

平成19年（2007年）新潟県中越沖地震における
液状化に関する被害調査報告

平成20年 1月

国 土 交 通 省

目 次

第1章	はじめに	
1. 1	地震の概要	1
1. 2	調査の概要	2
第2章	地形・地質および液状化被害の分布	
2. 1	地形・地質の特徴	3
2. 2	液状化被害の分布	8
第3章	液状化被害の概要	
3. 1	下水道施設の被害	
3. 1. 1	調査概要	12
3. 1. 2	被害概要	12
3. 1. 3	今後の予定	14
3. 2	河川施設の被害	
3. 2. 1	調査概要	15
3. 2. 2	被害概要	16
3. 2. 3	被害のまとめ	18
3. 3	道路施設の被害	
3. 3. 1	調査概要	19
3. 3. 2	被害概要	20
3. 4	建築物と宅地の被害	
3. 4. 1	調査概要	21
3. 4. 2	被害概要	21
3. 4. 3	今後の予定	24
3. 5	港湾施設の被害	
3. 5. 1	調査概要	25
3. 5. 2	被害概要	25
3. 5. 3	今後の予定	27
第4章	新潟県中越沖地震での教訓と今後の対策	
4. 1	新潟県中越沖地震での教訓	28
4. 2	今後の対策	30
<巻末資料>	平成19年(2007)新潟県中越沖地震における 液状化に関する被害状況とりまとめ関係機関	31

第1章 はじめに

1.1 地震の概要

2007年7月16日10時13分頃、新潟県上中越沖を震源とするマグニチュード(M)6.8の地震が発生した。本地震による最大震度は、新潟県長岡市ほかで観測された震度6強である。気象庁は7月16日にこの地震を「平成19年(2007年)新潟県中越沖地震」と命名した。この地方で震度6弱以上の揺れが観測されたのは、2004年10月23日に新潟県川口町で震度7を観測した平成16年新潟県中越地震(M6.8)以来である。本震のマグニチュードが同一である平成16年新潟県中越地震と比較すると、今回の地震の余震の発生回数は少なく、最大震度5弱以上を観測した余震は、新潟県長岡市ほかで震度6弱を観測した7月16日15時37分頃(M5.8)の1回である。また、消防庁の取りまとめによると、9月16日17時00分現在、地震による死者は11名、負傷者は1,990名、住家被害は、全壊1,086棟、半壊3,790棟、一部破損34,469棟に上っている。

国土交通省では、被災状況を迅速に把握するため発災直後から防災ヘリコプターやバイク調査隊などによる上空および陸上からの被災調査に着手したのをかわきりに、新潟県にリエゾンを派遣するなど新潟県・柏崎市などと連携して状況把握に努めた。また、7月16日には柏崎市役所内に現地支援センターを設置し※1、北陸地方整備局が主体となり各地方整備局の応援を得て被災地支援を行ってきた。さらに、7月16日から17日の2日間にわたり、本省河川局防災課総括災害査定官を団長とした緊急調査団を派遣し、公共土木施設の被災状況の調査を実施するとともに各分野の専門家による被害状況調査を実施したところ、河川、道路、港湾、下水道などの公共土木施設のほか宅地においても液状化現象が原因と思われる被災が確認された。

本報告は、地盤の液状化に関して現在までに得られた被害調査結果の概要をとりまとめたものである。なお、本文中の数値等には調査時点のものであること、今後の調査結果によっては見直すべき点もあることに留意されたい。

※1 情報収集自治体支援の機動的な対応を行う窓口施設として設置

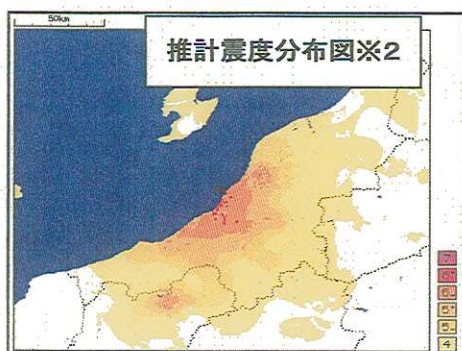


図1-1-1 推計震度分布図※2 気象庁調べ

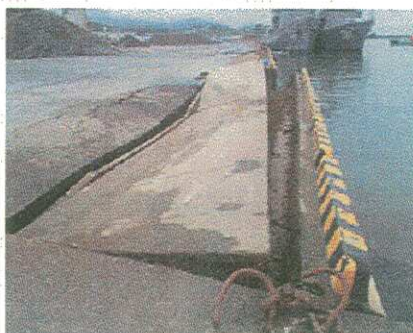


写真1-1-1 柏崎港被災状況



写真1-1-2 二級河川鯖石川被災状況



写真1-1-3 液状化による家屋被害

1. 2 調査の概要

本報告書のとりまとめに関連する被害調査について、調査対象、調査機関、調査主旨、調査地域等を整理すると、表1-2-1に示す通りである。各種施設ごとの詳細な調査時期、調査体制および調査方法等については、後述する章節を参照されたい。

表1-2-1 本報告書に関連する被害調査の概要

調査対象	調査および執筆機関	調査主旨	調査地域
2. 1 地形・地質	国土地理院	地形・地質の特徴 施設被害の面的な整理	—
2. 2 液状化被害の分布			
3. 1 下水道施設	国土技術政策総合研究所 (独) 土木研究所	液状化による管路施設 の被害	柏崎市、上越市、長岡市
3. 2 河川施設	国土技術政策総合研究所 (独) 土木研究所	液状化による河川堤防 の被害	柏崎市、長岡市
3. 3 道路施設	(独) 土木研究所	液状化による道路盛土 の被害	柏崎市、長岡市
3. 4 建築物・宅地	(独) 建築研究所	液状化による住宅・宅地 の被害	刈羽村、柏崎市
3. 5 港湾施設	(独) 港湾空港技術研究所	液状化による港湾施設 の被害	柏崎市

第2章 地形・地質及び液状化の分布

2.1 地形・地質の特徴

今回の地震による建物の被害の多い柏崎市周辺の地形と地質の状況は、以下の通りである。当地域は国土地理院の土地条件図が未整備のため、国土調査土地分類基本調査「柏崎・出雲崎」の地形分類図（新潟県, 1989）と、産業技術総合研究所（旧地質調査所）の5万分1地質図「柏崎」（小林ほか, 1995）を基に記述する。また、災害状況の把握のために災害後の空中写真による災害箇所抽出、地形判読、緊急現地調査等の結果も参考にしながら記述する。緊急現地調査は7月16日～19日に地理調査部並びに北陸地方測量部の職員4名が、7月25日～27日と8月11日に地理地殻活動研究センター職員3名が行った。

2.1.1 柏崎市周辺の地形地質の概要

柏崎市市街は、西側が米山山塊（地質は新第三紀鮮新世の主に火山岩や火山砕屑岩からなる米山層）、北東側が地すべりが多数存在する西山丘陵（地質は第四紀前期更新世の砂岩・泥岩などからなる西山層から魚沼層で、北北東から南南西に延びる褶曲構造で特徴付けられる）に挟まれた沖積低地に位置する。

柏崎周辺の低地は、別山川、鯖石川、鵜川などが流入する柏崎平野と、海岸部の荒浜砂丘から構成される。柏崎市街地の南側に最終間氷期（約13万年前）の段丘堆積物である安田層が、開析されて残丘状に残されている。現河川沿いに自然堤防が連続性悪く分布する。それ以外のは、谷底平野、三角州となっている。柏崎駅を中心とした市街地の南部は三角州が位置している。また、別山川に沿った荒浜砂丘の内陸側の部分は谷底平野や後背低地となっている。荒浜砂丘は、北は柏崎刈羽原子力発電所敷地から南は柏崎市街地まで連続し、北側では標高70～80mくらい、南側では標高20mにかけて分布する。柏崎市街地の北部はこの砂丘上に位置し、明治期の旧版地形図を見ると旧市街地はほとんど砂丘上に分布し、南側の三角州は水田や荒地となっている。今回柏崎市中心部で住宅の全壊が多く報告されているが、全壊家屋が集中している場所は砂丘の末端部や、砂丘間低地、旧河道上に位置している。

一方、鵜川の河口から西側には、海岸線に沿って標高50mほどの平坦面があり、平坦面上に国道や集落が存在している。この平坦面は安田層と呼ばれる中位段丘堆積物で構成されており、最終間氷期に形成された段丘面と考えられる。この地区では地震による斜面崩壊が多く発生しているが、斜面崩壊は海食崖の上部の段丘面の縁に近いところで発生しているものが多い。安田層下部の海食崖の地質は、新第三紀鮮新世の米山層で、下部が火山礫岩（主に円礫岩）、上部が泥岩である。



図 2 - 1 - 1 柏崎市周辺の地形・地質的特徴
(50mDEM に 5 万分 1 地質図を貼り付けたもの)

2 - 1 - 2 建物被害の顕著な箇所の地形・地質と地盤の変動状況

・柏崎市東本町地区 (図 2 - 1 - 2)

柏崎駅から JR 越後線東柏崎駅にかけての地域については、建物全壊被害は砂丘上の南端を東西に延びる通りに沿って集中している。ここは、砂丘と三角州の境界付近の砂丘の縁に位置している。このような場所では軟弱な沖積層の上に砂丘の砂が薄く乗っており、地震時に液状化や地盤の流動化が起りやすいことが知られている。

全壊の建物はかなり築年数の古い建物が多く、この地域は明治時代の旧版地形図でも柏崎の市街地として存在しており、ここで建物被害が集中していたのは地形的な要素だけではなく、この地域に古い建物が集中していたことが大きかったものと考えられる。

倒壊した建物の多くは、主に土塗り壁を有するような比較的古い構法による住宅、倉庫、納屋の類、及び店舗併用住宅であった。

なお、北側の砂丘と南側の低地との境界は南向きの斜面を形成しているが、徐々に高度が上がってだけでなく、東西に伸びる通りに近い側で急傾斜になっていて、東西方向の連続性がよい (図の A - A ' のライン)。しかし、建物被害はその急崖になっている部分に集中しているわけではなく、その急崖の上端の縁にあたる東西に延びる通りに沿って集中している。また、地盤の液状化、側方流動等による変状なども、必ずしもこの崖地形に沿って集中して認められるというわけではなかった。さらにこの砂丘は、北向きに傾き下って低地に連続するが、そのような砂丘上でも地盤の側方流動が生じていた (神社の境内内の狛犬の台座の傾きなど)。

・ 柏崎駅周辺の沖積低地（図2-1-2のB地点）

柏崎市街地の南側の低地部分では建物被害は相対的には低かったが、柏崎駅より西側では神社や酒造工場等で顕著な建物被害が認められた。直ぐ近くを鵜川の旧河道が存在しており、かなり低湿な堆積環境であったと推定される。コンクリート製の酒造工場を建てる際の調査では、支持層とはならない軟弱な泥層が24mの厚さで存在したとのことである。今回の地震で倒壊した建物は、大正から昭和初期（戦前）の木造蔵小屋であり、壊滅的な被害を受けていた。コンクリート製の建物は、5cm程度抜け上がっており、噴砂跡等も認められたが、建物自体には変状は無かった。

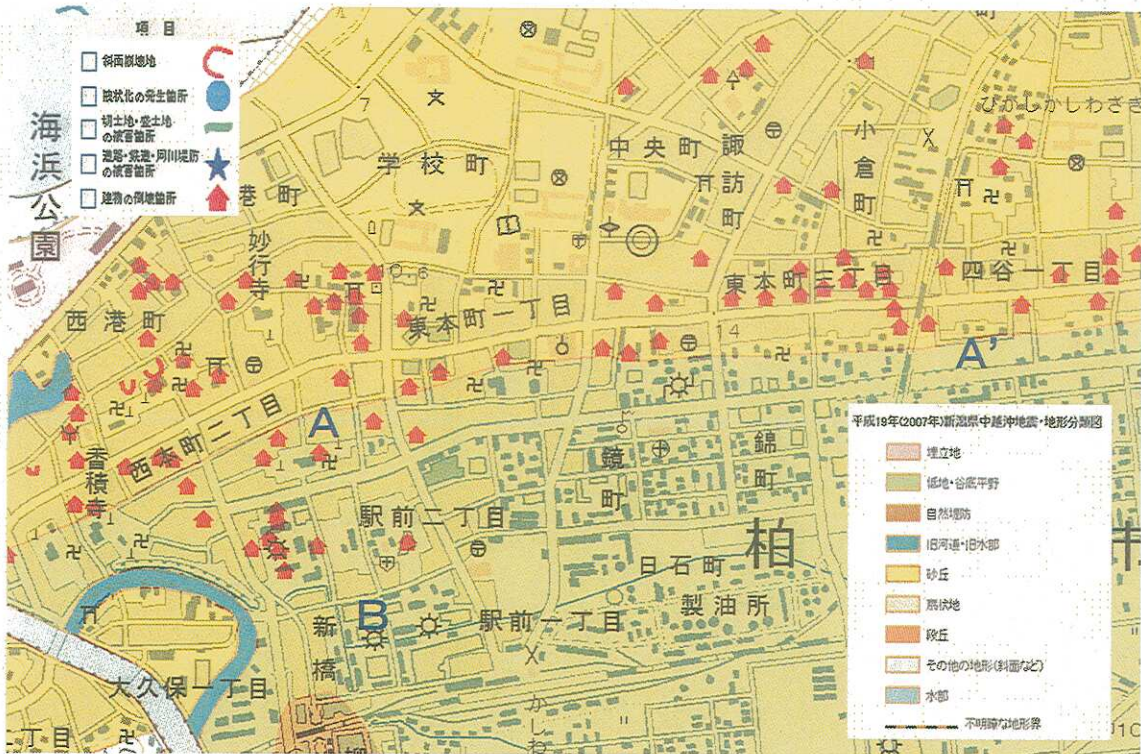


図2-1-2 柏崎市街地の建物被害と地形分類（電子国土災害状況図より抜粋）

・ 柏崎市山本周辺（図2-1-3）

柏崎市の鯖石川河川改修記念公園内（図のC地点）から山本集落（図のD地点）にかけて、砂丘の縁に沿って大規模な地盤変状が認められた。鯖石川の公園内では段差最大30cmの亀裂が見られ、液状化している部分もある（写真2-1-1）。その北東延長方向には、鯖石川の右岸に沿って落差2m以上の段差が連続しており、河岸方面に土塊が隆起している部分があることから、川側への地すべり状の移動があったものと思われる。山本集落の南方から砂丘内にその亀裂が連続している（写真2-1-2）。ただし砂丘内では、段差の落差は小さくなり、亀裂のみが連続する。なお山本集落の南方では、住宅の背後の砂丘の縁が東側に張り出して住宅を押しつぶしている箇所がある。ただし、鯖石川の右岸側から連続する亀裂とは必ずしも連続してはいない。



写真 2-1-1 鯖石川河川改修記念公園内の亀裂



写真 2-1-2 山本集落背後の砂丘から連続する亀裂

・ 柏崎市西山町から刈羽村にかけて (図 2-1-3)

国道 116 号の旧道沿いに集落が散在している。ここは別山川が形成する沖積低地であるが、西側が砂丘で閉鎖された後背低地的な地形を形成しており、これに砂丘からの堆積物が運ばれて形成された微高地に集落が形成されている。このような立地条件の集落では建物全壊が集中する地点があり、特に、西元寺、刈羽、割町新田、正明寺、長崎などの集落で建物被害が集中していた。特に長崎では建物全壊被害が顕著であった (図の E 地点)。周辺には現在も湿地地形が残されており、地盤の液状化によるマンホールの 50cm もの抜け上がり (写真 2-1-3) や、家屋の抜け上がりや傾きなども顕著に観察された。



写真 2-1-3 マンホールの抜け上がり

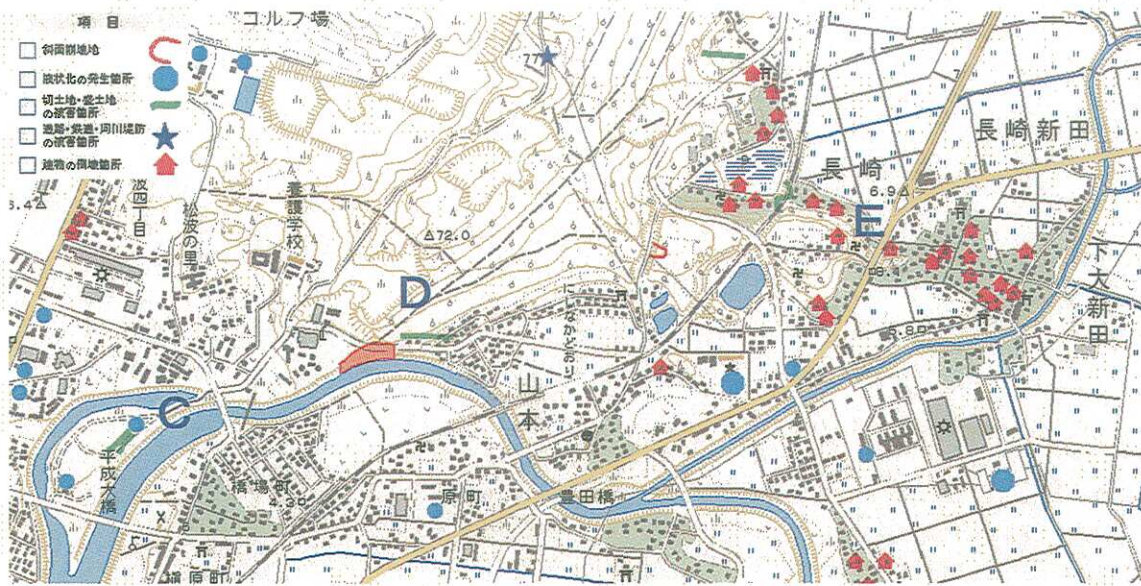




図 2-1-3 柏崎市山本から長崎周辺の被害状況（電子国土災害状況図より抜粋）

第2章 地形・地質および液状化被害の分布

2. 2 液状化被害の分布

次ページ以降の液状化被害の分布マップは電子国土 WEB システムから切り出したものであり、閲覧方法は以下の通り。

凡例	
	本報告書内で位置が示された液状化被害の発生箇所
	平成19年7月19日に国土地理院が撮影した空中写真から読み取られた液状化被害の発生箇所。

液状化被害の分布図は『平成19年（2007年）新潟県中越沖地震災害状況図』

<http://www1.gsi.go.jp/geowww/H19-niigata/index.html>

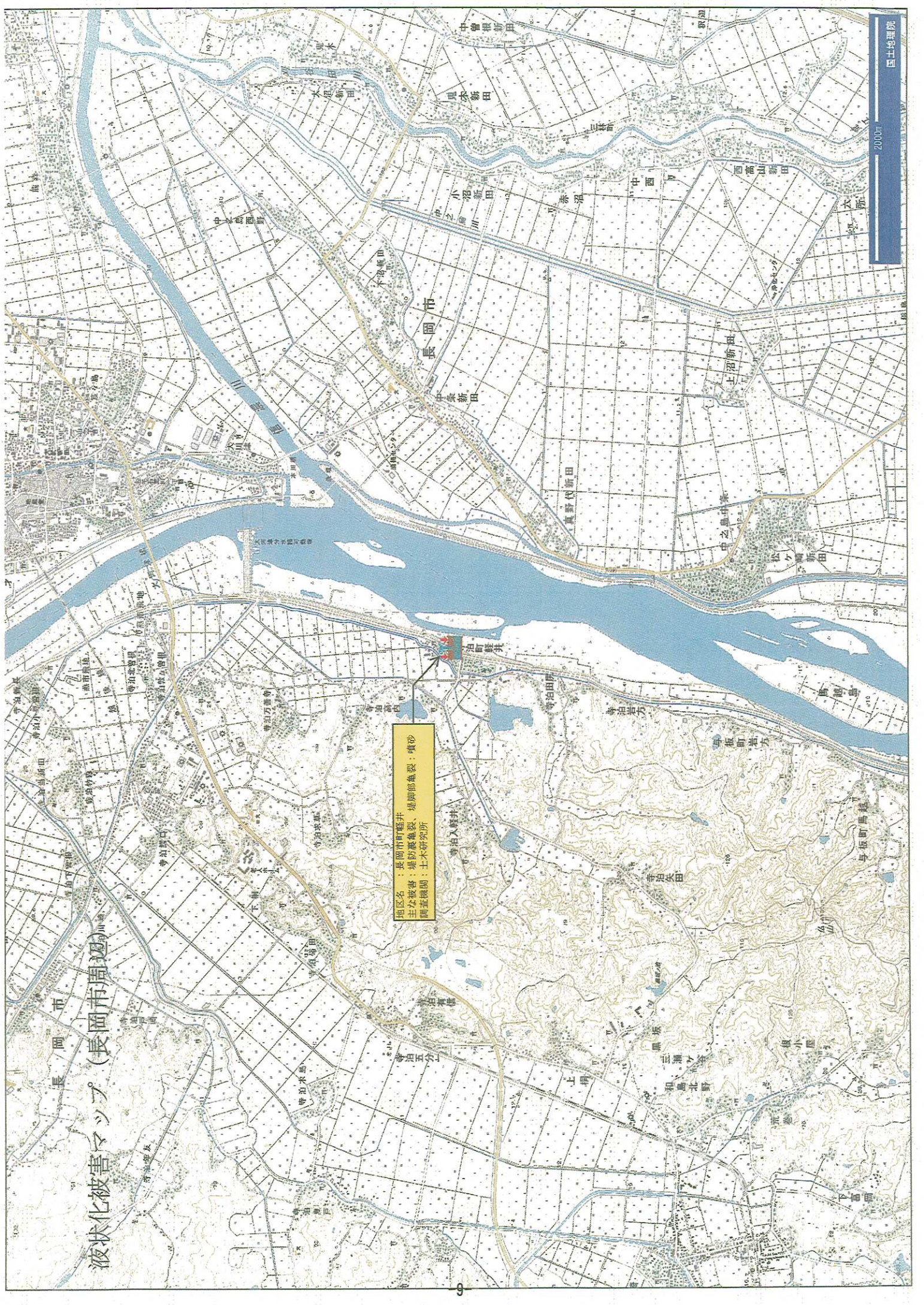
の電子国土 Web システム上に公開中です。

震源の位置や液状化以外の被災位置、柏崎市街地の地形分類図などと併せて表示することが可能です。画面右側に表示される「災害情報一覧」から表示させたい項目をチェックして下さい。

縮尺や表示位置も変更可能です。周辺機器環境によりませんが、印刷も可能です。

また、アイコン上をクリックすることで現地写真や詳細情報が表示されます。

液状化被害マップ (長岡市周辺)



地区名：長岡市西橋井
主な被害：堤防崩壊、堤脚部亀裂、噴砂
調査機関：土木研究所

長岡市

液状化被害マップ (刈羽村周辺)

地区名：刈羽村刈羽
 主な被害：斜面崩壊
 調査機関：建築研究所

地区名：柏崎市山本
 主な被害：斜面崩壊
 調査機関：建築研究所

地区名：柏崎市樋島町
 主な被害：河川堤防周辺沈下、護岸
 損壊、噴砂、住宅不同沈下
 調査機関：土木研究所、建築研究所

地区名：柏崎市松波
 主な被害：住宅不同沈下、地割れ
 調査機関：建築研究所



液状化被害マップ（柏崎市周辺）



地区名：柏崎市山本
 主な被害：斜面崩壊
 調査機関：建築研究所

地区名：柏崎市橋端町
 主な被害：河川堤防周辺沈下、護岸崩壊、噴砂、住宅不同沈下
 調査機関：土木研究所、建築研究所

地区名：柏崎市松波
 主な被害：住宅不同沈下、地割れ
 調査機関：建築研究所

地区名：柏崎港中浜埠頭
 主な被害：法線移動、エプロン沈下、噴砂
 調査機関：港湾空港技術研究所

地区名：柏崎港東埠頭
 主な被害：法線移動、エプロン沈下、噴砂
 調査機関：港湾空港技術研究所

地区名：柏崎港西埠頭
 主な被害：法線移動、エプロン沈下、噴砂
 調査機関：港湾空港技術研究所

地区名：柏崎港歸波
 主な被害：道路盛土崩沈下、噴砂
 調査機関：土木研究所

第3章 液状化被害の概要

3.1 下水道施設の被害

3.1.1 調査概要

7月16日午前10時13分頃の地震発生を受けて、国土交通省下水道部並びに国土技術政策総合研究所は直ちに情報収集にあたり、翌日早朝、国土技術政策総合研究所調査担当官3名を現地向けて派遣した。現地では新潟県の協力を得て、7月17日から19日にかけて、主に下水道施設の被害状況の把握を目的とし、被害の多い柏崎市を中心に、上越市、出雲崎町、長岡市において、自治体から被害状況のヒアリングや現地の管路施設の被害状況を把握した。

また、7月31日から8月2日にかけて、平成16年10月に発生した新潟県中越地震にて被災・復旧した管路施設の状況を把握することを目的に、国土技術政策総合研究所の調査職員2名が現地調査を実施した。調査は、新潟県長岡市（大積・宮内地区、三島地区、和島地区、市内）、小千谷市及び出雲崎町の2市1町において、自治体へのヒアリング及び現地確認（路面の異常有無、マンホール内目視）を実施した。

さらに、土木研究所は、8月2日及び9月6日から7日に、柏崎市、長岡市、出雲崎町において下水道施設の被害状況の把握及び平成16年新潟県中越地震で被災した箇所状況を把握することを目的に自主調査を行った。

3.1.2 被害概要

下水道施設の被害は、新潟県5市1町及び長野県1市の公共下水道と、新潟県の流域下水道で発生した。図3-1-1に下水道施設が被災した市町を示す。

被災した施設の内訳としては、管路施設が5市1町（新潟県長岡市、柏崎市、上越市、小千谷市、出雲崎町、長野県飯山市）で総被災延長約50km、ポンプ施設・処理施設が柏崎市の2ポンプ場、1処理場となっている。（表3-1-1参照、災害査定結果）

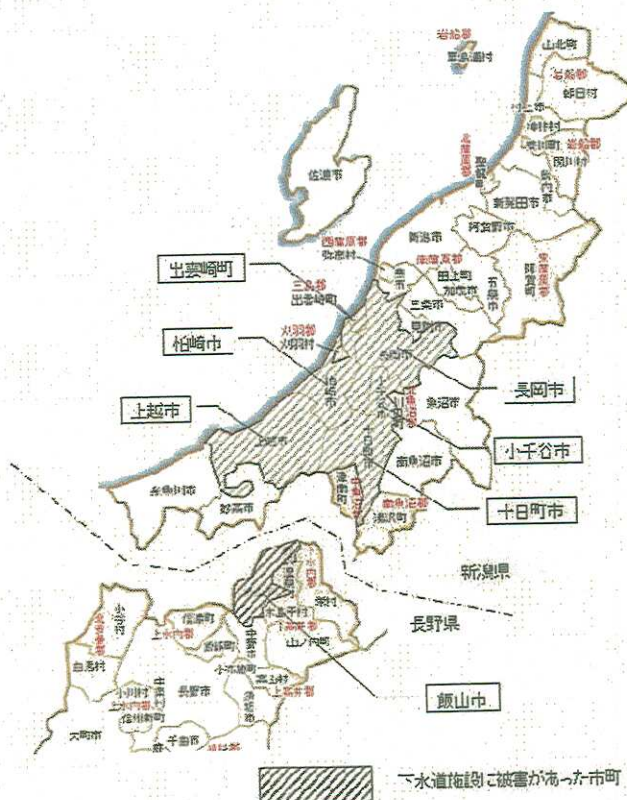


図3-1-1 下水道施設が被災した市町

表 3-1-1 下水道施設の被害状況一覧

県名	管理者名	施設名	被害状況等
新潟県	柏崎市	自然環境浄化センター	・監視汚泥棟等基礎杭24本破損 ・消化ガスホルダー内部破損 ・場内道路等の隆起・陥没
		八坂中継ポンプ場	・場内陥没 ・圧送管 4.4m
		柳橋中継ポンプ場	・場内陥没
		公共下水道管きよ	・被災延長約 36.2km ・被災マンホール 1,287 基
	上越市	公共下水道管きよ	・被災延長約 0.8km ・被災マンホール 17 基
	長岡市	公共下水道管きよ	・被災延長約 5.6km ・被災マンホール 29 基
	小千谷市	公共下水道管きよ	・被災延長約 3.7km
	出雲崎町	公共下水道管きよ	・被災延長約 2.4km
長野県	飯山市	公共下水道管きよ	・マンホールポンプ用引込電柱折れ(1箇所)

※災害査定結果ベース

施設の被災原因としては、一般に、液状化現象、地盤の移動、揺れ・振動等による構造物の移動にともなう施設損傷や機能障害、2次的災害（停電に伴うポンプ不稼働など）によるものが挙げられる。

下水道管路施設について、今回の現地調査において確認できた主な被災形態は、マンホール部周辺の地盤沈下、マンホールの隆起（最大20cm程度）、管渠埋め戻し部の地盤沈下、管渠における汚水の滞留であった（写真3-1-1）。

これらの被災原因としては、管渠埋戻し部の液状化が考えられるが、埋め戻し土の土質や当時の施工状況、地下水位、周辺地盤の土質や液状化の発生の有無、周辺の道路構造物等の影響等について今後詳細な調査が必要である。



写真3-1-1 下水道管路施設の被災状況

3. 1. 3 今後の予定

ここ数年で震度6以上の地震が立て続けに発生しており、平成19年の能登半島地震や新潟県中越沖地震でも下水道施設の被害が生じている。そのうち、新潟県中越沖地震では3年前の新潟県中越地震で被災し、復旧した地域において、再度、大規模地震が発生したところである。

このため、平成19年10月に下水道地震対策技術検討委員会を設置し、能登半島地震と新潟県中越沖地震の下水道施設の被災状況を総括し、耐震対策の検証を行うとともに、被災時において、住民の日常生活や安全の確保のために下水道がとるべき対策についての検討を行っている。

3. 2 河川施設の被害

3. 2. 1 調査概要

今回の地震では、堤防天端や法面の亀裂、堤防の沈下等の被害が生じた。これらのうち、いくつかの被災地点では噴砂痕が確認され、液状化に起因する被害であると見られるものがあつた。

国土交通省河川局治水課・国土技術政策総合研究所・土木研究所は、7月18日～7月19日に信濃川および鯖石川の現地調査を行った。調査箇所を図3-2-1に示す。本報では、基礎地盤の液状化による被害個所であると考えられる代表的な事例として、長岡市町軽井地先（信濃川本川0～1kp付近左岸）、柏崎市橋場町地先（鯖石川2kp周辺左岸）、燕市道金地先（信濃川43.5kp付近左岸）について述べる。



図3-2-1 河川堤防調査箇所位置図

3. 2. 2 被害概要

(1) 長岡市町軽井地先（信濃川本川 0kp 左岸）

堤防の裏小段および川表側の坂路・法尻に縦断亀裂が生じた。被害の状況を図3-2-2および写真3-2-1に示す。特に、裏小段の亀裂は深く、現場計測で7m程度と推定されている。裏小段と川表側の法尻には液状化痕が確認された。また、現地調査の後に行われた測量の結果、堤防に最大70cm程度の沈下が生じていたことが確認された。なお、本地点の堤防には、1964年新潟地震においても縦断亀裂などの被害が生じていた¹⁾。

本地点の地盤調査結果によれば、液状化が生じると考えられる砂層が、特に川表側に厚く堆積している。そのため、堤防が川表側に水平移動し、裏小段に深い縦断亀裂が生じたものと考えられる。

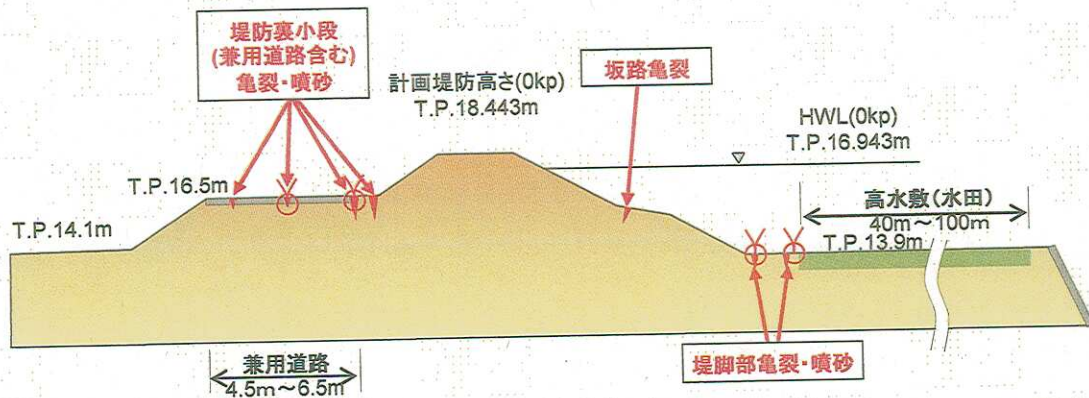


図3-2-2 信濃川本川 0kp 付近左岸の堤防被害状況



写真3-2-1 裏小段に生じた縦断亀裂および噴砂

(2) 柏崎市橋場町地先（鯖石川 2kp 付近左岸）

鯖石川は新潟県が管理する二級河川であり、本地点は河口から約 2km 地点に位置する。延長 80m にわたり、横断亀裂を伴う堤防天端の沈下が生じた（写真 3-2-2）。沈下量は最大 1.2m である。川裏側の法尻付近に噴砂痕が確認されたことから、基礎地盤の液状化に起因する被害であると考えられる。

図 3-2-3 に本地点と旧河道の位置関係を示す。旧河道の位置は、昭和 22 年に撮影された航空写真²⁾から判読したものである。本地点の周辺では、昭和 20～30 年代にかけて河川改修工事が行われている。特に、被災地点は同工事時の旧川締切部に位置し、旧河床の緩い砂層の上に築堤された個所である。このため、旧河床の緩い砂層が液状化し、堤防に横断亀裂を伴う沈下が生じたものと考えられる。なお、上記の法尻付近に加え、堤内側の畑・住宅地にも噴砂痕が確認されたが、これらはいずれも旧河道近傍に位置している。

また、本地点の周辺では、樋管周辺の地盤沈下や低水護岸の損傷等が散見された。

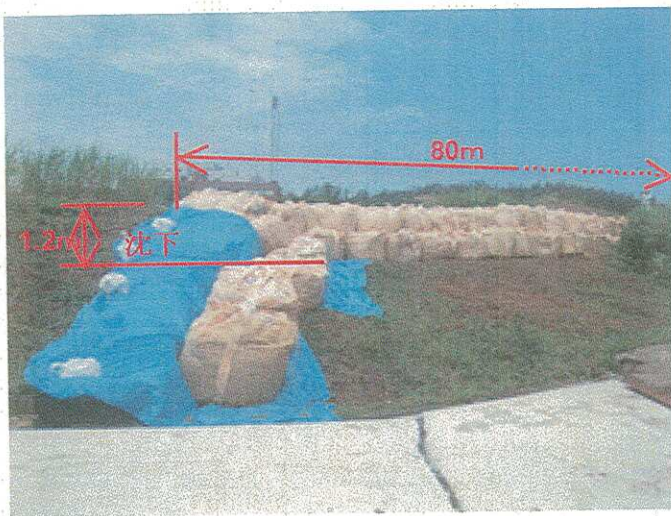


写真 3-2-2 鯖石川 2kp 周辺左岸の堤防被害状況（川裏側から川表側を望む）



図3-2-3 被災地点と旧河道の位置関係

3.2.3 被害のまとめ

現地調査の結果によれば、液状化による河川施設の被害は主に河川堤防で生じたが、被災箇所や被災程度は限定的であった。また、河川堤防の液状化による被災メカニズムは従来の地震と同様の傾向である。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所：新潟地震調査報告，土木研究所報告，第125号，1965.6
- 2) 国土交通省国土計画局：航空写真画像情報所在検索・案内システム，<http://airphoto.gis.go.jp/aplis/Agreement.jsp>

3. 3 道路施設の被害

3. 3. 1 調査概要

土木研究所は、北陸地方整備局の要請により7月17日に国道8号長岡市大積地区、国道352号柏崎市椎谷～大崎地区の現地調査を行った。また、7月19日～20日に、直轄国道の道路盛土の被災状況を把握するため国道8号（長岡市～柏崎市）及び国道116号（燕市～柏崎市）の盛土区間について自主調査を実施した。現地調査結果によれば、道路土工や斜面の被害のうち、基礎地盤の液状化が原因と考えられる被害は柏崎市鯨波地先（国道8号 36.9kp（図3-3-1参照））において生じた。被害状況は以下に示す通りである。



図3-3-1 道路盛土調査箇所位置図（×印の箇所）

3. 3. 2 被害概要

国道8号36.9kp 柏崎市鯨波地先(台帳206)の被災盛土の平面図を図3-3-2に示す。当該盛土は、盛土延長120m程度、盛土高10m程度の片盛土であり、上越市方面の下り側へ傾斜した地盤上に位置している。ここでは、のり面の崩落により、右折レーンを含む3車線のうち1車線が延長60m程度にわたり1m程度沈下した(写真3-3-1)。崩壊箇所の盛土のり尻付近からは湧水が見られ、盛土のり先には基礎地盤の液状化によるものと考えられる噴砂跡を確認した。地震後より片側交互通行の措置がとられたが、下り車線を右折レーンにシフトすることにより7月17日には規制解除された。

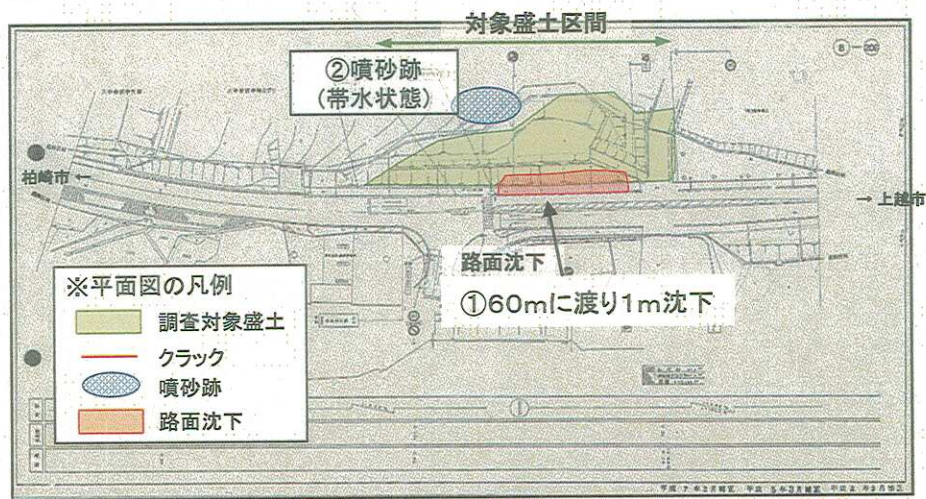


図3-3-2 被災盛土の平面図(国道8号36.9kp 柏崎市鯨波地先)

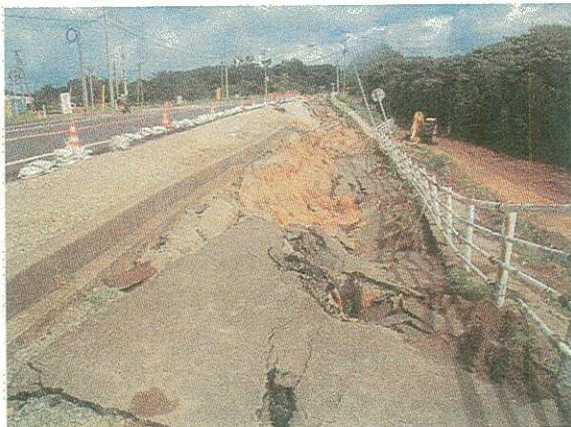


写真3-3-1 被害状況(左)及び現場全景(右)(国道8号36.9kp 柏崎市鯨波地先)

① 松波・橋場地区

松波・橋場地区では、地形の境界部や旧河道を埋めたと考えられる地域で液状化被害が多発した。松波2丁目では、被覆砂丘と三角州との地形境界と考えられる部分で大きな段差が生じ、この段差付近の建物に被害が集中した。著しい不同沈下は、木造住宅だけでなく、鉄骨造の事務所等でも認められた。聞き取り調査や旧地形図から判断すると、松波地区は、35～40年前に開発された宅地であり、著しい液状化の発生地点周辺が全体的に沈下したと考えられている。なお、2004年中越地震では、松波地区の被害は認められなかったが、今回は地震動が前回よりも過大であったためこの地区で大きな被害が発生したと考えられる。なお、被災地周辺の地下水位は、概ねGL-2m前後と考えられる。鯖石川を越えた橋場地区でも液状化被害が多発した。橋場地区では、2004年中越地震でも液状化被害が発生している。ただし、今回の被災地は、前回の地震で甚大な住宅被害が生じた地点ではなく、やや離れた地点で被害が認められた。液状化被害が発生したのは主に旧河道であり、旧河道内に埋められた砂質土などが液状化したと考えられる。なお、橋場地区では、2004年中越地震以降に建設された一体の鉄筋コンクリート造基礎を有する新築住宅が10棟前後存在していたが、聞き取り調査によると地盤改良を採用した住宅が多く、外周基礎の立ち上がり部分に著しいひび割れ等の構造的な損傷が生じた例はほとんど認められなかった。



写真3-4-1

地盤変動による被害が甚大であった地点の状況



写真3-4-2

鯖石川改修記念公園内の地割状況

② 刈羽地区

刈羽村では、液状化やそれに起因する裏山の崩壊等により、多くの家屋に被害が発生した。液状化に伴って著しい不同沈下が生じた木造のほか、砂丘からなる裏山の崩壊によって住宅の外壁に土砂が1～2mの高さにわたって積み上がり、窓等を突き破ったケースも認められた。新築の平屋木造が地盤変動により上向きに突き上げられ、大きく傾いた例もあった。また、小径の鋼管杭を使用した住宅が、液状化による地盤沈下によって、杭頭部が相対的に浮きあがった例も認められた。なお、この地域には、2004年中越地震による液状化被害を教訓として地下水位低下工法を採用した例が認められたが、被害は軽微にとどまっていた。この地域の地下水位は、概ねGL-0.5～1.0mと考えられる。



写真 3-4-3

砂丘斜面崩壊による住宅の外壁等の崩壊例



写真 3-4-4

液状化に伴う住宅背面側のがけの地盤変動により
下方から突き上げられた住宅

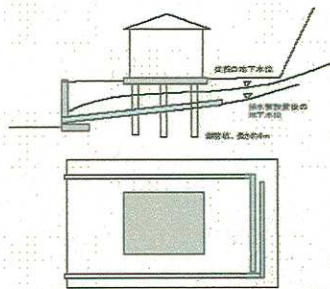


図 3-4-2 排水管（ドレン）を建物下に配して地下水位を低減した工法

③ 山本団地

山本団地では、液状化やそれに起因する地盤変動等により、住宅や宅地・擁壁に数多くの被害が発生した。聞き取り調査の結果から判断すると、この団地は約 34 年前に造成(山側の砂丘を崩した切盛造成)されたと考えられる。液状化により、玄関脇で高さ 1m 程度、地下水位が吹き出し、地盤の沈下等が生じた地域もあった。表層地質図から判断すると、被害の多い範囲は、上部の崖上が砂丘、崖下が低地に位置する地形等の境界付近に位置する。なお、上段擁壁のさらに上部の砂丘斜面の頂部付近では、地表面で湧水が認められたことから、砂丘全体に地下水位が高い可能性が考えられる。

住宅・宅地の被害は、1)最上部の砂丘の裏山の崩壊、2)最上段の擁壁の滑り出しによる側溝のつぶれ、3)中段の住宅地における地盤の陥没・水平変位等による基礎の破断や住宅傾斜、4)下段側の擁壁の転倒とそれに伴う擁壁前面側の住宅外壁の被害、に大別できる。地盤の陥没や水平変位が著しい範囲でも、一体の鉄筋コンクリート造の基礎を有する新しい住宅では概ね剛体的な傾斜に留まっていたが、無筋・ブロック・独立基礎と考えられる古い基礎では基礎が大きく破断して上部構造の崩壊に繋がっていた。

上段擁壁は、高さ 2~2.5m 程度の間知ブロック（谷積み）である。下段側の宅地擁壁は高さ 2m 前後である。上段の間知ブロックの壁体自体の損傷は軽微であるが、最大 30cm 程度の滑り出しが認められ、擁壁下端周辺の側溝が 10m 以上の長い区間にわたって潰されていた。住宅下段側の擁壁は、壁高 50cm 程度のコンクリート擁壁の上にブロック等を鉛直に積み上げた増積みが大半

であった。聞き取り調査によると、造成段階では高さ 50cm 程度のコンクリート擁壁の背面にのり面（高さ 1m 程度）があったが、住宅建設以降に 1m 程度増し積まれ、これらの増積み擁壁に転倒等が数多く認められた。なお、地下水位は、地盤調査の結果等から判断すると、下段擁壁の前面側では概ね地表面近くにあると考えられる。



写真 3-4-5 裏山の崩壊による崖下住宅への危害

④ その他の地区：

山本地区の日吉小学校から西側に向かう道路沿いの地域では、住宅 10 棟前後が液状化によって大きく落ち込み、著しい被害が生じていた。道路から西側は旧河道、東側は河川堤防と考えられ、道路の近傍の西側低地で段差等が生じ、大きな被害に繋がったと考えられる。

また、柏崎駅周辺の緩斜面にある西本町（海側（砂丘）がやや高く、山側（沖積低地）が低い）では、液状化などに起因する地盤の水平変位や沈下（それぞれ最大 50cm 程度）によって古い木造基礎（ブロック基礎等）の破壊等が認められた。この地域の周辺には、規模の大きい RC 造建物があったが、建物の相対的な浮き上がりが最大 50cm 程度生じており、地盤沈下による支持杭建物の液状化被害と考えられる。

3. 4. 3 今後の予定

建築物・宅地の被害の原因などを考えるうえでは、造成履歴や擁壁の構造などに加えて、詳細な地盤情報や被災住宅の基礎仕様など把握にすることが重要である。今後、これまで入手した資料などをもとに、被害の状況と地盤条件、基礎等の関係について分析を進める予定である。

（詳細については、「新潟県中越沖地震による建築基礎・地盤の被害調査」として、独立行政法人建築研究所のホームページ（<http://www.kenken.go.jp>）に公開中。）

謝辞

都市計画課による現地調査に際しては、新潟県土木部都市局都市政策課の山岸守課長の協力を得た。建築研究所及び国総研建築研究部の一次調査に際しては、建築研究所国際地震工学センター所属の JICA 研修生（YU Shizhou、ADHIKARI Kosh Nath）及び研修指導者林宏一氏（応用地質）ならびに敷地地盤分科会・同 WG 関係者（建築研究所：普及型耐震改修技術の開発（H18・H20）米田誠氏、菊地康明氏、山本明弘氏）、長岡技術科学大学大塚研究室の協力を得た。建築研究所の 2 次調査に際しては、長岡技術科学大学大塚研究室、群馬大学若井研究室の協力を得た。

3.5 港湾施設の被害

3.5.1 調査概要

平成19年7月17日、独立行政法人港湾空港技術研究所構造振動研究室の菅野室長、新潟港湾空港技術調査事務所の吉永所長が中心となり、柏崎港において、液状化が原因であると思われる港湾施設の被災状況について調査を行った。

また、翌18日、新潟県の要請を受け、北陸地方整備局は、柏崎港の施設等の被災状況を把握するため、監督測量船2隻を派遣し、海上及び陸上から調査を実施した。

3.5.2 被害概要

(1) 各施設の被害概要

①西ふ頭物揚場 (-3.0m) (写真3-5-1)

物揚場前面から内側へ1m付近の箇所で、約15m²にわたって噴砂の痕跡があり、約8cmのエプロンの沈下が確認された。



写真3-5-1 西ふ頭物揚場 (-3.0m)

②西ふ頭岸壁 (-5.0m)

岸壁から内側へ1～2m付近の3カ所において計1m²のエリアにわたって噴砂の痕跡があり、9cmの法線移動及び20cmのエプロンの沈下が確認された。

③東ふ頭護岸 (写真3-5-2)

護岸から内側へ5m付近の箇所で、約8m²のエリアにわたって噴砂の痕跡があり、53cmの法線移動、25cmのエプロン沈下が確認された。



写真3-5-2 東ふ頭護岸

④東ふ頭 岸壁 (-7.5m)

岸壁から内側へ1m付近の箇所で、約3m²のエリアにわたって噴砂の痕跡があり、23cmの法線移動及び43cmのエプロンの沈下が確認された。

⑤東ふ頭 物揚場 (-2.0m)

物揚場から内側へ5m付近の箇所で、約1m²にわたって噴砂の痕跡があり、40cmの法線の移動、及び40cmのエプロン

の沈下が確認された。

⑥中浜ふ頭2号岸壁 (-10.0m)、3号岸壁 (-11.0m) (写真3-5-3, 図3-5-1)

岸壁から内側へ1m付近の箇所で、約15m²にわたって痕跡があり、15cmの法線移動及び25cmのエプロンの沈下を確認。供用には支障なし。3号岸壁の埋土は、ロッドコンパクション工法(置換率10%)で改良されていることと、この地区のサイト増幅特性が小さいこともあり、被害は比較的軽微であった。

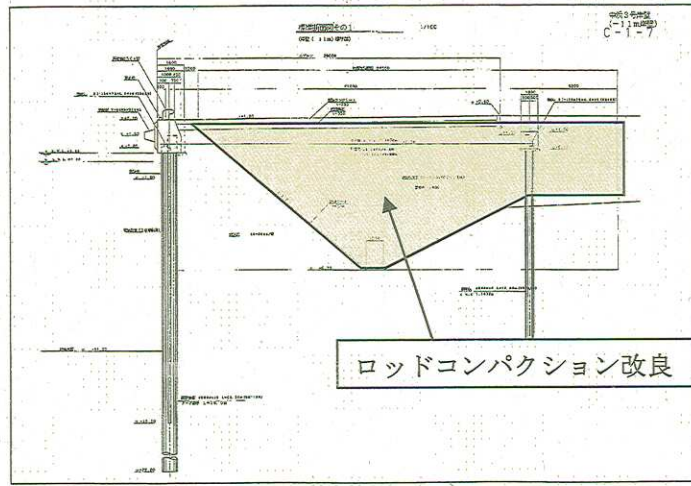


写真3-5-3 中浜ふ頭

図3-5-1 中浜ふ頭3号岸壁 標準断面図

⑦中浜ふ頭 臨港道路

道路上、約6m²にわたって噴砂の痕跡が確認された。

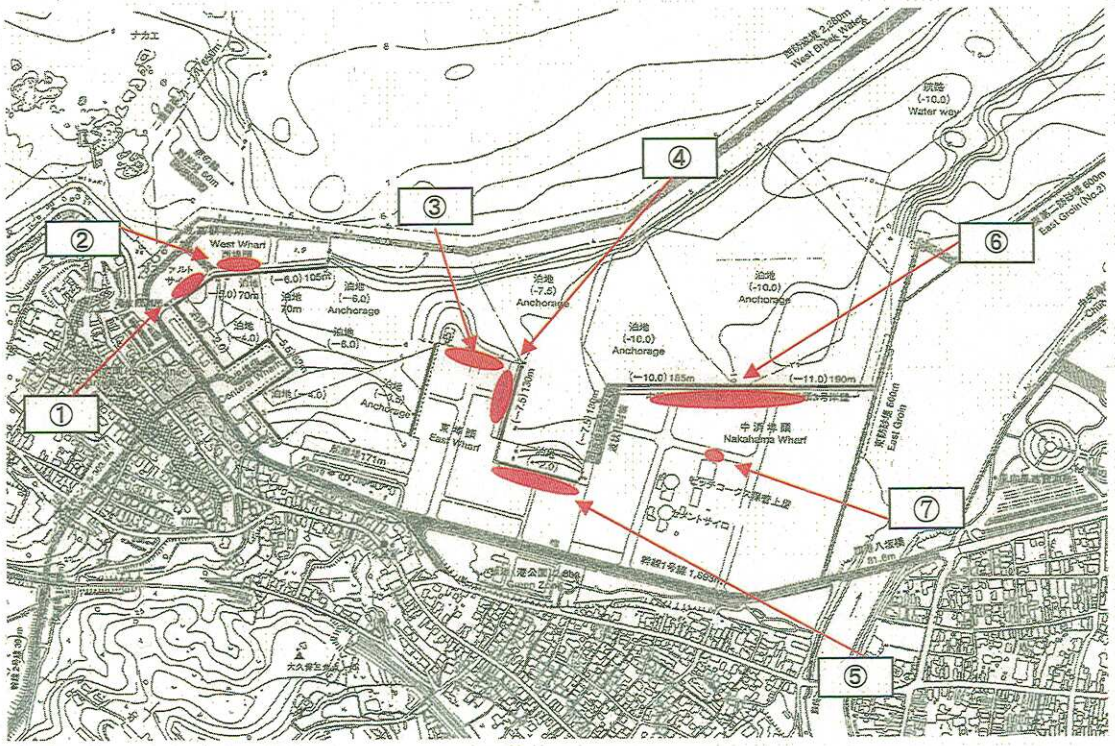


図3-5-2 柏崎港における噴砂確認箇所

(2) 被災のメカニズム

現時点での被災メカニズムに関する見解は以下のとおり。

震度6強の気象庁計測震度、K-NET（柏崎市役所）において6.67Galの最大加速度が記録されており、液状化の発生も確認された。大きな加速度を受け、液状化による泥水圧が岸壁に作用し海側へせり出し、エプロン部の沈下が発生したものと推察される。当該港湾の設計震度は0.1であり、設計震度を遙かに越えた地震力が作用したものと考えられる。

3.5.3 今後の予定

今後は、港湾施設の被災原因を明確にすることが重要である。このため、作用外力（地震力・地震時土圧・液状化時の泥水圧・岸壁前面の動水圧等）と、それに対する構造物や地盤の抵抗力を的確に把握する必要がある。具体的には、本震時に作用した地震動の推定のため、柏崎港でポータブル地震計による余震観測を実施し、平成19年9月3日に終了した。この結果、柏崎港西ふ頭におけるサイト増幅特性は、低周波側を中心としてK-NET（柏崎市役所）よりもはるかに小さいことが判明した。今後は、各施設の設計断面や地震直前の地盤特性などを評価する。これらにより、一層明確な被災メカニズムを解明することができると考えられる。

4 新潟県中越沖地震での教訓と今後の対策

4.1 新潟県中越沖地震での教訓

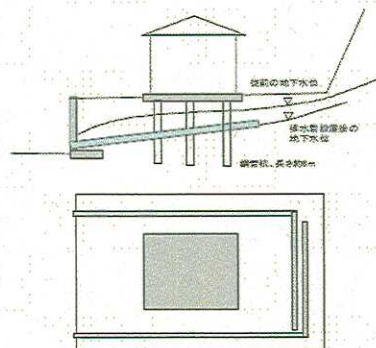
本地震では、軟弱な沖積砂質地盤で地下水位が比較的高い地域で液状化が発生しており、特に、砂丘と三角州の境界付近、旧河道跡、砂丘斜面（液状化に伴う地盤変動）において液状化の程度は顕著であった。また、震源に近く強い地震動が作用した地域ほど液状化被害が多く発生しており、これらの特徴は既往地震による液状化の発生傾向に合致している。

本地震による被害については、液状化対策を施した建築物や構造物ではほとんど液状化被害が認められず、対策効果が検証された。これらの具体例として、家屋において中越地震後、杭基礎等による基礎の補強や地下水排除工法による対策（図4-1-1）を実施していたため被害が軽減された。河川堤防では中越地震により被災し、深い液状化層の地盤改良による地盤補強（図4-1-2）にて復旧した箇所では被害が発生しなかった。港湾施設では砂地盤を振動棒による鉛直方向の締め固めを行い前もって地盤密度を高める工法（ロッドコンパクション工法）の採用（図4-1-3）などにより液状化被害の軽減が報告された。

①鋼管杭基礎及び背後の砂丘からの湧水を暗渠で排水（被害無し）



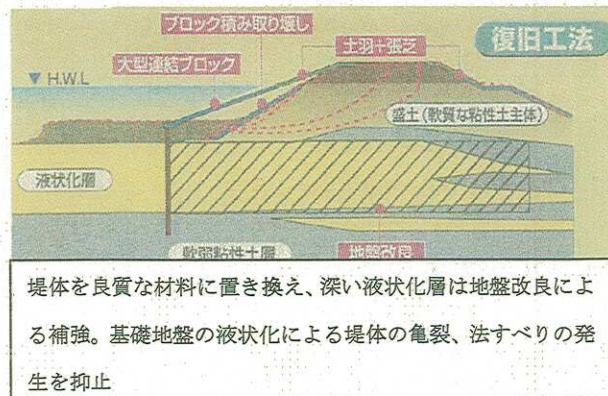
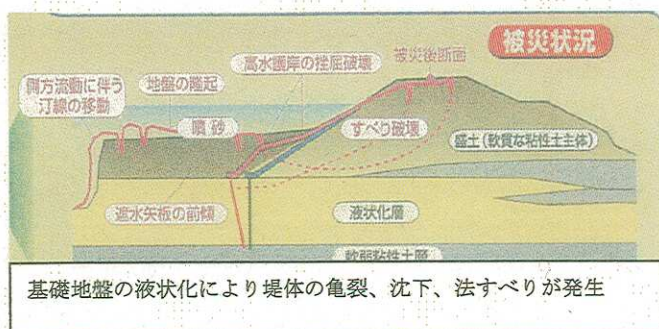
②ベタ基礎の下に長さ6m、外径10cmの鋼管を10本余り打設して建設。今回の地震で約5cm不同沈下し、上屋が15cm東方に移動（無対策の家より被害軽減）



(独) 防災科学技術研究所提供

地下水排除工による対策

図4-1-1 家屋における液状化対策の効果



平成16年中越地震により被災

図4-1-2 河川堤防における液状化対策の効果

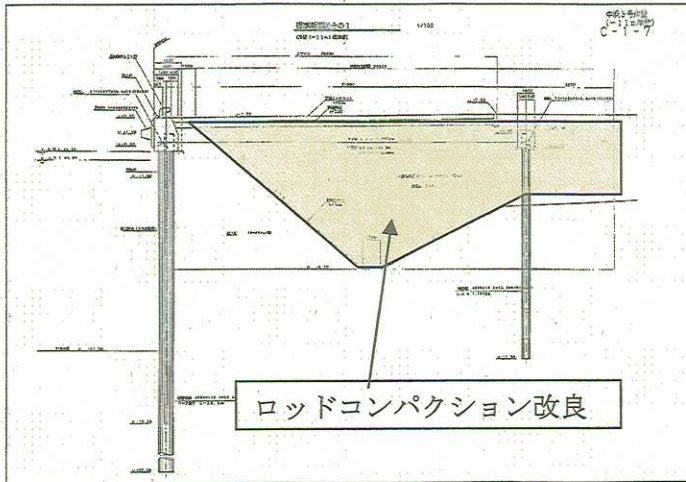


図4-1-3 港湾施設における液状化対策（柏崎港中浜ふ頭3号岸壁）

また、下水道施設では、平成16年の新潟県中越地震による被災を教訓に「下水道施設の耐震対策指針と解説」によりマニュアルを改正しており、改正後のマニュアルにより地盤改良を実施した施設の被害はほとんど見られなかった。（図4-1-4）

方法	① 埋戻し土の締固め	② 砕石等による埋戻し	③ 埋戻し土の固化
概要	良質土で締固め（締固め度90%程度以上）ながら埋戻す 	透水性の高い材料（砕石等）で地下水位より上方まで埋戻す 	地下水位以深を固化改良土等で埋戻す
材料	<ul style="list-style-type: none"> ・良質な砂 ・埋戻しに適した現地発生土 	<ul style="list-style-type: none"> ・透水性の高い材料 ・例えば、D_{10}が1mm以上の砕石 ・例えば、排水効果の確認された材料 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地発生土 ・購入土
施工	<ul style="list-style-type: none"> ・矢板の引抜きによる緩みを考慮して、締固め度で90%程度以上 ・道路管理者の基準にも従う 	<ul style="list-style-type: none"> ・管周りは砂質土でもよい ・締固め度90%以上 ・道路管理者の基準にも従う 	<ul style="list-style-type: none"> ・液状化被害防止・再掘削を考慮した強度 ・例えば、現場での一軸強度が、50~100KPa ・道路管理者の基準にも従う

図4-1-4 下水道施設の耐震対策指針と解説

4. 2 今後の対策

これらの教訓をもとに地形的に液状化対策が必要と考えられる箇所における予防対策工の推進が必要である。

しかしながら、地震時の液状化メカニズムについては未解明な点も多く、液状化被害を軽減するためには、地震被害に基づく知見の蓄積、実験・解析等に基づく調査研究の推進が不可欠であり、これら調査研究の成果は、速やかに設計基準類に反映していくことが重要である。また、液状化対策工については実地震において効果の検証がなされつつあるが、一般的にコストが大きいこと、用地の制約や周辺環境への影響から施工が困難な場合も多いこと等の課題があり、引き続き合理的な液状化対策工に関する調査研究が重要である。

国土交通省では、これらの課題を克服するために国土交通省および関係機関と協力しながら調査・研究を推進していきます。

<巻末資料> 新潟県中越沖地震における液状化に関する被害状況とりまとめ関係機関

国土交通省 大臣官房技術調査課
都市・地域整備局都市計画課開発調査室
まちづくり推進課都市防災対策室
下水道部下水道事業課
河川局治水課
防災課
道路局国道・防災課
住宅局建築指導課建築物防災対策室
港湾局海岸・防災課災害対策室

国土技術政策総合研究所企画部企画課
国土地理院企画部
地理調査部防災地理課
地理空間情報部情報普及課
地理地殻活動研究センター

独立行政法人 土木研究所耐震研究グループ
独立行政法人 建築研究所企画部
国際地震工学センター
独立行政法人 港湾空港技術研究所地盤構造部構造振動研究室

とりまとめ事務局

国土交通省河川局防災課