

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：15101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26850152

研究課題名（和文）内圧載荷法による埋設RC管路の現有耐力評価手法の検討

研究課題名（英文）Proposal of Internal Loading Method to Evaluate Remaining Strength of Buried RC Pipe

研究代表者

兵頭 正浩（HYODO, MASAHIRO）

鳥取大学・農学部・准教授

研究者番号：60611803

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：遠心力鉄筋コンクリート管の変遷を考慮した管を用いて、軸方向における剛性への影響を評価した。また、RC管の製造方法は、製造業者によって若干異なるため、各社におけるRC管の剛性およびひび割れ発生時の剛性低下特性を評価した。その結果、旧JIS規格を想定したRC管の剛性は、現JIS規格を想定したRC管と比較して低下することがわかった。この要因は、主に弾性係数の違いによるものと考えられた。また、剛性および剛性低下特性は、製造業社によって異なることが明らかとなった。以上より、供用中のRC管において機能診断等を実施する際には、製造年度や製造業社などを考慮する必要があることがわかった。

研究成果の概要（英文）：We made a pipe considering the product standards of centrifugal reinforced concrete pipe and evaluated the difference in stiffness on cross-sectional. Since the manufacturing method of the RC pipe slightly varies depending on the manufacturer, the stiffness of the RC pipe at each company and the rigidity deterioration characteristics at the time of cracks were evaluated. As a result, it was found that the stiffness of the RC pipe assuming the former JIS is about 20% smaller than that of the RC pipe assuming the present JIS. This factor was thought to be mainly due to the difference in elastic modulus. In addition, It was revealed that the stiffness and deterioration characteristics of stiffness differed depending on manufacturers. From the above, when performing function diagnosis etc. of the RC pipe under service, it was necessary to consider the manufacturing year and the manufacturing company.

研究分野：農業土木

キーワード：内面載荷法 断面内剛性 管荷重—変形量の関係 PVC管 RC管 耐力評価手法 管体

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、老朽化した農業水利施設の機能保全を図るために、ストックマネジメントの取り組みが進められている(例えば、野中、2011、農業と経済、77(10))。そのうち老朽化したパイプラインの機能保全対策については、他分野で実績を有する「管路更生工法」の適用が進んできている。管路更生工法は、管材の老朽化や周辺環境の変化などによる管路の性能低下に対し、既設管路を開削撤去することなく、非開削のまま内部から性能回復を行う工法である。開削による管路の再構築に比べて、仮設工事や地上条件などの制約が少なく、工費縮減や工期短縮が図られるとともに、既設管路を活用することから、投入資源や建設廃棄物が少なく、環境負荷が小さいという利点をもつ。しかしながら、管路更生工法は、多くの工法が現地施工・現地仕上げを基本とするために、安全性の余裕を高く見積もる傾向があるなど、一般的に過剰設計になる傾向がある。また、その他としては、表1に示す通り既設管路の現有耐力が挙げられる。自立管に関しては既設管の現有耐力を考慮しないが、二層構造管および複合管に関しては既設管の現有耐力を考慮するものとなっている。では、なぜこれまでに過小設計にならなかったかという点、設計時に安全率を考慮していたためである。しかし、現有耐力の評価方法が確立されれば、過剰および過小設計が解消される適切な設計根拠が示されることになる。

(2) 「農業水利施設の機能保全の手引き(パイプライン)」(平成21年3月)では、機能診断調査・評価の結果を踏まえて、施設の性能低下要因、性能低下の状態・程度を把握し、可能な範囲で性能低下予測を実施した上で機能保全計画を作成することを基本としているが、具体的な対策工法の検討にあたっては、機能保全計画策定の実施フローのベースになる、設計のために必須な情報としての現有耐力など性能低下の状態・程度が不明確なまま進められているのが現状である。その理由は、変状の現象・状態の多くが複数の原因からなり、また地中埋設であることから直接に視認することが難しく、現有耐力を評価することに困難を極めている。この課題の解決に向けて、超音波や衝撃弾性波を用いる非破壊試験で間接的に管路の劣化程度を推定に関する研究が進められてきたが、本研究では経時的かつ直接的に現有耐力の評価ができる手法の提案を試みる。つまり周辺地盤と埋設管を一体とみなし、相互的(周辺地盤+管路躯体)に現有耐力を評価する。

2. 研究の目的

パイプラインの補修・補強等の対策工法の検討にあたっては、農業用パイプラインの特性を十分に考慮のうえ、必要な機能や性能、目的、現場条件、耐久性、維持管理対策、施工の難易度、経済性等を総合的に勘案して計画

する必要がある。具体的には、機能診断調査・評価の結果から、施設の性能低下要因、性能低下の状態・程度を把握し、施設の状態に依りて、水密性や耐荷力等の構造機能や通水性等の水理機能の要求性能に適合した最適な工法・材料が選定される必要がある。本研究では、従来の発想を逆転させて構造解析を逆解析的に利用する調査診断法を開発して、それら総ての性能を支える構造性能の直接評価を行う簡単で画期的な調査診断手法を提案している。また、農業用パイプラインだけではなく、下水道管路の管理も国土交通省の重要路線下の緊急点検結果にもあるように十分ではない。調査によると下水管の点検を計画的に実施している事業主体は、約3割に過ぎない。その理由は、自治体の厳しい財政状況の中で管理のための予算の確保が出来ないこと、管路が地下埋設構造であり、また下水の流下もある中で、巡視・点検が困難なこと、陥没事故が発生して始めて現認するという事後保全が結果的に大多数であること、などである。一般的にも、施設の老朽化は確実に進み、特に普及の進んでいる都市の中心部では著しい。また、このような地域では、開削による修繕・改築が困難な場合が多く、道路使用条件も厳しいので、非開削で工事時間が短く、環境への影響が少ない管路更生工法が特に望まれるようになった。さらに、管路管理は、過去の事故にもあったように、危険で労働環境が厳しいものであり、人手不足の問題もあって課題が多い(例えば、野中、2010、コンクリート工学、48(5))。本研究で提案する内圧荷重試験法の開発は、このように農業分野のみならず下水道分野など広く社会資本の維持管理に遡及するものである。

3. 研究の方法

(1) 試作した内面荷重装置を Fig. 3 に示す。荷重軸上部には最大 20kN まで測定可能なロードセル(NTS, LCL-M-20kN)を取り付け、変位測定軸左右部には 0.001mm まで測定可能な高感度変位計(東京測器研究所, CPD-10)を取り付けた。荷重の荷重は、Fig. 3 の中央部に示すボルトナットを回転させることで、ロードセルを設置した鉛直方向の荷重軸を伸縮させることにより行う。このとき、内面荷重装置と管体の荷重面積は一定となるように 20mm 角の鉄製治具を荷重軸の上下部に取り付けた。本装置の骨格は、パンタジャッキの構造を採用した。なお、管体の変形することで管の中心軸(変形量の測定位置)は変位するが、内面荷重装置の中心部に可動性(スライド機構)を持たせることで、管の直径を常に測定できるようにした。また内面荷重装置は、荷重軸の2点で既設管に載荷することから、ボルトナットを回転する際に、荷重軸を中心に回転する恐れがあった。そのため、Fig. 3 に示した通り左右両側に高感度変位計を取り付け、両者に違いが生じないこ

と(回転がないこと)を確認できるようにした。

(2)内面載荷装置による管体への載荷方法
内面載荷装置と既設管の接触位置は、Fig. 4に示す通り載荷面が管頂部と管底部となるようにした。また、内面載荷装置の伸長は、ボルトナットを人力により回転させることから、おおよそ12~20秒で1回転となるように調整した。実験時における温度の測定は実施していなかったが、国土交通省気象庁(2015)のデータを参照すると、実験を実施した2014年10月の鳥取市平均気温は11.6~20.5であったことから、室内実験時も同様の温度範囲であったことが推察される。なお、後述するすべての実験は2回実施したが、判別分析の結果から、有意差はないとの評価になったため、1回目を実施した結果を代表値とした。なお、本研究で用いた判別分析は、1回目と2回目の測定でグループ間における差の有無を評価(石村,1992)するものである。具体的には、各回のグループ内の平方和積和行列式と全グループの平方和積和行列式を利用して、ウイルクスの統計量を求める。検定にはF分布を用いる。検定統計量F0は、自由度(1, N1+N2-2)のF分布に従うので有意水準とした場合に、

$$F_0 = \frac{N_1 + N_2 - 3}{2} \cdot \frac{1 - A}{A} \cdot F_{(2, N_1 + N_2 - 3)}(\alpha)$$

となれば、グループ間の差はあると判断できる。

4. 研究成果

(1)農業用パイプラインに用いられるPVC管で断面内剛性を評価した結果、荷重変形量の関係は線形性となった。また、亀裂を挿入した場合は、荷重変形量の傾きは健全管と比較して低下することを確認した。つまり、健全時における荷重変形量の傾きと劣化時における荷重変形量の傾きの差異から、劣化を明確することができた。

(2)PVC管において、ひび割れ深度によって荷重変形量の傾きが異なることを確認した。

(3)

5. 主な発表論文等

(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2件)

兵頭正浩, 石井将幸, 佃亮介, 緒方英彦, 野中資博:埋設管の現有耐力評価手法としての内面載荷法の提案 - PVC管を用いたひび割れ検知能力の検証 -, 農業農村工学会論文集, 査読有, 83巻, 2015, _195-I_205

DOI

http://doi.org/10.11408/jsidre.83.I_215

兵頭正浩, 緒方英彦, 石井将幸:埋設管の耐力評価手法としての内面載荷法の提案

- RC管を用いたひび割れ検知能力の検証 -, 農業農村工学会論文集, 85巻, 2017, _1- _6

DOI

http://doi.org/10.11408/jsidre.85.I_1

[学会発表](計6件)

佃亮介, 兵頭正浩, 緒方英彦, 野中資博, 石井将幸:パイプラインの現有耐力評価における内圧載荷法の適用性に関する解析的検討, 平成26年度農業農村工学会全国大会講演会, 742-743, 新潟県, 2014

佃亮介, 兵頭正浩, 緒方英彦, 野中資博, 石井将幸:内圧載荷法におけるVU管の損傷検出能力の検討, 第69回農業農村工学会中国四国支部講演会, 22-24, 鳥取県, 2014

佃亮介, 兵頭正浩, 緒方英彦, 野中資博, 石井将幸:ヒューム管への内圧載荷法の適用可能性に関する研究, 平成27年度農業農村工学会全国大会講演会, 796-797, 岡山県, 2015

佃亮介, 兵頭正浩, 緒方英彦, 奥田忠弘, 岸本圭司, 畑中哲夫:接合されたヒューム管を対象とした内面載荷法の適用性に関する研究, 平成27年度農業農村工学会九州沖縄支部大会, 190-193, 沖縄県, 2015

兵頭正浩, 緒方英彦, 岸本圭司, 畑中哲夫, 奥田忠弘:内面載荷法を用いたひび割れRC管の軸方向における荷重変形量の測定, 農業農村工学会全国大会講演会, 宮城県, 2016

大山幸輝, 兵頭正浩, 緒方英彦, 石井将幸:内面載荷法による埋設管の耐力評価基準の確立に向けた解析的検討-RC管の三次元解析モデルの検討-第71回農業農村工学会中国四国支部講演会, 愛媛県, 2016

[図書](計0件)

[産業財産権]

出願状況(計2件)

名称:管の評価方法,測定装置および管の評価システム

発明者:兵頭正浩, 緒方英彦, 河村直樹, 野中資博, 石井将幸

権利者:

種類:特願

番号:2014-152382

出願年月日:2014年7月26日

国内外の別:国内

名称:管の評価方法,測定装置および管の評価システム

発明者:兵頭正浩, 緒方英彦, 河村直樹, 野中資博, 石井将幸

権利者:

種類：PCT 出願
番号：2014-152382
出願年月日：2015 年 7 月 24 日
国内外の別： 国外（米国）

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

（1）平成 28 年度農業農村工学会 材料施工
研究部会研究奨励賞（2017 年）論文番号

6．研究組織

(1)研究代表者

兵頭 正浩（HYODO, Masahiro）

鳥取大学・農学部・准教授

研究者番号：

(2)研究分担者

（ ）

研究者番号：

(3)連携研究者

（ ）

研究者番号：

(4)研究協力者

緒方 英彦（OGATA, Hidehiko）

石井 将幸（ISHII, Masayuki）