

# 新潟地震の特性と建築物の被害

坪井 善勝・田中 尚・川股 重也

## 1. はしがき

新潟地震は、1964年6月16日午後1時2分、新潟市の北方約50km、粟島および対岸村上市の中間の海底を震源として発生した。マグニチュード7.7の相当大規模な地震で、有感半径約500km、村上市で震度階Ⅵの烈震を初めとして、新潟・山形・宮城の各県で震度階Ⅴの強震を記録した。

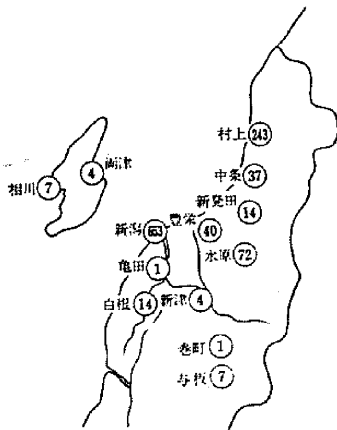
この地震により、新潟・山形・秋田県下で土木・建築構造物その他に多くの被害を生じ、特に新潟市を中心とする越後平野に集中的な被害があった。

建築物の被害は、大きく分けて

- 1) 地震動に伴う構造物の動的破壊
- 2) 地盤の変動に伴う建物の損傷
- 3) 堤防の決壊による浸水と津波による被害
- 4) 重油タンク等の火災に原因する焼失

に区別される。今回の震害の特徴は、1)の動的な破壊が極めて少なく、被害の大部分が2)以下に属することである。新潟市は信濃川デルタ地帯の極めて厚い砂地盤上にあり、地盤変動による建物の破壊・傾斜・転倒・また重油タンクの発火等の様相は、近年軟弱地盤の上に建設された近代工業地帯の地震に対する安全性について、深刻な問題を提起した。

また、鉄筋コンクリート造等のいわゆる近代建築の被害は、砂地盤の地震による液化現象によって生じたと思われるものが多い。



第1図 新潟県の全壊戸数

また、鉄筋コンクリート造等のいわゆる近代建築の被害は、砂地盤の地震による液化現象によって生じたと思われるものが多い。液化現象そのものは知られており、過去の地震でも局部的に生じているが、このように大規模に、かつ致命的な形で発生したのは震災史上初めてであり、耐震構造の盲点を明らかにした。

建築物の被害状況

に関しては、地震発生と同時に、建築学会・建設業協会その他より多数の調査隊が現地へ派遣され、地盤との関係を主眼として調査が進められてきた。結論を得るまでには、まだ時間を要するが、現在(7月末)までの上記調査のデータと筆者らの見聞をもとにして、建築物の被害の概況と、問

題点を記す。

## 2. 被害の概要

新潟県下の全壊家屋の分布は、第1図に示すように、主として新潟市以東に分布している。これらは主として、陥没・地われ・地すべり等の地盤変動に伴う木造家屋の倒壊と見てよい。このような木造家屋の損害は、この外に山形県下、酒田・鶴岡両市郊外の砂丘地帯にも数十戸生じている。

新潟市においては、この外鉄筋コンクリート造その他で、破壊はしないが、沈下・傾斜等によって、使用不能となり、または支障を来したのが約600件ある。またタンク火災による類焼が360戸であった。

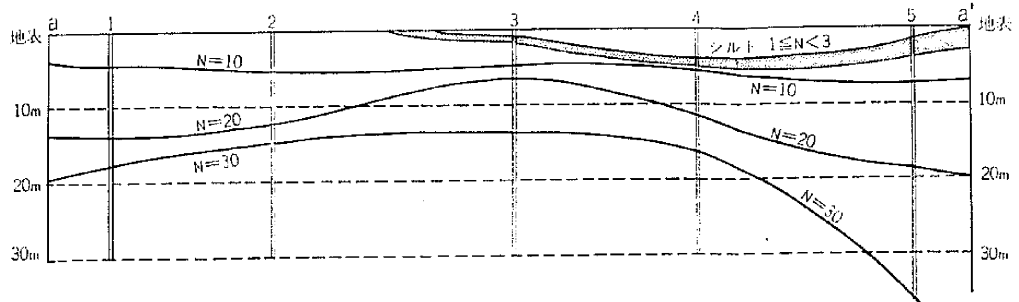
## 3. 新潟市の地盤

越後平野は、新第三紀層の褶曲による大きな凹地であり、信濃川の運搬した土砂が厚く堆積してできたと考えられる。新潟市周辺では、石油探掘に関連して、1000m程度のボーリングが行なわれており、その結果よりいわれている地層として、深さ600m以下に新第三紀層があり、中間に500m程の厚さの洪積層を挟み、最上層の沖積層の厚さは120mに達する。この120mのところに顕著な礫層があるが、そこまではだいたいの砂または砂礫層である。

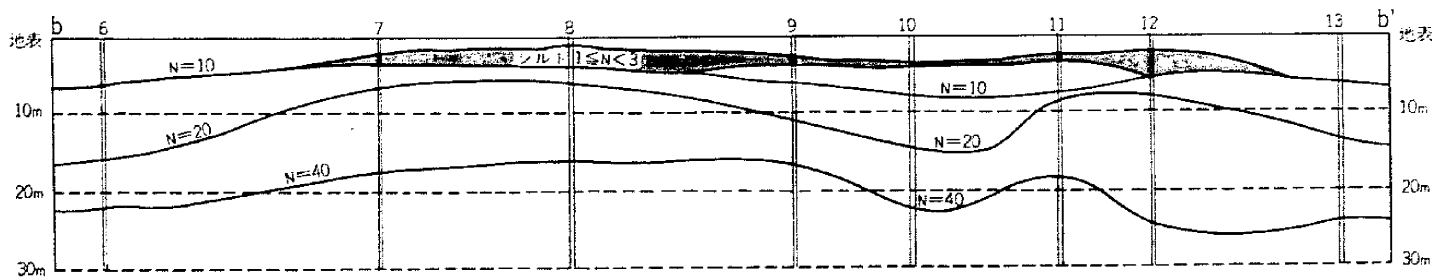
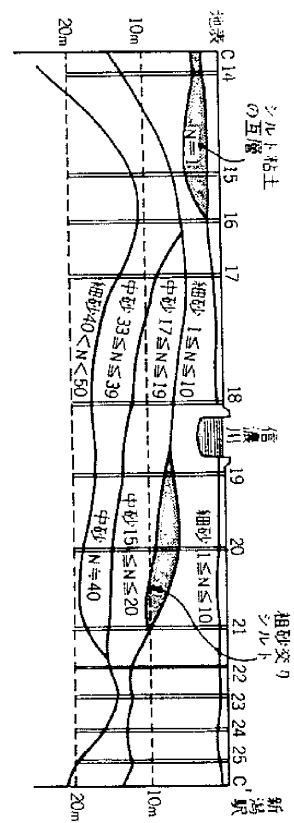
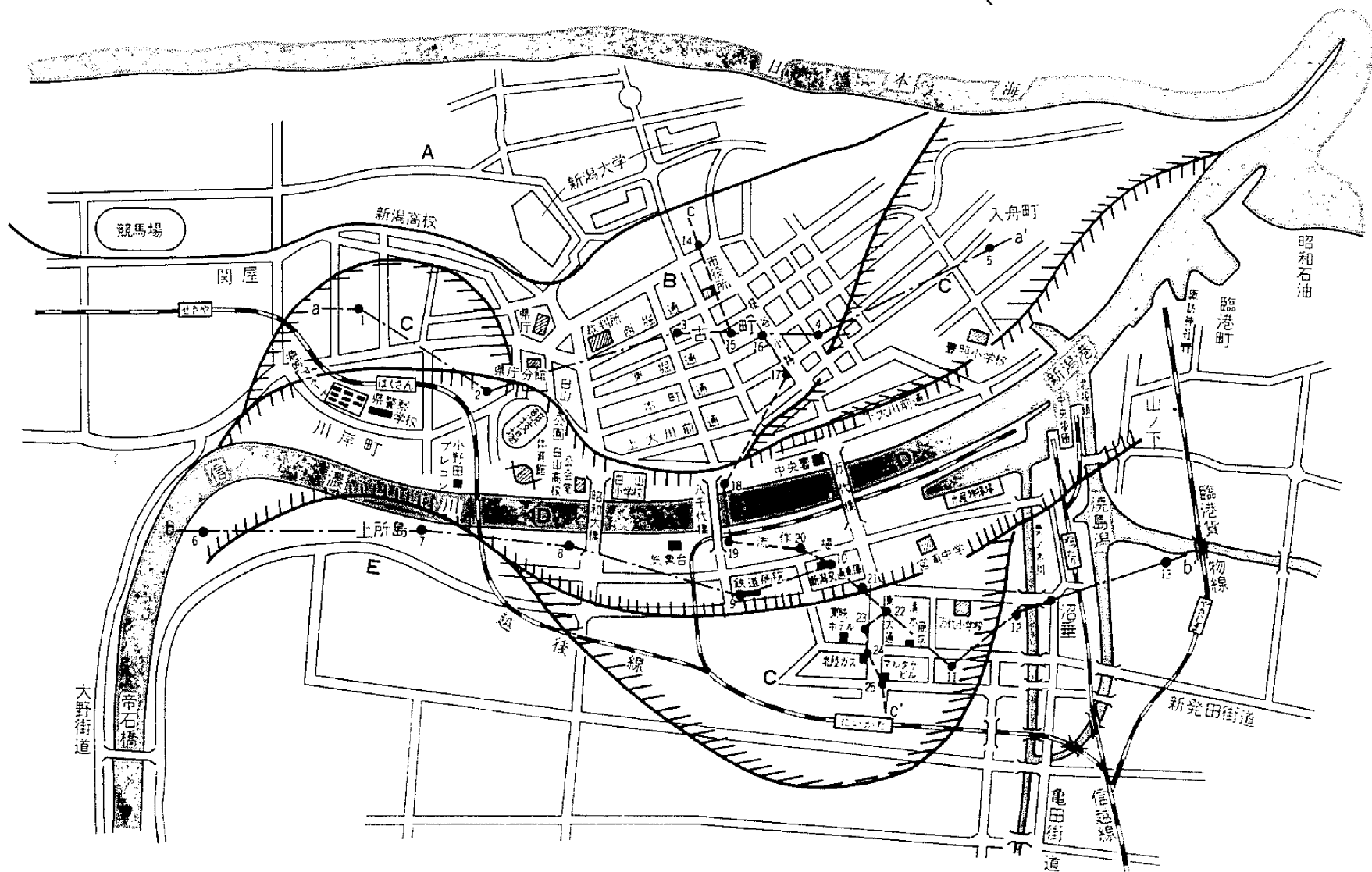
港湾地区を中心とする新潟市の緩慢な地盤沈下は明治年間より問題となっており、この厚い砂層の不安定さが指摘されてきた。

ところが一方、これを建築の基礎を支える地盤としてみると、地表近くの10m内外は極めて軟弱であるが、それより深い砂層は、かなりしまっており、杭を用いる限り、建物の重量を支えるのに特に不安は感じていなかったのが一般である。すなわち、砂地盤のしまり方の粗密を表わすのに、標準貫入試験のN値(ボーリングの際、ロッドの先端に資料採集用のチューブをとりつけ、63.5kgの重錘を75cm高さより落下させて打撃し、30cm貫入するまでの打撃回数)が用いられるが(第1表参照)、新潟市内では、10mから20mでN値は30程度に達し、杭打工事で所定の位置まで打ち込めないなどのことがあり、工事に際してはむしろ良好地盤だと思いつつ傾きがあったという。——ここに今回の惨事の遠因があったともいえる。

新潟市は、信濃川が造った厚い沖積層の河口デルタ地帯にあり、川の蛇行により、流域は多くの変遷を経てきている。市内地盤を造成の経過によって区分し、被害状況と照らし合わせると、次のように大別できる。



- A: 古砂丘地帯, 被害少なし
- B: 旧来の市街地, 被害少なし
- C: 古信濃川河道地域, 被害多し
- D: 旧信濃川埋立地, 被害最も多し
- E: 上所島付近, 被害少なし



第 2 図 新潟市の地盤区分と地盤断面のN値 (番号はボーリング地点)

- A: 日本海岸よりの古砂丘地帯. 被害僅少.
- B: 古町を中心とする旧来の市街地. 砂丘地帯の裾に位置し, 被害少なく, 道路面にも異常を認めず.
- C: 古信濃川河道地域. 地盤変動激しく, 建物の沈下, 傾斜が多く生じた.
- D: 旧信濃川河床地帯. 主として昭和初期以降の埋立地であり, 地盤変動・建築物被害・浸水とも最も烈しかった.
- E: 上所島付近. 信濃川左岸に接しながら被害の少なかったところ.

N値	状態
4以下	非常にゆるい
4~10	ゆるい
10~30	中位
30~50	密な
50以上	非常に密な

これらの地域区分と, 地震前後のボーリング調査から作成した地盤断面の推定図を第2図に示した.

被害の少なかったA, B, E地区は, 表面の軟弱層が薄く, 10m以内でN=20以上の割合しまった層が現われる. 特にE地区(上所島)では, 4m以上がN=30以上でよくしまっている. B地区で特徴的なことは, 深度とともに着実にN値が上昇していることである.

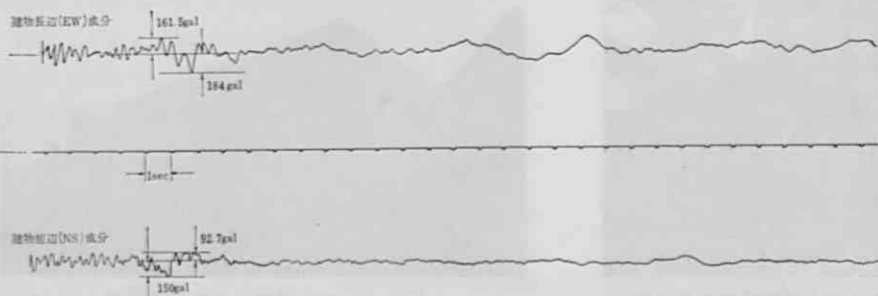
古信濃川河道のC地区は, N=10以下の軟弱な表層が最も厚く, 12m~18mに達するが, これより下では急にN値を増し, 20以上となる. 埋立地を主体とするD地区ではN=20以下の軟弱層が厚く, 12m~15mある.

砂丘地帯を除き, 全体に共通していえることは, 深さ5m以内に必ずシルトまたは粘土の薄層を挟んでおり, これらが, 後述の地震時における間隙水圧の上昇に関連しているという考え方が強い.

常水面は浅く, B, C地区で1.0m~2.0m, 川沿いのD地区では0.5m~1.0m程度である. また上層の細砂は0.2~0.3mmのほとんど均一な粒径のもので, しまりの悪さを裏付けている.

#### 4. 新潟市における地震動

新潟市では, 1958年, 川岸町県営アパート2号棟にSMAC型強震計が設置され(地階および4階屋上), 今回の地震を記録した(第3図). これによると最大加速



第3図 SMAC型強震計による強震計加速度記録, 川岸町アパート2号棟屋上(DC型)

度は始動後5~9秒に生じ, 値は次のとおりである.

最大加速度: 地階 NS 159 gal, EW 155 gal  
屋上 NS 150 gal, EW 184 gal

記録を解析した結果, 周期0.5秒と5秒のあたりに, 卓越した加速度のピークがあり, 普通ではみられない地盤特性を反映している. 特に後半に現われているゆっくりした波は, 極めて大きな変位(50cm程度といわれる)を伴った, 長週期の振動を表わす特異なものである.

このことから, 激烈な振動はなかったが(写真1), 大きな地盤変形を伴う地震波が, かなり長く続いたと見てよいであろう.



写真1 倒れた灯籠と残った灯籠が加速度の程度を示す……白山神社境内

また地階の加速度に対して, 屋上の加速度がほとんど倍加されていないのは, 鉄筋コンクリートアパートで普通に見られるロッキング振動(建物の下方に中心をもつ剛体的回転運動)を起こさなかったことを示している.

#### 5. 地盤の変形と建物の被害

地震動そのものによって破壊された例が少ないことは前述のとおりで, 写真2はその数少ない例の一つである. この種の被害は, 木造家屋の特に弱かったもの, 灯籠・墓石・ブロック塀などの倒れやすいものに生じている.

水害・火災を別にすれば, 建築の被害の大部分は, 地盤変動に伴って生じたと思われるものばかりである. 最も被害の集中しているD地区, 旧信濃川の埋立地では,

至るところに地割れ・陥没・横すべり・噴泥などを生じた. 堤防, 橋の取付け部分などの盛土に類するものは, キレツ, 陥没を生じながら, 平面的に広がり, 全体として沈下している(土まんじゅうが崩れるように). 信

濃川畔の埋立地では、全般に川に向かって移動している傾向が見られた。

また新潟市の北方、塩屋付近では、褶曲断層と見られる、数キロにわたる帯状の陥没が見られた。

このような変動地盤の上にあった木造・鉄骨造などの軽い構造物は、不同沈下、基礎の移動などによって多数破壊した(写真3~7, 巻頭口絵写真)。これらは、地盤変動に伴う直接的破壊である。

以上の外に、今回の地震に特有な被害として、砂層の液化現象に伴う、建物の沈下・傾斜・転倒がある。

砂層は、しまり方がゆるい場合、粒子は不安定な釣合

の状態にあり、これが振動を受けると、初めの釣合からもっと密な配列の、より安定した釣合状態へと移行する。この場合、砂が水で飽和されていると、粒子間に働いていた力(建物重量はこの力で支えられている)が間隙水に伝わり、砂層全体の体積の縮小に必要な水の排出が終わるまでは、砂層は一時的に流動体のような性質を呈し、支持能力を失う。

液化現象は一般にこのように説明されている。今回の地震による液化の機構、その範囲などについては、目下究明中である。ただ、表層において、地盤の変形に基づ



写真2 諏訪神社神楽舞台  
瓦拵きの屋根を支える柱が折れた



写真3 塩屋部落を走る褶曲断層



写真4 塩屋部落、断層による帯状陥没上の民家  
民家が軒並みに破壊、道路の一つへだてた片側は被害なし



写真5 某プレコン工場  
柱脚が右方(信濃川方向)へ移動した



写真6 県警察学校(木造モルタル)  
中央部の陥没によってせん断破壊



写真7 中央埠頭、日肥運送倉庫  
岸壁上の右半分を残して、左側の地盤が移動沈下した



写真 8 白山公園にて



写真 10 街にあふれる砂の山・水とともに噴き出したもの



写真 9 川岸町アパート1号棟の噴砂

く間隙水圧の上昇があったことは、砂を含んだ地下水の噴出や、一部浄化槽の浮上りが生じたことなどから明らかで、この外からの水圧上昇が、砂層の液化を促したことは確実のようである(写真8~10)。

液化した砂地盤上の建物は、あたかも泥沼におかれたように、自重によってズブズブと沈下し、重さにかたよりのあるもの、地盤条件の不均衡なものなどは傾斜し、あるいは転倒した。傾斜・転倒が動的原因によるものではないことは、重さのかたよりの方向に傾いていること(川岸町アパート、巻頭口絵写真参照)、極めてゆっくりと傾いたことからもうなずけることである。

D地区には、地盤変動による直接破壊のほか、この種の沈下の例も多い。C地区の被害はほとんどが、液化現象による沈下、傾斜である。この種の被害の状況を示したのが写真8~11および巻頭口絵写真である。

鉄筋コンクリート造で小規模なものは、上部構造は無傷のまま剛体として沈下、傾斜したものが多い。長い建物・コ字型平面の建物等は、各部の不同沈下によりせん断キレツを生じたり、伸縮継手を破壊されたものが多い。

## 6. 地業との関係

D地域では、地盤変動があまりに激しく、大規模な建物で無被害なもの、なかなか見当たらないが、C地域では、沈下・傾斜のひどいものと、無被害なものが共存している。これらの地業の種類、地盤のN値と杭の長さ

の関係を調べると、今の段階で次の事柄はいえそうである。

被害のない建物または被害の軽い建物では、杭を比較的良好に打込んだ層(N=20以上と見てよい)に十分に(少なくとも3~4m以上)打ち込んである。これに反して、

杭なしのベタ基礎、N=10程



写真 11 宮浦中学校

左右棟の不同沈下による渡り廊下の破壊

度の層までのまさつ杭では、液化現象に対してほとんど無抵抗と思われ、沈下も傾斜もひどい。杭先端がN=20の層まで達していても、打込み長さが足りない場合には、沈下は抑制されたとしても傾斜は免れないようである。また地下室を設けることは、杭の効果を確認なものにすることが指摘される。この場合の、杭打ち基礎の要点としては、杭先が液化する範囲の軟弱層を十分越えていることと、流動化した表層から加わる横力に耐えることとの2点にあると思われる。

## 7. おわりに

新潟地震に対する当面の課題は、傾斜・沈下建物の復旧の方針と施工方法を早く確立することであり、そのためには、調査結果から地盤変動の範囲と変動時の地業の機能と限界をつかみ、また液化現象の定量的な条件を確立しなければならない。

新潟地震が地震動そのものはあまり大きくなかったにもかかわらず、大きな被害を起こしたことは、われわれに貴重な教訓を与え、都市開発と工場立地などに大きな問題を残した。

おわりに本文を書くにあたり貴重な資料の提供をいただいた建築業協会新潟地震緊急対策調査委員会、建築学会新潟地震建築災害調査特別委員会ならびに強震測定委員会に感謝する。

(1964年8月7日受理)