

新潟地震踏査概報

地震研究所 南雲 昭三郎

(昭和39年7月14日発表—昭和39年8月10日受理)

1. 緒言

昭和39年6月17日から10日間にわたり新潟県、山形県、秋田県下の日本海沿岸地域を踏査し、次いで7月1日から8日間にわたり福島県、山形県の内陸地域および粟島の踏査を行なった。この中から、主に地震動と地変に関する事項を報告する。地変の分布は第1図に示す通りである。地変の種類を記入の便宜上(1)落石、崖くずれ、(2)恐らく地質構造線に沿うと予想される直線上に連なる強烈な振動、(3)砂丘端あるいは旧河川埋立地の陥没、沁り、(4)田面の起伏に分類した。以下夫々について簡単に記述する。

2. 地震動

地震の体験を尋ねることによつて、地震動の発生伝播について興味深い示唆を受けた。体験談の要点を記すと次のようである。

釜谷にて——震央距離約数km、粟島南部の部落で堅い岩盤上に位置する。地震の折船着場に居合せた漁師の一人は“地震は全く夢のようだった。揺れの感じは最初どんと来て、ぐらぐらとゆれてそれでおしまいだつた”とのことだつた。四五人の主婦は“最初どんという音と共にぐらぐらとゆれ、始めは上下に次いで横にゆれた”という。また家の外で公衆電話をかけていた主婦は“家へゆこうとするが仲々歩けなかつた”とのことである。また“少し揺れがおさまつたので急いで家の中に入り、火を消したり、大事なものを取出したりしているとまたぐらぐらとゆれるので驚いて外に飛出す。おさまつたと思つてまた家の中に入るとまた、ぐらぐらとゆれる。このようなことを3~4回繰返した”とのことであつた。この間の時間は約4~5分間だつたという。

内浦にて——震央距離約10km、粟島東部の部落である。村役場で執務中の男の一人は、“最初ぐらつとゆれた時は椅子からほとんど倒れ落ちそうになつた。地震だと思つて外へ駆け出そうとして入口まで来たら、非常に強くゆれて外へ出られなかつた”とのことであつた。

温海にて——震央から約42km。温海川に面して建てられた大きな旅館の女中の話では“丁度お昼の食事が済んで皆坐つてお茶を飲んでいた時だつた。最初のゆれ始めはゆつくりで、たいしたことはないわねといひながら坐つていた。また女中の一人は地震ねといつてお茶を一口のんで、茶碗を置いたらどんと来て、未だ半分位お茶の入つた茶碗が倒れた。そのゆれで皆驚いて外へ出た”とのことである。しかし下駄ははいて出たとのことである。

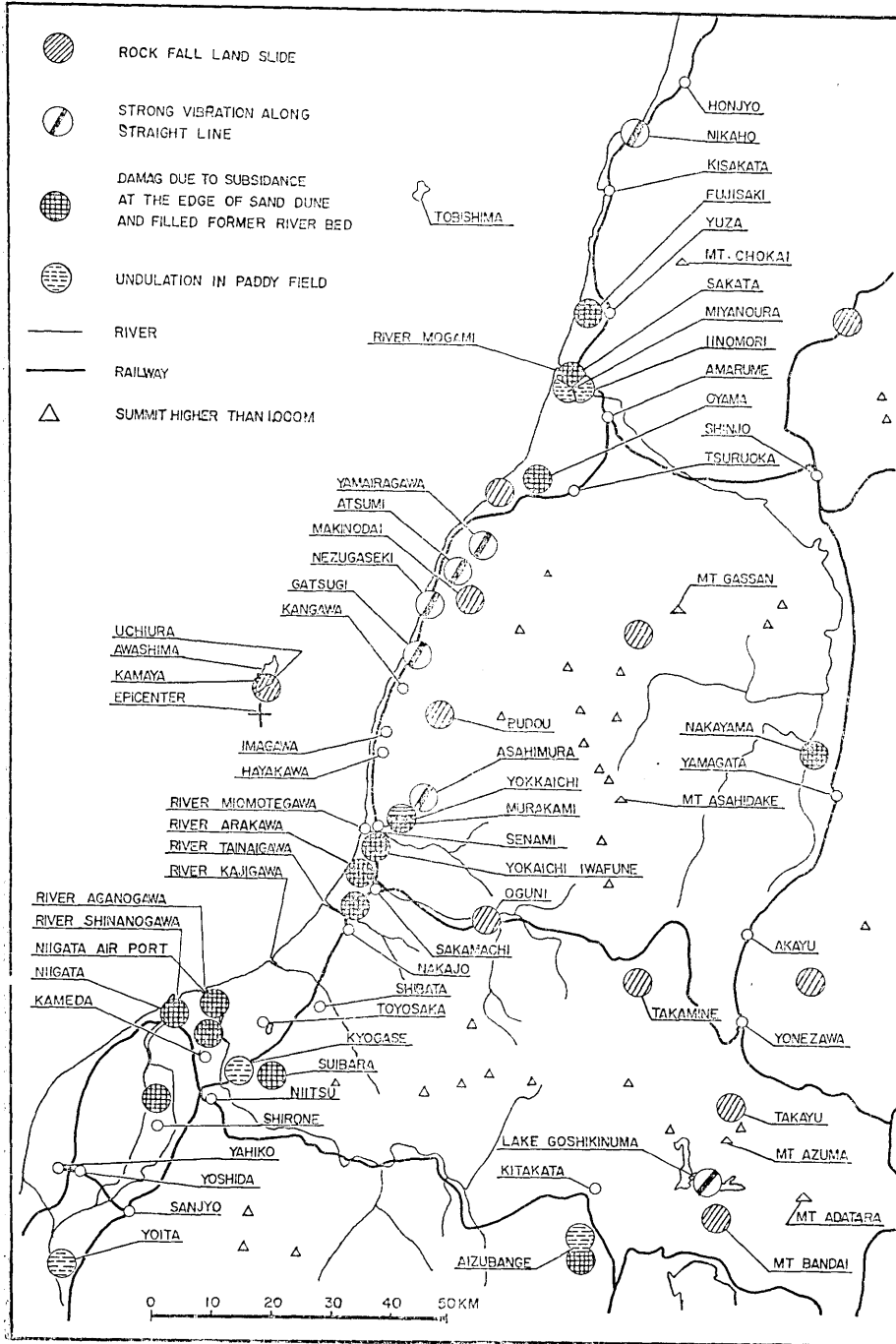


Fig. 1 新潟地震地変分布

ある。また静まつてから家の中に入ると、閉めておいたはずの部屋のふすまがあいていたものがかなりあつたとのことである。

鼠ヶ関にて——震央距離約 35 km、県境の瘦尾根の上に建つお寺の住職の話では“初め横に揺れて、大分大きくゆれるので外に出たら次いで上下に激しくゆれて、眼の前で崖ががたがたとひび割れ、ずり落ちていった”とのことである。

これらの体験談から、震源附近においては最も激しい振動は最初の P, S 相の振動であり、震動の継続時間は短かつたように推定される。釜谷の主婦の話では、震源において、数分間の間に強い震動が間歇的に 3~4 回生じたと思われる。これは、震源において破壊が先ず急激に起こり、それが徐々に進行したことを示唆するものと考えられる。また温海、鼠ヶ関の話からは、40 km 程度離れると、P 相の振動は比較的小さいものとなること、一方 S 相の振動は差程衰えず激しい上下動となつて被害をもたらしていることなどが推定される。

3. 直線上に連なる強烈な振動

今回の地震において、いくつかの場所において細長い直線上に沿つて被害が連続すると共に強烈な振動が作用したと推定される現象が観察された。それらの場所は鼠ヶ関、勝木、山五十川、温海などである。それらの地点では地質調査が未だ詳しく行なわれていないため確認されていないが、何等かの地質構造線の存在が予想される。

山形県温海町鼠ヶ関において被害が第 2 図に示すように、北西端の殿島神社から市街地を横切り、南東の県境の崖くずれに及ぶまで連続的に細い線に追跡され、その延長は約 1.5 km に及んだ。殿島神社の鳥居は片側の柱を支点とし他方を左右および上下にふり回されたような倒れ方をしており (Fig. 4)、花崗岩で作られた円柱の根元には曲げ、振り破壊によると思われる割目が入っていた (Fig. 5)。また国道を横断した亀裂、魚市場コンクリート床の亀裂などはいずれも振動の激しさを表わしていた。これらの破壊の特徴は細長い線に被害が連続的に追跡されること、その破壊の状況が強烈な振動の跡をとどめていることなどである。現在の段階では地質構造線は記載されていないが、以上の状況は何らかの地質構造線の存在を予想させるものがある。

新潟県山北村勝木において落石、地這りなどの地変がいくつかみられたが、勝木から碁石に抜ける八幡山切通しにおいて、平面に仕上げられた切り取り斜面の露頭において、落差約 50 cm の小さな断層の所から岩が欠けて跳ね落ちている現象 (Fig. 6) がみられた。岩の欠け落ち方をみると、断層面と地層面とで仕切られており、その面に沿つて激しくもまれたようにみうけられる。また平面から岩片が跳ね落ちるということは振動の大きさとしては相当のことであろう。地層は第 3 紀層の泥岩と凝灰岩との互層である。1/20 万新潟県地質図によれば、この附近には断層線が走っている。この小例は、断層面が広い媒質内の不連続面として、媒質が運動する際に、振動モードの不連続部となり、応力の集中あるいは大きな変形を生じさせる場合があるということを直接的に示しているものと考えられる。

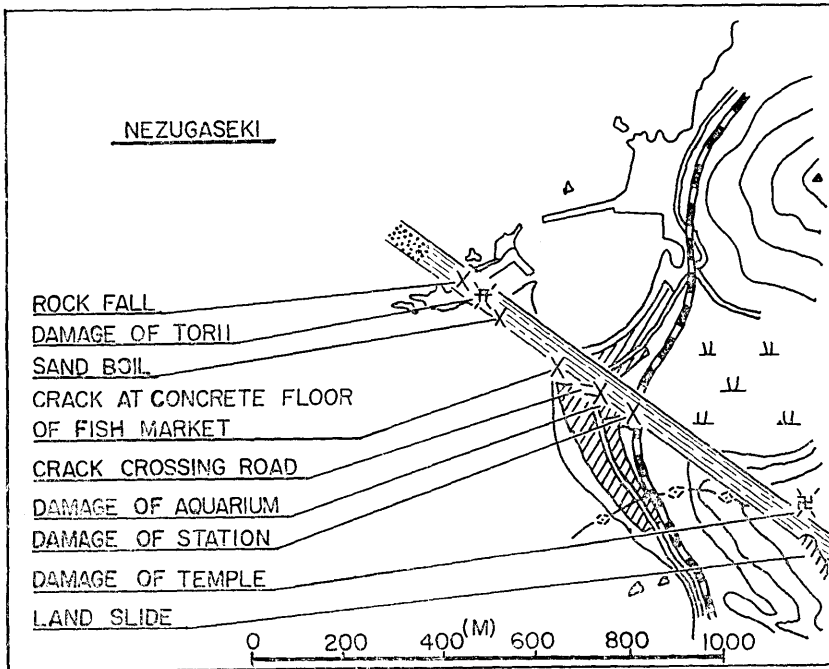


Fig. 2 鼠ヶ関における直線上に連なる被害分布

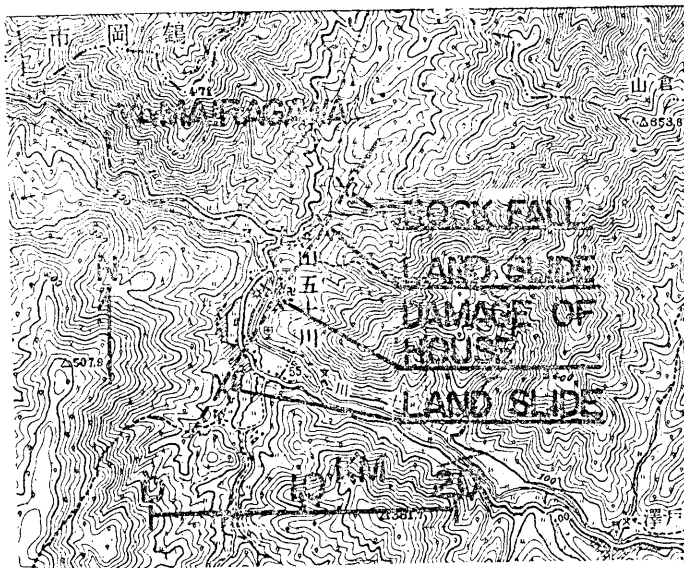


Fig. 3 山五十川における直線上に連なる被害分布



Fig. 4
山形県鼠ヶ関厳島神社，鳥居の破壊



Fig. 5
山形県鼠ヶ関厳島神社の鳥居の花崗岩から作られた円い柱の根元の割目，柱が曲げ，ねじり破壊を受けたと思われる。



Fig. 6
新潟県勝木八幡山切通しにおける断層からの落石



Fig. 7
山形県山五十川における地這り崩壊

山形県温海町山五十川において、第3図に示すように、地這りおよび家屋の被害が細長い線上に約1kmにわたって続いていた。南端の地這り (Fig. 7) は細い楔状の陥没崩壊の形をなし、北部の地這りは段丘に沿って馬蹄形状に数ヶ所滑り落ちていた。地質構造は明らかではないが、五十川がこの地点で「 Γ 」形に弯曲し、水平ずり断層に伴う地形を示している。これほど大きな地這り崩壊があつたにもかかわらず全壊家屋は全戸数230ヶの中2戸であり、半壊家屋は8戸であつた。

従来地震時における断層などの地質構造線の役割りとして、地震動の発生源、あるいは地殻変動の結果などが考えられていたが、震源から充分遠方において地震波の伝播に伴つて、振動の不連続部として特別な振動を生ずるといふ現象があるのではないかと考えられる。

4. 水田にみられた転位

村上市西興屋のはずれ、堤防の際の水田の中に結晶構造の刃状転位に類似した転位の図形がみられた (Fig. 8)。この変形の特徴は、非常に鋭い切断をもつて水平変位が生じていること、写真手前側の水田では1/15程度の大きな圧縮、伸長が生じていること、水田の下部までは割れていないであろうこと、附近に雁行する割れ目が見当らぬこと、極限された領域における這りであること、切断の極近傍を除いて附近に田面の起伏が認められないことなどである。これらの特徴を有する変形の変形機巧および作用した地震動の性質については今後の研究に俟つものがある。現在の所単なる表面層の流動、あるいは下部層における slip とは考えられない。むしろ大きい拡がりの shear 変形を伴う振動によつて生じた局所的引裂きではないかと予想される。いずれにせよ、この変形は、拡がりを持つた媒質内の変形形式の一つとして大事な現象であろう。

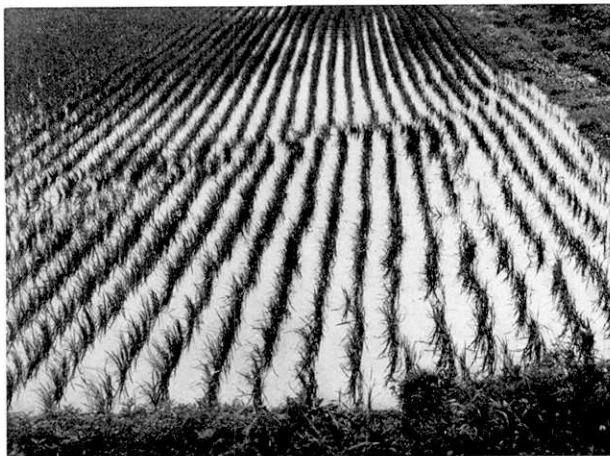


Fig. 8 新潟県村上市西興屋部落はずれの水田にみられた“転位”図形。鋭い切断によつて手前部分が右方へ移動している。

5. 落石, 崖くずれ

震度階の規準の中に, “震度 VI は山崩れ崖崩れ生じ平地に亀裂多し” と記されている。崖くずれ, 落石, 山くずれ, 地這りが粟島, 海府海岸に多く発生した。震央距離は約 30km 以内である。更に遠い震央距離においても散在的に可成り大規模な崖くずれが生じた。(第 1 図参照) (Fig. 9).

海府海岸の落石方向はほぼ北西—南東方向およびほぼそれに直交する北東—南西の方向であつた。卓越震動の方向と関係があるかも知れない。粟島では南部および西海岸に多く落石, 崖くずれが生じた。

落石には単なる滑り落下の外に, 交叉する節理面を境として跳ね出し欠け落ちたように思われるもの (Fig. 10) があつた。また一つの尾根に数ヶ所崩壊の生じた所もあつた。(Fig. 11).

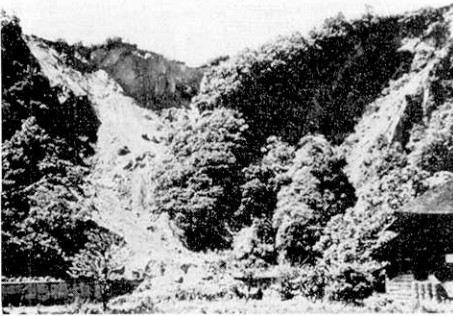


Fig. 9
山形県高峰における崖くずれ



Fig. 11
新潟県今川—寒川間の海岸近くの一つの尾根に数箇所生じた崖くずれ。

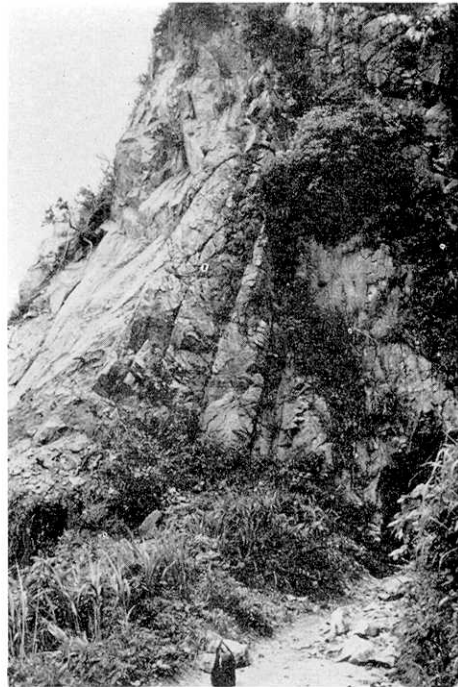


Fig. 10
新潟県今川—寒川間の海岸に迫つた花崗岩の崖に生じた落石, 節理面から仕切られて落ちる。

6. 田面の起伏

水田における陥没、隆起現象が与板町、中之島村（震央距離 $\Delta \approx 100$ km）、水原町、京ヶ瀬村（ $\Delta \approx 60$ km）、会津坂下町（ $\Delta \approx 100$ km）、宮野浦、飯森山（ $\Delta \approx 75$ km）、桃崎浜、村上市四日市、四興屋、朝日村（ $\Delta \approx 30 \sim 35$ km）などに報ぜられた。

与板における水田の陥没隆起のあつた所は旧信濃川流路跡を水田にした所である。田面の起伏は噴砂、地割れを伴い、猛烈な噴砂が 4~5 m の幅で延長数 km にわたつて彎曲しながら続いていた (Fig. 12)。噴砂の生じた所は周囲にくらべて少しく沈下している。村上市四日市四興屋附近における水田の起伏は、旧谷地、水路跡の埋立地にあたり、農道が少しく曲つたり、用水路の川底が浅くなるなどの現象が生じた。

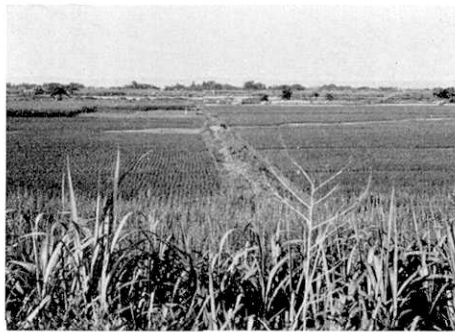


Fig. 12 新潟県与板における田面起伏。旧信濃川跡の水田に噴砂が数 km にわたつて彎曲しながらつづく。

塩谷では部落の東側の水田に盛上つた部分がみられ、また水路の川底が浅くなり、同部落の陥没が迂り破壊を伴い、水田の方への押出し現象が伴つたように認められた。

これらの特徴は、(1) 旧河川跡を埋立てて水田にした所に生じていること。(2) 震央距離が 100 km 以上の遠方にも生じていること。(3) 噴砂、地割れを伴うこと。(4) 用水路の幅が狭くなつたり、川底が浅くなつたりすることなどである。

7. 新潟飛行場における地割れ

新潟飛行場入口附近の砂丘斜面に、交叉する地割れが生じた。地割れは典型的なクロスセットを形成している。地割れのクロスセットを解析すると、最大偏差応力はほぼ東の方向で、引張り応力である。低地の方向が沈下するような変形が生じたものと考えられる。またA滑走路の中央部にアスファルトがぶつかりあつて衝上げた跡があつた。表面層の流動振動を予想させる。またA滑走路南部を横断した沈下による割れ目があり東側土手から数百米続いていた。これは旧水路跡に当たるものと思われる。

8. 基礎の破壊

今回の地震の被害の特徴の一つは、被害が旧河川、沼などの埋立地に起こつたこと、ま

た砂丘の端で古い瀉の埋立地に起こつたことである。これらの被害の状況は、良い地盤と悪い地盤との境界附近にひどい地割れが生ずること、噴砂を伴うこと、局所的な陥没、隆起現象がみられること、構造物が不同沈下を起こすことなどである。これらの状況は田面起伏や新潟飛行場にみられる地変においても、新潟市内の被災地域にみられる地盤の現象においても共通していることが多い。これらの災害が、いかなる力学過程によるものか、またいかなる地震動がそこに作用したのかということは現在当面する研究課題である。一つの考え方として基礎の破壊が大きな役割を占めているのではないかと思われる。基礎の破壊とは基礎の安定が失われて、基礎地盤が上部構造を支持出来なくなることをいうことにする。そして基礎の破壊のメカニズムとして次の力学過程が考えられる。すなわち、多孔性媒質である基礎地盤に、地震時に余分の間隙水圧が発生し、その結果内部摩擦角および凝集力が減少していくという力学過程である。

間隙水圧の増加と共に媒質の内部摩擦角が減少することは Hubbert (1959) によつて示されている通りである。次に凝集力の減少については仮定を設け、間隙水圧 \tilde{p} が全荷重圧 S より大きくなつた時に凝集力が 0 になるものとする。間隙水圧 \tilde{p} は静水圧 \tilde{p}_0 と地震時に発生すると考えられる余分の水圧 $\Delta\tilde{p}$ との和で表わされるので、 $\tilde{p} \geq S$ になるためには $\Delta\tilde{p}$ が静水圧の約 0.8 倍程度以上の水圧とならねばならない。

$\Delta\tilde{p}$ の発生因子としては (1) 建築物の振動荷重, (2) 地盤の振動荷重, (3) 境界附近における大きな変形および集中応力, (4) 変形による圧密などが考えられる。(1), (2) による間隙水圧の増加だけでは凝集力を 0 にする程のものは期待出来ないので, (3), (4) の因子が重要なものと考えられる。このことは境界附近, 不連続部分に被害が大きくまた噴砂を伴うという現象にも符号する。

以上新潟の地震動と地変との関係を岩石力学的観点から観察し, 考察してみたが, 力学過程としては水を含んだ多孔性媒質の動安定問題が多いように思われる。

謝 辞

現地の踏査に際して甚大な御援助をいただいた新潟県, 山形県, 秋田県, 福島県の県庁各市町村役場, 土木出張所, 建設事務所などの各機関の関係各位および国鉄村上保線区, 石油資源開発長岡鉱業所などの関係各位に深甚なる謝意を表する次第である。