

越前岬沖地震調査報告

小野 一良*・喜内 敏**
吉田 博***・中村 昭英****

1. 概 説

(1) 越前岬沖地震の概要

昭和 38 年 3 月 27 日早朝 6 時半頃、越前岬沖約 20 km の所を震源とするかなり強い地震が発生し、敦賀湾および若狭湾にそい、約 50 km にわたり被害を生じた。この調査報告は、鉄道関係は小野が担当し、それ以外は喜内、吉田、中村が担当して調査したものである。

敦賀測候所の“越前岬沖地震調査概報”によれば、この地震の規模は $M=7.0$ 、加速度は 200~250 ガル、エネルギーは 8×10^{23} エルグぐらいと推測され、余震は地震後 1 週間で有感 15 回をふくめ 100 回に達した。

震央は福井県越前岬沖、北緯 $35^{\circ}8'$ 、東経 $135^{\circ}8'$ 、震源の深さは 20 km、震度は V (敦賀測候所)、発震時は昭和 38 年 3 月 27 日 6 時 34 分 43 秒 3 秒であって性質は急、地鳴をとめない、総震動時間は 12 分以上を記録し、若干の余震が続いた。有感半径は約 480 km に達する。

(2) 災害の概況

震度や地震の規模が比較的大きかったのに受けた被害は一般に軽微であったが、ただ敦賀市よりやや震源に近い美浜町早瀬、日向地方では地盤の関係と湖岸という地質の影響で多少被害は多かった。この地方より約 10 km も震源に近い敦賀半島北部では、地盤が強固なカコウ岩であったため軽微な被害ですんだ。越前岬から敦賀市に至る海岸線では落石が多かったがそれによる被害は割合に軽微であった。

2. 鉄道の被害

(1) 概 況

敦賀付近では北陸線および小浜線の各所に被害が生じ、小浜線では敦賀~美浜間 6 時 34 分~10 時 30 分、美浜~三方間 6 時 34 分~13 時 55 分、粟野~東美浜間 12 時 27 分~18 時 30 分の間、列車運行が不能となっ

* 正員 工博 金沢大学教授 土木工学教室
** 正員 工博 金沢大学教授 土木工学教室
*** 正員 金沢大学助手 土木工学教室
**** 金沢大学 土木工学教室

図-1 各地の震度分布

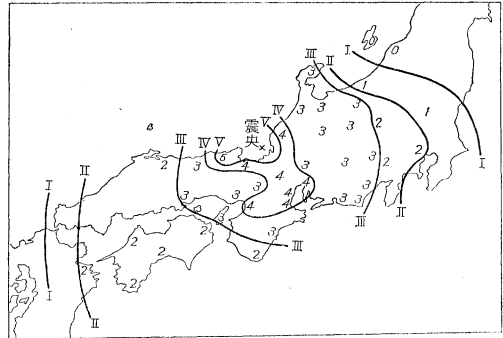


図-2 越前岬沖地震

昭和 37 年 3 月 27 日午前 6 時 34 分

震度：図中の○中の値は震度を表わす。敦賀福井は震度計によるものであるがほかは推測したものである

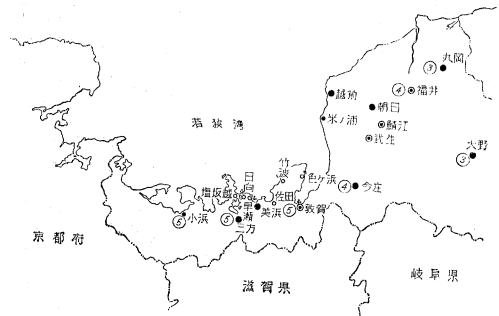
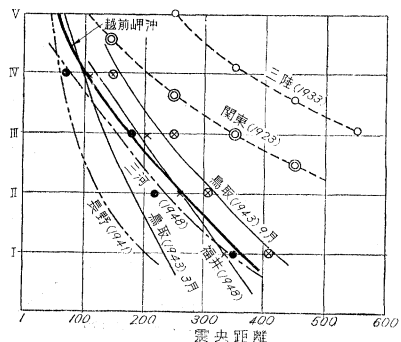


図-3 震度曲線による地震規模の比較



た。北陸線においては地震発生と同時に、武生、敦賀、金津変電所からの送電を停止したため、この間の8本の列車が一時停止した。

(2) 北陸線の被害

北陸線における被害は下記のようなのであるが、いずれもただちに復旧作業を行なったため列車を長時間とめることはなかった。

- ① 鯖波～王子保間：敦賀起点 81 700 m どうでん下書きょ(径間 1 m)の上で通りが 20 mm 移動した。
- ② 鯖波～王子保間：82 500 m 第1狭山開きょ(径間 1.2 m)の後の築堤で軌道が米原方も直江津方も各延長 2 m にわたって 10 mm 沈下した。
- ③ 余呉～塩津間：第2野坂トンネル(延長 78 m)入口の坑門と翼壁との間の間隔が 50 mm に拡大した。
- ④ 塩津駅乗車場において擁壁と盛土の間にきれつが発生した。
- ⑤ 余呉～塩津間：30 900～31 465 m の盛土の施工基面に 30 mm のきれつが発生した。

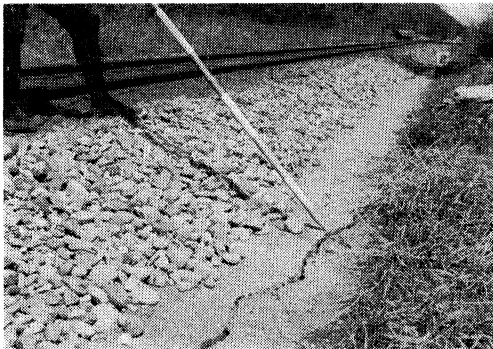
(3) 小浜線の被害

小浜線における被害の概況を図-4に示すが、このうち被害の比較的大きかったものについて説明を加える。

- ① 8 280～8 350 m 間路盤きれつ：山の斜面にそって

築堤がなされておき、施工基面の山側に流雪溝がある。施工基面と地山の盛土との境界線付近にきれつを生じた。流雪溝からもれた水によってこの付近の土が軟弱となりすべりやすくなっていたと考えられる。② 10 280～10 300 m 間施工基面きれつ：この区間は山の斜面を片切取、片築堤によって路盤を作った所であり施工基面の地山と築堤との境界線付近にきれつを生じた。③ 13 340～13 370 m 間右側きれつ：施工基面の右側のり肩にきれつが生じた。この区間は約 10 m くらいの築堤であるが道床のふるいかすをのり面に捨て、これが元のり面の上ですべったと考えられる。④ 20 095～20 135 m 通り狂い 100 mm, 高低狂い 35 mm：この区間は高さ 6 m 程度の築堤であるが築堤には変状がなく、上部構造にだけ変状を生じた。これは軟弱な地盤の上に築堤がなされたため地震の振幅が特に大きくなって、築堤の沈下とともに上部構造が横方向に投げ出されたと考えられる。⑤ 21 210～31 310 m 間通り狂い 100 mm, 高低狂い 70 mm, 施工基面狂い 20 mm, 築堤沈下 50 mm：この区間は田面上に約 4 m の築堤をなした所で特に線路右側は深田である。築堤上の道床左側に延長 25 m にわたってきれつを生じ、上部構造は 70 mm 沈下を生ずるとともに右

23 K 220～240 m きれつ



三方郡三方町塩坂越トンネルのきれつ

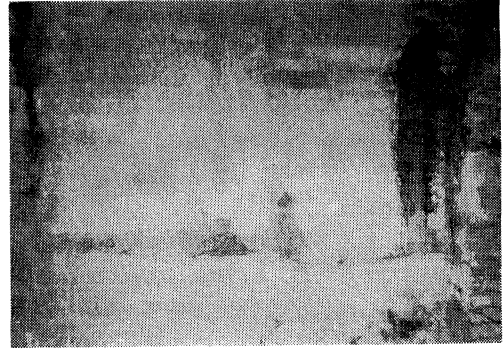
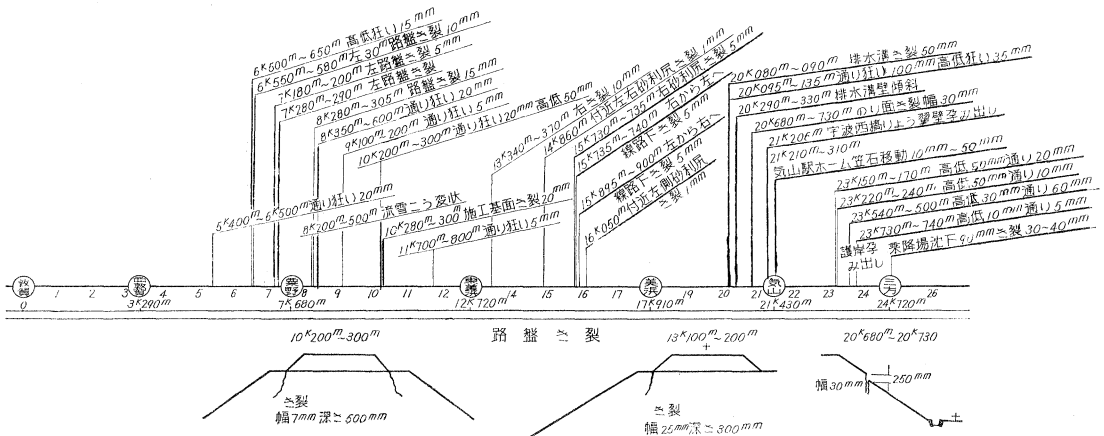


図-4 小浜線の被害状況図



側に 100 mm 移動を生じた。これは築堤の下の土が軟弱なため地震時に築堤がめり込んだためと考えられる。とくに線路右側が軟弱なるため右側に移動が生じたと考えられる。⑥ 23 150~23 170 m 間高低狂い 50 mm, 通り狂い 20 mm: この区間は切取りであるが沈下を生じた地山がとくに軟弱であったと考えられる。⑦ 23 220~23 240 m 間高低狂い 50 mm, 通り狂い 10 mm: 切取りと築堤との境いであって、この境界にそってすべりを生じたと考えられる。

(4) 総括

鉄道線路の地震による被害の主要なものはつぎの3項目に分けることができる。

① 山腹における斜面上の築堤: 傾斜面に築堤する場合には地山を段切りしてから行なうべきことは土工工事の示方書にも明示されているところであるが、実際には大きく段切りすることはなかなか実施されていない。とくに雨水がこの境界層に流入する場合には、ここにすべり面を生じ、大雨の後または地震の時にすべりやすい。今回の地震においても各所においてこの被害が見受けられた。② 軟弱地盤の築堤, 軟弱地盤上に盛土をなせば、この重量によって下の地盤が側方へ移動して築堤が陥没する例が多い。この防止方法としては築堤の両側に押え盛土をなすか、または Sand drain 工法によって築堤下の地盤の含水比を低下し支持力を増加する必要がある。今回の地震の被害においても深田上に築堤をなし、常時はこのままで築堤の形状を保っていたものが地震時にその安定が破れ、沈下を生じた例が見受けられた。③ 石垣およびコンクリート構造物: 橋梁前後の構造物は地震時に背後の築堤が沈下すれば安定が保たれずきれつを生じやすい。特に空積の石積においては築堤のわずかな沈下によってもこの影響をうける。流雪溝の側壁は底盤と一体の構造物としない限り土圧に対抗できない。よって地震時に土圧が作用すれば、前面に倒れることはやむを得ない。

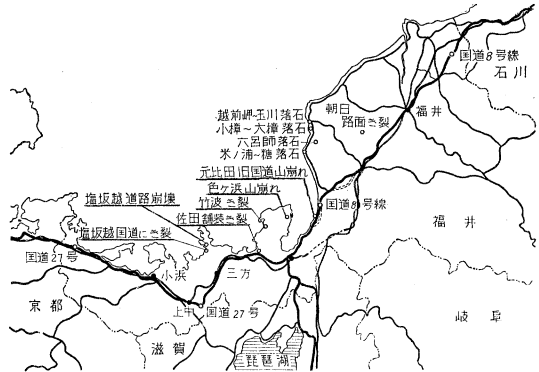
3. 道路の被害

(1) 概況

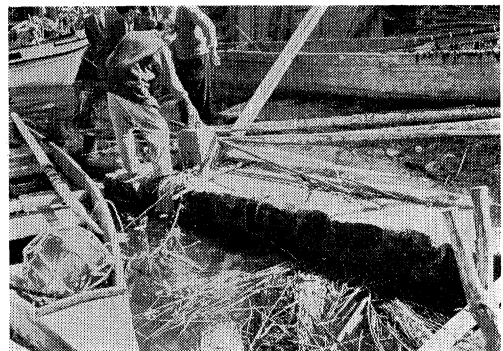
地震による道路関係の被害は落石による路肩、路面の損傷、落石が路面上に残留したことによる通行不能、きれつ、およびのり面崩壊による道路の損傷、通行不能などである。丹生郡越前町越前岬から南条郡河野村河野の海岸では、山が海にせまっておりに間に片盛土、片切取で作られた主要地方道敦賀三国線には落石による被害が多かった。国道 27 号線、一般県道常神三方線、白木美浜線、そのほかに路面のきれつ、のり面崩壊が見られた。

(2) 箇所別の被害状況

図一5

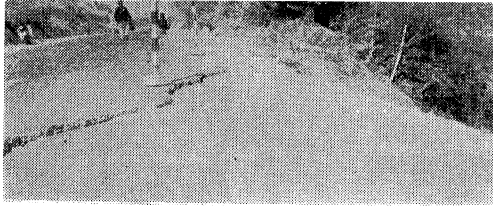


三方郡美浜町日向湖畔の前方に転倒防止の杭が打ってあるところのみ転落しなかった護岸

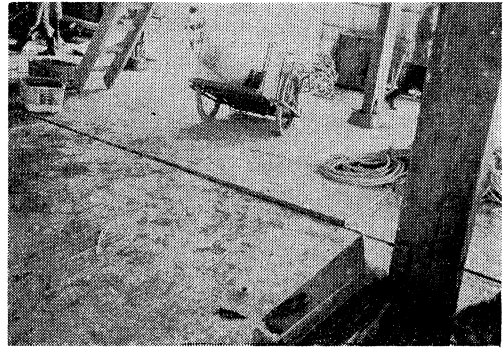


① 丹生郡越前町(主要地方道敦賀三国線)越前岬~玉川間で落石があり、道路構造物が破損し、また通行不能となった。② 丹生郡越前町小樟、大樟で落石があり通行不能となった。③ 丹生郡越前町米ノ浦~榎間で落石があり通行不能となった。④ 丹生郡朝日町観音堂地内(主要地方道四ヶ浦神明線)に幅 2 cm, 長さ 20 m にわたりきれつが生じたが交通には支障がなかった。⑤ 敦賀市元比田地内の旧 1 級国道 8 号線に山崩れがあり、通行不能となった。⑥ 三方郡美浜町竹波地内(一般県道白木美浜線)に幅最大 17 cm, 高低差 16 cm, 長さ 36 m のきれつが入った。この場所は山が海にせまり、その山腹に片盛土、片切取でつくられた所で、その境界に雪解け水や雨水が入り地盤がゆるんでいた時にこの地震が発生し、大きなきれつが発生したのと考えられる。⑦ 三方郡美浜町佐田地内(1 級国道 27 号線)のアスファルト舗装に幅最大 3 cm, 高低差 3 cm, 長さ 25 m のきれつが生じた。この場所は側方 8 m ののり面であって、斜面は片盛土、片切取でつくってあり、やはり境界面にそってすべったものと考えられる。⑧ 三方郡三方町塩坂越地内(一般県道常神三方線)に幅 30 cm のきれつが長さ 20 m にわたって生じた。なお、その後雨水により崩壊した。この場所も山が海にせまりその傾斜部に片盛土、片切取でつくった所である。

三方郡美浜町佐田 1 級国道 27 号線のアスファルト舗装の幅 3 cm, 高低差 3 cm, 長さ約 25 m のきれつ



三方郡美浜町日向漁業共同組合の作業所の不等沈下したコンクリート床版



4. 構造物その他の被害

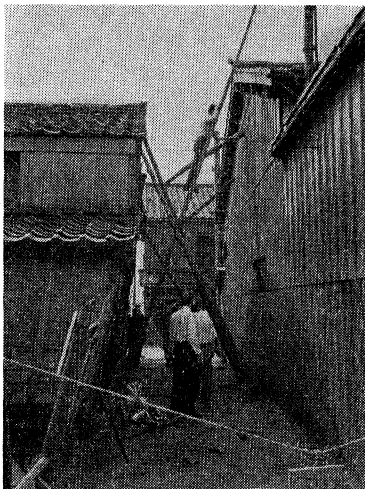
(1) 概況

構造物関係の被害は主として家屋の倒壊、傾斜、壁面のきれつ、および基石、灯ろう類の転倒などである。被害中もっともいちじるしかったのは日向湖畔の家屋が湖中へ転落したり、倒壊したことである。基石や灯ろう類の被害は敦賀市および三方郡に多く、敦賀市では 1 カ所の墓地のほとんどの基石が転倒した所もあった。

(2) 建物の被害

① 丹生郡朝日町西田中青野地内の火葬場（間口 1 間、奥行 1 間くらい）が倒壊した。この建物は基礎がなく柱を直接土の中に埋込んで建てたものであり、かつ相当腐朽のひどいものであった。② 丹生郡越前町城ヶ谷の石碑（幅 64 cm, 厚さ 30 cm, 高さ 235 cm）が台より転落した。これは石碑のすぐ後方にある岩山から落石があったためである。また、この石碑のすぐ近くの小屋や民家にも落石があり、屋根をやぶり、瓦をこわしている。③ 早瀬漁港の物揚場および護岸にきれつが入り多少沈下した所がある。④

傾斜した敦賀市川崎町の家屋



三方郡美浜町日向漁業共同組合の物揚場にきれつが入り多少沈下した所がある。⑤ 三方郡美浜町日向湖畔の木造瓦葺二階建住宅が日向湖に逆さになって転落し湖底に没した。また納屋 2 棟も湖中に転落した。コンクリート護岸は長さ約 60 m にわたり転倒したが、護岸の前方に転倒防止の杭が打ってある所のみ転倒をまぬがれた。⑥ 三方郡三方町三方公民館の壁に相当大きなきれつが入り、また天井の壁が落ちた。一階二階とも白壁が幅 40 cm くら

いはげ落ち、一部にきれつが入り、また他の部分は盛り上った。二階の天井の白壁が幅 10~60 cm はげ落ちた。壁のきれつは南北方向の壁にのみ生じていた。⑦ そのほか建物の被害としては美浜町日向で木造瓦葺倉庫 (19.8 m²)、住宅 (54.4 m²)、店舗 (17.5 m²) が半壊し、県漁連早瀬支所の建物 (56.1 m²) が傾き、粟野小学校用務室壁 3.3 m²、土蔵壁、住居壁 23.2 m² が落下し、レンガ 3 m が破損した。また、三方町では石垣がくずれ、壁が落ち、塀が倒れた所もあった。一方敦賀市では造船場の作業所が全壊、納屋全壊、住居半壊、または傾斜その他壁の落下、ショーウィンドウ、ガラス戸、建具などに相当の被害があった。敦賀市の被害は一般に非被災地域の川崎、松栄、結城、三島、松島町に集中した。それはこれらの町の建物が非被災地域のため古かったためと考えられる。

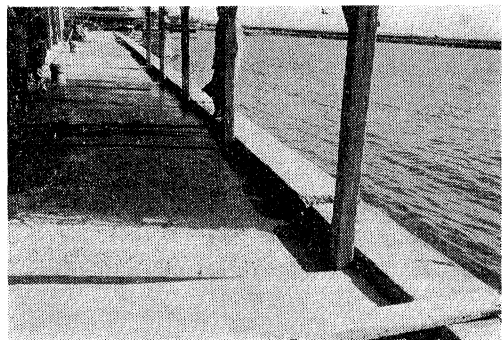
(3) トンネルの被害

三方郡三方町の塩坂越トンネル（幅員 3.6 m, 延長 190 m）に、常神側より約 60 m にわたり、主としてアーチの起拱点付近に、多くトンネルの軸方向にせい約 5 mm 幅のきれつが多数生じた。

(4) 基石およびその類似物

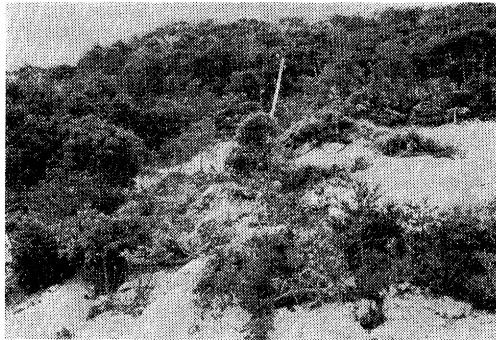
① 城ヶ谷の基石の転倒。② 美浜町坂尻の基石（縦

三方郡美浜町早瀬支所前の前傾した岸壁と沈下したコンクリート舗装



40 cm, 横 40 cm, 高さ 210 cm) が転倒した。周囲のさくの破壊の状態から見て、一度さくの上に転倒しその後さく外に転落したものと考えられる。③ 三方郡三方町竜沢寺入口の地藏が台より転落した。石像は東 25° 北に 2.2 m はなれた所まで飛び出し、台の石積は他の方向にくずれていた。④ 三方郡美浜町日向の稲荷大明神の鳥居の上部にきれつが入り、多くの石さくは割れて飛び散った。神社の基礎の部分にもきれつが入った。⑤ 美浜町久々子宗像神社の石灯ろうは神社入口に向かって左右二つあるが、その左側のもののみ、上部が転落し右側のはなら被害は認められなかった。⑥ 敦賀市松島武田耕雲斎の墓地の墓石、灯ろうは、二つの墓石だけを残しほとんどが倒れた。倒れた方向はすべて真東であった。⑦ 敦賀市神楽町気比神社の灯ろうが 2 個転落した。⑧ 敦賀市松島町来迎寺の墓石の 2~3 割が、すべて真東方向に転倒した。

敦賀市色ヶ浜の山崩れ



5. 港湾の被害

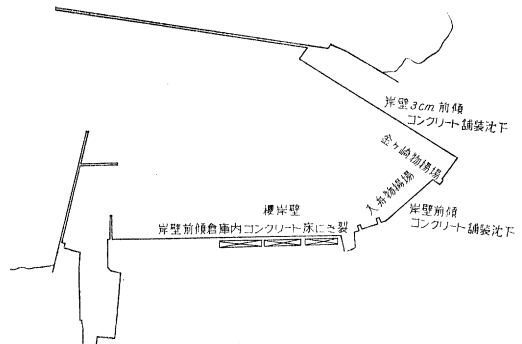
(1) 概況

港湾関係の被害は他の被害にくらべて大きかった。この理由としてはつぎの事項が考えられる。① 震央が海中にあったので、距離的に近い敦賀港、早瀬港、日向港などが多くの被害をうけた。② 概してこの地方の地質状態が悪かったこと。③ 建造物の基礎が悪い地質にもかかわらず強固に築造されていなかったことなどである。

(2) 被害状況

① 敦賀港：この地震で敦賀市はもとより、敦賀港も相当の被害をうけた。敦賀港の繋船岸、および護岸の基礎は沈下して前傾し、これらのコンクリートには相当のきれつが生じ、またエプロンのコンクリート舗装にもかなりきれつが入ったり不等沈下を生じたりした。金崎物揚場の約 100 m の繋船岸壁が約 3 cm 前傾した。なお、エプロンのコンクリート舗装に所々きれつが入り 3.5 cm くらい沈下した。入船物揚場でも繋船岸壁が約 3 cm 前傾し、きれつが入り、エプロンコンクリート舗装が沈下した。桜岸壁でもやはり繋船岸壁が 3 cm 前傾し、

図-6 敦賀港被害図



約 200 m にわたりエプロンとコンクリート舗装の間に約 3 cm の間げきができたがこの舗装は沈下しなかった。また、岸壁が前傾したために、コンクリート舗装の 1 ブロックとともに横移動した部分があった。なお、岸壁の基礎は金崎物揚場は鋼矢板、桜岸壁はケーソンである。桜岸壁のエプロンの倉庫内のコンクリートにも幅約 2 cm, 長さ約 300 m のきれつが入った。② 早瀬港：福井県漁連早瀬文所前の繋船岸壁およびエプロンのコンクリート舗装が沈下し、岸壁とコンクリート舗装に高低差約 3~11 cm が生じ、またその間に最大 3 cm くらいの間げきができた。また作業所内にも幅 3~4 cm, 最大 10 cm, 長さ約 36 m くらいのきれつが 5~6 カ所生じたほか、多くの小さいきれつが生じた。③ 日向港およびその周辺：日向港は若狭湾と日向湖の狭き部に位置する小さい漁港である。日向湖周辺の家屋の被害でも述べたようにこの付近は非常に被害の大きかった地域の一つである。日向港にある日向漁業協同組合の物置および作業所の一部のコンクリート舗装 4m×8m の部分が最大 27 cm 沈下し同建物が傾斜した。岸壁も約 10 m にわたり前傾し、最大 3 cm の間隔が生じた。また対岸の護岸にも約 9 cm のきれつが 2 カ所入った。④ 糠漁港：糠漁港は小規模な漁港であって、その防波堤に小さいきれつが数カ所入ったが使用にはさしつかえなかった。

6. 山崩れおよび落石

(1) 山崩れ

敦賀市色ヶ浜の山が海にせまり海岸線にそって道路が走っている所で幅 25~30 m, 高さ 20~30 m にわたる範囲で山崩れが起こった。電柱は折れ、立木は根こそぎになり、2~3 m³ の岩石が 5~6 個、小さい岩石が多数落下した。また、敦賀市元比田でも山が海にせまる海岸線の旧国道 8 号線が山崩れのため一時通行不能となった。

(2) 落石

落石のもっとも多かったのは主要地方道敦賀三国線とくに、越前岬~玉川間、梅浦、城ヶ谷、小樟、大樟、茂原、白浜、米浦~糠間、六呂師付近である。越前岬~

玉川間は径約 50 cm の岩石からこぶし大の岩石が多数落下し通行不能となった。また落石が護岸コンクリートに当たり破損した所もあった。城ヶ谷では落石により家屋が破損した。小樟、大樟では径約 10~15 cm の岩石が無数に落下した。六呂師では 3 m³ くらいの岩石が落下し電柱、立木を折って川の中に落下した。米浦~椋間では 1~3 m³ の岩石が 20~30 m の間隔で落下した。

付記：この調査については福井県土木部長米村新之助氏の格別のご配慮をいただき、土木部道路課長、計画課

長、および各課の方々、また武生土木出張所長、朝日土木出張所長、敦賀土木出張所長、および各土木出張所の方々、ならびに敦賀測候所の方々、さらに鉄道関係については金沢鉄道管理局小浜保線区長、敦賀保線区長の方々に非常にお世話になり、また大変便宜をはかっていただいた。ここに付記し深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 敦賀測候所：昭和 38 年 3 月 27 日越前岬沖調査概報，昭和 38 年 4 月 3 日
- 2) 金沢鉄道管理局施設部保線課：地震災害概況

海外ニュース

マラカイボ ウルタネタ橋事故報告

南米ベネズエラの石油の産地、マラカイボ湖を横断する道路橋ウルタネタ橋に、スーパー タンカーが衝突し、死者 6 名以上を出し、50 000 000 Bs (約 40 億円) の損害を与えた。

事故は 1964 年 4 月 7 日未明に発生した。ラテンアメリカ最長を誇る Ratael Urdaneta Bridge (全長 8 700 m) にスーパー タンカー Esso Maracaibo 号 (36 000 t) が、原油 262 000 バレルを積んで航行中エンジンの故障のため No. 31, 32 の橋脚に衝突、破壊し 255 m にわたって橋が崩壊した。タンカーは故障を起こしたとき座礁を試みたが間に合わず航路を 900 m はずれ橋脚に衝突した。そのため照明灯が消え、折悪しく走行中の 4 台の車が近づき 35 m 下の湖面に落下し、少なくとも 6 名の死者をだしたといわれる。タンカーは、船腹で 1 本の橋脚にあたり橋軸方向に走って、第 2 の衝突を起こした。約 300 t のコンクリート桁が船を押しつけていたが、4 日後、桁を取り除き自力で移動を始めた。当局の発表によれば国家の収入と第三者の損害を除き、橋の損害だけで約 18 000 000 Bs (約 14 億円) である。当局の命令で事故原因を調査する特別委員会が結成され、原因の究明にあたっているが、船の電気系統の欠かんと座礁を試みた

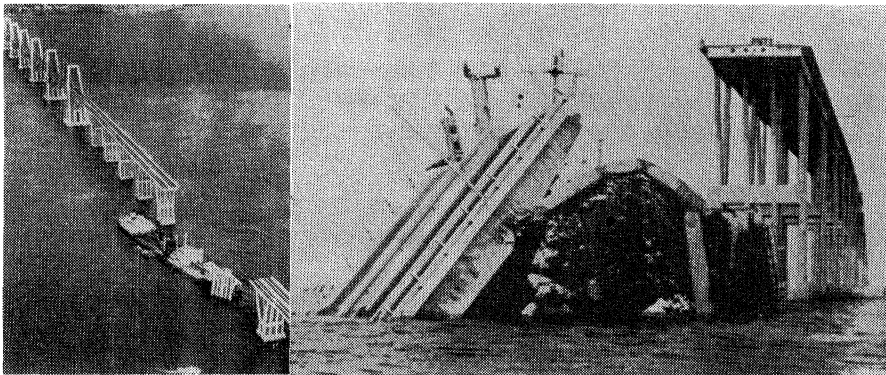
ときの船員の努力不足によるものとみられる。港湾局によれば船には Port Pilot が乗っていないが、これは普通のことであり石油会社を非難することはできないと思われる。

当局の見解としては、事故の原因が橋体の技術的欠かんにあるという意見は誤りで、橋は近代工学の最も厳しい標準にしたがって建設されており、このような事故が起きる確率は 100 万分の 1 である。また、橋脚防護のためには、橋建設とほぼ同額の金を要するといわれる。船自体が、船を除行させ、衝突を避け得るような自動非常装置を持たなかったことと、事故の際、最善の策がとられなかったことが原因であるといわれている。衝突された橋脚と他の橋体は、完全に独立しており、衝突によって損傷を受けていないから、橋の設計としては申し分ない状態であり損害は石油会社が支払うべきであるといわれる。橋の復旧には 6 カ月ほどを要するとされており、その間、1962 年来廃止されたフェリー ボートが運行される。この事故によって、交通の動脈は中断され、経済活動に多大な影響をおよぼすことが心配されている。

なお、ウルタネタ橋の概略はつぎのとおりで、タンカーは 85.00 m スパンの部分に衝突したものである。

橋長：8 700 m、構造物区間：8 300 m、盛土区間：400 m、スパン割り：15 @ 85.00 m + 5 @ 235.00 m + 11 @ 85.00 m + 77 @ 46.60 m + 20 @ 36.60 m、形式：プレストレストコンクリート桁

破壊されたウルタネタ橋 (WWP)



橋 85.00 m スパン RC X 型橋脚と、その上に 39.00 m の PC 桁およびその桁の間の 46.00 m PC 桁、235.00 m スパン RC XX 型フレームおよび A 型アンテナシステムによる橋脚。長さ 189 m の径間 PC 連続桁が橋脚とつり材によって支持され、6 カ所の橋脚の間は 46.00 m の単純桁で結ばれている。