

中越地震で発生した建物の被害と地盤

－建物の被害分布からみたいいくつかの疑問．長岡地域を例にして－

山崎興輔

I．はじめに

中越地震調査団の一員として長岡市を中心とした被害調査を行ってきましたが、調査が進み建物被害の様子が明らかになるにつれて幾つかの疑問が生じた。第 1 の疑問は、1994 年に発生した新潟地震では大規模な液状化が発生し重い建物はいずれも不同沈下を起し大変な状況が発生したのに、今回の地震で長岡地域には大規模な液状化の発生は無く、建物の被害は主として強い揺れと基礎地盤の変状に伴う被害が中心で、新潟地震の建物被害と様子が異なっていた。第 2 の疑問は、従来段丘面上や扇状地面上は地震に対して安定な地盤とされ沖積低地は不安定な地盤とされているが、建物被害の分布は必ずしもそうなっ

ていない。第 3 の疑問は、沖積低地に造成されたニュータウンの建物被害は一様でなく被害が偏在しているが、なぜ偏在するのかその理由が不明であった。これらの疑問を解決すべく、今年の終わりから調査を進めある程度の見通しを持つことができたので、それらのことを中心に紹介します。

II．第 1 の疑問に答えて

－建物被害からみた新潟地震と中越地震の比較－

県内は過去いくたびもの被害地震に見舞われているが、最近では表 1 のような地震がある。液状化被害で有名になった新潟地震は、 $M=7.5$ と中越地震の約 11 倍のエネルギーを放出していますが建物の全・半壊数は中越地震の半分程度でした。新潟地震の震源は陸から離れ深さも 40km と深く他の地震のように内陸直下型の地震とは異なるので全・半壊数を直接比較することはできませんが、新潟地震の場合は強い震動による建物の破壊より図 3 のような液状化による被害が多く、液状化が

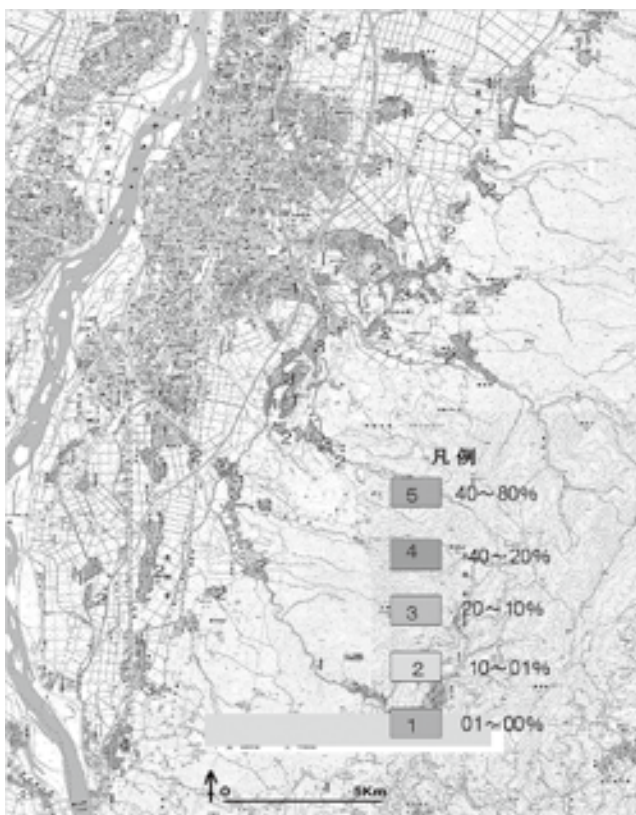


図 I 長岡地域における建物の被害率
中越地震調査団 2004 の図に一部加筆

表1 最近の被害地震と被害の概要

地震名	発生日	M	深さ	死者	全壊	半壊	一部
長岡地震	1961. 2月 2日 ▼昭和36年 3時	5.2	20km	5名	220	465	804
新潟地震	1964. 6月16日 ▼昭和39年13時	7.5	40km	13名	1,448	5,376	19,472
北部地震	1995. 4月 1日 ▼平成 7年12時	5.5	16km	0名	55	181	1,376
中越地震	2004.10月23日 ▼平成16年17時	6.8	16km	46名	2,826	12,863	103,629

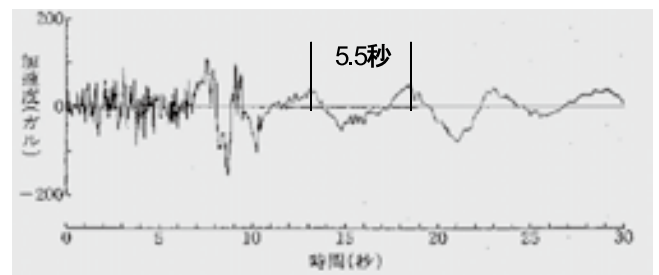


図 2 強震計が記録した新潟地震の地震動

発生すると地震の波が変化しゆれの強さも変化するように思われます。図2は新潟地震の時、新潟市の県営アパートに設置されていた強震計が記録した地震波形ですが、7秒付近から地面は周期5秒程度の非常にゆっくりとしたゆれに変化し、ゆれ幅（振幅という）も小さくなっています。振幅が大きいほど大きくゆすられるので、液状化の発生により振幅が小さくなったことが建物の破壊を少なくしたと考えられます。中越地震では長岡周辺でなぜ大規模な液状化が発生しなかったのでしょうか。



図3 県営アパートの液状化による被害

①. 新潟地震で液状化は何所で起こった

図4は新潟地震による鉄筋コンクリートの建物の被害分布図ですが、被害の顕著な地域は旧信濃川沿いに集中しています。一方、液



図4 新潟地震の被害分布 A：無被害地域 B：中位の被害地域． C：被害の顕著の地域

状化が発生した地域を図5に示しましたが、図4と図5見比べると被害集中域は液状化発生域に見事に重なっており、新潟地震は液状化災害と呼ばれています。では、なぜこの地域に液状化が発生したのでしょうか。液状化発生地域の地下は、図6に示したようなⅠ～Ⅳの地層から成り立っています。いずれの断

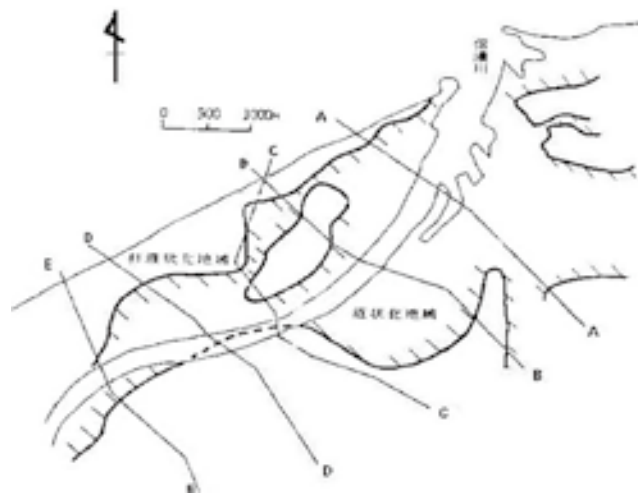


図5 液状化地域と非液状化地域（青木原図）
斜線部：液状化を起こした地域．直線A～Eは図6の断面線を示す．

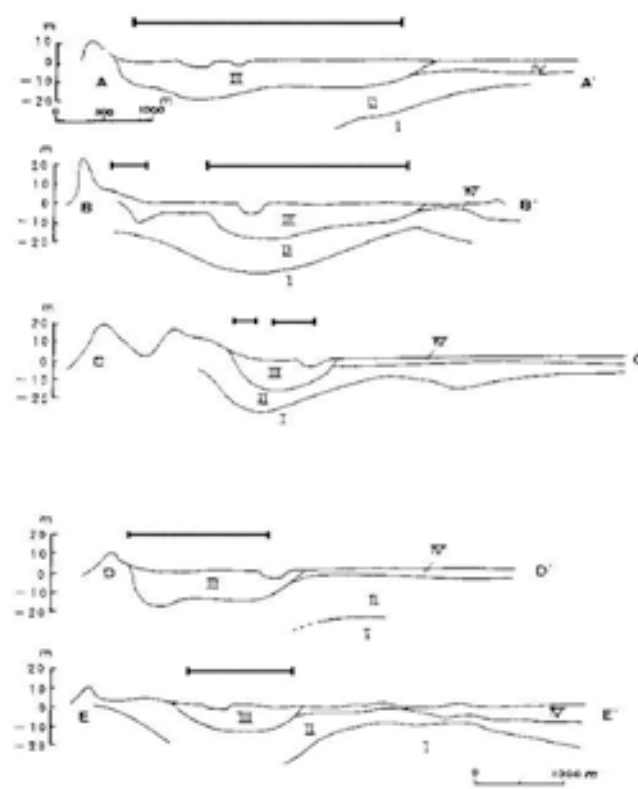


図6 図5に示した断面線の地質断面図
各図の上の太い直線は液状化地域を示す．（青木原図）

面図も液状化を起こした地域の地下にはⅢの地層があり（黒鳥層中部と呼ばれる）、この地層が液状化の犯人と思われます。

②. 液状化の起こる条件

液状化の犯人と思われるⅢの地層は「黒鳥層中部」の地層で、下位の地層を削り混んだ谷に堆積した河川性の地層で、N値 10 前後の非常に軟らかい地層とされています。（N値：地層の硬軟や締まり具合を表す数値で、重さ 63.5kg の重りを 75cm の高さからサンプラーと呼ばれるパイプに落とし、パイプを 30cm 打ち込むに要した打撃回数をいう。硬い地層ほどN値は大きく、沖積のいわゆる軟弱地盤では 10 以下の値を示す）。この中部の地層の厚さは 10 ～ 20m で、腐植物を含み一部に粘土層を挟む中粒砂からできており、いわゆる沖積の軟弱な地盤です。

一方、実験室の中でも液状化発生の実験が行われ、液状化が起こる条件が明らかにされています。それによれば、地下水で飽和した砂地盤で、砂の直径が 0.2mm 前後で粒の大きさが揃ったN値 10 前後の砂層が液状化を起こしやすいことが知られています。特に、そのような砂層が凹地を埋めるような形態で堆積しているほど液状化が起こりやすいといわれています。まさに、黒鳥層中部層はこれらの条件に当てはまる地層でありました。

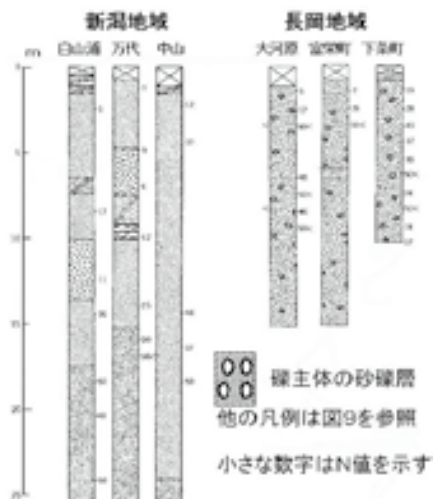


図7 信濃川沿いのボーリング柱状図

③. 長岡地域の信濃川沿いは

旧長岡市街地周辺の被害は図1に示したように、8号バイパスの東側に集中し西側の被害は軽微でありました。先に述べたように、新潟地震では信濃川の河道沿いに大規模な液状化が起こり被害が大きかったが、なぜ今回の地震で長岡周辺の信濃川の河道沿いに大規模な液状化が発生しなかったのでしょうか。

図7は新潟市と長岡市のいずれも信濃川沿いのボーリング柱状図です。この図によれば新潟市では中粒砂が厚く堆積しているのに対し、長岡地域では礫を主体とした粗粒な堆積物から成り立っており、新潟と長岡では同じ信濃川沿いでも地下の堆積物が異なっています。液状化が水で飽和した中粒砂が一番起こりやすいのに対し、長岡市付近では礫層を主体とした堆積物であったことが幸いしたといえるでしょう。

Ⅲ. 第2の疑問に答えて

1. 六日市町の被害と扇状地

中越地震の被害分布をみると、長岡市六日市町は建物被害が大きかった地域の一つに挙げられます。図8は六日市町付近の地質図ですが、この図によれば六日市町は地震に対して安定とされている扇状地上に発達した集落です。にもかかわらず、被害が大きかったのはなぜなのでしょう。写真1は小学校付近の



図8 六日市町付近の地質図（長岡図幅、地調）