

# 河川堤防の地震時脆弱箇所を抽出するための情報整理方法の提案 ～東北地方太平洋沖地震における東北地方整備局管内河川堤防の被災事例分析を踏まえて～

(一財) 国土技術研究センター	正会員	○柳畑 亨
広島大学名誉教授	フェロー会員	佐々木 康
国土交通省 東北地方整備局		阿部 誠司
同 上	正会員	高田 浩穂
同 上		千葉 孝寿
応用地質株式会社	正会員	阿部 知之
同 上	正会員	武部 努

## 1. はじめに

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(以下、東北地方太平洋沖地震)における河川堤防被害では、従来から着目されていた基礎地盤砂層の液状化の他に、堤体下部の閉封飽和域の液状化を被災要因とする箇所が多く見受けられた。国土交通省東北地方整備局では、主要な被災箇所において被災メカニズムを追究するための詳細地質調査を実施し、的確な工法を選定・適用することによって、これらの被災堤防を速やかに復旧している。

本研究では、阿武隈川、鳴瀬川、吉田川、新北上川、江合川(以下、5河川)を対象として、東北地方太平洋沖地震での大規模(または中規模)被災堤防における現地詳細調査結果等を用いることによって被災要因分析を実施し、地震発生時に弱部となる可能性の高い箇所を抽出するための情報整理方法について考察を行った。

## 2. 巡視・点検時に確認された変状の有無と地震時被災との関係

5河川の堤防において、東北地方太平洋沖地震前(平成22年10月頃)に実施された巡視・点検時での変状種類別(「変状なし」、「亀裂・損傷」、「のり面変形・のり崩れ」、「湿潤化・水溜り」、「漏水・漏水跡」、「劣化・老朽化」)における被災率(=該当する変状種別における被災堤防延長/全延長)の関係を図1に示す。

被災前変状の有無や種類に着目すると、被災率が最も高いのは「漏水・漏水跡」であり、次いで「湿潤化・水溜り」、「のり面変形・のり崩れ」となっている。

すなわち、被災前変状のなかった箇所での被災率は約13%であるが、「漏水・漏水跡」のあった箇所では約39%、「湿潤化・水溜り」のあった箇所では約31%、「のり面変形・のり崩れ」のあった箇所での被災率は約24%であり、被災前変状のなかった箇所の2～3倍の被災率となっている。

## 3. 地質調査で得られた天端直下の堤体内水位標高と地震時被災との関係

閉封飽和域とは、軟弱粘性土層からなる基礎地盤上面に築堤を行うと、盛土荷重による圧密沈下で基礎地盤の上面が凹状となり、堤体が側方伸張変形することで堤体下部の密度低下や拘束圧低下(ゆるみ)が生じ、また圧密沈下によって堤体下部が地下水位以深に水没し、堤体内に形成される飽和した領域である(図2)。この状態で地震動を受けると、閉封飽和域の間隙水圧が上昇して液状化し、これに伴う側方流動・沈下が起きる。特に、大きな初期せん断力を受けているのり尻付近が液状化すると、盛土がその形状を保持することができず、ストレッチングを伴う大変形を引き起こすことになる(図3)。写真1に東北地方太平洋沖地震において、閉封飽和域の液状化によって広範囲にわたり堤体崩壊土が側方移動した鳴瀬川下中ノ目地区の被災状況を示しているが、このような被災が発生した箇所では、地震直後の詳細調査時に確認された<sup>2)</sup>ように、閉封飽和域を形成する堤防天端下の地下水位が堤内地盤標高よりも高い状態にある。

このため、鳴瀬川左右岸堤防において東北地方太平洋沖地震以前から地質調査が実施されている50断面(左岸24断面、右岸26断面)を対象として、天端下地下水位(堤体内水位)と堤内地盤標高の関係について、図4に示すような箇所、堤体内水位としての地質調査時に確認されているボーリング孔内水位と、堤内地盤標高を抽出し、東北地方太

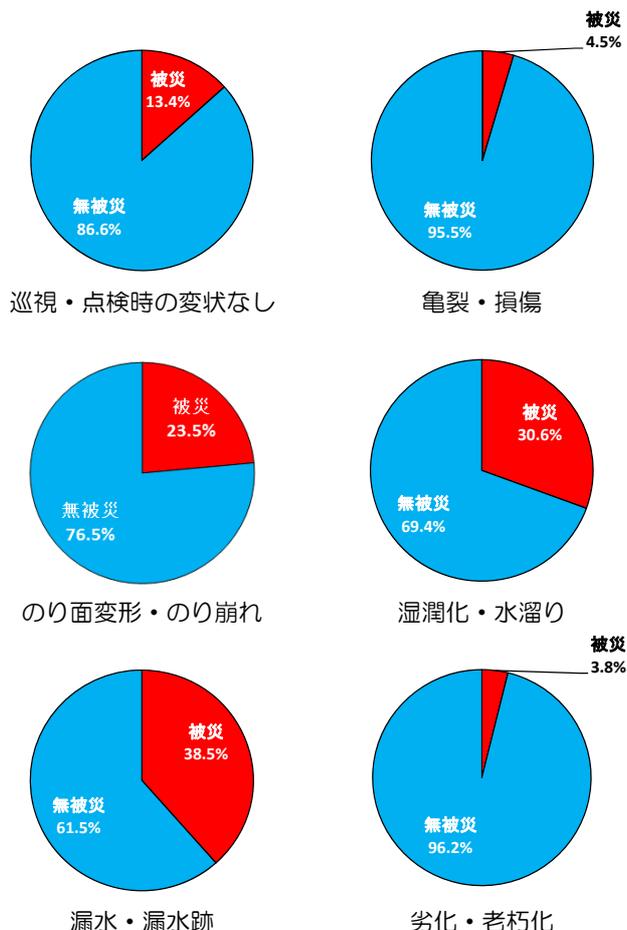


図1 被災前変状の種類別の被災率

河川堤防, 巡視・点検, 変状, 液状化(流動化), 堤体内水位, 閉封飽和域

〒105-0001 東京都港区虎ノ門3-12-1 ニッセイ虎ノ門ビル TEL 03-4519-5001 FAX 03-4519-5011

平洋沖地震での被災状況と、堤体材料及び表層基礎地盤の土質と併せて整理した。なお、堤体は旧堤部から段階的に整備されていることから不均質である場合が多いと考えられるが、本検討における天端下地下水位の抽出にあたっては、堤体を均質なものと扱っている。

図5及び図6に鳴瀬川左岸及び鳴瀬川右岸における堤防縦断方向の状況を、表1に左右岸の整理結果をそれぞれ示す。なお、図5及び図6中には、地震後の検討で明らかとなった東北地方太平洋沖地盤での被災要因と、堤体材料及び表層基礎地盤の土質の組合せを併せて示している。

天端直下の堤体内水位と地震時被災メカニズムの関係は、「天端下地下水位－堤内地盤標高(m)」がマイナス(負値)であれば、“被災無”または“基礎地盤砂層の液状化”、「天端下地下水位－堤内地盤標高(m)」がプラス(正值)であれば、“閉封飽和域の液状化”または“複合”になるものと想定され、水位測定が1度のみであるにも関わらず、想定と合致している(表1中の赤字)総数は38断面と比較的良好な相関にあると言える。

したがって、主に浸透安全性評価の立場から河川堤防の維持管理を目的として(堤防帯図等で)整理されている「堤体材料及び基礎地盤表層の土質」、「堤内地盤高」に、『地質調査で得られた天端直下の堤体内水位標高』の情報を加えることによって、天端下地下水位が堤内地盤標高よりも高い箇所については、地震時に閉封飽和域の液状化による被災を生じる可能性がある箇所として、容易に抽出できるものと考えられる。

なお、堤体材料及び表層基礎地盤の土質の組合せについて、例えば両者ともに粘性土に分類されているにも関わらず、閉封飽和域の液状化が発生している等、被災メカニズムと合致しない地点が見受けられるが、これらについては、細粒分含有率に着目した粒度のみによる分類ではなく、性状(単位体積重量や塑性指数等)に着目した分類(火山灰質粘性土等)が必要<sup>2)</sup>であると考えられる。また、本検討では、閉封飽和域の上面境界における評価・分析の実施に過ぎず、今後は軟弱層の沈下量(めり込み量)の評価についても実施していく必要があると考えられる。

4. まとめ

東北地方太平洋沖地震において閉封飽和域や基礎地盤砂層の液状化により被災した鳴瀬川堤防を対象として、現地で行われた詳細調査等から、被災要因分析を実施した結果、①巡視・点検時に確認された変状や、②『地質調査で得られた天端直下の堤体内水位標高』を整理することによって、地震時における脆弱部を抽出可能であることが明らかとなった。

表1 天端下地下水位と被災状況の整理結果

	天端下地下水位－堤内地盤標高(m)			
	鳴瀬川左岸		鳴瀬川右岸	
	マイナス	プラス	マイナス	プラス
被災無	12	5	16	2
閉封飽和域の液状化	1	1	1	2
基礎地盤砂層の液状化	4	1	0	1
(上記の複合)	0	0	1	3

赤字：天端下地下水位状況と想定される被災メカニズムが合致するもの

参考文献

- 宮武晃司・他：東日本大震災で被災した河川堤防の開削現場における調査結果報告，第48回地盤工学研究発表会，pp.1125-1126，2013.
- 国土交通省東北地方整備局・北上川等堤防復旧技術検討会：北上川等堤防復旧技術検討会 報告書，平成23年12月。  
(<http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyouokijishinn/kenntoukai/houkokusho.pdf>)

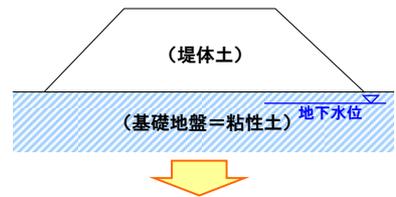


図2 閉封飽和域の形成メカニズム<sup>1)</sup>

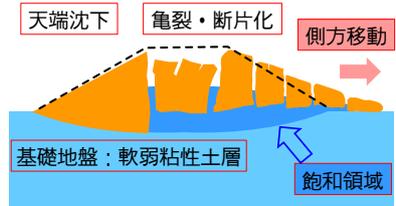


図3 閉封飽和域における地震時被災



写真1 鳴瀬川下中ノ目地区<sup>1)</sup>

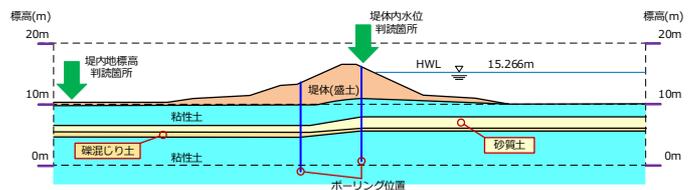


図4 地質調査箇所における標高値判読箇所の例

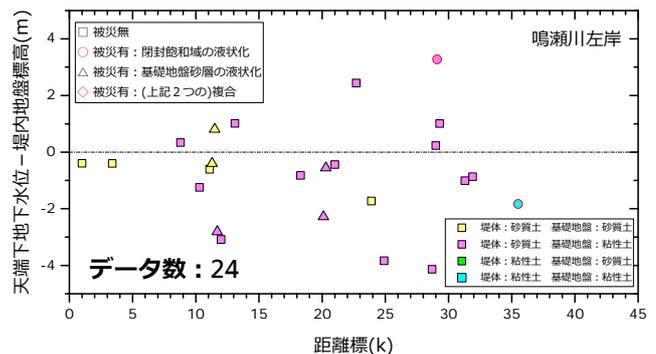


図5 天端下地下水位と被災状況の関係(鳴瀬川左岸)

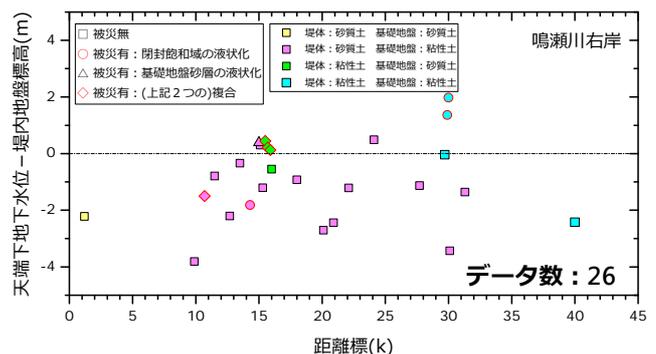


図6 天端下地下水位と被災状況の関係(鳴瀬川右岸)