

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4495523号  
(P4495523)

(45) 発行日 平成22年7月7日(2010.7.7)

(24) 登録日 平成22年4月16日(2010.4.16)

(51) Int. Cl. F I  
G O 1 N 33/20 (2006.01) G O 1 N 33/20 N

請求項の数 2 (全 7 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-161434 (P2004-161434)</p> <p>(22) 出願日 平成16年5月31日(2004.5.31)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-345111 (P2005-345111A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年12月15日(2005.12.15)</p> <p>審査請求日 平成18年8月16日(2006.8.16)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 000173784 財団法人鉄道総合技術研究所 東京都国分寺市光町2丁目8番地38</p> <p>(74) 代理人 100085394 弁理士 廣瀬 哲夫</p> <p>(72) 発明者 坂井 宏行 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財 団法人 鉄道総合技術研究所内</p> <p>審査官 山村 祥子</p>
---	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 海底トンネル内の鋼材の劣化予測システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

海水を含有する地下水が付着する海底トンネル内の長尺状の鋼材の劣化予測をする海底トンネル内の鋼材の劣化予測システムであって、該鋼材の劣化予測システムは、鋼材が設置されている場所を登録する設置場所登録手段と、該登録設置場所に設置された鋼材の劣化である長さ方向のひびによる不具合発生までの日数を登録する劣化日数登録手段と、鋼材を設置した日付を入力する入力手段と、前記登録場所に設置の鋼材の設置日数を計数し、設置日数が登録劣化日数に達した場合に鋼材が劣化していると予測する劣化予測手段と、前記設置日数が不具合発生日数に対し予め設定される第一の年以上前、該第一の年から第一の年よりも短い第二の年のあいだ、該第二の年以内であるかの判断をし、設置日数が第一の年以上前であれば「通常点検」、第一の年から第二の年のあいだであれば「要点検」、第二の年以内であれば「重要点検」と点検内容の判断をし、前記登録場所に設置された鋼材の不具合発生日数、設置日数および点検内容をディスプレイ表示する表示手段とを備えていることを特徴とする海底トンネル内の鋼材の劣化予測システム。

10

【請求項2】

第一の年は2年、第二の年は1年であることを特徴とする請求項1記載の海底トンネル内の鋼材の劣化予測システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、海底トンネル内に配設され、海水を含有する地下水が付着する鋼材の劣化予測システムの技術分野に属する

ものである。

【背景技術】

【0002】

こんにち、地下水面や海面より低い位置に海底トンネルを築造することが頻繁に行われ、このような海底トンネルに鋼材であるレールが露出する状態で設けられる。そしてこのような鋼材のなかには、例えば地下水に海水を含有する漏水（以下「海水含有漏水」という。）が継続的に付着するものがあり、このような場合、鋼材は、漏水含有物である海水が付着することにより、さらに詳しくは、海水中の塩分の付着により劣化（腐食）していくことになる。そして海水含有漏水のような水が鋼材に付着した場合における腐食の電気化学的な仕組みは次のものと考えられる。まず鋼材が腐食するには、付着溶液中に酸化剤である溶存酸素の存在が前提で、該存在する溶存酸素により水が付着している部分の鋼材の表面に電気的な偏りが生じ、付着している水によって電子が輸送され、これにより鉄イオン（鉄（II）イオン（ $Fe^{2+}$ ）、鉄（III）イオン（ $Fe^{3+}$ ））が鋼材表面に生成する。ここで付着水が海水含有漏水である場合のように多量の塩化物イオンが溶解していると、該塩化物イオンが前記生成した鉄イオンに配位して鉄のクロロコンプレックスを生成することになって水に溶けにくい鉄の水酸化物の生成を妨害する。鉄のクロロコンプレックスは水に溶け易く、かつ、水に安定に存在することから、前記生成した鉄のクロロコンプレックスは付着水に溶け出していくことになり、この結果、鋼材は、鉄の水酸化物により表面被覆がなされて保護されるようなことがなく、常に新鮮な腐食表面が腐食環境中に暴露され続けることになる。そして通常的环境下では海水含有漏水中には溶存酸素が十分に存在していることから、結果的に、海水含有漏水に曝露され続ける鋼材は、前記生成した鉄のクロロコンプレックスが継続的（連続的）に漏水に溶け出すことになって痩せ細り状態で腐食し、劣化が進行していくことになる。

ところで鋼材が振動や熱負荷によって劣化する場合、その劣化度合いを超音波で評価しようとしたものが知られている（特許文献1）が、このものは、鋼材が繰り返し振動や熱負荷を受けることで鋼材内部の結晶粒界に炭化物が析出して層となり、この炭化物層では超音波の伝播速度が速く、これを利用して劣化度合いを評価するようにしたものである。しかるにこのものは振動や熱等の負荷を受けた鋼材の劣化の評価であり、腐食による鋼材の劣化度合いを評価することはできない。

そして鋼材の腐食による劣化度合は、点検作業員が現場に行き目視で行っているのが現状であるため、鋼材の腐食による劣化度合いを予測する手法については記載すべき先行技術文献情報はない。

【特許文献1】特開平7-260753号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

このように海水含有漏水が付着され続ける鋼材は、腐食して劣化が進行していくことにより強度低下を招くことになる。そして劣化が進行した鋼材は、必要強度以下になる前に交換する等のメンテナンス処置を施すことが要求されるが、前述したように従来は、鋼材の劣化状態を予測することができないため、鋼材の劣化度合を、点検作業員により実施される常日頃の点検によりいちいち確認しているのが現状で、このような点検作業は、人員がとられるだけでなく、熟練や経験も必要なうえ、点検結果に個人差もあってばらつきが発生するという問題があり、ここに本発明の解決すべき課題がある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、上記のような実情に鑑み、これらの課題を解決することを目的として創作されたものであって、請求項1の発明は、

海水を含有する地下水が付着する海底トンネル内の長尺状の鋼材の劣化予測をする海底

10

20

30

40

50

トンネル内の鋼材の劣化予測システムであって、該鋼材の劣化予測システムは、鋼材が設置されている場所を登録する設置場所登録手段と、該登録設置場所に設置された鋼材の劣化である長さ方向のひびによる不具合発生までの日数を登録する劣化日数登録手段と、鋼材を設置した日付を入力する入力手段と、前記登録場所に設置の鋼材の設置日数を計数し、設置日数が登録劣化日数に達した場合に鋼材が劣化していると予測する劣化予測手段と、前記設置日数が不具合発生日数に対し予め設定される第一の年以上前、該第一の年から第一の年よりも短い第二の年のあいだ、該第二の年以内であるかの判断をし、設置日数が第一の年以上前であれば「通常点検」、第一の年から第二の年のあいだであれば「要点検」、第二の年以内であれば「重要点検」と点検内容の判断をし、前記登録場所に設置された鋼材の不具合発生日数、設置日数および点検内容をディスプレイ表示する表示手段とを備えていることを特徴とする海底トンネル内の鋼材の劣化予測システムである。

10

請求項2の発明は、第一の年は2年、第二の年は1年であることを特徴とする請求項1記載の海底トンネル内の鋼材の劣化予測システムである。

【発明の効果】

【0005】

そして本発明は、請求項1、2のようにすることで、従来できなかった鋼材劣化の促進物を含む水が付着する環境下にある鋼材の劣化予測が簡単にできることになって、劣化鋼材の交換等、メンテナンス性が著しく向上することになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

前述したように、海水のように鋼材劣化の促進物を含む水が付着する鋼材は、例えば鋼材劣化の促進物が海水である場合、塩化物イオンによって腐食されて劣化が進行していくが、その劣化度合いは、鉄のクロロコンプレックスの生成量に影響される。そしてこれは、鋼材設置時から現在に至るまで鋼材に付着した塩化物イオンの総量、つまり累積量（絶対量、積算量または延べ通過量としても表現できる。）に関連付けられ、設置される環境（場所）が同じなら、同じ状態で劣化すると推論できる。

20

【0007】

ところで鋼材のひび割れの大きさは鋼材の寿命、つまり不具合発生までの時間に大いに関係するが、前記鋼材が長尺物である場合、劣化によるひび割れの種類には、大別すると、図1に示すごとく、水平方向のひび1、幅方向のひび2、そして長さ方向のひび3がある。ところでこれらひび1、2および3は、実際に鋼材を設置してからこれらひび1、2および3の発生状態を経時的に観測した結果、これらひび1、2および3が成長していく速度は図2に示すように一様でないことを確認した。これはひびの発生が鋼材が置かれる環境に大きく左右されるものであって一つの方向のひびだけを観測して劣化予測したのでは十分でないことを意味する。

30

【0008】

一方、鋼材の使用状態において、どの種類のひびがどれくらい入った場合に鋼材の寿命を決定付けることになるかをあらかじめ強度試験等で確認しておき、そして、長さ方向に入るひび3である場合、ひびの長さが例えば1mmを超えた場合に不具合発生であるとし、この不具合発生のひびに成長するまでの時間（日数）を、実際に設置した鋼材を観測して求める。これらを観測したところ、前記鋼材が設置された場所の鋼材は、長さ方向に入るひびが最も短時間のうちに不具合発生となり、そこでこの時間を、該場所に設置される鋼材の不具合発生までの予測時間とし、該予測時間を経過した場合、劣化していると予測するようにする。

40

【0009】

次に、具体的な実験例について述べる。

いま、長さ10m、高さ10cm、幅6cmの長尺物の鋼材を海水が含有する地下水が付着する場所に設置し、鋼材のひび割れ状態を経時的に観測する。そして各方向に発生したひびの長さ（大きさ）と時間との関係についての結果を図2に示す。一方、これらひびが発生した場合に、該発生したひびがどのくらい長くなった場合、鋼材に不具合発生とす

50

るかについて鋼材の強度測定をしたところ、水平方向および幅方向のひびは共に 1 . 5 m m であるが、長さ方向のひびは 1 . 0 m m であり、そこでこの長さになる時間を計測したところ、水平方向のひびは 1 9 0 0 日、幅方向のひびは 2 2 0 0 日、長さ方向のひびは 1 7 0 0 日であった。そこでこの鋼材については、前記設置場所に設置してから 1 7 0 0 日が劣化により不具合が発生すると予測できる。そして実際に新たな鋼材を同場所に設置して不具合となるまでの長さ方向のひび発生を観測したところ、設置からおおよそ 1 6 0 0 日で不具合発生と判定され、再現性があることが確認された。

#### 【 0 0 1 0 】

また、前記実験場所とは異なる場所において同じような実験をしたところ、不具合発生までの時間について同じようなもの、異なるもの種々あるが、場所が同じであれば、何れも同じような時間が不具合発生時間となることが判明した。そこで、汎用のパーソナルコンピュータを用い、鋼材の劣化予測システムのソフトウェアを作成した。例えば鋼材設置箇所が海底トンネルである場合、該トンネルは、本坑 4 および作業坑 5 を有し、そのうちの本坑 4 は、陸地にトンネル出入口が設けられ、トンネルの中間に向かうほど深くなるようにしてトンネル途中にこう配変更点を有する略 V 字形の傾斜構造で築造されている。これに対して作業坑 5 は、前記本坑 4 の最深位置をこう配変更点として坑口に至るほど深くなるよう傾斜した略逆 V 字形に築造され、そして各坑口側の地上位置においてたて坑 6 および 7 が築造されている。

そして本坑 4 の A 位置から E 位置を選択して前記鋼材を設置する。そしてコンピュータ本体 8 に内蔵される記憶手段（登録手段）に、これら各設置場所と該各設置場所における鋼材の劣化による不具合発生までの時間、前記各場所に鋼材を設置した日付をキーボード等の入力手段 9 で入力して登録する。

そしてコンピュータ本体 8 は、前記設置日から今日までの設置日数を計数し、設置日数が、例えば登録された不具合発生日数の 2 年以上前、1 ~ 2 年のあいだ、1 年以内であるかの判断がなされ、2 年以上であれば「通常点検」、1 ~ 2 年の範囲であれば「要点検」、1 年以下であれば「重要点検」のメンテナンス（点検）度合いの表示を、図 5 に示すように前記各複数箇所毎の設置場所毎に、不具合発生日数、経過日数（設置日数）、メンテナンス度合いをディスプレイ 1 0 で表示し、これにより劣化予測ができると共に、該劣化予測に基づいたメンテナンス管理をすることができる。

#### 【 図面の簡単な説明 】

#### 【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 鋼材のひび割れ状態を示す概略図である。

【 図 2 】 ひびの進行状態を示すグラフ図である。

【 図 3 】 予測装置のブロック回路図である。

【 図 4 】 予測装置のフローチャート図である。

【 図 5 】 予測装置の表示画面図である。

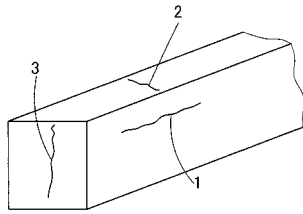
【 図 6 】 海底トンネルの概略断面図である。

#### 【 符号の説明 】

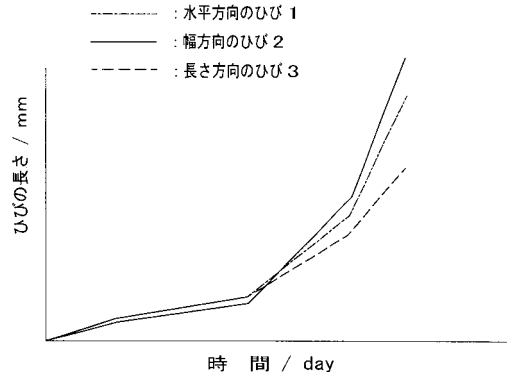
#### 【 0 0 1 2 】

- 1 水平方向のひび
- 2 幅方向のひび
- 3 長さ方向のひび

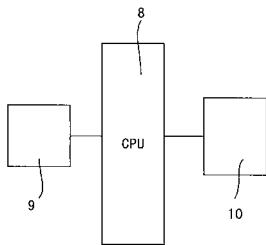
【図1】



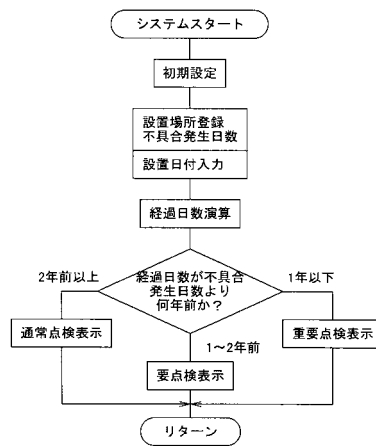
【図2】



【図3】



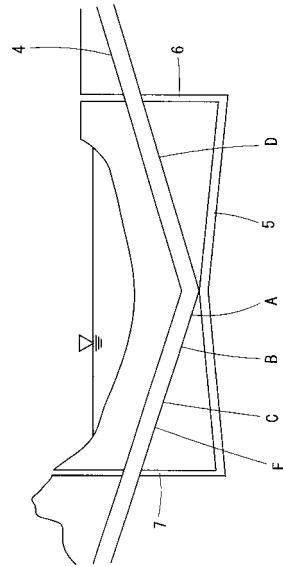
【図4】



【 図 5 】

設置場所	不具合発生日数	経過日数	点検
A	1600	1410	重要
B	1800	1410	要
C	2000	1410	要
D	2000	1410	要
E	2200	1410	普通
..	..	..	..
..	..	..	..

【 図 6 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-262580(JP,A)  
特開2003-106947(JP,A)  
特開平08-044421(JP,A)  
特開昭61-139743(JP,A)  
特開2003-050222(JP,A)  
特開2000-314699(JP,A)  
特開2002-318227(JP,A)  
特開平09-145578(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 33/20

JSTPlus/JST7580(JDreamII)