

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4522289号  
(P4522289)

(45) 発行日 平成22年8月11日(2010.8.11)

(24) 登録日 平成22年6月4日(2010.6.4)

(51) Int.Cl.		F I	
GO 1 N 17/00	(2006.01)	GO 1 N 17/00	
F 1 7 D 5/06	(2006.01)	F 1 7 D 5/06	
GO 1 N 27/04	(2006.01)	GO 1 N 27/04	Z
GO 1 N 27/26	(2006.01)	GO 1 N 27/26	3 5 1 F
		GO 1 N 27/26	3 5 1 H
請求項の数 4 (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2005-48839 (P2005-48839)  
 (22) 出願日 平成17年2月24日(2005.2.24)  
 (65) 公開番号 特開2006-234547 (P2006-234547A)  
 (43) 公開日 平成18年9月7日(2006.9.7)  
 審査請求日 平成20年1月22日(2008.1.22)

(73) 特許権者 000000284  
 大阪瓦斯株式会社  
 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号  
 (74) 代理人 100107308  
 弁理士 北村 修一郎  
 (74) 代理人 100128901  
 弁理士 東 邦彦  
 (72) 発明者 古川 泰成  
 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号  
 大阪瓦斯株式会社内  
 (72) 発明者 野中 英正  
 大阪府大阪市中央区平野町四丁目1番2号  
 大阪瓦斯株式会社内  
 審査官 福田 裕司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 腐食推定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

少なくとも一部が第1媒質中に配置される長手状金属体の腐食状態を推定する腐食推定方法であって、

前記長手状金属体と前記第1媒質と同一又は異なる第2媒質中に配置される導電性部材とが接触してマクロセルが形成された状態で、前記長手状金属体の前記第1媒質と接触する部位と前記導電性部材との間に存在する直流電位差に相当する設定電位差を、交流電位差形成手段を用いて前記長手状金属体と前記導電性部材との間に形成する交流電位差形成工程と、

前記交流電位差形成工程によって前記長手状金属体に流れる交流電流を測定する交流電流測定工程とを、

前記交流電流測定工程において測定された交流電流に基づいて、前記長手状金属体に流れる腐食電流を推定する腐食推定方法。

【請求項2】

前記長手状金属体の前記第1媒質と接触する部位と前記導電性部材との間に存在する直流電位差を測定し、測定された前記直流電位差を前記設定電位差として設定する設定電位差決定工程を含む請求項1記載の腐食推定方法。

【請求項3】

前記長手状金属体の前記第1媒質と接触する部位と前記導電性部材との間に存在すると推定した推定直流電位差を、前記設定電位差として設定する設定電位差決定工程を含む請

求項 1 記載の腐食推定方法。

【請求項 4】

前記交流電流測定工程に先立って、

前記長手状金属体と前記導電性部材との導通状態を判定する導通状態判定工程を含む請求項 1 ~ 3 の何れか一項に記載の腐食推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも一部が媒質中に配置される長手状金属体の腐食状態（腐食が発生しているか否か及びその程度）を推定する腐食推定方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

現在、土壌やコンクリートなどの媒質中には水やガスなどのユーティリティを消費者が生活する建物内へ供給するための様々な種類の配管が埋設されている。このような配管は、道路の下などに埋設された本支管（外管）を介して各建物の敷地内へ内管として引き込まれ、ガス使用量を計測するガスメータや水道使用量を計測する水道メータを介して更に建物内に引き込まれている。

【0003】

このような、少なくとも一部が土壌中に配置される長手状金属体としての配管の特定部位が、建物を形作っているコンクリート中の鉄筋（導電性部材）と直接又は間接的に電気的に導通することがある。この場合、コンクリートの中はアルカリ性のため、その中の鉄筋は約 - 200 mV（飽和硫酸銅電極基準。以下の電位も同じ基準とする）の電位を示す。他方で、土壌中において塗覆装に欠陥が存在するとき、配管の土壌に接触する部位は約 - 500 mV ~ - 700 mV の電位を示す。従って、配管と鉄筋との間には約 300 mV ~ 500 mV の電位差を有するマクロセル（電池）が形成され、その直流電位差によって配管に腐食電流が流れることになる。そして、腐食電流の大小に応じた腐食が配管の土壌との接触部位に発生する。

20

【0004】

従来、配管の腐食状態を推定する方法として、配管に流れる腐食電流を実際に測定する方法が提案されている。例えば、配管に対してクランプ式直流電流計を装着して、実際に流れている腐食電流を測定するのである（例えば、特許文献 1 を参照）。

30

【0005】

【特許文献 1】実公平 7 - 19007 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来法に基づき長手状金属体である配管に流れる直流の腐食電流を測定しようとした場合、自ずと限界が存在する。即ち、クランプ式直流電流計を用いて直接直流電流を測定しようとする、地磁気や配管の磁場等の影響に起因して、電流レベルでミリアンペアオーダーの電流が検出できるのみであり、それ以下の電流は測定できない。結果、欠陥部の面積が小さいために配管を流れる腐食電流が小さい場合には、その腐食を検出・推定することができない。

40

【0007】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、例えば、地中に埋設された導電性の配管といった長手状金属体の腐食状態を、腐食電流が小さい場合でも適切に検出するとともに、腐食の程度を推定可能な腐食推定方法を提供する点にある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するための本発明に係る腐食推定方法の特徴構成は、少なくとも一部が第 1 媒質中に配置される長手状金属体の腐食状態を推定する腐食推定方法であって、

50

前記長手状金属体と前記第1媒質と同一又は異なる第2媒質中に配置される導電性部材とが接触してマクロセルが形成された状態で、前記長手状金属体の前記第1媒質と接触する部位と前記導電性部材との間に存在する直流電位差に相当する設定電位差を、交流電位差形成手段を用いて前記長手状金属体と前記導電性部材との間に形成する交流電位差形成工程と、

前記交流電位差形成工程によって前記長手状金属体に流れる交流電流を測定する交流電流測定工程とを実行し、

前記交流電流測定工程において測定された交流電流に基づいて、前記長手状金属体に流れる腐食電流を推定する点にある。

【0009】

上記特徴構成によれば、交流電位差形成工程においては、前記長手状金属体と建物内の導電性部材とが接触することにより、前記長手状金属体の前記第1媒質と接触する部位と建物内の導電性部材との間に存在する直流電位差に相当する設定電位差を、交流電位差形成手段を用いて上記長手状金属体と上記導電性部材との間に形成する。そして、交流電流測定工程において、前記交流電位差形成工程によって前記長手状金属体に流れる交流電流を測定し、前記交流電流測定工程において測定された交流電流に基づいて前記長手状金属体に流れる腐食電流を小さいレベルまで推定することが可能となる。

本願は、今般発明者が新たに見出し、後に詳細に理論的あるいは実験的に検証した技術的新知見により裏打ちされている。

即ち、本願が対象とするような系である、建物内に導入されているユーティリティ配管のような長手状金属体と導電性部材とが所定媒質内に位置され、両者間でその一部部位が電氣的に接続され、長手状金属体、導電性部材、媒質を介してマクロセルが形成されている状況にあっては、長手状金属体と媒質との間の接地抵抗が優位に働き、マクロセルによるのと同じ電位を与え、そのとき流れる交流電流から直流の腐食電流を推定することができる。交流電流の測定は値が小さい場合でも容易に行える。

従って、本方法にあっては、従来測定できなかった比較的小さな腐食電流しか流れない状況にあっては、測定が容易な交流電流を測定することで、腐食電流を推定することができる。結果的に腐食状況を推定することができる。

【0010】

詳細は別途詳述するが、このような処理が可能となる理由の概略は以下の通りである。上記第1媒質と接触する長手状金属体と導電性部材とが導通しているとき、長手状金属体の第1媒質と接触する部位と導電性部材との間のマクロセルによる直流電位差によって長手状金属体に流れる直流の腐食電流は、上記マクロセルによる直流電位差と、長手状金属体と第1媒質との間の接地抵抗との商でおおむね導出可能である。一方、長手状金属体の第1媒質と接触する部位と導電性部材との間に交流電位差を形成すると、長手状金属体に流れる交流電流は、上記交流電位差と、長手状金属体と第1媒質との間の接地抵抗との商で導出可能である。

このように、長手状金属体における上記腐食電流及び上記交流電流は共に、長手状金属体と第1媒質との間の接地抵抗を反映したものである。従って、長手状金属体の第1媒質と接触する部位と導電性部材との間に存在する直流電位差(マクロセル)によって長手状金属体に流れる直流の腐食電流の測定に代えて、上記直流電位差と同じ大きさの交流電位差を長手状金属体の第1媒質と接触する部位と導電性部材との間に形成したときに長手状金属体に流れる交流電流の測定を行うことにおおむね代替できる。従って、マクロセルが形成されている場合に長手状金属体に流れる直流の腐食電流は、長手状金属体の第1媒質と接触する部位と導電性部材との間に上記交流電位差が存在する場合に流れる交流電流に基づいて推定できる。

また、この場合、交流電流を測定すればよいため、長手状金属体を流れる腐食電流を知るために、地磁気等の影響を受けてミリアンペアオーダー以下の電流測定が困難な従来のクランプ式直流電流計を使用しなくてもよい。その結果、例えば、ミリアンペアオーダー以下の小さい腐食電流が長手状金属体に流れている場合であっても、本発明の腐食推定方

10

20

30

40

50

法によって腐食電流を推定でき、長手状金属体の腐食の程度を推定可能である。

【0011】

本発明に係る腐食推定方法の特徴構成は、前記長手状金属体の前記第1媒質と接触する部位と前記導電性部材との間に存在する直流電位差を測定し、前記直流電位差を前記設定電位差として設定する設定電位差決定工程を含む点にある。

【0012】

上記特徴構成を実施する場合、先ず、上記長手状金属体とそれに接触する建物内の導電性部材との間に存在する直流電位差を実際に測定する。この直流電位差を、上記説明した設定電位差として与え、交流電流を測定して長手状金属体において実際に発生している腐食電流を正確に推定することが可能となる。

10

【0013】

本発明に係る腐食推定方法の別の特徴構成は、前記長手状金属体の前記第1媒質と接触する部位と前記導電性部材との間に存在すると推定した推定直流電位差を前記設定電位差として設定する設定電位差決定工程を含む点にある。

【0014】

上記特徴構成を実施する場合、腐食電流の推定を行っている長手状金属体と同様の環境下で埋設されている他の長手状金属体において実際に測定された直流電位差を上記推定直流電位差としたり、長手状金属体が土壌などの第1媒質中に埋設されている状態などに基づいて経験的に推定される直流電位差を推定直流電位差とする。そして、このようにして得られる推定直流電位差を、先に説明した設定電位差として与え、長手状金属体において実際に発生している腐食電流を推定する。結果、推定直流電位差を使用して、特定の状況にある長手状金属体の腐食状態を推定できる。

20

【0015】

本発明に係る腐食推定方法の特徴構成は、前記交流電流測定工程に先立って、前記長手状金属体と前記導電性部材との導通状態を判定する導通状態判定工程を含む点にある。

【0016】

この工程を実行することにより、長手状金属体と導電性部材との間における接触状態、即ち、問題となるマクロセルの形成の可能性を確認できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下に図面を参照して本発明に係る腐食推定方法について説明する。

〔腐食の推定対象〕

以下の実施形態では、長手状金属体として、少なくとも土壌1中では絶縁性の塗覆装が施された導電性配管2(エルボ2a、配管2b、配管2c)を例示する。図1には、導電性配管(エルボ2a、配管2b、配管2c)が、コンクリート3と鉄筋4とで構成された地上の建物内から地下の土壌1中に渡って配設された状態を示している。

この系にあっては、導電性配管2が長手状金属体に相当し、鉄筋4が導電性部材に相当し、土壌1が本発明の「第1媒質」に相当し、コンクリート3が本発明の「第2媒質」に相当し、さらにコンクリート3内の鉄筋4が導電性部材に相当する。

【0018】

〔マクロセル〕

導電性配管2は、領域Aにおいて建物のコンクリート3内に設けられている鉄筋4と電気的に導通することがある。この場合、鉄筋4の電位は約-200mV(飽和硫酸銅電極基準。以下の電位も同じ基準とする)である。また、例えば絶縁性の塗覆装が施されたエルボ2aに腐食部となり得る塗覆装欠陥(図中に「x」印で示す)が発生することもあり、その場合、エルボ2aの金属部分のみが露出して土壌1と接触することになる。そして、塗覆装欠陥が発生することによって土壌1と接触する部位のエルボ2aには、土壌1の環境に応じて約-500mV~約-700mVの電位が生じる。その結果、導電性配管2の土壌1と接触する塗覆装欠陥部分と、建物のコンクリート3内の鉄筋4との間には、約300mV~約500mVの直流電位差を有するマクロセル(電池)が形成され、導電性

40

50

配管 2 には図 1 中に一点鎖線で示すような直流の腐食電流が流れることになる。そして、その腐食電流は、鉄筋 4 から導電性配管 2 を経て土壌 1 に流れ出し、コンクリート 3 を介して鉄筋 4 に流れ込むことで、腐食が進行する。本願は、この直流の腐食電流を精密に推定しようとするものである。

【 0 0 1 9 】

〔腐食推定方法〕

本発明に係る腐食推定方法を図 1 ~ 図 3 に基づいて説明する。

図 1 は、導電性配管 2 に流れる直流の腐食電流を推定するときの腐食推定システムの構成である。図 2 は、本願において腐食推定を行う場合に、その前段階で必要となる直流電位差を測定する測定システムの構成である。図 3 は、本願で問題となるマクロセル腐食が起

10

【 0 0 2 0 】

〔腐食推定システム〕

図 1 に示す腐食推定システムの構成では、交流電位差形成手段 1 2 が、導電性配管 2 の土壌 1 と接触する塗覆装欠陥部分と鉄筋 4 との間に存在する直流電位差に相当する設定電位差を、導電性配管 2 と鉄筋 4 との間に形成し（交流電位差形成工程）、電流測定手段 1 1 が、上記交流電位差形成手段 1 2 によって形成された交流電位差によって導電性配管 2 に流れる交流電流を測定し（交流電流測定工程）、情報処理装置 1 0 が、電流測定手段 1 1 において測定される交流電流に基づいて導電性配管 2 に流れる腐食電流を推定する。

20

【 0 0 2 1 】

図 1 に示す交流電位差形成手段 1 2 は、電圧計 1 2 a と交流電源 1 2 b と磁界形成手段 1 2 c とを備える。そして、交流電源 1 2 b によって駆動される磁界形成手段 1 2 c によって配管 2 c を取り囲む磁界が形成されると、配管 2 c に交流電流を流す交流電位差が形成される。その交流電位差は電圧計 1 2 a を用いて測定できる。つまり、交流電位差形成手段 1 2 は、交流電源 1 2 b の出力を調節することで、導電性配管 2 の土壌 1 と接触する塗覆装欠陥部分と鉄筋 4 との間に所定の交流電位差を形成する交流電位差形成工程を実行する。

【 0 0 2 2 】

図 1 に示す電流測定手段 1 1 は、電流計 1 1 a とクランプ部 1 1 b とを備えるクランプ式の交流電流計である。配管 2 c に交流電流が流れているとき、その交流電流によって誘起される磁界によってクランプ部 1 1 b には電流が誘導される。その電流は交流電流計 1 1 a を用いて測定できる。つまり、電流測定手段 1 1 は、交流電位差形成手段 1 2 が交流電位差を形成することで導電性配管 2 を流れる交流電流を測定する交流電流測定工程を実行する。

30

従って、この腐食推定システムでは、予め判明している直流電位差に基づいて交流を発生させ、その状態で発生する交流電流を得ることができる。

【 0 0 2 3 】

図 1 に示す情報処理装置 1 0 は、一般的なコンピュータ又は他の演算処理装置を用いて実現可能である。そして、情報処理装置 1 0 は、上述した交流電流測定工程において電流測定手段 1 1 によって測定される交流電流に基づいて配管 2 c に流れる腐食電流を推定する。

40

この情報処理装置 1 0 には、発明者により新たに作成された相関関係指標が格納されている。この指標は、図 4 に示すような図表であってもよいし、一定の相関式に基づくものであってもよいし、さらに数表の形態をとってもよい。

図 4 において、横軸は電流測定手段 1 1 によって測定される交流電流（実測値）であり、縦軸はマクロセルが形成されているときに配管 2 c に流れる直流の腐食電流（模擬試験での実測値）である。情報処理装置 1 0 は、図 4 の実線で示すように上記交流電流と上記直流の腐食電流とに一定の強い相関関係があることを利用して、測定された交流電流に基づいて配管 2 c に流れる腐食電流を推定する。例えば、同図に矢印で示すように電流測定

50

手段 1 1 によって測定された交流電流が  $10 \mu\text{A}$  であったとき、腐食電流は約  $7 \mu\text{A}$  であると推定できる。

【 0 0 2 4 】

以上が、本願に係る腐食推定方法の核を成す、直流電位差に相当する交流電位差を付与し、その状態で計測される交流電流量に基づいて腐食電流を推定する推定方法を実行する腐食推定システムの概要であるが、以下、作業手順に従って、本願に係る腐食推定を説明する。

この作業手順は、例えば、

- 1 長手状金属体と導電性部材との導通状態の判定（導通状態判定工程）、
- 2 直流電位差の測定（設定電位差決定工程）、
- 3 腐食推定システムを使用した腐食推定（交流電位差形成工程・交流電流測定工程）

の順に進める。

以下、この順に説明する。

【 0 0 2 5 】

- 1 長手状金属体と導電性部材との導通状態の判定（導通状態判定工程）

この判定工程では、図 3 に示す確認システムで導通の確認を行う。

図 3 に示す確認システムの抵抗測定手段 1 8 は、導電性配管 2 に電氣的に接続される接点 1 9 と土壤 1 に挿入された対極 2 0 との間に交流電圧を印加する交流電源 1 8 a と、導電性配管 2 に流れる電流を測定する電流計 1 8 b と、土壤 1 に挿入された基準電極 2 1 と上記接点 1 9 との間に存在する電位差を測定する電圧計 1 8 c とを備える。さらに、接点 1 9 より鉄筋 4 側の位置で内部を流れる電流を測定する電流測定手段 1 6 を備える。そして、情報処理装置 1 1 0 は、抵抗測定手段 1 8 によって測定される導電性配管 2 と基準電極 2 1 との間に存在する電位差とその電位差によって流れる電流とに基づいて、導電性配管 2 と鉄筋 4 との導通を判定する。この判定手法は、この確認システムに備えられる電流測定手段 1 6 あるいは抵抗測定手段 1 8 の測定値に従ったものとしてできる。

【 0 0 2 6 】

電流測定手段 1 6 を使用する場合

この例の場合、電流測定手段 1 6 を用いて測定される、接点 1 9 から鉄筋 4 との導通部位 A に至る導電性配管 2 に流れている電流に基づいて、導電性配管 2 と鉄筋 4 との導通を判定する。図 3 に示すように、電流測定手段 1 6 は、配管 2 c の周囲に配置されたクランプ部 1 6 b 及び電流計 1 6 a を備えたクランプ式の交流電流計である。その判定は、例えば具体的には、上記接点 1 9 と上記対極 2 0 との間に交流電圧が印加されている状態で、抵抗測定手段 1 8 に設けられている電圧計 1 8 c に基づいて図 3 に X で示す回路を流れる抵抗を求める。そして、電流計 1 6 a の測定結果に基づいて導出された回路 X の抵抗が小さい（例えば  $10 \text{ } \Omega$  未満）とき、導電性配管 2 と鉄筋 4 とは導通していると判定できる。高い場合は、導通していないと判定できる。

この測定方法は、導電性配管 2 と土壤 1 との絶縁状態の有無に関らず適用できる。

【 0 0 2 7 】

抵抗測定手段 1 8 を使用できる場合

導電性配管 2 の土壤 1 中の部分に絶縁継手などが含まれていて、導電性配管 2 と土壤 1 との接地抵抗が大きい状態が確保されていると確認できる場合は、抵抗測定手段 1 8 に備えられる電流計 1 8 b、電圧計 1 8 c の結果に基づいて、図 3 に示す回路 Y を流れる電流は十分に小さいと考えられるため、回路 X における抵抗から導電性配管 2 と鉄筋 4 との導通状態を判定できる。即ち、抵抗測定手段 1 8 によって導出された回路 X の抵抗が小さければ（例えば  $100 \text{ } \Omega$  未満であれば）、導電性配管 2 と鉄筋 4 とは導通していると判定し、他方で、回路 X の抵抗が大きければ（例えば  $100 \text{ } \Omega$  以上であれば）、導電性配管 2 と鉄筋 4 とは導通していないと判定する。

このようにして、導電性配管 2 と鉄筋 4 とが導通しているか否かによってマクロセル腐食が問題となる状況にあるか否かの判定を行える。そして、導通があると判定した場合のみ、以下の作業に移る。

## 【 0 0 2 8 】

## 2 直流電位差の測定（設定電位差決定工程）

図 1 に示す腐食推定システムに設けられる交流電位差形成手段 1 2 により配管 2 に形成する交流電位差としては、本願の推定方法を使用する場合には、図 2 に示す測定システムにより測定された直流電位差を用いる。

図 2 に示す測定システムでは、情報処理装置 1 0 0 が、電圧計 1 3 により、導電性配管 2 と電氣的に接続された接点 1 4 と、土壌 1 に挿入された電極 1 5（配管と同一の金属材料で構成し、塗覆装欠陥に相当）との間に存在する直流電位差を測定する。

## 【 0 0 2 9 】

## 3 腐食推定システムを使用した腐食推定（交流電位差形成工程・交流電流測定工程）

以上の工程を経て、本願に係る腐食推定システムが、上記手法により測定された直流電位差を使用する。即ち、図 1 に示す腐食推定システムにおいて、情報処理装置 1 0 が、測定された直流電位差を設定電位差として設定する。この場合、交流電位差形成手段 1 2 に備えられる電圧計 1 2 a の計測結果に基づいて交流電源 1 2 b の出力を調整することで、電圧計 1 3 によって測定される直流電位差に相当する交流電位差を付与することが可能となる。

そして、この所定の交流電位差が形成されている状態において電流測定手段 1 1 は、交流電流値を測定し、先に説明した図 4 に示す相関関係指標に基づいて、情報処理装置 1 0 がこの交流電流値から腐食電流値を求める。結果、腐食電流を定量的に求めることができる。

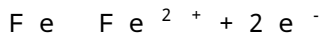
## 【 0 0 3 0 】

更に、情報処理装置 1 0 は、推定した腐食電流に基づいて導電性配管 2 の腐食質量速度を導出し、導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分の腐食の進行度合いを推定することが可能である。

例えば、推定した腐食電流が  $100 \mu\text{A}$  であり、導電性配管 2 の材質が鉄であるとき、腐食電流によって導電性配管 2 から土壌 1 へと溶出（腐食）する鉄に関する腐食質量速度は、 $0.9 \text{ g/年}$  となる。但し、導電性配管 2 から土壌 1 へ鉄イオンが溶出するときのアノード反応は下記の化学反応式とする。

## 【 0 0 3 1 】

[ 式 1 ]



## 【 0 0 3 2 】

以上は、本願に係る腐食推定方法に関する説明であるが、情報処理装置内で使用し、本願推定方法の妥当性について検証する。

この妥当性の検証に関しては、発明者らは理論的な検証を試みるとともに、現場試験でも検証を行った。

## 理論的検証

図 5 ( a ) に示す回路は、塗覆装欠陥を有する導電性配管 2 と、コンクリート 3 に接触する鉄筋 4 とが導通することで、導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分と土壌 1 とコンクリート 3 と鉄筋 4 とを経て導電性配管 2 へと至る電流経路が形成され、且つ、導電性配管 2 の土壌 1 と接触する塗覆装欠陥部分と鉄筋 4 との間に直流電位差：V が存在しているときの直流の等価回路図である。

この直流電流の電流経路には、直流電流が流れるときに導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分と土壌 1 との間で起こる、導電性配管 2 が腐食して金属イオンが土壌中に流れ出すときのアノード反応抵抗： $R_2$ 、導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分と土壌 1 との間の電気 2 重層容量： $C_2$ 、及び、導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分と土壌 1 との間の接地抵抗： $R_{s2}$  と、鉄筋 4 とコンクリート 3 との間で起こる、酸素の還元反応であるカソード反応抵抗： $R_4$ 、鉄筋 4 とコンクリート 3 との間の電気 2 重層容量： $C_4$ 、及び、鉄筋 4 とコンクリート 3 との間の接地抵抗： $R_{s4}$  とが存在する。この回路に流れる電流が直流電流であることを考慮すると、この直流電流にとっての電気抵抗となるのは、アノード反応抵抗： $R_2$ 、

10

20

30

40

50

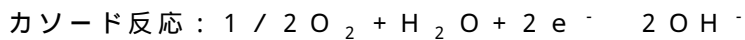
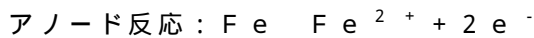
接地抵抗： $R_{S2}$ 、接地抵抗： $R_{S4}$ 、及び、カソード反応抵抗： $R_4$ であると見なすことができる。

【0033】

また、例えば、導電性配管2が鉄(Fe)であり、鉄筋4がカソードとして働くとき、それぞれで発生するアノード反応及びカソード反応は、以下の化学式のようになる。

【0034】

[式2]



【0035】

但し、導電性配管2にはFe原子が大量に存在するため上記アノード反応は起こり易く、上記アノード反応抵抗： $R_2$ は非常に小さいと見なせる。同様に、鉄筋4は表面積が非常に大きく電流密度が非常に小さいため、上記カソード反応抵抗： $R_4$ は非常に小さい。更に、鉄筋4とコンクリート3とは大面積で接触しているため、鉄筋4とコンクリート3との間の接地抵抗： $R_{S4}$ も非常に小さい。

従って、図5(a)に示す等価回路図において流れる直流電流： $I$ は、直流電位差： $V$ に対する導電性配管2の塗覆装欠陥部分と土壌1との間の接地抵抗： $R_{S2}$ の商： $V/R_{S2}$ でおおむね導出できる。

【0036】

図5(b)に示すのは、塗覆装欠陥を有する導電性配管2と鉄筋4とが導通することで、導電性配管2の塗覆装欠陥部分と土壌1と鉄筋4と導電性配管2とを流れる電流経路が形成され、且つ、導電性配管2の土壌1と接触する塗覆装欠陥部分と鉄筋4との間に交流電位差： $v$ が存在しているときの交流の等価回路である。

この交流電流の電流経路にも図5(a)に示したのと同様に、上記アノード反応抵抗： $R_2$ 、上記電気2重層容量： $C_2$ 、及び、上記接地抵抗： $R_{S2}$ と、上記カソード反応抵抗： $R_4$ 、上記電気2重層容量： $C_4$ 、及び、上記接地抵抗： $R_{S4}$ とが存在するのだが、この回路に流れるのが交流電流であることを考慮すると、この交流電流の周波数が大きくなると上記電気2重層容量 $C_2$ 及び $C_4$ におけるインピーダンスがほぼ零となる。また、鉄筋4とコンクリート3とは大面積で接触しているため、接地抵抗： $R_{S4}$ は非常に小さい。その結果、交流電流にとっての電気抵抗となるのは、接地抵抗： $R_{S2}$ であると見

なすことができる。従って、図5(b)に示す等価回路において流れる交流電流： $i$ は、交流電位差： $v$ に対する導電性配管2の塗覆装欠陥部分と土壌との間の接地抵抗： $R_{S2}$ の商： $v/R_{S2}$ で導出できる。

【0037】

以上のように、図5(b)に示す等価回路において流れる交流電流： $i$ は、図5(a)に示す等価回路において流れる直流電流： $I$ と同様に、導電性配管2の塗覆装欠陥部分と土壌1との間の接地抵抗： $R_{S2}$ を反映したものであると言える。従って、導電性配管2の土壌1と接触する塗覆装欠陥部分と鉄筋4との間に存在する直流電位差(マクロセル)によって導電性配管2に流れる直流の腐食電流の測定に代えて、上記直流電位差と同じ大きさの交流電位差を導電性配管2の土壌1と接触する塗覆装欠陥部分と鉄筋4との間に形成したときに導電性配管2に流れる交流電流の測定を行うことに理論上は問題ない。

【0038】

実証試験による検証

この試験では、表面積が $10\text{mm}^2 \sim 13750\text{mm}^2$ の塗覆装欠陥を意図的に作成した導電性配管2を模擬した試験片24、及び、実際の埋設中に腐食が発生した導電性配管片を試験片24として土壌中に埋設して用いた。そして、同じ試験片24について、図6、図7に示すシステムを用い、直流電流及び交流電流の両方を測定し、同一の試験片24それぞれについて測定された直流電流と交流電流との関係を図4上にプロットした。

【0039】

10

20

30

40

50



図 6 に示すシステムは、土壌 1 中に試験片 2 4 を埋設し、試験片 2 4 と配管 2 c とを電氣的に導通させる導電性ワイヤ 2 2 を設ける。この状態で、その導電性ワイヤ 2 2 に流れる直流電流（導電性配管 2 に発生するマクロセルによって流れる腐食電流に相当する）を電流計 2 3 で計測することで、各々の試験片 2 4 における直流電流を測定した。

一方、用意した夫々の試験片 2 4 について、図 7 に示すシステムのように、試験片 2 4 と配管 2 c とを導電性ワイヤ 2 2 で接続した状態で、図 1 に示した交流電位差形成手段 1 2 及び電流測定手段 1 1 と同様の構成の交流電位差形成手段 2 7 及び電流計測手段 2 6 を用いて、試験片 2 4 の塗覆装欠陥部分と土壌 1 とが接触する部位と鉄筋 4 との間に存在する直流電位差（これは先に図 2 で示した測定システムで予め測定しておく）に相当する設定電位差を形成して、導電性ワイヤ 2 2 に流れる交流電流を測定した。

上記したように各試験片 2 4 について得られた結果を図 4 上にプロットすると、直流電流と本願手法に従って測定される交流電流との間には強い相関が認められ、本願手法に従った交流電流値の測定により、腐食電流である直流電流を良好に推定できることが判る。

#### 【 0 0 4 0 】

従って、例えば、図 4 の実線に示した相関関係に基づいて推定する腐食電流には信頼性があると言える。また、腐食電流をマイクロアンペアのオーダーで精度良く推定可能となっている。尚、縦軸に示す直流の腐食電流（直流電流）の方が横軸に示す交流電流よりも僅かに小さくなっているのは、直流の腐食電流の場合は、電流経路の途中に存在する、完全に零ではない導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分でのアノード反応抵抗： $R_2$ 、及び、鉄筋 4 でのカソード反応抵抗： $R_4$  が、導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分と土壌 1 との間の接地抵抗： $R_{S2}$ （厳密には、 $R_{S2} + R_{S4}$ ）に足し合わされているためであると考えられる。

#### 【 0 0 4 1 】

< 別実施形態 >

< 1 >

上記実施形態において、上記交流電位差形成工程及び上記交流電流測定工程を含む一連の腐食推定方法と、上記設定電位差決定工程と、上記導通状態判定工程との実行順序について特に述べていないが、上記導通状態判定工程、上記設定電位差決定工程、上記腐食推定方法の記載順で実行することが好ましい。また、上記導通状態判定工程と上記設定電位差決定工程との実行順序は逆であってもよい。また更に、上記導通状態判定工程は、上記交流電流測定工程に先立って行われればよい。

#### 【 0 0 4 2 】

< 2 >

上記実施形態及び上記別実施形態において、導通状態判定工程を実行する場合について説明したが、導電性配管 2 と鉄筋 4 とが導通していることが既知である場合には、図 3 に示した導通状態判定工程は実施しなくてもよい。

#### 【 0 0 4 3 】

< 3 >

上記実施形態において、図 2 を参照して説明した設定電位差決定工程において、導電性配管 2 の塗覆装欠陥部分と土壌 1 とが接触する部位と鉄筋 4 との間に存在するマクロセルによる直流電位差を実際に測定する場合について説明したが、マクロセルによる直流電位差を実際に測定せず、推定によって決定してもよい。

例えば、腐食電流の測定対象としている導電性配管 2 と同様の環境下で埋設されている他の導電性配管において既に実際に測定された直流電位差を推定直流電位差として用いることや、導電性配管 2 が土壌中に埋設されている状態などに基づいて経験的に推定される推定直流電位差などによって、マクロセルによる直流電位差を推定してもよい。また、複数の上記推定直流電位差を平均化するなどの統計処理を行ってもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

< 4 >

上記実施形態において、長手状金属体としての導電性配管 2 のエルボ 2 a に塗覆装欠陥

10

20

30

40

50

が存在する場合について説明したが、導電性配管 2 を構成する他の部分において塗覆装欠陥が存在しても本発明の腐食推定方法を適用可能である。また、長手状金属体としては、上述したような塗覆装が施されていない鋼管であってもよい。

【 0 0 4 5 】

< 5 >

上記実施形態において、導電性配管 2 と鉄筋 4 とが導通しているか否かの導通状態を判定するために、導電性配管 2 と土壌 1 又は鉄筋 4 との間の抵抗を調べる形態について説明したが、抵抗以外にもその相当量として、模擬欠陥と鉄筋 4 との間の電位差、鉄筋 4 から模擬欠陥に流れる電流などを調べることで、導電性配管 2 と鉄筋 4 とが導通しているか否かの導通状態を判定してもよい。

10

【 0 0 4 6 】

< 6 >

上記実施形態では、第 1 媒質として土壌 1 を例示し、第 2 媒質としてコンクリート 4 を例示したが、土壌若しくはコンクリート以外の他の媒質中に長手状金属体及び導電性部材が設けられている場合にも本発明を適用できる。また、上記実施形態では、第 1 媒質（土壌 1）と第 2 媒質（コンクリート 3）とが異なる材料である場合について説明したが、長手状金属体と導電性部材とにおいてマクロセルが形成される状態であれば、第 1 媒質と第 2 媒質とが同じ材料であってもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 7 】

20

本発明に係る腐食推定方法は、土壌中、コンクリート中、水中などの媒質中に埋設されているガス管、水道管、建材などの長手状金属体の腐食状態を推定するために利用することができ、更には、推定された腐食状態に基づいて、それらの長手状金属体の交換時期を知るために利用することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 8 】

【図 1】腐食推定方法を行うときの腐食推定システム構成図

【図 2】腐食推定方法を行うときの測定システム構成図

【図 3】腐食推定方法を行うときの確認システム構成図

【図 4】交流電流（実測値）と腐食電流（推定値）の相関関係を示す図

30

【図 5】導電性配管と建物内の鉄筋とが導通しているときの等価回路図

【図 6】直流電流である腐食電流の測定を行うためのシステム構成図

【図 7】本願方法に従った交流電流の測定を行うためのシステム構成図

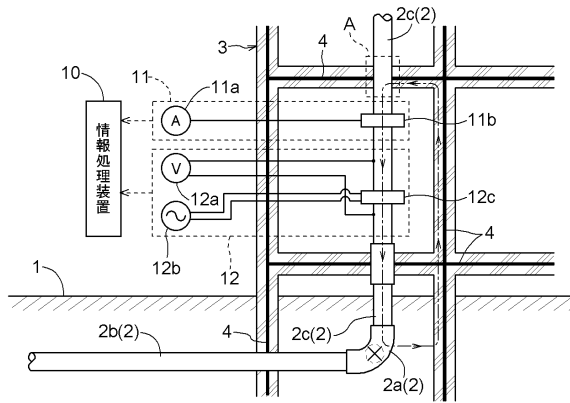
【符号の説明】

【 0 0 4 9 】

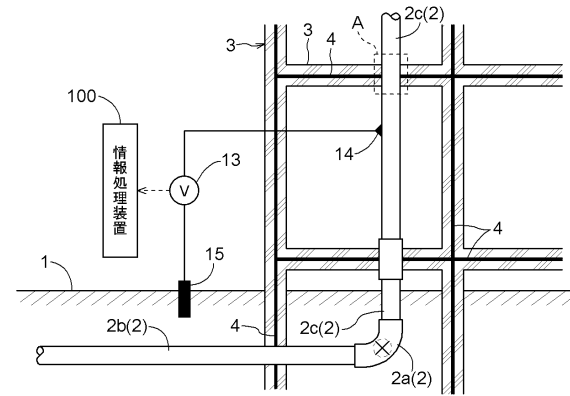
- 1 土壌（第 1 媒質）
- 2 導電性配管（長手状金属体）
- 3 コンクリート（第 2 媒質）
- 4 鉄筋（導電性部材）
- 1 2 交流電位差形成手段

40

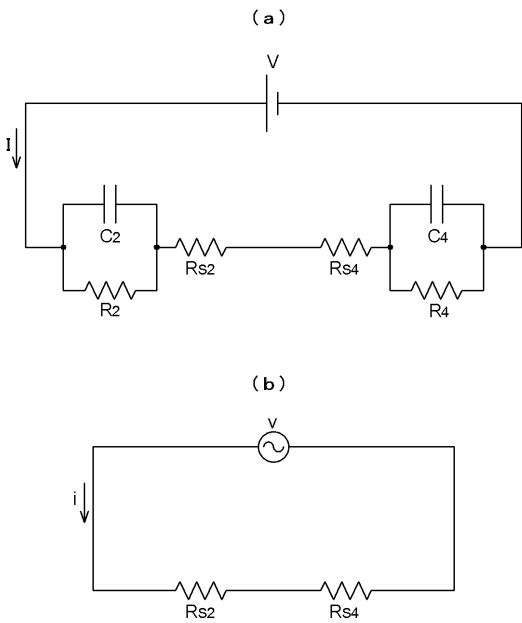
【図1】



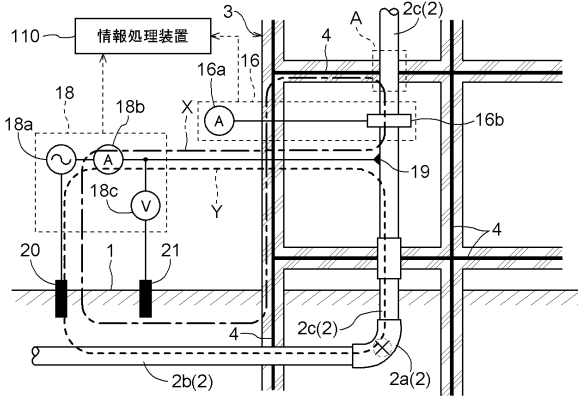
【図2】



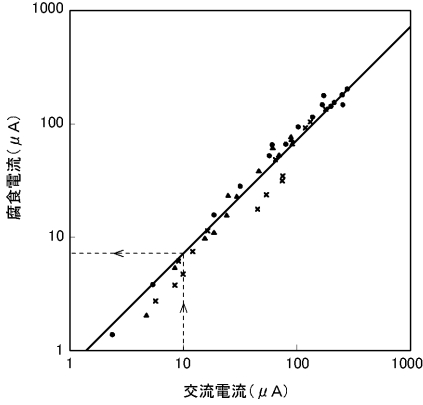
【図5】



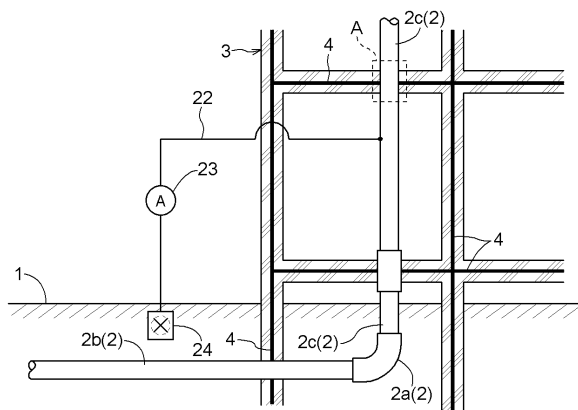
【図3】



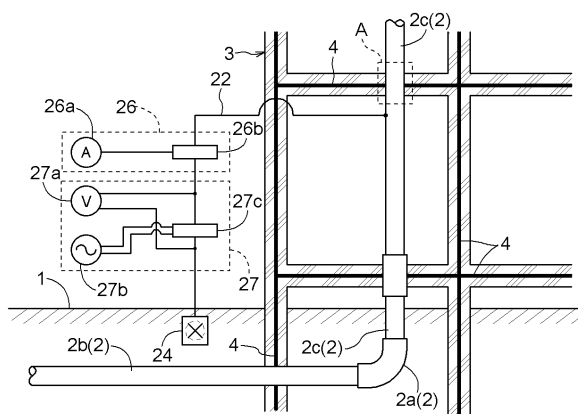
【図4】



【図6】



【図7】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 1 N 27/26 3 5 1 J  
G 0 1 N 27/26 3 5 1 M  
G 0 1 N 27/26 3 5 1 P

(56)参考文献 特開2004-198410(JP,A)  
特開昭60-195460(JP,A)  
特開平05-203600(JP,A)  
特開昭63-149549(JP,A)  
特開平07-209238(JP,A)  
特開2000-019156(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G 0 1 N 1 7 / 0 0  
F 1 7 D 5 / 0 6  
G 0 1 N 2 7 / 0 4  
G 0 1 N 2 7 / 2 6