

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

①研究代表者	氏 名 (ふりがな)	所 属	役 職	
	小高 猛司 (こだか たけし)	名城大学 理工学部	教 授	
②研究テーマ	名称	地震・洪水およびその複合災害に対する統合型河川堤防評価技術の開発		
	政策領域	[分野] 河川技術分野 [公募課題] 河川堤防の安全対策に関する技術研究開発	融合技術	
③研究経費 (単位:万円)	平成24年度	平成25年度	平成26年度	総 合 計
	2,133	2,048	819	5,000
※端数切り捨て。				
④研究者氏名				
氏 名	所属・役職 (※平成27年3月31日現在)			
李 圭太	(株)建設技術研究所・部長			
野田 利弘	名古屋大学・教授			
本城 勇介	岐阜大学・教授			
榎本 文勇	(株)建設技術研究所・研究員			
高稲 敏浩	(株)浅沼組 技術研究所・課長			
加藤 雅也	中部土質試験協同組合・次長			
原 忠	高知大学・教授			
溝口 敦子	名城大学・准教授			
小山 倫史	関西大学・准教授			
肥後 陽介	京都大学・准教授			
大竹 雄	新潟大学・准教授			
崔 瑛	名城大学・准教授			
⑤研究の目的・目標				
本研究では、以下の4つの目的および目標を掲げる。				
(1)合理的な河川堤防の耐震性評価法および浸透破壊解析手法を開発する (テーマ1). 有限変形 FEM 解析 GEOASIA を三相系に拡張した解析コードを用いて、河川堤防の耐震性ならびに浸透安定性を高精度に評価する手法を整備する。				
(2) 実務担当者が使いやすい土質定数設定法のガイドラインを作成する (テーマ2). 現行の浸透すべり安定性評価に用いる土質定数を対象に、地盤特性および土質特性を考慮して適切な土質定数を決定する手法のガイドラインを作成する。				
(3)樋門、水門などの構造物周りのゆるみ領域を考慮した破堤危険度評価法を提案する (テーマ3). ゆるみや空洞の発生・発達メカニズムを実験や解析を通して解明し、収集した実堤防の被災事例の分析とあわせて、合理的な危険度評価法を提案する。				
(4)堤防へ信頼性解析を適用し、合理的な照査・検討・設計・維持管理手法を提案する (テーマ4). 河川堤防の安全性評価における不確実性を定量的に評価し、現行評価手法に関してそれらの寄与度を分析した上で、評価法の信頼度を検証する。				

⑥研究成果

本研究で推進している4つの研究テーマ毎に研究成果を示す。

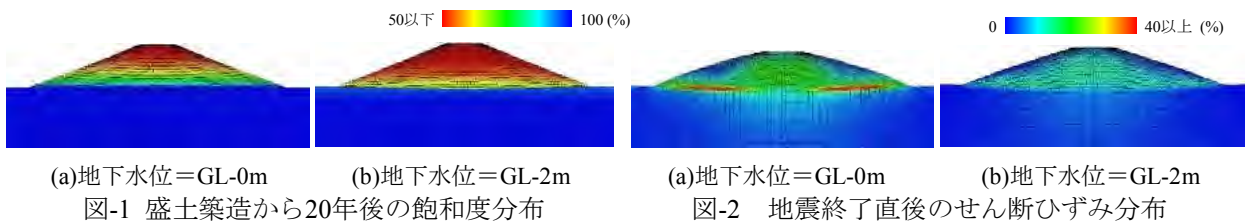
テーマ1：合理的な河川堤防の耐震性評価法および浸透破壊解析手法の開発

東日本大震災では、粘性土基礎地盤上の河川堤防の崩壊が各所で見られた。この原因として、堤体盛土建設時の粘性土基礎地盤の変形により、盛土底部が地下水位以深まで沈下して閉封飽和域を形成し、地震時にその領域が液状化したことが考えられている。これに関して、被災断面は無被災断面に比べて地下水位が高かったという報告（北上川等堤防復旧技術検討会報告書，2012）があり、本研究では地下水位が高低異なる二つの場合の、粘性土地盤上の不飽和盛土の築造過程から地震時・地震後までの三相系解析を実施した。

図-1は、地下水位=GL-0mと-2mの場合について、圧密が終了した盛土載荷終了から20年後の飽和度分布を示す。地下水位が高い場合は盛土底部をはじめに飽和度が高く、閉封飽和域が形成されたが、地下水位が低い場合は閉封飽和域が形成されなかった。

図-2は、地震終了直後におけるせん断ひずみ分布を示す。GL-0mの方が、飽和度の高い盛土底部を中心に变形が大きい。これは、GL-0mには盛土底部に閉封飽和域が存在し、地震時に平均骨格応力の低下および間隙水圧と空気圧の上昇が生じたためである。

次に、粘性土基礎地盤上の河川堤防を対象とした三相系解析を実施した。ここでは、大都市河川の堤防を対象にして、ボーリングによる地盤調査および室内土質試験を実施し、詳細な地盤モデルを作成した上で、浸透・地震時挙動に関する三相系解析を実施した。低水位（常時）ならびに地震と洪水との複合災害を考慮した高水位の2ケースを設定し、南海トラフ地震を検討した。図-3は地震終了直後のせん断ひずみ分布である。堤内地の大きな小段の存在のために、低水位ならば川表側にせん断ひずみが卓越するものの、高水位の場合には河川水が外力となるために、川裏側（図の右側）へせん断ひずみが卓越する変形となった。また、照査外水位に匹敵する天端沈下量も発生した。



(a)地下水位=GL-0m

(b)地下水位=GL-2m

図-1 盛土築造から20年後の飽和度分布

(a)地下水位=GL-0m

(b)地下水位=GL-2m

図-2 地震終了直後のせん断ひずみ分布

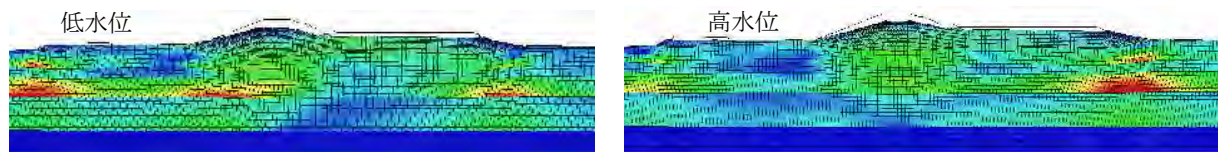


図-3 地震終了直後のせん断ひずみ分布

本研究では、二相系の有限変形弾塑性FEM解析コードGEOASIAをベースに三相系に拡張した解析コードを、様々な浸透条件に対応できるように境界条件を新たに整備した。上記の解析例の他、パイピング破壊に関する事例解析にも成功している。以上のように、粘性土地盤上および砂礫土地盤上の河川堤防の浸透時、地震時および浸透・地震の複合時の変形・破壊照査が可能である解析手法が開発できた。

⑥研究成果（つづき）

テーマ2：室内試験による土質定数設定のガイドライン作成

堤防土の土質定数の合理的な決定手法を検討するため、全国の河川堤防から砂質土から礫質土まで様々な堤体土を採取し、各種の試験条件で三軸試験を実施した。その結果、合理的に強度定数を決定する手法として、CU試験を実施した上で変相状態の有効応力を用いる手法を提案した。

図-4に変相状態の有効応力の設定法を示す。図は実際の密詰め傾向の堤防砂（北島試料）のCU試験結果であるが、この試験例のように間隙水圧の最大値が明確に表れているときは、間隙水圧最大時の軸ひずみを読み取り、その時点を変相状態と定義し、有効応力を読み取る。一方、ゆる詰め傾向の供試体の場合は、軸差応力が最大となる時点を変相状態と定義する。また、この変相状態で強度定数を決定する合理性について、弾塑性論に基づく考察と特殊な浸透吸水実験を実施して示した。

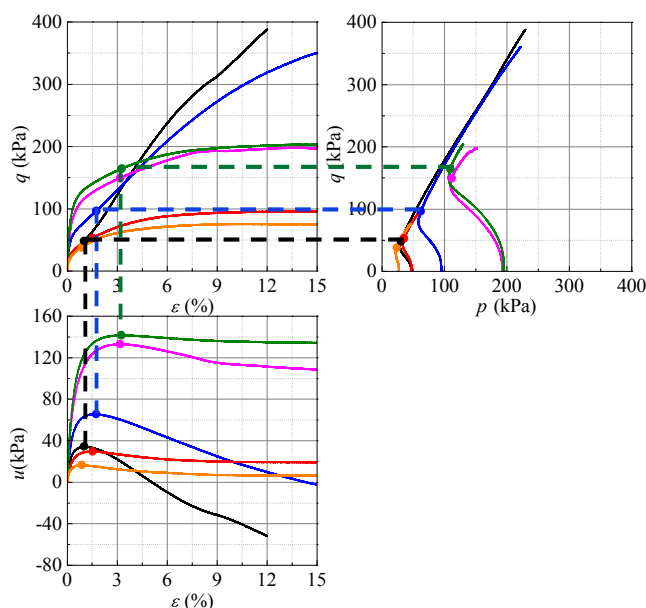


図-4 試験による変相状態の設定

最終的に本研究で作成した、土質定数設定のガイドラインを以下に示す。

- ①現地堤防の確認
- ②不攪乱試料の採取が可能であれば採取する。不攪乱試料の採取が困難な場合には、攪乱試料を採取する。その際、現地土を試験室内で再構成できるように、堤体の乾燥密度の把握に努める。また、最大粒径の把握にも努める。
- ③細粒分50%以上を含む粘性土の場合には、別途検討を行う。
- ④不攪乱試料の場合には必要に応じて凍結させた後に、供試体を作製する。再構成試料の場合には、堤防の乾燥密度にあわせて供試体を再構成するが、現地土に大きな礫が混入している場合には、礫分の含有率を現地と一致させるなどの工夫を行う。
- ⑤CU試験を実施し、JGS基準の強度定数 c' 、 ϕ' を求める。
- ⑥密詰め挙動の土の場合は、計測した過剰間隙水圧の最大値となる応力状態を、最大値が明確ではない場合は、有効応力が最小となる応力状態を用いて、強度定数を決定する。また、ゆる詰め挙動の土の場合には、軸差応力が最大となる応力状態を用いて、強度定数 ϕ_p を決定する。なお、いずれの場合も $c=0$ と仮定の下で決定する。
- ⑦ ϕ' と ϕ_p が大きく異なる場合には、その理由を検討する。 ϕ_p のみが非常に小さい場合には、信頼性が低い場合があるので見直す。
- ⑧変相時で求められた ϕ_p を強度定数として採用する。

⑥研究成果（つづき）

テーマ3：樋門、水門などの構造物周りのゆるみ領域を考慮した破堤危険度評価手法の開発

杭に剛支持された剛構造樋門では、基礎地盤の沈下に伴い底盤直下に空洞等が生じ、さらにその底部の空洞に端を発し、樋門の側方から上部にも空洞等が拡大していくと考えられる。ここでは豪雨等による河川水位の繰り返し変動や、高水位時の浸透を表現した二次元および三次元模型実験を行い、樋門底盤下部空洞をトリガーとする樋門周辺地盤の空洞・ゆるみ領域の発生メカニズムの検討を行った。

図-5に、二次元模型実験における、給排水に伴う樋門周辺地盤の空洞・ゆるみ領域の生成・発達挙動の例を示す。地盤内の浸透流もしくは水位の変動により、土粒子が樋門底盤下部空洞に吸い出されて、樋門側方の地盤から流出する様子が明確に観察された。図-6に、三次元模型実験における、浸透に伴う樋門側壁に発生するゆるみの進展挙動を示す。図より、実験開始10分後には樋門周辺地盤に敷設した一層目の色砂が下向きに変形し始め、その領域は徐々に広まっている。これは樋門周辺の地盤が浸透に伴って樋門底盤下部空洞に流入し、周辺地盤にゆるみが発生したためである。

以上の実験結果より、以下のように樋門周辺地盤の空洞・ゆるみ領域の生成・発達のメカニズムをまとめることができる。

二次元模型実験より、樋門横断方向では、地盤内の浸透流もしくは水位の変動により、土粒子が樋門底盤下部空洞に吸い出されて、樋門側方の周辺地盤から樋門下部空洞へ流出する様子が明確に観察された。水位上昇時に飽和した地盤はサクシオンを失い、土粒子の流動が活発化し、樋門周辺地盤にゆるみ領域や空洞が拡大する。水位低下時、樋門周辺の地盤に下向きの浸透力が作用することにより、樋門周辺地盤は樋門底盤下部空洞に吸い込まれるように流出し、空洞が拡大する。三次元模型実験により、樋門底盤下部空洞に排出された土砂は、樋門下部空間に生成された水みちによって堤体外に排出される。これら、横断方向および縦断方向での土粒子の移動が積み重なり、大きいゆるみ領域・空洞に繋がる。



図-5 二次元模型実験による空洞・ゆるみ領域発達の観察

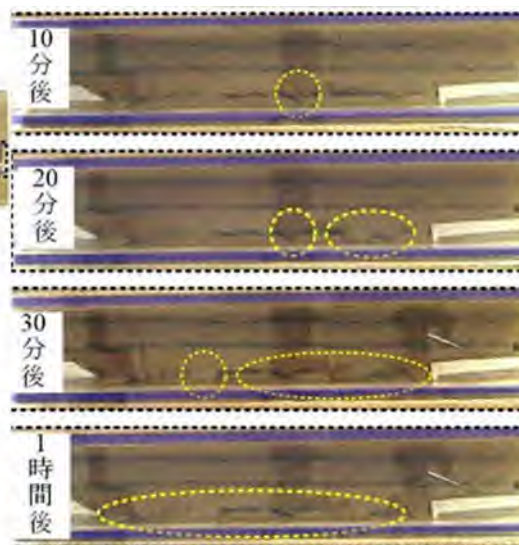


図-6 三次元模型実験による樋門側壁の観察

本研究では、これらの模型実験で明確にした樋門周辺地盤の空洞・ゆるみ領域の生成・発達のメカニズムに整合している、実堤防における構造物周りのゆるみや空洞の発生事例を収集した。さらに、危険度評価するための手法について検討し、日常目視点検などに活用するための4つの危険度レベルで評価する危険度評価指標の提案を行った。

⑥研究成果（つづき）

テーマ4：信頼性解析による河川堤防の安全性評価における不確実性の定量的評価

本研究では、線形構造物である河川堤防の浸透安定性および地震液状化に対する連続的危険度評価モデルを統一的な信頼性解析理論の上に構築し、その事例研究を行った。具体的には、実河川堤防（一級河川）を対象として、実際の地盤調査データ、実測データに基づいて信頼性解析の具体的な手順や効果を提示した。

浸透に対しては、200m間隔で得られている河川堤防の定規測量結果（紙面）（データ数：688）を基に、図-7に示す各形状要素の物理量を測定し、統計的に整理した。各形状要素のうち、重複した情報を持つ要素を相関分析によって排除した。その結果、採用された要素は、堤防全体の幅・高さを表現する指標として、堤防幅（B.all）、平均動水勾配（ α .hyd）、法尻の規模・勾配を表現する指標として、法尻幅（B.toe）、法尻勾配（ α .toe）、さらに他の形状要素に対して独立性の高い法尻先端の擁壁の高さ（H.wal）、以上5つの形状要素である。さらに、これらに2つの物性値要素を加えた各要素の統計量を表-1に示す。以上の結果を踏まえて、堤体安全率を簡易に評価する近似式（応答曲面）を導出し、その応答曲面を用いて、延長20kmの信頼性解析を合理的かつ適切に行う方法を提案した。

一方、地震（液状化）に関しては、標準貫入試験と粒度試験などの基本的な地盤調査から計算できる簡易な指標（PL値）を用いて、線状構造物の線形方向に連続的に液状化危険度を評価する方法を提案した。

図-8に対象とした実河川の左岸堤で実施した信頼性解析結果を示す。図の中段には、前述の洪水（浸透）に関する信頼性解析結果も示している。任意地点の危険度が連続的に計算されていることがわかる。

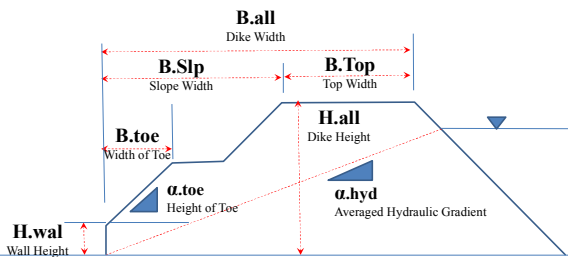


図-7 堤防形状要素の構成

表-1 堤防形状要素と物性値の統計量

Parameter		μ (Level=0)	σ	Level	
				-1	+1
x1	ϕ'	36	4.1	31.9	40.1
x2	ke/kb	1	0.79	0.21	1.79
x3	α .toe	2.4	0.63	1.78	3.03
x4	α .hyd	0.16	0.07	0.09	0.23
x5	B.toe	8.19	5.36	2.8	13.58
x6	B.all	26.36	7.08	19.28	33.44
x7	H.wal	1.19	0.69	0.5	1.88

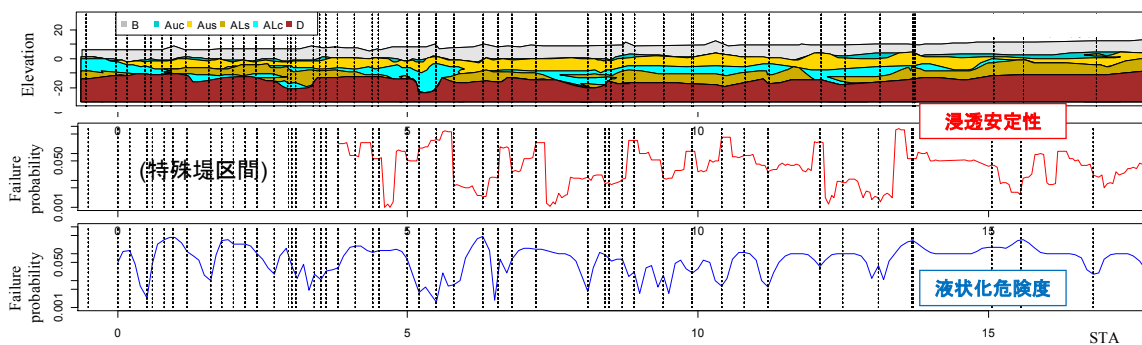


図-8 左岸20kmにおける信頼性解析結果

上段：地質縦断図，中段：浸透安定性評価，下段：液状化危険度

以上の信頼性解析により、洪水ハザード、地震ハザードの両面から考察を行い、どの断面を優先して対策すべきか、そして、どのような対策（対策工、追加地盤調査による再検証）を講じれば良いかという管理者の判断にとって、重要な基礎資料が提供できる。

洪水および地震ハザードに対する河川堤防の信頼性評価を統一的理論に基づいて実施することができるプラットフォームを構築することができた。

⑦研究成果の発表状況

・これまでに発表した代表的な論文

1. 小高猛司, 崔瑛, 李圭太, 兼松祐志, 小林芳樹: 三軸試験の試験条件が河川堤防土の強度定数に及ぼす影響, 河川技術論文集, 19, 81-87, 2013.
2. Honjo, Y. and Otake, Y.: A Simple Method to Assess the Effects of Soil Spatial Variability on the Performance of a Shallow Foundation, ASCE Geotechnical Special Publication No.229, Foundation Engineering in the Face of Uncertainty, 385-404, 2013.
3. 溝口敦子: 越流の誘因が破堤過程に及ぼす影響の実験的検討, 河川技術論文集, 19, 45-50, 2013.
4. 大竹 雄, 本城勇介: 地盤構造物設計におけるモデル化誤差の定量化, 土木学会論文集 C (地圏工学), 70(2), 170-185, 2014.
5. 大竹 雄, 本城勇介: 地盤構造物設計における変換誤差の定量化: 土木学会論文集 C (地圏工学), 70(2), 186-198, 2014.
6. 大竹 雄, 本城勇介, 平松佑一, 吉田郁政, 佐古俊介, 中山 修, 長野拓朗: 震災履歴を有する河川堤防 20km における地盤調査地点を考慮した液状化危険度解析とその有効性検証, 地盤工学ジャーナル, 9(2), 203-217, 2014.
7. 小高猛司, 崔 瑛, 小林芳樹, 武 楊, 李 圭太: 河川堤防の安全性照査に用いる適切な強度定数の検討, 第 59 回地盤工学シンポジウム論文集, 145-150, 2014.
8. 崔 瑛, 小高猛司, 李 圭太: 樋門周辺地盤におけるゆるみ領域・空洞の生成・発達メカニズムに関する模型実験, 第 59 回地盤工学シンポジウム論文集, 505-510, 2014.
9. Noda, T. and Yoshikawa, T.: Soil-water-air coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, Soils and Foundations, 55(1), 45-62, 2015.

・国際会議、学会等における発表状況

1. Kodaka, T., Cui, Y., Lee, K.-T., Mori, S. and Kanematsu, Y.: Soil structure in gravel-mixed sand specimen and its influence on mechanical behavior, Proc. of the 18th Int. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 1691-1694, 2013.
2. Otake, Y., Honjo, Y. and Hiramatsu, Y.: Reliability analysis of 20-km river dike against liquefaction failure, Proc. of the Geotechnical Safety and Risk IV, 299-304, 2013.
3. Honjo, Y. and Otake, Y.: Statistical estimation error evaluation theory of local averages of geotechnical parameters, Proc. of The 11th International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR2013), 2013.
4. Honjo, Y. and Otake, Y.: A simplified reliability of spatial variability employing local average of geotechnical parameters, Proc. of The 11th International Conference on Structural Safety and Reliability (ICOSSAR2013), 2013.
5. 小高猛司・崔 瑛・兼松祐志・小林芳樹・李 圭太: 河川堤防土の強度定数決定のための試験条件についての一考察, 第 25 回中部地盤工学シンポジウム論文集, 55-60, 2013.
6. 中村太意・小高猛司・崔 瑛・李 圭太・榎本文勇: 河川堤防樋門周辺地盤内のゆるみ領域や空洞の生成・発達現象の観察, 第 25 回中部地盤工学シンポジウム論文集, 61-68, 2013.
7. 吉川高広, 野田利弘: 不飽和土構造物の施工時・地震時・地震後の空気～水～土骨格連成有限変形シミュレーション, 第 25 回中部地盤工学シンポジウム, 23-28, 2013.
8. 平松佑一・本城勇介・大竹 雄・李 圭太・小高猛司: 堤体地盤調査データの統計解析に基づく河川堤防の信頼性評価, 第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, 49-50, 2013.
9. 小高猛司・李 圭太・崔 瑛・兼松祐志・小林芳樹: 砂質堤防土の強度定数評価のための三軸試験条件の考察, 第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, 67-70, 2013.
10. 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩: 閉封飽和域を有する不飽和堤体と軟弱粘土地盤との地震中・地震後連成挙動に関する空気～水～土骨格連成有限変形解析, 第 1 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム講演概要集, 91-94, 2013.
11. Kodaka, T., Noda, T., Yoshikawa, T. and Takeine, T.: Seismic and Postseismic Behavior of River Levee on Soft Clay Ground, Keynote Lecture, MS22, COMPSAFE 2014, 138-139, 2014.
12. 小高猛司, 野田利弘, 吉川高広, 高稲敏浩, 李 圭太, 崔 瑛: 粘土基礎地盤上の河川堤防の被災メカニズムに関する一考察, 地盤工学会特別シンポジウム～東日本大震災を乗り越えて～発表論文集, 219-224, 2014.
13. 崔 瑛, 小高猛司, 李 圭太, 小林芳樹, 武 楊: 河川堤防砂質土の適正な強度定数評価手法, 第 26 回中部地盤工学シンポジウム論文集, 1-6, 2014.
14. 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 崔瑛: 空気～水～土骨格連成有限変形解析を用いた不飽和浸透模型実験の数値シミュレーション, 第 26 回中部地盤工学シンポジウム論文集, 13-18, 2014.
15. 小高猛司, 崔 瑛, 李 圭太, 小林芳樹, 武 楊: すべり安定性照査に用いる堤体土の強度定数設定法, 第 2 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム, 45-48, 2014.
16. 崔 瑛, 小高猛司, 李 圭太, 武 楊: 剛構造樋門周辺堤防の土砂流出を伴う劣化に関する模型実験, 第 2 回地盤工学から見た堤防技術シンポジウム, 2014.
17. 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩: 粘性土地盤上の不飽和盛土の施工時・地震中・地震後挙動に関する空気～水～土骨格連成解析, 地盤工学会特別シンポジウム～東日本大震災を乗り越えて～発表論文集, 248-254, 2014.
18. Y. Otake, Y. Honjo, Y. Hiramatsu, M. Mase and I. Yoshida: Reliability Analysis of Long River Dike Against Liquefaction Failure, Proc. of Vulnerability, Uncertainty, and Risk, 2409-2418, 2014.
19. Y. Honjo and Y. Otake: Consideration on Major Uncertainty Sources in Geotechnical Design, Proc. of Vulnerability, Uncertainty, and Risk, 2488-2497, 2014.
20. Y. Otake and Y. Honjo: A simplified procedure to evaluate the effect of soil variability on geotechnical structures, Proc. of Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics, 1265-1270, 2014.
21. Y. Honjo and Y. Otake: Is soil spatial variability the most important source of uncertainty in geotechnical design?, Proc. of Computer Methods and Recent Advances in Geomechanics, 1271-1276, 2014.
22. Honjo and Y. Otake: Reliability analysis of long soil retaining wall considering layer thickness uncertainty, Proc. of Life-Cycle of Structural Systems, 1370-1377, 2014.
23. Noda T., Yoshikawa, T and Takaine, T.: Soil-water- air coupled seismic behavior accompanying internal water level variation of an unsaturated embankment with an enclosed saturation area on cohesive soil ground, Proc. of 15ARC, to appear, 2015.
24. Kodaka, T. Cui, Y., Lee, K.-T., Kobayashi, Y. and Wu, Y.: Evaluation of strength coefficients of sandy levee soils under various triaxial test conditions, Proc. of 15ARC, to appear, 2015.
25. 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩: 粘性土地盤上の不飽和盛土で地震後に生じる水位上昇メカニズムに関する空気～水～土骨格連成有限変形解析, 第 20 回計算工学講演会 (投稿中), 2015.
26. 小高猛司・崔 瑛・田村太郎・武 楊・小林芳樹・李 圭太: 礫質堤防土の力学特性の評価に及ぼす供試体再構成条件の影響, 第 50 回地盤工学研究発表会 (投稿中), 2015.
27. 小高猛司・崔 瑛・武 楊・田村太郎・小林芳樹・李 圭太: 砂質堤防土の強度定数評価に及ぼす供試体再構成と凍結過程の影響, 第 50 回地盤工学研究発表会 (投稿中), 2015.
28. 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩: 地下水位が異なる粘性土地盤上の不飽和盛土の静的/動的空気～水～土骨格連成解析, 第 50 回地盤工学研究発表会 (投稿中), 2015.
29. 野田利弘, 吉川高広, 加藤健太, 小高猛司, 高稲敏浩, 李圭太: 空気～水～土骨格連成有限変形解析に基づく南海トラフ地震に対する大規模河川堤防の挙動に及ぼす河川水位の影響評価, 第 50 回地盤工学研究発表会 (投稿中), 2015.
30. 加藤健太, 吉川高広, 野田利弘, 小高猛司, 高稲敏浩, 李圭太: 空気～水～土骨格連成有限変形解析に基づく河川堤防基礎地盤の透水性がバイピング破壊に及ぼす影響評価, 第 50 回地盤工学研究発表会 (投稿中), 2015.
31. 吉川高広, 野田利弘, 加藤健太, 小高猛司, 李圭太, 高稲敏浩: 空気～水～土連成有限変形解析による大規模河川堤防の浸透・地震時挙動の評価, 第 18 回応用力学シンポジウム (投稿中), 2015.

・学術誌へ投稿中の論文 (掲載が決定しているものに限る)

1. 吉田郁政, 大竹雄, 本城勇介: 情報の価値 Value of Information に基づく最適な観測点位置および箇所数の評価方法, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学) (掲載決定)

⑧研究成果の社会への情報発信

該当なし

⑨表彰、受賞歴

1. 本城勇介・大竹雄，他1名：平成25年度 土木学会 論文賞（論文名：地盤パラメータ局所平均の空間的ばらつきと統計的推定誤差の簡易評価理論），平成26年6月受賞
2. 本城勇介：平成24年度地盤工学会賞・研究業績賞（業績名：地盤構造物を対象とした性能設計の開発と普及），平成25年6月受賞
3. 大竹 雄，本城勇介，他1名：平成24年度地盤工学会賞・論文賞（和文部門）（論文名：調査地点を考慮した長大水路の液状化危険度解析），平成25年6月受賞
4. 名古屋大学・名城大学・(株)浅沼組，吉川高広：平成25年度土木学会中部支部技術賞（受賞名：粘土地盤上の不飽和盛土の地震中・地震後挙動に関する空気～水～土骨格連成解析），平成26年5月受賞
5. 吉川高広（指導教員：野田利弘）：平成25年度地盤工学会中部支部賞（論文賞），平成26年4月受賞
6. 小高猛司，李 圭太，加藤雅也，他5名：平成22年度地盤工学会賞・論文賞（和文部門）（論文名：河川堤防砂礫の変形・強度特性の評価手法に関する考察），平成23年6月受賞

⑩研究の今後の課題・展望等

テーマ1においては、当初の目標通り、地震・洪水およびその複合災害に対する数値解析法を整備でき、粘性土地盤や礫地盤を含む基礎地盤を持つ河川堤防の被災予測を行うことが可能となった。今後は、現場の技術者が扱えるパラメータ設定や解析手順について検討する。

テーマ2においては、土質定数のガイドラインを作成・提案したが、現場に十分適用可能であり、今後の耐浸透照査・設計への活用が期待される。また、既往照査結果の再精査にも活用できる。また、粘性土の土質定数については未対応であるため、今後の課題とした。

テーマ3においては、模型実験と事例調査で明らかにした構造物周りの空洞・ゆるみ領域の発達メカニズムに基づき、破堤危険度評価法の提案を行った。今後、日常点検等の河川管理業務に、より適用しやすい形にしてゆくことが課題である。

テーマ4においては、浸透すべり安定性と液状化危険度に対する信頼性解析のスキームを構築することができた。今後、他の河川においても堤防強化の優先づけに役立ててゆくことが必要である。

本研究では、テーマ3において、構造物周りの地盤という堤防弱部に焦点をあてた検討を実施し、テーマ1ではパイピング破壊の検討も実施したが、テーマ2や4では、そこまで局所性の高い現象については扱わなかった。今後、パイピング破壊などの極めて局所性の高い堤防の不安定化現象に対する安全性向上の検討も実施すべきと考えている。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

テーマ1で整備した解析手法は、地震時および洪水時の安定性を高精度に評価する上で非常に有効なツールとなる。堤防の重要箇所の照査や既往照査法ではレベル2地震による変状が全く予想できない箇所の被害予測など、河川行政で用いるべき局面は多い。

テーマ2で提案した「土質定数設定のガイドライン」は、これまで現場において統一性が取れていなかった試験条件ならびに試験結果の取り扱いを明確に示すことになり、実務上、有用に活用できる。今後、「河川堤防の構造検討の手引き」の改訂などに利用することができる。

テーマ3でとりまとめた、構造物周りのゆるみ領域を考慮した破堤危険度評価法は、目視点検などの日々のメンテナンス業務において、堤防のどのあたりに着目して目視点検すべきなのかなど、有用な知見を提供することができる。

テーマ4では、洪水時のすべり安定性や地震時の液状化危険度を、信頼性解析の枠組みで統一的理論に基づいて実施することができるプラットフォームを構築できたが、それによって、どの断面を優先して対策すべきか、どのような対策（対策工，追加地盤調査による再検証）を講じれば良いかという管理者の判断にとって重要な基礎資料を提供できる。