

東北地方太平洋沖地震における止水矢板の堤体被害低減効果の検討

愛媛大学工学部 正会員 ○陣内尚子

愛媛大学大学院 正会員 岡村未対

はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震においては、東北地方、関東地方の広い範囲で多くの堤防に被害が生じた。この地震による大規模な被災の原因は液状化であり、従来から想定されていた基礎地盤の液状化を原因とする被災の他に、堤体の液状化による被災が多数発生した。その中で、基礎地盤の浸透対策として川表側に施工された止水矢板が堤体の被害を低減したとの報告が散見される。兵庫県南部地震での淀川右岸の西島堤防についてもこのような報告がある一方、効果が見られないとの報告もあり、止水矢板の効果については、明らかになっていないのが現状である。本研究では、東北地方太平洋沖地震において被災した堤防のうち、止水矢板が打設されていた堤防の事例を分析し、堤体被害の低減効果を検討した。

法尻矢板による堤防の耐震対策効果については多くの研究が成されているが、Tamia (2014)は堤体幅に対する液状化層厚が 0.1 程度と小さく、かつ地盤の浅部に存在するときに矢板の効果が特に大きくなることを明らかにしている。そこで本研究でも、地盤特性や矢板の長さ・剛性、打設位置、堤体の形状と寸法など多くの考え得る影響要因の中から、特に液状化層の層厚と存在深度に着目した。

検討対象断面

検討対象断面は、関東地方管轄の被災した河川堤防で、止水矢板が川表側に打設されており、かつ横断面内の地層構成が概ね水平で川表側と川裏側の地盤条件が大きくは異なる霞ヶ浦の 4 断面、利根川の 5 断面、小貝川の 7 断面、および久慈川の 2 断面の合計 18 断面である。対象断面の概要を表 1 に示す。これらの対象断面を、次のように矢板の効果があつた断面と無かつた断面とに選別した。なお、No.11, No.12, No.14, No.18 は堤防護岸の基礎としての自立式鋼矢板であり

(4 か所とも護岸の高さは 40cm 以下と小さい)、矢板の先端が砂層最深部まで達してない断面もある。今回対象とした全ての断面で、矢板は、Ⅱ型または、Ⅱw 型であった。

効果のあつた断面：川表側法面に変状がなく、天端から川裏側に変状がある断面、および川表側の被災程度が川裏側よりも明らかに軽微である断面。

効果の無かつた断面：川表側と川裏側の被災程度に明確な差がない断面、および天端付近のみに沈下が生じ、川表および川裏側法面に変状のない断面。

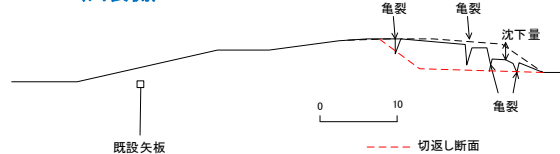
効果のあつた断面と無かつた断面の例を図 1 と図 2 にそれぞれ示す。

まず、図 1(a)に示す効果のあつた断面No.1 は、川表側法面に変状がなく、天端から川裏の被害は中から大であった。No.2 からNo.4 の断面も同様の被災形態であった。続いて、図 1(b)に示す断面No.5 は、川表側法面に多少変状があるが、川裏側より軽微で天端から川裏の被害は小から中であった。No.6 とNo.7 の断面もこの被災

表 1 検討対象断面の概要

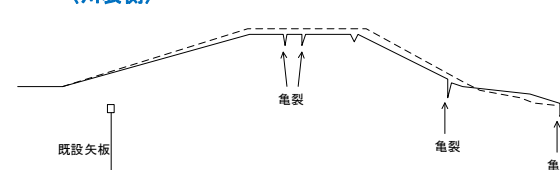
矢板効果	No	河川名	左右岸	キ口標	液状化層 FL	加速度 Acc	のり面勾配		堤防高さ m	堤防敷幅 m
							表	裏		
効果あり	1	利根川佐原	右	38.75+28	0.7	274	1:4.5	1:1.6	5	62
	2	小貝川福岡	左	25.2-79.3	0.2	367	1:2.4	1:2.9	5	37
	3	小貝川鯨	右	39.2+66	0.6	330	1:3.1	1:2.7	4	28
	4	小貝川上蛇	右	31.4+52	0.2	335	1:3.2	1:2.5	4	27
	5	利根川請方	右	69.0+100	0.4	431	1:4	1:3.7	8	66
	6	利根川三和	右	70.85	0.4	441	1:4.4	1:4	8	62
	7	利根川中谷	右	70.0-45	0.3	382	1:3.8	1:4.1	8	67
効果なし	8	小貝川上蛇	右	31.8-77	0.3	335	1:3	1:2.9	4	28
	9	小貝川上郷	左	35.0-30	0.4	323	1:3	1:2.8	5	32
	10	小貝川鯨	右	39.0+18.5	0.5	327	1:3.2	1:3.4	4	32
	11	西浦尾島	右	7.75	0.5	424	1:3.5	1:2.8	5	35
	12	西浦西の洲	右	16.75+100	0.2	544	1:4.3	1:7.1	3	34
	13	小貝川中郷	右	50.6	0.4	370	1:4	1:4	4	16
	14	西浦余郷入	右	26.25+50	0.3	598	1:4.6	1:5.2	3	38
	15	利根川大倉新田	左	32.25+75	0.4	314	1:8.6	1:4.3	5	52
	16	久慈川小島	左	16.8	0.3	735	1:2.3	1:2.9	6	38
	17	久慈川栗原	左	14.27	0.2	804	1:2.3	1:2.9	5	31
	18	西浦小高	左	9.0	0.2	650	1:3.7	1:4.4	4	35

〈川表側〉



(a) 断面No.1 の被災メカニズム

〈川表側〉



(b) 断面No.5 の被災メカニズム

図 1 矢板効果のあつた断面の例

形態と同様であった。効果が無かった図 2(a)に示す断面No.8 は、堤体が全体的に沈下し、川表側と川裏側で違いが少なかった。No.9 からNo.13 の断面もこれと同様であった。図 2(b)に示す断面 No.15 は、川表側法尻にも著しい変状が見られた。No.14 からNo.18 の断面もこれと同様の被災形態であった。

対象の全断面について、液状化判定を行った。各断面の地表最大加速度は、K-Net 等の記録を基に国総研地震防災研究室が補間によって求めたものを用いた（国総研 2011）。

結果と考察

図 3 は各断面での液状化層の存在深度と矢板の長さを示したものである。ここでの深度は、矢板打設位置における矢板頭部からの深度とした。効果があった断面の液状化層厚は薄く、地盤浅部に存在する傾向がある。

図 4 は堤体敷幅で深度を正規化したものである。効果があった No.4 以外の断面は、液状化層厚比が 0.1 程度と小さい。No.4 については、例外的に液状化層厚比が約 0.3 と大きい効果があつた。

全体的に沈下が見れ、川表と川裏側の被害の違いが少なく、矢板付近には変状がなかったものの矢板の効果が見られなかったNo.8 からNo.13 の断面は、液状化層厚比が 0.1 以上と大きかったことが分かる。このように液状化層厚比が大きい場合、あるいは小さくても地盤浅部にはない場合には、堤体は側方に変位するのではなく、全体が鉛直に沈下するために矢板の効果が現れないものと考えられる。効果が無く、かつ矢板付近にも変状が現れたNo.14 からNo.18 の断面については、液状化層厚比が 0.2 程度と大きく、矢板の根入れが不十分であった。

地盤中に複数の液状化層が存在し、それらの間に、ある程度以上厚い非液状化層が介在している場合、下方の液状化層が堤体の沈下量に及ぼす影響は小さくなる。そこで、層厚 1m 以上の中間非液状化層を削除したものを図 5 に示す。矢板効果の有無と液状化層との関係がより明確になっている。

まとめ

東北地方太平洋沖地震で被災した河川堤防のうち、止水矢板が打設されていた断面での被害低減効果を検討した。

堤体内液状化や液状化層の層厚比が小さく地盤浅部に存在する断面では、矢板の堤体被害低減効果が確認できた。一方、液状化層厚比が大きくなると、矢板の効果が小さく、また液状化層が深部に存在する場合には堤防全体が沈下するために、たとえ液状化層厚比が小さくても効果がないことがわかった。

参考文献

Tamia (2014), Development of countermeasure design method for river dike liquefaction, 愛媛大学理工学研究科修士論文

国総研(2011), 国総研地震防災研究室: <http://www.nilim.go.jp/lab/rdg/index.htm>/

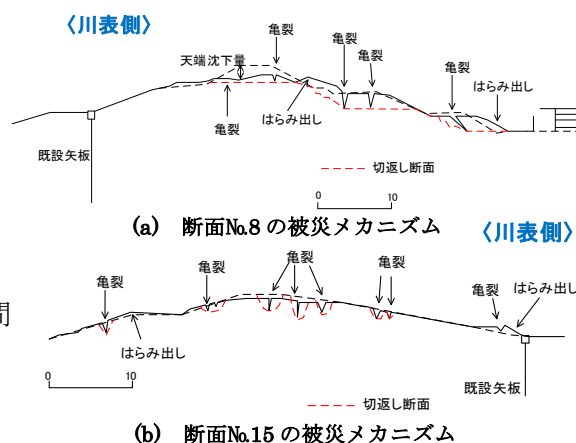


図 2 矢板効果の無かった断面の例

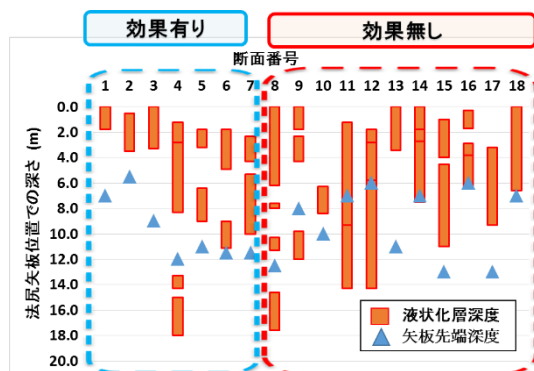


図 3 止水矢板の効果の有無と地盤構成

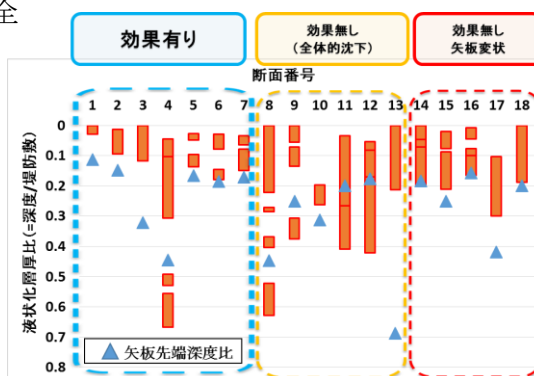


図 4 堤防敷幅で正規化した液状化層の深度

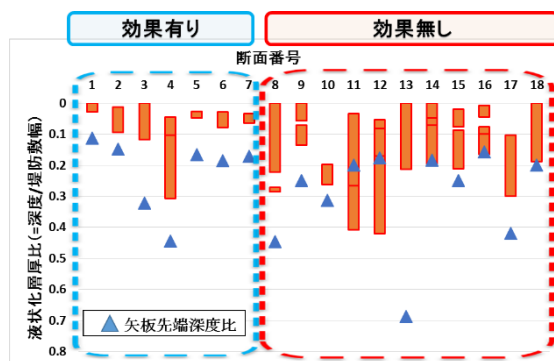


図 5 堤防敷幅で正規化した液状化層の深度 (1m 以上の中間非液状化層を除く)