

# 南海大地震災害報告

昭和 21 年 12 月 21 日の南海大地震はその規模が大きかつただけに各方面に及ぼした被害も顯著なものがあり、それぞれの分野に於ては現地に調査團を派遣し詳細な震害調査を目下行ひつつある。幸にも本誌に

對し地震研究所金井博士を始め運輸省、内務省より早速調査報告を寄せられたので取敢ず災害報告として茲に發表し會員各位の參考に供する次第である。

(昭 22. 1 編輯部)

## 一 般

昨年 12 月 21 日 4 時 20 分頃潮岬南方 30km 附近に起つた大地震は 1 府 24 縣にわたつて災害を及ぼし、家屋被害は全壊 11,453 半壊 21,976 流失 2,109 焼失 2,602 浸水 32,193 に及び、その他橋梁損壞 90 堤防決潰 177 道路決潰 1,328 船舶流失破損 3,014 の損害を受け、死者 1,304 傷者 2,637 行衛不明 103 の犠牲を生んだ。

被害府縣のうち高知縣の災害が最も大きく、死者 679 傷者 836 全壊家屋 4834 田畑浸水 3030 町歩に及んだ。次いで徳島、和歌山、岡山、香川、岐阜、兵庫、愛媛、大阪、三重、愛知、島根の順序で相當の災害を蒙り、100 乃至 1,000 戸の家屋倒壊し、小笠書縣としては廣島、奈良、大分、鳥取、熊本、滋賀、長野、福岡、佐賀、山口、宮崎、長崎、静岡がある。

今回の地震のエネルギーは  $10^{24}$  erg 位と推定され、大正 12 年關東大地震よりは大きく昭和 8 年三陸沖大地震よりは小さい程度で昭和 19 年東南海地震よりは被害地域が多少廣い様である。震央は外側大地震帯に屬し安政 1 年 11 月 5 日の大地震の震央に近く、地震の規模被害の程度もこの地震と類似しているやうである。

餘震の数は急激に減じ、しかも各地の観測共に初期微動繼續時間が非常にばらつき、例へば高知測候所の 12 月 21 日の餘震の初期微動繼續時間を餘震の起つた順序に示すと 5.3, 18.0, 4.0, 0, 17.3, 5.3, 23.2 秒となり本震に近いのは第 2 回目位のものである。この位の大地震になると極めて廣範圍の地殻が活動するものと考へられる。

今回の地震の結果、陸地に著しい昇降現象が起り紀伊半島の南部、四國の室戸岬附近が隆起し、土佐灣の奥方面徳島市方面が沈下し、筆者等が高知縣の海岸を踏査した際水打際の変化から目測したところを隆起

を+印沈下を-印として cm 單位で東から順に記すと室津 +110, 行當岬 +60, 奈半利 +35, 安藝 +10, 手結 -30, 高知 -70, 新宇佐 -90, 須崎 -120 となる。現在内務省地理調査所によつて水準測量が實施されつゝあるから近い將來に正確な數量がわかることになる。高知市のやうな軟弱地盤のところでは基礎の沈下のほかに表面層の沈下が加つているやうである。

この地盤の昇降のための損害は非常なもので室戸港を始めとして隆起地域の港は使用價値を或は失ひ或は減じ、沈下地域では堤防決潰と相まつて高知市の 1,090 町歩の浸水を始めとして田畑浸水被害も相當なものである。

大地震の建造物損傷は地盤と顯著な關係があることは大正 12 年關東大地震昭和 19 年東南海地震その他の地震に際して多くの人々によつて指摘されて來たが今回の地震も全くその例にもれず被害地域はすべて沖積層に屬し、沖積層の中でも人工的埋立地、盛土、氾濫のしばしばある河川流域、低濕地に於て特に被害が甚大である。そのため極端な場合には道路一つをへたて、殆んど全壊に等しい損傷を受けているのに他方では壁に僅かに龜裂が入つた程度といふ例も少くない。

筆者等は 12 月 24 日東京を發つて廣島愛媛高知香川岡山縣の順で災害地を踏査し、そのうち最大の震害地たる高知縣の調査を特に念入りに行つた。調査結果に多少の考察を試みてこゝに概報する。

廣島市は宇品港附近の埋立地全壊半壊各 1 戸屋根瓦の落ちた家數戸程度の被害であつたが、全壊の 1 戸は 25×6 間の倉庫であるが間仕切、方杖が全然使つてないため震動の際自重のため中央部が僅か 2 cm 足らず不同沈下したため柱の柄が殆んど抜けてひとたまりもなく崩壊したのに反し、半壊 1 戸は 11×3 間の宇品本驛であるが中央部が 40 cm の不同沈下があつたのに

もかゝらず筋違方杖が十分に使用され重要箇所は全部ボルト締であつたから外柱は弓なりに曲つてゐるがそのまゝの状態で使用に堪えていた。

愛媛縣では郡中町、壬生川町が最も被害が大きく住家倒壊指数=100 (住家全壊+1/3 住家半壊)/全戸数をもつて被害程度を表はすと郡中町は 38 壬生川町は 20 となる。郡中町では 30 年位前まで海底であつたといふ海岸砂地が帯狀に全壊しているがこゝを離れると損傷はきわめて僅少である。壬生川町の被害區域はじめじめした埋立地に限られ、基礎は不同沈下による倒壊が特に目立ち其の中には數年前建つたといふ特に弱いといふ程でもないものも含まれているが道路一つをへたでて少し高い乾いた地盤のところでは古くて粗雑な家さへ何等の損傷を受けていない。尚、墓石の倒れたのから震度を算定すると壬生川町は 0.39 となる。

香川縣では高松市西濱、坂出市林田町附近が最も災害が大きく住家倒壊指数は高松市 7、林田町 12 となる。西濱附近は海岸埋立地のじめじめした土地で 2cm へ 5cm の不同沈下のない家はない程で隣家によりかゝつて僅かに倒壊をまぬがけたといふものも少なくなつた。

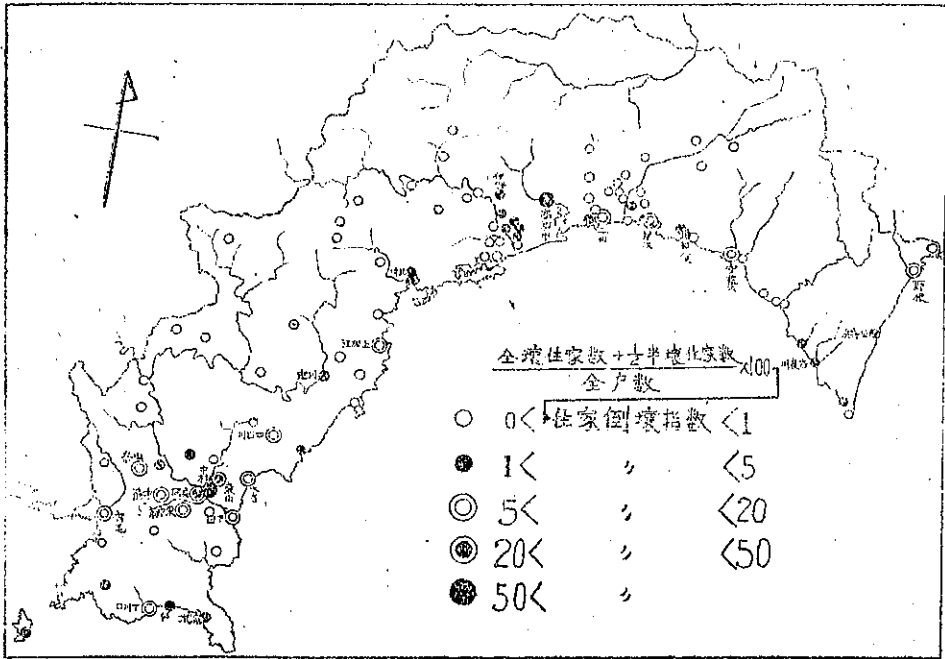
林田町では字によつて損傷程度に著しい差異があり壁の龜裂さえない字がある。綾川に平行な線狀地帯が被害が大で不同沈下は塗り目立たなかつた。

岡山縣では兒島縣の周囲の諸町村が最も被害が大で住家倒壊指数 50 以上が 2、20~50 が 6、5~20 が 7 町村ある。指数 20 の三崎では道路崩壊による家屋破壊がかなり多く、指数 24 の光政では田畝中家屋の盛土をした基礎が不同沈下でぐずれるやうになつての損傷が多い。この村で昭和 7 年頃建てたといふ瓦葺大壁作の 2 階家が黒柱外 8 本の通柱全部が 2 階床上で折れて小屋組は安全なまゝで 2 階だけが崩れた家が特に注意をひいた。

高知縣東南部海岸地方には大壁作の家屋が多いが、地震に際して壁がはげ落ち屋根が重いため崩れるやうに全壊した家屋が多い。住家倒壊指数 2 の吉良川町の中でも特に被害の多い本町は埋立地で大壁作の大きい家や土蔵は殆んど多かれ少かれ損傷を受けていたが新しい形式の家屋はかなり粗末なものであるが安全であつた。然るに川を距て、兩隣の西宮及び傍土は地盤が堅いのと家が粗末ではあるが軽いので被害は極めて少かつた。本町役場は見掛よかつたので軟弱で動かつてゐるのかと思ふに思へたが内部を見ると土地で E と稱する松の

節のところをピストル型にした方杖の一種を柱と梁桁の連結點全部に使用してあり、その効力が十分に現われたものであつた。この町は今回踏査した災害地の中で家屋移動が最も多く、大部分の家屋が 5cm 位移動してゐた。高知市下知方面は元沼地であつたところで地盤が非常に軟弱なため家屋の倒壊は不同沈下によるものが多く、又隣家の倒壊のために損傷する所謂隣倒の例が澤山に見掛けられ倒壊指数は 61 に及んだ。彌生町で地上 36m、下部外徑 2m のコンクリート煙突が上部から 1/3 のところで折れてゐたが周囲の地盤には無数の龜裂と不同沈下が見られた。新本町では土蔵が地震中動揺して元の位置で止つたことを入口の石階段の移動がはつきり物語つてゐた。こゝでも新しく盛土した一小區劃の 4 戸が相當の損害を蒙り周囲の家屋は壁に龜裂さへない狀況を示してゐた。若松町では戦災後建てた瓦葺のバラックが倒壊し一步手前位傾いてゐたがこゝの主人の話ではグラグラと家が揺れてゐるうちにズシンとした瞬間家が倒れたと言つてゐたが恐らくズシンと来たのはこのとき不同沈下が起つたものと推察される。尚この家屋がほぼ共振に近い振動状態であつたらしいことがわかつたので固有周期の算出からこの土地の家屋破壊に影響した地震動の周期はほぼ 0.6 秒と推定される。市内で鉄筋コンクリート 3 階 5 階の 2 ビルが崩壊してゐたが何れも戦災を受けたものでそのうちの文化ビルは川縁で基礎が不同沈下で 5° 傾斜してゐた。尚高知市では 11ヶ所の堤防が決壊し 1,090 町歩が浸水の難に遇つた。新宇佐町は津浪の高さ 5m に及び 341 の流失家屋と 942 の津浪による損傷家屋を出したが安政大地震の津浪の教訓が町民の間によくしみこんでゐたため大地震といふことを感ずると同時に高地に避難したため津浪による死者は 1 人も出さなかつたが 15km ばかり西の須崎町ではやはり安政大地震の言ひ傳へて早目に奥の方へ避難したが今回の津浪は安政のときとは趣を異にして海側の多郷附近に上つて山のふもとに沿つて南下したため死者 53 名行方不明 3 名の犠牲を出した。次に中村町は今回の地震で最大の被害を受けたところであるが、全世界帯數 2177 であるのに家屋の損害は全壊 2421、半壊 773、全燒 62 を算へ死者 273 傷者 3358 の犠牲を出し、全町壊滅に近い被害を蒙つた。この町に来て直ちに氣がつくことは倒壊を免れた家屋の屋根瓦が完全であり倒壊した家屋に於てさへも屋根瓦の落ちたものは稀なことである。

圖-1.



地盤が殊更に軟弱なために家屋の自重で不同沈下したと考えられるものが多く、又いわゆる將倒の損傷も少ない。1階が崩壊して2階がそのまま安全に地上に坐っている家が数多く見受けられた。土地の人の地震中の家の揺れ方の話からして振動周期は木造家屋の固有周期に近い 0.5~1.0 秒程度と考えられるが、そんな地震動で瓦葺の損傷が極めて少いために地盤の振幅はそれ程大きくなかつたものと推定される。即ちこれ程の大被害は地震動によつて直交純粋振動的に蒙つたものではなく軟弱地盤特有の基礎の不同沈下といふ特殊原因によるものと思ふ。四萬十川の全長 507.2 m の鐵橋が 1 徑間 54.55 m トラス部分 8 徑間の中兩端を残して 6 徑間が落ち、落ちた部分の橋脚は下部で大きな口をあげ落ちない部分及び丁型橋脚はすべて龜裂を生じていた。この橋梁の落ち方は橋脚の破壊状況からして一徑間の橋梁の自由端が橋脚から落ち自重で固定端の橋脚を引き付けけるので次の徑間の自由端が落ちるといふことを繰り返して行つたものと考えられるが、最初の自由端が落ちた原因は純粋振動としてはどうも考へ難い。と言ふのはこの橋脚の固有周期を大雑把に計算してみると約 0.2 秒となり、この橋脚が橋梁を振り落すだけ振動する程地震動が大きかつたと

すると中村町の家屋の屋根瓦が安全であることの説明が困難になる。橋梁が一端固定他端自由の橋として振動をしたとしてもどうも容易には説明できない。こゝでもやはり地盤の沈下のやうな純粋振動現象でない特殊な考へを入れねばならぬやうである。

高知縣の被害分布を 圖-1 に示した。この圖でわかるやうに中村町を含む幡多郡の沖積層地帯に被害の多い町村が集つておるが、この郡の家屋以外の被害状況を少し詳しく示すと橋梁 128 道路 1,276 港灣 21 堤防 216 ケ所の損壞を蒙り田畑浸水 219 町崩山林崩壊 558 町歩に及んだ。

高知縣の災害地を詳細に調査した結果或る町村は明かに不同沈下による損傷であり、或る町村は主として振動による損傷であることがかなりはつきり判別される。今、各町村について全壊戸數/死者の比 即ち全壊何戸に 1 人の割で死者があつたかといふことを出して並べて見ると、主として不同沈下による家屋倒壊町村では北街 3.4 下知 6.4 南河 7.6 野嶺 4.9 中村 5.9 具同 3.9 で平均は  $5 \pm 2.5$  となり、主として振動による家屋倒壊の町村では潮江 13 赤岡 14 安藝 9.4 須崎 16 宿毛 20 で平均は  $14.5 \pm 5.5$  となる。即ち不同沈下の場合の方が振動による場合よりも犠牲者の割合が約 3

倍多いことになる。このやうな性質は昭和19年東南海地震の際にも気付かれたことであり、この事柄は家屋が静止の状態から地震動を受けて振動し始め少しづつ振幅を増して最大振幅になるまでには相當數振動を繰り返さねばならぬことが理論的にも模型実験からもわかつており、實際の地震の場合家屋が倒壊する位の振幅になるまでにはかなり時間がかかり、避難の餘裕が十分にあるが、不同沈下の場合には高知市若松町の人の話のやうにまた大した振動ではないと思つている時にズシンと倒壊するやうなことになるので犠牲者が多いのではないかと思ふ。

尚、津浪被害のあつた高知、和歌山、徳島を除いて死者のあつた13府縣について倒壊家屋と死者との關係の平均を出すと住家全壊7戸に1人の死者となるが昭和19年東南海地震では津浪被害のあつた和歌山、三重を除く8府縣の平均は住家全壊21戸に1人の死者となり今回の場合が犠牲者の割合が3倍程多いことになる。東南海地震は13時過ぎであつたが今回は4時過ぎといふ時刻的原因でも一應説明できるが他に地球物理學的原因がひそんでいるかも知れない。

又、東南海地震では火災は全然起らなかったが今回

の地震では和歌山縣新宮市の大火災を始めとして諸所に火災を発生したがこれは地震發現時刻のせいであるかも知れない。

最後に、軟弱地盤上の木造家屋は地震に際して非常に損傷率が多いことは過去の多くの大地震の事實が證明しており、その原因として軟弱地盤の卓越周期が木造家屋の固有周期に近いからだといふ説が近年盛んに行はれて來たが、これらの振動學的原因のほかに地盤の不同沈下といふ特殊原因による家屋損傷が思ひがけなく多いことが今回の災害調査で明かになつた。この事柄は地震による家屋災害分布から地球物理學の諸問題を抽出しようとする場合に深い關係があるばかりでなく耐震構造の立場からもかなり重要である。

尚、今日の災害調査の結果隣接建物による損傷が想像以上に多いことがわかり、今後の研究課題としてぜひとも採り上げねばならぬものと思ふ。

終りに臨み本調査に當つて多大な御援助を賜つた災害地當局特に高知縣當局に厚く御禮を申し述べ。又本調査中絶えざる御助力を頂いた地震研究所の田中貞二、金子重彦兩氏に深甚なる謝意を表する。

(金井 清)

## 鐵 道

### 1. 鐵道被害の概況

今回の地震に於ける、鐵道の被害も範圍が非常に廣く、名古屋、大阪、廣島、門司の各鐵道局に亘つて、總計409件の被害件數を數へた。震源地が海中であつた關係上、津浪、高潮等に依る被害が最も多く、又最もひどいようである。即紀伊半島海岸の紀勢東、西線、

四國の土讃線、牟岐線等の被害が最甚大であつた。

幸な事は、列車事故を併發しなかつた事であるが、之は被害地域が大部分ローカル線であつた爲、地震の起つた午前4時41分には、未だ運轉を開始してゐないものが多かつた爲と見られる。

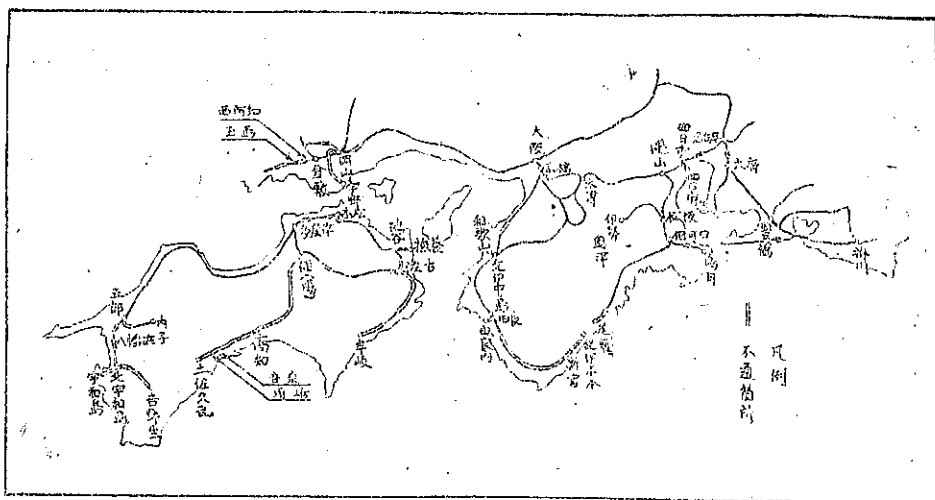
### 2. 被害件數、被害の種類

表-1

被害別	局 別		名古屋	大阪	廣 島	四 國	門 司	計
	橋 台	橋 脚						
橋梁變狀	橋 台	—	—	3	—	6	—	9
	橋 脚	2	4	10	31	—	—	47
又ハ流失	桁	—	2	—	1	—	—	3
	ステン	—	1	—	—	—	—	1
線 路	流 失	—	1	—	—	—	—	1
	沈 下	10	119	16	5	—	—	150

路盤	流失	失下	—	9	—	—	—	9
			—	22	—	82	1	105
道床	流變	失狀	—	8	—	10	—	18
袖石垣			—	20	—	5	2	27
土砂崩			—	8	—	1	1	10
築堤又ハ切取		龜裂	—	8	1	6	1	16
信號機	倒傾	壞斜	—	4	—	—	—	4
			—	3	—	—	—	3
保安裝置	全破	壞損	—	1	1	—	—	2
			—	1	—	—	—	1
驛舎又ハ官舎	全半壞		—	4	—	42	—	46
ホム家	倒傾	壞斜	—	2	—	—	—	2
			—	1	—	—	—	1
轉車	塞破	壞斜	—	—	1	—	—	1
航送	塞傾		—	—	1	—	—	1
給水裝置	破壞		2	—	1	—	—	3
浸路		水障	—	2	—	1	—	3
線路		支障	1	—	—	—	—	1
落石			—	—	—	4	1	5
合 計			15	223	31	194	6	469

圖-2.



各鐵道局別に被害件數と被害の種別を示せば表-1の如くである。これを見れば、被害の大部分が大阪、西國、鐵道局管内で被害の種類から見れば 50% 以上

が線路或は路盤の沈下で、次が橋脚の被害 10%、建物の崩壞 10% と云ふ順序である。

次に各局別に被害箇所と被害の爲不通になつた箇所

を示せば 圖-2 の如くで、紀勢線、土讃線、牟岐線の被害が最もひどく、全線殆んど不通となつた。

3. 特に大なる被害

被害の中で、特に甚しいものを挙げれば、

紀勢線

由良管内、櫛内線延長 150 m に亘り、路盤洗掘され、最大深さ 5 m に及んだ。又荷揚場 50 m 流失、40 m 崩壊した。

紀伊富田—紀伊椿間、線路流失延長約 700m、路盤流失約 550m

紀伊日置—周參見間、築堤流失約 100m(高さ 5m) 線路流失約 100 m

周參見—見老津間、線路沈下最大 800 mm に達してゐる。

江佐—和深間、延長約 950 m に亘り路盤流失し、延長約 150 m に亘り道床流失して線路が梯子状となつた。

土讃線

吾桑—須崎間、防潮堤崩壊して、一面に冠水し、大師川橋梁 1 連(徑間 4.5 m) 流失した。

山陽本線

西阿知—玉島間、高梁川橋梁の橋脚 2 本折損、12本龜裂を生じた。

宇野線

由加—八瀬間、線路延長 400m に亘り、約 500mm 沈下した。

4. 復舊状況

山陽本線西阿知—玉島間

下り線橋脚の被害は比較的輕微であつた爲、徐行迂轉に依り同日 12 時 30 分單線開通させ、上り線は、被害の大きい部分にステーキングを構築して 1 月 10 日 17 時頃複線運轉を開始した。本復舊には橋脚を鐵筋コンクリートで捲き立てる事を考慮してゐる。

紀勢西線、紀伊富田—和深間

津浪の爲築堤路盤が流失したので、石炭殻、道床砂利で應急復舊し、12 月 31 日一應開通させたが、本復舊には、土留擁壁、法面張石等を必要に依り考慮しなければならぬ。

土讃線吾桑—須崎間

縣の防潮堤が破壊した爲、満潮時には、一面冠水する状態で、石灰石等で築堤の假構築を急いでゐるが、3 月中旬迄開通の見込がない。本復舊は、防潮堤の修築計畫の確定を見なければ決定出来ないが、路線變更や、擁壁構築等も考慮中である。

其他主なる線の開通時刻は表-2 の通りである。

表-2

局 名	線 名	全 通 時 刻
名古屋鐵道局	東 海 道 本 線	21日17時
	關 西 本 線	21 12
大阪鐵道局	紀 勢 西 線	31 15
	紀 勢 東 線	21 13
	阪 和 線	21 18
	參 宮 線	21 7
	片 町 線	21 6
	由良—由良口間	29 17
廣島鐵道局	山 陽 本 線	1 月10日16時
	宇 野 線	12 21 18
四國鐵道局	予 讚 線	21日、9時40分
	高 德 線	21 13 15
	德 島 線	21 11
	牟 岐 線	22 17
	土 讚 線	3 月中旬ノ予定

5. 應急復舊所要資材其他

應急工事費は約 6,000 万円、復舊工事費は約 13,000 万円、計 19,000 万円を要する見込である。

應急復舊作業員所要見込数は職員延人員 137,000 人、雇職、土方、人夫、大工、其他延 210,000 人、計 347,000 人、應急復舊用資材所要見込数は、木材 41,800 石枕木 35,000 挺、セメント 3,000 t、鋼材 200 t、軌條 120 t、大釘 35,000 本、接目板 2,900 枚、同ポールト 9,500 本、ガソリン 5,600 立、カーバイト 26,000 kg である。(脇澤 正)

## 港 灣

昭和 21 年 12 月 21 日午前 4 時 19 分に発生した南海地震により土木工作物に災害を生じた地域は和歌山、高知、徳島を始め十数府縣の廣範圍に及び、特に海中に震源があつた爲津浪を伴ひ地震動による被害と相俟つて紀伊半島並に四國東南部の海岸地帯に激甚な災害の發生を見た。従つて港灣の被害も甚大であつて關係地域内の殆んど總ての港灣は大なり小なり被害を生じ、復舊總工事費約 2 億 3 千萬圓に達して居る。

### 1. 地震動による被害状況

地震動による被害は重量構造物即重力式岸壁、物揚場及び石張護岸等に多かつたが、特記すべき點は從來地震に對して安全度の高いとされて居た矢板式の構造物が何れも被害を受けて居る事及び突堤式岸壁及び埋立地の護岸等に於ては平面的に見て、振動方向に大體無關係に、内部應力を受けたボックスラーメンと類似の破壊状態を呈し、隅角附近及び中央部に大きな變形を生じて居る事である。

#### 1) 重力式構造物

坂出港 6 m 岸壁はケーソン 2 段積の構造であるが全延長 27.4 m に亘つて下段は滑出し、上段のケーソンは轉倒して居て、今度の地震による港灣構造物中最大の被害を受けた。茲に興味ある事はたまたま地震發生時に 2000 t 級の貨物船が緊留されて居たが、岸壁の船舶に接して居た部分は船の形に弓なりに彎曲して滑出し、殆んど轉倒を生じて居ない。1 個の長さ 18 m のケーソンの繼手が略船舶の中央部になつて居たためその部分には異常なく 2 組のケーソンはその繼手を境に各他端が約 30 cm 滑出し、それに續くケーソン各 1 個宛斜に滑出して居る。

坂出港 8 m 岸壁及び和歌山港 6.4 m 岸壁は何れもコンクリート方塊積であるが中央部に於て最大約 40 cm の傾斜を生じた。

高知港 7.5 m 岸壁、宇野港 7.9 m 岸壁及び 5.2 m 岸壁はケーソン構造であるが高知港最大 1.4 m、宇野港最大 26 cm の滑出しを生じて居る。

高知港 2.0 m 物揚場は全長に亘り最大 3.5 m 滑出し、且つ最大 1.0 m の沈下及び崩壊を生じた。

和歌山港コンクリート方塊積 2.5 m 物揚場は全長に亘り轉倒を生じ最大 90 cm 前面に傾斜し、高松港のコンクリート方塊積 2.5 m 物揚場は最大約 70 cm 轉倒による傾斜を生じて居るが、後者に於て物揚場法線と直角方向に直径 70 cm、長 10 m の原木が積み重ねてあつた延長約 15 m の部分のみは殆んど異常を生ぜずかゝる現象と先に挙げた坂出港 6.0 m 岸壁に於ける實例とを併せ考へれば從來の重力式構造物の耐震計算に於て採られた靜力學的方法に缺陷のある事が認められ、振動を考慮に入れた動力學的方法の採用を研究する必要があると同時に、船着としては滑出しに對しては基礎部前面に杭打を行ひ、且つ轉倒に對しては頂部附近に控工その他を取付けること等により構造物の振動に對し何らかの擾亂作用を與へる様配慮する必要がある。

#### 2) 矢板式構造物

大阪港及び名古屋港の矢板式岸壁は昭和 19 年 12 月の震災による被害に加へて今回の地震を受けた結果被害は更に著しくなつて來た。

大阪港中央突堤は軟弱地盤上に構築された水深 9 m の柵式岸壁であるが、地震動により傾斜し南北方向の幅員が最大約 6.0 m 擴大し、控版が全面的に移動して居る。

名古屋港の水深 9.0 m の柵式岸壁も最大 4.5 m 傾斜し、その他の鐵矢板の被害状況を見るに何れも控版が移動し、控桿の切斷を見ずこの點より控桿の延長が短かきに過ぎる様に感じられ、矢板式構造物に於ても耐震計算に再検討の必要を生じて居る。

### 2. 津浪による被害

津浪の構造物に與へる作用は風浪と略同様であるがその特異な點は波長の長い關係上港内全體に影響を及ぼし、しかも灣奥ほど波高が高まり風波に對して絶対に安全な位置にある個所が甚大な被害を受け、之に流木、流失船舶などの衝擊により災害の程度が激化して居ることである。

以上被害の原因及構造別に簡単に説明したが参考のため次に被害の一覽表を擧げておく。

(表-3-表-7 参照) (栗栖義明)

表-3.

港名	縣名	地 震 ニ ヨ ル 被 害						津 浪 ニ ヨ ル 被 害								
		重 力 式 構 造 物			矢 板 式 構 造 物			名 稱	構 造	延 長	被 害 狀 況					
		名 稱	構 造	延 長	被 害 狀 況	名 稱	構 造					延 長	被 害 狀 況			
名古屋	愛知	物揚場	コンクリート	30m	滑出	岸	欄式鋼矢板	—	—	轉倒						
		物揚場	懸壁 下部コンクリート	480m	滑出									護	欄式鋼矢板	9m
尾大	三 大 大 大 大	物揚場	石	13m	滑出	突	欄式鋼矢板	—	—	轉倒						
		護	積	40m	滑出										堤	欄式鋼矢板
津	大 阪 大 阪 大 阪	物揚場		46m	沈下	岸			傾斜							
		護		70m	傾斜											
宇野	岡 山	岸	ケーソン	50m	滑出,	物揚場										
			—9m	最大	35cm											
			ケーソン	18m	滑出, 沈下											
			—5.2m	最大	26cm											
			ケーソン	115m	滑出, 最大											
	—7.9m	最大	16cm													
	ケーソン	55m	滑出,													
	—5.2m	最大	15cm													
	物揚場	50m	沈下													
	護	90m	滑出													
		104m	滑出													
玉島	岡 山	物揚場	コンクリート			物揚場										
		岸	ブロック													
州本	兵 庫	物揚場	石	30m	散	岸										
		護	積	60m	散											

崩壊(船舶ノ  
激突キマリ)



表-4.

港名	縣名	地 震 ニ ヲ 日 ル 破 害						津 浪 ニ ヲ 日 ル 破 害											
		重 力 式 構 造 物			矢 板 式 構 造 物			名 稱	構 造	延 長	破 害 状 況								
		名 稱	構 造	延 長	名 稱	構 造	延 長												
赤 穂	兵 庫	岸 護	石 積		散	亂	岸 護	物 揚 場	矢 板										
大 阪	兵 庫	岸 護	石 積		散	亂	岸 護	物 揚 場	矢 板										
高 松	香 川	物 揚 場	石 積	790m	轉	倒	物 揚 場												
坂 出	香 川	岸 壁	ケ ー ソ ン -6m	274m	滑	出	岸 壁												
		岸 壁	コ ン ク リ ー ト -8.0m	92m	厚	出	岸 壁												
		護 岸	石 積	80m	滑	出	護 岸												
向 島	香 川	防 波 堤			洗 下	2m	防 波 堤												
志 度	香 川	物 揚 場	石 積		轉	倒	物 揚 場												
香 西	香 川	物 揚 場	石 積		滑	出	物 揚 場												
九 德	香 川	物 揚 場	コ ン ク リ ー ト -6.0m		轉	倒	物 揚 場		岸 護	杭 册									
德 島	德 島	岸 壁			轉	倒	岸 壁												
小 松 島	德 島	物 揚 場			洗	下	物 揚 場												
由 岐	德 島	護 岸			滑	動	護 岸												
日 和 差	德 島	物 揚 場			滑	動	物 揚 場												
牟 岐	德 島	物 揚 場			滑 動,	轉 倒	物 揚 場												

捨石流失  
捨石流失  
流 失

流 失  
流 失

埋 沒

表-5.

港名	縣名	地震ニヨル被害						津浪ニヨル被害																					
		重力式構造物			矢板式構造物			名稱	構造	延長	被害狀況																		
		名稱	構造	延長	被害狀況	名稱	構造					延長	被害狀況																
今治	愛媛	岸壁			滑出																								
和歌山	和歌山	岸壁	コンクリート ブロック 6.4m	200m	滑出																	沿地航 路				4,700立 米埋没			
加小	和歌山	物揚場	コンクリート ブロック 2.5m	250m	轉倒																	防波堤	積	石	17m	流	失		
海	和歌山	護岸		168m	崩																		護岸	積	石	135m	流	失	
由良	和歌山																						防波堤	積	石	42m	流	失	
比	和歌山																						防波堤	積	石	623m	流	失	
田	和歌山																						防波堤	積	石	120m	流	失	
文	和歌山																						防波堤	積	石		流	失	
串	和歌山																						岸壁	鋼矢板				流	失
本	和歌山																						防波堤	積	石	15m	流	失	
大	和歌山																						護岸	積	石	20m	流	失	
古	和歌山																						護岸	積	石			流	失
座	和歌山																						導流堤	コンクリート		35m	流	失	

表-6.

港名	縣名	地震ニヨル被害				津浪ニヨル被害					
		重力式構造物		矢板式構造物		構造		構造			
		名稱	延長	被害状況	名稱	延長	被害状況	名稱	延長	被害状況	
浦神	和歌山							護岸	石積	266m	流失
太地	和歌山							護岸 防波堤	石積 石積		流失 流失
勝浦	和歌山	護岸 岸壁	石積 コンクリート ブロック	145m	崩壊 倒						
宇久井 下津	和歌山 和歌山							防波堤 木棧橋	石積		流失 流失
高知	高知	岸壁 物揚場 護岸	ケレン コンクリート ブロック コンクリート ブロック	200m 172m 88m	滑出 最大1.4m 滑出 最大3.5m 滑出 最大3.6m			防波堤	工事中		基礎埋没
甲浦	高知							突堤 護岸 物揚場	石積 石積 石積	12m 83m 40m	流失 流失 流失
佐喜濱	高知							岸壁 防波堤 泊地	石積 石積	100m 85m	流失 流失 7,000立米埋
室戸岬	高知							泊地			20,000立米埋

表-7.

港名	縣名	地 震 ニ ヨ ル 被 害				津 浪 ニ ヨ ル 被 害			
		意 力 式 構 造 物		矢 板 式 構 造 物		名 稱		被 害 状 況	
		名 稱	構 造	延 長	破 害 状 況	名 稱	構 造	延 長	被 害 状 況
雪 津	高 知	突 堤	ケ-ソン石積 コンクリート コンクリート コンクリート		1,450平米没 陥 2,695平米没 陥 746平米没 陥	泊 地			30,000立米没 埋
手 結	高 知					護 岸	石 張	467m	流 失
須 崎	高 知					護 岸	石 積	762m	流 失
						防 波 堤	石 積	98m	流 失
						物 掃 場	石 積	340m	流 失
上ノ加江	高 知					防 波 堤	石 積	50m	流 失
						護 岸	石 積	630m	流 失
久 禮	高 知					護 岸	石 積	30m	流 失
下 田	高 知					護 岸	石 積	300m	流 失
						内 港			7,000立米没 埋

## 河川、道路、橋梁

南海地震があつてから約3週間後、内務省土木試験所と運輸省鐵道技術研究所港湾研究室の合同技術調査隊が和歌山、三重、大阪、徳島、高知、愛媛、香川、岡山、兵庫、愛知の各縣に派遣され、主として技術的見地から震害を調査研究した。詳細はその中發表する豫定であるが取り敢えず結果を要約して報告する。

### 1 概観

地震によつて最も甚しい被害を受けたのは凡て人の造つたもので、自然物には殆んど被害がないばかりでも、人工の構造物は大災害をこうむる。今回もその例に漏れず、干拓、埋立地、盛土、切取斜面等に設けられた構造物は著しい被害を受けている。又軟弱な河川の流域、海岸、低濕地の被害も大である。震央は東經135°6、北緯33°0、即ち潮岬の東南海中にあり、そのため地震動による直接的被害は極小にとどめ得たが、紀伊半島から四國東南海岸に亘る相當廣闊面に津浪が來襲し、道路、堤防の決潰、橋梁の流失、家屋の流失浸水等も相當數に達している。震度分布、津浪状況、被害狀況一般圖(圖-3)、被害一覽表(表-8)を参照されたい。

### 2 河川の被害

河川工事の被害は築堤の沈下、龜裂、滑出、法面の崩壊、水門の破壊、龜裂、導流堤の沈下等であつて、何れも下流部沖積層平野を流れる地質の特に軟弱なる部分に起つており、破壊堤防の方向と主要振動方向とは大して關係がないように思われる。又破壊は川に面した側において甚大であり、堤内側は比較的安全である。被害の特に烈しかった箇處を拾つて見よう。

#### 1) 紀ノ川背割堤

紀ノ川河口附近延長約1700kmの間が此の背割堤によつて縦に二分され、左岸側が和歌山港となつている。堤體は河底の粘土をサンドポンプでふかして造られたもので、地質も極めて軟弱である。川に面した側には石張護岸が設けられている。震害は龜裂、沈下、護岸のはらみ出しで、昭和17年以後施工したところは例外なく龜裂が発生し、沈下の最大値は2mに達しており、もと川床であつた部分の築堤は完全に姿を消し、土の行方さえも不明になつている。

#### 2) 那珂川築堤

徳島縣の那珂川築堤は河底からの吹き上げ土砂に

圖-3. 南海大地震、震度分布津浪被害狀況一般圖

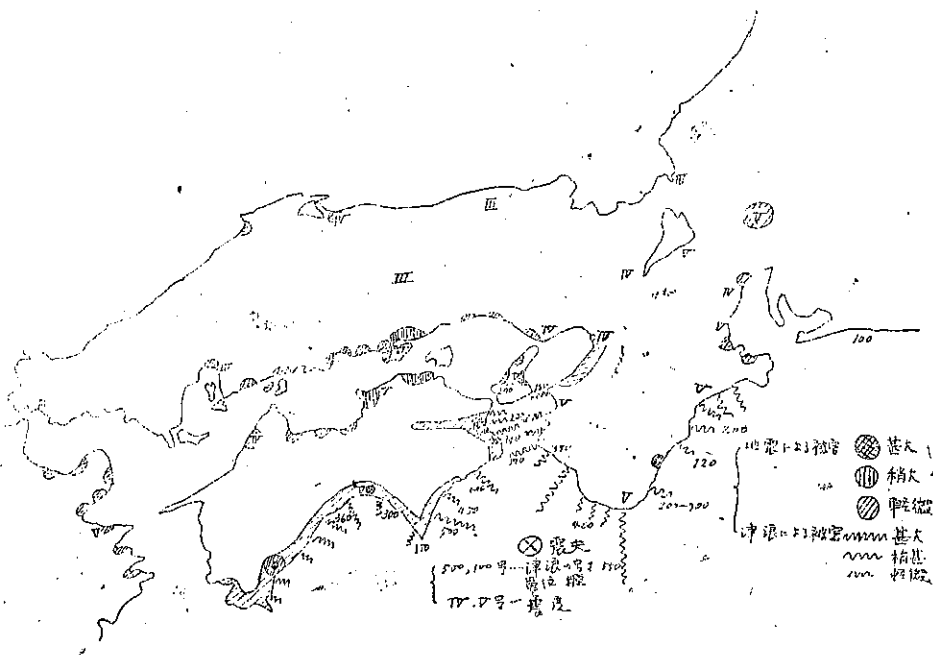


表-8. 被害一覽表

	河川		道路		橋梁		海岸		砂防		港湾	
	數	損害額 (單位圓)	數	損害額 (單位圓)	數	損害額 (單位圓)	數	損害額 (單位圓)	數	損害額 (單位圓)	數	損害額 (單位圓)
愛知	15	3,015,525	12	432,468	14	502,185	22	4,018,807	2	24,000	91	12,771,379
三重	60	2,667,352	242	4,220,607	73	1,578,059	69	7,153,785	—	—	18	8,639,619
岐阜	11	1,512,152	5	43,499	13	277,541	—	—	—	—	—	—
奈良	3	55,423	158	6,717,128	3	71,278	—	—	1	10,430	—	—
和歌山	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
大阪	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
兵庫	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	1,044,900
岡山	72	10,033,643	50	4,174,379	14	346,279	44	7,831,057	2	32,241	12	3,312,616
香川	33	3,948,522	23	1,032,963	12	477,778	31	1,324,428	—	—	22	48,948,167
徳島	85	12,347,509	154	8,243,711	38	3,666,911	68	14,692,855	—	56,572	—	?
愛媛	28	1,269,000	291	7,399,000	19	3,273,000	40	2,569,000	—	—	130	12,758,000
高知	297	725,423,549	147	258,826,277	121	62,762,280	32	58,117,648	—	—	42	107,574,111

よつて造つたもので法面の滑出、天端の龜裂が甚しい。

### 3) 渡川(四萬十川)築堤

河口から6~7km上流、震災の最も激甚であつた中村町附近の渡川並に支流後川の築堤は大被害を受けた。堤體は河底の土砂を以て築かれている。渡川の被害箇處の延長は約3kmであるがもと池のあつたところに設けられた約1kmの間は數條の龜裂と共に大沈下を起し、川床からメタンガスを噴出している。後川においても舊河川敷の部分の被害が特に著しい。

### 4) 旭川下流

旭川河口から約3.5kmの間の震害は龜裂、沈下、護岸の崩壊、川側への滑出しの他、物揚場の沈下破壊である。又水門が數ヶ所設けられているが、その基礎が之に續く築堤の基礎に比して極めて堅固であるため約1mの高低差を生じ、又此の取付部の龜裂から堤内に水が浸入しているところもある。右岸導流堤は海中に約70cm突出した石積堤であるが最大2mの沈下を起すと共に取付部は堤防の土砂の川表への押し出しに伴つて移動している。(写真-1)

### 5) 高梁川堤防

高梁川の右岸、乙島地先の堤防法尻は右岸側導流堤

の施工後次第に洗刷されて堤内地築堤附近にある民家の基礎は漏水により弛んでいたが、地震により堤體は大龜裂(縦走)を生じて沈下し、堤防から約100mの間に大小様々の龜裂を發生し、民家の床下から劇しく湧水した。

河川工事の津浪による被害の顯著であつたのは徳島縣福井川、伊勢田川等で堤防、護岸の欠損を生じている。

### 3 道路の被害

道路の震害は大體二種類に大別出来る。即ち(1)沖積層平地、海岸、河岸等の軟弱なる地盤に設けられた道路の沈下龜裂、法崩れ、之に伴う舗裝の破壊龜裂、法面石張の崩壊と、(2)山岳地帯の山腹を切盛して造つた道路の山崩れ、地崩れによる路面上への土砂の押し出し堆積、谷側法面の崩壊、路面の龜裂、滑り出しである。

沖積層平地において低濕地に盛土した道路は基礎の支持力不足による沈下と縦走龜裂とを生じ、河岸、海岸に設けられた道路は主として堤防と兼用のものであつて、既に前項で述べたように河底の土砂を盛り上げた新しい道路、もとの川床に設けられたものは著しく被害を受けている。又河海側への滑り出し、法尻の地

写真-1. 旭川三幡崖災害圖



盤の隆起を生じている。

山崩れが山の突角部において顯著であるのは地震動の振動の影響と風化の関係であろうと思われる。被害の最も甚大であつたのは紀伊半島である。國道 41 號線(木本尾鷲間山道) 矢ノ川峠附近は平均勾配 25 分の 1 に近く、花崗岩質の岩石を開さくした山腹道であるが山側の岩壁崩落及び谷側法石張(練積)のはらみ出し、崩壊による被害箇所が 100ヶ所以上に達している。崩落岩石量の大きなものは 1ヶ所、600~1400 m<sup>3</sup> に達している。又此の附近は昭和 19 年の地震の結果多少の弛みを生じていたため益々大きな被害を受けた。新宮一熊野川線の隧道の入口には土砂が崩壊し殆んど入口を塞いでいるが内部には何等の異状をも認めなかつた。田邊一高野山間では隧道にも龜裂を生じたところがある。木の本一新宮間においては山火事と亂伐のために石英粗面岩質の山肌が荒れ果てていたが、地震により山津浪を生じ殆んど山全體が崩れかゝつたような状態になつている。四國の山岳地帯の道路も同様な被害を受けた。

津浪による道路の被害のあつたのは紀伊半島、四國の太平洋側である。海岸地帯には堤防と兼用の道路が多く、従つて津浪によつて決壊、洗掘、法崩れ等の被害を受けている。地震、施工共に良好な道路はたとへ津浪に洗はれても破壊しない(高知一洲崎間)。陸側の法

面に石張がなかつたために、海側に何等の損傷を蒙つていないにもかかわらず、洗掘されている。(徳島縣)

#### 4 橋梁の被害

橋梁の被害も二つに分けることが出来る。即ち地震動に依る被害と津浪による被害とである。土木構造物の中で岸壁と橋梁とは最も震害を受け易く、又力學的に見て甚だ興味ある問題となつているが、未だ解決されていない幾多の難問題が潜んでいる。津浪による被害は主として津浪に乗つた舟、木材等の激突により破壊され、而る後に流されたものである。

##### 1) 熊野大橋

熊野大橋は國道 41 號線和歌山縣新宮市と三重縣南牟婁郡御船町との間に架設されたもので、構造概要は次のようである。

種類 一垂直材附曲弦ワーレン型鋼構橋

全橋長 418.5m, 内大徑間 164.95m (徑間長 54.0m

3 連)

小徑間 253.55m (徑間長 41.4m

6 連)

有効幅員 6.0m

橋臺型式 U 字型重力式コンクリート造

橋臺の大體の寸法 長 15.0m, 底巾 5.0m,

上幅 2.3m, 高 10.0m

橋脚型式 長圓形鐵筋コンクリート柱

橋脚本體の大きさ、井筒、大徑間、長 13.0m  
 (長徑 11.0m 短徑 4.0m)  
 小徑間、長 8.0m  
 (長徑 10.4m 短徑 3.4m)

橋面構造—アスファルトブロック舗装

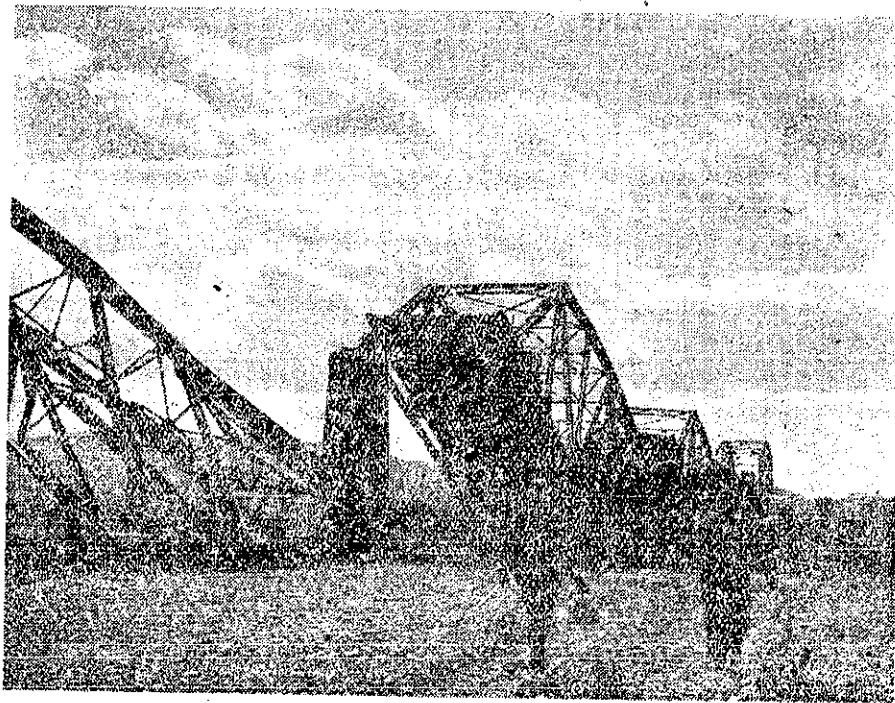
主要震動方向は橋軸方向と一致していたのであるが三重縣側より第一徑間及び和歌山縣側より第一ないし第三徑間は異常なく、中間は大徑間2連、小徑間3連共縦方向に和歌山縣側に水平移動を生じ、大徑間においては固定端底板がモルタル臺座を破壊し、24cm前後にずれ出し可動端も之に應じて滑り出している。小徑間も略同様であるが、移動量が大きく固定端において沓底板受けモルタル及びコンクリート臺座が粉砕されて主橋體が前方にずり出しており、可動端では轉子が完全にはづれている。橋臺は和歌山縣側において翼壁に多少のはらみ出しを生じた程度で、橋臺そのものには被害なく、橋脚も同様被害は認められなかつた。破壊の状態の觀察と簡単な應力計算とから破壊の原因を考察すると、臺座コンクリートがアンカーボルトで壓せられて破壊するのは、水平加速度が大徑間で 0.124g、小徑間で 0.162g 程度となり、倒壊家屋の状態から判断すると 0.2g 以上となつているから、水平衝撃

力でコンクリートが最初破壊したと思われる。

### 2) 渡川橋(四萬十川) 写真-2.

渡川橋は高知縣幡多郡其間村と中村町とを連絡するために渡川に架設せられた橋梁であつて、二部分から成つている。有効幅員 5.50 m 左岸(中村町側)から垂直材を有する皿弦ワーレン型單純鋼構橋8連、全長 438 m が右岸に向つて流心を横過して右岸高水敷迄延び、それから T 型鐵筋コンクリート單桁橋6連、全長 69.6 m が右岸高水敷上に架設されている。前者は關東震災前に設計施工されたもので、耐震性を考慮して造つたものではなく、部材はすべて華奢であり、橋高は徑間長に比して大である。之に反して後者は昭和 10 年の洪水後に、内務省土木試験所の標準設計を基礎として造られたもので割合にがっちりしている。橋臺は重力式コンクリート造で、上幅 9 m、底幅 10.5 m、高さ 8 m、橋脚型式は中空鐵筋コンクリート圓柱二本より成り、高さ 11 m、上端直徑 0.7 m 下端直徑 1 m、圓柱の中心間隔 2 m である。主震動方向は曾野大橋の縦方向であるのに對して、橋軸に略々直角の方向であり、此の附近は今回の震動の最も烈しかつた地方にあたつており、震度は 0.4 と推定される。トラスの部分は兩側の2連を残して中間の6連が河下へ墜落し

写真-2. 渡川橋





ている。鉄筋コンクリート橋は橋脚の破壊を見るのみで橋體は安全であつた。調査は徹に入り細に亘つて行はれたのであるが、轉落の眞因は目下研究中であつて未だ結論に到達しておらず、従つて此處に豫め之を述べることは危険であるが、一應私見をひれきしよう。先づ上下動によつて滑動端が浮き上り氣味になつているところを横振動を受け、固定端を軸とした水平方向のねぢりの作用が働き、之と共に横振動による横倒しの力が働いた。結局固定端の脊には上下動による上方への引抜き、水平方向のねぢり、横倒しの三力が同時に働き非常に大きな力を受けたために破壊し、次に自由端で橋に滑つて橋臺から落下したものである。橋臺の固有振動周期は約 1.2 秒であり、橋脚の振動のために振り落されたと考えるのは至當でないようである。問題はトラスが極めて華奢で撓み易い構造であつたことと、地震動とが如何なる關係にあるかという点である。このような構造物が縦横、上下の振動を受けて如何なる振動を起すかは橋梁技術者にとつて最も興味ある事柄である。渡川橋梁の墜落は不幸な災害であつたが、橋梁構造物の耐震、免震性を解く緒ともなれば、禍を轉じて福となすものとゆうことが出来よう。

次に津浪によつて被害を受けた橋を挙げる。

1) 周參見橋 竊鏡-3.

この橋は和歌山縣周參見町内において周參見川に架設された、延長 62m、幅員 4m の橋梁で、構造は木造の橋脚の上に工形鋼 (150×450×20) 桁、鉄筋

コンクリート床版 (厚さ 18cm) の載つたものである。被害は津浪の際に漂流船舶が突き當り、木造橋脚が全部倒壊したものである。橋臺は全然被害を認めないので地震による被害はなかつたものと推定される。上部構造を永久構造としたのは、嘗つて津浪を受けた經驗を有するためと思われるが、經濟的事情が許せば鉄筋コンクリート橋脚を使用したいところであつた。

2) 會津橋

和歌山縣田邊市西部を流れる會津川に架設せられた國道橋で延長 112m、有効幅員 5.4m (徑間 10m) I 型鋼桁、鉄筋コンクリート床版 (厚さ 12cm)、二和土路面で橋臺は間知石積、橋脚は鐵筋井筒及び鐵筋コンクリート角柱である。被害は田邊市側より第 2 橋脚が鐵筋井筒の接手より折損、脫落沈下し、上流側 75cm 下流側 50cm の床版沈下を來たし、傾斜面を造つていゝ。橋臺は全然被害はなく、床版も龜裂を生じていない。原因は破壊橋脚の前面にある防衝杭のみが折損して倒れている點から見て、津浪の引く際に漂流船舶が猛烈な勢で流下して防衝杭を折り更に餘勢をかつて橋脚に突き當り、その衝撃で折損したものと推定される。

3) 平松橋

周參見町内大間川に架設された延長 31 m 有効幅員 3.0m、徑間 10m の鐵筋コンクリート橋脚、I 型鋼桁土橋である。津浪による漂流船舶の突き當りによ

竊鏡-3. 周參見橋 (事前)



り橋脚が折損流失した。橋脚構造は會津橋と同様、主鉄筋(20mm)4本を60cm間隔に結束した鉄筋コンクリート柱で、鉄筋が基礎コンクリート圓柱より分離して上流側に倒壊し、基礎コンクリート柱は全然形がいゝを止めない状況であり、津浪の収まつた後其の位置を1m掘り起して見たが遂に跡を見出し得なかつたとゆうことである。

其の他國道41號線の橋梁被害状況を述べると、木橋で流失したものは湊橋、朝來歸橋、江須見川橋、宮田橋、古座橋、古東橋、I型鋼桁橋では印南橋、安指橋、鐵筋コンクリートT型橋では田並橋がある。徳島縣下では次のものがある。

#### 4) 由岐港道路橋

鐵筋コンクリートT型橋であるが、津浪により橋臺裏込が洗掘され、その後舟の激突によつて轉落破壊した。

#### 5) 厄除橋

日和佐川の河口、日和佐港に架設されたハウ型木構橋、徑間15m、5連である。舟の激突により右岸の一徑間を残して全部流失した。

丈夫な橋は津浪だけでは簡単に破損流失しないものであるとゆう例としては

6) 大川橋である。この橋は、牟岐港内に架設されたI型鋼桁橋で5徑間よりなる。外海から押し寄せた津浪は次第に高度を増して橋上を乗り越えたが、舟は津浪に乗つてはるか橋の上方を通過したために全然被害はなかつた。

#### 5 結び

以上河川、道路、橋梁の被害状況を概括的に述べたが、今回の調査の結果最も強く感じたことは我が國のような地震型において今後構造物を造るばあいにはあく迄西洋直輸入のままをそのまま模倣することなく、先づ之をよくそしやく消化して後に造らねばならない。又熟し易くさめ易い國民性は災害の後にはさわくがやがて喉元過ぐれば熱さを忘れてしまう危険性が多分にある。今回のような機会に嚴密なる科學的理論を根據として構造物の破壊現象を徹底的に究明し、恒久的な對策を樹立しなければならぬ。そのためには調査隊の組織、派遣は勿論のこと現場技術者、研究者は一丸となつてこの方面の研究に不斷の努力を盡さなければならぬ。

終りに臨み調査隊のために絶大なる便宜を圖つて下さつた諸賢に對し謹んで感謝の意を表する次第であります。(福岡正己)

昭和22年8月25日印刷 昭和22年8月30日發行 (定價20圓)

編輯兼發行者

東京都新宿區牛込南町9番地  
中 村 孫 一

印刷者

東京都新宿區市ヶ谷加賀町1ノ12

印刷所

東京都新宿區市ヶ谷加賀町1ノ12  
(東京一) 大日本印刷株式會社

日本出版協會 會員番號 准B 120022 番

東京都中央區新川2丁目12番地

發行所

社 法 人 土 木 學 會

振替口座東京 16828 番