

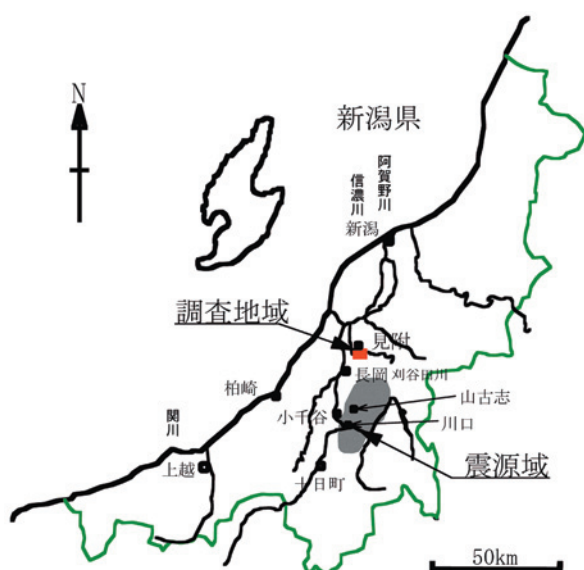
見附市街地における建物の被害と地盤の関係

坂東和郎・齋藤浩之・浦山智晴[※]

※株式会社興和 企画開発室 〒950-8565 新潟市新光町6番地1

はじめに

2004年新潟県中越地震により見附市街地では、地盤の液状化による噴砂、家屋の傾斜、地割れのほか、瓦屋根の損傷などの多くの被害が発生しました。そして、これらの被害の分布を詳細に調査した結果、地盤の液状化による被害は刈谷田川の北側に集中し、瓦屋根への被害は南側に集中していることが明らかになりました。さらに、このように被害が集中する原因を明らかにするために、地下に分布する地層のようすと、地盤の揺れ方の特性を調査した結果、液状化が発生した地域は、昔の刈谷田川が流れていた場所を埋め立てて、住宅や工場などを建てたところであることが分かりました。また、瓦屋根への被害が多い地域は、被害の少なかった地域に比べて地下にたくさんの砂があり、地盤が固い場所だったことが分かりました。ここでは、見附市街地で発生した被害のようすと、それらの被害と地盤の関係について説明します。



第1図. 見附市と震源域の位置

見附市では震度5強

見附市は第1図に示すように、中越地震の震源域から北へ約20kmのところに位置しています。そして、この地震では震度5強を2回（10月23日17:56, 18:03）、震度5弱を3回（10月23日18:43, 27日10:40, 11月10日3:43）、震度4を11回観測しています。また、市役所のまとめ¹⁾によると、人口約4万4千人、世帯数約1万3千のところ、人的被害は、死者1名、重傷者27名、軽傷者465名にのぼり、建物の被害は家屋全壊53棟、大規模半壊18棟、家屋半壊461棟、一部損壊10,964棟と非常に大きな被害が発生しました。

被害のようす

被害の調査は本震から3日後の10月27日に始め、被害が目立った下図の黒線で示す範囲で行いました。この調査した範囲での被害の種類としては、地盤の液状化による噴砂、道路の波打ち、建物の傾斜、ビルの抜け上がり、地割れや亀裂のほか、堤防の損傷、瓦屋根の損傷がありました。

噴砂とは、地震の振動により液状化した地盤か



第2図. 被害調査を行った範囲(黒枠内)
(国土地理院発行の1:25,000地形図「見附」を使用)



第3図.公園に見られた直線上の噴砂(新町3丁目)



第6図.液状化により波打った道路(南本町2丁目)



第4図.舗装の境界からの噴砂(南本町2丁目)



第7図.噴砂が原因で傾き接触した家屋(南本町3丁目)



第5図.電柱の根元からの噴砂(南本町2丁目)



第8図.地面が沈降し抜け上がったビル(本町2丁目)

ら地下水を伴って地上に噴き出した細かい砂や泥のことで、公園やグラウンドなど地面が広く露出しているところでは、直線状に連なって噴出しているようすが見られました(第3図)。また、舗装に覆われた場所では、歩道と車道の境界などの継ぎ目(第4図)、あるいは電柱の回り(第5図)などのわずかなすき間を見つけるようにして噴出しています。この噴砂の量は、10月23日の本震で

は非常に多く、ひどいところでは道路一面が深さ20～30cmほどもの砂や泥水で覆われたそうです。なお、噴砂の発生は、震度5強を記録した10月23日と、震度5弱を記録した10月27日に発生しています。

噴砂の見られる地域では、地下の砂が噴き出してしまうために地面が沈み、道路が波打ってしまったり(第6図)、家屋などが傾いてしまうなどの



第 9 図. 道路に生じた亀裂（嶺崎 1 丁目）



第 10 図. 大きく沈降した刈谷田川の堤防（南本町 1 丁目）

被害も発生しています。中には、家屋の境界で噴砂が発生して地面が沈み、二軒の家の軒先が接触してしまう被害も発生しています（第 7 図）。

このように家屋では傾斜という被害が発生していますが、ビルでは抜け上がりという被害が発生しています（第 8 図）。普通、ビルの基礎にはその建物の重さを支えるために、杭が利用されています。このような基礎を杭基礎といいます。杭基礎を持つビルの周囲の地面が沈むと、杭で支えられているビルは地面と一緒に沈まずに地面だけが沈むので、まるでビルが抜け上がったような現象が起こるのです。

また、地割れや、道路やコンクリート塀への亀裂も多く見られるほか（第 9 図）、刈谷田川の堤防では、大きな亀裂の発生や堤防そのものの沈降が見られます（第 10 図）。この堤防の沈降は大きいところでは 40 ～ 60cm に達しています。ただし、この堤防が沈降している場所の多くでは、2004 年の 7.13 水害の時に川の水が越流する災害も発生していて、この沈降はかなり前から進んでいたことが考えられます。



第 11 図. 棟瓦の落下した屋根（熱田町）

そのほか、家屋では瓦屋根の損傷も多く、とくに屋根頂部の棟瓦がずれたり落下するケースが目立っています（第 11 図）。

被害と地盤の関係 刈谷田川の昔のようす

刈谷田川は暴れ川で知られ、明治年間だけで 40 回を超える破堤があったと記録されています。そのため、1919 年（大正 8 年）から 1941 年（昭和 16 年）にかけて河川改修が行われ現在の河道に変更されています²⁾。その後、かつての刈谷田川（ここでは以降、旧河道といいます）は次第に埋め立てられ、現在ではほとんどが市街地の地下に埋まっています。下の 2 枚の写真は、1948 年と 2004 年の地震後に撮影された見附市街地の空中写真です。旧河道の上に市街地が広がっているようすがよくわかります（第 12 図、第 13 図）。

地盤の液状化による被害の 発生したところ

地盤が液状化したことによる噴砂、路面の波打ち、家屋の傾斜、ビルの抜け上がり、地割れや路面の亀裂といった被害がどのような地盤のところで発生したかを見ると、旧河道を埋め立てた場所とその周囲であることがはっきりとわかります（第 14 図～第 18 図、グラビア）。また、堤防に亀裂が生じたり沈降していた場所も、旧河道の上に現在の堤防が作られた場所で発生していることがわかります（第 19 図）。

このように旧河道を埋め立てて作られた地盤は、自然に堆積した地盤に比べてゆるく、また、地下



第12図. 1948年の見附市街地
1948年12月9日米軍撮影の空中写真



第13図. 2004年（地震後）の見附市街地
2004年10月28日国土地理院撮影の空中写真

水位も高いので地盤の液状化が発生しやすいところであったといえます。

瓦屋根への被害が多いところ

見附市街地の地下の地層のようすを見ると、まず周辺の丘陵に分布する礫・砂・泥からなる「魚沼層」や「御山層」といわれる地層³⁾が、平野部では深度40～60mより深いところまで続き、平野を埋める堆積物の器（入れ物）を作っています。そして、この上を厚さ10～25mの「砂礫層」が覆い、さらにその上を粘土や砂からなる「沖積層」が覆っています。この沖積層の厚さは15～40mあり、場所によって粘土層が厚くなったり、砂層が厚くなったりと変化しています（第20図）。

この粘土層の厚い範囲は刈谷田川より北側の市街地と、南側の丘陵に近い地域であり（第21図）、砂層が厚い範囲は今の刈谷田川沿いから少し南側

の地域となっています（第22図）。

ここで、地震により瓦屋根が被害を受けた家屋の分布を見ると、刈谷田川の南側に集中していることがはっきりとわかり、さらに、これが砂層の厚い範囲と重なっていることがわかります（第23図）。

では、砂層が厚いとどうして瓦屋根の被害が多くなるのでしょうか。これには、地盤の揺れ方と家屋の揺れ方が関係していると考えられます。

まず、地盤の揺れ方についてですが、実は、地震が起きていないときでも地盤は常に、そして微かに揺れているのです。第24図はある地震発生前後の波形データですが、地震発生の前も振動しているのがわかります。この揺れは常時微動といわれます。常時微動は、測定される場所によりその揺れ方が異なり、地盤の固いところでは小刻みに小さく揺れ、逆に地盤の軟らかいところではゆったりと大きく揺れます。つまり、地盤の固い



第 14 図. 噴砂の発生箇所



第 15 図. 路面の波打ちの発生箇所



第 16 図. 傾斜した家屋等の位置



第 17 図. 地割れ・路面等の亀裂発生箇所

ところでは周期が短く、軟らかいところでは周期が長くなります。また、常時微動は常に一定の周期で振動しているのではなく、いろいろな周期の波が合わさっているものですが、よく見ると、その中には卓越して現れるある周期の波が含まれています。この周期のことを「地盤の卓越周期」といい、小さな振動計を使って調べることができます⁴⁾。

一方、家屋などのすべての建物もある周期を持っています。この周期は、建物が低ければ短く、高ければ長くなります。また、建物の剛さとも関係していて、壁が多かったり筋かいの多い剛い建物では短く、古い木造住宅のように壁が少ない建物では長くなります。このような個々の家屋の周期のことを「固有周期」といいます。そして、木造家屋の固有周期は、一般に0.1～0.5秒であり、新しい家屋で短く、古い家屋で長くなります。また、地震により柱や壁が傷むなど家にガタがくると固有周期は延びるといわれています⁵⁾。

そして、ある場所の地盤の卓越周期と、そこに建つ家屋の固有周期が同じとなるようなところで地震がくると、家屋の揺れ（振幅）が大きくなり、被害を受けることになります。この現象を「建物と地盤の共振」といいます。

見附市街地で常時微動観測を行った結果を見ると、地盤の卓越周期は約0.2～0.9秒の範囲にあり、粘土層の厚い範囲では0.7～0.9秒、砂層の厚い範囲では0.4～0.7秒となっています（第25図、第26図）。そして、瓦屋根への被害との関係について見ると、被害の多い地域は、厚い砂層が分布する比較的固い地盤であるために、卓越周期が家屋の固有周期と重なる範囲を持ち、建物と地盤の共振が起きたと見ることができます。一方、被害の少ない地域は、厚い粘土層が分布する比較的軟らかい地盤であるために、卓越周期が家屋の固有周期に比べて長く、共振が起きなかったと見ることができます。

下の図は、卓越周期と瓦屋根の被害の関係をみるために、常時微動の観測点から半径100m以内にあるすべての建物に対する、瓦屋根の損傷家屋数の割合を算出したものです。これを見ると卓越周期が0.4～0.7秒の地域で被害が大きくなっていることがよくわかります（第27図）。

おわりに

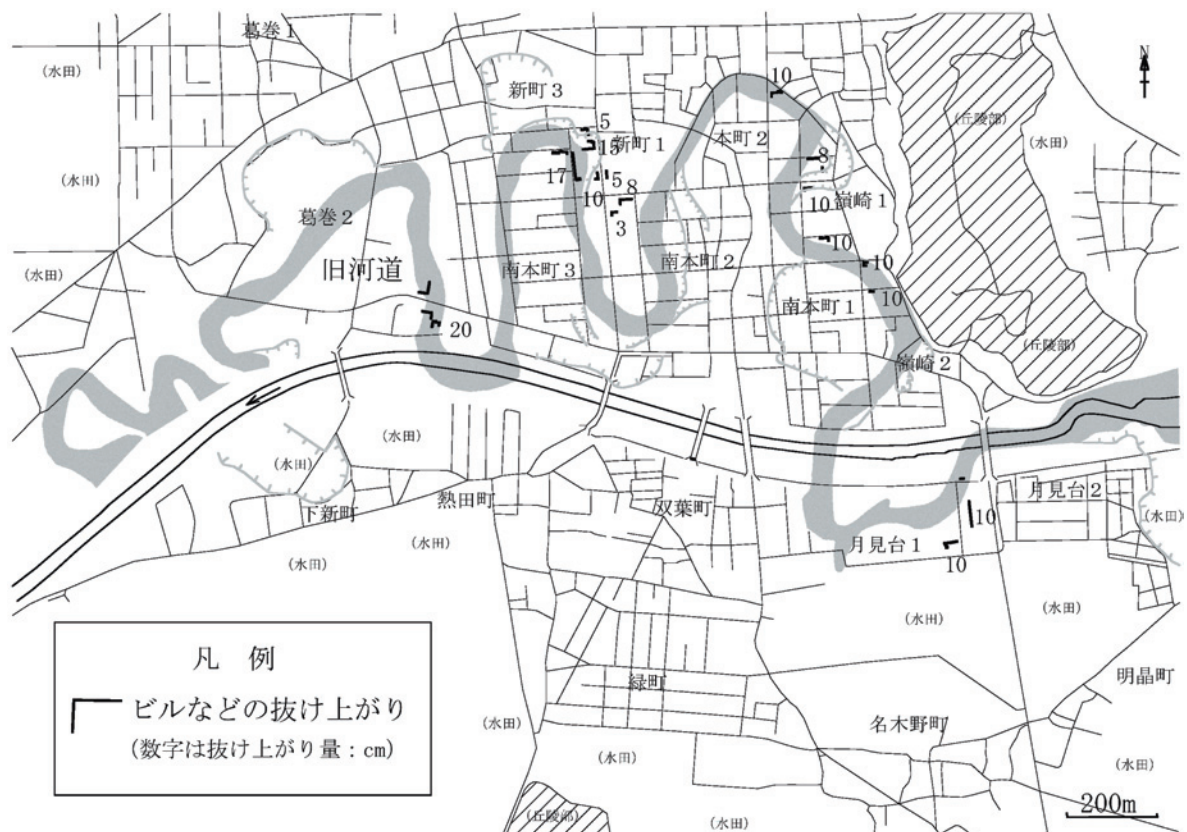
この見附市街地の地震被害調査は、被害の記録

を正確に残し、今後の地盤災害の防止に役立てることを目的に実施したものです。この調査結果が見附市ならび同様な災害の危険性のある地域における防災計画の一助となれば幸いです。

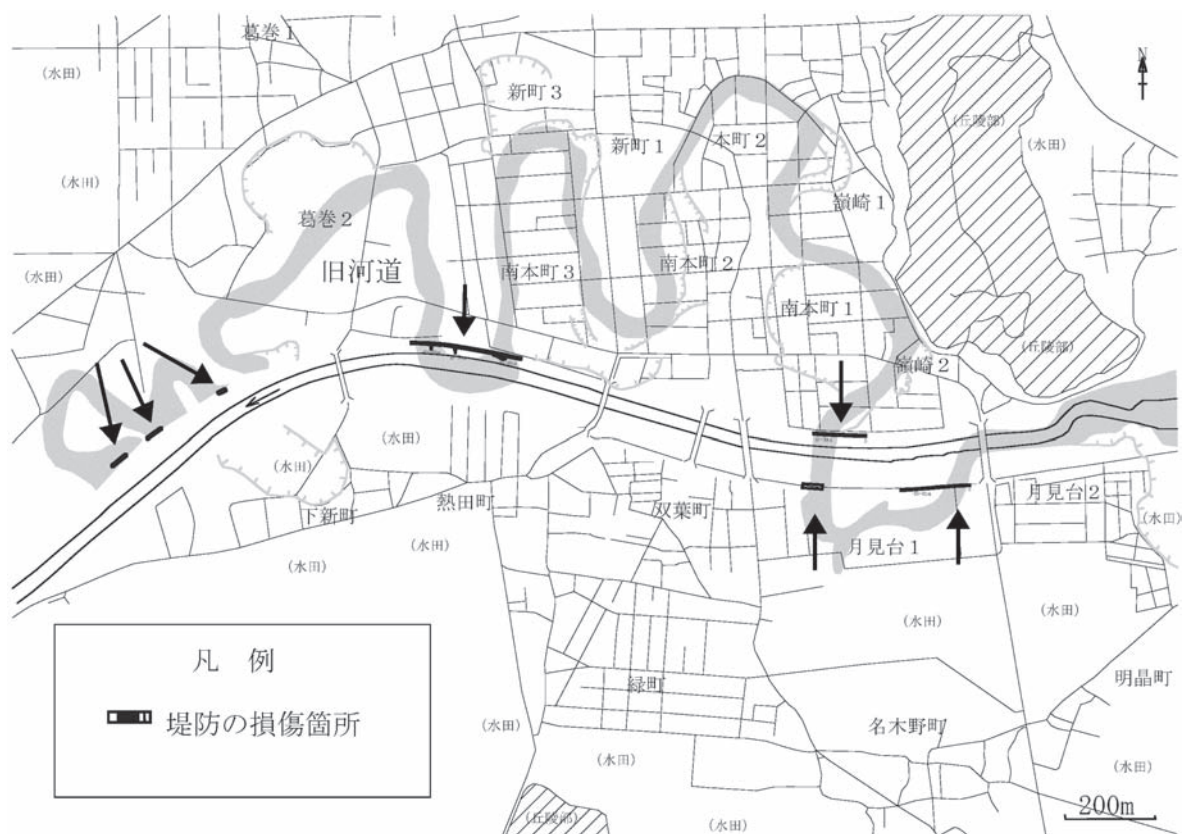
謝辞 本調査は、中越地震による見附市の被害に関する総合研究として、関東学院大学との共同研究の一部をなすものです。さく井資料およびボーリングデータを提供いただいた見附市役所の関係各位に心から感謝します。なお、本調査のうち、常時微動観測については、精木紀男研究室のご協力を頂きましたことを付記し、同教授ならびに学生諸氏に感謝致します。また、このような公表の場を提供してくださいました新潟大学中越地震調査団に感謝いたします。

引用文献

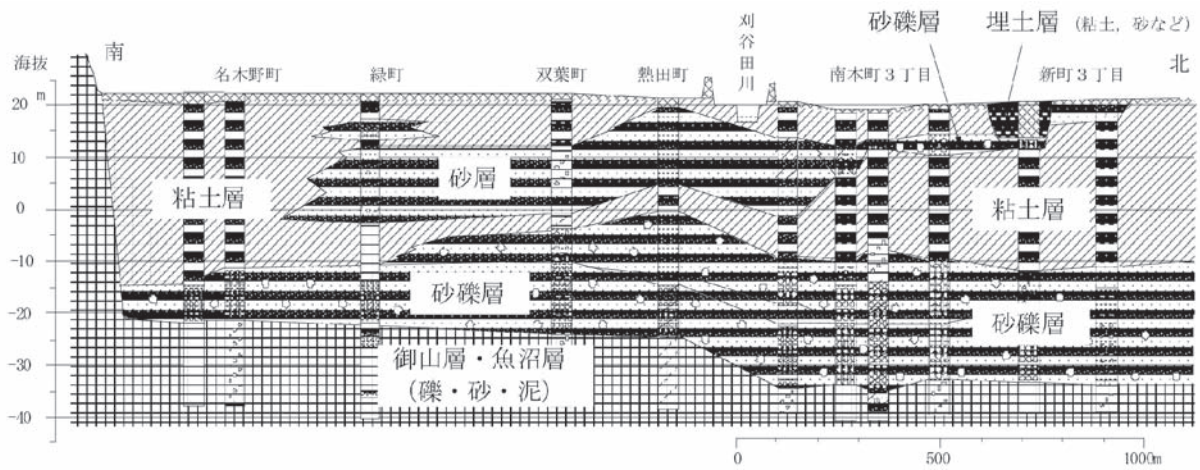
- 1) 見附市（2005）中越地震に関する報告とお知らせ。見附市役所ホームページ（<http://www.city.mitsuke.niigata.jp/>）。
- 2) 見附市史編集委員会編（1981）見附市史。上巻，第1，見附市，961p。
- 3) 小林巖雄・立石雅昭・小松原琢（2002）三条地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅），地質調査総合センター，93p。
- 4) 中村豊・上野真（1986）地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み。第7回日本地震工学シンポジウム，265-270。
- 5) 杉山英男（1996）地震と木造住宅。丸善，366p。



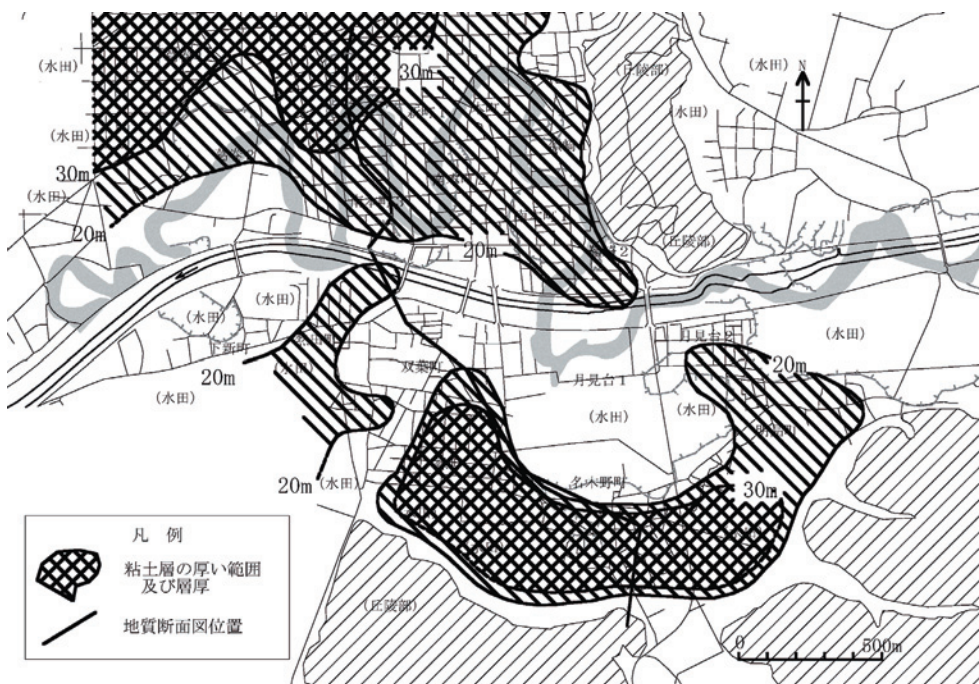
第 18 図. ビルなどの抜け上がり箇所とその量



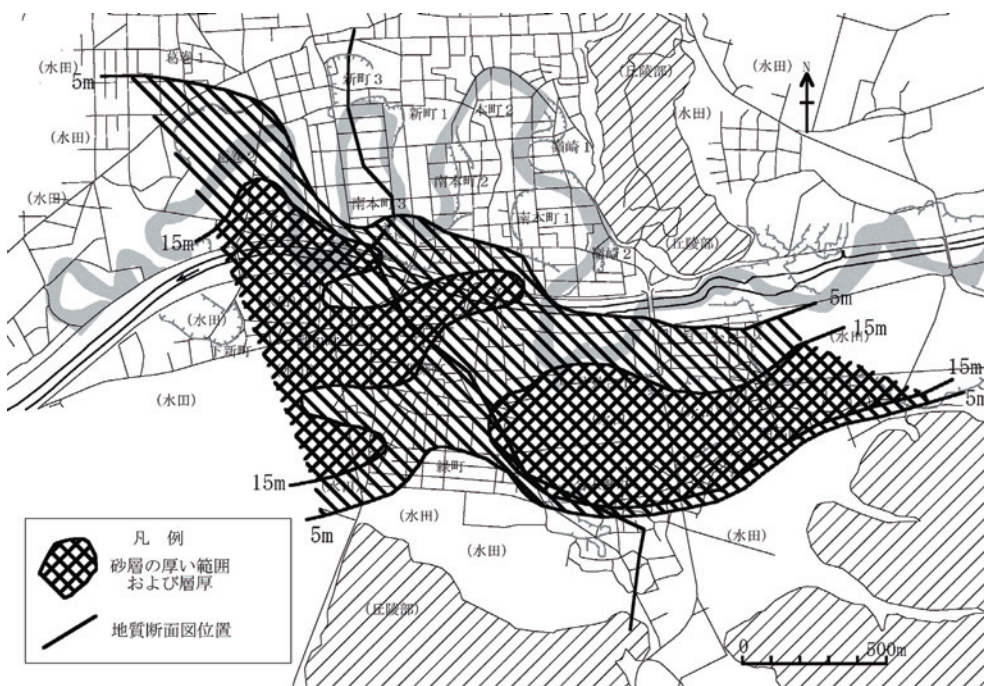
第 19 図. 堤防の損傷箇所



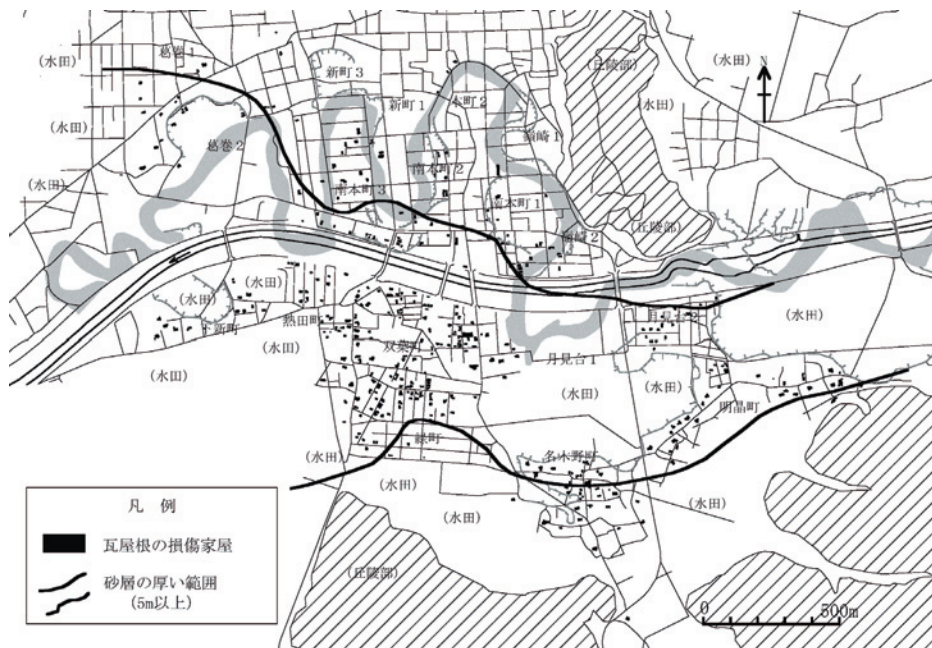
第20図. 市街地の南北地質断面図



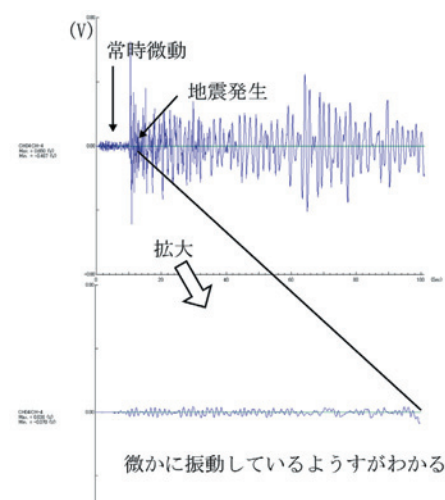
第21図. 粘土層の厚い範囲



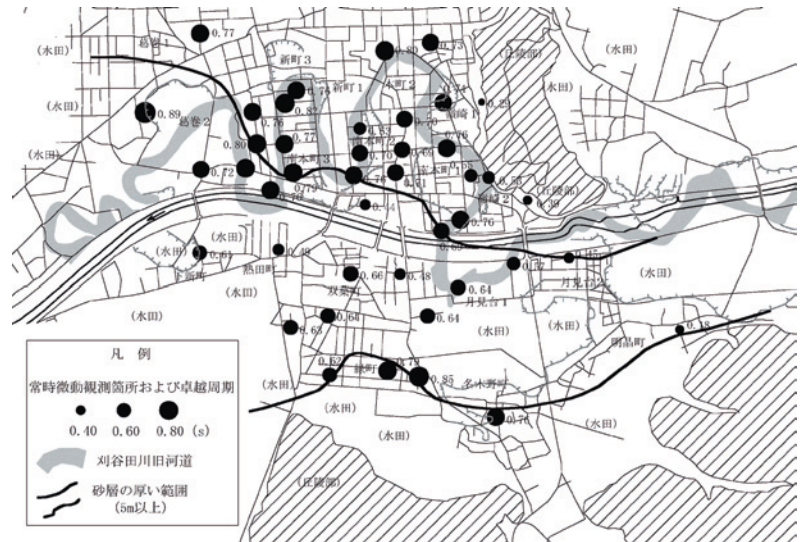
第22図. 砂層の厚い範囲



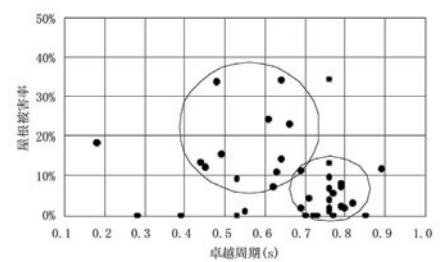
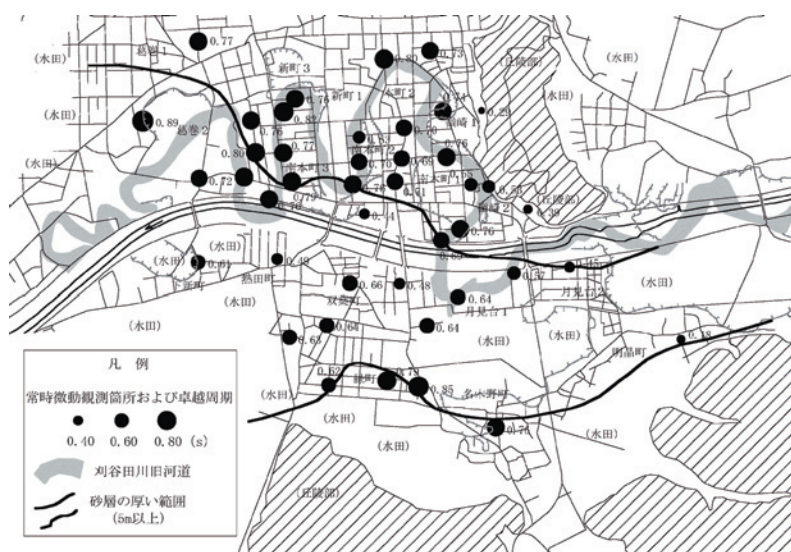
第23図. 瓦屋根の損傷家屋と砂層の分布



第24図. 地震記録と常時微動



第25図. 地盤の卓越周期と厚い砂層の分布範囲



第27図. 地盤の卓越周期と屋根被害率

第26図. 地下の地質と地盤の卓越周期との関係