

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24580353

研究課題名(和文) 農業用パイプラインの非破壊診断に基づく災害リスク評価法の開発

研究課題名(英文) Development of Risk Evaluation Method in Service Agricultural Pipeline using Non-Destructive Inspection

研究代表者

鈴木 哲也 (Suzuki, Tetsuya)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：30434103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：農業用パイプラインの効果的な維持管理には管材損傷に加えて、リスク同定が不可欠である。本研究では、非破壊検査による農業用パイプラインのリスク評価法を開発することを目的としている。研究開発の結果、既存施設において提案手法により構造損傷を同定できることが確認された。リスク評価指標は構造損傷の影響を受け、それらの推定には非破壊評価パラメータが有効であることが明らかになった。実証的検討成果を踏まえたリスク評価の結果、既存の農業用パイプラインの安全度を提案手法により非破壊的に評価できることが確認された。

研究成果の概要(英文)：For effective maintenance and management of an agricultural pipeline system, it is necessary to evaluate not only the damage of pipe materials but also the detection of risk. In this research, development of risk evaluation method are proposed by applying NDT methods. Thus, material damages were detected in service pipeline system, based on NDT surveying and risk analysis. The risk indexes were dependent on the degree of material damage and could be evaluated applying NDT parameters. By evaluating the risk in service pipeline based on these results, estimation of safety status was successfully detected by non-destructive inspection methods.

研究分野：非破壊検査工学

キーワード：農業用パイプライン 非破壊検査 弾性波 災害リスク

1. 研究開始当初の背景

農業用パイプラインに代表される大規模配管施設では、地震災害や経年劣化に伴い漏水事故が頻発し、農村地域の生活・生産活動に多大な影響を及ぼしている。しかし、既存施設に適用できる非破壊検査法やそれに基づく災害リスク評価法は、いまだ十分に開発されていない。2011年3月11日に発生した東日本大震災では上下水道施設に加えて、多くの産業用水を対象とした配管施設が被災した。被災後の復旧過程において既存施設の安全性照査技術に関する社会的ニーズは非常に高く、非破壊検査に基づくリスク評価法の開発は急務な技術的課題となっている。

2. 研究の目的

本研究では、農業用パイプラインに適応した非破壊検査法の開発に基づく地震災害を考慮したリスク評価法を構築することを目的としている。研究対象は農業用パイプラインであり、既に申請者により研究蓄積のある弾性波法と電磁波法を用いた非破壊検査法を研究期間である平成24年度から26年度の3カ年間に構築し、それらの結果を踏まえた災害リスク評価に基づく既存施設の安全性照査法を提案する。

3. 研究の方法

本研究では、具体的研究課題を以下の3項目に区分し、研究開発を試みた。

- (1) 農業用パイプラインの災害リスク評価法の開発
- (2) 損傷力学理論に基づく配管材の非破壊損傷同定法の開発
- (3) 配管内流体の高精度・非破壊モニタリング法の開発

研究課題(1)から(3)は、災害リスク評価の観点から事故リスクを研究課題(1)において分析し、研究課題(2)および(3)において具体的な非破壊検査技術を開発するものである。研究課題(1)は既存施設の事故実態を整理した後にモンテカルロ・シミュレーションを援用した災害リスク評価法を提案した。研究課題(2)は、非破壊・非接触による配管材の損傷度評価を赤外線技術を用いて開発した。材料損傷の定量化には、損傷力学理論におけるスカラー損傷概念を用いた。研究課題(3)は、配管内から発生する通水起源の弾性波を非破壊計測するための装置を開発した。これらの成果を統合し、農業用パイプラインに適応した非破壊検査法の開発に基づく災害リスク評価法を提案し、実構造物において検証試験を実施した。

4. 研究成果

本研究では申請時の研究目標として(1)大規模配管施設を対象とした災害リスク評価法の開発、(2)非破壊・非接触計測技術の構築および(3)配管内から発生する弾性波

の非破壊計測装置の開発である。3カ年の研究の結果、災害リスク評価法を構築するとともに、モデル配管試験と既存施設において非破壊・非接触計測技術を援用した安全性照査を試み、その有効性を確認した。主な研究業績は、極度に損傷が進行した構造物の物性値をAE (Acoustic Emission) とX線CTにより可視化・定量化するための方法論を開発し、蓄積された損傷と物性との関係からリスク評価パラメータを提案した。そのことを前提に災害発生時および発生後の損傷度の定量評価方法を提案し、災害リスク評価における指標値とした。研究実績は、閲読付論文31報、報文11報、口頭発表(国内)66報および口頭発表(国際)12報であり、国内外への研究成果の発信を実施した。研究成果の一例を図1~5に示す。

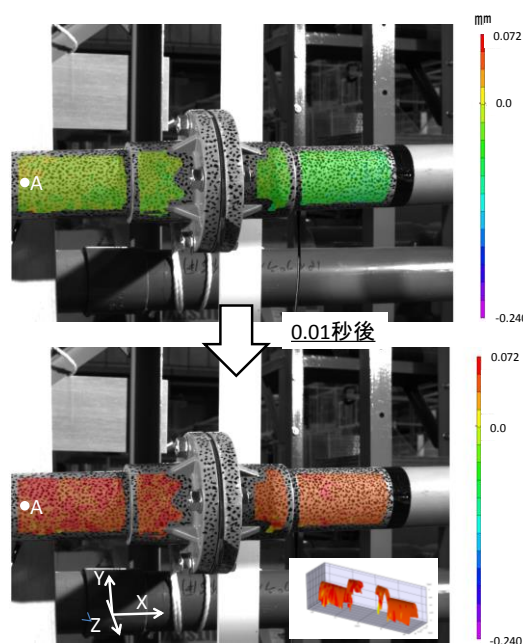


図1 DICMによる圧力波検出画像  
(上図：圧力波伝播前，下図：圧力波伝播時)

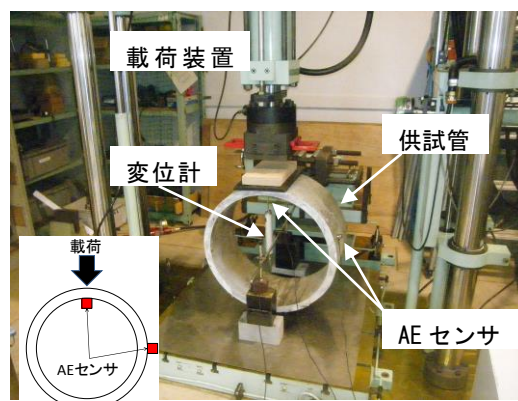


図2 環片圧壊試のAE計測

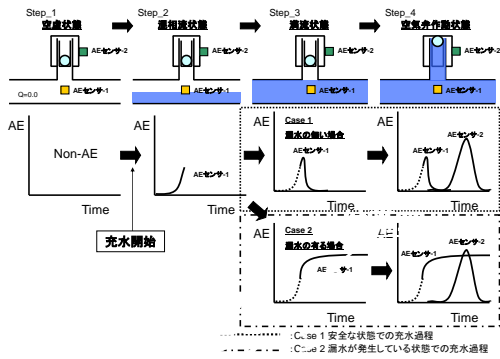


図3 パイプライン水密性能照査モデル

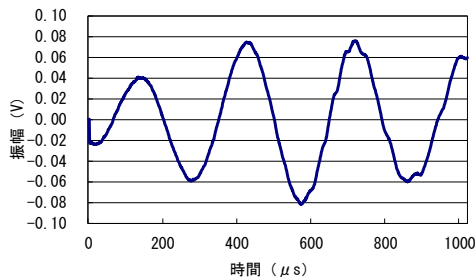


図4 定常流下で検出される弾性波

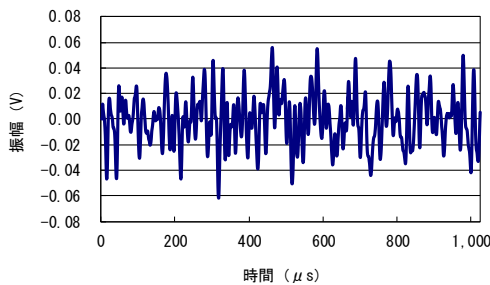


図5 漏水波（計測条件：内水圧 0.8MPa）

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 18 件）

- 1) 鈴木哲也：コンクリートの圧縮荷重時の AE 発生挙動に基づく損傷度評価の試み, 土木構造・材料論文集, 30, pp. 157-165, 2014 年, 査読有.
- 2) Suzuki, T. and Ohtsu, M.: Use of Acoustic Emission for Damage Evaluation of Concrete Structure Hit by the Great East Japan Earthquake, Construction and Building Materials, 67, pp. 186-191, 2014, 査読有.
- 3) 山岸俊太郎, 鈴木哲也：クリギング処理によるコンクリートの損傷パラメータ推定, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol. 70, No.2, pp. I\_91-I\_98, 2014 年, 査読有.
- 4) 鈴木哲也：X 線 CT 画像の空間統計処理に基づくひび割れ損傷の特性抽出に関する研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 14, pp. 357-362, 2014 年, 査読有.
- 5) 山岸俊太郎, 鈴木哲也, 森井俊広, 大津政康：圧縮破壊過程の AE 発生特性に基づくコンクリート損傷度評価, コンクリート工学年次論文集, 36 (1), pp. 2158-2163, 2014 年, 査読有.
- 6) 鈴木哲也, 久保成隆, 飯田俊彰：弾性波計測による損傷パイプラインの水密性評価に関する研究, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 69 (2), pp. I 49- I 54, 2014 年, 査読有.
- 7) 伊藤久也, 鈴木哲也：既設コンクリート配管の現地載荷試験による耐力評価, 農業農村工学会誌, 82(1), pp. 23-26, 2014 年, 査読有.
- 8) 鈴木哲也, 樽屋啓之, 中田達, 藤山宗, 中達雄：弾性波による農業用パイプラインの水理機能診断法の開発, 農業農村工学会誌, 82(1), pp. 7-10, 2014 年, 査読有.
- 9) 鈴木哲也, 久保成隆, 飯田俊彰：パイプラインに発生した圧力波の非破壊検出に関する研究, 農業農村工学会論文集, 287, pp. 95-103, 2013 年, 査読有.
- 10) 伊藤久也, 鈴木哲也：既設コンクリート管の平板荷重による損傷度評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 13, pp. 151-156, 2013 年, 査読有.
- 11) 山岸俊太郎, 鈴木哲也, 大津政康, 森井俊広, 河合隆行：空間統計パラメータを用いたひび割れ損傷が進行したコンクリートの圧縮破壊過程の詳細評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 13, pp. 41-48, 2013 年, 査読有.
- 12) 山岸俊太郎, 鈴木哲也, 緒方英彦, 周藤将司：凍害損傷の進行したコンクリートの圧縮破壊特性評価に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 35, No. 1, pp. 385-390, 2013 年, 査読有.
- 13) 鈴木哲也：AU 法を用いたモデルパイプラインに発生する気液二相流の流動形態評価に関する研究, 新潟大学農学部研究報告 第 64 巻 2 号, pp. 159-163,

2012年, 査読無.

- 14) 石橋和正, 鈴木哲也: AE法を用いたセメント系配管材の損傷度評価に関する実証的研究, 土木学会論文集, A2(応用力学), Vol. 68 (2), pp. I 735- I 740, 2012年, 査読有.
- 15) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之, 久保成隆, 飯田俊彰: モデルパイプラインに発生させた圧力波の非破壊検出に関する研究, 土木学会論文集, A2(応用力学), Vol. 68 (2), pp. I 727- I 734, 2012年, 査読有.
- 16) 伊藤久也, 鈴木哲也: 鉄筋コンクリートと鋼管との複合構造がマクロセル腐食へ及ぼす影響評価, コンクリート構造物の非破壊検査論文集, Vol. 4, pp. 305-312, 2012年, 査読有.
- 17) 伊藤久也, 鈴木哲也, 河野英一, 青木正雄: C/S マクロセル腐食による老朽化が顕在化した鋼製パイプラインの非破壊評価に関する実証的研究, 開発学研究, 22(3), pp.24-33, 2012年, 査読有.
- 18) 鈴木哲也, 大津政康: AE法を用いたコンクリート破壊挙動モニタリングによる損傷度評価-損傷が進行したコンクリート構造物を対象として-, 下水道協会誌, Vol. 49, No. 592, p p. 28-31, 2012年, 査読有.

[学会発表] (計 30 件)

- 1) Suzuki, T. and Ohtsu, M.: Use of Acoustic Emission and Three-Dimensional Image Analysis for Damage Estimation of Heavy Cracked Concrete due to Freeze-Thawed Effects, the 15th Structural Faults and Repair, 2014.07.09
- 2) Suzuki, T., Naka, T. and Taruya, H.: Evaluation of Improved Water Flow Performance in Pipeline using AE Monitoring, Progress in Acoustic Emission X VII, pp. 165-170, 2014.11.11, Japan.
- 3) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之: AEパラメータを用いたパイプラインに発生した水理現象起源弾性波の特性評価, 平成26年度日本非破壊検査協会春季大会講演要旨集, pp. 111-112, 2014.06.03, 東京都.
- 4) 山岸俊太郎, 鈴木哲也: 損傷力学パラメータを用いた硫化水素劣化コンクリートの材質評価, 第51回下水道研究発表

会要旨集, pp. 31-33, 2014.07.22, 大阪府

- 5) 鈴木哲也: AE法を用いた下水道施設から採取したコンクリートの劣化度評価, 第51回下水道研究発表会要旨集, pp. 52-54, 2014.07.22, 大阪府
- 6) 岸直人, 鈴木哲也: 下水道管渠の平板載荷過程のAE発生挙動に基づく損傷度評価, 第51回下水道研究発表会要旨集, pp. 709-711, 2014.07.22, 大阪府
- 7) 本田泰大, 鈴木哲也: デジタル画像関連法を用いた硫化水素劣化コンクリートの材質評価, 第51回下水道研究発表会要旨集, pp. 34-36, 2014.07.22, 大阪府
- 8) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之: 弾性波検出に基づく粗度調整管の水理性能評価, 平成26年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2014.08.26, 新潟県
- 9) 鈴木哲也, 本田泰大, 中達雄, 樽屋啓之, 中田達: AEパラメータ解析による粗度調整パイプラインのエネルギー損失特性の検出, 平成26年応用水理研究部会講演集, pp. 13-15, 2014.12.04, 茨城県
- 10) Suzuki, T., Yamagishi, S, Ohtsu, M., Morii, T. and Kawai, T.: Use of Acoustic Emission and Image Analysis for Damage Evaluation of Freeze-Thawed Concrete in Core Test, the 6th Kumamoto International Workshop on Fracture, Acoustic Emission and NDE in Concrete (KIFA-6), p. 16, 2013.09.17, Japan.
- 11) Suzuki, T.: Health Monitoring for Optimum Management of an Agricultural Pipeline System using ICT Technique, Sustainable Agriculture through ICT Innovation 2013 Conference, 2013.06.23, Italy.
- 12) Suzuki, T.: Estimation of Seismic Damage for Optimum Management of Irrigation Infrastructures in Service Conditions using Elastic Waves Information, Sustainable Agriculture through ICT Innovation 2013 Conference, 2013.06.23, Italy.
- 13) 鈴木哲也: 非破壊・非接触計測による老朽化農業用パイプラインに発生した圧力波の同定, 平成25年度日本国際地域開発学会春季大会講演要旨, pp. 27-28, 2013.5.13, 東京都
- 14) 鈴木哲也, 伊藤久也: 硫化水素劣化の影響を受けたコンクリート部材の定量的損傷度評価, 第50回下水道研究発表会要旨集, pp. 712-714, 2013.07.30, 東京都

- 15) 山岸俊太郎, 鈴木哲也, 伊藤久也: AE パラメータ解析を用いた下水道管渠の定量的損傷度評価に関する研究, 第 50 回下水道研究発表会要旨集, pp. 709-711, 2013.07. 30, 東京都
- 16) 伊藤久也, 鈴木哲也: 幹線管渠の供用条件下における非破壊損傷度評価手法の開発, 第 50 回下水道研究発表会要旨集, pp. 706-708, 2013.07. 30, 東京都
- 17) 鈴木哲也, 久保成隆, 飯田俊彰: 非接触 3 次元画像解析による農業用パイプラインに発生した圧力波の検出, 平成 25 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2013.09.03, 東京都
- 18) 伊藤久也, 鈴木哲也: 鉄筋コンクリート管の現地載荷試験による非破壊損傷度評価, 第 64 回農業農村工学会関東支部研究発表会講演要旨集, pp. 37-40, 2013.10.30, 栃木県
- 19) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之: 農業用パイプラインの高度利用に資する水理機能診断技術の開発, 日本国際地域開発学会平成 25 年度秋季大会講演要旨集, pp. 63-64, 2013.11.09, 青森県
- 20) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之: AE 計測と数値解析を援用したパイプライン内に発生する圧力波の同定, 第 19 回 AE 総合コンファレンス論文集, pp. 113-116, 2013.12.05, 大阪府
- 21) 鈴木哲也, 久保成隆, 飯田俊彰: 補修パイプラインの通水試験における非破壊水密性照査に関する研究, 平成 25 年応用水理研究部会講演集, pp. 54-57, 2013.12.07, 京都府
- 22) Suzuki, T., Naka, T. and Ohtsu, M.: Use of Acoustic Emission for Damage Estimation of Concrete Irrigation Infrastructures in Disaster Areas due to the Great East Japan Earthquake, Proceedings of the 21st International Acoustic Emission Symposium, pp.103-109, Nov. 2012, Okinawa.
- 23) Suzuki, T. and Ohtsu, M.: Application of DeCAT System for Damage Evaluation of Concrete in Disaster Areas due to the Great East Japan Earthquake, Structural Faults and Repair-2012, CD-R, 2012, Scotland.
- 24) 鈴木哲也: 非破壊 AE 計測と数値解析を組み合わせたコンクリート管路の平板載荷試験による損傷度評価, 第 56 回日本学術会議材料工学連合講演会講演論文集, pp. 43-44, 2012.10.29, 京都府
- 25) 鈴木哲也, 伊藤久也: 震災復旧に資する配管施設の非破壊損傷度診断技術の開発 - AE 法を用いた配管材の耐力診断-, 第 49 回下水道研究発表講演集, pp. 331-333, 2012.07.26, 兵庫県
- 26) 伊藤久也, 鈴木哲也: 経年劣化が進行した下水道管路の定量的損傷度評価に関する実証的研究, 第 49 回下水道研究発表講演集, 2012.07.26, 兵庫県
- 27) 加辺文郎, 鈴木哲也: AE 法によるモデルパイプラインに発生させた圧力波の特性評価に関する研究, 平成 24 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2012.09.18, 新潟県
- 28) 伊藤久也, 鈴木哲也: 平板載荷による硫化水素の影響を受けたコンクリート管の損傷度評価, 平成 24 年度農業農村工学会講演会講演要旨集, CD-R, 2012.09.18, 新潟県
- 29) 鈴木哲也: パイプラインの非定常流況で発生する圧力波の非破壊・非接触検出法の開発, 第 69 回農業農村工学会京都支部研究発表会講演要旨集, pp. 34-35, 2012.11.21, 北海道
- 30) 鈴木哲也, 中達雄, 樽屋啓之: デジタル画像相関法を用いたパイプラインに発生する水撃圧現象の非破壊同定, 「安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム」講演会, 2012.03.23, 茨城県
- [図書] (計 3 件)
- 1) Suzuki, T. (Edit. Ohtsu, M.): Acoustic Emission and Related Non-Destructive Evaluation Techniques in the Fracture Mechanics of Concrete, 2014, 291
- 2) Suzuki, T., Naka, T. and Ohtsu M.: Use of Acoustic Emission for Detection of Two-Phase Flow in Service Open Type Water Pipeline, Nondestructive Testing of Materials and Structures, RILEM book series 6, Springer, pp.161-166, 2012.
- 3) 鈴木哲也 他 37 名: コンクリート技術シリーズ No. 100・コンクリートの非破壊評価技術の信頼性向上に関する研究小委員会 (Ⅱ期) 報告書, (社) 土木学会, 2012, 212p (ISBN978-4-8106-0793-2)
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 1 件)
- 名称: 2 次流フィン付き管路

発明者：鈴木哲也  
権利者：新潟大学  
種類：特許  
番号：2014-215274  
出願年月日：2014年10月22日  
国内外の別：国内

○取得状況（計1件）  
名称：低水圧通水施設の異常箇所検出方法  
発明者：鈴木哲也  
権利者：新潟大学  
種類：特許  
番号：2014-215274  
出願年月日：2012年10月04日  
取得年月日：2015年01月30日  
国内外の別：国内

〔その他〕

- 1) 研究奨励賞，農業農村工学会，アコースティック・エミッション法を用いた農業水利施設の機能診断技術の開発に関する研究，2014.08.26
- 2) 最優秀講演賞，International Conference on PAWEES 2014, Use of Magnesium Improved Soil mixed with Rice Straw Fibers for Optimization of Structural Material in an Agricultural Canal, 2014.10.10
- 3) 優秀ポスター賞，農業農村工学会全国大会講演会，画像解析データのセミバリオグラム処理に基づく損傷コンクリートの変形特性評価，2013.09.04
- 4) 優秀講演賞，第10回複合・合成構造に関するシンポジウム（土木学会），AE法およびデジタル画像相関法を用いた鋼矢板-コンクリート複合材の曲げ特性評価，2013.11.21

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 哲也 (SUZUKI, TETSUYA)  
新潟大学自然科学系・准教授  
研究者番号：30434103