

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 15 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20248026

研究課題名(和文) 環境負荷・耐震性を考慮した薄肉パイプラインの限界状態設計法の確立と検証

研究課題名(英文) Establishment and verification of the limit state design of the thin wall pipeline considering environmental and earthquake resistance

研究代表者

河端 俊典(KAWABATA TOSHINORI)

神戸大学・大学院農学研究科・准教授

研究者番号：20335425

研究分野：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：土質力学・応用力学

## 1. 研究計画の概要

近年老朽化が進む 45,000km に及ぶ農業用幹線水路の改修に際して、コスト縮減や環境配慮などの経緯より、パイプラインの薄肉化が進展してきている。しかしながら、現行のパイプライン設計基準では、構造力学を基本とした設計手法であるため、パイプ剛性が同一であれば、管材料すなわち管厚の差異は考慮できないことになるため、極端な管厚の薄肉化が、座屈などのパイプの破壊を引き起こす可能性が高くなってきている。また、さらに、超大口径薄肉管を採用した現場における、実証実験結果から判断して、極度の薄肉化は極めて危険性を有していることが明らかになっている。

本研究は、これらの社会的ニーズ、パイプラインの更新時期などの時代的背景を受け、薄肉パイプラインの挙動を明らかにし、さらにパイプの肉厚を考慮した、耐震性の高い環境に優しいパイプラインの新たな設計手法の提案・確立を行うものである。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 初年度は、静的な埋設実験を遂行するため、パイプ変形状態をとらえる動的計測システムの開発を行うとともに、既存の幅 2m 奥行き 1m の実験土槽の高さを 1.3 倍に拡張改造した。その後、同一管剛性を有する、口径 400mm の低外圧剛性の 3 種類(アルミ、塩化ビニル、ポリエチレン)のパイプを試作し、これらのパイプを用いた埋設実験を遂行し、基礎の種類や埋戻し地盤密度や埋戻し方法の差異が低外圧剛性パイプの与える影響について検討するとともに、薄肉パイプほど、軸方向ひずみが集中することを明らかにした。

(2) 2 年目は、上記実験システムに加えて、地表面から輪荷重を想定した集中荷重を載荷し、各パイプの挙動を計測した。なお、よおり管厚の影響を見いだすため、さらに低い弾性係数を有し、管厚の厚い、低密度ポリエチレン管を供試パイプに追加し、埋設実験を遂行した。その結果、コンクリートなどの剛な基礎を用いた場合、管体に応力集中が発生し、座屈に伴う大変形が発生することが明らかになった。

(3) 3 年目は、超大口径たわみ性パイプを対象に実験を遂行するため、米国コロロンビア大学所有の遠心力載荷実験装置を用いて、口径 130mm の超薄肉管 3 種類(アルミ、ナイロン、シリコン)を対象とした埋設実験を遂行した。遠心模型実験では遠心力 30G 場に模型パイプをおくことにより、口径 3,000mm の超大口径パイプの挙動を把握することができる。実験の結果、2 年目までに実施してきた口径 400mm の中口径パイプと同様に、曲げ変形に関しては管厚の影響は少ないものの、軸方向の応力に大きなバラツキが発生していることが明らかになった。

また、当年度の研究は、遠心力場での埋設実験であるため、1G 場ではあまり問題の無い埋戻し過程の再現が重要となってくるが、特に低外圧剛性パイプであるため、埋戻し過程の影響を強く受けているため、追加実験を行う必要がある。

さらに、本年度から基礎的研究として、埋設管の内部応力を構造力学の初等理論を用いずに Airy の応力関数を用いて計算し、管厚による埋設管の挙動の変化を詳細に検討した。その結果、管厚の内部に位置する中立軸がずれているなど、座屈現象解明に関する挙動特性を明らかにした。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。  
(理由)

初年度、2年度に計画した、静的な大規模埋設実験結果からの挙動解明は、計画通り進捗したと判断される。また、動的な集中載荷実験に関しても、大変形域までの実験を遂行し、さらに数値解析からの挙動特性把握まで遂行できた。

昨年度(3年目)は計画通り、米国コロンビア大学で、延べ5ヶ月にわたって遠心力模型実験に傾注した結果、超大口径パイプの埋設挙動に与える管厚の影響や、基礎材料による応力集中などの現象が明らかになった。

当実験に関しては境界条件設定が実験結果に与える影響が大きいいため、最終年度、追加実験を計画している。

また、数学的アプローチからパイプの内部応力について詳細に検討し、座屈検討へ展開の可能性について検討した。

### 4. 今後の研究の推進方策

最終年度である4年目は、農村工学研究所所有ならびに神戸大学所有の振動載荷装置を一部改造し、薄肉パイプの埋設時動的挙動の解明と地震時の安全性に関する研究を計画通り遂行する予定である。

また、3.で示したとおり、遠心力模型実験の一部追加実験を実施する計画である。

さらに、数学的アプローチや大変形を考慮できる数値解析などから、薄肉パイプの管厚が、その埋設挙動に与える影響を解明するとともに、座屈の危険性を考慮できる新たな設計手法を提案しその有効性を確認する予定である。

### 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5件)

- ① Kawabata,T., Iwasaki,Y., Dodo,H., Ling,H. and Morhri,Y. : Dynamic Behavior of Buried Circular Structures during Earthquake by Discrete Element Method, Proceedings of 21st International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE2011, Hawaii, USA(2011), 査読有
- ② 毛利栄征, 有吉充, 河端俊典, 田中忠次 : 施工過程を考慮した埋設パイプの数値解析, 水土の知, 農業農村工学会誌, Vol.79, No.5 (2011)査読有
- ③ Kawabata,T., Kashiwagi,A., Sawada,Y., Okuno,S., Ling,H.I. and Morhri,Y. : Lateral Loading Experiment on buried pipe using liquefied stabilized soil as backfill material for thrust restraint, Proceedings of

International Conference of Pipeline Engineering, ASCE, Colorado Springs, USA(2010), 査読有

- ④ Kawabata,T., Izumi,A., Hanazawa,T., Morhri,Y., Ling,H.I. and Ariyoshi,M. : Vertical loading tests for buried flexible pipes with equivalent ring stiffness, Proceedings of 20th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE2010, Beijing, China (2010), 査読有
- ⑤ Kawabata,T., Nadamoto,Y., Shoda,D., Izumi,A., Shimamoto,C., Inoue,K., Uchida,K., Morhri,Y., and Ariyoshi,M. : Effect of pipe thickness on the behavior of flexible pipes with equivalent bending ring stiffness, Proceedings of 19th International Offshore and Polar Engineering Conference, ISOPE2009, Osaka(2009), 査読有

[学会発表] (計8件)

- ① 百々宏晶, 河端俊典, 内田一徳 : Airy の応力関数を用いた埋設管内部応力挙動精査, H23年度農業農村工学会大会講演会要旨集, (2011)
- ② 岩崎善之, 河端俊典, 甲賀洋輔, 園田悠介 : せん断変形をうけるたわみ性埋設管の変形挙動に関する実験的検討, 23年度農業農村工学会大会講演会要旨集, (2011)
- ③ 泉明良, 花澤貴文, 河端俊典, 毛利栄征, 柳智士, 日野林穰二 : 同一剛性を有する管厚の異なる低外圧剛性たわみ性パイプの埋設実験, 第45回地盤工学研究発表会論文集, pp.1307-1308 (松山) (2010)
- ④ 泉明良, 河端俊典, 毛利栄征, 嶋本智文 : 同一環剛性を有するたわみ性パイプの埋設挙動の検討, 農業農村工学会京都支部第66回研究発表会講演要旨集, pp.2.1-2 (富山) (2009)
- ⑤ 河端俊典, 灘本 優太, 正田 大輔, 泉明良, 嶋本智文, 毛利栄征, 有吉充, 日野林穰二 : 地盤剛性が薄肉たわみ性パイプの埋設挙動に与える影響について, 第44回地盤工学研究発表会論文集, pp.1297-1298 (横浜) (2009)