

新潟地震の被害と土地条件調査

高崎正義・金窪敏知・小林基夫・見野部正臣・馬籠弘志・荻野喜助

国土地理院地理課

The Relation of the Damages Caused by the Niigata Earthquake to the Topographical Conditions in Niigata Plain

By M. Takasaki, T. Kanakubo, M. Kobayashi, M. Minobe, H. Magome and K. Ogino

Geographic Section, Geographical Survey Institute, Tokyo

Abstract

The Niigata district was suddenly attacked by the destructive earthquake on the 16th June 1964. The writers, members of Geographic Section, Geographical Survey Institute, carried out the field survey of the damaged areas and compiled several thematic maps by interpreting the aerial photographs which were taken just after the disasters by the Defense Air Force and several survey companies. These maps are titled "Nii-gata Earthquake—Outline of damage and its relation to the topographical condition" and are drawn to a scale of 1:10,000 for Niigata city and to a scale of 1:50,000 for the northern half of Niigata plain. We also drew a general distribution map of damage by the earthquake to a scale of 1:200,000 for the areas along the coast of the Japan Sea.

In process of the map compilation, we intended to clarify the relations of damage to the topographical conditions. By these investigations the following are recognized.

1) Severe damage occurred especially to the newly constructed land features, and to the abandoned river channels, inter-levee lowlands or back marsh, as recent deltas and coastal plains, and reclaimed lands. In these areas a loose sand layer lies near the surface of the underground, and the ground water level is rather high. Various types of deformations occurred on the surface of these areas as the result of the quick sand phenomena in company with the earthquake shocks. Sand and water jetted from the underground, depression and swell occurred on the ground surface, and a large number of heavy buildings were sunk, tilted and fallen.

2) Some damage was done to the alluvial fan area, but cracks and sand-jets were found only in its marginal zone of springs.

3) Damage was hardly observed in the sand-dune area, excepting several landslide-type collapses at its inland edge, and sometimes local deformations were found at the bottom of shallow dents among the dunes.

4) The most remarkable damage was done to newly abandoned river channels which were plugged since about 300 years ago.

5) In general, no damage was done to the natural levees, except several cases of damage in the areas near by the river course.

6) Analysis of the data of boring cores in Niigata city has shown that a heavily damaged area corresponds to the area under which some buried terraces and valleys are recognized. It seems that they were excavated by the meandering streams of the ancient river Shinano and the river Agano on the coastal sand layers to the depths of from 8 m the buried terrace surface to 18 m (the buried valley bottom),

and the fluvial loose sand layer lies on these subsurface topographies. By the way, damage was hardly done to the coastal plain areas consisting of alternation of sand bars and their back marshes, under which the thick and tight marine sand layers (N-value is over 20) appear at depths of less than 5 m.

1. 問題の所在と調査方法

国土地理院地図部では従来福井地震、十勝沖地震に際して、地震による地変と災害の調査を実施してきた。昭和39年6月16日13時2分に発生した新潟地震については、科学技術庁の特別研究促進調整費により空中写真判読を主とする震災調査研究を行ない、その成果はすでに昭和40年3月に調製完了し、関係各機関に配布した。成果は3種類からなり、被害のもっとも集中した新潟市街地については1万分1「新潟地震—被災状況と土地条件」(四六版7色刷2図葉)にまとめ、また調査報告書(B5版60頁)には末尾に新潟・山形・秋田3県にわたる被災概況を20万分1で7葉にまとめ挿入した。これらにより、新潟地震の災害の様相やその分布状態を、土地の性質を示す地形配置との関連において広域的に把握し、どのような地形条件の所に如何なる被害が発生したかを明らかにしたつもりである。

調査方法としては、(1)被災関係資料の収集と震災の現地踏査ならびに聞き取り、被災状況の図化、(2)空中写真による地形条件の判読、図化であって、主に使用した空中写真は震災直後撮影された2万分1パナクロ写真(防衛庁撮影、新潟平野主要部)、1万分1赤外線写真(アジア航測撮影、新潟市)で、他に震災前の状況と対照するため昭和36年撮影の1万分1国土基本写真を用いた。

2. 地形分類の地震調査に対する意義

新潟地震は新潟市域を代表とする沖積層軟弱地盤地域にクイックサンド現象(地下の砂層の流動化現象)による特徴的被害をもたらし、地盤災害についての多くの問題を提起した。われわれの担当した調査は、先に述べたように地形的条件と被災状況の関連性を求めることにしほられる。地表面を構成する地形は、形成営力、形成時期、組織、形態、構成物質などの特性により分類されるが、それらの各地形単元は単に地形的特質を表わすだけに止まらず、表層地質、土壌、排水条件を反映し、それらと密接な関連を有している。このたびの調査から言い得ることは、詳細に分類した地形と震災の発生地域を検討した場合、被災地域の場所的差異の根拠がかなり明瞭であり、従って、類似の環境にある他の地域についても微地形分類図から地震に対する危険度の予測が可能ではないかと考えられ、震災防止や対策の手懸りとしてとすることができるものと思われる。都市地盤を解明する一要素と

しての地形分類調査は、すでに建設省計画局と地元県の共編による「都市地盤調査報告書」の中で数多くの都市域について実施されており、また国土地理院において昭和35年以来調査している京浜、阪神地域などの土地条件図もかかる役割を果すといえよう。

3. 沖積平野における軟弱地盤と地変

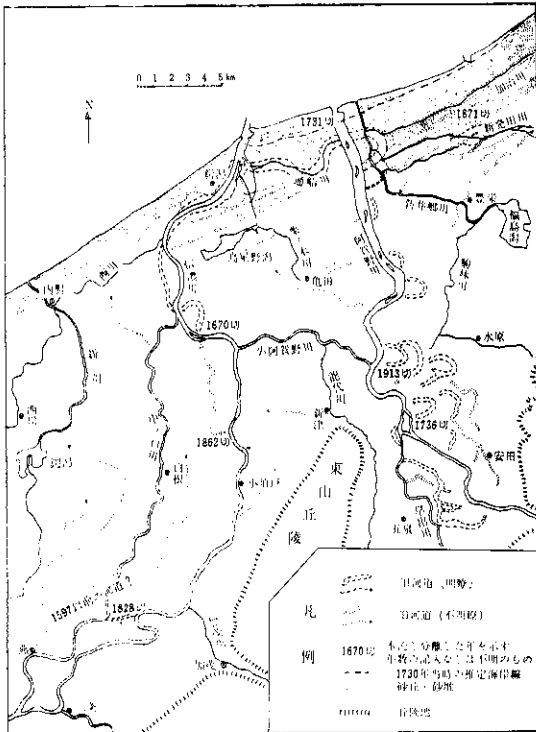
新潟平野では沖積層の厚さが100m以上に及ぶ範囲が平野のきわめて広い部分を占めている。しかし、災害の集中した地域はいわゆる浅層の軟弱地盤の分布地域とかなり一致した関係にある。すなわち信濃川、阿賀野川などの旧河道、現在の河道堤外地、旧河道を埋積した新期デルタ性低地とポイントバーならびに自然堤防地域、紫雲寺潟跡、岩船潟跡、を代表とする沼沢性後背低地、および近世以後に形成された新期海岸平野などがそれぞれである。これら地域では、地割れ、噴砂、噴水、陥没、盛り上りなどの地形変状と、ビルや橋梁・岸壁など重量構造物の沈下、傾斜倒壊などの被害が著しかった。地盤の流動化現象を惹起した条件としては、固結度の弱い砂層が地表近くに存在し、かつ地下水面が高く、地表付近まで地下水が飽和状態にあったと考えられている。地変が比較的軽微であった胎内川扇状地においても、扇状地末端の湧水帯に地割れ、噴砂が起り家屋倒壊の被害を生じているのは、地盤が細砂ないしシルト質でかつ地下水で飽和されていることが原因であろう。

一方において、日本海沿岸に連なる海岸砂丘の本体、内陸側に列状に並ぶ砂堆群(一部に砂丘を載せた部分もある)、形成年代の古い自然堤防、および高位デルタ面では被害は殆んど認められないか、或は軽微な被害に止まっている。砂丘地でも縁辺部では、地すべり性の崩壊や階段状の陥没を起している所がある。砂丘間低地、ならびに砂堆間の後背低地部においては局地的な地変がみられ、とくに盛土地のように低湿地に人工で砂を嵩上げた所では地割れ、噴砂が多く発生している。以上のような被災地域の発生状況は、山形県庄内平野においてもほぼ同様の傾向が認められる。また秋田県においては、最近の造成になる八郎潟平拓地で締切堤防などに極めて激しい被害を被っている。

つぎに主要な地形単元ごとに、地変の状況を述べることにする。

a 旧河道

被害発生のもっとも顕著であった旧河道についてみると、一般的に約300年前以降の新しい年代のものに地割れ、噴砂などの地形変化が目立っており、それより以前の古い時代の旧河道と思われるものは、ほとんど被害を受けていない。第1図は新潟平野の主要部における河道の変遷を示したものであるが、空中写真でその範囲が明



図一 新潟平野河道変遷図
Shifts of the river beds in Niigata plain.

瞭に判読されるものと、不明瞭なものに分けた。後者は、旧河道が断片的に残存していたり、自然堤防列の連続性から推定したり、また、現状では耕地整理などによって判別がむづかしいが、古地図や文献によって説明されるものである。地震後の空中写真において、地割れ、噴砂の発生状況から逆に旧河道が判断される場合が顕著であった。

阿賀野川下流には、旧蛇行流路跡の凹地によって示される数多くの旧河道地域があり、かつての盛んな乱流状態を物語っている。これらのうち、現河川沿いのものに地変が多く発生し、現河道から離れて内陸側にある古い河道跡には被害が殆んどみられない。その好例は京ヶ瀬村における新旧3条の旧河道帯である。前列の部分は大

正2年の河川改修によって切替えられたものであるが、全域的に地割れ、噴砂、陥没が起り、耕地のほか農道や橋に被害があった。中列の部分は切断年代が不明であるが、目に付く地変は起らず、ただ、灌漑水路と小さな揚水機場に損傷がみられた。後列のもっとも古い旧河道では被害が全く起らなかった。これらの南にある旧河道は天文元年秋の大水により切断されたものであるが、かなり全般的に耕地被害が起っている。しかし前述の新しい旧河道に比べて軽度であった。

信濃川下流部については、明瞭な旧河道は中ノ口合流点付近の兩岸にあり、とくに黒埼村地内の旧河道は著しい地変を被わり、家屋、学校の倒壊破損したもの多く、国道8号線もこの旧河道を横切る2ヶ所の区間において、激しい路盤変状を受けた。一方慶長以前の古い河道跡といわれる断続的自然堤防帯（例えば燕市を頂点として分流していたものは殆んど被害を受けていない。新潟市街部の白山および流作場は、背後の砂丘や砂堆が、曲線状の側方侵蝕を受けている状態から、旧河道帯と推察される。河道もしくは州であったこれら地域は生成年代の新しい土地である。すなわち享保年間の新発田藩による松崎堀割を契機に、阿賀野川が信濃川と分離して直接日本海に流入することになって以後、信濃川河口の流水力が弱まり、土砂の堆積が促進され寄州の形成をみたものである。さらに、信濃川については、大正末年の大河津分水の完成によって、下流側の広い河川敷は不要となり、新潟市内では信濃川兩岸に県営による埋立地が造成された。川岸町、川端町、万代島、柳島町などがそれである。信濃川堤外地（殆んど高水敷）は新潟市より上流の長岡市まで、農地として、或は一部工場用地として利用されているが、地震によってほぼ連続的に地変を被っている。加治川下流においても、大正初年の分水路堀割以前の河道は山が広く、その跡は地震によって著しい地変を受けた。

新潟平野北部の胎内川、荒川、三面川についても、旧河道地域に集中的な被害が発生している。荒川の属状地性氾濫原では網状に分流した旧河道の一部が被害を受けた。被害地は、本流近くのものよりむしろ外側の流路跡の部分に集まっている。それは本流付近は砂礫で充たされているが、側辺部では砂質ないしシルト質に移化し、地下水の供給も多いことによると思われる。なお、河川が海岸砂丘を切っている河口部においては、外観上は砂丘地であるが地震によって地変を生じた区域がある。たとえば、荒川河口南岸の桃崎部落では、家屋被害の大きかった地区は部落の東部および北部であり、かつて河川

の流路跡或は砂浜であった低地に砂丘の堆積をみた部分に当たっている。現地での聞き取りによると、北部での砂丘の前進は数十年間にかかりのものがあつた。これは胎内川の河道切替(明治22年)と関係があるのではないかと考えられる。

b 新期海岸平野

新潟市の物見山砂丘北縁より以北の海岸平野は、近世以後に形成された極めて新しい土地である。すなわち、享保15年の阿賀野川掘割の計画書によれば、ほぼ現在の松浜橋付近から海岸まで延長385間であり、これより当時の海岸線は松ヶ崎漁港の入口付近に当るのである。その地点より現在の海岸線に平行して、かつ海岸部に形成されている新しい砂丘列の形態から推して享保時代の海岸線を描くと、東側は漸次巾がせばまり亀塚浜付近で現在の海岸線に収斂する。松ヶ崎浜より西側は新潟飛行場の南縁から山下中学校の南を通る線と考えられ、その巾は約1.2kmの範囲である(図-1参照)。この地域の地盤災害は著しいものがあり、臨港埠頭、大火災を起した昭和石油精油所、新潟飛行場および道路、住宅など全般的に大きな被害をもたらしている。阿賀野川より東では大浜部落に被害集中のほか、新期砂丘間の低地(水田)が変状を受けた。

c 後背低地、低位デルタ

新潟平野は海岸砂丘によって前面を限られる大きな後背低地状をなす平野であり、そのもっとも低湿な部分は河川の沖積作用(デルタ面の堆積)から埋残されて錯濁、鳥屋野潟、福島潟などの池沼となっている。紫雲寺潟、岩船潟は江戸時代に干拓されたもので、その跡のおおよその範囲は現在でも指摘できる。

後背低地は微細なシルト質、粘土質の土壌からなり、また泥炭層をはさむ軟弱な地盤であつて、地下水位も高く地表下30cm未満の所が多い。全般的にみて後背低地においては、地割れ、噴砂などの地変は少く、被害も一部を除いて軽度であつた。しかし、水田のコンクリート製用排水路などの構造物は、土地との固有振動の相異を伴うためか、擁壁護岸の破損や水路底の損傷などのほか持上りや沈下によって高低変化を生じ、用排水の機能障害を惹き起している例が多い。(亀田郷においてとくに著しい)また低湿地で永らく池沼であつたような所では、局部的に沈下を起し浸水害を被っている。(岩船潟跡など)さらに後背低地に盛土を施して、宅地や工場用地とした部分は、地割れ、噴砂などの地変が多くみられ、周辺の非盛土地と対照的であつた(例えば新潟市鳥屋野地区、豊栄町葛塚駅前など)。

内陸部に位置する水原町は、家屋の倒壊(全壊)率が5.3%と県下でもっとも高く、局部的に著しい被害を受けた。被害は瓢湖に接する市街の東部に集中的にみられ、地震とともに地下より悪臭ある水を噴出した所もある。周辺には瓢湖のほかかつて百津潟、天神畑などの池沼が残存していたといわれる。市街部は周囲の水田より1m前後高く、恐らく近世初頭築城以後の町造りにおいて盛土されたものと思われる。被害を大きくした他の要因として、比較的老朽家屋が多い(屋根瓦の代りに石を用いた家があり、また建物基礎も旧来の様式による)ことが挙げられよう。

d 自然堤防

自然堤防は川筋に作られた平野の微高地であり、新潟平野のような低湿な地帯にあつては比較的高燥な場所として、集落の多く立地する所となっている。自然堤防帯における地震の被害は、川筋がほぼ固定し、河川が永らく安定状態にある自然堤防の部分では軽微であるが、川河道を埋めて形成された部分や、現在の河道に面する所ではかなりの被害を生じている。図-2は自然堤防に載

附図2

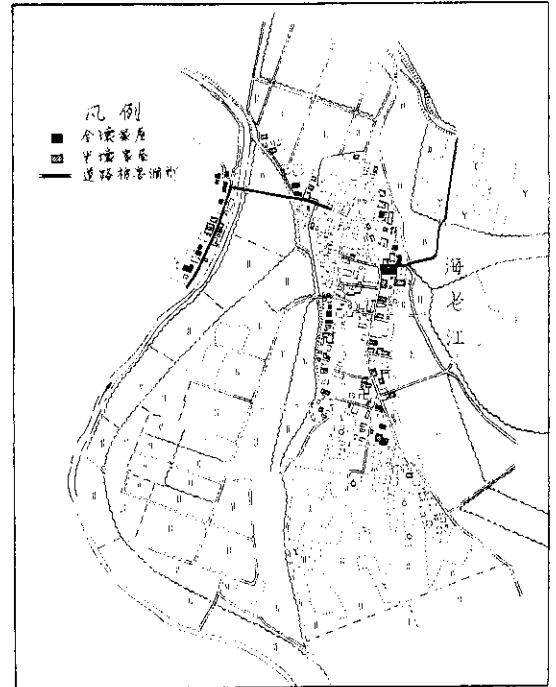


図-2 自然堤防上集落の被害分布例
Distribution of damaged houses and roads around a natural levee.

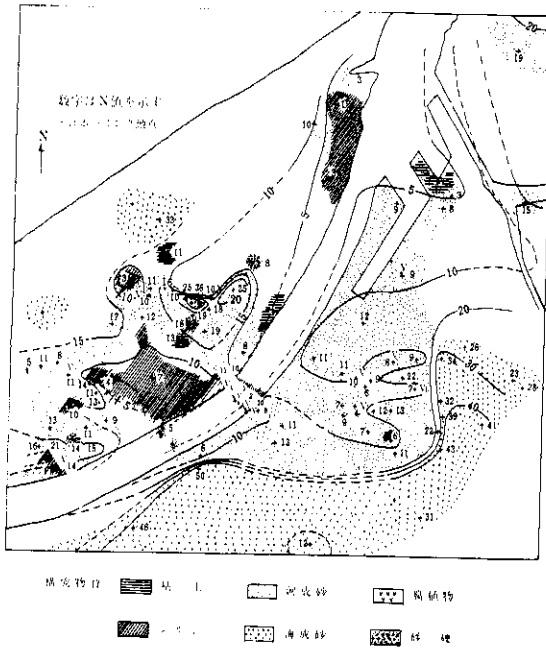


図-3 新潟市における地下水平断面(7.5 m deep)
Horizontal profile of the underground (7.5 m deep) in Niigata City.

る集落(荒川町海老江)の家屋被害を示したものであるが、集落の中央部には殆んど被害がなく、縁辺のデルタ面を覆っている所や側部の旧河道帯に面した部分に倒壊が起っている。

e 砂丘・砂堆

砂丘、砂堆地域は本体とも言うべき高まりの部分に殆んど被害を受けていない。しかし、先に述べたようにごく新しく形成された海岸部の砂丘はかなり被害が生じた。また砂丘地でも内陸側縁辺部では、階段状のり出しによって家屋倒壊など著しい被害を受けた所がある。(例えば新潟市青山および藤見町など)青山では砂丘の裾を国道116号線が走り、これによって砂丘地帯の地下水が堰止められ、多少自然水位が高くなっていったと考えられる。また背後の砂丘斜面は宅地造成のための採砂・整地が行なわれ、自然状態における勾配よりも急になっている所が多い。これらの特殊条件によって地震に伴ない砂丘末端部が地り出しのような現象を起したものと推定される。この地区では砂丘前面のデルタ面に耕地の膨れ上り、畦畔の変形、また国道の押し出し、路盤変状などの著しい被害が発生した。

f 扇状地、高位デルタ

砂礫質土壌からなる扇状地は地盤の支持力があり、今回の地震では殆んど被害を起していない。しかし、扇状地を伏流してきた地下水が地表に露われる湧泉帯では前述したように地割れ、噴砂が発生し家屋の倒壊をもたらしている。

新潟平野北部では、空中写真判読によってデルタ面を2分し、高位デルタ面を低位デルタより区分することができる。高位デルタは阿賀野川沿岸など新津から新発田にいたる範囲に拡がり、海拔高度約3mの線をもって低位デルタに移る。この線上にある福島潟東岸の天王の砂州状微高地はかつての汀線付近に形成されたものと考えられる。旧汀線の形成年代は不明であるが、付近の弥生遺蹟をみると、ほぼ海拔5m以上の地域に分布し、(京ヶ瀬村猫山、加治川村山草荷、新発田市竹の花)それより低地では土師器の出土(豊栄町正尺など)しか知られていない。なお新潟市付近の先史遺蹟は内野南方に曾和(弥生)および緒立(縄文晩期と土師)が知られ、その高度は海拔1m前後である。この2地点の現在の地盤高の低さは信濃川地向斜帯の沈降によると考えられる。また信濃川下流域において高位デルタと低位デルタの区分が困難なことは地盤の沈降が著しいことによるものであろう。ともあれ新潟平野北部における高位デルタ面は低位デルタ面と比較すると今回の地震では殆んど被害を受けていない。

4. 表層地質と微地形との関係

地形分類の調査には表層地質資料によるチェックが不可欠である。新潟市市街地については、建築研究所でまとめられた「ボーリング柱状図集」などがあり、われわれは、地形分類作業と併行して表層地質の構成と微地形との関係を究明しようと試みた。意図する所は、地盤被害の著しい地形の所と軽微な地形との間に、かなり明瞭な境があるが、この相違は表層の地質と如何に関連するかという点である。地下構造をみるには縦断面によるのが一般的であるが、われわれは地下構造の平面的な拡がりに関心をもった。そこで各ボーリング柱状図をT・P・O mを基準として2.5m毎に水平面で切り、地下の横断面図を作製した。第3図は0~15mに至る7枚の断面図の中の1枚を示したものである。これには構成物質およびN値を表し、N値の等値線を結んである。この地下深度別断面図により新潟市周辺の地下に存在するN値の高い海成砂層(N値はほぼ20以上)の出現深度、ならびにその上に載る河成砂層(信濃川および旧阿賀野川の堆積物で、この河積層を構成する砂が地震の際流動化した

ものと考えられる), および沼沢性の地層との関係を知ることができた。即ち, 新潟駅南方に広がる砂堆列は海成砂層からなり, 砂堆列間の後背低地もその基部において砂堆と連続する海成砂層が存在する。その地表からの深さは笹口の南西で2~3m, 女池では6~7mである。これに対し信濃川旧流路の蛇行帯とポイントバーからなる流作場(新潟駅の北側, 地盤変状が著しかった)では, 対応する海成砂層は地表下8m以深でなければ現れず, かつその砂層表面は比較的平坦で, 南側の海岸平野における砂層表面とは比高5m前後の孤状の埋没崖によって境されている。この埋没崖は信濃川蛇行帯における側蝕崖であり, 地表においても半円孤状の旧河道として現れ, 背後の砂堆を切っている。さらに流作場の埋没平坦面は, 信濃川流路の埋没谷(基底の深さは海面下15~18m)によって切られ埋没した段丘となっており, その表面には本流埋没谷に合するとみられる谷が刻まれている。

る。同様の埋没段丘地形は古町付近にも存在し, それは表面の高さは海面下5m前後にあり, 東西両側を埋没谷で断たれた島状の孤立した埋没段丘である。この埋没段丘の存在が, 古町を中心とした自然堤防形成の核となったものと考えられ, 地震の際この地帯に地割れ, 噴砂被害が少なかったことも, 地盤条件が周辺部より良好であったためと考えられる。

参 考 文 献

- 東大地震研究所 新潟地震調査概報 1964
 建設省建築研究所 新潟市内既往ボーリング柱状図集 1964
 茅原 一也 新潟地震被害の分布(新潟地震災害復興計画所収)1964
 西田・茅原 新潟地震被災地の自然的条件(Ⅱ)1964
 新潟市役所 新潟市史 1934