

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年3月7日(07.03.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/031663 A1

- (51) 国際特許分類:
C23F 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/071379
- (22) 国際出願日: 2012年8月24日(24.08.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-185123 2011年8月26日(26.08.2011) JP
特願 2012-030716 2012年2月15日(15.02.2012) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 藤森工業株式会社 (FUJIMORI KOGYO CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1600023 東京都新宿区西新宿一丁目23番7号 Tokyo (JP). ショーボンド建設株式会社 (SHO-BOND CORPORATION) [JP/JP]; 〒1030015 東京都中央区日本橋箱崎町7番8号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 石川 康登 (ISHIKAWA Yasuto) [JP/JP]; 〒1600023 東京都新宿区西新宿一丁目23番7号 藤森工業株式会社内 Tokyo (JP). 山本 史郎 (YAMAMOTO Shirou) [JP/JP]; 〒1600023 東京都新宿区西新宿一丁目23番7号 藤森工業株式会社内 Tokyo (JP). 飯塚宏和 (IIDUKA Hirokazu) [JP/JP]; 〒1600023 東京都

新宿区西新宿一丁目23番7号 藤森工業株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 潤 (SUZUKI Jun) [JP/JP]; 〒1600023 東京都新宿区西新宿一丁目23番7号 藤森工業株式会社内 Tokyo (JP). 中村 勉 (NAKAMURA Tsutomu) [JP/JP]; 〒1600023 東京都新宿区西新宿一丁目23番7号 藤森工業株式会社内 Tokyo (JP). 三村 典正 (MIMURA Norimasa) [JP/JP]; 〒1030015 東京都中央区日本橋箱崎町7番8号 ショーボンド建設株式会社内 Tokyo (JP). 二木 有一 (FUTAKI Yuichi) [JP/JP]; 〒1030015 東京都中央区日本橋箱崎町7番8号 ショーボンド建設株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 上野 英樹 (UENO, Hideki); 〒1700013 東京都豊島区東池袋1-28-1-901 U P S C上野特許事務所 Tokyo (JP).

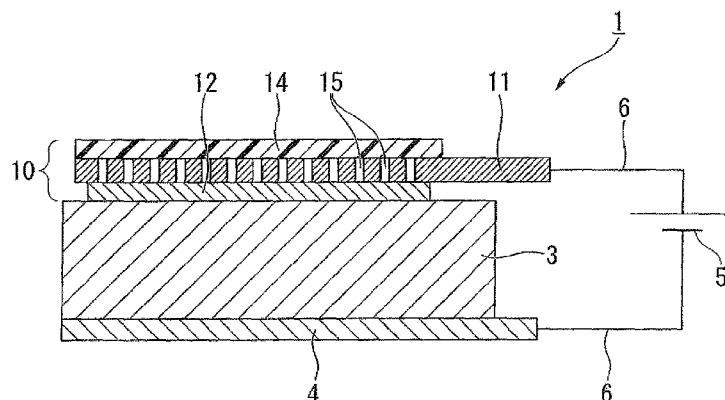
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: AUXILIARY ANODE, CORROSION-PREVENTING CONSTRUCTION OF A CONCRETE STRUCTURAL BODY USING THIS, AND CORROSION PREVENTION METHOD

(54) 発明の名称: 補助陽極、それを用いたコンクリート構造物の防食構造および防食方法

[図1]



(57) Abstract: [Problem] To provide an auxiliary anode, corrosion-preventing construction of a concrete structural body using this, and a corrosion prevention method capable of preventing electrical corrosion, with little generation of gas due to electrolysis of water or chlorine compounds, by decreasing as far as possible the amount of processing performed on the structural body in on-site construction work and suppressing the voltage that is conducted therethrough to a low level. [Solution] A corrosion-preventing construction (1) is constituted by sticking an auxiliary anode (10) to the surface layer (3) of a corrosion-preventing body (4) through a first electrolyte layer (12) on one face of a conductive layer (11) formed as a sheet. The electrolyte is formed as a sheet. The first electrolyte layer (12) having tacky adhesiveness is stuck to the conductive layer (11) and the surface layer (3) of the corrosion-preventing body (4).

(57) 要約:

[続葉有]



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】施工現場での作業量を可及的に低減し、通電する電圧を低く抑えて、水や塩素化合物の電気分解による気体の発生が少ない電気防食が可能な補助陽極、それを用いたコンクリート構造物の防食構造および防食方法を提供する。 【解決手段】シート状に成形された導電層 11 の一面に、電解質がシート状に成形されて導電層 11 および被防食体 4 の表面層 3 に貼着可能な粘着力を有する第 1 の電解質層 12 が貼着されてなる補助陽極 10 を、その第 1 の電解質層 12 を介して被防食体 4 の表面層 3 に貼着し、防食構造 1 を構成する。

明 細 書

発明の名称：

補助陽極、それを用いたコンクリート構造物の防食構造および防食方法
技術分野

[0001] 本発明は、コンクリート層で覆われる鉄筋等の防食に用いる補助陽極、それを用いたコンクリート構造物の防食構造およびコンクリート構造物の防食方法に関する。

背景技術

[0002] コンクリートの表面付近に設置した電極（陽極）から、コンクリート中の鉄筋等の鋼材に電流を流すことによって、鋼材の電位を腐食しない電位にまで低下させ、鋼材腐食の進行を抑制する電気防食が知られている。電気防食としては、外部電源方式と流電陽極が知られている。

外部電源方式は、直流電源装置の正極を補助陽極および負極を防食する鋼材に導体で接続して電気回路を作り、補助陽極から防食電流を鋼材へ流すカソード防食である。

流電陽極方式は、電気防食の対象の鋼材よりも酸化還元電位が低い物質、例えば、亜鉛、マグネシウム、アルミニウム等の卑金属やこれらの合金からなる流電陽極（犠牲陽極）を導体で鋼材とつなぎ、鋼材の代わりに流電陽極の金属がイオン化することにより鋼材の腐食を防ぐものである。すなわち、防食する鋼材を陰極にして、鋼材よりも酸化還元電位が低い物質を陽極として電池を完成させ、両極間の電位差によって防食電流を鋼材へ流す方法である。

[0003] しかし、流電陽極方式は、経時に伴い酸化還元電位が低い物質を消耗させるため、流電陽極の定期的な交換が必要となるという問題がある。

一方、外部電源方式は、チタンメッシュ、チタングリッド、チタンロッド等の耐食性の高い補助陽極をコンクリートの表面または表面に溝や穴を設けて設置し、モルタルで固定するので、補助陽極の定期的な交換は不要である

が、耐食性の高い補助陽極が高価でコスト的に不利であり、施工に手数がかかるという問題がある。

また、白金チタン線をコンクリート面に間隔をおいて取り付け、コンクリート全面を導電性の塗料でコーティングする方法もあるが、導電塗膜とコンクリートの接触面の電位分布が均一でないため、電気化学的反応により導電塗膜が劣化して剥がれやすいという問題がある。

[0004] この様な問題に対して、近年、コンクリート構造物を補修時に補強する際に用いる炭素繊維に着眼し、炭素繊維や炭素粉末を利用した防食方法が提案されている。

例えば、特許文献1には、内側に、塩分と水分を通しづらい特定の透気性を有する材料を貼り、その内側に、炭素繊維の不織布または炭素粉末をコーティングしたシートを貼り付け、さらにその内側に無収縮モルタルを塗布した保護カバーを、鉄筋コンクリート構造物の外表面に取り付け、保護カバーの端部で耐食性の高い金属と前記シートを接続して陽極側の通電点とし、適宜な箇所のコンクリートに穴をあけ、金属を鉄筋に連結して陰極側の通電点とする鉄筋コンクリート構造物の電気防食方法が提案されている。

[0005] また、特許文献2においては、コンクリート内に設けられた鋼材を含む既存のコンクリート構造物の表面上に炭素繊維シートを、導電性接着剤を介して貼付し、鋼材を陰極とし炭素繊維シートを陽極とするよう通電する防食方法が提案されている。

そして、特許文献3においては、特許文献2の提案について、導電性接着剤の導電性と接着強度を自在に調整することは困難であるとして、コンクリート構造物表面と炭素繊維シートとの間に、両者を接着するための接着剤層と、該接着剤よりも導電性が高い導電性材料の層とを区分けして配置した防食補強コンクリート組立体の鋼材を陰極とし、炭素繊維シートを陽極とするように通電する防食方法が提案されている。

[0006] そして、これらの提案を補助する手段として、バックフィルを併用することも行われている。例えば、特許文献4には、吸水性樹脂とアルカリ性水溶

液とを含み、ゲル状であるコンクリート構造物の電気防食用バックフィルが提案されている。この提案によれば、長期間の通電を行った場合でもバックフィルの液漏れが防止でき、イオン伝導性及び保水性が良好で、優れたアルカリ緩衝作用を示し、且つ通電性能の低下が少ないという寿命特性を付与することができると思われる。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2003-27607号公報

特許文献2：特開平11-200516号公報

特許文献3：特開2004-27709号公報

特許文献4：特開2008-127678号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、特許文献1の提案は、通気性の炭素系シートをモルタルでコンクリートに接着させ、電気化学的反応によって発生する酸素や塩素等の気体を外部に逃がすものであるが、通電時に炭素系シートとモルタルの界面で電気分解が起こり、気体が発生するので、モルタルにひびやクラックが入り、炭素系シートが剥がれやすくなるという問題がある。それ故、特許文献1の提案においては、FRP型枠などのリジッドな保護カバーをネジ止めして、炭素系シートを固定する。これにより、炭素系シートが剥落することはないが、経時に伴い、発生する気体によって炭素系シートとモルタルの接着が不十分となり、密着度が低下して電流が流れにくくなるため、所定の防食電流を確保するために高い電圧をかける必要がある。

[0009] 一方、特許文献2の提案は、コンクリート構造物の表面上に炭素繊維シートを、導電性接着剤を介して貼付するので、モルタルで接着するよりも信頼性の高い接着力が得られる。そして、炭素繊維シートの導電性により、電気防食を行う際のコンクリート表面の電位分布が均一となり、塩素ガス等の発

生を低減できるので、通電する電圧を高くしなくても防食が可能とされる。

しかし、導電性を上げるために導電性接着剤中の炭素や金属の導電性粒子の含有率を高くすると、接着力が低下し、接着力を上げるために導電性接着剤中の炭素や金属の導電性粒子の含有率を低くすると、導電性が低下する。従って、導電性接着剤の導電性と接着強度を自在に調整することが困難となる。

[0010] 特許文献2の提案の問題点を解決する特許文献3の提案は、コンクリート構造物表面と炭素繊維シートを接着するための接着剤層と、該接着剤よりも導電性が高い導電性材料の層とを区分けして配置する。つまり、接着剤層と導電層をストライプ状に設けるので、導電性接着剤の導電性と接着強度をある程度自在に調整することが可能である。

しかし、導電層が存在する部分と導電層が存在しない部分とでは、コンクリート表面の電位分布が不均一となり、防食に必要な所定の電流を得るためには、ある程度、印加する電圧を高くする必要がある。

また、接着剤層と導電層をストライプ状に設ける作業は、現場施工であり、橋梁の床盤など構造物の裏面に処理を施す場合が多い防食工事にとっては、作業を頭上で行う必要があり、施工が煩雑を極め現実的ではない。

[0011] そして、特許文献1～3のいずれの提案においても、炭素系シートをコンクリート層表面に接着することができたとしても、外部電源の正極から供給される電流による正の電荷の移動が、コンクリート中でイオン伝導により鉄筋に輸送する正の電荷の移動に変化する際のコンクリートと導電性接着剤の界面におけるエネルギー障壁が大きい。この障壁により電気化学的分極が起きて、防食に必要な所定の電流を流す場合に、印加する電圧が高くなる。従って、特許文献1～3のいずれの提案においても、通電する電圧を低く抑えて、水や塩素化合物の電気分解による気体の発生が少ない電気防食を行うことは困難である。

[0012] また、特許文献1～3のいずれの提案も、コンクリート表面と炭素系シートを接着する作業は、現場施工が主であり、モルタルや接着剤が乾燥や硬化

する時間を考慮しつつ作業を進める必要がある。場合によっては、モルタルや接着剤が乾燥や硬化するまで待たなければならないこともある。また、橋梁の床盤など裏面に処理を施す場合が多い防食工事において、現場施工は、重労働となりやすい。

そして、例えば特許文献4に記載されるようなバックフィルを用いたとしても、バックフィル自体は、コンクリート表面と炭素系シートの接着を補強する機能を有しない。従って、長期間の通電においては、コンクリート表面と陽極の密着度合いが低下して電気化学的分極が大きくなり、印加電圧の上昇を避けることはできない。また、外側容器をコンクリート構造物表面に固定して、バックフィルを充填する作業が追加されるので、施工現場での作業量の低減には寄与しない。

[0013] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、施工現場での作業量を可及的に低減し、通電する電圧を低く抑えて、水や塩素化合物の電気分解による気体の発生が少ない電気防食が可能な補助陽極、それを用いたコンクリート構造物の防食構造および防食方法を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明の発明者らは、上記の課題を解決するため、電気防食を行う際のコンクリート表面の電位分布が均一で外部電源への電子の移動がコンクリート中の陽イオンの移動に効率よく変換される補助陽極を鋭意検討した。その結果、コンクリートの表面に貼着可能な粘着力を有するシート状に成形された電解質層を用いることを着想した。例えば、導電性ハイドロゲル（以下、「ハイドロゲル」ということがある。）等のゲル電解質のシートは、コンクリートに比べて豊富なゲルの溶媒（ハイドロゲルの場合は水）に含まれるイオンによって導電層との界面における電気化学的分極を小さくすることができる。しかも、ゲル電解質を構成する樹脂マトリックスの粘着性により補助陽極をコンクリートの表面に貼着することができる。これにより、ゲル電解質とコンクリート層との密着性が高くなるのでイオン伝導しやすい。また、補助陽極設置に際して施工現場での作業量を低減することができる。本発明の

発明者らは、これらの知見を得て本発明を完成した。

[0015] 本発明は、以下の補助陽極を提供する。

(1) シート状に成形された導電層の一面に、電解質がシート状に成形されて前記導電層および被防食体の表面層に貼着可能な粘着力を有する第1の電解質層が貼着されたことを特徴とする補助陽極。

(2) 前記導電層が炭素素材を含む(1)の補助陽極。

(3) 炭素素材が繊維基材またはフィルム基材に担持された(2)の補助陽極。

(4) 炭素素材が炭素粉末である(3)の補助陽極。

(5) 前記導電層が気体の透過が可能な多数の連通孔を有する(1)～(4)のいずれかの補助陽極。

(6) 前記導電層がイオンの透過が可能な多数の連通孔を有し、さらに前記導電層のもう一方の面に、電解質がシート状に成形されて前記導電層に貼着可能な粘着力を有する第2の電解質層が貼着された(1)～(5)のいずれかの補助陽極。

(7) 前記導電層または第2の電解質層の外表面が保護層で覆われた(1)～(6)のいずれかの補助陽極。

[0016] また、本発明は、以下のコンクリート構造物の防食構造およびコンクリート構造物の防食方法を提供する。

(8) (1)～(7)のいずれかの補助陽極を、第1の電解質層を用いてコンクリート構造物の表面に貼着し、前記補助陽極の前記導電層を外部電源の正極に接続し、外部電源の負極を被防食体に接続したことを特徴とするコンクリート構造物の防食構造。

(9) (8)のコンクリート構造物の防食構造を用いて、前記補助陽極の前記導電層と被防食体との間に電圧を印加して防食電流を流すことを特徴とするコンクリート構造物の防食方法。

発明の効果

[0017] (1)の補助陽極によれば、電解質がシート状に成形されて前記導電層お

よび被防食体の表面層に貼着可能な粘着力を有する第１の電解質層が導電層の一面に貼着されて、積層構造とされているので、第１の電解質層の導電層が貼着されていない面を用いて被防食体の表面層に補助陽極を貼着することができる。これにより、補助陽極を設置するための施工現場での作業量を大幅に低減することができる。

また、シート状に成形された導電層とシート状に成形されたゲル電解質が、広い面積で均一に密着することにより、電気防食を行う際の被防食体の表面層の電位分布が均一となる。また、コンクリートに比べて豊富な電解質のイオンにより、外部電源からの電荷の移動が電解質のイオン伝導に効率よく変換されるため、電気化学的分極を小さくすることができる。その結果、補助陽極に印加する電圧を低く設定できるので、水や塩素化合物の電気分解による気体の発生を少なくすることが可能である。

また、本発明の補助陽極１０は、印加する電圧が小さくても防食効果が得られるので、高価で設置に手間のかかる電源装置を必要とする商用電源を用いなくとも、太陽電池、燃料電池や乾電池などの独立した電源を用いることにより防食が可能である。

さらに本発明の補助陽極１０は、コンクリートとの接点に電解質層を採用しているので、異物と直接接触することがない。従って、本発明の補助陽極は、短絡や電食の影響を小さくすることが可能である。

[0018] （２）の補助陽極によれば、（１）の補助陽極の効果に加えて、高価なチタンなどの耐食性の高い金属を補助陽極に用いなくともよいので、コスト的に有利である。また、炭素素材は、金属に比べて軽いので、補助陽極を軽くすることができる。

（３）の補助陽極によれば、（２）の補助陽極の効果に加えて、合成樹脂の基材に炭素素材を担持させることができるので、耐食性が高く、導電性の調整および低コスト化が可能となる。

（４）の補助陽極によれば、（３）の補助陽極の効果に加えて、安価な炭素粉末を用いることができるので、コスト的に有利である。

(5) の補助陽極によれば、(1) ～ (4) の補助陽極の効果に加えて、前記導電層が気体の透過が可能な多数の連通孔を有するので、大きな電流を流して防食する場合に、第1の電解質層との界面で発生する気体を逃がすことができる。これにより、第1の電解質層から導電層が部分的に剥離することを防止できる。従って、腐食が進行している鉄筋に対して、第一段階として、大きな電流が流れる電圧を印加して腐食を制止し、不動態皮膜が形成されたら、第二段階として、水や電解質の電気分解による気体の発生が少ない電圧を印加して防食を行うことが可能である。

(6) の補助陽極によれば、(1) ～ (5) の補助陽極の効果に加えて、さらに前記導電層の第1の電解質層が貼着されていないもう一方の面に、シート状に固体化された第2の電解質層が貼着されているので、導電層の両面が電解質層と密着することができる。これにより、導電層の両面で電子伝導がイオン伝導に変換されるので、より一層、電気化学的分極を小さくすることができる。

(7) の補助陽極によれば、(1) ～ (6) の補助陽極の効果に加えて、補助陽極の取扱性や施工性を低下させることなく、導電層または第2の電解質層の物理的損傷、汚れ、雨や飛来塩分等の侵入を防止することができる。

[0019] (8) の防食構造によれば、(1) ～ (7) の補助陽極と同様な効果に加えて、防食工事の施工が容易で、施工現場での作業量が大幅に低減し、補助陽極の剥落のおそれがないコンクリート構造物の防食が可能となる。

(9) の防食方法によれば、(8) の防食構造と同様な効果に加えて、防食に大きな電流を用いる場合でも、印加する電圧を低く抑えることができるので、長期間安定した電気防食を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の補助陽極の一例を用いたコンクリート構造物の防食構造を模式的に示す断面図である。

[図2]本発明の補助陽極の他の例を用いたコンクリート構造物の防食構造を模式的に示す断面図である。

[図3]本発明の補助陽極の定電圧通電試験結果を示すグラフである。

[図4]本発明の補助陽極と他方式の補助陽極の定電圧通電試験結果を示すグラフである。

[図5]本発明の実施例1による補助陽極の定電流通電試験結果を示すグラフである。

[図6]本発明の実施例2による補助陽極の定電流通電試験結果を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、好適な実施の形態に基づき、図面を参照して本発明を説明する。

図1に本発明の補助陽極10の一例およびそれを用いたコンクリート構造物の防食構造の第1形態例を模式的に示す。

本形態例の補助陽極10を用いたコンクリート構造物の防食構造1は、第1の電解質層12をコンクリート層3の表面に貼着して補助陽極10を設置する。そして、回路配線6を用いて外部電源5の正極を補助陽極10の導電層11に接続し、回路配線6を用いて外部電源5の負極を被防食体4に接続して防食回路を形成する。

なお、「貼着」とは、物体同士が粘着または接着により一体化することを意味する。粘着とは、意図的な界面での剥離は可能であるが、自然な状態では剥離しない接着強度で物体同士が一体化することを意味する。接着とは、界面での剥離が不能な接着強度で物体同士が一体化することを意味する。

[0022] 導電層11は、外部電源5により供給される電流を、第1の電解質層12の表面に均一に供給する面状電極である。導電層11は、通電時に発生する酸素や塩素などの気体および電解質溶液に対する耐久性（耐食性）が高い材料をシート状に成形したものである。

導電層11に用いられる耐食性が高い材料としては、白金、チタン、ニッケル、鉛やステンレス等の金属および炭素素材を挙げることができる。

耐食性が高い金属の中では、チタンは耐食性に優れ、軽くて軟らかいので好ましい。ステンレスはコスト的に有利なので好ましい。ステンレスやチタ

ンは、白金やルテニウムがメッキされていると、耐食性および導電性に優れるのでより好ましい。

[0023] 導電層 11 に金属を用いる場合は、金属箔、金属リボン、金属繊維の織布やエキスパンドメタルなどの金属メッシュ等をシート状に成形したものをを用いることができる。開口を有する金属リボンや金属メッシュは、軽くて低コストであるが、第 1 の電解質層との接着強度が劣る場合がある。したがって、導電層 11 に用いる金属は、金属箔が好ましい。

金属箔を用いる場合、その厚さは、入手しやすさ、剛性、重量、コストなどを考慮して決めればよい。例えば、チタン箔を用いる場合は、その厚さは、 $20\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ が好ましい。ステンレス箔を用いる場合は、その厚さは、 $10\mu\text{m}$ ～ $300\mu\text{m}$ が好ましい。この範囲より厚いと、導電層が重くなりすぎて長期の使用時に第 1 の電解質層から剥離する可能性が出てくる。また、剛性が高くて加工しにくい。また、補助陽極を屈曲面に施工する際、屈曲面に追従しにくい。

なお、金属リボンを用いる場合は、幅を広くするために、複数枚を並べて用いることができる。この場合は、金属リボン同士を導電体で電氣的に接続しておくことが好ましい。

[0024] 導電層 11 に用いられる耐食性が高い材料の内、炭素素材は、軽く、柔軟性の付与も容易で、調整により導電性の確保と低コスト化の両立が可能なので好ましい。

導電層 11 に炭素素材を用いる場合は、黒鉛をシート状に加工したグラファイトシート、有機繊維を炭化した炭素繊維の織布、不織布、編布などの導電性を有する炭素素材からなるシート、導電性を有するカーボン混抄紙、フィルム基材や織布、不織布、編布、紙などのシート状の繊維基材に炭素の短繊維や炭素粉末等の導電性を有する炭素素材を塗布または含浸したシートを用いることができる。炭素繊維のシートは、繊維の一部が炭素繊維でなくともよい。

[0025] ここで、塗布とは炭素素材を主にフィルム基材や繊維基材の表面に付着さ

せることであり、含浸とは炭素素材を繊維基材の表面に付着させ、かつ内部に浸透させることである。しかし、炭素素材が繊維基材の表面に付着している場合は、炭素素材が繊維基材の隙間にも浸透していることが多い。本発明においては、炭素素材の浸透により導電層 11 の導電性が高くなることは、好ましいことなので、塗布と含浸を厳密に区別する必要はない。以下、含浸することを含めて「塗布」と表現することがある。

[0026] 導電層 11 として、炭素素材を塗布した炭素塗布シートを用いると、コスト的に有利であり、導電性の調整が容易なので好ましい。

炭素塗布シートの炭素素材を担持するフィルム基材や繊維基材の材料は、金属、炭素素材、合成樹脂、ガラス、綿、麻、羊毛や絹等が使用可能である。

これらのうち、金属からなる基材は、導電性に優れるので好ましいが、通電時に発生する酸素や塩素などの気体および電解質溶液（電解液）で腐食することがある。このため、耐食性の高い白金やチタン等を用いる必要があり、コスト的に不利である。したがって、炭素塗布シートは、合成樹脂の基材に炭素素材を担持させると、耐食性が高く、導電性の調整および低コスト化が可能となるので好ましい。

[0027] 繊維基材に炭素素材を塗布した炭素塗布シートからなる導電層（以下、「繊維導電層」という場合がある。）は、繊維基材表面の凹凸により導電層 11 と第 1 の電解質層 12 との接触面積が大きくなるので好ましい。そして、第 1 の電解質層 12 に粘着性を有し、柔軟で凹凸への追従性に優れたゲル電解質層を用いる場合は、ゲルの一部が繊維基材の隙間に浸入し、密着性が増大する。これにより、ゲル電解質が外部電源 5 の正極から送られる正の電荷を効率よくイオン化して受け取り、被防食体 4 の表面層 3 へイオン伝導で効率よく移動させることができる。また、繊維基材の隙間が気体の透過が可能な連通孔となるように炭素素材を塗布することで、繊維基材の隙間から、防食時に大きな電流を用いたときに発生する気体を逃がすことができる。

[0028] 繊維導電層の繊維基材としては、金属繊維や炭素繊維などの導電性繊維、

および、ガラス繊維、動物性繊維、植物性繊維、合成樹脂繊維等の非導電性の繊維を織布、不織布、編布、紙などのシートに加工した繊維基材を用いることができる。

金属繊維からなる繊維基材は、導電性に優れるが、電解質溶液や気体の発生に伴い経時的に腐食する場合がある。このような場合は、耐食性に優れる炭素素材を塗布することが好ましい。この場合は、繊維導電層全体が導電性となるので導電性が高い。

繊維導電層の繊維基材の内、合成樹脂繊維からなる繊維基材は、耐食性が高いので好ましい。

[0029] 繊維基材となる合成樹脂繊維を構成する樹脂としては、ポリエチレンテレフタレート（PET）やポリエチレンナフタレート（PEN）等のポリエステル樹脂；ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）やエチレンーテトラフルオロエチレン共重合体（ETFE）等のフッ素系樹脂；アクリル系樹脂；ポリエチレン（PE）やポリプロピレン（PP）等のポリオレフィン樹脂；ナイロン等のポリアミド樹脂、テトラアセチルセルロース（TAC）；ポリエステルスルホン（PES）；ポリフェニレンスルフィド（PPS）；ポリカーボネート（PC）；ポリアリレート（PAr）；ポリスルホン（PSF）；ポリエーテルイミド（PEI）；ポリアセタール；ポリイミド系ポリマー；ポリエーテルサルホンなどを挙げることができる。

[0030] フィルム基材に炭素素材を塗布した炭素塗布シートからなる導電層（以下、「フィルム導電層」という場合がある。）は、炭素素材の塗布量を精度よく制御できるので好ましい。また、炭素素材がフィルムの裏側に透過しないので、汎用の簡易な塗工装置で塗布することができる。

しかし、基材がフィルムであると、炭素素材を厚く塗布することが難しい場合がある。そのような場合は、フィルムの両面に炭素素材を塗布してもよい。この場合、フィルムを多孔性としたり、表裏を導電テープで接続したりして、表裏の炭素塗布層を導通させることが好ましい。また、繊維基材を炭素塗布層中に埋設して、炭素塗布層を補強してもよい。

[0031] フィルム導電層は、フィルム基材によっては、気体を透過させにくいことがある。通常、防食時に2 V以下の小さな電圧を印加する場合には、気体の発生量は、極めて小さく、発生した気体がフィルム基材を透過するので、問題にはならない。しかし腐食が進行している鉄筋を防食するために脱塩処理や再アルカリ化が可能な電流量が必要とされる場合には、フィルム導電層に多数の貫通孔15を設けることで、発生する気体を逃がすことができる。この場合、貫通孔15の内径は、気体の透過が可能であれば小さい程好ましい。しかし、基材フィルムと炭素塗布層の両者を穿孔するので、目詰まりしないように、例えば0.1～1 mm程度の大きさとするのが好ましい。また、炭素塗布層の厚みが大きい場合には、貫通孔15の径も相対的に大きくすることが好ましい。

[0032] 貫通孔15の形成には、パンチ打ち抜き、レーザー光線、熱針や冷針を用いた穿孔など公知の方法を採用することができる。パンチによる打ち抜き穿孔は、熱針や冷針を用いた穿孔に比べて比較的径の大きな孔が得られる。冷針を用いた穿孔は、孔の周囲が不規則に裂開された状態となり、明確な開孔となりにくい。気体の透過が可能である。レーザー光線や熱針を用いた溶融穿孔は、孔の周縁が溶融固化して明確な開孔となり、高い密度で孔を設けても比較的導電層11の強度低下が小さいので好ましい。

貫通孔15の形状は、円形、楕円形、正方形、長方形、多角形、不定形、その他任意の形状とすることができる。

[0033] フィルム導電層に用いられるフィルム基材としては、耐食性に優れ、フィルムへの成形が容易なことから、樹脂フィルムが好ましい。樹脂フィルムを形成する樹脂としては、上述した繊維基材を構成する樹脂と同様な樹脂を挙げることができる。

フィルム導電層に用いられるフィルム基材の厚さは、物理的強度が確保される限り制限はないが、通常は、10 μ m～100 μ m程度とすることができる。

[0034] 繊維導電層およびフィルム導電層の基材に塗布する炭素素材は、導電性力

ーボンからなる炭素粉末が好ましい。

導電性カーボンとしては、例えば、グラファイト；ケッチェンブラック、サーマルブラック、アセチレンブラック、チャンネルブラック、ファーンズブラック等の各種のカーボンブラック；カーボンナノチューブ等を用いることができる。これらのうち、導電性が高いことから、グラファイト、ケッチェンブラックおよびカーボンナノチューブが好ましい。特に安価で高い導電性を有するグラファイトが好ましい。なお、炭素粉末は、炭素の短繊維を含んでいてもよい。

導電性粒子として、炭素素材を用いることにより、白金や金等の貴金属を導電性粒子に用いる場合に比べると安価であり、ニッケルや亜鉛等の卑金属を導電性粒子に用いる場合に比べると化学的安定性に優れる。これにより、繊維導電層またはフィルム導電層からなる導電層 11 の電解質溶液や電流の発生に伴う経時的な腐食に対する耐久性を高くすることができる。

[0035] 炭素素材を繊維基材やフィルム基材に塗布する方法としては、例えば、炭素粉末や炭素の短繊維等を有機溶剤や水等の溶媒に分散させてペースト状にし、得られたカーボンペーストを、例えば、浸漬、グラビアコート、バーコート、スクリーンコート等のコート方法により塗布して乾燥させる方法が挙げられる。カーボンペーストには、炭素素材の分散性向上のため、分散剤等の添加物を配合しても良い。また、カーボンペーストには、塗布作業および塗布層の形成を容易にするために、バインダーとして樹脂成分が配合されていてもよい。バインダーは、添加量が多い程、塗布層の形成には好ましいが、溶媒が揮発したときに導電層 11 中に残るので、導電性粒子同士の接触を阻害する場合がある。従って、カーボンペーストは、導電性を考慮してバインダーを配合することが好ましい。

[0036] 第 1 の電解質層 12 は、正負の電荷を有するイオンを含むシート状に固体化された電荷移動層である。第 1 の電解質層 12 中に含まれるイオンが移動したり、これらのイオン間を電荷が移動したりしてイオン伝導により電荷を移動させる。第 1 の電解質層 12 に用いる主な電解質としては、電解質溶液

を樹脂マトリックスに保持させたゲル電解質、イミダゾリウムイオン、ピリジニウムイオンなどの陽イオンと、 BF_4^- 、 PF_6^- などの陰イオンから成るイオン液体（有機室温溶融塩）を樹脂マトリックスに保持させたイオンゲルやポリエーテル系樹脂にビス（トリフルオロメタンスルホニル）イミドリチウム（L i T F S I）のようなりチウム塩を保持させた真性ポリマー電解質等のポリマー電解質を挙げることができる。

これらのうち、ゲル電解質は、イオン伝導度が高く、柔軟性を付与しやすいので好ましい。ゲル電解質は、ポリマー添加、オイルゲル化剤添加、多官能モノマー類を含む重合、ポリマーの架橋反応等により電解質を樹脂マトリックス中にゲル化（固体化）させたものである。

[0037] 第1の電解質層12は、コンクリート層や塗料皮膜などの被防食体4の表面に存在するイオン透過性の表面層3に補助陽極10を貼着させるとともに、外部電源5の正極から導電層11に供給される電流による電子の移動（電子伝導）をイオン伝導に変換して、被防食体4の表面層3に電荷を移送する層である。第1の電解質層12が柔軟な粘着剤層であるゲル電解質であると、補助陽極10を被防食体4の表面層、例えばコンクリート層3に貼着する場合に、コンクリート層3の微小な凹凸に電解質層の一部が入り込んで、高い接着強度と広い接触面積で電解質層が接触して貼着させることができるので好ましい。

第1の電解質層12に用いるゲル電解質層の厚さは、特に制限はないが、 $100\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ とすることが好ましい。第1の電解質層12がこの範囲より厚くても特に問題はないが、コスト的に不利である。第1の電解質層12がこの範囲より薄いと、粘着力が不足することがある。また、ゲル電解質中の電解質溶液がコンクリート層3に吸収されたときに、電荷の移動能力が下がることもある。

[0038] 第1の電解質層12に用いるゲル電解質は、重合性単量体に架橋性単量体を共重合させた樹脂マトリックス内に、溶媒と電解質塩、好ましくはさらに湿潤剤を保持させた粘着性を有する導電性の高分子ゲル電解質であることが

好ましい。高分子ゲル電解質は、高分子鎖同士が物理的または化学的に結合した高分子鎖の三次元網目構造に液体である溶媒等を保持し、形状を維持できることが必要である。

第1の電解質層12に用いる高分子ゲル電解質は、高分子三次元網目構造を適切に設計することで、柔軟な高分子三次元網目構造の骨格（樹脂マトリックス）を形成することができる。このような骨格を持つ高分子ゲル電解質は、適度な凝集力を有し、被着体表面への濡れが良好なので、被着体物との接触部分を分子レベルで接近させることができる。また、高分子ゲル電解質の適度な凝集力により、ゲルに圧縮強度、引っ張り強度が付与されるので、相互の分子間力により、高い接着性が得られる。

第1の電解質層12に用いる高分子ゲル電解質の樹脂マトリックスは、凝集力を高めるために、架橋剤にて架橋処理を施したり、重合性単量体と架橋性単量体とを重合して架橋させたりしておくことが好ましい。高分子鎖が三次元に架橋された樹脂マトリックスは、溶媒や湿潤剤を保持する能力に優れる。これにより、樹脂マトリックス内に電解質塩を分子レベルで溶解した状態で保持することが可能である。

[0039] 樹脂マトリックスを形成する重合性単量体としては、分子内に重合性を有する炭素-炭素二重結合を1つ有する単量体であれば特に制限されない。例えば、（メタ）アクリル酸、マレイン酸、フマル酸、イタコン酸、クロトン酸、（ポリ）エチレングリコール（メタ）アクリレート、（ポリ）プロピレングリコール（メタ）アクリレート、（ポリ）グリセリン（メタ）アクリレート等の（メタ）アクリル酸誘導体；（メタ）アクリルアミド、N-メチル（メタ）アクリルアミド、N-エチル（メタ）アクリルアミド、N-プロピル（メタ）アクリルアミド、N-ブチル（メタ）アクリルアミド、N，N-ジメチル（メタ）アクリルアミド、ジアセトンアクリルアミド、N，N-ジメチルアミノプロピル（メタ）アクリルアミド、t-ブチルアクリルアミドスルホン酸等の（メタ）アクリルアミド誘導体及びその塩；N-ビニルピロリドン、N-ビニルホルムアミド、N-ビニルアセトアミド等のN-ビニル

アミド誘導体；ビニルスルホン酸、アリルスルホン酸等のスルホン酸系単量体及びその塩等を挙げることができる。なお、（メタ）アクリルは、アクリルまたはメタクリルを意味する。

[0040] 重合性単量体と重合して架橋させる架橋性単量体としては、分子内に重合性を有する二重結合を2以上有している単量体を使用することが好ましい。具体的には、メチレンビス（メタ）アクリルアミド、エチレンビス（メタ）アクリルアミド、N，N－メチレンビスアクリルアミド、N－メチロールアクリルアミド等の多官能（メタ）アクリルアミド系単量体；（ポリ）エチレングリコールジ（メタ）アクリレート、（ポリ）プロピレングリコールジ（メタ）アクリレート、グリセリンジ（メタ）アクリレート、グリセリントリ（メタ）アクリレート、グリシジル（メタ）アクリレート等の多官能（メタ）アクリレート系単量体；テトラアリロキシエタン；ジアルアンモニウムクロライド等を挙げることができる。これらのうち、多官能（メタ）アクリルアミド系単量体が好ましく、N，N－メチレンビスアクリルアミドがより好ましい。なお、これらの架橋性単量体は単独で用いられてもよいし、二種以上が併用されてもよい。

[0041] 架橋性単量体の含有量としては、重合性単量体と架橋性単量体を重合架橋した樹脂マトリックス100重量部に対して0.005～10重量部が好ましい。樹脂マトリックス中の架橋性単量体の含有量が少ないと、主鎖間を結ぶ網目架橋点が多く、保形性に優れる高分子ゲル電解質が得られないことがある。架橋性単量体の含有量が多いと、主鎖間を結ぶ網目架橋点が増大し、見かけ上保形性の高い高分子ゲル電解質が得られるが、高分子ゲル電解質が脆くなり、引張り力や圧縮力による高分子ゲル電解質の切断や破壊が生じ易くなることがある。また、架橋点の増加によりポリマー主鎖が疎水化し、網目構造中に封じ込めた溶媒を安定して保持することが困難になり、ブリードが起こり易くなることがある。

高分子ゲル電解質の溶媒や湿潤剤を保持する能力や凝集力を高くするために、予め重合した樹脂マトリックスに、新たに重合性単量体と架橋性単量体

を含浸させ、再度重合させて異なる樹脂マトリックス同士を互いに貫通させた三次元構造を形成してもよい。予め重合した樹脂マトリックスは、架橋していても架橋していなくてもよい。

[0042] 高分子ゲル電解質に使用可能な溶媒としては、沸点が高く、常温で蒸気圧が低く、重合性単量体および架橋性単量体と相溶性のある極性溶媒が好ましい。

そのような溶媒としては、水、メタノール、エタノール、イソプロパノール等のアルコール類、メチルセロソルブ、エチルセロソルブ、ブチルセロソルブなどのセロソルブ類、N，N－ジメチルホルムアミド、N，N－ジメチルアセトアミド、N，N’－ジメチル－2－イミダゾリジノン、N－メチル－2－ピロリドンなどのアミド類、スルホラン、ジメチルスルホキシド等を挙げることができる。これらの溶媒成分は、混合して用いてもよい。

高分子ゲル電解質に含まれる溶媒は5～50重量%であることが好ましく、より好ましくは5～40重量%である。この範囲未満では高分子ゲル電解質の可撓性が低く、電解質塩をほとんど添加できないので、良好な導電性を得ることができない。また、この範囲を超えると高分子ゲル電解質の平衡溶媒保持量を大きく超えるため、溶媒のブリード等が生じることがある。また、保持しきれない溶媒が流れ出て、経時的物性の変化が大きくなることがある。

[0043] 第1の電解質層12に用いる高分子ゲル電解質としては、親水性の樹脂マトリックス内に、溶媒としての水と電解質塩、好ましくはさらに湿潤剤を保持させたハイドロゲルであるとコンクリート層3中の水分と溶媒が共通する。そのため、コンクリート層3と第1の電解質層12との界面でイオン伝導が起こりやすいので、好ましい。

ハイドロゲルは、樹脂マトリックス内に電解質塩を分子レベルで水に溶解した状態で保持することが可能である。また、電解質水溶液により電荷の移動速度が速く、柔軟性と粘着性とを容易に付与することができる。

第1の電解質層12に用いるハイドロゲルの含水率は、通常、5～50重

量%、好ましくは10～30重量%である。含水率が低いと、ハイドロゲルの柔軟性が低下することがある。また、イオン伝導性が低下し、電荷を移動させる能力に劣る場合がある。ハイドロゲルの含水率が高いと、ハイドロゲルの保持可能な水分量を超えた水分が離脱や乾燥してゲルが収縮したり、イオン伝導性等の物性の変化が大きくなったりすることがある。また、柔軟すぎて保形性に劣る場合がある。

[0044] 第1の電解質層12に用いるハイドロゲルに、湿潤剤を含めると、ハイドロゲルの含水率の低下を抑制することができる。粘着性や保形性の点からは湿潤剤を5～80重量%、好ましくは20～70重量%程度の範囲に調整することが好ましい。ハイドロゲル中の湿潤剤の含有量が少ないと、ハイドロゲルの保湿力が乏しくなり、水分が蒸散しやすくなってハイドロゲルの経時安定性に欠けたり、柔軟性に乏しくなって粘着性が低下したりすることがある。湿潤剤の含有量が多いと、ハイドロゲルの製造時に粘度が高くなり過ぎて取り扱い性が低下し、ハイドロゲルの成形時に気泡が混入することがある。また、相対的に樹脂マトリックスや水の含有率が小さくなり、保形性やイオン伝導性が低下する恐れがある。

[0045] 湿潤剤としては、溶媒の保持力を向上させるものであれば、特に制限されず、例えば、エチレングリコール、プロピレングリコール、ブタンジオール、グリセリン、ペンタエリスリトール、ソルビトール等の多価アルコール類；これら多価アルコールの一種又は二種以上を単量体として重合されたポリオール類；ブドウ糖、果糖、ショ糖、乳糖等の糖類等を挙げることができる。湿潤剤は単独で用いられても二種以上が併用されてもよい。また、多価アルコール類の分子内あるいは分子の末端にエステル結合、アルデヒド基、カルボキシル基等の官能基を有していてもよい。これらのうち、多価アルコール類は、水分を保持する作用に加え、ハイドロゲルに弾力性も付与するので好ましい。多価アルコール類のうち、長期保水性の面でグリセリンが特に適している。多価アルコール類は、これらの中から1種または2種以上を選択して使用することができる。多価アルコール類の内、常温で液状のものは、

ハイドロゲルの弾力性向上や製造時の取扱性に優れるのでより好ましい。ハイドロゲルの弾力性を上げる必要がある場合には、酸化チタン、炭酸カルシウム、タルク等の公知の充填剤を添加してもよい。

[0046] 第1の電解質層12に用いるハイドロゲルに含まれる電解質塩としては、電荷輸送用として慣用されている電解質塩の中から任意に選ぶことができる。このような塩としては、ハイドロゲルにイオン伝導性を付与することができれば、特に制限されず、例えば、NaClなどのハロゲン化ナトリウム、KClなどのハロゲン化カリウム等のハロゲン化アルカリ金属塩、ハロゲン化マグネシウム、ハロゲン化カルシウム等のハロゲン化アルカリ土類金属塩、LiClなどのその他の金属ハロゲン化物； K_2SO_4 、 Na_2SO_4 のような各種金属の硫酸塩、硝酸塩、燐酸塩、塩素酸塩、過塩素酸塩、次亜塩素酸塩、亜塩素酸塩、アンモニウム塩、 $LiPF_6$ 、 $LiBF_4$ 、 $LiTFSI$ などのフッ素含有電解質塩、各種錯塩等の無機塩類；酢酸、安息香酸、乳酸、酒石酸等の一価有機カルボン酸塩；フタル酸、コハク酸、アジピン酸、クエン酸等の多価カルボン酸の一価または二価以上の塩；スルホン酸、アミノ酸等の有機酸の金属塩；有機アンモニウム塩；ポリ（メタ）アクリル酸、ポリビニルスルホン酸、ポリ- α -ブチルアクリルアミドスルホン酸、ポリアリルアミン、ポリエチレンイミン等の高分子電解質の塩等が挙げられる。なお、ハイドロゲルの作製時には不溶性或いは分散状態であっても、時間経過とともにハイドロゲル中に溶解するものも使用することができ、このようなものとしては、珪酸塩、アルミン酸塩、金属酸化物、金属水酸化物等が挙げられる。

[0047] ハイドロゲル中の電解質塩の含有率は、0.01～20質量%であることが好ましく、0.1～10重量%であることがより好ましい。この範囲より高いと、電解質塩の水に対する完全な溶解が困難となってハイドロゲル内に結晶として析出したり、他の成分の溶解を阻害したりすることがある。この範囲より低いと、イオン伝導性に劣ることがある。

第1の電解質層12に用いるハイドロゲルは、電解質を含んでいれば、イオン伝導性となり、電荷の移動が可能であるが、酸化還元剤も含むと、電荷

の移動がより円滑となる。その様な酸化還元剤としては、キノーンヒドロキノン混合物などの有機系のものや、 S/S^{2-} 、 I_2/I^- のような無機系のものを挙げることができる。また、 LiI 、 NaI 、 KI 、 CsI 、 CaI_2 のような金属ヨウ化物や、テトラアルキルアンモニウムヨージド、ピリジニウムヨージド、イミダゾリンヨージドのような第四級アンモニウム化合物などのヨウ素化合物も好適に用いられる。

また、ハイドロゲルのpHを調整するために、 $NaOH$ や KOH 等のアルカリを含んでいてもよい。

[0048] 第1の電解質層12に用いるハイドロゲルの製造方法としては、例えば、重合性単量体、架橋性単量体、湿潤剤、重合開始剤および電解質塩を加えたものを水中に溶解または分散させて架橋、重合させる方法、重合性単量体、架橋性単量体、湿潤剤および重合開始剤を水中に溶解または分散させて架橋、重合させて得られた樹脂マトリックス中に電解質塩を含浸させる方法、重合性単量体のみを水中に分散させて湿潤剤の存在下で重合させた直鎖状高分子に電解質を溶解または分散させた分散液に架橋剤を添加して直鎖状高分子と架橋剤とを架橋反応させて樹脂マトリックスを生成する方法等が挙げられる。

第1の電解質層12に用いるハイドロゲルには、必要に応じて、防腐剤、防黴剤、防錆剤、酸化防止剤、安定剤、界面活性剤、着色剤等を適宜添加してもよい。

[0049] 第1の電解質層12の積層方法は、公知の方法を採用することができる。例えば、グラビアコート、バーコート、スクリーンコート等のコート方法で導電層11の上に塗布する方法を挙げることができる。

第1の電解質層12として、予めシートに成形されたハイドロゲルを用いる場合は、ハイドロゲルのシートが粘着性を有するので、ハイドロゲルのシートを、そのまま導電層11に貼着することができる。この方法は、ロール巻回体の導電層11およびロール巻回体のハイドロゲルのシートを用いて、補助陽極10をロールtoロールで大量生産する場合に好ましい。

導電層 11 が枚葉である場合は、重合性単量体、架橋性単量体、湿潤剤、重合開始剤および電解質塩を加えたものを水中に溶解または分散させたものを導電層 11 の上に塗布してゾル状の電解質層を形成し、その後ラジカル重合することによってゲル化させてもよい。

補助陽極 10 をロール to ロールで大量生産するに際し、第 1 の電解質層 12 を一体化してロールに巻き取る場合、あるいは枚葉に裁断して重ねる場合は、第 1 の電解質層 12 の外側に露出する面に剥離紙を積層しておくことが好ましい。

[0050] 本形態例の補助陽極 10 は、導電層 11 の上に、保護層 14 が積層されている。保護層 14 は、補助陽極 10 の表面に位置して水や空気を遮断して、導電層 11 や第 1 の電解質層 12 が汚れたり、劣化したり、破損したりすることを防止する。したがって、保護層 14 は、導電層 11 および第 1 の電解質層 12 の全面を覆うように形成されることが好ましい。

保護層 14 は、導電層 11 が金属箔や炭素塗布シートの場合は、樹脂フィルムをドライラミネートしたものや樹脂を押出ラミネートしたものが好ましい。導電層 11 が金属メッシュやパンチングメタルなどの凹凸を有する場合は、樹脂を予めシートや板等の平らな部材に成形しておき、その周囲をエポキシ系接着剤等で接着することが好ましい。

[0051] 保護層 14 を形成する樹脂としては、ポリフッ化ビニリデン (PVDF)、ポリテトラフルオロエチレン (PTFE) やエチレン-テトラフルオロエチレン共重合体 (ETFE) 等のフッ素系樹脂、エポキシ系樹脂やメチルメタクリレート (MMA) 等のアクリル系樹脂が汚染防止性や耐候性に優れるので好適である。その他、ポリエチレンテレフタレート (PET) やポリエチレンナフタレート (PEN) などのポリエステル、テトラアセチルセルロース (TAC)、ポリエーテルスルホン (PES)、ポリフェニレンスルフィド (PPS)、ポリカーボネート (PC)、ポリアリレート (PAr)、ポリスルホン (PSF)、ポリエーテルイミド (PEI)、ポリアセタール、透明ポリイミド、ポリエーテルサルホンなどの樹脂を挙げることも

できる。

これらの樹脂の内、フッ素系樹脂は、耐候性に優れるので、好ましい。また、フッ素系樹脂は、気体のバリア性が低いので、多数の孔を設けるなどの加工を施すことなく、10mA～30mA程度の電流を流して防食する場合に発生する酸素や塩素などの気体を排出する保護層14とすることができる。

保護層14は、これらの樹脂がフィルムに成形されていると、ドライラミネートで積層することができ、補助陽極10をロールtoロールで大量生産する場合に好ましい。この様なフィルムは、強度を高めるために延伸されていることが好ましい。

[0052] 保護層14の厚さとしては、物理的強度が満たされる限り、防食時に発生する酸素や塩素などの気体の排出性やコスト面から薄いことが好ましい。具体的には、保護層14の厚さは、10～200 μ m、好ましくは20～100 μ mの範囲が選ばれる。保護層14は、同種または異種の樹脂が複数層積層されていてもよい。

保護層14は、着色されていてもよいし、文字情報や模様等の意匠が付されていてもよい。特に、コンクリート層3の表面の色に似た灰色系統の色に着色されていると、補助陽極10が目立たないので、好ましい。

保護層14の形成方法は、通常、フィルムに成形して導電層11に接着剤を用いて積層される。導電層11がフィルム導電層である場合は、炭素素材が塗布されていないフィルム基材の面を保護層14として兼用してもよい。

[0053] 本発明の補助陽極10が好適に適用される被防食体4としては、鋼材などの鉄を含むもの（ステンレスなど）のほか、ニッケル、チタン、銅や亜鉛を含むものなども防食が可能である。また、コンクリート層や塗料の塗膜に覆われた金属や剥き出しの金属の表面に直接または表面に存在する錆等のイオン透過性の酸化物皮膜からなる表面層に補助陽極10を貼着して、これらに対しても防食できる。

被防食体4がコンクリート層3中に埋設されている場合、コンクリート層

3中の極めて小さい空隙中には水分を含んだゲル状の物質がある。このゲル状の物質中に含まれるイオンとしては、 OH^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 K^+ などが主なものである。また、防食の必要性の高い海に近い場所にある構造物のコンクリート層には、塩化ナトリウムがしみ込んでくる。つまり、コンクリート層3は、インピーダンスが著しく大きい固体状の電解質層であり、これらのイオンによるイオン伝導性の層として機能することができる。そして、コンクリート層3中の水分は、乾燥により空气中へ水分を放出したり、あるいは雨水や気温の日較差により空气中の水分を吸収したりするので、コンクリート層3が絶乾状態になることはない。

[0054] また、本発明の補助陽極10が適用可能な被防食体4は、表面に塗料の塗膜が形成された被防食体にも適用が可能である。塗料の塗膜は、絶縁層に見えるが、電気防食を必要とする塗膜の表面には、腐食の原因となる水分が侵入するクラックや微細な孔が多数存在する。これらのクラックや孔は、被防食体にまで貫通している。このクラックや孔の部分は、水分や空気を遮断することができないので、水分が存在している。したがって、イオンがこの部分を移動でき、イオン伝導性となるので、本発明の補助陽極10を塗料の塗膜に貼着して防食が可能である。そして、この防食は、このクラックや微細な孔の部分に対して行えばよいので、極めて狭い面積を防食することになる。したがって、補助陽極10からの電子の供給量が小さくても、極めて有効な防食が可能となる。

しかも、第1の電解質層12としてハイドロゲルを用いた場合は、ハイドロゲルの一部が表面のクラックや微細な孔に侵入して、被防食体に接する、もしくは極めて近くに位置することになるので、より確実に防食できる。

また、ハイドロゲルは、樹脂マトリックスを有するので、塗料皮膜を有する金属を防食する場合に、補助陽極10を被防食体となる金属の表面に直接接着させても、導電層11が金属に接触しないので、短絡することがない。

[0055] 本形態例のコンクリート構造物の防食構造1は、補助陽極10を、第1の電解質層12を用いてコンクリート構造物の表面層3に貼着し、補助陽極1

0の導電層11を外部電源5の正極に接続し、外部電源5の負極を被防食体4に回路配線6を用いて接続する。

回路配線6は、アノード溶解に対する耐腐食性を有するものが好ましく、例えば、炭素、チタン、ステンレス、白金、タンタル、ジルコニウム、ニオブウム、ニッケル、モネルやインコネル等のニッケル合金が挙げられる。これらのうち、チタンは、入手しやすく、広い範囲の電位に亘ってアノード溶解に耐性があるので好ましい。

また、アルミ線や銅線などのアノード溶解に耐性がないものでも樹脂層で被覆して用いることができる。

[0056] 次に、本発明の補助陽極10の他の例を用いたコンクリート構造物の防食構造の第2形態例を図2に基づき説明する。

本形態例のコンクリート構造物の防食構造2が第1形態例と異なるところは、導電層11の第1の電解質層12が積層されていない面に、導電層11に貼着可能な粘着力を有する第2の電解質層13が積層されていることである。

第2の電解質層13は、導電層11との界面で電子伝導からイオン伝導への変換を行う。外部電源5から導電層11に供給される電流による正の電荷の電子伝導が第1の電解質層12と第2の電解質層13の導電層11との両者の界面でイオン伝導に変換される。そして、第2の電解質層13の界面でイオン伝導に変換された正の電荷が導電層11を透過して第1の電解質層12の界面でイオン伝導に変換された正の電荷とともにコンクリート層3に効率よく移動する。

[0057] 導電層11は、第2の電解質層13により電子伝導からイオン伝導へ変換された正の電荷を有するイオンが透過可能な多数の連通孔16を有する。

導電層11が繊維導電層である場合は、繊維間の微小な隙間が連通するように炭素素材を塗布してイオン透過性の連通孔16とすることができる。

導電層11が繊維電極であると、表面の凹凸により導電層11と第1の電解質層12および第2の電解質層13との接触面積が大きくなり、イオンが

電解質層間を移動しやすくなるので好ましい。

[0058] 導電層 11 がフィルム導電層である場合は、フィルム基材の両面に炭素素材を塗布し、貫通孔 16 を穿孔してイオン透過性の導電層 11 とする。

貫通孔 16 の内部に第 1 および第 2 の電解質層 12, 13 の一部が入り込み、これらが直接接触することが好ましい。従って、貫通孔 16 の内径は、イオンの透過が可能であれば小さくても良いが、例えば 0.3～1.0 mm 程度とすることが好ましい。また、導電層 11 の厚みが大きい場合には、貫通孔 16 の径も相対的に大きくすることが好ましい。

なお、第 1 および第 2 の電解質層 12, 13 が電解液（電解質溶液）を含有するゲル電解質である場合には、ゲル電解質からしみ出た電解液が貫通孔 16 内に満たされれば電荷の移動が可能になる。従って、この場合は、必ずしも第 1 の電解質層 12 は、導電層 11 の貫通孔 16 内において第 2 の電解質層 13 と直接接触しなくてもよい。

[0059] 貫通孔 16 は、貫通孔 15 と同様に形成することができる。パンチによる打ち抜き穿孔は、熱針や冷針を用いた穿孔に比べて比較的径の大きな孔が得られ、第 1 の電解質層 12 が第 2 の電解質層 13 と直接接触しやすくなる。冷針を用いた穿孔は、孔の周囲が不規則に裂開された状態となり、明確な開孔となりにくい。ゲル電解質を用いた場合は、裂開した隙間からイオンの透過が可能である。

貫通孔 16 の形状は、円形、楕円形、正方形、長方形、多角形、不定形、その他任意の形状とすることができる。

貫通孔 16 は、導電層 11 が繊維導電層である場合でも、イオン透過性が不足する場合に有効である。

[0060] 第 2 の電解質層 13 は、第 1 の電解質層 12 と異なってもよいが、同じ電解質を使用することが好ましい。

第 2 の電解質層 13 は、コンクリート層 3 に貼着する機能を必要としないので、ポリアクリル酸塩やポリエーテル系樹脂に電解質溶液を保持させたものの等の粘着力を有しない電解質も使用することができる。しかし、第 2 の電

解質層 1 3 が粘着力を有すると、導電層 1 1 との積層、および保護層 1 4 との積層に際し、別途の接着剤を用いることなく積層できるので好ましい。

なお、本形態例においては、保護層 1 4 は、第 2 の電解質層 1 3 の上に積層し、第 2 の電解質層 1 3 が濡れたり、乾燥したり、汚れたり、劣化したり、破損したりすることも防止する。従って、保護層 1 4 は、第 2 の電解質層 1 3 の全面を覆うことが好ましい。

保護層 1 4 は、第 2 の電解質層 1 3 の劣化を防ぐために、紫外線を反射や吸収して、透過させないことが好ましい。

実施例

[0061] 以下、実施例をもって本発明を具体的に説明する。

以下の手順により、補助陽極 1 0 の実施例 1 を作製し、定電圧電源装置により定電圧を印加したときの電流変化を測定した。定電圧を印加する理由は、塩素ガスや酸素ガスが発生して、測定結果に影響することを避けるために、これらが発生しない 1 V に保持するためである。

厚さ 38 μm の PPS フィルムに粉末状のグラファイトを有機溶剤に分散させ、バインダーを配合した導電性のカーボンペーストを塗布して乾燥し、幅 60 mm、長さ 80 mm の導電層 1 1 を作成した。炭素粉末の付着量は、乾燥重量で約 20 g / m^2 であった。導電層 1 1 の厚みは、15 μm であった。

[0062] 得られた導電層 1 1 を PPS フィルム面から熱針で穿孔し、導電層 1 1 に貫通孔 1 5 を多数形成した。導電層 1 1 の PPS フィルム面に顔料を配合して灰色に着色した厚さ 25 μm の ETFE フィルムをドライラミネートして保護層 1 4 とした。ドライラミネートに際し、接着剤は、点状にグラビアコートした。

第 1 の電解質層 1 2 として厚さ約 0.8 mm、幅約 50 mm、長さ約 50 mm のハイドロゲルのシート（積水化成工業製「テクノゲル SR-R」）を用いた。第 1 の電解質層 1 2 に導電層 1 1 の炭素粉末面を、導電層 1 1 の 3 辺の周囲の余白が 5 mm で、1 辺の余白が 25 mm になるように重ねて密

着し、図1に示す補助陽極10の実施例1を作製した。

得られた補助陽極10の幅25mmで露出した導電層11に、長手方向の一辺に沿って幅10mmの銅テープを導電性接着剤で貼り付けた。この銅テープは、電流の排流点（外部電源5の正極接続部）の設置場所であり、導電層11の排流点から遠い部分と近い部分の通電時にかかる電圧差を小さくする給電材である。

[0063] 補助陽極10の第1の電解質層12を、幅60mm、長さ80mmの鉄板4が貼着された厚さ20mmの60mm角モルタルからなるコンクリート層3に3辺を合わせて接着した。セメントは普通ポルトランドセメントを使用した。モルタルの仕様は、JIS R 5201「セメントの物理試験方法」に記載のあるモルタルの配合に従い、質量比でセメント1、標準砂3、水0.5とした。この配合における水セメント比は0.50である。

外部電源5の正極を樹脂で被覆された銅線からなる導線6で補助陽極10の導電層11の銅テープに接続し、外部電源5の負極を同様な導線6で鉄板4に接続した。保護層14の周囲と導電層11の銅テープおよび銅線6の各接続部を、フッ素系樹脂フィルムおよびエポキシ系接着剤を用いて封止し、図1に示すコンクリート構造物の防食構造1の第1形態例の実施例1とした。

[0064] 外部電源5と補助陽極10を接続する導線6の中間に無抵抗電流計（東方技研社製AM-02、図示せず。）を設け、60℃、RH85%環境下で導電層11と鉄板4間に、電圧1Vを印加し、電流量を測定した。その結果を図3に示す。

定電圧通電試験によれば、200日（4800時間）以上の期間にわたり3mA/m²以上の電流が流れていた。これにより、長期通電に対するコンクリート層3と第1の電解質層12と導電層11の密着性能は、実用的な耐久性を有していることが判る。3mA/m²以上の電流が流れていれば、腐食の進行が浅い鉄筋の防食や不動態皮膜が形成されている鉄筋の予備的防食が可能である。従って、本発明の補助陽極およびそれを用いたコンクリート構造

物の防食構造および防食方法は、その様な防食に用いることが可能なことが示された。

[0065] 補助陽極 10 に用いた第 1 の電解質層 12 に代えて、水 7.2 Kg に無収縮セメント（住友大阪セメント社製、フィルコン R）20 Kg を投入しスラリーとしたものを約 5 mm の厚さに塗布して導電層 11 をコンクリート層 3 に接着したこと以外は実施例 1 と同様にして、コンクリート構造物の防食構造 1 の比較例 1 を作製した。

コンクリート構造物の防食構造 1 の実施例 1 の定電圧通電試験と同様にし、実施例 1 と比較例 1 のそれぞれに電圧 1 V を印加し、電流量を測定した。その結果を図 4 に示す。

図 4 において、実施例 1（カーボン／ゲル）には符号 A を、比較例 1（カーボン／モルタル）には符号 B を付して示す。

実施例 1 の防食構造 1 は、比較例 1 の防食構造に比べて、当初の電流量が小さかったが、400 時間程度（図 4 中、符号 C で示す。）で逆転し、測定開始時から 500 時間まで電流量が安定しており、電流の変化がほとんど見られなかった。

なお、比較例 1 において、当初の電流量が大きく、その後次第に小さくなった理由は、無収縮セメント中の水分の影響と考えられる。

[0066] 次に、腐食が進行している鉄筋を防食するために脱塩処理や再アルカリ化が可能な電流量が必要とされる場合を想定して、実施例 1 のコンクリート層 3 を、さらに食塩を 10 Kg / m³ 加えたモルタルを用いて作製したものに代え、実施例 1 の補助陽極 10 に定電流電源装置により 300 mA / m² の定電流を流して電源電圧を測定した。結果を図 5 に示す。

通電開始後 150 時間は、3～4 V で、電圧が比較的安定していたが、それ以降は、徐々に電圧が上がり、230 時間を超えたあたりで、電圧の応答がなくなった。この挙動は、発生した気体が補助陽極 10 内に滞留し、導電層 11 と第 1 の電解質層 12 が剥離したり、銅テープの導電性粘着剤を劣化させたりしたものと推定される。

[0067] そこで、保護層 14 としての E T F E フィルムと導電層 11 との間に目付 30 g/m^2 の P P 不織布をドライラミネートして補助陽極 10 の実施例 2 を作製した。

実施例 2 の補助陽極 10 を用いて、コンクリート構造物の防食構造 1 の実施例 1 と同様にして防食構造 1 の実施例 2 を作製し、 300 mA/m^2 の定電流を流した。結果を図 6 に示す。

その結果、40 日間にわたって $3\text{ V} \sim 3.5\text{ V}$ で、電圧が安定しており、図 5 のような電圧の上昇傾向も見られなかった。

通常、脱塩処理や再アルカリ化には、 1 A/m^2 以上の電流を用いるが、理論的には、小さな電流であっても防食効果があれば、脱塩処理や再アルカリ化は進行する。従って、本発明の補助陽極 10 は、保護層 14 として、透気性の高いものを用いなくとも脱塩処理や再アルカリ化に適用が可能である。我々の別の実験によれば、 300 mA/m^2 の電流を用いた場合も、E P M A による元素分析で、明確に塩素イオンがコンクリート中で移動することを確認している。従って、保護層 14 として、透気性の高いものを用いることで、本発明の補助陽極およびそれを用いたコンクリート構造物の防食構造および防食方法は、積極的な脱塩処理や再アルカリ化が可能である。

[0068] これらの測定結果から、本発明の補助陽極およびそれを用いたコンクリート構造物の防食構造および防食方法は、腐食が進行している鉄筋に対して、大きな電流による防食に適用が可能であることが判った。従って、本発明によれば、第一段階として、脱塩処理や再アルカリ化が可能な大きな電流が流れる電圧を印加して劣化を制止し、不動態皮膜が形成されたら、第二段階として、電気分解による気体の発生が少ない電圧を印加して保守的な防食を行うことが可能である。

また、大きな電流を用いて防食を行う場合は、補助陽極 10 の透気性の導電層 11 に保護層 14 を積層すること、導電層 11 と保護層 14 とを点状に接着すること、それらの間に不織布などの透気層を介在させること等により、導電層 11 と保護層 14 の間に気体の通路を形成することが好ましいこと

が判った。

また、本発明の補助陽極およびそれを用いたコンクリート構造物の防食構造および防食方法は、気体の発生が少ない30mA以下の防食電流を流す場合は、導電層11の貫通孔15や保護層14との間の気体の通路を省略した簡素な構成で長期間の防食が可能である。

[0069] ところで、電気防食を行う際の問題として、コンクリート内に打設時の鉄線等の異物による短絡・電食現象がある。短絡・電食が起きると、電磁防食時に気体や汚れが発生するので、打設時にコンクリート中の異物を取り除く必要がある。

本発明の補助陽極は、コンクリートとの接点に電解質層を採用しているので、異物と直接接触することがない。従って、本発明の補助陽極は、短絡や電食の影響を小さくすると考えられるので、補助陽極10と供試体を作製し、実験を行った。

[0070] 幅110mm、長さ130mmの導電層11を作製し、幅100mm、長さ100mmのハイドロゲルのシートを貼着したこと以外は、補助陽極10の実施例1と同様にして補助陽極10の実施例3を作製した。

供試体は、端面が縦横とも100mmの正方形で、長さが600mmのコンクリート角柱とした。供試体の作製に際し、コンクリート角柱の両端面の中心から端部が露出するように直径16mmの鉄筋を埋設し標準供試体とした。標準供試体は、普通セメントに357mixの砂と塩を10Kg/m³を混ぜ、水セメント比50%とした。そして、標準供試体の一表面の長さ方向中央に一部が露出するように直径3mmの鉄線を埋め込んだ。供試体に鉄線を埋め込むに際し、一つは、3本の鉄線を平行に並べて鉄筋に巻き付けて埋め込んで短絡供試体とした。もう一つは、3本の鉄線を鉄筋に沿って供試体の一表面に平行に並べて埋め込んで電食供試体とした。

[0071] 標準供試体表面の長さ方向中央に実施例3の補助陽極10を貼付けて防食構造の実施例3とした。また、短絡供試体と電食供試体の表面に露出している3本の鉄線の上に実施例3の補助陽極10を貼付けて、それぞれ防食構造

の実施例 4 と実施例 5 とした。

一方、実施例 3～5 の補助陽極 10 に代えて直径 1 mm の細線を白金メッキした 22 mm×45 mm の菱形の網目状のチタンメッシュ（幅 100 mm、長さ 100 mm）からなる補助陽極を厚さ 10 mm のモルタルで接着して防食構造の比較例 2～4 とした。

そして、防食構造の実施例 3～5 と比較例 2～4 のそれぞれに 26 mA/m^2 の定電流を流し、データロガーを用いて 1 時間ごとに防食回路に印加された電圧と鉄筋電位の自然電位に対する変化量を測定した。測定に際し、AgCl の貼付け型照合電極を補助陽極が存在しない供試体表面に貼着した。実験温度を 20°C に固定して、実施例 3～5 については 120 日間、比較例 2～4 については 50 日間測定した。

[0072] 標準供試体を用いた実施例 3 と電食供試体を用いた実施例 5 に印加された電圧は、ほとんど同じ挙動を示した。実施例 3 と実施例 5 に印加された電圧は、防食当初、1.25 V で、その後上昇し、20 日目位から 1.75 V で安定した。

一方、短絡供試体を用いた実施例 4 に印加された電圧は、防食当初、1.1 V で、ほぼ一定の傾きで上昇し、70 日目位から約 1.7 V で安定した。

つまり、実施例 3～5 は、いずれも 2 V 以下の電圧が印加され、一定の電圧に収束する傾向を示した。

ところで、標準供試体を用いた実施例 3 に比べて短絡供試体の実施例 4 の電圧が一定となるのに長期間を要した。その理由は、電流がハイドロゲルのイオン伝導で流れて鉄線が防食され、ハイドロゲルと鉄線の接触部に不動態被膜が形成されて電流が流れにくくなった。そのため、徐々に接触部以外に電流が流れるようになった結果と推測される。

[0073] 一方、標準供試体を用いた比較例 2 に印加された電圧は、防食当初、2 V で、その後、ほぼ一定の傾きで上昇し、50 日目には、4 V に至り、更に上昇中であった。

短絡供試体を用いた比較例 3 に印加された電圧は、防食当初、2.5 V で

、その後、ほぼ一定の傾きで上昇し、50日目には、3.8Vに至り、更に上昇中であった。比較例3は、鉄筋とチタンメッシュが鉄線により短絡しているため、低い電圧で電流が流れると予想されたが、実際は、実施例3に比べて2倍以上の電圧であった。その理由は、比較例2と大差がなかったことから、チタンメッシュをモルタルで接着したので、接触抵抗が高く、短絡電流が予想よりも小さかったためと推定される。

電食供試体を用いた比較例4に印加された電圧は、防食当初、1.3Vで、その後、ほぼ一定の傾きで上昇し、50日目には、1.9Vに至り、更に上昇中であった。

[0074] 鉄筋電位の自然電位に対する変化量は、実施例3～5においては、いずれも異なるが、ほぼ一定の似た傾きで上昇し、更に上昇中であった。防食当初の電位の変化量は、標準供試体を用いた実施例3が200mV、短絡供試体を用いた実施例4が175mV、電食供試体を用いた実施例5が280mVであった。120日目の電位の変化量は、実施例3が280mV、実施例4が225mV、実施例5が350mVであった。

一方、標準供試体を用いた比較例2は、防食当初、300mVで、5日目に320mVに上がり、その後は、ほぼ一定であった。

短絡供試体を用いた比較例3は、防食当初、125mVで、1日で160mVまで上がった。そして、9日目から15日目までは一定で推移し、その後、徐々に下降し、45日目には、150mVでほぼ一定となった。

電食供試体を用いた比較例4は、防食当初、200mVで、1日で250mVまで上がった。その後、ほぼ一定の傾きで上昇し、50日目には、300mVに至り、更に上昇中であった。

[0075] これらのことから、実施例3～5は、鉄筋電位の変化量がいずれも100mVを大きく超えており、防食が可能である。しかも、一定の防食電流を流した場合、比較例2～4に比べて低い電圧が印加されることが判った。

また、標準供試体を用いた比較例2に対する短絡供試体を用いた比較例3の鉄筋電位の変化量の差は、防食当初が175mVで58%減、50日目

が170mmVで53%減と、半分以下であった。この理由は、短絡により電流の一部が電子伝導で流れたためと推定される。

一方、標準供試体を用いた実施例3に対する短絡供試体を用いた実施例4の鉄筋電位の変化量の差は、防食当初が25mmVで13%減、120日目55mmVで20%減と比較例2に比べて小さい。そして、実施例3～5は、防食回路に印加された電圧が一定値に収束する傾向を示した。従って、短絡供試体を用いた実施例3は、短絡電流が流れることはなく、安定した防食が可能であることが判った。

[0076] また、電食供試体を用いた比較例4は、標準供試体を用いた比較例2に比べて印加された電圧が低い理由は、鉄線が陽極として機能し、コンクリートに接触する面積が増大したためと推定される。従って、鉄線が強く電食を受けていると推定される。

一方、電食供試体を用いた実施例4と標準供試体を用いた実施例5は、電圧がほとんど同じ挙動を示した。従って、電食供試体を用いた実施例4は、電食部の影響を受けることなく、安定した防食が可能であることが判った。

そして、本発明の防食構造は、補助陽極でコンクリートの表面を覆っているので、仮に電食が起きて、錆の汚れがコンクリート表面に浮き出てきても問題となることはない。

[0077] 以上、好適な実施の形態に基づき、図面を参照して本発明を説明したが、本発明は、これらの形態例に限定されるものではない。これらの形態例においては、導電層の長手方向の一辺に沿って銅テープからなる給電材を貼り付けたが、金属箔、金属リボン、金属繊維の織布やエキスパンドメタルなどの金属メッシュ、導電性を有する炭素素材からなるシート等の表面抵抗値の小さい導電層を用いる場合は、給電材を設けなくてもよい。また、表面抵抗値の大きい炭素塗布シートを用いる場合は、導電層の長手方向の対向する二辺、長手方向の二辺と中間、あるいは導電層の四辺に給電材を設けてもよい。また給電材は、テープではなく、糸であってもよい。給電材の材質もチタンやステンレスであってもよい。

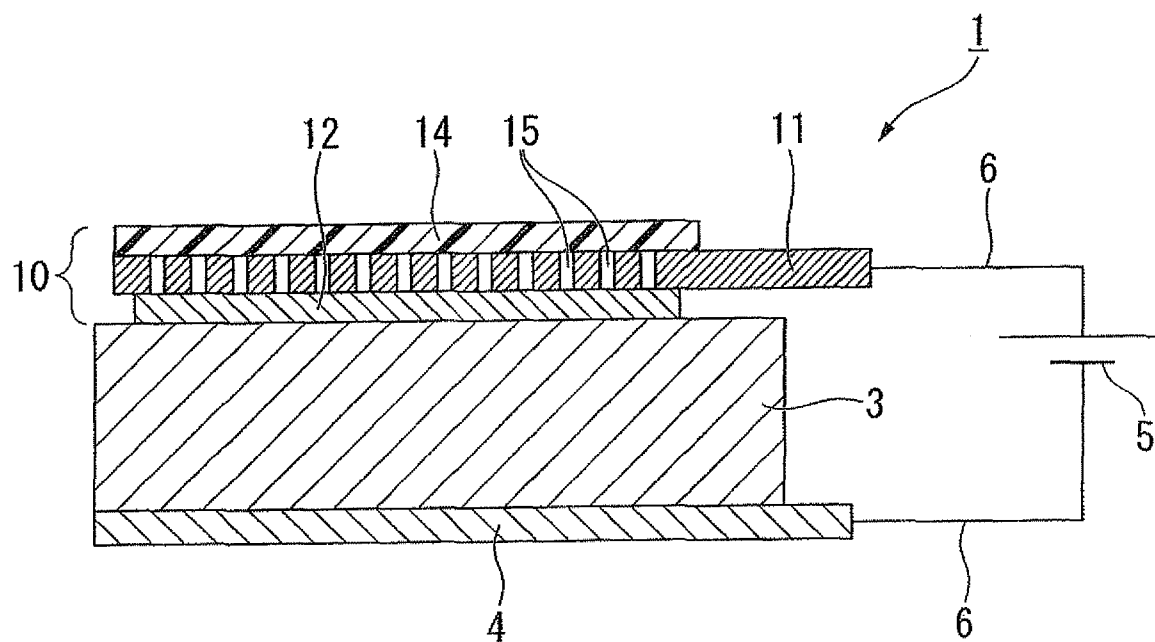
符号の説明

[0078] 1, 2…本発明の防食構造、3…表面層（コンクリート層）、4…被防食体（鉄板）、5…外部電源、6…回路配線（導線）、10…補助陽極、11…導電層、12…第1の電解質層、13…第2の電解質層、14…保護層、15, 16…連通孔（貫通孔）。

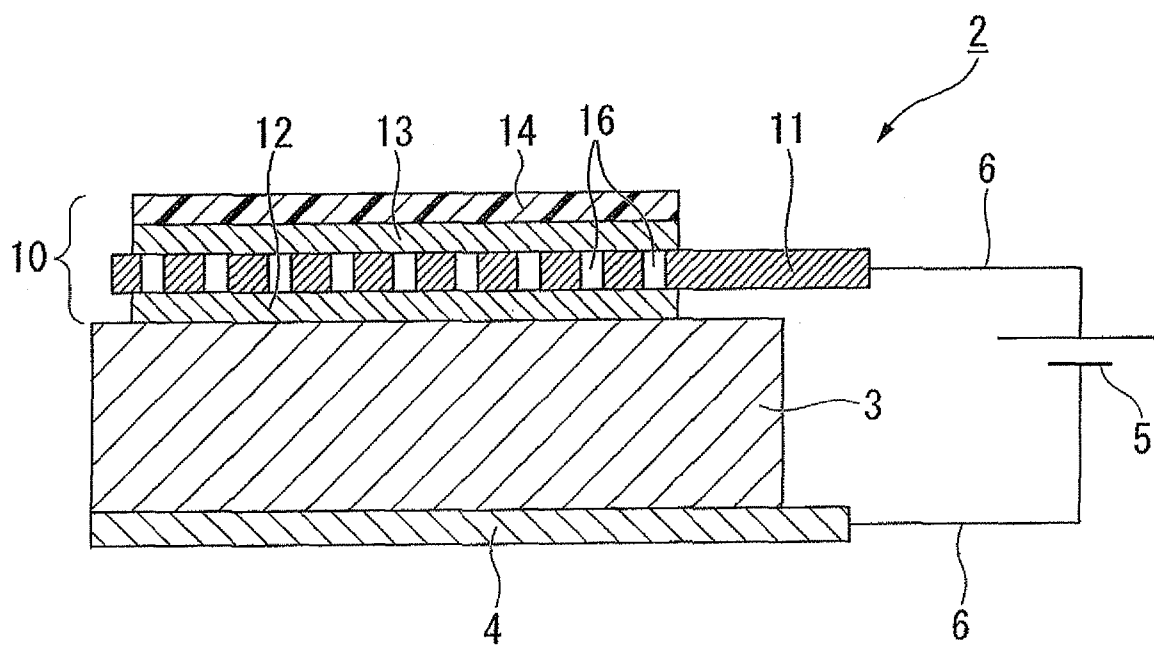
請求の範囲

- [請求項1] シート状に成形された導電層の一面に、電解質がシート状に成形されて前記導電層および被防食体の表面層に貼着可能な粘着力を有する第1の電解質層が貼着されたことを特徴とする補助陽極。
- [請求項2] 前記導電層が炭素素材を含む請求項1に記載の補助陽極。
- [請求項3] 炭素素材が繊維基材またはフィルム基材に担持された請求項2に記載の補助陽極。
- [請求項4] 炭素素材が炭素粉末である請求項3に記載の補助陽極。
- [請求項5] 前記導電層が気体の透過が可能な多数の連通孔を有する請求項1ないし4のいずれかに記載の補助陽極。
- [請求項6] 前記導電層がイオンの透過が可能な多数の連通孔を有し、さらに前記導電層のもう一方の面に、電解質がシート状に成形されて前記導電層に貼着可能な粘着力を有する第2の電解質層が貼着された請求項1ないし5のいずれかに記載の補助陽極。
- [請求項7] 前記導電層または第2の電解質層の外面が保護層で覆われた請求項1ないし6のいずれかに記載の補助陽極。
- [請求項8] 請求項1ないし7のいずれかに記載の補助陽極を、第1の電解質層を用いてコンクリート構造物の表面に貼着し、前記補助陽極の前記導電層を外部電源の正極に接続し、外部電源の負極を被防食体に接続したことを特徴とするコンクリート構造物の防食構造。
- [請求項9] 請求項8に記載のコンクリート構造物の防食構造を用いて、前記補助陽極の前記導電層と被防食体との間に電圧を印加して防食電流を流すことを特徴とするコンクリート構造物の防食方法。

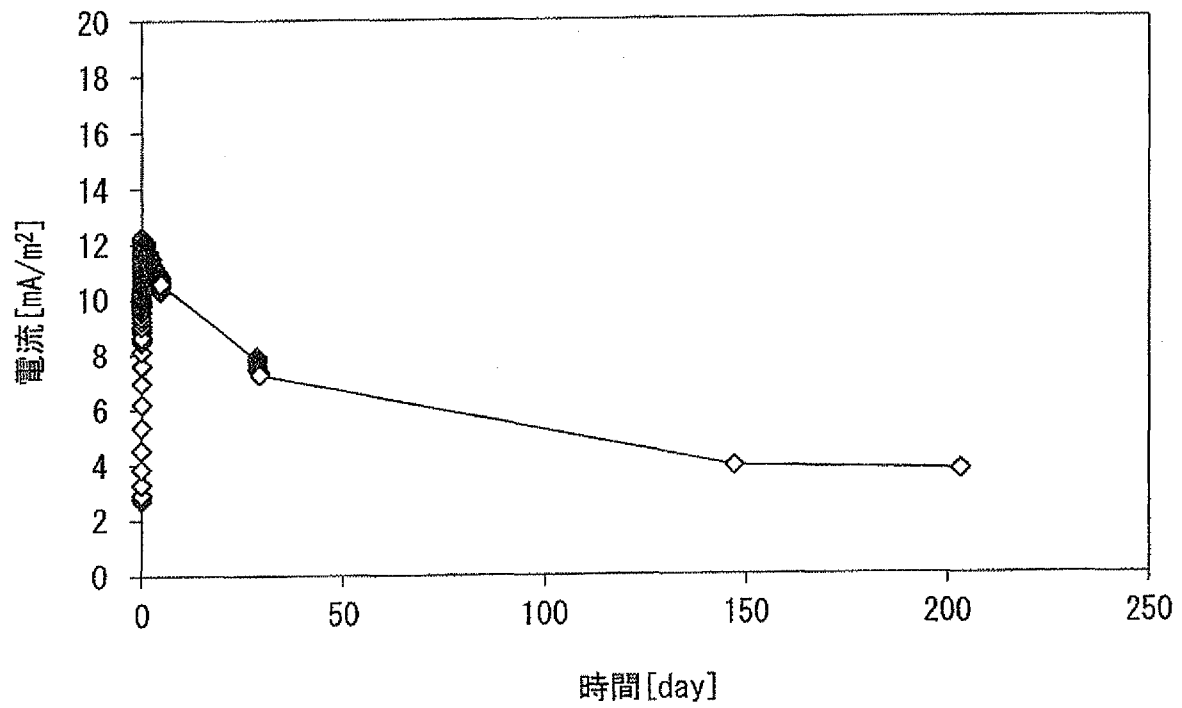
[図1]



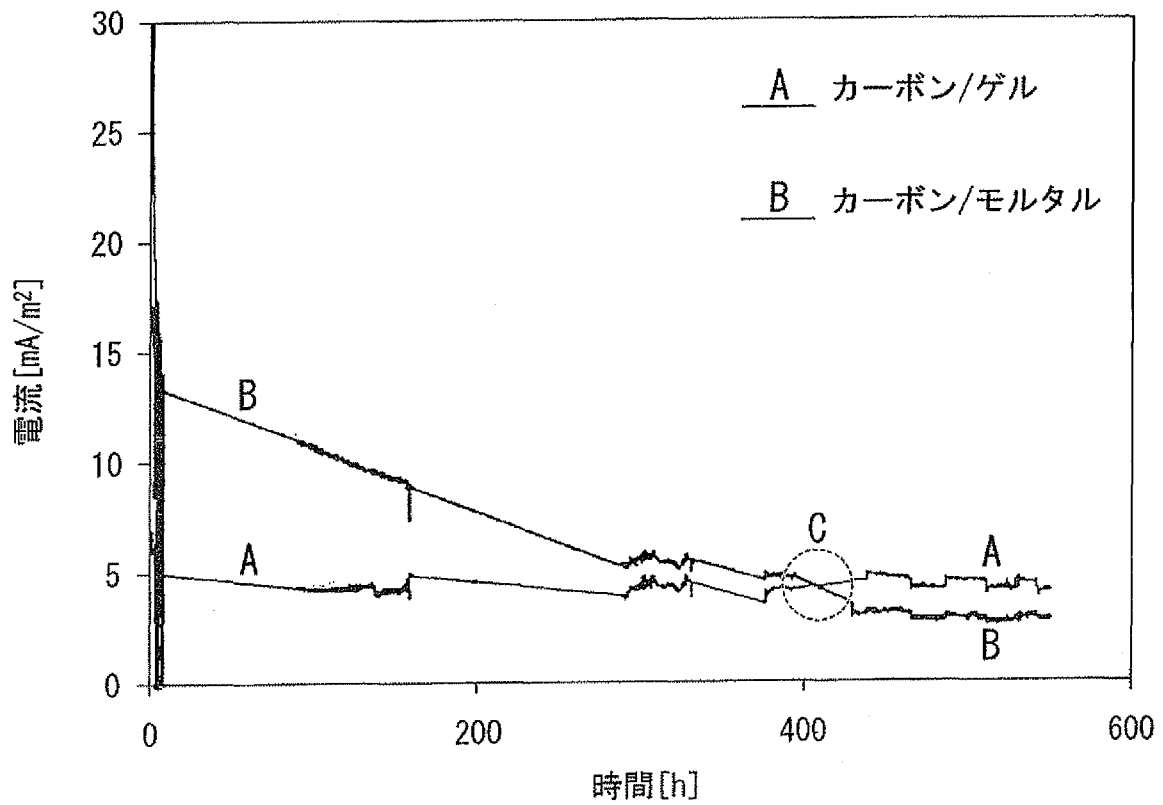
[図2]



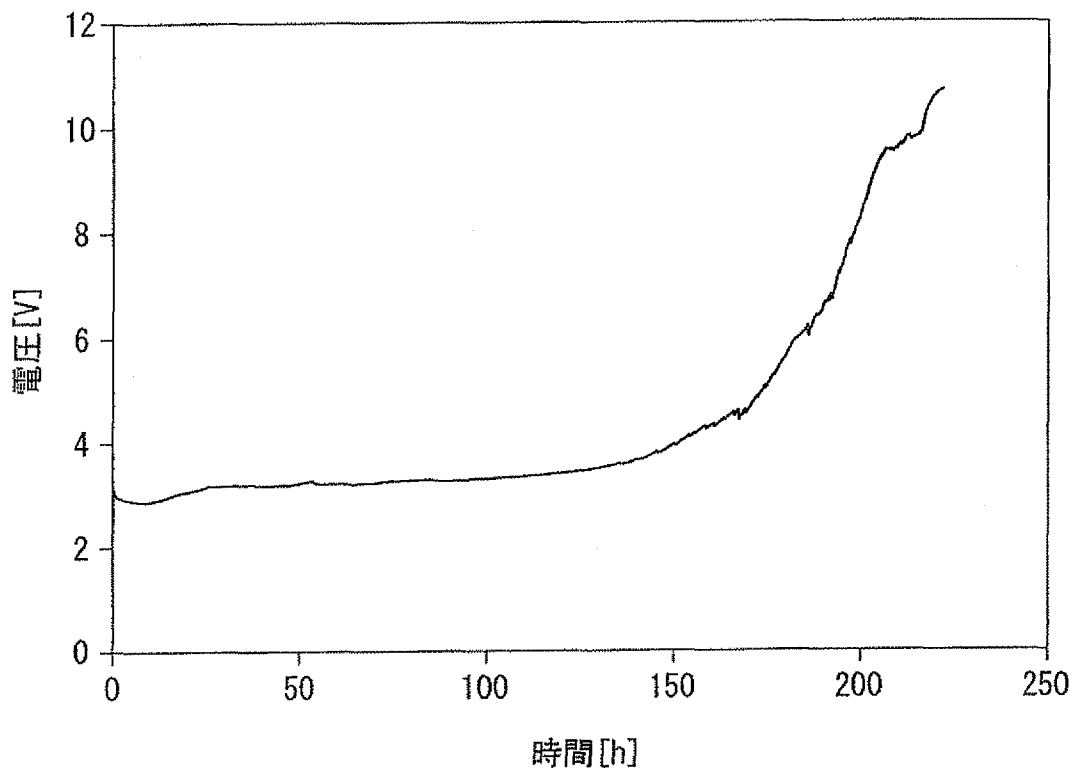
[図3]



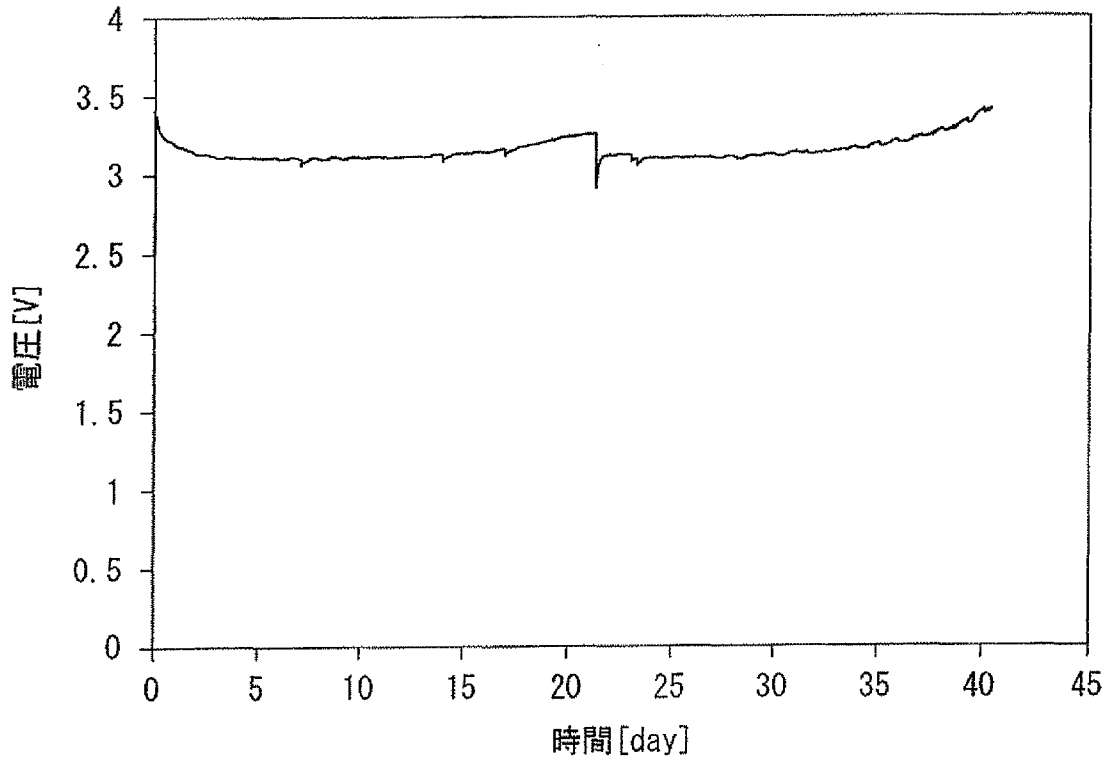
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/071379

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23F13/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C23F13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>X</u> Y	JP 2004-190119 A (Oriental Construction Co., Ltd.), 08 July 2004 (08.07.2004), claim 1; paragraphs [0007] to [0043]; fig. 4, 5 (Family: none)	<u>1, 2, 5-9</u> 3-9
Y	JP 2003-27607 A (Toa Corp.), 29 January 2003 (29.01.2003), paragraphs [0004], [0013] to [0018] (Family: none)	3-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
18 September, 2012 (18.09.12)

Date of mailing of the international search report
02 October, 2012 (02.10.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C23F13/00 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C23F13/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2004-190119 A (オリエンタル建設株式会社) 2004.07.08, 請求項 1, 【0007】 - 【0043】, 図4, 図5 (ファミリーなし)	1, 2, 5 - 9
Y		3 - 9
Y	JP 2003-27607 A (東亜建設工業株式会社) 2003.01.29, 【0004】, 【0013】 - 【0018】 (ファミリーなし)	3 - 9

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 8 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 2 . 1 0 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

伊藤 寿美

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5

4 E

4 1 4 3