

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19380136

研究課題名 (和文) 地盤浸透破壊のメカニズム解明と総合評価

研究課題名 (英文) MECHANISM OF SEEPAGE FAILURE OF SOIL AND COMPREHENSIVE EVALUATION

研究代表者

田中 勉 (TANAKA TSUTOMU)

神戸大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号：20144602

研究代表者の専門分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：地盤工学・浸透破壊・性能設計・DEM解析・限界水頭差・締切り矢板・PIV解析

#### 1. 研究計画の概要

アースダムや堤防などの破壊事故は約40%が浸透流あるいは浸透に起因した現象に端を発している。その中でも土粒子の移動、すなわちパイピングによる破壊は現象が複雑でありいまだそのメカニズムが不明な点が多い。また、締切り矢板背後の地盤においては全体的な浸透破壊が問題となる。そこでは、パイピングによる破壊現象と全体的な破壊現象が複雑に絡み合って発生する。パイピングや全体的な破壊による浸透破壊を防止するためにはその発生機構を明らかにする必要がある。浸透破壊現象は複雑であり、早急に解決が望まれている。本研究では、一連の流れの条件（一次元流、二次元流、二次元集中流、軸対称流）を考慮して、総合的な観点から浸透破壊理論を構築しようとするものである。そのためには、次のような課題を達成する必要がある。

- (1) 実験的研究として、一連の流れの条件に関して、浸透破壊実験を行い、実験的に浸透破壊メカニズムを解明する。
- (2) 理論的研究として、一連の流れ条件に関して、浸透流解析及び浸透破壊に対する安定解析を行い、理論的に浸透破壊メカニズムを解明する。
- (3) 理論的・実験的考察を踏まえ、浸透破壊現象に関して総合評価を試みる。
- (4) 三次元 FEM 浸透流解析プログラム FEMSEE6E、及び、三次元浸透破壊に対する安定解析プログラム SEEPFL662 を開発する。
- (5) 上記(4)で開発したプログラムを用いて、三次元浸透流特性及び三次元浸透破壊現象を数値解析的に解明する。
- (6) 近年の大規模・大深度掘削工事において

は、三次元的な浸透破壊が問題となっている。ここでは、簡易手法として有用な「三次元浸透破壊問題の軸対称近似」の整合性について評価する。

#### 2. 研究の進捗状況

- (1) 一連の流れ条件（一次元流、二次元流、二次元集中流、軸対称流）に関して、実験が全て終了した。実験結果に関して、総括的な考察と学会論文集等への投稿が残されるのみとなっている。
- (2) 実験地盤について浸透流解析を行い、その結果を実験データと比較することによって、実験地盤の作製状況（均質性と異方性）等について正確に把握することを試みている。
- (3) 実験地盤の異方透水性の把握については、一連の流れ条件における実験結果に関して、採取試料による透水試験、目視法、逆解析法によって、解析を行い、水平方向と鉛直方向の透水係数の比（異方透水性の値）がおおよそ1:1.2という結果を得た。最終的な結果の整理と考察、学会論文集等への投稿が残されるのみとなっている。
- (4) 一連の流れ条件に関して行った実験結果の全てについて、浸透流解析及び浸透破壊に対する安定解析がほぼ終了した。そして、流量急増時水頭差、変形開始時水頭差、破壊時水頭差を算定した。最終的なデータの整理と考察、学会論文集等への投稿が残されるのみとなっている。
- (5) 本研究の総括である、浸透破壊現象の総合評価について、特に、平成21年度には、浸透破壊現象の無次元化に関する研究を開始した。半無限地盤に関する限界水頭差の無次元化表示を行った。

(6) 三次元浸透破壊問題の軸対称近似精度(適用性)について、特に、平成 21 年度には、掘削なしの地盤に関して一連の解析を行った。そして、三次元問題を軸対称近似することが妥当であることを明らかにした。

### 3. 現在までの達成度

②概ね順調に進展している。

(理由)

(1) 一連の流れ条件(一次元流、二次元流、二次元集中流、軸対称流)に関して、実験が全て終了し、全ての実験結果に関して、実験地盤の作成状態(均質性)を確認し、実験結果の妥当性(精度)を確認した。

(2) 一連の流れ条件における実験結果に関して、透水係数の逆解析、浸透流解析及び浸透破壊に対する安定解析が終了し、それらの結果について最終的な考察と公表を残すのみとなっている。

(3) 浸透破壊現象の総合評価について、すでに研究に取り組み、一部、成果を公表するとともに、さらに考察を深めているところである。

(4) 三次元浸透破壊問題について、実験を開始し、7 ケースを終わったところである。

(5) 開発した三次元浸透流解析プログラム FEMSEE6E を用いて実験地盤の解析を行い、地盤の作製状況(均質性と異方性)を判定した。

(6) 三次元浸透破壊安定解析プログラム SEEPFL662 を開発し、すでに解析を進めている。

(7) 三次元浸透破壊問題の軸対称近似の適用性検討について、すでに研究に取り組み、軸対称近似の妥当性の確認を行うとともに、さらに考察を深めているところである。

### 4. 今後の研究の推進方策

(1) 本研究の総括である、浸透破壊現象の総合評価について、研究を進めていく。

(2) 三次元浸透破壊実験及び実験地盤の浸透流・浸透破壊に対する安定解析を継続的に遂行する。

(3) 三次元浸透破壊問題の軸対称近似の適用性について、さらに考察を進める。

(4) 浸透破壊防止工法の一つである押えフィルターについて解析を行い、実験による検証を進めるとともに、最適な対策工法を提案する。

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

① 石渡洋子、田中 勉、廣瀬哲夫、二次元集中流実験地盤の浸透破壊における PIV 解析、地盤工学会誌「土と基礎」、57(9)、18-21、

2009、査読有

② 田中 勉、日下知哉、廣瀬大輔、流れの条件と地盤の浸透破壊安定性、地盤工学会誌「土と基礎」、57(9)、14-17、2009、査読有

③ TANAKA T., KUSAKA T., NAGAI S. and HIROSE D., Characteristics of Seepage Failure of Soil under Various Flow Conditions, Procs. of the 19th Intl. Offshore and Polar Engineering Conference & Exhibition 2006 (ISOPE-2009), Osaka Japan, 90-94, 2009, Peer Reviewed

④ 田中 勉、堀 宏昌、複列締切り矢板内掘削地盤の浸透破壊に対する安定解析、土と基礎、56(4)、26-29、2008、査読有

⑤ Hirose, T., Tanaka, T. and Yokoyama, T., Verification of seepage failure stability of soil at construction stages within a cofferdam, Proceedings of the 13th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 1023-1026, 2007, Kolkata, India, Peer Reviewed

⑥ 廣瀬哲夫、内田一徳、田中 勉、ファンティ ハン チャン、石渡洋子、PIV を用いた地盤の浸透破壊挙動の把握、農業土木学会論文集、75(5)、第 251 号、515-527、2007、査読有

[学会発表] (計 16 件)

① 廣瀬大輔、田中 勉、橋本和樹、井上一哉、三次元浸透破壊に関する実験と解析、平成 21 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集、606-607、2009.08.05。(茨城県、つくば市)

② 田中 勉、岩谷あゆみ、岩石早季子、石渡雅子、鹿島靖朗、井上一哉、二次元集中流実験地盤における透水係数の逆解析、平成 21 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集、604-605、2009.08.05。(茨城県、つくば市)

③ 石渡洋子、田中 勉、廣瀬哲夫、井上一哉、PIV 解析による浸透破壊に伴う土粒子の移動特性及び地盤の破壊形態、第 44 回地盤工学研究発表会平成 21 年度発表講演集、937-938、2009.07.19。(神奈川県、横浜市)

④ 田中 勉、廣瀬大輔、西河宏城、井上一哉、流れの条件による地盤の浸透破壊安定性—理論的・実験的検討—、第 44 回地盤工学研究発表会平成 21 年度発表講演集、pp.939-940、2009.07.19。(神奈川県、横浜市)

⑤ 田中 勉、石渡洋子、廣瀬大輔、西河宏城、井上一哉、二次元集中流地盤の浸透破壊—流量急増、地盤形状変化と土粒子移動の関係—、農業農村工学会京都支部第 65 回研究発表会講演要旨集、66-67、2008.11.06。(福井県、福井市)