

# 東北地方太平洋沖地震の被害 － 河川堤防被害 － (東北地方)

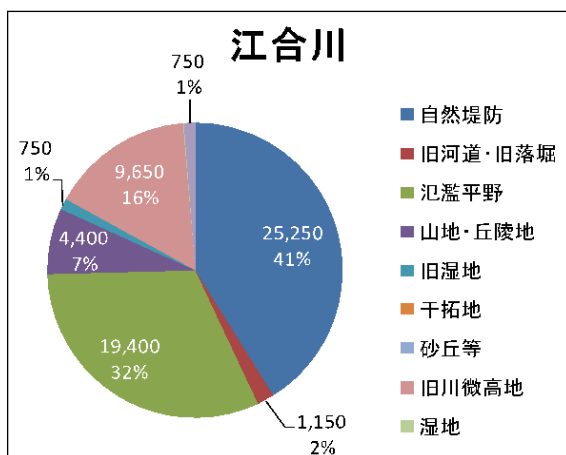
## 河川堤防被害の要因 および 山形県における想定被災要因

山形県地質土壌調査業協会  
技術委員会

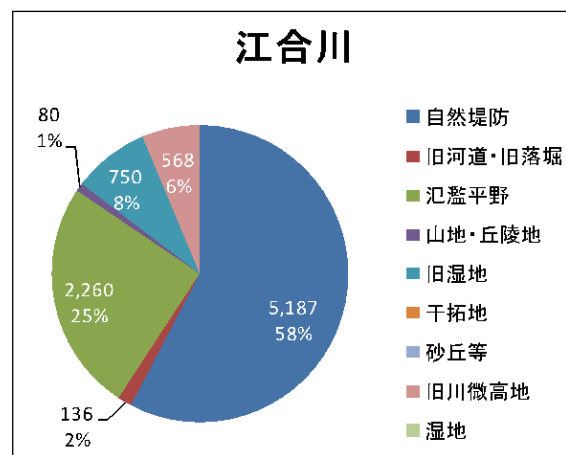
### 1.河川堤防の被災箇所と地形の関係

東北地方における河川堤防の被災箇所は、主に氾濫平野や自然堤防が主体である。

また、過去に被災した箇所では、再度、被災した事例が多い(被災の反復性)。ただし、地盤改良等の対策を施した箇所では、本地震による被災は少ない。



堤防延長に対する地形分類の割合



被災延長に対する地形分類の割合

「河川堤防耐震対策緊急検討会」資料より

## 2.河川堤防の主な被災要因

### 要因一 ①地震動(主に液状化)

#### ①-1 基礎地盤の液状化

#### ①-2 堤体の部分液状化(閉封飽和域の液状化)

→視察箇所(江合川上流部・淵尻上流地区)

#### ②津波(主に越流)

→視察箇所(北上川右岸・釜谷堤防)

堤体の部分液状化(閉封飽和域の液状化)は、これまで照査・対策の対象として着目されてこなかった。

今後の耐震照査・対策においての取り扱いが注目される。

### 液状化による被災状況(視察写真) 江合橋付近堤防①



- 堤防が沈下し、路面に段差が生じている。
- 堤防(路面)には亀裂の修復跡が見られる。



- 堤防が沈下したため、護岸も沈下した。沈下形跡が橋台側面に残っている。

## 液状化による被災状況(視察写真) 江合橋付近堤防②



- 堤防上の舗装面には沈下して段差が生じている。
- 舗装には開口亀裂が見られる。



- 川裏に設置している擁壁にも沈下及び転倒の変状が見られる。

## 液状化による被災状況(視察写真) JR江合川橋梁



- 堤防が沈下したため、護岸も沈下した。沈下形跡が橋脚に明瞭に残っている。



- 護岸の沈下量は5～10cm程度。

被災状況(視察写真) 江合川左岸の応急復旧状況



- 堤防の復旧状況。
- 川表法面は連節ブロックで保護されている。

## ①液状化による被災

堤防被災要因は、「基礎地盤の液状化」とともに、これまで着目されてこなかった、「堤体の一部(閉封飽和域) 液状化」による事例も多く確認されている。

| 被災要因                              | 堤体土質構成のイメージ | 被災のメカニズム                                                                                                                                                           | 代表的被災箇所                                                                                                                          |
|-----------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>パターンⅠ</p> <p>基礎地盤液状化によるもの</p>  |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎地盤が砂質土等で構成される。</li> <li>・地下水位以下の基礎地盤(砂質土層)が液状化することで被災。</li> <li>・治水地形は旧河道や旧落堀に該当することが多い。</li> </ul>                      | <p>【関東地整】</p> <p>小貝川左岸<br/>35.0k~80m~35.0k+20m<br/>(つくば市上郷地先)</p> <p>小貝川左岸<br/>31.8k~100m~31.8k+40m<br/>(常総市上蛇地先)</p>            |
| <p>パターンⅡ</p> <p>堤体の部分液状化によるもの</p> |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎地盤が粘性土等の軟弱土層で構成される。</li> <li>・築堤による基礎地盤の圧密沈下により堤体内水位以下の堤体が部分的に液状化することで被災。</li> <li>・治水地形は氾濫平野、自然堤防に該当することが多い。</li> </ul> | <p>【関東地整】</p> <p>那珂川(酒沼川)左岸<br/>7.5k+113m~8.0k<br/>(下石崎地先)</p> <p>【東北地整】</p> <p>阿武隈川右岸<br/>22.4k+174m~22.6k+59m<br/>(坂津田地先)</p>  |
| <p>パターンⅢ</p> <p>上記の複合によるもの</p>    |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・堤体、基礎地盤とも砂質土等で構成される。</li> <li>・両者が液状化することで被災。</li> </ul>                                                                   | <p>【関東地整】</p> <p>江戸川右岸<br/>57.5k+100m~57.5k+300m<br/>(西関宿地先)</p> <p>【東北地整】</p> <p>江合川右岸<br/>26.6k+120m~26.8k+120m<br/>(禰沼地先)</p> |

本視察箇所の淵尻上流地区(江合川左岸27.4k+60m～27.8k)は、基礎地盤の液状化と閉封飽和域の液状化の複合パターンである。



堤防変形略図(江合川左岸27.4k+60m～27.8k)

「北上川等堤防復旧技術委員会」資料より

## 堤体の一部(閉封飽和域)の液状化とは

### ●土質条件

基礎地盤: 軟弱な粘性土(液状化しない)

堤体材料: 砂質土

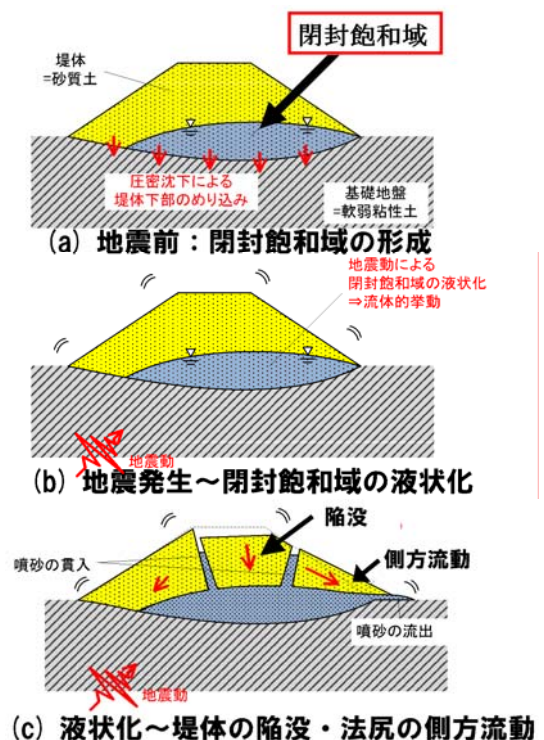
### ●プロセス

圧密沈下により堤体下部が基礎地盤にのめり込み、雨水等の浸透水が溜まる。

(閉封飽和域の形成)

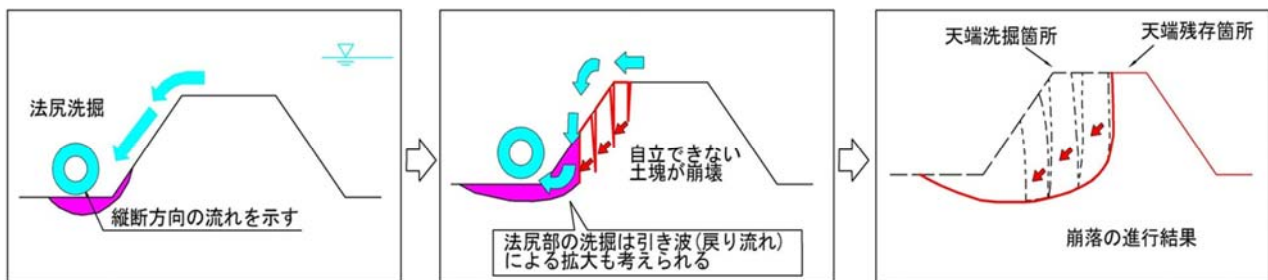


地震動により、閉封飽和域の液状化が発生し、堤体の陥没、側方流動等が発生



## ②津波(越流) による被災

- ・堤防断面が大きく減じた区間は、津波が堤内側へ越流した区間、または、法尻に沿った「戻り流れ」があった区間に多い
- ・海岸堤防を越えて堤内に侵水した水が、堤内から堤外へ越流した区間でも、堤防断面が大きく減じた
- ・越流の生じなかった津波遡上区間では、法面浸食などの損傷が生じた区間は少ない



- ・法尻部の洗掘は堤体横断方向の流れだけでなく、堤体縦断方向の流れによっても生じることが推定される。
- ・縦断方向の流れは遡上の場合と流下(戻り流れ)があり、どちらが支配的であるかは場所によって異なることから、今後の解明に期待する

越流による堤防の洗掘・崩壊過程模式図

「北上川等堤防復旧技術委員会」資料より

## 津波による被災状況(視察写真) 北上川右岸



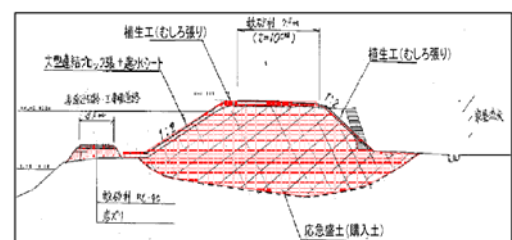
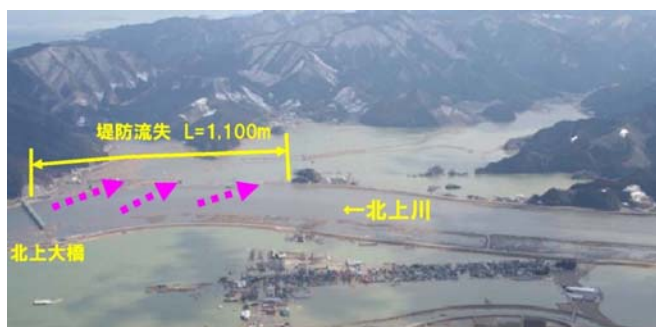
- ・堤防川表法面に応急対策としてシートが設置されている。
- ・路面肩部には沈下による開口亀裂が一部見られる
- ・応急対策のシートが長区間に設置されている。

## 津波による被災状況(視察写真) 南貞山運河(仙台空港)



- 応急対策としてシートが設置されている。

## 視察箇所(北上川右岸・釜谷堤防)の被災状況



仮復旧状況(応急盛土)



被災状況



仮復旧状況(視察時撮影)

### 3.本県における河川堤防の被災要因の想定

#### 庄内地方

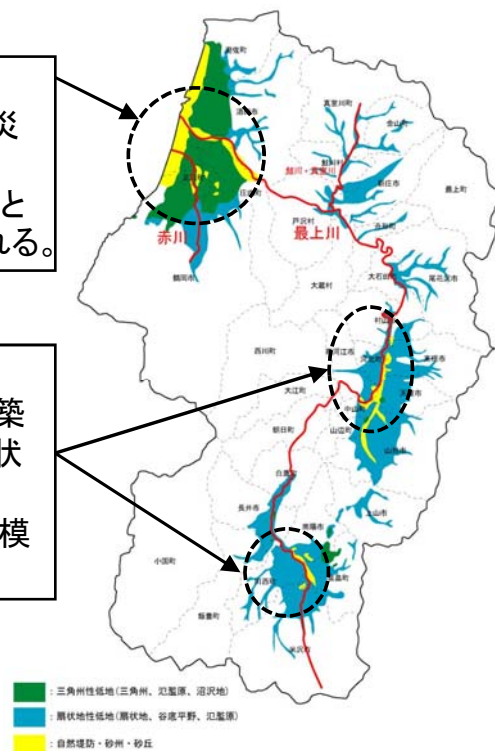
主に、基礎地盤の液状化、津波越流による被災が想定される。

津波越流による被災が発生の場合、津波被害と相まって、大規模な被害となるおそれが想定される。

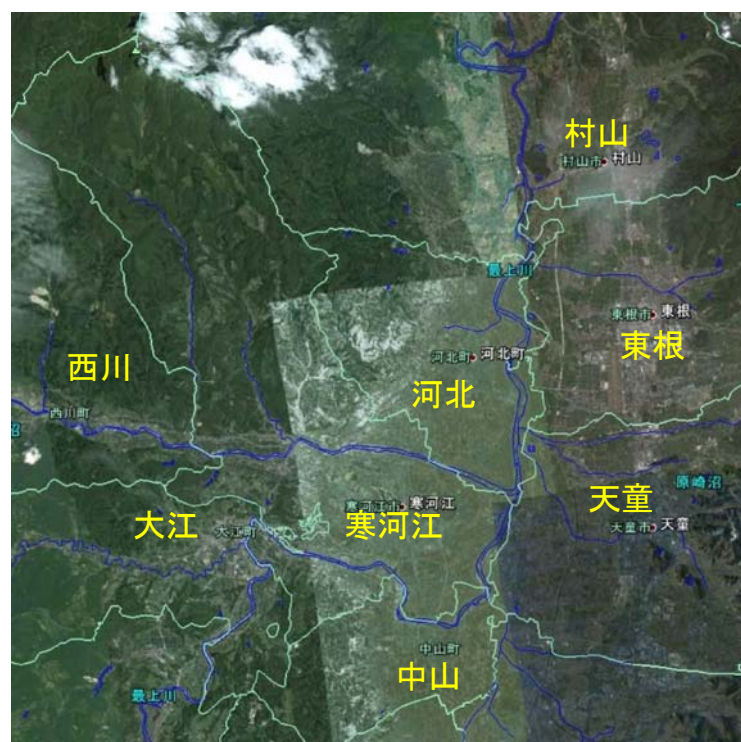
#### 内陸部

主に、基礎地盤の液状化、難透水な地盤上に築堤されているものについては、閉封飽和域の液状化による被災が想定される。

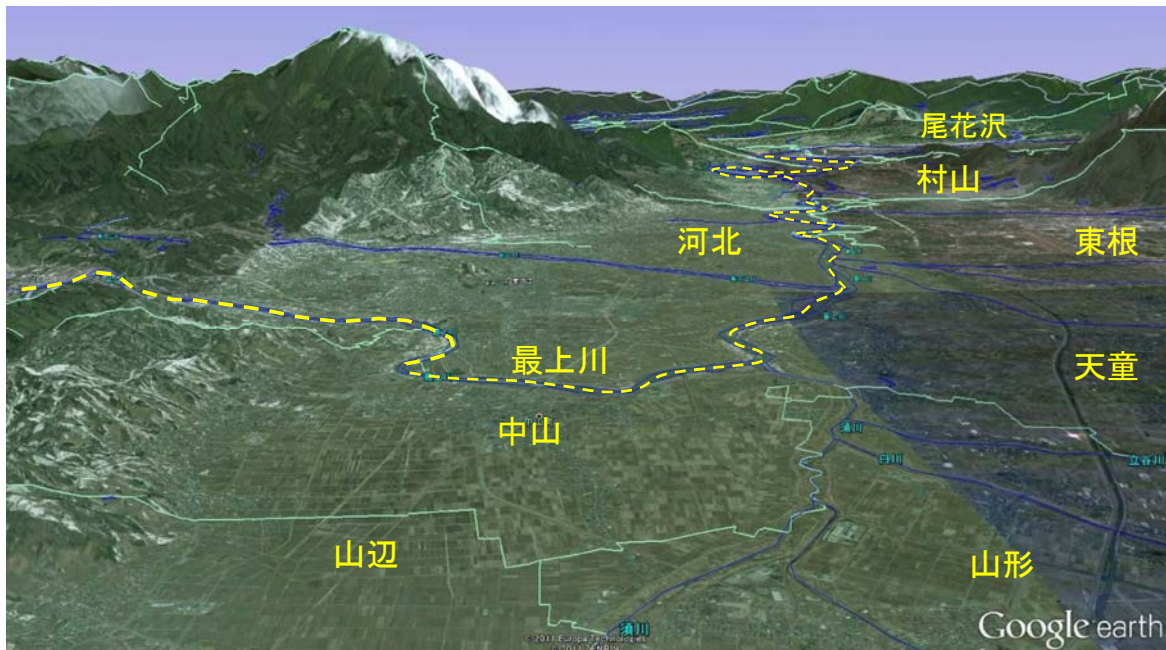
浸水想定区域で堤防被災が生じた場合、大規模な被害となるおそれが想定される。



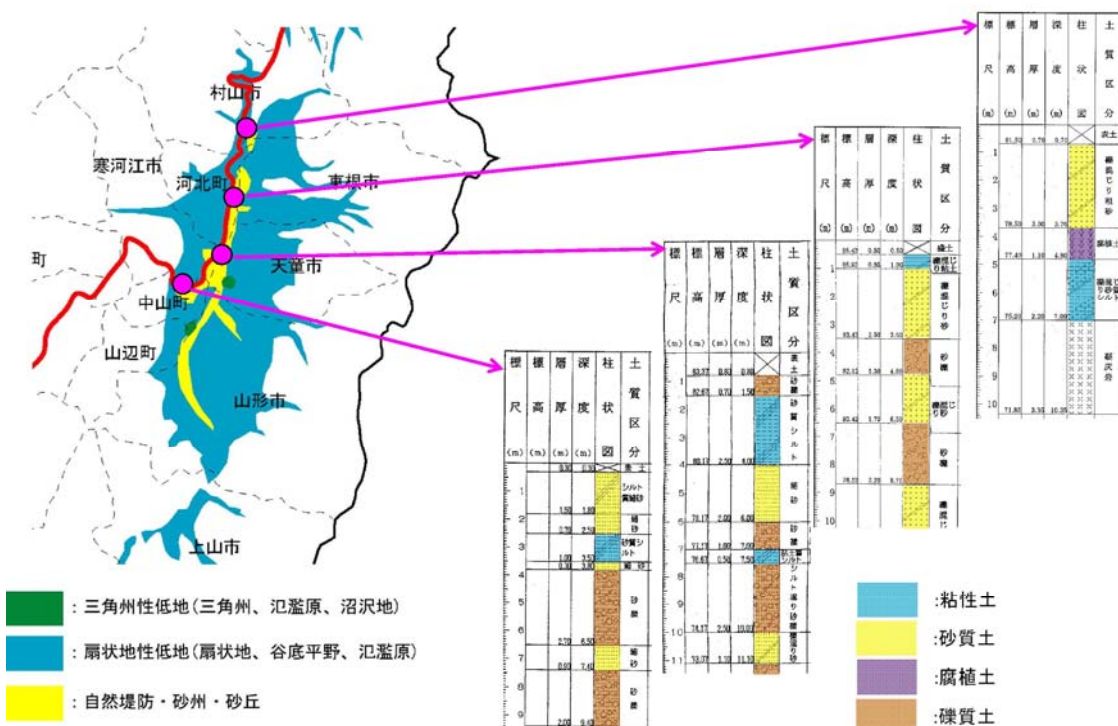
### 最上川中流域の地形画像 (google Earthより)



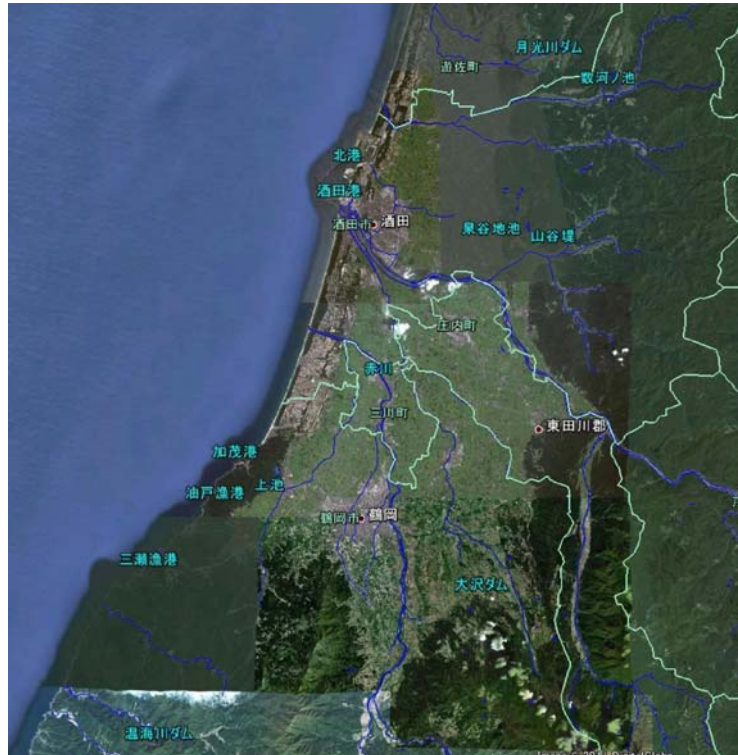
## 最上川中流域の地形画像(俯瞰) (google Earthより)



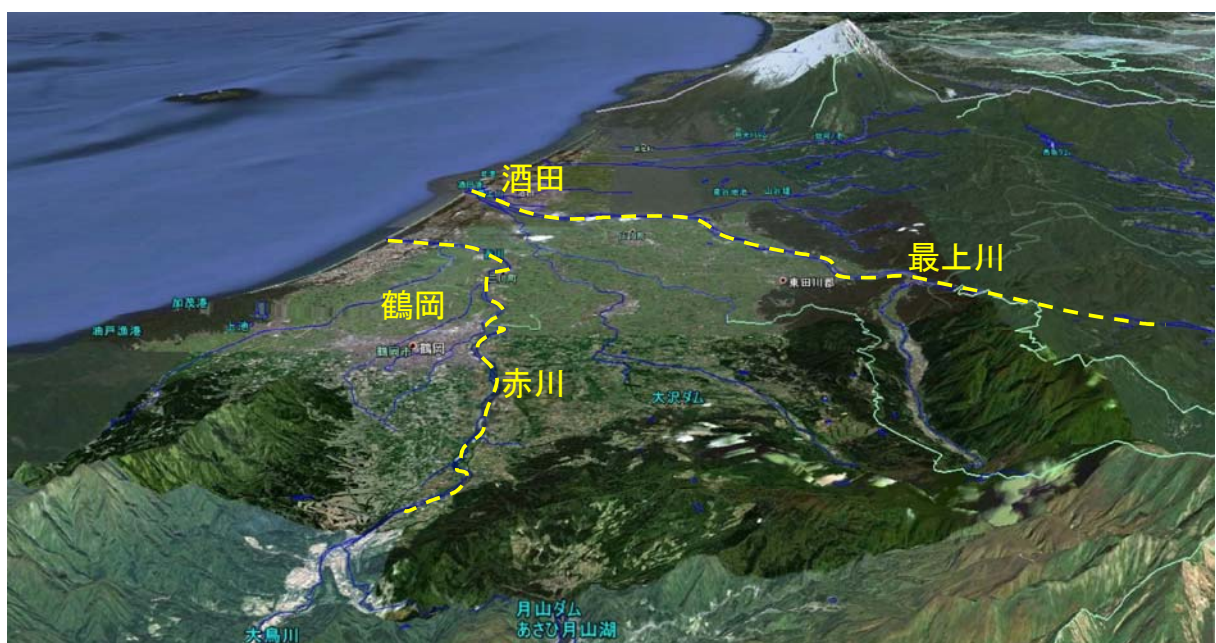
## 村山地域の最上川沿いの地質データ (当協会会員企業所有の地質データより)



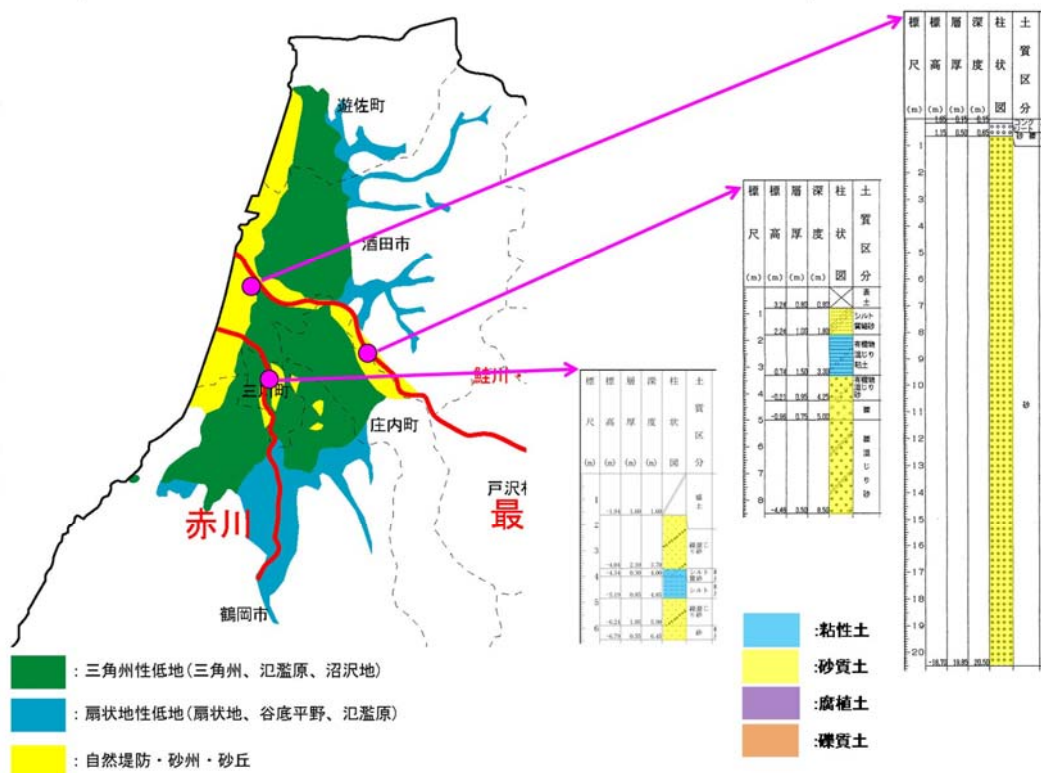
庄内平野の地形画像 (google Earthより)



庄内平野の地形画像(俯瞰) (google Earthより)



## 庄内地域の最上川・赤川沿いの地質データ (当協会会員企業所有の地質データより)



## 4. 河川堤防における調査項目

堤防における、主な検討項目は以下のとおりである。

|   | 項目                   | 必要となる主な情報                            |
|---|----------------------|--------------------------------------|
| ① | すべり破壊の検討<br>(軟弱地盤調査) | 地質状況、N値、地盤強度、単位体積重量 等                |
| ② | 圧密沈下の検討<br>(軟弱地盤調査)  | 地質状況、圧密特性、単位体積重量 等                   |
| ③ | 透水性地盤の検討<br>(耐浸透調査)  | 地質状況、透水性、間隙水圧、<br>堤体の構造・強度・透水性 等     |
| ④ | 液状化の検討<br>(耐震調査)     | 地質状況、地下水位、N値、粒度特性、<br>単位体積重量、せん断強度 等 |
| ⑤ | 堤体材料の検討<br>(盛土材料調査)  | 締固め特性、強度(c、φ)、透水係数 等                 |

地震動による河川堤防被害の主要因となっている  
「液状化の検討」について、概略を以降に示す。

# 液状化の検討方法と必要となる調査項目

代表的な「液状化の判定方法」として、「FL法」の概略と必要となる情報について示す。

## ●FL法

液状化に対する抵抗率FL値を算出し、FL値が1.0以下となった地層は「液状化するもの」としている。

$$\text{FL値} = \frac{\text{動的せん断強度比(R)}}{\text{地盤の地震時せん断応力比(L)}}$$

FL法は、RおよびLの算定方法により、「簡易判定法」と「詳細判定法」に大別される。

# 液状化の検討方法と必要となる調査項目

| 主な情報         | 主な調査方法             | 備考                  |
|--------------|--------------------|---------------------|
| 地質状況<br>地下水位 | 鉛直ボーリング            |                     |
| N値           | 標準貫入試験             |                     |
| 単位体積重量       | 湿潤密度試験<br>密度検層     | 簡易判定法では一般値より算定      |
| 粒度特性         | 粒度試験               |                     |
| 塑性指数         | 液性限界・塑性限界試験        |                     |
| 動的せん断強度比     | 繰り返し三軸圧縮試験         | 簡易判定法ではN値と粒度等から算定   |
| 地盤時せん断応力比    | 繰り返し三軸圧縮試験<br>PS検層 | 地震応答解析に必要な動的弾性係数の把握 |

※赤字：簡易判定法を行う際に、必要となる情報