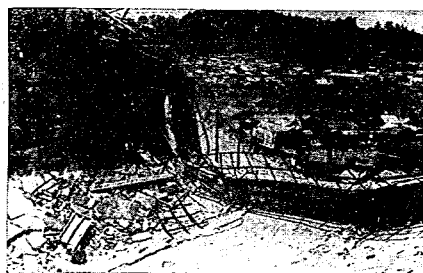
写真-72 福井市大和ビル



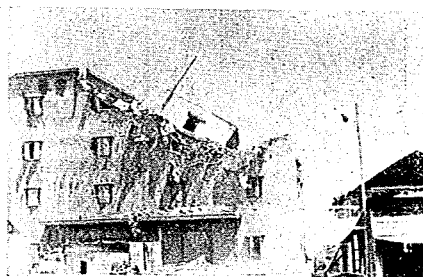
写真—73 大和ビル通柱壓砕破壊



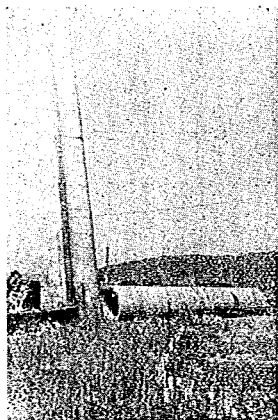
写真—74 大和ビル梁の破壊



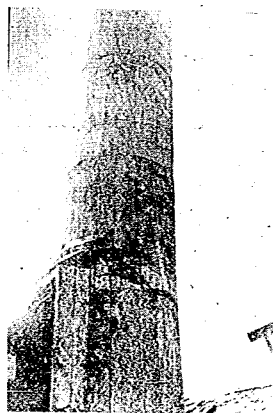
写真—75 大和ビル(屋上)



寫眞—76 福井人組倉庫



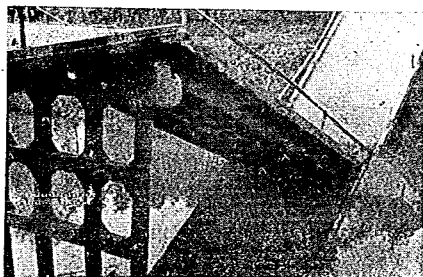
寫眞—77 三菱重工業煙突
(福井市内)



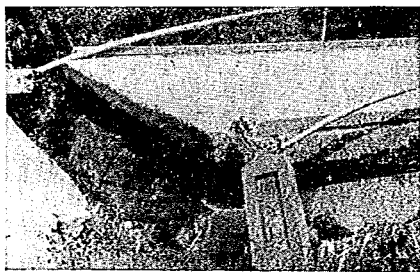
寫眞—78 眞柄組營業所煙突
(福井市内)



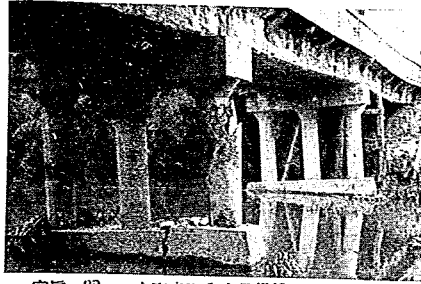
寫眞—79 大聖寺町内辨天橋



寫眞—80 大聖寺町内辨天橋



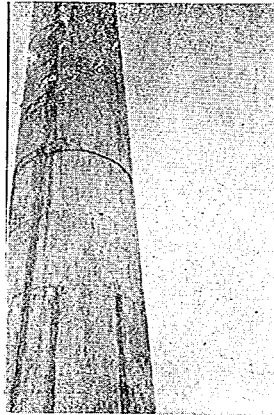
寫眞—81 大聖寺町内辨天橋



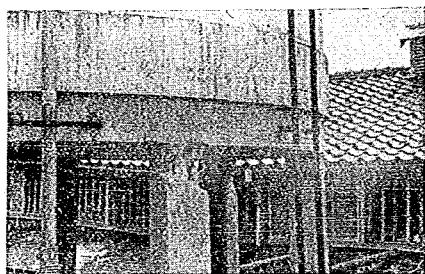
寫眞—82 大聖寺町内木呂場橋



寫眞—83 大聖寺町内木呂場橋



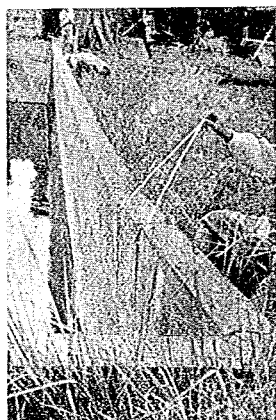
寫眞—84 大聖寺町内精練工場
煙突



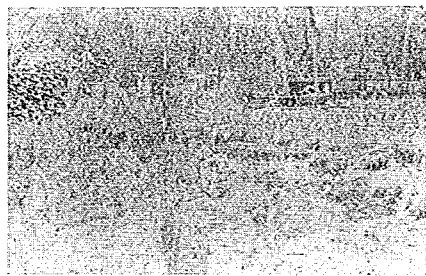
寫眞—85 大聖寺町内精鍊工場水槽



寫眞—86 大聖寺町内精鍊
工場水槽



寫眞—87 大聖寺町内精鍊
工場水槽壁



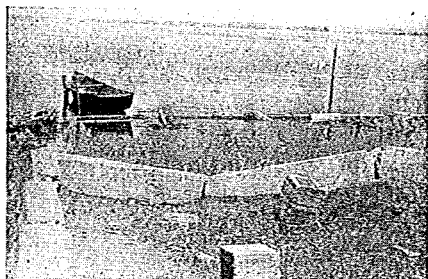
写真—88 瀬越村裏山砂丘地にり



写真—89 瀬越村内コンクリート舗装板の破壊



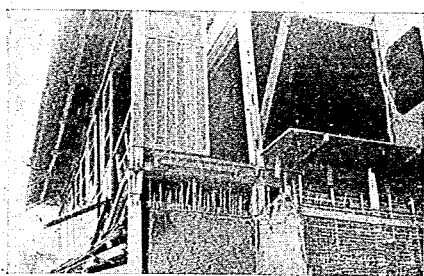
写真—90 大聖寺川瀬越村川岸土止壁押出



寫眞—91 片山津温泉



寫眞—92 片山津温泉(泉貨間)



寫眞—93 片山津温泉

第6章 被害に対する所見

第5章においては本隊の調査方法に従い被害状況について記述したが本章においてはこれらの被害を道路、橋梁、河川堤防、コンクリート構造物に分類抽出してこれらに対する吾々の所見を述べることに致し度い。所見は調査後数次に渉る討議により一應意見として述べる事に決定したものについて記述することとする。従つて所見中には可成り大膽な事も申し述べられ又議論の箇所も多くあることと思われる。これ等の中で必要な事項は今後吾々の研究テーマとして究明して行く予定である。信頼すべき結果を得た際には逐一それを本所所報において報告して行く所存である。

§ 25 被害の種類

(1) 道路

今回の地震に依る道路の被害を各項目別に分類すれば大體次の如くである。

(a) 沈下：路面の沈下の原因を大別すれば次の如くである。

(i) 地盤沈下：第2章に示せる如く平地部の沖積層地帯は一般に沈下を示し之に伴つて路面の沈下を生じている。

(ii) 圧密沈下：地盤の震盪に依り路盤も一般に沈下し、溝橋、橋梁の取付部に於ては橋臺基礎は比較的堅固なる爲、取付部に比し沈下少なく之が爲、かゝる箇所に於ては高低差を生じ車輪速度は著るしく制限せられている。

(iii) 側方流動に依る沈下：基礎地盤の支持力不十分となり築堤基礎兩側の土砂が側方に押し除けられて生ずる沈下であり、大規模のものは無かつたが九頭龍川右岸堤防兼用道路(府縣道鳴鹿森田線)に於て認められた。

(b) 法面崩壊：盛土高の大なる法面は崩壊が激しかった。指定府縣道福井加賀吉崎線に於ける蘆原町地内の新道、國道12號線跨線橋高木橋取付道路、九頭龍川右岸堤防兼用道路（鳴鹿森田線）等はその例である。又指定府縣道福井加賀吉崎線に於ては切土法面の崩壊あり、蘆原三國線に於ても同様の被害あり之等は粘着力乏しき粗粒砂質土にして不安定なものである。

(c) 龜裂：縱龜裂は隨所に生じているが多くは路肩部より1m内外内側及び中央部に見られ、法面には見られなかつた。龜裂開口は1m以上に達するものあり、又その喰違高は最大約1.5mに達している。横龜裂は少く極めて細くようやくそれと認められる程度のもので、主として暗渠樋門等地下構造物の直上に限られていた。

(d) 山崩れ：丘砂地帯の崩落土砂に依る道路埋没の被害は指定附縣道福井加賀吉崎線に於て發生した。

(e) 路床路盤の軟化：路面の沈下に依り路盤路床が著しく地下水に影響され泥濘化せられるものにして、國道12號線に於て見られた。

(f) コンクリート鋪裝版の龜裂、目地の開口、重なり：龜裂の發生は主として路盤の不等沈下により二次的に生じたもの多く中には瀬越村の鋪裝の如く兩側より押され地盤土砂の膨れ上りにより龜の子狀に微塵に粉碎せられた例もある。側溝等に依る移動の制限なき箇所には鋪裝版が縱横に移動し約30cm程度開口を生じている所が多い。鋪裝版の重なりは指定府縣道福井加賀吉崎線蘆原町地内及び福井市足羽公園附近に於て見られ最大約30cmの重なりを生じた。

(2) 橋梁

第5章に於て被害橋梁の實狀を記述したが本節に於てはこれらの被害を分類抽出して述べることにする。第一に述べなければならない事は橋梁の被害は殆ど下部構造に限定せられている事である。上部構造の被害は主として下

部構造の轉倒その他の破壊に際し衝撃等によつて生じた云わば二次的のものが大部分であり直接地震力により被害を生じたものは極めて稀であり又被害の内容も後にのべるように極めて輕微なるものであつた。我々の調査した橋梁のうちで直接上部構造が被害を受けていたものは大聖寺町の木呂場橋、瀬越村の瀬越橋、松岡町の五松橋の3橋にすぎなかつたが瀬越五松の兩橋の上部構造の被害については直接地震力によるものと云う觀點からすれば矢張議論があり結局上部構造の被害として無條件に受け入れられるものは木呂場一橋にすぎないと云う狀況である。この事を前提として被害の種類と次に抽出分類して見ることにする。

(a) 橋脚の被害

- (i) 沈下
- (ii) 傾斜
- (iii) 轉倒
- (iv) 龜裂

(b) 橋臺の被害

- (i) 沈下
- (ii) 傾斜 (主として前面に傾斜する)
- (iii) 滑り出し
- (iv) parapet wall の破壊
- (v) 橋臺取付部の沈下
- (vi) 橋臺袖部の破壊
- (vii) 龜裂, (袖との取付部及び正面壁に水平に入つたものが多い)

(c) 上部構造の被害

- (i) 橋桁碇着部の破損
- (イ) アンカーボルトの彎曲變形したもの

(ロ) アンカーボルトが橋臺橋脚から離脱したもの

(ヘ) roller end (可動端) の上下方向の緊結が破壊し桁が移動したもの

(ii) 主桁の破壊

(イ) 主として鉄筋コンクリート桁において橋臺上の部分が振動のため parapet wall と衝突して龜裂壓潰を生じたもの

(d) その他重要な被害

(i) コンクリート橋に於ける施工目地の龜裂破壊

(ii) 鉄筋コンクリート橋に於ける配筋の不十分、乃至は不良なるための被害

(iii) コンクリートの品質不良に基づく龜裂破壊

(3) 堤防：前章に述べた九頭龍川、大聖寺川の被害状況の内から、その種類を抽出分類すれば次の如くである。

(a) 沈下：基礎地盤又は堤體の壓密による沈下及び基礎地盤の側方流動 (lateral flow) によるもの、その他樋門内部の巻立工の落下に伴うもの、及び地盤自體の沈下に伴うもの。

(b) 法面の崩壊及び法尻のはらみ出し：法面の崩壊は隨所に生じているが、樋門上部に局部的に行われている所もある。

(c) 縦龜裂：堤防天端に最も多く、法面高水敷にも可成現れ、又低水敷の石張護岸にも見られる。

(d) 横龜裂：樋門上部の天端法面及び新舊兩堤接合部の新堤側天端

(e) 樋門の損傷：袖、かきみ部の崩落龜裂樋門内部の巻立工の落下。

(4) コンクリート構造物：コンクリート構造物の被害を抽出分類すると次の通りである。

(a) 打繼目及びその附近のコンクリートの龜裂、剝落、橋脚、橋臺、煙

突等コンクリート構造物の被害の殆ど全部に見られる。

(b) 打継部の開口：中角橋橋脚に見られる。

(c) 構造物の一部剝脱：鉄筋の挿入をかねていた爲に起り、大聖寺精練工場貯水池、長屋橋橋脚に見られる。

(d) 柱の壓挫破壊：大和百貨店柱に見られる。

(5) 港 灣：三國港及び鹽屋港

(a) 岩壁のとり出し及び傾倒

(b) 物揚場斜面のコンクリート床版の龜裂及び破壊

(c) 防波堤の沈下

(d) 防波堤コンクリート方塊の移動及び天端コンクリート面の縱龜裂、前者は鹽屋港に於て後者は三國港に於て見られた。

(e) 空石積防砂堤の石塊轉落に伴う崩壊

(6) 上 水 道：福井市上水道

(a) 直管曲管の折損及び接合部の離脱

(b) 三承十字管、二承十字管の承口折れ

(c) 制水弁、分水栓、消火栓、止水栓の折損、漏水、胴破れ、開閉不良等

(d) 配水池コンクリートの龜裂剝落等

(e) 揚水ポンプ場に於けるポンプ取付部の曲管の切斷

(f) 伏越部の配水管の折損

(g) 源井の井戸枠の沈下

§ 26 所 見

§ 25において施設物別に被害分類抽出したが本節においてはこれ等の被害を中心として所見をのべることにする。所見は破壊の機構將來の對策研究上の問題等に關するものであり一應調査隊員の間で數次に渉る討議の結果を記

述せんとする次第であるが内容は本章冒頭に述べた通り相當に大膽なるもの
或は全く別個の見方の成り立つもの等種々議論の餘地あるものが多々あると
思われる。殊に今後の研究に俟つて處理せらるべき問題でも一應見解を記述
した部分もある。これ等に関しては諸賢の御高見、御忠告を積極的に伺い誤
があれば之を正し、土木施設の耐震構造に關し微力を致し度いと念願してい
る次第である。

各論に入る前に今次地震の被害の特性とも見られる事柄について一般的な
意見をのべる事にする。これを箇條書として次に列記する。

(イ) 今次地震は震央附近に於ては絶大なる被害をあたえているが被害を
受けた區域は非常に狭小で殆ど九頭龍川水系の流域に限られていること。

これは昭和5年11月26日に發生した北伊豆烈震の場合にも同様のことが云
われ、極淺發地震の一つの持長とも見ることができよう。

(ロ) 被害は地質構造と密接なる關係を有し沖積層地帯にては大なる被害
を受けているが§6に述べたように山手の洪積層又は第三紀層の地域では著
るしく被害が減少している。

この事實は既往大地震における被害狀況から既に明にされている所である
が今次地震においても判然たるものがあつた。但し地質構造が良好であるな
らば一般に被害は少ないと云うことはできるがこの他にその土地の卓越週期
と構造物の固有振動週期との共鳴により地盤の良好なる箇所においても思わ
ざる被害を生ずる場合があるからこの點に關しては充分注意することが必要
である。地震研究所の談によれば福井地方の卓越週期は0.5秒内外である。

(ハ) 被害をあたえるものは主として表面波であると考えられる。しかし
てこの波は地中に入るに従い急激にその振幅が減衰し破壊力を著しく減少す
るものである。

この事柄も既に明にせられている所であるが今次地震においても若干の例

からこれを理解することができた。rayleigh 波の簡単な場合を例にとれば變化が y 方向に無關係なる場合には（表面に x, y 軸、深さに z 軸をとる）彈性論にて既知の通り

$$\xi = P e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \sin \left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\tau} \right)$$

$$\zeta = O e^{-\frac{2\pi z}{\lambda}} \cos \left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\tau} \right)$$

をとる事ができるから rayleigh 波の變位は深さに對し指數函數的に減少することは周知の通りである。又東京丸の内に於ける地震研究所の觀測結果によれば（震研彙報12ノ2）地上と地下68尺とでは振幅が $1/3 \sim 1/5$ になる事が報告せられている。振幅の地下に進むに従つて減衰する狀況は、勿論地質その他によつて異なり一概に云うことは出来ないが、少なくともこの事實は耐震構造として所謂 deep foundation の必要性を暗示するものであると云えよう。deep foundation を採用すれば、これに應じて構造物の形式が構造經濟上の問題と關連して定まつて來るものと思われる。この事は構造物の種類によつては從來と大分型式の異なつたものが登場する可能性を多分に含むものと云うことができよう。

この事は本節(2)橋梁の部分で更に詳細にのべる予定である。

(ニ) 構造物殊に橋梁の被害は殆ど下部構造に限定せられ上部構造は殆んど被害を受けていないこと。

この事については既に述べた通りである。

(ホ) コンクリート構造物に於ては品質並に施工の良否が被害に非常に關係すること。粗悪なる品質並に施工のものは必ず致命的の被害を受けていたこと。

コンクリートの強度は現場において作られるものでありその意味から施工

に重點のおかれることは改めて申すのもおかしい位當然の事であるが依然として粗悪なるコンクリートが跡をたない現狀に鑑みコンクリートの施工に超重點をおく施策を全技術者こぞつて研究し實行しなければならぬと考える。良質なるコンクリートを作ること耐震上から見てもその理論的方面の研究と同様重要なものであり、かりそめにも忽にすることのできないものであることを強調したい。なおこの事柄については本節(4)コンクリート構造物の部分で更に詳細に述べる予定である。

以上をもつて今次地震の被害に關する一般的所見として以下道路、橋梁、堤防、コンクリート構造物に分けて各論的に所見をのべることにする。

(1) 道路：人體の血管にも比すべき道路に於ては、被害はそれ自體に止まらず、連絡、救護物資、復舊資材、人員等の輸送に障礙を來し影響する所は極めて廣く且つ大である。震害は一時に發生する爲應急の對策には道路の啓閉が先決問題である。

今回の震害調査に於て痛感した事は、道路幅員の狹隘に起因する障礙である。連絡地區に於ける倒壊家屋の道路閉塞に依る交通の杜絶は事人命に關する場合少しとしない。又震災直後の車輛交通の急増は當然予想せられる所で、速かに道路の幅員は少くとも2車線に擴張する事特に市街地に於ては安全交通火災予防の見地からも更に大なる幅員となす事を強調したい。

次に倒壊家屋の強制除去を實施し得ざりし爲に道路の開通が遅刻した事であるが、かゝる緊急の場合には強制的な措置をなし得る様にせねばならぬ。

道路は廣範圍に亘り網狀に築造される構造物であるから、様々な地盤の上に種々その土地で利用し得る土砂を基盤として設けられるものであるから、地震に依り多少の被害が必ず伴うものである事は覺悟せねばならぬ所であるが、最も肝要な事は路盤の締固めの一様性である。地震に依る沈下が漸次に連続的に生じた場合には尙交通にはさしたる支障はない。此の點から考える

と舊河川敷の跡、沼澤地等の埋立地等地盤の軟弱なる箇所は地盤土質の改良、支持力増強工法を実施して少くも隣接部の地盤と同程度となしたる後路盤工を行う必要がある。又盛土箇所特に橋梁取付部に於ては締固めは不充分となり勝ちで今回も壓密沈下を例外なく発生しているから、かかる箇所は入念に振壓しても、し過ぎる事は決してない。

土工に於ては土質の検討を充分に行い、土質の改良、最適含水量に於ける締固め等を考慮せねばならない。国道12號線に於ける丸岡町附近の路床路盤の地下水による泥濘化は此の適例である。

高き盛土及び切取箇所は法面勾配緩和、法面保護に留意し地震時に對する考慮も必要である。

コンクリート舗装に於ては路盤の不等沈下に依る二次的な龜裂発生を見た箇所多く路盤の一樣性の重要な事はかかる剛質舗装に於ては特に注目される。又側溝等が無く版の移動が制約されていない箇所では舗装版が1箇所震動に依り移動し目地の開口が著しかつたが、かかる箇所に於てはその移動防止に適切な工法を実施する事が地震時には特に重要である。

(2) 橋 梁

大地震後先ず第一になさねばならぬ事は被害地域と無害地域との交通連絡ルートの確保である。これあつてこそ被害者の救護、食料、衣料をはじめ應急付料、復興材料の搬入ができるのである。連絡ルートとしては勿論鐵道と道路とが考えられる譯であるが多くの場合鐵道はかかる大地震の場合には線路に大なる被害を生じており復舊に日数を要し急の間には合わないのが普通である。道路も勿論縱横に龜裂を生じ又沿道の倒潰家屋により閉塞せられすぐには用をなさないがこの啓開作業は鐵道に比較し線路がないだけに容易である。龜裂の埋戻や倒潰家屋の除去等は沿道の勞力に依存して充分成就することができるが一旦路線中の橋梁特に大橋梁が轉落その他の被害を受け使用できないことになるとこの復舊は容易に手の下せるものではなく遂には被害

地をして孤立無援の状態に陥れて了わねばならぬことになる。かゝる意味において橋梁こそ路線中の最大の弱點でありそれだけに耐震に關しては充分の考慮を拂わねばならぬと云われ得る。

以下 § 25 において述べた被害の發生機構對策研究につき所見を述べることにする。

(a) 下部構造に關する被害に對する所見

前述の通り被害の殆んど凡ては下部構造にあると云う狀況に鑑み下部構造の耐震性に關しては更に一段と考慮しなければならぬ次第である。從來橋梁の設計に於ては専ら上部構造の形式美に心が捉われてとかく上部構造に重點をおき、下部構造は上部構造に比し稍々もすると軽く取扱われるような傾向がなかつたであらうか。これは耐震上から見ても正に由々しき重大事と申さなければならぬ。先ず我々は確信のもてる下部構造を設計しこの確固たる基礎の上に上部構造をいかにするかを考うべきであらう。このため予算の關係上設計者の意圖する形式のものを採用することができない場合には潔く上部構造を變更すべきである。しかも相手が鋼材等と異なり力學的性質のよく分らない土であるだけに下部構造の耐震性を確立すると云うことは甚だ困難なる問題であるが全技術者一致してこの問題の解決に邁進しなければならぬものとするものである。

(i) 橋脚に關する被害

(イ) 沈下；下部構造中所謂フリクション・パイル (friction pile) のようにスキン・フリクション (skin friction) に對して相當の負擔をかけているようなものにあつてはかゝる地震のため前後左右にゆられる時には恰も土中の杭を手でゆする場合のように地盤と杭との間に間隙を生じこの間隙は地震の持續中は時間と共に増大して行く傾向にありこのため杭と地盤との接觸面積が減少して従つてスキン・フリクション (skin friction) を急激に減少

せしめ遂に支持力の不足を生じて沈下を引きおこすものと解釋することができる。この關係を示すと次の圖-74のようになる。

この現象は構造上から見て分るように橋軸方向に地震力が作用したときに起り易く碇保橋、瀬越橋壩屋大橋等の橋脚の沈下は略々この例に屬するものと見ることができよう。

これを防止するには地震力によりどの位の深さまでこの現象が進むかを知ることが必要である。これを確めれば恰も低水路中に築造する橋脚において豫め洗掘される量を見込んで根入を決定する場合と同様にこの部分だけを必要なる長さに加えて根入を決定すればよい譯である。これが震度や土質その他關係諸量に對していかなる關係にあるか今こゝで報告する材料をもち合せていないが今後の研究テーマとして一應の結論を得るべく期している次第である。

(ロ) 傾 斜

これは地震力により生ずる水平壓力に對し土の受動土壓が不足する場合に生ずる現象であると思われる。從來この現象に關しては一定の計算様式があり下圖に於ける P_1 を計算してこの點の受動土壓 q と比較し

$$P_1 \leq q$$

なる條件により傾斜に對する安定を考へて來た。(この計算法は本報告書に於て中角橋の橋脚の安定性に關する檢討に用いた)

しかしこの際 P の分布は Engels 教授の實驗を基礎として拋物線であると云う想定をしているが果して

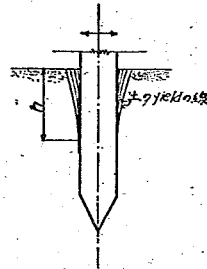


圖-74

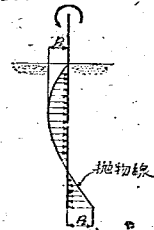


圖-75

如何なる土質の場合にもかくいえるかどうか疑問があり又 q についても疑問に作用する力に對して靜力學的な考え方が成り立つかどうか研究の餘地がある。又 (イ) で述べたように地上に近い部分はイールドして t は時間と共に變る筈であるからこの問題も考慮に入れなければならない。この邊に本問題を更に追究する必要性があると思われる。(イ) と併せて研究をすゝめる事と致したい。

(ハ) 轉 倒

轉倒は木橋に多かつたが(中角橋は永久橋で轉倒の例であるがこれは別に論ずる)木造土橋に於ては死荷重が比較的大なるため少しく橋下空間の大きな木橋では所謂頭重(top heavy)の傾向にあり従つて地震により橋脚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杭木の接地箇所は乾濕常ならず一般に腐朽して有効断面を減じているのでこの部分から脚柱が折れて轉倒した上部構造が墜落し、しかも木橋一般の構造からみて相隣る徑間をひきこみ廣範圍の徑間が墜落破壊し大被害を生ずる結果となつたと判定せられるものが多く見受けられた。この防止対策は腐朽に對し平素から充分注意し必要に應じて補修を行うと共に可及的上部構造の死荷重を減少せしめるように考慮を拂うことが必要である。

(ii) 橋臺に関する被害

橋臺裏は必ず盛土となり、しかも施工上特にこの個所に對して搗固め等を行う場合は少ないから地震時にはこの部分は壓密を受ける。そのため橋臺取付部盛土は必ず沈下すると申してよく本報告書に記載せられている高木橋の如きは跨線橋で盛土が高いため壓密作用甚だしく1米以上も沈下を生じていた。この際橋臺裏には猛烈なる地震時土壓が作用することになるが一般に袖部は本體に比較して構造が脆弱であるためこの部分が先ず破壊する事となる、吾々の調査した橋臺の大部分は袖部に破損を生じていたがこれは主として上

記の機構によつたものであると考えられる。この際軸部の破壊により橋臺本體に作用する土壓は變化するであろうが、少くとも軸部破壊の状況によつては土壓が減少する場合が考えられる。しかして軸部は本體に比較して復舊の容易なる事を併せて考えるとこの事は橋臺の免震構造に對し一つの示唆をあたえるものであるが更に詳細に検討を要すべき問題である。

(b) 上部構造に関する被害に対する所見

既に述べたように今次地震の被害は殆んど下部構造に限定せられ上部構造には大した被害は認められなかつたのであるがもしも下部構造が充分耐震的に出来ていたとしたら當然上部構造に大なる地震力が作用する事になる譯であるから上部構造の耐震性も決して忽にする事の出来ないのは論を俟たざる所である。

(i) 耐震論に関する考察

上部構造の耐震を論ずるに當つては從來地盤の震度に応じた地震力を靜力學的に作用せしめこれを解く事により地震による應力を計算し必要なる断面をあたえんと云う方法をとつて來た事は周知の通りである。一部には振動論を應用した動力學的の考察も行われていたが(これに關しては本所前所長物部博士の輝かしい業績がある)まだ一般化の域に達してゐたとは思われない。しかし上部構造の耐震を論ずるにはあくまで動力學的見地に立脚しなければならぬ事は當然である。今回の調査においても震央附近においては土地が2次元的な水平移動に猛烈な上下動を伴つた3次元的な甚だ複雑な運動を行つた事は種々の痕跡から見て歴然たるものがあつたが、かゝる際上記の如き從來行つて來たような耐震論は餘り價値あるものとは思われない事が痛切に感ぜられた。元來橋梁は下部上部及び地盤が一體となつて一つの elastic system を作つてゐるものであり地震力は地盤より下部構造を通じて上部に傳達せられるものであるから地盤の有する加速度が a であつたとき上部構造に全

くそれと等しい加速度 α が作用するものではないことは明かであり一つの elastic system として動力學的な立場から取扱つてこそ始めて正しい結論が導かれる事は自明のことである。故に振動論的立場に立脚した耐震論こそ今後の橋梁耐震構造の中心をなすものであると申しても過言ではないと信ずる。これは一種の連成振動の問題を取扱うこととなり數學的解析が相當に複雑化する事は豫想せられるが、これに對しては理學的よりも寧ろ工學的技術的な切抜對策を考究すべきであらう。

次に考慮しなければならぬ事は橋梁の形式の問題である。この事は§24(ハ)に於て一寸ふれておいた事であるが耐震を考慮すれば必然的に基礎として所謂 deep foundation が採用せられる事となる。すなわち破壊作用の最も大きいと思われる表面波の性質から云つても deep foundation にする事が望ましく又震害とは別であるが洪水による洗堀の問題から考えても deep foundation が有利である事は論を俟たない。

deep foundation にすれば initial cost の増大する事は當然であるが支持力が大きくなるから長徑間に耐え得る結果となる。従つて deep foundation を用うれば當然上部構造としては長徑間に耐え得る形式のものを採用することとなる。従來の如く 50~60mの單純構橋 (simple truss) を一種の標準としたような考え方はこゝに一變せられるべきであらう。しかし乍ら deep foundation, long span と申しても自ら經濟的の限度がある譯であるから、限度に對しては充分の調査研究を行い、この思想に基づく合理的なものを作り出さなければならない。この事柄も耐震構造論上是非共究明しなければならぬ重要課題の一つであると考えらるものである。

更に構造物のもつ自由振動週期は耐震構造上非常に重要な役割を演ずるものである。すなわちこれと地震動との共鳴により振動の振幅が増大し構造物に破壊が惹起せられる場合が少なくないから今後構造物の設計に際しては

強度の計算と同様自由振動週期の計算を行つて地震時に於けるその土地の卓越週期との間の共鳴の問題を check しておく事は耐震構造上有効な事柄であると思われるので是非實施するように致し度いと念願するものである。

(ii) 免震構造に關する考察

元來耐震構造論では地震力によつて構造物中に生ずる應力に對し必要な斷面をあてこれに安全に抵抗できるようにする事がその思想の根柢をなしている事は周知の通りである。しかしこれには地震力の想定に應じ相當の資材を必要とするものであり、國家財政の許す範圍内では勿論この方法を採用して地震に對して破壊しないような構造物を築造すべきであるが、我國の現状から見て必ずしもこの方法のみに依存する事の許されない場合が予想せられる。そこで耐震構造の研究と同時に免震構造の研究が必要となつて來ると思われるのである。前述の橋台本體と袖部との關係の如きは一種の免震構造である。

上部構造の免震としては地震のもつ運動のエネルギーをそのままである程度のものを構造物に受けさせ（耐震構造では地震の運動のエネルギーを位置のエネルギー即ち正エネルギーに變換する事を考えた）構造物に對する被害を最小限度にくだとめるような構造を考えることを根本思想とすべきであると筆者は考えるものである。

例えばアンカーボルト (anchor bolt) にある震度に応じた強度をあてえておきそれ以上の地震に對してはアンカーボルト (anchor bolt) が切斷しては橋桁は橋台又は橋脚上で變位し得るような構造としておくがこの際下部構造に對し特殊の構造をあて橋桁が變位に際して決して轉落しないようにする事は一種の免震構造であると考えらる。

これは彈性回路 (elastic circuit) に於ける安全辦 (fusible metal) の役割をアンカーボルト (anchor bolt) に負わせんとするものであるが、かかる際

運動中の桁に如何なる應力が生ずるか又その應力に對しどの程度の措置が必要であるか、しかしそれが耐震構造の場合と比較してどの位經濟的であるか等の問題が予め解決せられなければならない。

これには衝撃に關する問題を彈性過渡現象として取り上げ解決を計らなければならない。近來衝撃の問題の研究が學者間で盛んに行われているから將來この問題が解決された時に於ては免震構造上被益する所大なるものがあると思われる。

(iii) その他の被害

本件についても橋梁の問題として述べる事が若干あるが本節の冒頭(ホ)に於て述べた所もあり又(4)のコンクリート構造物の所で述べる予定であるからこゝでは割愛する事にした。

(C) 應急復舊對策に關する所見

橋梁が路線中の最大弱點であり一旦地震により被害を受けた際は長期間のもの程その復舊に日數を要し被害地の救援及復興をおくらせる事になる事は冒頭に於て述べた通りである。従つてこの耐震性については充分考慮を要すべきは論を俟たざる所である。しかし不幸にして轉落した際を考慮してこれに對する對策を平素から樹立しておかなければならない。この一つの對策として往年工兵隊が使用したるが如き應急橋を設計し、資材を現場附近の適當なる箇所に集積整備しこれに必要な技術員、勞力並びに器材の動員體制を確立しておく方法が考えられる。少くとも大地震に多くみまわれた地方の重要橋梁に對してはこの程度の準備を考慮しなければならぬと信するものである。

應急橋梁の型式は勿論その場所場所により最適のものが考慮せらるべきであるが構造が簡單で迅速に架設せらるべきものでなければならぬ。

この事は單に震害による場合のみならず水害による橋梁の流失の場合にも適用出来る事であるから是非考慮したい事柄である。

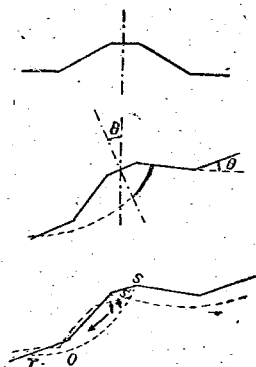


図-77

上げられ、地震が繼續するに従い S' 部は次々と缺け落ちて數條の割目を生じ、反對向の震動に依つては反對側に於て同様の現象が現れる。

以上が縦龜裂の發生機構であるが、後者の説明から知り得る如く、龜裂は天端の沈下によつて、その大きさも、又その數も（横斷面の天端法面に並行して入つてゐる龜裂の數）より擴大助長されるのであつて従つて大規模な縦龜裂が天端の沈下著しき場所に多く發生することが背

定出来るのである。此の場合開口部に天端面が上下の喰い違いを生ずることが多い。大規模の縦龜裂の例は、例へば九頭龍川左岸 NO. 46~NO. 47 及び右岸五領ヶ島村渡新田地先で見られる。

以上は堤防の縦龜裂に就てであるが、屢々見受けられる高水敷上の縦龜裂の機構は、上記の説明の内前者によるものであらう。

(b) 河川彎曲部の凹岸の堤防は、他所に較べ概して被害の程度が著しい。河川改修時、彎曲部の凹岸では、舊河川敷に築堤することが多い爲、堤體の基礎地盤が軟弱であることが、その原因である。九頭龍川の左岸 No. 75~82 (中角橋上流部) 及び No. 98~102, 右岸 No. 195~210 (木部村地先) は此の例であるが、上記の原因の外に、之等の場所では、高水敷がない爲に、低水路が堤防に接して、流水が常時護岸を洗つて居り、従つて堤體の地下水位が高く、非常に迂り易くなつてゐることも二次的原因と考へられる。尙凸岸の被害が、直線部に比較して特に著しいという現象は見られないから、凹岸に於ける著しき損傷が彎曲してゐるが爲の力學的原因によるとは

考えられない。

(c) 天端が道路を兼用している所では基礎地盤の側方流動 (lateral flow) が生じていることが多い。九頭龍川右岸の No. 0 (領家) より No. 6 (船橋) 及び松岡町の五松橋を距てた対岸より、渡新田までの堤防は此の例で、特に No. 0 ~ No. 6 は鳴鹿森田線の一部として交通量も相當多いのであつて、斯かる所では基礎地盤及び堤體が交通荷重によつて既に壓密されている爲に、之が震動を受けた場合には、側方流動が起ることは容易に考え得る。

即ち平時安定している地盤も地震動により流動し易き状態になり又上下動に伴い築堤の地盤に対する荷重増大の爲、支持力に不足を生ずるものと考えられる。支持力増大の工法としては、地盤排水に依る土壌含水率の低下、地盤土質の改良、杭打矢返工等による方法、根入深さの増加、或は盛土抑えに依る方法等が考えられるが、以下には最後に述べた盛土抑えの工法に就て、C. A. Hogentogler 及び C. Terzaghi* の直線滑り面を想定しての工法が計算も容易であり且つ堤防等の大工事に於て比較的に經濟的であるから簡単に紹介する (* Public Road Way Vol. 10, 1929 p. 51)

之に依れば堤防の如く堤巾に比し充分に長い構造物に於て、横断面に就いて2次元の問題として取扱ひ得る。今圖-78 に示す如く巾 $2b$ に單位面積當り q なる荷重が地盤 BB' に加わりその直下の地盤中に土楔 BDC 及び $B'D'C'$ を生じ之の穿入に依りその側方の土砂が DE 及び $D'E'$ 面に沿つて押し除けられるものとする。此の場合荷重面 BB' の中心軸に對象な滑り面を考えているのであるが土楔 BCD は BD 面

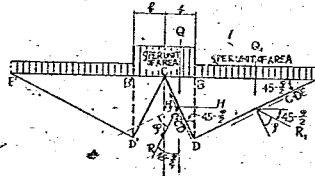


圖-78

に主動土壓 H_1 を及ぼし之は垂直にして滑らかな擁壁背後の土と同様垂線と $(45^\circ - \frac{\phi}{2})$ なる角をなす滑り面 CD を形成, H_1 は DE の受動土壓 H に打ち勝たねばならぬが此の場合土壓論に依つて水平面と $(45^\circ - \frac{\phi}{2})$ を爲す滑り面 DE が形成される。滑り面 CD, DE に沿つて摩擦力(夫々反力 R 及び R_1 の垂直成分に比例する) 及び粘着力が作用する。 BD 面に沿つて働く摩擦力及び粘着力を無視すれば、土塊 CBD に作用する力 Q (荷重 q と土塊 BCD の重量の合力), R_1 H 及び土塊 BDE に作用する力 Q_1 (荷重 q_1 と土塊 BDE の重量の合力), R_1 , H は夫々平衡せねばならぬ。

此の條件から地盤の支持力 q_s を求めると

$$q_s = \frac{\rho b}{2} \frac{(1 - \tan^4 \beta)}{\tan^3 \beta} + \frac{2C}{\tan^3 \beta} \frac{(1 + \tan^2 \beta)}{\tan^4 \beta} + \frac{q_1}{\tan^4 \beta}$$

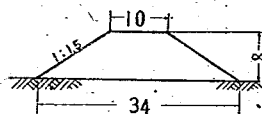
但し $\beta = 45^\circ - \frac{\phi}{2}$ (ϕ は土の内部摩擦角)

ρ = 土の單位容積重量

c = 土の粘着力

q_1 = 抑へ盛土の單位面積當りの荷重

b = 堤防基礎巾の $\frac{1}{2}$



圖—79

今圖—79の如き築堤断面に就て、基礎地

盤は比較的軟かい粘土とし、 $\rho = 1.8t/m^3$,

$\phi = 4^\circ$, $C = 1t/m^2$ とすれば

$$q_s = 0.225b + 4.61 + 1.82q_1$$

q_1 無き場合を考え、築堤断面を之と等値にして 同じ底邊を有する矩形とし築堤盛土の單位容積重量を $1.6t/m^3$ として之が一様に底巾に分布するものと考え、平時は側方流動は生じないが、地震動に依る鉛直下向きの加速度に依り地盤に加わる荷重の増大に依り滑り面を生じ堤防は沈下するに至る。

之を防止するに必要な抑へ盛土高をその単位容積重量を $1.6t/m^3$ として、鉛直方向の地震が速度の種々の値に對して求むれば表—27の如くなる。

表—27

鉛直下向き地震加速度 αg	0.1	0.2	0.3	0.4
所要抑へ盛土高 $h_1 m$	0.3	0.7	1.1	1.5

此の抑へ盛土は圖—78の BE, B' E' 即ち此の場合は延長夫々 19.55m に亘つて行ふ。

以上は靜力學的な考え方を應用したものであるが地震時には震盪に依り又急激なる上下動に依り側方流動に依る沈下が平時安定状態にあつても地震時には容易に發生し得るの信ずる。

上記抑へ盛土に依る工法は洪水時の堤體保護の見地からも實施し得ると考へる。

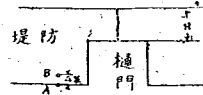
(a) 吾々が調査した九頭龍川左岸 No. 0~No. 85 (松岡町と中角橋の間) の 6 箇所の樋門及び大聖寺川、大聖寺町より下流の左右兩岸堤の樋門の殆ど全部に亘つて樋門上部の法面天端に横龜裂が入つていた。横龜裂の發生機構に就ての私見を次に述べる。

地震波の進行方向が堤防の軸方向の分力を有する場合に就て考える。地震動の最初の引きの波面が樋門に到達した瞬間、變位による引張力が引張抵抗の最も弱い樋門上部の土被厚さ H に於ける粘着力 $C \cdot H$ (C は盛土内部の粘着力) より大きければ、此處の法面及天端に

圖—80に示す如き形の龜裂即ち横龜裂が入る。

此の場合に若しも粘着力の方に大きく、引張りに充分抵抗して龜裂を生ぜぬ場合に於ても、

その後次の如き機構によつて龜裂が生じ得ると



圖—80

考える。

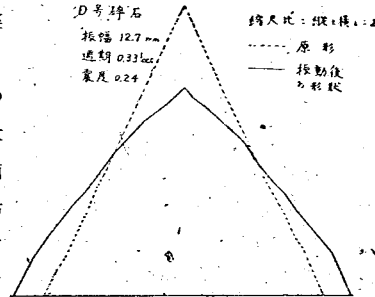
今簡單の爲に、地震動を單弦振動と假定すれば、水平變位と時間との間には次の如き關係が成立する。

$$x = a \sin pt$$

圖に於て A 點が $x_A = a \sin pt_1$ なる水平變位をしている瞬間 t_1 を考えると、A 點より Δy だけ上部にある B 點は $x_B = a \sin p(t_1 + \Delta t)$ なる變位を有することになり従つて $\frac{dx_A}{dt} = 0$ の時 $\frac{dx_B}{dt} \neq 0$ であるから A 點の變位の方向が逆向きになつた瞬間に於ても、B 點は、それ迄と同じ方向の變位を續けている。そこで A、B の間に水平の剪斷力が生ずる。同様にして堤頂までの各部分に斯様な剪斷力が作用するのであるが、斯様な剪斷に對する土の抵抗は極めて大きく、此の方向には龜裂が生じ難い爲に、之が引張力に變形して、土被りの最も薄い即ち引張抵抗の最も小さい樋門上部に圖の如き形に龜裂が入るのである。

(e) 外法面の崩壊より内法面の崩壊の方が甚しい。此の現象は大聖寺川堤防に於て特に顯著である。外法側には高水敷がある爲で、又法面の長さが内法側に較べて短くなつてゐるからであらう。堤防、高い盛土道路の法面、山腹斜面等の地震地に於ける安定勾配に就ては、未だ見るべき研究はない状態であるが、安定勾配は同じ震度に對しても、土質、含水量、締め固めの程度及び構造物の大きさ、形狀によつても異なるものであるから、之が正確な決定は極めて困難である。本所に於ては先頃より地震に對する石塊堰堤の勾配決定法に關する實驗を行つてゐるが、之に就ての詳細は別の報告に譲ることとし、實驗結果の極く概略を述べると次の如くである。法面崩壊後の安定した法面勾配の形を見ると、圖-81の如く、法面は外側に彎曲した曲線狀を呈し、堤頂に近付く程勾配が緩かになつてゐる。次に震度と崩壊後の法面勾配との關係は震度が大きくなるに従つて、安定勾配は緩かになり、又

同じ震度に對しても石塊の粒徑が小さい程、安定勾配が小さくなっている。以上が實驗結果の概要であるが、次に九頭龍川、大聖寺川堤防の法面崩壊に就て簡単に述べよう。兩河川共、堤防の土質は前述の如く、殆ど砂ばかりであるから、その法面崩壊は所謂粘土の場合のような、



圖—81

り面によつて生ずることは考へられないし、例へばり面によつて法が崩壊するとしても、その後は小さな土塊が個々に法面に轉落して安定勾配に落着くのであつて、之等の事から判斷して此處では物部博士の理論によつて論ずることとする。(物部長徳著、土木耐震學による)

地震の際質量に作用する加速度は其の大さと方向とを週期的に變するが、今の場合、最も危険なる加速度が堤體の下から上まで一様に全質量に對して作用するものと假定し、斜面上に置かれた粒子に就て、土粒子の重量と、摩擦及地震力の平衡條件から地震後の安定勾配を表す式として次式を導いている。

$$\text{即ち } \theta_0 = \varphi - \tan^{-1} k \dots\dots\dots(1)$$

茲に θ_0 ; 地震後の法面勾配 φ ; 土の摩擦角

k ; 合震度 を示す。

上式を用いて地震時の安定勾配を求めるのであるがそれが爲には先づ摩擦係數 φ の値を決定せねばならない。此の値は土砂の含水量締め固めの程度粒度曲線の性質等によつて著しく相違するので正確な値を決定することは困難であるが、從來の實驗結果と地震前の當地の氣象狀況より推定して摩擦係數 $\tan \varphi$ の値を、0.8~1.0 従つて摩擦角 φ を $38^\circ 40' \sim 45^\circ$ と假定した。

(1)式に於て $K=0.5$ (九頭龍川と日野川の合流点より下流) 即ち $\tan^{-1} k = 26^{\circ}30'$ とすれば,

φ	$38^{\circ}40'$	42°	45°
θ_0	$12^{\circ}10'$	$15^{\circ}30'$	$18^{\circ}30'$

となり、又 $k=0.4$ (大聖寺川に於ける大聖寺町より下流部)

即ち $\tan^{-1} k = 23^{\circ}30'$ とすれば,

φ	$38^{\circ}40'$	42°	45°
θ_0	$15^{\circ}10'$	$18^{\circ}30'$	$21^{\circ}30'$

となる。

近畿地方建設局作製の九頭龍川右岸震災後舊測量横断面図の内から、堤防天端が壓密側方流動による沈下を生じていない測点番號 76, 77, 78, 94, 95, 177, 178, 179 をとつて (地震後の法面勾配は、斯様な沈下によつても變化し、従つて前記理論を適用するには不適當であるから、斯様な場所は除

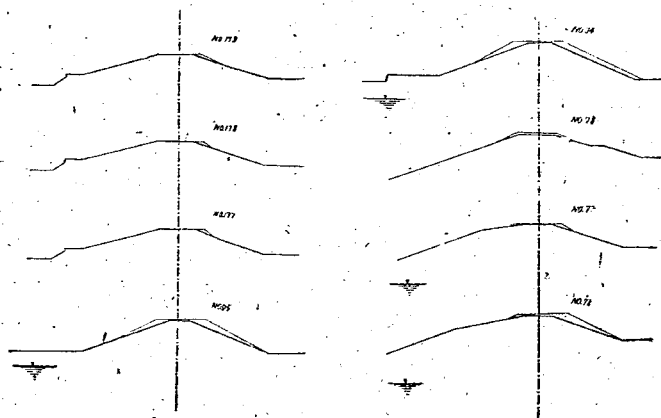


圖-82

いて法面のみが崩壊した所を選んだのである) 法勾配を測定すると、平均 20° 位となつてゐる。之を上記計算値と比較すると、實測値の方が $1^{\circ}30'$ 乃至 8° 位大きくなつてゐる。之は法面に芝付けがしてある爲に表層部の摩擦係数が土ばかりの場合に較べて幾分大きくなつてゐること及び地震の繼續時間が地震時法面の安定勾配に達するに充分な時間になかつたことに起因するものと思う。

大聖寺川堤防に於ては適當な、資料が入手出来なかつた爲、確定的なことは言い得ないが、例えば左岸縦横断面圖中の測點距離2,090m、及び2,075 mの所の横断面圖によると、法勾配は夫々 12° 、 20° となつて居り、計算値と比較的よく一致して居る。

次に震後の法面の横斷形狀を見ると、兩河川堤共、下部の法尻附近は勾配が急で、その上部は下部よりも緩かであるような曲線から出來てゐることが分るが、之れも前述の實驗結果と大体同じ形を示している。

尙此處で用いた理論は、實際の崩壊機構を適確に表現するものではなく今後更に種々の土質のものに就て實驗を行い、地震時に於ける安定勾配の決定法を確立したいと考へる。

以上述べた所が被害の主なる特性であるが、前節の被害の種類と併せて考察して、之等堤防の損傷に對して、如何なる復舊工法を採用するのが最適策であるか、又出來得れば被害の發生を未然に防止する工法をも検討選定することが望ましい。此の場合經濟的事情を同時に考慮する要のあることは云う迄もない。之れに就ての所見を次に述べたいと思う。

(a) 縦龜裂：縦龜裂の發生を防止するということは、實際上殆ど不可能であるから、斯かる龜裂が生じた場合の對策としては、次の方法が考へられる。即ち龜裂の兩側面を削り取つて新しい粘着力のある土で置き換え充分に展壓する。(利根川で此の方法を採用した所、次の洪水に對して良好な結果

を得たということである。) 或は水締め工法を採用することが最も良好な結果を得るであろうが、龜裂の特に大きなものに對しては、粘土コーを入れることが望ましい。

(b) 横龜裂：樋門の上部には必ず横龜裂が入ると見てよく此の龜裂は見掛け上は小さなものであつても非常に深くまで入っているから補修には特に注意することが肝要である。補修部分には最大密度を與える爲、水締め工法を用いるのがよく、特に大きな龜裂に對しては粘土コーを入れて河水の浸潤を遮斷するような考慮が必要である。

(c) 樋門の損傷：樋門の重要なものに對しては、鐵筋コンクリートを用いて充分堅固なものにすることが必要である。之れは樋門の損傷を防止するに止らず上部天端の陥没を防ぐ爲にも肝要である。

(d) 沈下：壓密による沈下に對しては、堤體土壤が出来るだけ最大密度を得るような材料を使用することが望ましく、又側方流動に對しては、道路の場合と同じく内法側に相當幅の廣い小段の如き抑え盛土を設けることも良いと考える。

(e) 法面崩壊：法面特に内法面の安定工法に就ては慎重に考究することが必要である。芝付けも幾らか効果はあるであろうが、芝は根が深く迄浸入しないので震動により表層が根こそぎに落ちるであろうから余り大きな効果は期待出来ない。經濟的事情の許す限り出来るだけ法勾配を緩かにするか小段を設けることが望ましい。

以上述べた諸方法は確定的な對策ではないことは勿論であつて、今後實證によつて最も適當な方法を選定することが重要な問題であると考へる。

九頭龍川の附近には適當な土取場がない爲に堤防土は河川敷から採取するを得ないが本川は急流河川の爲河床には粘着力のない荒い砂が多いから今後斯かる材料で築堤する場合には慎重に工法を検討することが極めて肝要であ

る。

又前にも記述した如く、彎曲部の凹岸に位置する堤防は概して被害甚大であつて、之は河床の如き軟弱地盤上に築堤されていることが最大の原因であるが將來彎曲部と否とに拘らず軟弱地盤上に築堤する際には、合理的な工法を採用し地震に對してその安全度を増すような工夫を行うことが極めて大切である。尙地震後地盤高の變動の爲に河床の縦斷勾配が相當變化しているから（例えば右岸の森田町では約40cm 沈下している）此の點を充分考慮に入れて、今後の改修を実施することが必要である。

(4) コンクリート構造物

コンクリート構造物の被害として考慮を必要とする事は施工目地が地震力の作用を受けた際特に構造上の弱點となる事、及施工の不良なるコンクリート(特に材料の分離を生じたもの)は甚大なる被害を受けていたと云う事である。この事は今更の事ではなく既に報告せられ注意を喚起せられていた所であるが今次地震に際しても我々の調査したコンクリート構造物の施工目地は殆んど被害を受けて居り又品質の悪いコンクリートは致命的打撃を受けているのを認めた。

コンクリート打繼目の強度に關して既に多くの人々の研究報告があるが水平方向の打繼を至極入念に行つた場合に漸く強度の低下を免れる程度で鉛直方向に打繼ぐ場合には至極入念に施工しても尙35%程度の強度の減少があるのが普通である。従つて實際の構造物を造る場合は實驗室の入念さをもつて施工する事は殆んど不可能であるから強度は相當に減少するものと考えなければならない。従つてこの部分は補助鉄筋を挿入し補強すべきである。この事は特にコンクリート構造物の耐震性を増すために是非共必要である。

次に新しいコンクリートの材料の分離も亦コンクリートの齊等度を低下せしめ構造物の弱點を作る事は申すまでもない所でありこの弱點は地震のよ

うな動的な力の作用により殆んど致命的の打撃を受ける事になるから材料の分離をできるだけ防止するため、材料の選擇、配合設計、混合打込み、運搬、締固め、仕上げ等コンクリートの打込中に起る材料の分離を考慮し、配合水セメント比を變化させ、そのコンクリートの齊等度を向上させることも耐震上是非共必要である。

又被害構造物（戦災、腐蝕、等を受けた構造物）は、地震に備え、1日も早く修繕すべきである。以上の事項は耐震的コンクリート構造物と云う様な特別な場合に特に必要とされる事でなく、コンクリート構造物を造る場合常に必要な事柄である。コンクリート構造物を造るには、コンクリート技術者が現在迄に發達したコンクリート技術を十分理解體得し、之を忠實に實行することが必要である。コンクリートに親しみ、些細な事に注意を拂つてこそ、立派なコンクリートが出来、より耐震的なコンクリート構造物を造ることが出来るのである。

コンクリートが動的荷重を受けた場合に就ては、現在迄殆ど研究されてないが、我國の如き地震國には是非之を探究し、耐震コンクリート構造物を建造することにしたいものである。

§ 27 耐震構造と震度

構造物の耐震性を論ずるとき一番根本となるものは震度に對する想定である。しかし従來震度の想定には確然たる指針がなく既往の記録から想定するかあるいは設計者の意圖によつて獨自にきめられた場合が多がつたようである。既往の記録による場合は既往の最大値が問題となる。これは恰も河川改修に當つて計畫洪水量の決定に際し従來既往最大流量が問題になるのと親を一にするものである。しかし既往最大値は空前のものには相違ないが絶後のものでない事は當然である。従つて新に既往最大値を越すような震度をもつ

地震が発生した場合にはそれ以後においては新たな最大値を問題にしなければならない事になる。かくして震度決定に関して自然現象とシーソーゲームを演じなければならぬような破目に陥ることになる。この立場を揚棄して可及的合理的に震度を決定するにはいかにすればよいかに就ていささか私見を申し述べる事と致したい。

今構造物を築造せんとするある場所について過去に於ける地震記録を調査すれば必ずある震度のものが最も多く発生しておりこれより大きい震度のもの、小さい震度のものがこの値を中心として左右に分布する事になるであろう。かくして得られたヒストグラム (Histogram) より度数分布曲線を畫くことができる。この分布曲線は勿論その場所の震度の特性を表わしているものであり、これよりその場所に於て或る震度の地震の起る確率を計算することができる。この確率と今考えている構造物の壽命とを比較對照して想定すべき震度を決定することとしたならば極めて合理的に震度の決定が出来る事になると思ふのである。すなわちある構造物の壽命を30年とすればこの構造物に對しては最大その場所に於て30年に1回と云う生起の確率をもつた震度を想定震度として考慮する事にすれば充分であらう。しかし場合によつては勿論これ以外の震度を想定震度としてとる必要の生ずる事もあり得る。この事は主としてその構造物の重要度によつて左右せらるべきものであると考えられる。但し同じ震度に對しても地盤の良、不良により構造物にあたえる影響は非常に異なるものであるからかかる取扱をなす場合に地盤の性状を重量函數として計算中にとり入れなければならぬ事は當然である。又構造物の壽命と云ふことについても始めに十分定義を下しておく必要がある。

一般的に云えば構造物の消却費と補修費とをにらみ合せ構造物が古くなつて腐朽し補修費が増大してきて balance の破れたときをもつてその構造物の壽命と定めるのが合理的であらうと考えるものである。

これは交通量、その場所の氣象條件、その他關係する因子が非常に多いので一概に決定することはできずその場所場所によつて合理的に決定せらるべきものであらう。

かゝる考え方で震度を決定すればその土地の地方條件が入つて来るから地震の多い所少ない所で同じ30年に1度と云う生起の確率をもつた震度でも異なつた値が得られる事となり一應合法的な震度が得られる事になると思考する次第である。

結 語

近來我が國には天災が頻々として發生しこれによる國富の喪失は莫大なる量に上つてゐる事は眞に寒心に堪えない所である。昨年10月のキャスリン颱風を始めとして今次の福井烈震、その後の水害、北九州の豪雨、あるいはアイオン颱風による東北地方の災害等枚舉に暇のない状態である。勿論かゝる天災が近年になつて急に甚だしくなつて來たと云う譯ではないが戦中戦後の資材難、勞力難、インフレーションの昂進にもとづく豫算の相對的不足等により公共施設の維持管理充分ならず全面的に荒廢し天災の攻撃に對する防禦力が全面的に弱まつてゐる事がかゝる大被害を生じつゝあるものと云う事ができよう。しかしてかゝる天災がつづくならば敗戦により破壊に頻しつゝある我國經濟は遂には災害により破綻を生じ全面的に崩壊の一路を辿るに至るであらう。正に災害王國と云うべきである。

しかも我國はその地理的環境より鑑みて颱風の襲來は毎夏殆んど確定的のものと考えざるを得ず、又太平洋側には太平洋地震帶、日本海側には内側地震帶が走つており常に我が國土は地震、津浪の來襲の危機に曝らされている。

かゝる國土の國民としては我々は未來永劫にわたつて常に自然の暴威と戦つて行かなければならぬ運命におかれてゐるのである。

戦争により領土の全部を喪失した我々にとり、殘された國土は最も貴重なるものでなければならない。しかしてこの狭小なる國土を高度に活用して高い文化を作り上げて行くことが今後の我々にあたえられた使命である。

この國土が今や自然の暴威の前に曝されるに至つた。吾々の手でこれを防止しなければならない。

以上の觀點よりして防災對策を國家的な規模において取り上げる事が正に今日の急務でなければならない。從來とてもこれらの問題に對する對策がな

かつた譯ではないが、ともすれば政治家、行政官、科學技術者等の間の連絡協調必すしも圓滑ならず國民亦自前の生活に追われ、これを省みる暇なく大なる力を發揮する事ができず今日に至つたものであるが、今こそかかる状態を速に脱し官民一體となつて防災對策の研究に實施に邁進しなければならぬ秋に立至つたと信ずるものである。

明治34年濃美大地震の災害に鑑みて震災豫防調査會が設立せられ約30年、大正12年の關東大地震後これが地震研究所に發展し現在地震の研究に絶大な貢獻をなしつゝあることは著名なる事實であるが折角の貴重なる成果も所謂研究のための研究に終つてゐる憾なしとしない。この状態は速に打破されなければならない。

我々は今こそ國家100年の計を樹立すべきであり、その前提として國家的規模の防災研究機關が設置せられ研究の成果は直ちに行政面に反映、實施部門に移され災害を克服して國土保全の實を上げ得るが如き施策の速に實現せん事を念願し結語にとするものである。

附表：近畿地方建設局の測量によれば九頭龍川堤防の縦断は次表に示す通りであり、
簡単に図示すれば 1. (a, b) の如くである。(昭和二十三年九月一日現在)

左 岸						右 岸					
測番	點距	追距	實 測		計 費	測番	點距	追距	實 測		計 費
點號	間離	加離	杭天高	堤天高	高	點號	間離	加離	杭天高	堤天高	高
BM				29.726							
0	0	0	29.604	29.458	30.658	0	0	0	22.755	22.704	24.034
1	100	100	29.195	29.048	30.301	1	100	100	23.473	23.393	24.034
2	100	200	28.854	28.738	29.944	2	100	200	23.899	23.529	24.034
3	100	300	28.031	27.881	29.587	3	100	300	23.412	23.255	24.034
4	100	400	28.022	27.878	29.230	4	100	400	23.279	22.978	24.034
5	100	500	29.668	27.220	28.873	5	100	500	22.836	22.491	24.034
6	100	600	27.174	26.997	28.515	6	100	600	22.440	22.105	23.700
7	100	700	26.971	26.822	28.158	7	100	700	23.140	21.749	23.367
8	100	800	26.593	26.420	27.801	8	100	800	21.640	21.278	23.034
9	100	900	25.813	25.648	27.444	9	100	900	21.220	21.036	22.700
10	100	1000	25.565	25.357	27.087	10	100	1000	20.882	20.662	22.367
11	100	1100	25.070	24.941	26.730	11	100	1100	20.557	20.337	22.034
12	100	1200	24.747	24.554	26.373	12	100	1200	20.247	19.833	21.700
13	100	1300	24.506	24.361	26.015	13	100	1300	19.472	19.146	21.367
14	100	1400	24.460	24.301	25.658	14	100	1400	19.232	19.040	21.034
15	100	1500	24.285	24.095	25.301	15	100	1500	18.701	18.593	20.700
16	100	1600	23.843	23.669	24.944	16	100	1600	18.283	18.405	20.367
17	100	1700	23.630	23.437	24.587	17	100	1700	18.323	18.047	20.034
18	100	1800	23.275	23.119	24.230	18	100	1800	18.253	18.118	19.700
19	100	1900	23.033	22.841	23.873	19	100	1900	17.983	17.796	19.367
20	100	2000	22.793	22.412	23.515	20	100	2000	17.373	17.349	19.034
21	100	2100	22.113	21.923	23.158	21	100	2100	17.655	17.300	18.703
22	100	2200	21.698	21.501	22.801	22	100	2200	17.624	17.256	18.367

22	100	2300	20.984	20.815	22.444	23	100	2300	17.097	16.751	18.034
24	100	2400	20.511	20.374	22.087	24	100	2400	16.709	16.459	17.700
25	100	2500	20.536	20.358	21.730	25	100	2500	16.648	16.538	17.387
26	100	2600	20.037	19.861	21.373	26	100	2600	16.313	15.945	17.034
27	100	2700	19.606	19.432	21.015	27	100	2700	16.158	15.915	16.700
28	100	2800	18.974	18.814	20.658	28	100	2800	15.480	15.334	16.237
29	100	2900	19.111	18.934	20.301	29	100	2900	15.260	14.978	16.267
30	100	3000	18.456	18.124	19.944	30	100	3000	15.187	14.965	16.167
31	100	3100	18.107	17.939	19.694	31	100	3100	14.843	14.458	16.067
32	100	3200	17.502	17.324	19.444	32	100	3200	14.725	14.468	15.967
33	100	3300	17.125	16.940	19.194	33	100	3300	14.878	14.498	15.867
34	100	3400	17.495	17.278	18.944	34	100	3400	14.028	14.426	15.767
35	100	3500	16.624	16.403	18.694	35	100	3500	13.891	13.734	15.667
36	100	3600	16.584	16.371	18.444	36	100	3600	13.941	13.696	15.567
37	100	3700	16.731	16.536	18.194	37	100	3700	14.128	13.869	15.467
38	100	3800	16.255	16.117	17.944	38	100	3800	14.037	13.699	15.367
39	100	3900	16.000	15.841	17.694	39	100	3900	14.062	13.619	15.267
40	100	4000	16.377	15.976	17.444	40	100	4000	14.059	13.652	15.167
41	100	4100	16.373	16.203	17.194	41	100	4100	13.752	13.752	15.067
42	100	4200	16.031	15.841	16.944	42	100	4200	14.014	13.664	14.967
43	100	4300	15.664	15.874	16.694	43	100	4300	13.887	13.639	14.867
44	100	4400	15.503	15.313	16.444	44	100	4400	13.067	13.437	14.767
45	100	4500	15.386	15.200	16.194	45	100	4500	13.315	13.215	14.667
46	100	4600	14.627	14.497	15.944	46	100	4600	12.950	12.555	14.567
47	100	4700	14.317	14.177	15.694	47	100	4700	12.910	12.485	14.467
48	100	4800	14.254	14.124	15.444	48	100	4800	12.785	12.234	14.367
49	100	4900	14.436	14.356	15.194	49	100	4900	13.362	12.867	14.267
50	100	5000	13.923	13.618	14.944	50	100	5000	13.342	12.867	14.167
51	100	5100	13.900	13.780	14.833	51	100	5100	13.123	12.167	14.067
52	100	5200	14.113	13.933	14.722	52	100	5200	12.425	11.860	13.967
53	100	5300	13.002	12.872	14.611	53	100	5300	13.005	12.485	13.867
54	100	5400	12.832	12.702	14.500	54	100	5400	11.823	11.493	13.767
55	100	5500	12.953	12.873	14.389	55	100	5500	12.113	11.753	13.667
56	100	5600	12.738	12.138	14.277	56	100	5600	12.263	11.803	13.567

57	100	5700	13.117	13.002	14.166	57	100	5700	12.453	11.903	13.467
58	100	5800	13.165	12.995	14.055	58	100	5800	11.648	11.983	13.337
59	100	5900	13.075	12.925	13.944	59	100	5900	10.984	10.903	13.287
60	100	6000	12.834	12.834	13.833	60	100	6000	11.518	11.065	13.167
61	100	6100	12.705	12.505	13.767	61	100	6100	11.538	11.033	13.100
62	100	6200	12.702	12.532	13.700	62	100	6200	10.828	10.688	13.033
63	100	6300	11.860	11.736	13.633	63	100	6300	10.338	10.182	12.967
64	100	6400	11.835	11.755	13.567	64	100	6400	10.338	10.226	12.899
65	100	6500	12.420	12.260	13.500	65	100	6500	10.488	10.308	12.833
66	100	6600	12.102	11.972	13.433	66	100	6600	10.308	10.198	12.765
67	100	6700	11.925	11.775	13.367	67	100	6700	10.428	10.158	12.700
68	100	6800	12.197	11.997	13.300	68	100	6800	10.328	10.078	12.633
69	100	6900	11.582	11.432	13.233	69	100	6900	10.068	9.908	12.567
70	100	7000	11.788	11.580	13.167	70	100	7000	10.218	9.868	12.500
71	100	7100	11.699	11.440	13.100	71	100	7100	9.788	9.508	12.433
72	100	7200	11.415	11.330	13.033	72	100	7200	9.868	9.628	12.367
73	100	7300	11.748	10.510	12.967	73	100	7300	10.598	10.378	12.300
74	100	7400	10.967	10.740	12.900	74	100	7400	10.848	10.658	12.233
75	100	7500	10.431	10.180	12.833	75	100	7500	11.008	10.928	12.167
76	100	7600	8.469	8.090	12.767	76	100	7600	11.168	10.728	12.100
77	100	7700	8.500	8.250	12.700	77	100	7700	10.708	10.538	12.033
78	100	7800	8.414	8.228	12.633	78	100	7800	10.938	10.708	11.966
79	100	7900	10.625	10.316	12.567	79	100	7900	10.978	10.718	11.900
80	100	8000	10.060	7.570	12.500	80	100	8000	11.358	11.158	11.833
81	100	8100	10.417	10.200	12.433	81	100	8100	10.968	10.688	11.767
82	100	8200	9.179	9.070	12.367	82	100	8200	11.178	10.788	11.700
83	100	8300	10.520	10.300	12.300	83	100	8300	10.238	10.428	11.633
84	100	8400	10.271	10.090	12.233	84	100	8400	10.308	10.108	11.567
85	100	8500	9.883	9.630	12.167	85	100	8500	10.748	10.448	11.500
86	100	8600	10.395	10.155	12.100	86	100	8600	10.818	10.398	11.433
87	100	8700	10.605	10.325	12.233	87	100	8700	10.628	10.248	11.367
88	100	8800	10.900	10.650	12.967	88	100	8800	10.148	9.898	11.300
89	100	8900	10.863	10.568	11.900	89	100	8900	9.938	10.188	11.233

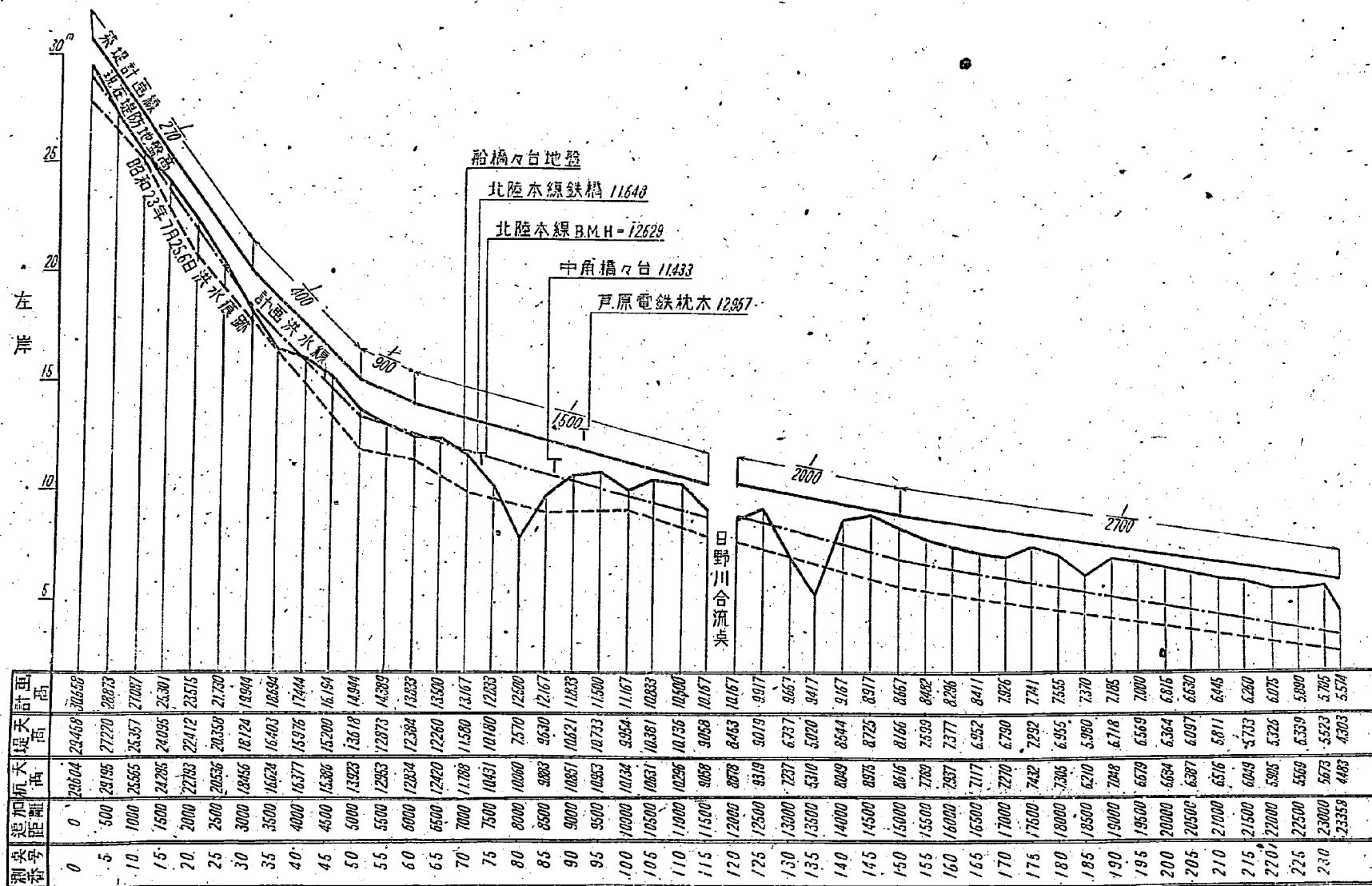
90	100	9000	10.851	10.621	11.833	90	100	9000	10.332	9.978	11.163
91	100	9100	10.833	10.643	11.767	91	100	9100	10.418	10.018	11.099
92	100	9200	12.105	11.905	11.700	92	100	9200	10.298	9.958	11.033
93	100	9300	10.823	10.633	11.632	93	100	9300	10.328	9.968	10.967
94	100	9400	10.967	10.719	11.567	94	100	9400	10.358	9.123	10.899
95	100	9500	10.953	10.733	11.500	95	100	9500	9.828	9.438	10.833
96	100	9600	10.753	10.433	11.133	96	100	9600	10.158	9.868	10.767
97	100	9700	10.754	10.494	11.367	97	100	9700	10.338	9.998	10.700
98	100	9800	10.666	10.398	11.300	98	100	9800	10.038	9.728	10.633
99	100	9900	10.311	10.221	11.233	99	100	9900	9.758	9.268	10.560
100	100	10000	10.134	9.954	11.167	100	100	10000	9.738	9.239	10.500
101	100	10100	10.586	10.336	11.100	101	100	10100	9.846	9.560	10.433
102	100	10200	10.513	10.338	11.033	102	100	10200	9.717	9.394	10.367
103	100	10300	10.505	10.315	10.967	103	100	10300	9.752	9.561	10.300
104	100	10400	10.276	10.056	10.900	104	100	10400	10.121	9.738	10.233
105	100	10500	10.631	10.331	10.833	105	100	10500	10.129	9.717	10.167
106	100	10600	10.411	10.261	10.767	106	100	10600	9.864	9.549	10.117
107	100	10700	10.519	10.319	10.700	107	100	10700	9.699	9.504	10.067
108	100	10800	10.405	10.276	10.633	108	100	10800	9.664	9.444	10.017
109	100	10900	10.227	10.127	10.567	109	100	10900	9.464	9.234	9.967
110	100	11000	10.296	10.136	10.500	110	100	11000	9.419	9.189	9.917
111	100	11100	10.331	10.481	10.433	111	100	11100	8.279	8.901	9.867
112	100	11200	10.228	10.032	10.367	112	100	11200	9.104	8.889	9.817
113	100	11300	9.092	8.892	10.300	113	100	11300	7.949	8.309	9.767
114	100	11400	8.935	8.725	10.233	114	100	11400	7.994	8.339	9.717
115	100	11500	9.058	9.058	10.167	115	100	11500	9.044	8.869	9.667
日 野 川 合 流 點						116	100	11600	8.799	8.709	9.617
						117	100	11700	9.139	8.870	9.567
						118	100	11800	8.824	8.604	9.517
						119	100	11900	8.919	8.699	9.467
						120	100	12000	8.369	8.089	9.417
120	100	12000	8.878	8.453	10.167	120	100	12000	8.494	8.296	9.367
121	100	12100	9.139	8.842	10.117	121	100	12100	8.679	8.429	9.317
122	100	12200	9.323	9.056	10.067	122	100	12200			

123	10012300	9.003	8.743	10.017	123	10012300	8.551	9.289	9.267
124	10012400	8.949	8.649	9.967	124	10012400	8.639	8.469	9.217
125	10012500	9.319	9.019	9.917	125	10012500	8.469	8.239	9.167
126	10012600	9.158	8.838	9.867	126	10012600	8.609	8.409	9.117
127	10012700	9.140	8.840	9.817	127	10012700	8.739	8.469	9.067
128	10012800	7.899	7.649	9.767	128	10012800	8.479	8.269	9.017
129	10012900	6.705	6.505	9.717	129	10012900	8.514	8.284	8.967
130	10013000	7.237	6.737	9.667	130	10013000	8.154	7.804	8.917
131	10013100	6.353	6.091	9.617	131	10013100	8.164	7.909	8.879
132	10013200	6.307	6.042	9.567	132	10013200	7.764	7.919	8.842
133	10013300	5.588	5.203	9.517	133	10013300	7.669	7.729	8.805
134	10013400	5.671	5.460	9.467	134	10013400	6.489	7.679	8.768
135	10013500	5.310	5.020	9.417	135	10013500	7.599	7.729	8.731
136	10013600	6.612	6.442	9.337	136	10013600	7.199	7.659	8.694
137	10013700	7.592	7.292	9.317	137	10013700	7.859	7.659	8.657
138	10013800	8.547	8.237	9.267	138	10013800	7.309	7.629	8.620
139	10013900	9.550	9.250	9.217	139	10013900	6.844	7.429	8.583
140	10014000	8.049	8.544	9.167	140	10014000	6.289	7.569	8.546
141	10014100	8.772	8.522	9.117	141	10014100	6.259	6.660	8.509
142	10014200	9.196	8.926	9.067	142	10014200	6.639	7.804	8.472
143	10014300	9.335	9.105	9.017	143	10014300	6.396	7.764	8.435
144	10014400	9.086	8.866	8.967	144	10014400	5.409	7.999	8.398
145	10014500	8.975	8.725	8.917	145	10014500	7.669	8.041	8.361
146	10014600	8.693	8.493	8.867	146	10014600	8.159	7.961	8.324
147	10014700	8.632	8.425	8.817	147	10014700	8.039	7.831	8.287
148	10014800	8.182	7.972	8.767	148	10014800	8.039	7.738	8.250
149	10014900	8.015	7.866	8.717	149	10014900	8.149	7.820	8.213
150	10015000	8.616	8.166	8.667	150	10015000	7.669	8.041	8.161
151	10015100	8.339	8.087	8.630	151	10015100	7.389	7.149	8.139
152	10015200	8.292	8.082	8.593	152	10015200	7.419	7.189	8.102
153	10015300	8.160	7.920	8.556	153	10015300	7.829	7.459	8.065
154	10015400	7.761	7.541	8.519	154	10015400	7.749	7.449	8.028
155	10015500	7.789	7.599	8.482	155	10015500	7.649	7.414	7.991

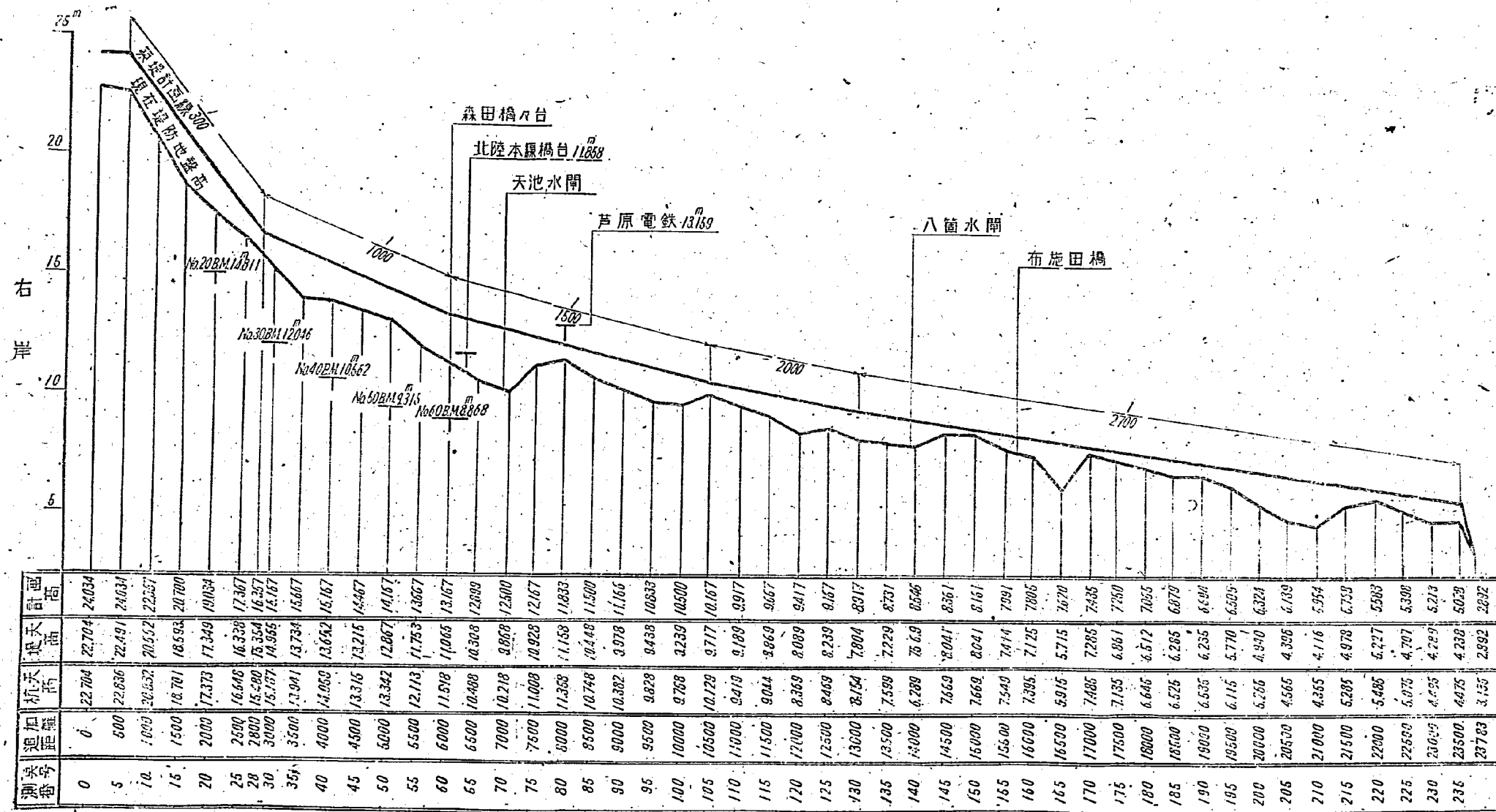
156	10015600	7.757	7.592	8.445	156	10015600	7.699	7.419	7.954
157	10015700	7.811	7.641	8.408	157	10015700	6.894	6.614	7.917
158	10015800	7.861	7.681	8.370	158	10015800	7.353	7.066	7.879
159	10015900	7.706	7.526	8.333	159	10015900	7.646	7.371	7.842
160	10016000	7.937	7.377	8.296	160	10016000	7.395	7.125	7.805
161	10016100	7.745	7.625	8.259	161	10016100	7.135	6.905	7.768
162	10016200	7.490	7.355	8.222	162	10016200	7.135	6.933	7.731
163	10016300	7.243	7.103	8.185	163	10016300	7.295	6.975	7.694
164	10016400	7.193	7.028	8.148	164	10016400	6.765	5.515	7.657
165	10016500	7.117	6.952	8.111	165	10016500	5.915	5.715	7.620
166	10016600	6.986	6.836	8.074	166	10016600	7.755	7.425	7.583
167	10016700	7.077	6.887	8.037	167	10016700	7.605	7.295	7.546
168	10016800	6.964	6.809	8.000	168	10016800	7.575	7.280	7.509
169	10016900	7.208	7.053	7.963	169	10016900	7.605	7.255	7.472
170	10017000	7.270	6.790	7.926	170	10017000	7.485	7.235	7.435
171	10017100	7.303	7.188	7.889	171	10017100	7.485	7.185	7.398
172	10017200	7.466	7.266	7.852	172	10017200	7.335	7.095	7.361
173	10017300	7.559	7.399	7.815	173	10017300	7.266	7.985	7.324
174	10017400	7.534	7.247	7.778	174	10017400	7.235	6.935	7.287
175	10017500	7.432	7.292	7.741	175	10017500	7.135	6.861	7.250
176	10017600	7.195	7.002	7.704	176	10017600	7.035	6.801	7.213
177	10017700	6.787	6.597	7.667	177	10017700	6.945	6.771	7.176
178	10017800	7.779	7.559	7.630	178	10017800	6.938	6.680	7.139
179	10017900	7.562	7.302	7.592	179	10017900	7.075	6.950	7.102
180	10018000	7.305	6.955	7.555	180	10018000	6.645	6.512	7.065
181	10018100	7.187	6.947	7.518	181	10018100	6.885	6.613	7.028
182	10018200	7.252	7.022	7.486	182	10018200	6.935	6.663	6.991
183	10018300	7.332	7.142	7.444	183	10018300	6.715	6.575	6.954
184	10018400	7.040	6.860	7.407	184	10018400	6.875	6.588	6.917
185	10018500	6.210	5.980	7.370	185	10018500	6.525	6.285	6.879
186	10018600	6.445	6.235	7.333	186	10018600	6.495	6.205	6.842
187	10018700	6.575	6.355	7.296	187	10018700	6.485	6.155	6.805
188	10018800	6.670	6.550	7.259	188	10018800	6.485	6.320	6.768

188	100	18900	7.075	6.905	7.222	189	100	18900	6.455	6.191	6.731
190	100	19000	7.048	6.718	7.185	190	100	19000	6.535	6.235	6.694
191	100	19100	6.834	6.714	7.148	191	100	19100	6.495	6.210	6.657
192	100	19200	6.874	6.744	7.111	192	100	19200	6.115	5.945	6.620
193	100	19300	7.020	6.899	7.074	193	100	19300	6.255	6.004	6.583
194	100	19400	6.744	6.614	7.037	194	100	19400	6.215	6.054	6.546
195	100	19500	6.679	6.569	7.000	195	100	19500	6.115	5.770	6.509
196	100	19600	6.651	6.501	6.963	196	100	19600	5.945	5.586	6.472
197	100	19700	6.591	6.471	6.926	197	100	19700	5.615	5.380	6.435
198	100	19800	6.506	6.366	6.889	198	100	19800	5.725	5.410	6.398
199	100	19900	6.419	6.299	6.852	199	100	19900	5.315	4.945	6.361
200	100	20000	6.634	6.364	6.815	200	100	20000	5.265	4.940	6.324
201	100	20100	6.465	6.409	6.778	201	100	20100	5.385	5.100	6.287
202	100	20200	6.595	6.379	6.741	202	100	20200	4.795	4.615	6.250
203	100	20300	6.420	6.179	6.704	203	100	20300	4.625	4.450	6.213
204	100	20400	6.238	6.032	6.667	204	100	20400	3.985	4.235	6.176
205	100	20500	6.387	6.097	6.630	205	100	20500	4.565	4.398	6.139
206	100	20600	6.049	5.773	6.593	206	100	20600	3.805	3.591	6.102
207	100	20700	6.158	5.863	6.556	207	100	20700	2.825	2.635	6.065
208	100	20800	6.113	5.833	6.519	208	100	20800	3.725	3.521	6.028
209	100	20900	6.003	5.753	6.482	209	100	20900	3.795	3.633	5.991
210	100	21000	6.516	5.811	6.445	210	100	21000	4.355	4.116	5.954
211	100	21100	5.882	5.646	6.408	211	100	21100	5.125	4.800	5.917
212	100	21200	5.974	5.748	6.371	212	100	21200	4.915	4.745	5.879
213	100	21300	6.042	5.734	6.334	213	100	21300	4.775	4.441	5.842
214	100	21400	6.048	5.738	6.297	214	100	21400	4.915	4.693	5.805
215	100	21500	6.049	5.733	6.260	215	100	21500	5.235	4.979	5.768
216	100	21600	5.872	5.629	6.223	216	100	21600	5.475	5.219	5.731
217	100	21700	5.911	5.630	6.186	217	100	21700	5.225	4.997	5.694
218	100	21800	5.711	5.471	6.149	218	100	21800	5.225	4.987	5.657
219	100	21900	5.681	5.476	6.112	219	100	21900	5.205	4.927	5.620
220	100	22000	5.909	5.320	6.075	220	100	22000	5.485	5.227	5.583
221	100	22100	5.204	4.954	6.038	221	100	22100	5.535	5.250	5.546

222	100	22200	5.331	5.141	6.001	222	100	22200	5.435	5.163	5.509
223	100	22300	5.477	5.327	5.964	223	100	22300	4.555	4.797	5.472
224	100	22400	5.418	5.168	5.927	224	100	22400	5.155	4.876	5.435
225	100	22500	5.509	5.339	5.890	225	100	22500	5.075	4.707	5.398
226	100	22600	5.516	5.299	5.853	226	100	22600	4.925	4.600	5.361
227	100	22700	5.570	5.300	5.816	227	100	22700	4.725	4.394	5.324
228	100	22800	5.491	5.281	5.779	228	100	22800	4.685	4.407	5.287
229	100	22900	5.363	5.183	5.742	229	100	22900	4.565	4.315	5.250
230	100	23000	5.673	5.526	5.705	230	100	23000	4.495	4.289	5.213
231	100	23100	5.146	4.966	5.668	231	100	23100	4.335	4.144	5.176
232	100	23200	4.928	4.748	5.631	232	100	23200	4.255	4.100	5.139
233	100	23300	4.673	4.473	5.594	233	100	23300	4.315	4.135	5.102
+ 58.0	153	23358	4.483	4.303	5.574	234	100	23400	4.365	4.154	5.065
						235	100	23500	4.475	4.238	5.028
						236	100	23600	4.325	4.040	4.028
						237	100	23700	4.135	3.881	3.881
						+83	83	23783	3.135	2.892	2.892



附圖 一 (a) 九頭龍川震災復興測量断面圖 (縮尺・縦横比 1 : 400)



附圖 - 1 (b). 九頭龍川震災復舊測量經緯面圖 (縮尺・縦横比 1 : 400)



附圖 -- 3 大聖寺川左岸經橫斷面圖

昭和24年3月15日 印刷

昭和24年3月20日 發行

建設省土木研究所

東京都文京區駒込上富士町二十六

電話 大塚(86)0131~0133番

印刷者

原 道 男

東京都新宿區新宿一丁目五十番地

製本者

福 原 喜 三

東京都千代田區飯田町一ノ三番地