2012/03/13 国総研・土研 東日本大震災 報告会 ~ 震災から一年を経て、見えてきたこと ~

河川堤防液状化対策の効果検証と課題

独立行政法人土木研究所 地質・地盤研究グループ 佐々木哲也



内容

- 1. 東日本大震災における河川堤防の被害の概要
- 2. 河川堤防の耐震性向上の取組み
- 3. 東日本大震災における液状化対策工の効果
- 4. 堤体液状化の点検手法・対策手法の提案
- 5. 今後の技術的課題

1. 東日本大震災における 河川堤防の被害の概要

東日本大震災における河川堤防の被害の概要



	東北地整 管内	関東地整 管内	計
緊急災	29	24	53
一般災	256	188	444
その他	910	702	1,612
計	1,195	914	2,109

(4月22日17:00時点, 直轄のみ)



東北地整管内, 関東 地整管内で広域にわ たって被害が発生 地震動による堤防の 大規模な被害は、液 状化によるものがほ

とんど

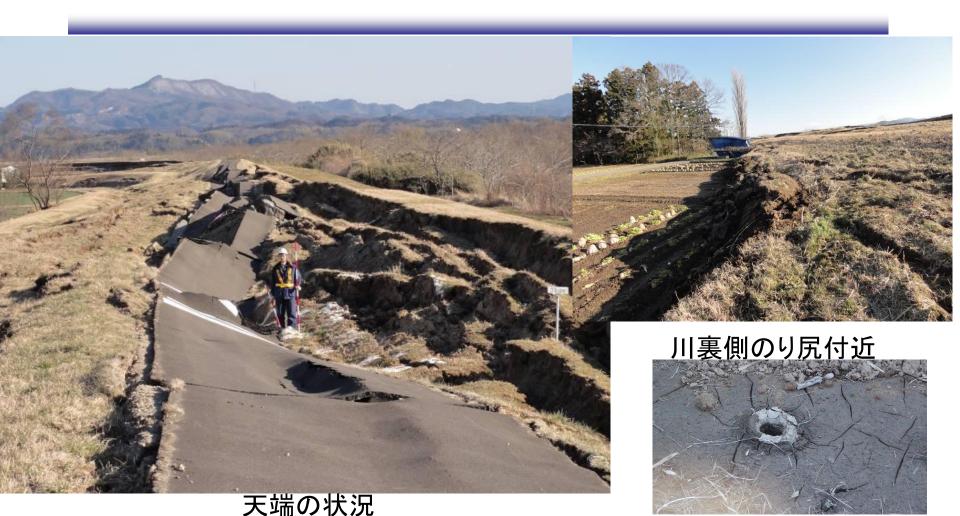
── 堤防に変状が見られた区間

大規模被災箇所(HWLに達する変状)

河川堤防の被災パターン

被災要因	堤体構成	被災メカニズム
基礎地盤の液状化	砂質土地下水位	基礎地盤の液状化
堤体自体の液状化	砂質土 堤体内水位 粘性土	基礎地盤の圧密沈 下等により地下水位 以下の盛土が液状 化
上記の複合	被覆土地下水位	盛土, 基礎地盤とも 砂質土で両者が液 状化

被害事例 一阿武隈川•枝野一



• 約800mにわたって天端が陥没. 沈下量は最大で2m程度.

• 川裏側の耕作地を崩壊した堤体土が覆う

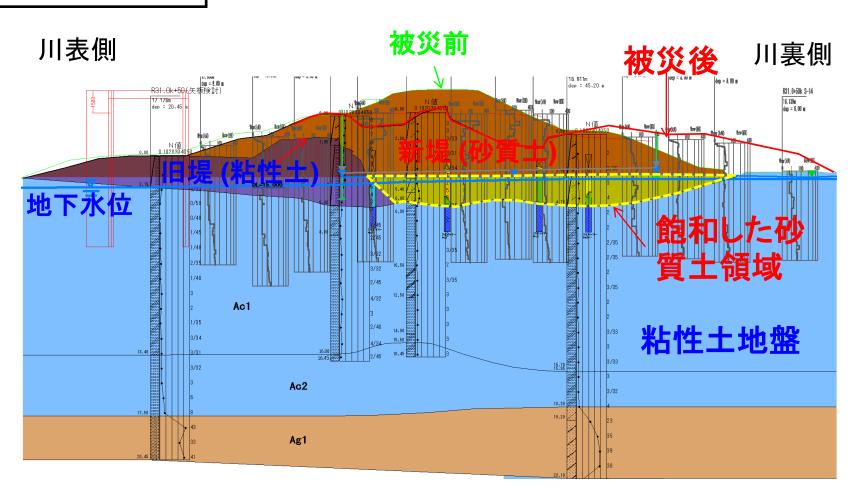
• 堤体の亀裂内,川裏側崩土先端に噴砂痕

堤体の亀裂内 の噴砂

被害事例 一阿武隈川•枝野一

図: 東北地方整備局

ボーリング・サウンディング結果



2. 河川堤防の耐震性向上の取組み

河川堤防の耐震性向上の取り組み状況

平成7年兵庫県南部地震以前

・土堤については地震の影響を考慮せず

レベル1地震動対応

平成7年兵庫県南部地震以降

・レベル1地震動に対する耐震点検を実施 (河川堤防耐震点検マニュアル・解説 平成7年3月)

レベル2地震動対応

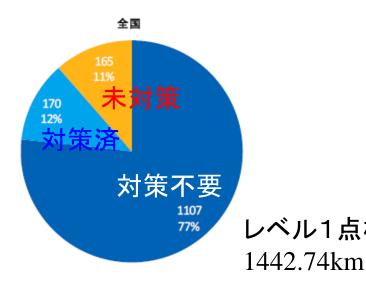
平成19年

河川構造物の耐震性能照査指針 (案)・同解説 ・レベル1地震動に対する対策 (河川堤防の液状化対策工設計施 エマニュアル(案)(土木研究所 1997))

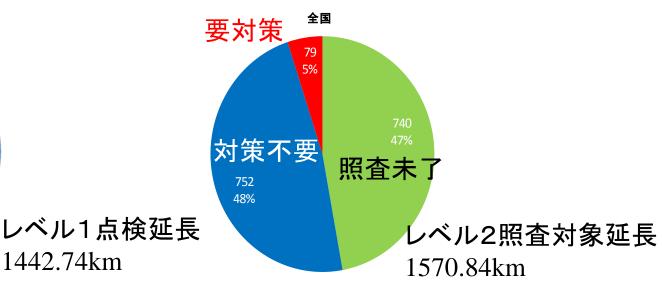
レベル2地震動に対する設計、耐震点検を実施

耐震点検・対策の実施状況

〇レベル1耐震対策状況

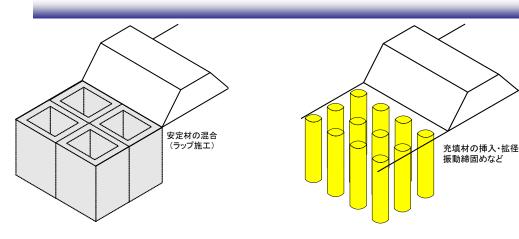


〇レベル2耐震点検状況



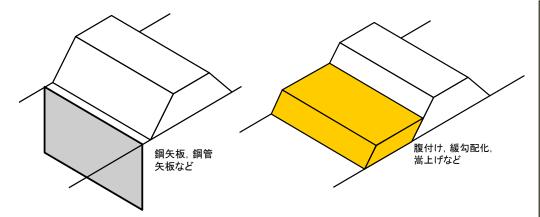
- 対策済は要対策箇所の半分程度
- 優先区間113.7kmでは、81.3%対策済
- ・レベル2耐震点検の点検完了区間は 対象区間の半分程度
- ・対策は未実施

基礎地盤を対象とした主な液状化対策工



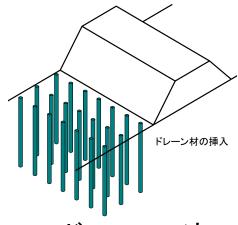
a) 固結工法

b) 締固め工法



d) 鋼材を用いた工法

e) 押え盛土, のり面 の緩勾配化等



c) ドレーン工法

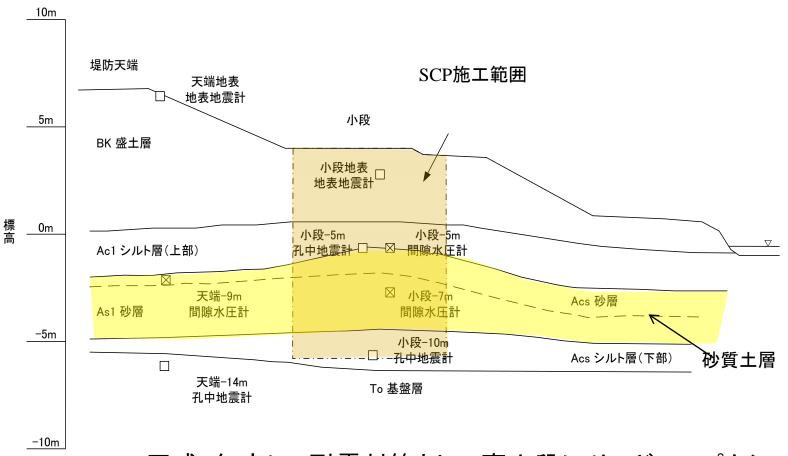
「河川堤防の液状化対策工設計施エマニュアル(案)」

(土木研究所1997)

- ・地震動:レベル1地震動
- ・照査手法:震度法等により以 下を照査
 - ①円弧すべり安全率
 - ②改良体内の液状化の抑止
 - ③改良範囲の安定性 etc...

3. 東日本大震災における 液状化対策工の効果

事例① 鳴瀬川右岸0.0k付近 (サンドコンパクションパイル)



- 平成8年度に、耐震対策として裏小段にサンドコンパクションパイル (改良幅5.8m, 改良率10.29%)を打設.
- →目立った変状は認められていない

事例① 鳴瀬川右岸0.0k付近 (サンドコンパクションパイル)



天端の状況



川裏のり尻部の状況

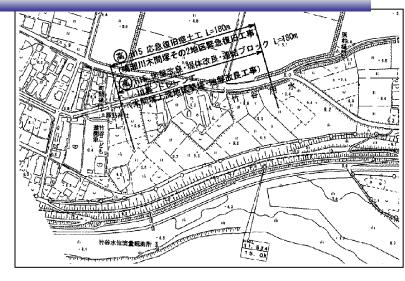


裏小段の状況 (4/15)

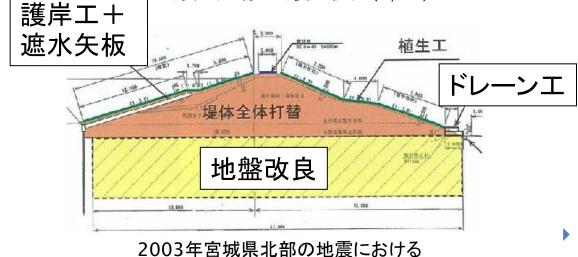
津波による堤内地の浸水、堤内 地盤の侵食は見られたものの、 地震動による堤防の沈下・変形 の痕跡は見られず。

事例② 鳴瀬川右岸14.7k+90~14.9k+70:木間塚上流地区 (2003年宮城県北部地震強化復旧箇所)





H15.7「宮城県北部地震」での本復旧筒所位置図



本復旧断面図

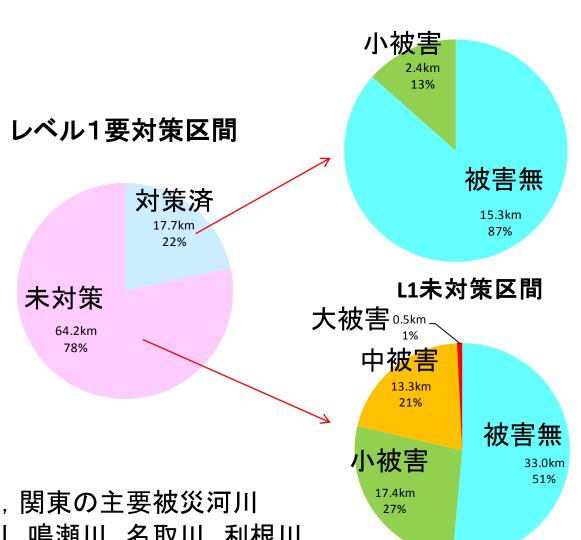
川表~天端~川裏の状況 (4/15)

2003年7月宮城県北部の地震により被災し、本復旧時に 堤体改良、基礎地盤の浅層 改良が施された個所.

今回の地震による変状は特 に認められない. 15

基礎地盤に対する液状化対策工の効果

L1対策区間



被災規模

大:HWLに達す

る変状

中:HWLに達し

ない変状

小: 小規模の亀

裂等

対象:東北,関東の主要被災河川 (北上川、鳴瀬川、名取川,利根川 下流、江戸川、那珂川、小貝川、 霞ヶ浦)

河川堤防耐震対策緊急検討委員会:東日本大震災を踏まえた今後 の河川堤防の耐震対策の進め方について報告書,平成23年9月

事例③ 鞍坪川右岸0.4k付近~0.6k付近(宮城県東松島市) (2003年宮城県北部の地震において被災し浸透対策実施)

裏のり尻ドレーン



天端の縦断亀裂および段差



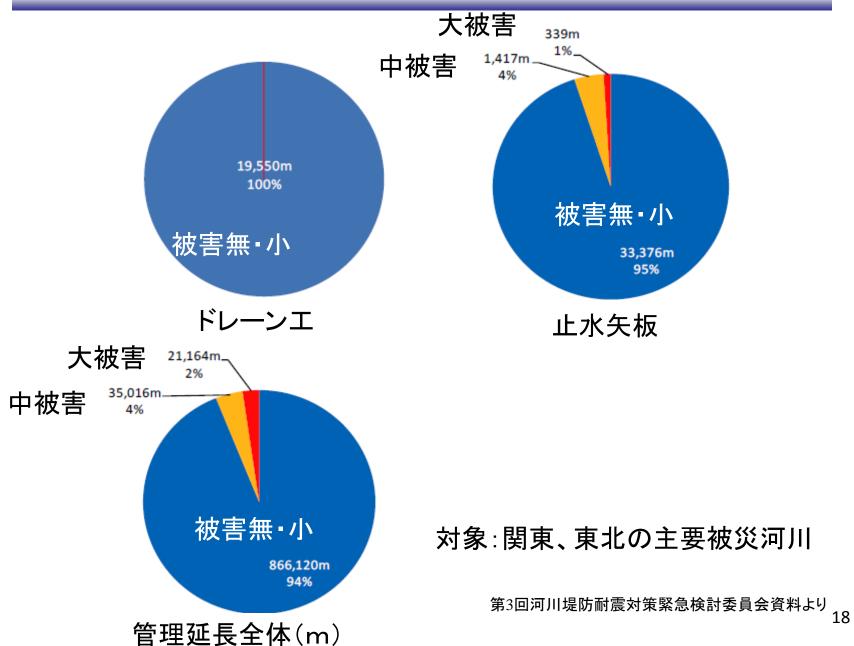
裏のりの状況

植生工 護岸工

2003年宮城県北部の地震 における旧断面図

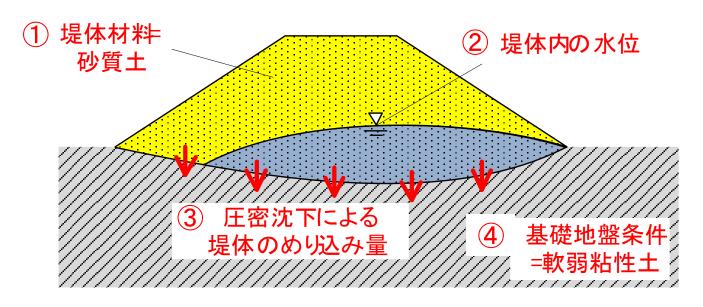
- 2003年7月宮城県北部の地震 で被災
- 本復旧に併せて浸透対策を実施
- 天端に縦断亀裂および段差等の 軽微な被害
- ドレーンを設置した裏のりには変 状なし.

浸透対策の地震対策としての効果



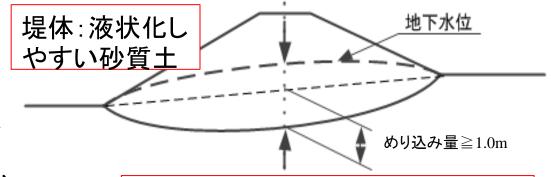
4. 堤体液状化の点検手法 ・対策手法の提案

堤体の液状化による被害の主な要因



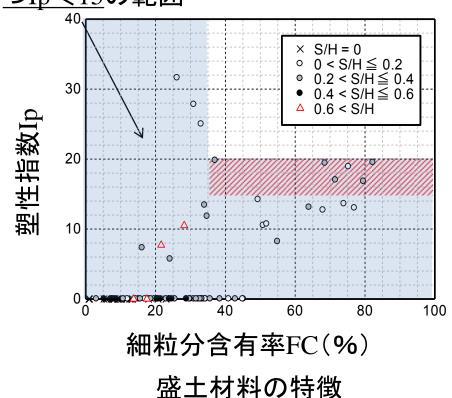
- ①堤体材料 液状化しやすい砂質土
- ③圧密沈下等による堤体のめり込み量 基礎地盤への沈下により堤体内の飽 和領域が増加
- ②堤体内水位 雨水や河川水の浸透等に より堤体内に高い水位
- ④基礎地盤条件=軟弱粘性土 堤体との透水性の違いによる堤体内 の雨水等の滞留 圧密沈下が大きくなりやすい

堤体の液状化による被災箇所の特徴



液状化判定の対象 となる<u>FC < 35%</u> あるいは<u>FC>35%か</u> つIp < 15の範囲

飽和層厚≥1.0mかつ飽和層厚比≥0.2



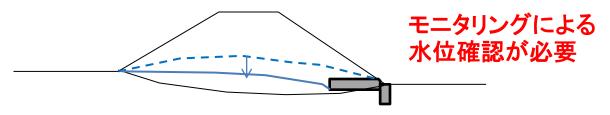
(E) H_{sat} /H ≧0.2 で沈下増 ドペソリミュー で沈下増 から 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 飽和層厚H_{sat} /堤防高さH

堤体内の飽和層厚(H_{sat}) ²

堤体の液状化に対する既設堤防の対策の考え方

地下水位低下工法(裏のり尻にドレーン工を設置)

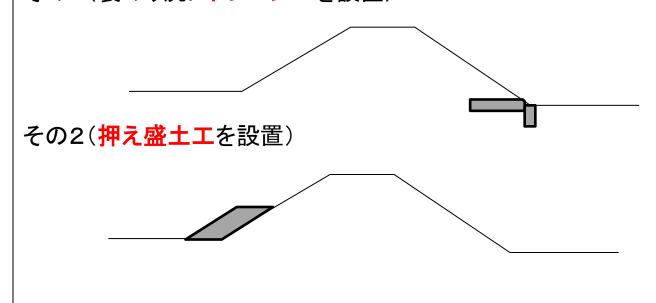
堤体内水位を低下させ堤体内の液状化範囲を減じる。



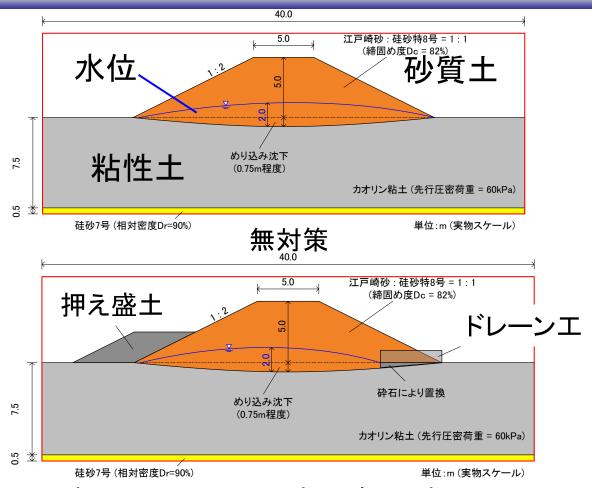
のり尻安定化工法

のり尻付近の堤体の液状化に伴う強度低下をきっかけとして堤防が変状し始めるため、のり尻付近の安定化を図る工法。

その1(裏のり尻にドレーン工を設置)



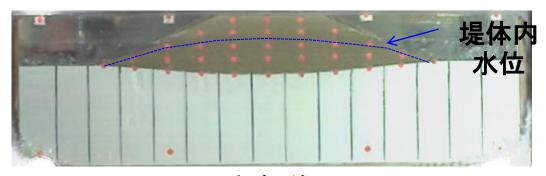
動的遠心力模型実験による堤体液状化の再現対策効果の検証



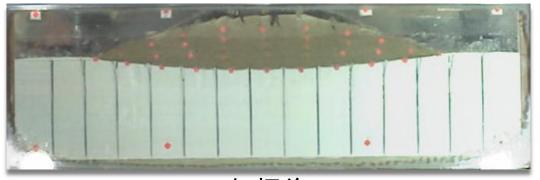
ドレーンエ (砕石、H1.0×B5.0)、押え盛土(砕石、H2.5×B5.0)

- 遠心加速度:50G
- 圧密させた軟弱粘性土地盤上に堤防模型(Dc=82%)を設置.
- 入力地震動: レベル2タイプI地震動

堤体液状化の再現



加振前



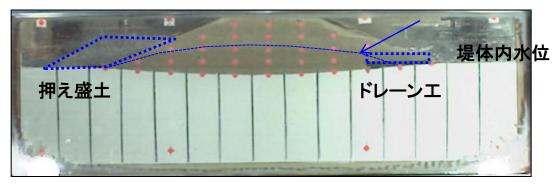
加振後



天端の沈下量 = 1.36m

- 堤体下部の飽和域 が変形
- 天端にクラック多数.

ドレーンエ、押さえ盛土の効果



加振前



加振後



天端の沈下量= 0.50m

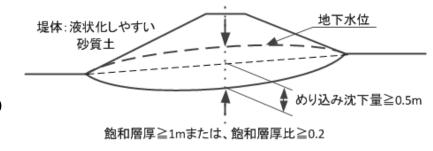
- 押え盛土 (左側), ドレーンエ (右側)がのり尻付近の変形を抑制
- 天端のクラックの発生を抑制

天端の状況

指針類への反映

①河川構造物の耐震性能照査指針・解説, 2012年2月改定

- ☆改訂のポイント
- ①堤体液状化, ②施設計画上の津波, ③地殻変動に伴う広域な地盤沈降の考慮
- ②レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル, 2012 年2月改定
- ☆改訂のポイント 堤体の液状化に関する点検を追加 ①堤体土質,②堤体内水位等による 堤体液状化被害の可能性を判定



③河川堤防の耐震対策マニュアル, 2012年2月

☆ポイント

東日本大震災を踏まえた当面の耐震対策の考え方

- ①堤体液状化に対する対策工法(地下水位低下, のり尻安定化)
- ②基礎地盤の液状化対策工法(土研マニュアルの適用)

-26-

5. 今後の技術的課題

- ①液状化判定法・堤防の地震時変形解析手法の高度化
 - 継続時間の長い地震動, 粒度, 年代効果等の影響
- ②堤体の液状化による被害の定量的な評価
 - 築堤材料,締固め,堤体内のゆるみ等の影響
- ③効果的な対策工法・設計法の開発
 - •L1地震動や浸透に対して設計された対策工が一定の効果を発揮
 - 対策効果(液状化深さ, 拘束圧, 不飽和の影響等)の解明と設計 法の合理化
- ④合理的な調査技術, 点検技術の開発
 - ・膨大な延長を有する堤防の基礎地盤、築堤材料、堤体内の地下水位等を効率的に把握する技術